



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΗΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ

“ΣΤΡΩΣΗ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΙΚΗΣ ΓΡΑΜΜΗΣ – ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ,
ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΚΑΙ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΕΡΓΑΣΙΩΝ”

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ: ΣΑΡΜΑ ΠΗΝΕΛΟΠΗΣ



ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΛΥΜΠΕΡΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ, ΕΠΙΚ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2009

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ολοκληρώνοντας τον πενταετή κύκλο σπουδών της Σχολή Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, με την παρούσα διπλωματική εργασία θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους διαδραμάτισαν σημαντικό ρόλο σε αυτή την πορεία.

Καταρχός, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στον Επίκουρο Καθηγητή του Ε.Μ.Π. κ. Κωνσταντίνο Λαυρέρη, επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας. Η μεθοδικότητα, η δυνατότητα άμεσης επικοινωνίας, το πνεύμα συνεργασίας και φυσικά, η άριστη επιστημονική κατάρτιση αποτέλεσαν στοιχεία καθοριστικά για την επιλογή και την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους κ.κ. Γ. Κανελλαΐδη, Καθηγητή Ε.Μ.Π. και Α. Λοΐζο, Καθηγητή Ε.Μ.Π., για τη συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ προς την οικογένειά μου, για την υποστήριξη και τη συμπαράσταση που μάς προσφέρουν σε όλες μου τις προσπάθειες.

Πηνελόπη Σαρρά

Αθήνα, 21 Ιουλίου 2009

ΣΥΝΟΨΗ

Τίτλος: « Στρώση σιδηροδρομικής γραμμής - Κανονισμοί, Προδιαγραφές και Θεωρητικό Υπόβαθρο Εργασιών»

Όνομα: Σαρμά Πηνελόπη

Επόπτης: Λυμπέρης Κωνσταντίνος, Επίκ. Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Στην παρούσα εργασία περιγράφονται οι εργασίες τοποθέτησης - στρώσης των υλικών της σιδηροδρομικής επιδομής, επί έτοιμης υποδομής. Στη συνέχεια, γίνεται επαρκής αναφορά στους σημαντικότερους κανόνες που διέπουν τις παραπάνω εργασίες, και τις αντίστοιχες προδιαγραφές. Επίσης, παρουσιάζεται το θεωρητικό υπόβαθρο των υπολογισμών των σημαντικότερων μεγεθών κατάπάνησης των υλικών καθώς και των παραμέτρων από τις οποίες εξαρτάται η ευστάθεια της εσχάρας. Επιπρόσθετο, μέσω επισκέψεων που πραγματοποιήθηκαν σε εργοτάξιο γίνεται σύνδεση του θεωρητικού υποβάθρου με την πρακτική εφαρμογή. Έμφαση δίνεται επίσης σε νέες τεχνολογίες που αφορούν υλικά και εργασίες κατασκευής της γραμμής, ενώ τέλος, αναφέρονται οι κανόνες και οι προδιαγραφές ασφαλείας που πρέπει να πληρούνται κατά τη διάρκεια των παραπάνω εργασιών, σύμφωνα με τους Κανονισμούς Ασφαλείας.

Δέξεις - Κλεισιά: Υποδομή, επιδομή, σύστημα επιδομής-υποδομής, υλικά επιδομής, εσχάρα σιδηροδρομικής γραμμής, χώροι αποθήκευσης, μεταφορά-διανομή υλικών, οπρώση- τακτοποίηση- συμπύκνωση- μηχανήματα γραμμής.

Synopsis

Title: « Layer of railway line - Regulations, Specifications and Theoretical Background of the task »

Name: Sarma Pinelopi

Supervisor: Lymeris Konstantinos, H. Professor NTUA

In this project are described the work of placement of - laying of materials of railway superstructure, on ready infrastructure. Afterwards, becomes sufficient report in the most important rules of the upper works, and the corresponding specifications. Also, it is presented the theoretical background of calculations of more important sizes of materials' pain, as well as the parameters from which depends the stability of scab. Besides, via visits that in worksites becomes connection of theoretical background with the practical application. Accent is given also in new technologies that concern materials and task of manufacture of line, while end, are reported the rules and the specifications of safety that should be satisfied at the duration of the upper task, according to the Regulations of Safety.

Keywords: Infrastructure, superstructure, system of superstructure-infrastructure, materials of superstructure, scab of railway line, spaces of storage, transport- distribution of materials, laying-arrangement-condensation-machines of line.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο κύριος στόχος της παρούσας εργασίας είναι η περιγραφή των εργασιών στρώσης σιδηροδρομικής γράμμής, επί έτοιμης υποδομής, σε συνδυασμό με τους κανόνες που διέπουν τις προς εκτέλεση εργασίες.

Αρχικό γίνεται αναφορά στην υποδομή, προκειμένου να προσδιοριστούν οι παράγοντες εκείνοι που επηρεάζουν το σύστημα υποδομής-επιδομής και οι επιθυμητές τιμές τους.

Επίσης, παρουσιάζονται οι προδιαγραφές που πρέπει να πληρούν τα υλικά της επιδομής τα οποία θα χρησιμοποιηθούν, αλλά και οι προδιαγραφές εκείνες που αφορούν στην αποθήκευση, στη μεταφορά, στη στρώση και στην τελική τακτοποίηση της εσχάρας.

Πραγματοποιήθηκαν επισκέψεις τεχνικού ενδιαφέροντος σε εργοτάξια, όπου πραγματοποιούνταν εργασίες στρώσης σιδηροδρομικής γράμμής, προκειμένου η θεωρητική γνώση να συνδεθεί με την πρακτική εφαρμογή. Μέσω της διαδικασίας αυτής έγινε καλύτερη κωτανόηση του θεωρητικού υποβάθρου, ενώ έγινε φανερή η ανάγκη προσφερμόγής των μεθόδων σε ειδικές ανάγκες των έργων.

Επιπλέον, γίνεται αναφορά σε νέες τεχνολογίες που αφορούν τόσο στα υλικά (πχ μεταλλικοί στρωτήρες τύπου Υ), όσο και στις εργασίες (συγκόλληση έρματος), οι οποίες διεισδύουν τα τελευταία χρόνια στα πλαίσια της συνεχούς εξέλιξης και βελτίωσης της σιδηροδρομικής τεχνικής.

Στη συνέχεια, σημαντικό κομμάτι της εργασίας αφορά το θεωρητικό υπόβαθρο των παραγόντων ευστάθειας της εσχάρας, τον τρόπο υπολογισμού τους και την αξιοποίηση των αποτελεσμάτων τους, προκειμένου να πραγματοποιηθεί βελτίωση των ήδη υπορχόντων υλικών, μηχανημάτων και διαδικασιών.

Επιπλέον, γίνεται αναφορά στις ανοχές των κανονισμών και τις δυνατές αποκλίσεις, καθώς και στον τρόπο καταγραφής των

ασφαλμάτων με τα κατάλληλα μηχανήματα, ενώ γίνεται και παρουσίαση των σημαντικότερων κανόνων ασφαλείας που αφορούν τις παραπάνω διαδικασίες, σύμφωνα με τους Διεθνείς Κανόνες Ασφαλείας.

Τέλος, καταγράφηκαν όλα τα εξαγόμενα συμπεράσματα, αφού πρώτα αξιολογήθηκαν και συγκρίθηκαν με τη διεθνή βιβλιογραφία και διατυπώθηκαν οι αποραιτήτες προτάσεις για περαιτέρω διερεύνηση και εμβάθυνση σε θέματα που δεν κατέστη δυνατή η λεπτομερειακή ανάλυσή τους στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

ABSTRACT

The main aim of this project is the description of laying a railway line, on ready infrastructure, in combination with the rules that refers to the implementation of the task.

Firstly, it becomes report in the infrastructure, so to be determined the factors that influence the system of infrastructure-superstructure and the desirable prices.

Also, there are presented the specifications that should fill the materials of superstructure which will be used, but also that specifications that concern in the storage, in the transport, in the laying and in the final arrangement of scab.

There were visits of technical interest in worksites, where they were laying of railway, in order to be connected the theoretical knowledge to the practical application. Via this process became better comprehension of theoretical background, while became obvious the need of adaptation of methods in special needs of work. Moreover, there is report in new technologies that concern not only in materials, but also in work (welding of ballast), that infiltrates in the past few year in the frames of continuous development and improvement of railway technique.

Afterwards, important piece of this project concerns the theoretical background of factors of stability of scab, the way of their calculation and the exploitation of their results, so that is realized improvement of already existing materials, machines and processes.

Moreover, becomes report in the tolerances of regulations and the strong divergences, as well as in the way of recording of faults with the suitable machines, while becomes also presentation of more important rules of safety that concerns the upper processes, according to the International Rules of Safety.

Finally, were recorded the all exported conclusions, after first were evaluated and compared with the international bibliography and were formulated the essential proposals for further investigation and deepening in subjects that were not possible their detailed analysis in the frames of this diplomatic project.

| | |
|---|-----------|
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 10 |
| ΕΝΟΤΗΤΑ Α : ΥΠΟΔΟΜΗ | 13 |
| Κεφάλαιο 1 | 13 |
| 1. Ειδη εδαφών και τα χαρακτηριστικά τους..... | 13 |
| 1.1. Εισαγωγή | 13 |
| 1.2. Κατόταξη Εδαφών και Χαρακτηριστικά τους..... | 14 |
| 1.4. Δείκτες Κατόταξης και Χαρακτηριστικά Εδαφών | 16 |
| 1.5. Όρια Atterberg | 17 |
| 1.6. Καλιφορνικός Δείκτης CBR | 18 |
| 1.7. Δείκτης Αντίδρασης Εδάφους C | 19 |
| Κεφάλαιο 2 | 21 |
| 2.1. Εισαγωγή | 21 |
| 2.2. Δασικά στοιχεία διαστοσιολόγηση της υποδομής..... | 21 |
| 2.3. Ογκομέτρηση έρματος | 24 |
| <u>Περίπτωση 1^η:</u> Μονή γραμμή (Με υπερύψωση μπετόν) | 25 |
| <u>Περίπτωση 2^η:</u> Διπλή γραμμή | 27 |
| 2.4. Τυπικές διοτομές σιδηροδρομικής γραμμής | 29 |
| 2.5. Επιθυμητά Εντατικά Μεγέθη Υποδομής..... | 32 |

| | |
|--|----|
| Κεφάλαιο 3 | 35 |
| 3. Εκσκαφές - Στρώση εξυγίανσης και λοιπές εδαφικές εργασίες υποδομής | 35 |
| 3.1. Εισαγωγή | 35 |
| 3.2. Εκσκαφές | 35 |
| 3.3. Στρώση Εξυγίανσης | 37 |
| 3.3.1. Προετοιμασία του εδάφους | 37 |
| 3.3.2. Διαμόρφωση επιφάνειας | 38 |
| 3.3.3. Συμπύκνωση | 38 |
| 3.4. Κοκκομετρική διαβάθμιση Προστατευτικής στρώσης | 40 |
| Κεφάλαιο 4 | 41 |
| 4. Γεωψφάσματα και Γεωπλέγματα | 41 |
| 4.1. Γεωψφάσματα | 41 |
| 4.1.1. Κατηγορίες γεωψφασμάτων | 41 |
| 4.1.2. Ο ρόλος των γεωψφασμάτων | 42 |
| 4.1.3. Αποιτήσεις για τα γεωψφάσματα | 43 |
| 4.2. Γεωπλέγματα | 44 |
| 4.2.1. Κατηγορίες γεωπλέγμάτων | 44 |
| 4.2.2. Ο ρόλος των γεωπλέγμάτων | 45 |
| 4.2.3. Αποιτήσεις για τα γεωπλέγματα | 46 |
| 4.3. Διαδικασία τοποθέτησης γεωψφασμάτος και γεωπλέμγατος | 46 |
| Κεφάλαιο 5 | 50 |
| 5. Σύνδεση συστήματος Υποδομής-Επιδομής | 50 |
| Σχέση σύνδεσης Υποδομής - Επιδομής | 50 |

| | |
|---|-----------|
| ΕΝΟΤΗΤΑ Β: ΕΠΙΔΟΜΗ | 53 |
| Εισαγωγή | 53 |
| Κεφάλαιο 1 | 54 |
| 1. Σιδηροτροχιά | 54 |
| 1.1. Εισαγωγή | 54 |
| 1.2. Απαιτήσεις στη σιδηροτροχιά | 54 |
| 1.3. Επιλογή διατομής σιδηροτροχιάς | 55 |
| 1.4. Σιδηροτροχιά με πέλμα τύπου Vignole | 55 |
| Κεφάλαιο 2 | 59 |
| 2. Στρωτήρες | 59 |
| 2.1. Εισαγωγή | 59 |
| 2.2. Είδη στρωτήρων | 59 |
| 2.3. Ξύλινοι Στρωτήρες | 60 |
| 2.3.1. Μορφή και Ιδιότητες ξύλινου στρωτήρα | 60 |
| 2.3.3. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά ξύλινου στρωτήρα | 62 |
| 2.3.4. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Ξύλινων Στρωτήρων | 64 |
| 2.4. Μεταλλικοί στρωτήρες | 65 |
| 2.4.1. Μορφή και Ιδιότητες μεταλλικών στρωτήρων | 65 |
| 2.4.2. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά & Τύποι Μεταλλικών Στρωτήρων | 66 |
| i) Κλασικός, μορφής ανεστροφιμένης σκάφης | 66 |
| ii) Στρωτήρες μορφής Υ (ύψιλον) | 66 |
| Πλεονεκτήματα | 70 |
| Μειονεκτήματα | 70 |
| 2.5. Στρωτήρες από οπλισμένα οκυρόδεμα | 71 |
| 2.5.1. Γενικά στοιχεία στρωτήρων οπλισμένου σκυροδέματος | 71 |
| 2.5.2. Διμερής στρωτήρας από οπλισμένο οκυρόδεμα | 72 |
| Πλεονεκτήματα | 75 |
| Μειονεκτήματα | 76 |

| | |
|---|----|
| Κεφάλαιο 3 | 77 |
| 3. Το Έρμα..... | 77 |
| 3.1. Εισαγωγή | 77 |
| 3.2. Ο Ρόλος Του Έρματος | 78 |
| 3.3. Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά και Απαιτήσεις για το Έρμα..... | 78 |
| 3.4. Απαιτήσεις Κλινη έρματος..... | 79 |
| 3.7. Καθίζηση έρματος | 83 |
| 3.8. Συγκόλληση Έρματος | 84 |
| 3.8.1. Γενικά..... | 84 |
| 3.8.2. Προϋποθέσεις για ποιοτική κόλληση..... | 85 |
| 3.8.3. Προτερήματα της κόλλησης έρματος | 85 |
| 3.9. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά της διατομής του έρματος και εγκάρφοιο αντίσταση γραμμής..... | 86 |
| 3.10. Υπόστρωμα..... | 87 |
| Κεφάλαιο 4 | 88 |
| 4. Μικρό Υλικό Σύνδεσης | 88 |
| 4.1. Εισαγωγή | 88 |
| 4.2 Σύνδεσμοι..... | 88 |
| 4.2.1. Ο ρόλος των συνδέσμων | 88 |
| 4.2.2. Είδη συνδέσμων | 89 |
| 4.2.3. Διάγραμμα απόκρισης | 94 |
| 4.3. Αντιοδευτικά και Πτερύγια | 98 |
| -Τα σημαντικότερα είδη και ο ρόλος τους..... | 98 |
| 4.4. Αμφιδέτες | 99 |
| -Ο ρόλος και τα σημαντικότερα είδη αμφιδετών | 99 |

| | |
|---|-----|
| Κεφάλαιο 5 | 100 |
| 5. Συσκευές διαστολής και Αλλαγές | 100 |
| 5.1. Εισαγωγή | 100 |
| 5.2. Συσκευές Διαστολής (ΣΔ) | 100 |
| 5.2.1. ΣΔ με κινητές βελόνες | 101 |
| 5.2.2. ΣΔ από μισές σιδηροδρομιές (γαλλικού τύπου) | 102 |
| 5.3. Αλλαγές τροχιάς | 103 |
| 5.3.1. Στρώση αλλαγών γραμμής | 103 |
| 5.3.2. Εξασφάλιση χώρου στη θέση αλλαγής τροχιάς | 106 |
| Κεφάλαιο 6 | 108 |
| 6. Εύρος σιδηροδρομικής γραμμής | 108 |
| 6.1. Ορισμός εύρους σιδηροδρομικής γραμμής | 108 |
| 6.2. Διαπλάθυνση εύρους | 108 |
| i) Κανονικές γραμμές ή γραμμές κανονικού εύρους | 110 |
| ii) Ευρείες γραμμές ή γραμμές μεγάλου εύρους | 110 |
| iii) Μετρικές γραμμές ή γραμμές μετρικού εύρους | 110 |
| iv) Στενές γραμμές ή γραμμές στενού εύρους | 110 |
| 6.5. Μειονεκτήματα κανονικού εύρους | 111 |
| 6.6. Ενοποίηση εύρους | 111 |
| Κεφάλαιο 7 | 113 |
| 7. Θεωρητικό υπόβαθρο σύστημα Επιδομή-Επιδομής | 113 |
| 7.1. Εισαγωγή | 113 |
| 7.2. Διάρκεια ζωής της επιδομής | 114 |
| 7.3. Η επιδομή ως φορέας | 115 |
| 7.4. Δυνάμεις επί της επιδομής | 116 |
| 7.5. Κατοπόνηση Έρματος | 118 |
| 7.6. Κατοπόνηση Υπόβασης | 119 |
| 7.7. Φέρουσα ικανότητα επιδομής | 122 |

| | |
|--|-----|
| Κεφάλαιο 8 | 123 |
| 8. Μεταφορά των υλικών | 123 |
| 8.1. Φόρτωση και εκφόρτωση υλικών επιδομής | 123 |
| 8.1.1. Φόρτωση και εκφόρτωση σιδηροτροχιών | 123 |
| 8.1.2. Φόρτωση και εκφόρτωση στρωτήρων | 124 |
| 8.1.3. Φόρτωση και εκφόρτωση εσχαρών | 124 |
| 8.1.4. Φόρτωση και εκφόρτωση αλλογών τροχιάς | 125 |
| 8.1.5. Φόρτωση και εκφόρτωση σκύρου | 125 |
| 8.2. Μεταφορά Υλικών Επιδομής | 126 |
| 8.2.1. Μεταφορά σιδηροτροχιών | 126 |
| 8.2.2. Μεταφορά στρωτήρων | 127 |
| 8.2.3. Μεταφορά εσχαρών | 128 |
| 8.2.4. Μεταφορά αλλογών τροχιάς | 129 |
| Κεφάλαιο 9 | 131 |
| 9. Αποθήκευση Υλικών Επιδομής | 131 |
| 9.1. Εισαγωγή | 131 |
| 9.2. Αποθήκευση των υλικών | 131 |
| 9.2.1. Αποθήκευση σιδηροτροχιών | 133 |
| 9.2.2. Αποθήκευση στρωτήρων | 134 |
| 9.2.3. Αποθήκευση έρματος | 136 |
| 9.2.4. Αποθήκευση μικρού υλικαύ | 136 |
| 9.2.5. Αποθήκευση εσχαρών (πάνελ) | 136 |
| 9.2.6. Αποθήκευση ειδικών διατάξεων | 137 |

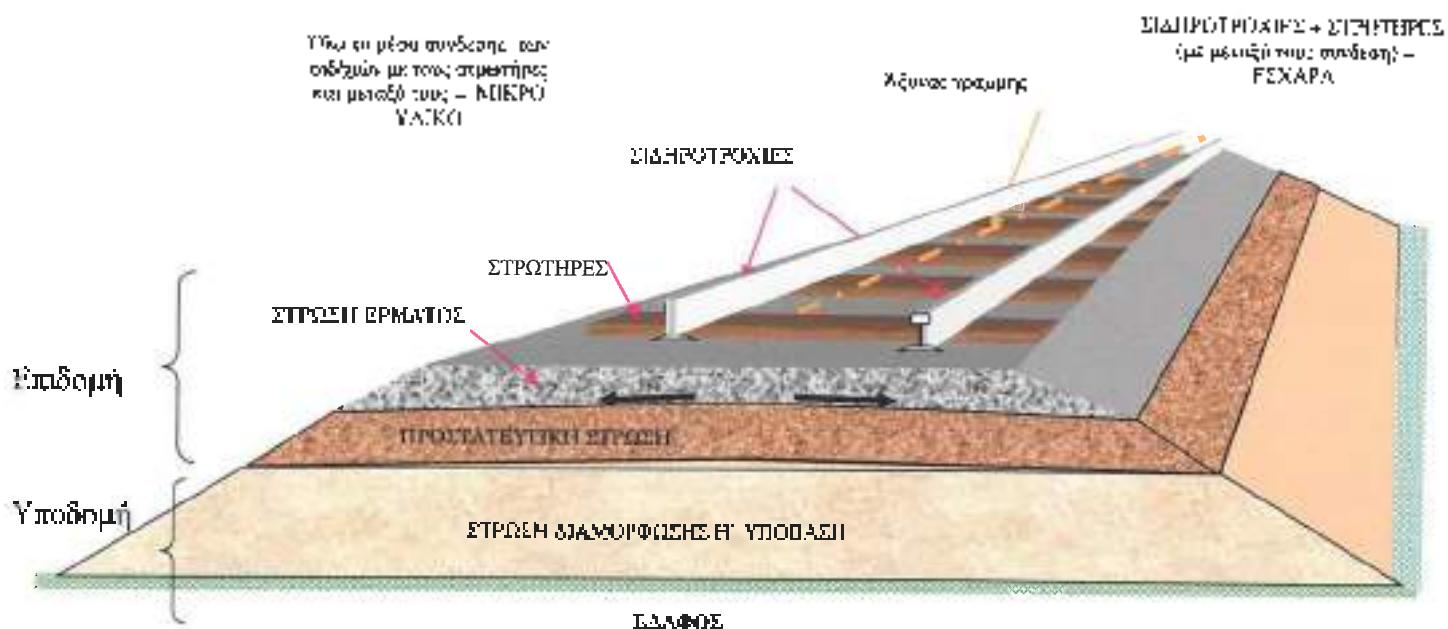
| | |
|--|-----|
| ΣΤΡΩΣΗ ΓΡΑΜΜΗΣ | 138 |
| Κεφάλαιο 10 | 140 |
| 10. Διαδικασία προσκυρόστρωσης γραμμής | 140 |
| 10.1. Εισαγωγή | 140 |
| Κεφάλαιο 11 | 145 |
| 11. Διανομή υλικών επιδομής | 145 |
| 11.1. Διανομή σιδηροτροχιών..... | 145 |
| 11.2.1. Διανομή των στρωτήρων | 146 |
| 11.2.2. Μερική τακτοποίηση των στρωτήρων..... | 148 |
| 11.3. Αναβίβαση σιδηροτροχιών επί στρωτήρες και σχηματισμός της εσχάρας | 152 |
| 11.4. Σκυρόστρωση (1^η φάση) | 153 |
| Κεφάλαιο 12 | 155 |
| 12. Σύνδεση σιδηροτροχιών..... | 155 |
| 12.1. Περί σύνδεσης σιδηροτροχιών..... | 155 |
| 12.2. Σύνδεση σιδηροτροχιών με αμφιδέτες | 155 |
| 12.2.1. Διάκενο σύνδεσης σιδηροτροχιών | 156 |
| 12.2.2. Ο ρόλος της θερμοκρασίας στο διάκενο σύνδεσης | 157 |
| 12.2.3. Οριζοντιαγραφική ρύθμιση | 158 |
| 12.3. Συμπεριφορά αρμού κατά τη σύνδεση με αμφιδέτες | 158 |
| 12.4. Πρακτικές αποτήσεις για σύνδεση σιδηροτροχιών..... | 161 |
| 12.5. Χαρακτηριστικές θερμοκρασίες σύνδεσης σιδηροτροχιών | 162 |

| | |
|---|-----|
| Κεφάλαιο 13 | 165 |
| 13. Από τη 2^η Φάση Σκυρόστρωσης ως την τελική τακτοποίηση της επιδομής..... | 165 |
| 13.1. Η 2 ^η φάση σκυρόστρωσης της γραμμής..... | 165 |
| 13.2. Περιγραφή των διαδικασιών στρώσης γραμμής..... | 166 |
| <u>Υπογόμωση δια χειρός.....</u> | 172 |
| <u>Υπογόμωση με ηλεκτροκίνητα μηχανήματα δια χειρός.....</u> | 173 |
| 13.5. Ειδικές εργασίες που αφορούν τα υλικά | 173 |
| Κεφάλαιο 14 | 178 |
| 14. Επιθεώρηση γραμμής και Καταγραφή σφαλμάτων | 178 |
| 14.1. Μέτρα για την ασφάλεια κυκλοφορίας | 178 |
| 14.2. Επιθεώρηση και γραμμής..... | 178 |
| 14.2.1. Γενικά περί επιθεώρησης | 178 |
| 14.2.2.Ποιος διενεργεί την επιθεώρηση | 180 |
| A. Μακροσκοπικές επιθεωρήσεις: | 182 |
| B. Λεπτομερέστερη (επίσης μακροσκοπική) επιθεώρηση:..... | 183 |
| Γ. Διεξοδική επιθεώρηση των μεταλλικών γεφυρών:..... | 183 |
| 14.2.3. Στοιχεία που επιθεωρούνται | 183 |
| 14.3. Οργάνωση της επίβλεψης..... | 184 |
| 14.4. Λήψη μέτρων | 185 |
| 14.5. καταγραφή σφαλμάτων με καταγραφικό όχημα | 186 |
| 14.5.1. Το καταγραφικό όχημα | 186 |
| 14.5.2. Διαγράμματα καταγραφής σφαλμάτων..... | 187 |

| | |
|---|-----|
| Κεφάλαιο 15 | 190 |
| 15. Ασφάλεια | 190 |
| 15.1. Ασφάλεια εργατοξείου | 190 |
| 15.2. Μέτρα Υγιεινής και Ασφάλειας | 191 |
| 15.3. Μέτρα ατομικής προστασίας | 191 |
| 15.4. Ποράγοντες που απαιτούν μέτρα ασφαλείας | 192 |
| 15.5. Νομοθεσία ασφάλειας τεχνικών έργων | 193 |
| 15.6. Ασφάλεια κατά τη λειτουργία | 196 |
| Κεφάλαιο 16 | 197 |
| 16. Συμπεράσματα - Προτάσεις | 197 |
| 16.1. Συμπεράσματα | 197 |
| 16.2. Προτάσεις | 199 |

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σιδηροδρομός ονομάζεται ο "σιδηρός δρόμος" (2 παράλληλες, χαλύβδινες σιδηροτροχιές επί των οποίων κυλίουν τα φέρματα). Οι σιδηροτροχιές εδράζονται επί εγκάρσιων διαδοκιδών (στρωτήρες) και συνδέονται με αυτές σταθερά, αποτελώντας την εσχάρα. Η εσχάρα με τη σειρά της εδράζεται επί κλίνης έρματος. Τα παραπάνω υλικά αποτελούν την **επιδομή** (Σχήμα 1.1). Η επιδομή εδράζεται επί διαμορφωμένης υπόβασης, που με τη σειρά της, εδράζεται στο έδαφος. Ως υποδομή ορίζεται η υπόβαση μαζί με το έδαφος.



Σχήμα 1.1. Δομή σιδηροδρομικής γραμμής

Η αρτιότητα της κατασκευής της υποδομής και επιδομής, όσο και των υλικών, αποτελεί σημαντικό παράγοντα μακροζωίας της σιδηροδρομικής γραμμής. Συνέπεια τούτου είναι η οικονομικότητα της κατασκευής και λειτουργίας της σιδηροδρομικής γραμμής διότι συνεπάγεται αραιότερα διαστήματα συντήρησης.

Για την επίτευξη των παραπάνω, είναι απαραίτητο να τηρούνται οι οδηγίες, οι προδιαγραφές και οι κανονισμοί που διέπουν τις επιμέρους εργασίες τοποθέτησης των υλικών, συντήρησης καθώς και την προμήθεια αυτών.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η περιγραφή των εργασιών τοποθέτησης (στρώσης) των υλικών επιδομής, σε έτοιμη υποδομή, σε συνδυασμό με τους σημαντικότερους κανόνες που διέπουν τις εργασίες αυτές, καθώς επίσης και η αναφορά στη θεωρητική προσέγγιση του υπολογισμού των σημαντικότερων μεγεθών καταπόνησης των υλικών και της ευστάθειας της εσχάρας. Επειδή όμως η γεωμετρική θέση της επιδομής επηρεάζεται από την σταθερότητα της υπόβασης, κρίνεται απαραίτητη η αναφορά στα σημαντικότερα μεγέθη που διέπουν αυτή και στον υπολογισμό των τιμών τους. Συνεπώς, στην ενότητα "Υποδομή", γίνεται συνοπτική αναφορά στα εξής:

- ◆ Είδη εδαφών και βασικά χαρακτηριστικά τους
- ◆ Έλεγχος εδαφών και ιδιότητες
- ◆ Μέτρο παραμορφωσιμότητας
- ◆ Δοκιμή Proctor
- ◆ Μέθοδος φόρτισης πλάκας
- ◆ Δείκτης CBR
- ◆ Απαιτήσεις σιδηροδρομικής υποδομής
- ◆ Σχεδιασμός και κατασκευή σιδηροδρομικής υποδομής
- ◆ Εκσκαφή εδάφους
- ◆ Στρώση εξυγίανσης του εδάφους
- ◆ Συμπύκνωση του εδαφικού υλικού
- ◆ Χρήση και τοποθέτηση γεωμετρικά σημεία
- ◆ Χρήση και τοποθέτηση γεωπλέγματος

Ενώ, στην ενότητο "Επιδομή", περιλαμβάνονται με επαρκή αναφορά τα εξής:

- ♦ Θεωρητικό υπόβαθρο
- ♦ Διάρκεια ζωής, δυνάμεις και φέρουσα ικανότητα επιδομής
- ♦ Τάσεις και εντατική κατάσταση επιδομής
- ♦ Υλικά επιδομής
- ♦ Μεθοδολογία στρώσης γραμμής
- ♦ Χώροι αποθήκευσης υλικών επιδομής
- ♦ Τρόποι φόρτωσης/εκφόρτωσης και μεταφοράς υλικών επιδομής
- ♦ Διανομή των υλικών επιδομής
- ♦ Τακτοποίηση των υλικών υποδομής
- ♦ Στρώση εσχάρας
- ♦ Σκυρόστρωση
- ♦ Τοπογραφική τακτοποίηση της γραμμής
- ♦ Μέθοδοι και διαδικασία υπογάμωσης της γραμμής
- ♦ Στρώση ειδικών στοιχείων και συσκευών γραμμής
- ♦ Καταγραφή σφολιμάτων γραμμής
- ♦ Ειδικές απαιτήσεις ασφαλείας κατά τις διαδικασίες στρώσης γραμμής

ΕΝΟΤΗΤΑ Α : ΥΠΟΔΟΜΗ

Κεφάλαιο 1

1. Είδη εδαφών και τα χαρακτηριστικά τους

1.1. Εισαγωγή

Όποια κι αν είναι τα φορτία του άξονα και όπως κι αν αυτό διανέμονται, η τελική υποστήριξη της επιδομής γίνεται από την υποδομή της σιδηροδρομικής γραμμής. Η υποδομή επιτέλει κυρίως τρεις βασικές λειτουργίες:

- Μεταβιβάζει και διανέμει τα φορτία της επιδομής στο έδαφος
- Εξόμαλύνει ανεπιπεδότητες του ανάγλυφου
- Διευκολύνει την αποστράγγιση

Στην υποδομή ανήκουν όλα τα στοιχεία εκείνα τα οποία είναι απαραίτητα για την κατασκευή και την εξασφάλιση της σταθερότητας της σιδηροδρομικής γραμμής (ορύγματα, επιχώματα με τα πρανή τους, αποστραγγιστικές διατάξεις και μικρά τεχνικά έργα όπως διαβάσεις πεζών)

Η υποδομή αποτελείται από συνήθη εδάφη (εκτός από ειδικές λεφιπτώσεις όπου η υποκείμενη στρώση είναι βράχος). Το έδαφος από τη φύση του είναι ένα μη συμπαγές πολυυφασικό υλικό, που αποτελείται από ασύνδετους ή ελαφρά συνδεδεμένους στερεούς κόκκους, τα κενά μεταξύ των οποίων (πόροι) περιέχουν υγρά (συνήθως νερό) ή/και αέρια (συνήθως αέρο). Τα εδαφικά υλικά προέρχονται από τη μηχανική ή/και χημική αποσάθρωση των πετρωμάτων, γεγονός που τα διαφοροποιεί μεταξύ τους και πρέπει κατατίθονται σε κατηγορίες, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους. Η κατανόηση της συμπεριφοράς των διαφόρων εδαφικών σχηματισμών και η γεωτεχνική τους καταγραφή είναι μεγάλης σημασίας στη

διαδικασία σχεδιασμού, κατασκευής, αλλά και συντήρησης της αιδηροδρομικής γραμμής. Οι εδαφικοί σχηματισμοί επιτελούν μια διπή λειτουργία, αφενός αποτελώντας τη θεμελίωση στην οποία τοποθετείται η όποια κατασκευή και αφετέρου αποτελώντας το υλικό από το οποίο κατασκευάζεται η υποδομή, πάνω από το φυσικό έδαφος. Είναι επομένως, απαραίτητη η γνώση των εδαφικών σχηματισμών που θα χρησιμοποιηθούν σε κάθε διαδικασία, ποιοι πρέπει να αποφευχθούν και πώς αντιμετωπίζονται οι μη σταθεροί σχηματισμοί όταν αυτοί δεν μπορούν να αποφευχθούν. [10]

1.2. Κατάταξη Εδαφών και Χαρακτηριστικά τους

Όροι όπως άργιλος, ιλύς, άμμος, χαλίκι χρησιμοποιούνται σε διαφορετικές περιπτώσεις, με διαφορετική κάθε φορά σημασία, χωρίς να δίνουν ιδιαίτερες πληροφορίες για τις ιδιότητες αυτών των εδαφικών σχηματισμών ως μηχανικά υλικά ή για τη συμπεριφορά τους στις διάφορες καταστάσεις. Έτσι, είναι απαραίτητο να γίνουν ειδικές δοκιμές για να διοπιστωθούν οι φυσικές ιδιότητες και οι μηχανικές τους αντοχές στις διάφορες εντατικές καταστάσεις και καταπονήσεις.

Η κατάταξη των εδαφών είναι ένα χρήσιμο εργαλείο για την περιγραφή ενός δεδομένου εδάφους και δίνει το πλεονέκτημα της γνώσης της αναμενόμενής συμπεριφοράς του στις διάφορες καταστάσεις. Ωστόσο, σημαντικό είναι να αναφερθεί πως κάθε είδους κατάταξη είναι εντελώς ενδεικτική, αφού όπως προαναφέρθηκε, το έδαφος είναι τόσο πολύπλοκο υλικό που λόγω προσμίξεων και διοφόρων άλλων παραγόντων, κάθε περίπτωση είναι διαφορετική. Έτσι, γίνεται σε πρώτη φάση μια χονδρειδής κατάταξη των εδαφών που στη συνέχεια εξειδικεύονται με την διεξαγωγή κατάλληλων εργαστηριακών δοκιμών και μετρήσεων. Η λεπτομερής κατάταξη των εδαφών είναι πιο χρήσιμη και πιο καταπολιτική και απαιτεί τη μέτρηση διαφόρων χαρακτηριστικών των εδαφών (υγρασία, πορώδες, βαθμός κορεσμού, δείκτης πόρων, ποσοστό υγρασίας κ.α.)

1.3. Κοκκομετρική Διαβάθμιση

Το μέγεθος των κόκκων και η ποικιλία (κατανομή) τους σε ένα δειγμα εδαφικού υλικού επηρεάζουν τη μηχανική συμπεριφορά των μη-συνεκτικών εδαφών και για το λόγο αυτό μελετώνται στα πλαίσια των φυσικών τους χαρακτηριστικών. Η ποικιλία μεγεθών κόκκων στους εδαφικούς σχηματισμούς είναι ευρύτατη. Η κοκκομετρική ανάλυση είναι μία από τις πλέον βασικές μεθόδους κατάταξης των εδαφών και χρησιμοποιείται διεθνώς. Η καταλληλότητα ενός εδάφους ως υλικού θεμελίωσης ή ως δομικού υλικού εξαρτάται από την κοκκομετρική ανάλυση, δηλαδή από τον προσδιορισμό της συμμετοχής των διαμέτρων των κόκκων, ως ποσοστών, στο συνολικό όγκο του θεωρούμενου εδάφους. [11]

Οι πληροφορίες που προκύπτουν από την κοκκομετρική ανάλυση διευκαλύνουν την πρόβλεψη της συμπεριφοράς των εδαφών, όσον αφορά στην αντοχή και στην παραμόρφωση, την εξαγωγή συμπερασμάτων για τη δυνατότητα κίνησης του υπόγειου νερού (διήθηση) μέσα από τα κενά μεταξύ των κόκκων και την εκτίμηση της επιρροής του παγετού στο έδαφος.

Υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι κατάταξης των εδαφών με βάση το μέγεθος των κόκκων τους. Ο πίνακας 1.1 παρουσιάζει την κατάταξη σύμφωνα με τους Βρετανικούς Κανονισμούς, η οποία τείνει να γίνει γενικά αποδεκτή στη Ευρωπαϊκή Κοινότητα.

| ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ | ΥΠΟΚΑΤΗΓΟΡΙΑ | Μέγεθος κόκκων (mm) | |
|-----------|--------------|---------------------|-------|
| | | Από | Εώς |
| Χάλικες | Χονδρόκοκκοι | 60 | 20 |
| | Μεσόκοκκοι | 20 | 6 |
| | Λεπτόκοκκοι | 6 | 2 |
| Άμμοι | Χονδρόκοκκοι | 2 | 0.6 |
| | Μεσόκοκκοι | 0.6 | 0.2 |
| | Λεπτόκοκκοι | 0.2 | 0.06 |
| Ιλαίς | Χονδρόκοκκοι | 0.06 | 0.02 |
| | Μεσόκοκκοι | 0.02 | 0.006 |
| | Λεπτόκοκκοι | 0.006 | 0.002 |
| Αργιλοί | - | <0.002 | - |

Πίνακας 1.1. Κατάταξη εδαφών σύμφωνα με το μέγεθος των κόκκων

Ο προσδιορισμός της κατανομής των μεγεθών κόκκων των εδαφικών υλικών (κοκκομετρική διαβάθμιση) γίνεται για μεν τους χάλικες και τις άμμους με τη λεγόμενη "κοκκομετρική ανάλυση με κράκινα", για δε τις ιλείς και τις αργίλους με την "κοκκομετρική ανάλυση με τη μέθοδο του αραιομέτρου" (Παράρτημα 1).

1.4. Δείκτες Κατάταξης και Χαρακτηριστικά Εδαφών

Εκτός από την κοκκομετρική διαβάθμιση, πλήθος χρήσιμων πληροφοριών πρόκυπτουν από την εξέταση και άλλων χαρακτηριστικών των εδαφών, τα οποία συνδέονται άμεσα με την συμπεριφορά τους στις διάφορες εφαρμογές.

Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω, το έδαφος είναι ένα πολυφυσικό υλικό, που αποτελείται αφενός μεν από στερεούς κάκκους αφετέρου δε από κενά (πόρους) που δημιουργούνται μεταξύ των κόκκων και περιέχουν νερό ή/και αέρα. Στο σχήμα 1.2 παρουσιάζονται οι τρεις φάσεις ενός εδαφικού υλικού. Ο συνολικός όγκος V του έδαφους αποτελείται από τον όγκο V_s που καταλαμβάνουν οι στερεοί κάκκοι και τον όγκο V_n των πόρων. Ο όγκος των πόρων πληρούται από νερό (με όγκο V_w) και αέρα (με όγκο V_g). Οι αντίστοιχες μάζες M ή ισοδύναμα τα βάρη των ανωτέρω ποσοτήτων είναι:

M_s : μάζα στερεών των κόκκων

M_w : μάζα νερού των πόρων

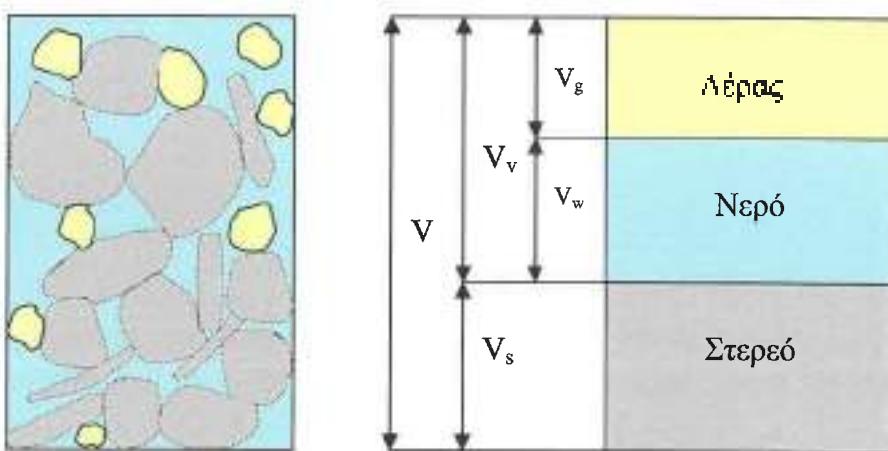
M_g : μάζα αέρα των πόρων

Συνήθως, η μάζα του αέρα των πόρων αμελείται, επειδή η πυκνότητα του αέρα είναι πολύ μικρή σε σχέση με τις πυκνότητες των υπολοίπων μεγεθών (στερεών κόκκων και νερού).

Με βάση τα ανωτέρω μεγέθη, ορίζονται οι εξής χρήσιμες ποσότητες:

Το πορώδες, ο δείκτης πόρων, ο βαθμός κορεσμού, τα ποσοστά υγρασίας, η πυκνότητα εδαφικού υλικού, στερεών κόκκων και νερού, η ξηρή πυκνότητα εδαφικού υλικού, η πυκνότητα κορεσμένου

εδαφικού υλικού και η υπό άνωση πυκνότητο ενός κορεσμένου εδαφικού υλικού. Όλα τα παραπάνω μεγέθη περιγράφονται επαρκώς στο Παράρτημα 1 και αποτελούν σημαντικού παράγοντα για την οξιολόγηση του εδαφικού υλικού της υποδομής και επομένως, σημαντικό παράγοντα της πρόβλεψης της διάρκεια ζωής της.



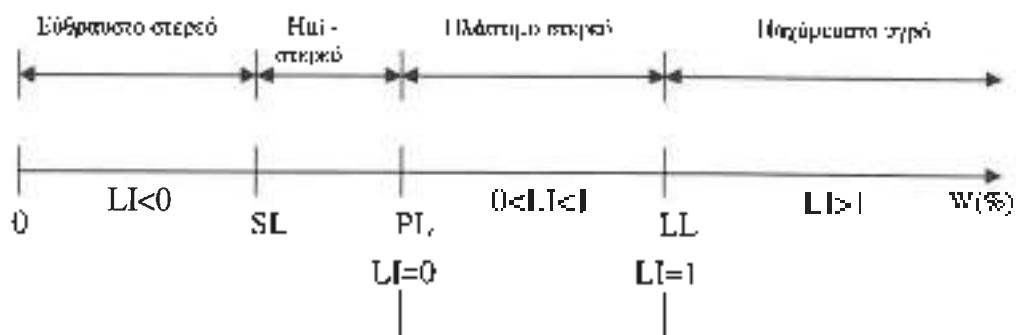
Σχήμα 1.2. Δείκτες και χαρακτηριστικά εδαφικών υλικών

1.5. Όριο Atterberg

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, τα κύρια φυσικά χαρακτηριστικά των μη-συνεκτικών εδαφών είναι η σχετική πυκνότητα και η κακκομετρική διαβάθμιση. Με βάση τα χαρακτηριστικά αυτά, μπορεί να γίνει μια πρώτη, αδρή εκτίμηση των μηχανικών τους χαρακτηριστικών. Στα συνεκτικά (αργιλικά ή λεπτόκοκκα) υλικά ο προσδιορισμός των ανωτέρω χαρακτηριστικών δεν είναι εύκολα εφικτός, κυρίως λόγω του πολύ μικρού μεγέθους των κόκκων τους, ενώ επιπλέον δεν είναι άμεσα συσχετισμένα με τις μηχανικές τους ιδιότητες. Για τους ανωτέρω λόγους, κατ' αντιστοιχία προς τα μη συνεκτικά εδάφη, τα κύρια φυσικά χαρακτηριστικά των συνεκτικών εδαφών είναι το ποσοστό υγρασίας και τα όριο Atterberg.

Ως όριο Atterberg ονομάζονται το όριο συρρίκνωσης w_s ή SL , το όριο

πλαστιμότητας w_p ή PL και το όριο υδαρότητας w_L ή LL . Τα όρια Atterberg αποτελούν χαρακτηριστικές ιδιότητες κάθε συνεκτικού υλικού και προσδιορίζονται με πρότυπες δοκιμές. [Παράρτημα 1].



Σχήμα 1.3. Σχηματική παρουσίαση ορίων Atterberg

1.6. Καλιφορνικός Δείκτης CBR

Ο λόγος CBR είναι μέγεθος που περιγράφει την αντοχή εδαφών και ορίζεται ως ο λόγος της πίεσης (τάσης) που αποιτείται ώστε να προκληθεί ένα συγκεκριμένο βάθος διείσδυσης (βάθος αναφοράς) του εμβόλου της δοκιμής, σε ένα συμπυκνωμένο δείγμα εδάφους, σε ορισμένη πυκνότητα και υγρασία, προς την πίεση αναφοράς η οποία είναι η απαιτούμενη πίεση ώστε να προκληθεί αυτό το βάθος σε δείγμα σπασμένης πέτρας.

Το βάθος αναφοράς είναι 2.54 mm (1/10") και η πίεση αναφοράς (για το δείγμα της σπασμένης πέτρας) είναι 6.9 MPa. Ο λόγος CBR ορίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$CBR = (\text{πίεση δοκιμής}) / (\text{πίεση αναφοράς}) * 100 (%)$$

Πρόκειται για ένα σημαντικό μέγεθος, που χρησιμοποιείται προκειμένου να υπολογιστεί το απαραίτητο πόχος της στρώσης που θα φέρει συγκεκριμένο φορτίο (Παράρτημα 1).

1.7. Δείκτης Αντίδρασης Εδάφους C

Ο δείκτης αντίδρασης εδάφους είναι μια σταθερά, η οποία περιγράφει την υποχωρητικότητα όλων των στρώσεων κάτω από τους στρωτήρες. Είναι μια ανάλογη σταθερά, η οποία δίνει με πόσα N/cm^2 επιτυγχάνεται βύθιση (κατακόρυφη υποχώρηση) κατό 1cm ή αντίστοιχη συμπίεση του εδάφους κατά 10mm [3]. Με την παραδοχή πλήρους ελαστικής βύθισης ισχύει ο νόμος του Hook:

$$C = \frac{P}{y} = \tan \alpha$$

y = βύθιση ή υποχώρηση του εδάφους (mm)

P = πίεση στην επιφάνεια μεταξύ επιφάνειας έδρασης και έρμοτος (N/mm^2)

C = δείκτης αντίδρασης εδάφους (N/mm^3)

1.8. Δοκιμή Proctor

Η δοκιμή Proctor είναι μια πρότυπη μέθοδος (AASHTO T-99/74, ASTM D-698/78) με σκοπό τον προσδιορισμό της σχέσης μεταξύ της περιεχόμενης υγρασίας και της ξηρής πυκνότητας του εδάφους με τη χρήση της μεταλλικού κόπανου με κυκλική διατομή διαμέτρου 50.8 ± 0.127 mm και βάρους 2.49 ± 0.01 kg που πέφτει ελεύθερα από ύψος 304.8 ± 1.524 mm από τη στάθμη του εδαφικού δοκιμίου.

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων γίνεται σε διάγραμμα ξηρού φαινόμενου βάρους-περιεκτικότητα σε νερό. Στο σχετικό έντυπο με τα αποτελέσματα της δοκιμής εισάγονται μόνο τα εργαστηριακά δεδομένα και αυτόματα παίρνουμε μια καμπύλη που παρουσιάζει μία μέγιστη τιμή της ξηρής πυκνότητας για μια ορισμένη περιεκτικότητα σε νερό, που χαρακτηρίζεται σαν βέλτιστη υγρασία m_{opt} κατά Proctor (optimum).

| Έδαφος | E_{v2} [N/cm ²] | CBR [%] | C [N/cm ³] | σ_{en} [N/cm ²] |
|-----------------------|-------------------------------|---------|------------------------|------------------------------------|
| Μαλακή άργιλος | 1500 | 3 | 28 | 2,5-3,5 |
| Ημίσκληρη άργιλος | 2500 | 5 | 42 | 3,5-5,0 |
| Αμμώδη εδάφη | 5000 | 10 | 55 | 4,5-6,0 |
| Καλό υπέδαφος | 10000 | 20 | 69 | 6,0-7,5 |
| Πολύ καλό υπέδαφος | 20000 | 50 | 138 | 7,5-11,0 |

Πίνακας 1.1 Τιμές χαρακτηριστικών μεγεθών διαφόρων υλικών

Κεφάλαιο 2

2. Σχεδιασμός Υπόβασης και Διαστάσιολόγηση

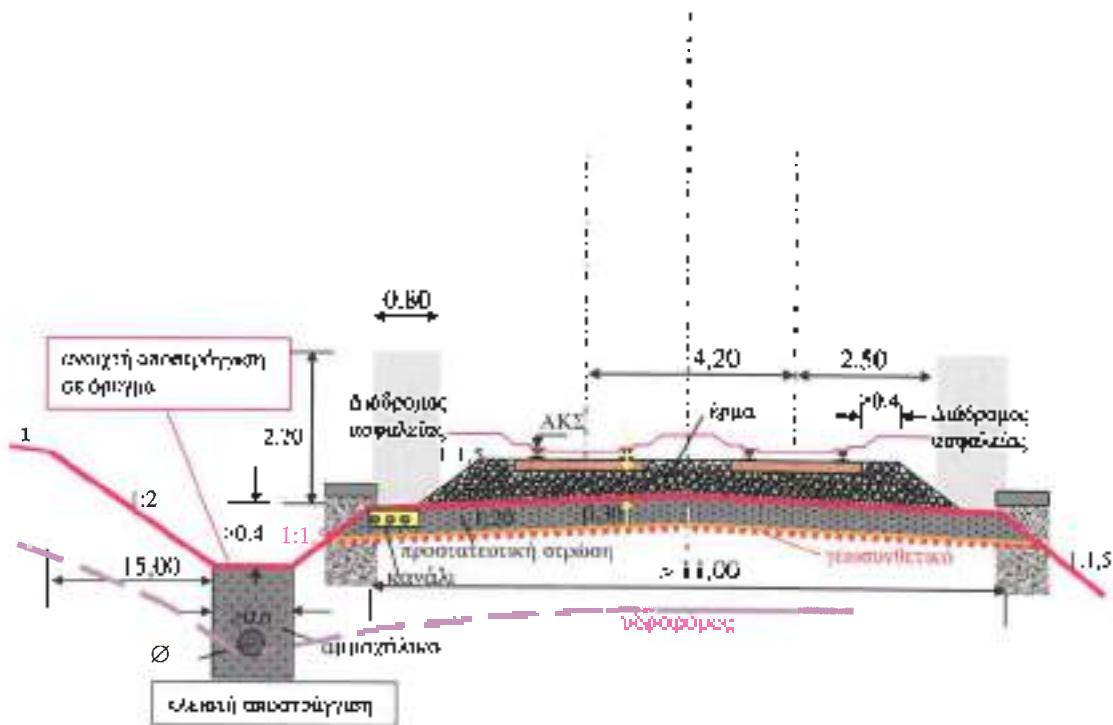
2.1. Εισαγωγή

Από τα παραπάνω διαφαίνεται η κριτιμότητα της σωστής επιλογής των εδαφικών υλικών, αλλά εξίσου σημαντικό είναι να αναφερθούν και οι απαιτήσεις ως προς τις διαδικασίες της κατασκευής της υποδομής και των βασικότερων γεωμετρικών της χαρακτηριστικών όπως το πάχος, το πλάτος, κ.α.

2.2. Δασικά στοιχεία διαστάσιολόγησης υποδομής

Υπόρχουν τουλάχιστον τέσσερα σημεία στα βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά του σχεδιασμού της υπόβασης μιας σιδηροδρομικής γραμμής. Κάθε ένα από αυτά πρέπει να αναπτύσσεται σύμφωνα με τους κανονισμούς για τα είδος της γραμμής και το είδος των εδαφικών υλικών που χρησιμοποιούνται. Τα τέσσερα βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά είναι:

- ♦ το πλάτος στη στέψη του επιχώματος ή ο πυθμένος του ορύγματος
- ♦ το ύψος πλήρωσης του επιχώματος ή το βάθος του ορύγματος
- ♦ οι κλίσεις των πρανών των επιχωμάτων ή των ορυγμάτων
- ♦ πρόβλεψη και διατάξεις για την αποστράγγιση



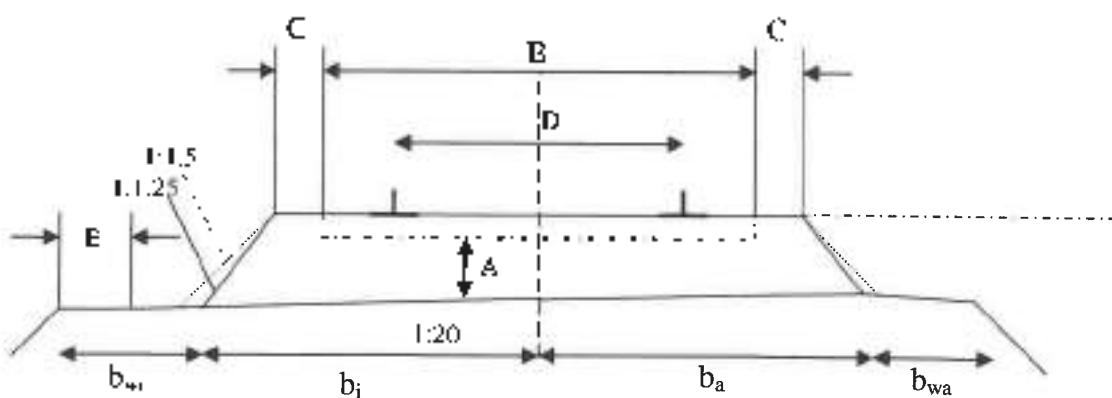
Σχήμα 2.1. Βασικά γεωμετρικά πανοραμίστικά στάδια ρύθμισης γραμμής

Οι περισσότερες διατομές σιδηροδρομικών γραμμών, είτε βρίσκονται σε επίχωμα, είτε σε θρύγμα, είναι τραπεζοειδούς μορφής. Όταν έχουμε ορύγματα η τραπεζοειδής μορφή είναι ανεστραμμένη. Οι διατομές σε ορύγματα μπορεί να είναι εξολοκλήρου σε φυσικό έδαφος ή να παρεμβάλλεται και τμήμα της διατομής επί τεχνικού έργου (τοίχος υποστήριξης). Επίσης υπάρχει και η περίπτωση μεικτής διατομής, όπου ένα τμήμα της διατομής είναι σε θρύγμα και το υπόλοιπό σε επίχωμα. Η διατομή αυτή απαιτεί τεχνικά (π.χ. τοίχους αντιστήριξης), αφού το τμήμα του επιχώματος είναι δυνατόν να παρουσιάσει μια τάση αλίσθησης ή παραμόρφωσης [19].

Το ελάχιστο επιτρεπτό πλάτος της στέψης της υπόβασης προσδιορίζεται με βάση τις διαστάσεις της κλίνης έρματος που χρησιμοποιείται. Στην πραγματικότητα, το πλάτος του εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό και από το πλάτος της κλίνης του έρματος κάτω από τους στρωτήρες. Ένα ελάχιστο πλάτος υπόβασης για μονή γραμμή 6,1m είναι επιθυμητό, για να προσφέρει σταθερότητα και να επιτρέπει

επαρκές πόχος στρώσης έρματος, παρόλο που ένα επιμέρους τμήμα μονής γραμμής μικρής πυκνότητας κυκλοφορίας δεν απαιτείται να έχει πλάτος περισσότερο από 5,5m. Το έρεισμα του καταστρώματος πρέπει να εξέχει κατ' ελάχιστο 0.46m πάνω από τον πόδα της στρώσης έρματος, προκειμένου να προσφέρει στήριξη.

Ο σχεδιασμός της σωστής διάταξης έρματος και υποδομής βασίζεται ουσιαστικά στην αναμενόμενη κυκλοφορία των επόμενων 10-15 χρόνων. Το κόστος επιπλέον πλάτους της διατομής κατά τη φάση της κατοσκευής μπορεί να ισορροπηθεί με την αποφυγή των εξόδων από την μελλοντική διαπλάτυνση της διατομής. Συνήθως, ακολουθούνται διαφορετικές προδιαγραφές όσον αφορά το έρμα και το κατάστρωμα μιας γραμμής, αναλόγως αν πρόκειται για κύρια γραμμή ή για δευτερεύουσσα, αν υπάρχει σήμανση στη γραμμή και χωρισμός σε τμήματα αποκλεισμού και τέλος αν είναι τμήμα αλλαγής. Μια τυπική διατομή υπόβασης φαίνεται στο παρακάτω σχήμα [2], [7].



Σχήμα 2.2. Τυπική διατομή υπόβασης

A= μεταβλητό μέγεθος (συνήθως 0.45-0.50 m)

B= μήκος στρωτήρα (συνήθως 2.44-2.74 m)

C= έρεισμα έρματος (συνήθως 1.8m κατ' ελάχιστο)

D= απόσταση αξόνων γραμμής= μεταβλητό μέγεθος (~4.27m) και

E= έρεισμα υπόβασης (συνήθως 0.33m κατ' ελάχιστο)

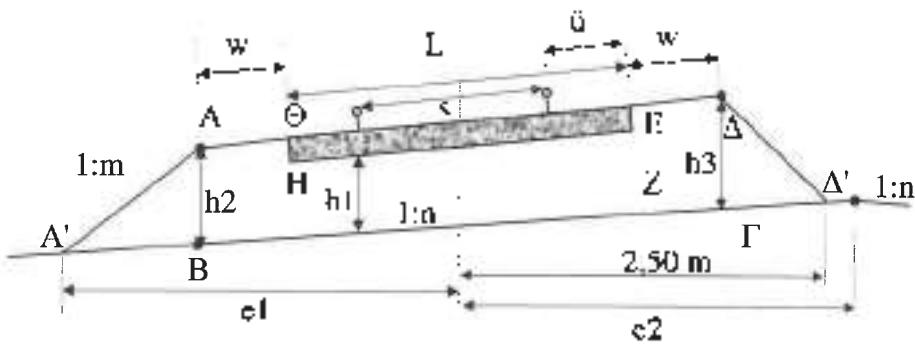
| V (km/h) | C | b _i | B _o | b _{wi} | b _{we} | Πλάτος υποδομής (m) |
|-------------|------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|---------------------------|
| V≤160 | 0,40 | 2,72 | 2,40 | 0,78 | 0,70 | 6,60 |
| V>160 | 0,50 | 2,82 | 2,50 | 0,98 | 1,30 | 7,60 |

Τίτλος 2.1. Διαστασιολόγηση της πλάτους μονής γραμμής. (Εργαλειολογικό Κανονισμό)

2.3. Ογκομέτρηση έρματος

Μετά τη διαστασιολόγηση της υποδομής, ο επόμενος κρίσιμος παράγοντας διαστασιολόγησης του σώματος της σιδηροδρομικής γραμμής, είναι η κλίνη έρματος. Η ογκομέτρηση του έρματος εξαρτάται κατ' αρχήν από το αν η υπό κατασκευή γραμμή είναι μονή ή διπλή. Στην παρόντα φωτογραφία αντίτυπος αυτή θα εξεταστούν και οι δύο αυτές περιπτώσεις με τις ιδιαιτερότητες της γεωμετρίας που πάρουσιάζονται στην κάθε περιπτωση.

Περίπτωση 1^η: Μονή γραμμή (Με υπερύψωση μπετόν)



Σχήμα 2,3. Διατομή μονής γραμμής

Η διαδικασία θα δοθεί μέσω αριθμητικού πορεδείγματος για την καλύτερη κατανόηση

Στοιχεία:

$$L = \text{μήκος μπετόν στρωτήρα} [m] = 2,60$$

$$a = \text{απόσταση στρωτήρων μεταξύ τους} [m] = 0,60$$

$$b_1 = \text{πλάτος μπετόν στρωτήρα} [m] = 0,225$$

$$b_2 = \text{ύψος μπετόν στρωτήρα} [m] = 0,175$$

$$V = \text{όγκος μπετόν στρωτήρα B70} [m^3] = (0,15+0,30)/2 \times 0,175 \times 2,6 = 0,1024$$

$$h_1 = \text{πόχος έρματος κάτω από την εσωτερική σιδηροτροχιά} [m] = 0,30$$

$$Y = \text{υπερύψωση} [\text{mm}] = 160$$

$$\pi = 20$$

$$m = 1,25$$

$$w = [m] = 0,4$$

$$u = [m] = \{(L-s)/2\} = 0,55$$

$$s = [m] = 1,50$$

$$\text{Πλήθος στρωτήρων σύντομο} = [N/km] = 1000/a = 1666,7$$

$$h_3 = [m] = h_1 + b_2 - (s + \bar{u} + w) / n + (s + \bar{u} + w) * \sin(u * \pi / 180) = 0.61$$

$$h_2 = [m] = h_1 + b_2 + (\bar{u} + w) / m - (\bar{u} + w) * \sin(u * \pi / 180) = 0.42$$

$$\text{Κάθετος } B \text{ προς } \Gamma\Delta = \sqrt{((L+2*w)^2 - ((L+2*w)/n)^2)} = 3.40m$$

$$F_{AB\Delta} = (h_2 + h_3) / 2 * 3.40 = 1.76m$$

$$F_{AB\Delta} - F_{\text{στρωτ}} = F_{AB\Delta} - 0.1024 = 1.65m$$

$$\alpha = \tan^{-1}(1/m) * 180/\pi = 38.6598^\circ$$

$$\beta = \tan^{-1}(1/n) * 180/\pi = 2.86241^\circ$$

$$\gamma = 90 - \alpha = 51.3402^\circ$$

$$v = \sin^{-1}(Y/(s*1000)) * 180/\pi = 6.1232^\circ$$

$$\text{Κάθετος } A' \text{ προς } AB = h_2 * \sin(\gamma * \pi / 180) / \sin((\alpha - \beta) * \pi / 180) = 0.56$$

$$F_{ABA'} = h_2 * 0.56 / 2 = 0.12$$

$$\text{Κάθετος } \Delta' \text{ προς } \Gamma\Delta = h_3 * \sin(\gamma * \pi / 180) / \sin((\alpha - \beta) * \pi / 180) = 0.82$$

$$F_{\Delta\Gamma\Delta} = h_3 * 0.82 / 2 = 0.25$$

$$F_{\text{συν(χωρικ στρωτ)}} = F_{AB\Delta} - F_{\text{στρωτ}} + F_{ABA'} + F_{\Delta\Gamma\Delta} = 2.0 \text{ m}^2$$

$$F_{\text{συν(με στρωτ)}} = F_{AB\Delta} + F_{ABA'} + F_{\Delta\Gamma\Delta} = 2.1 \text{ m}^2$$

Αποτελέσματα:

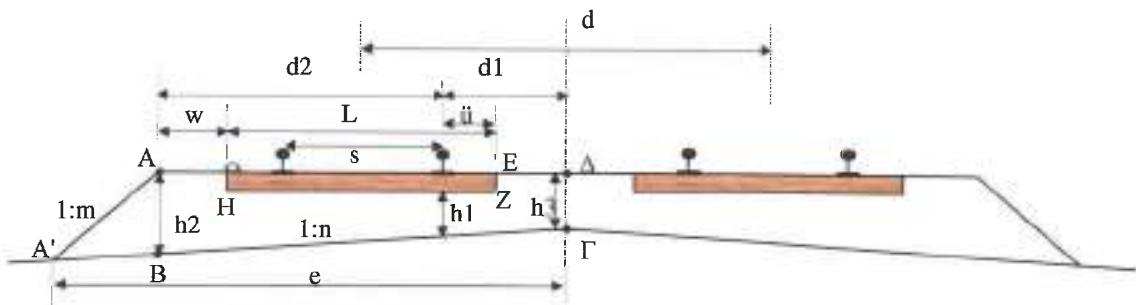
$$V_{\text{συν(χωρικ στρωτ)}} = F_{\text{συν(χωρικ στρωτ)}} * b_1 = 0.46 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{συν(με στρωτ)}} = F_{\text{συν(με στρωτ)}} * (a - b_1) = 0.80 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{συν(60 cm)}} = V_{\text{συν(με στρωτ)}} + V_{\text{συν(χωρικ στρωτ)}} = 1.25 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{συν(1 km)}} = V_{\text{συν(60 cm)}} * N_{\text{στρωτ}} / \text{km} * 1,15 = 2402.1 \text{ m}^3$$

Περιπτώση 2^η: Διπλή γραμμή



Σχήμα 2.4. Διατάξη διπλής γραμμής

Στοιχεία:

d = απόσταση γραμμών [m] = 4,0

a = απόσταση στρωτήρων [m] = 0,6

b_1 = πλάτος ξύλινου στρωπήρα [m] = 0,26

b_2 = ύψος ξύλινου στρωτήρα [m] = 0,16

L_b = μήκος ξύλινου στρωτήρα [m] = 2,6

V_b = όγκος ξύλινου στρωτήρα [m^3] = $L_b * b_1 * b_2 = 0,1082$

L_b = μήκος μπετόν στρωτήρα [m] = 2,6

V_b = όγκος μπετόν στρωτήρα B70 [m^3] = $(0,15+0,3)/2*0,175*$

$L_b = 0,1024$

h_1 = πόχος έρματος κάτω από εσ. σιδηροτροχιά [m] = 0,3

$n = 20$

$m = 1.25$

$w = [m] = 0,4$

$$\bar{u} = [m] = (L_x - s)/2 = 0.55$$

$$s = [m] = 1.50$$

Πλήθος στρωτήρων ανά km = [N/km] = 1000/a = 1666,7

$$d_1 = [m] = (d - L_x)/2 + \bar{u} = 1.25$$

$$h_3 = [m] = h_1 + b_2 - d_1/n = 0.3975$$

$$d_2 = [m] = s + \bar{u} + w = 2.45$$

$$h_2 = [m] = h_1 + b_2 + L_b/n = 0.5825$$

$$F_{abcd} = [m^2] = (h_2 + h_3)/2 * (d/2 + L_x/2 + w)$$

$$\alpha = \tan^{-1}(1/m) * 180/\pi = 38,6598^\circ$$

$$\beta = \tan^{-1}(1/n) * 180/\pi = 2,86241^\circ$$

$$\gamma = 90 - \alpha = 51,3402^\circ$$

$$d_3 = [m] = V_b * \sin(h_2 * \pi / 180) / \sin((d_3 - h_1) * \pi / 180) = 0,77764$$

$$F_{ABA'} = [m^2] = V_b * m/2 = 0,226$$

$$F_{ouv(\chiωρική στρωτ)} = [m^2] = 2 * (\alpha + F_{ABA'}) = 3,24697$$

$$F_{ouv(\muε στρωτ)} = [m^2] = 2 * (F_{abcd} + F_{ABA'})$$

$$e = [m] = d_3 + w + L_x/2 + d/2 = 4.47764$$

Αποτελέσματα:

$$V_{ouv(\chiωρική στρωτ)} = F_{ouv(\chiωρική στρωτ)} * b_1 = 0.46 \text{ m}^3$$

$$V_{ouv(\muε στρωτ)} = F_{ouv(\muε στρωτ)} * (a * b_1) = 0.80 \text{ m}^3$$

$$V_{ouv(60 \text{ cm})} = V_{ouv(\muε στρωτ)} + V_{ouv(\chiωρική στρωτ)} = 1.25 \text{ m}^3$$

$$V_{ouv(1 \text{ km})} = V_{ouv(60 \text{ cm})} * N_{στρωτ/km} * 1,15 = 2402,1 \text{ m}^3$$

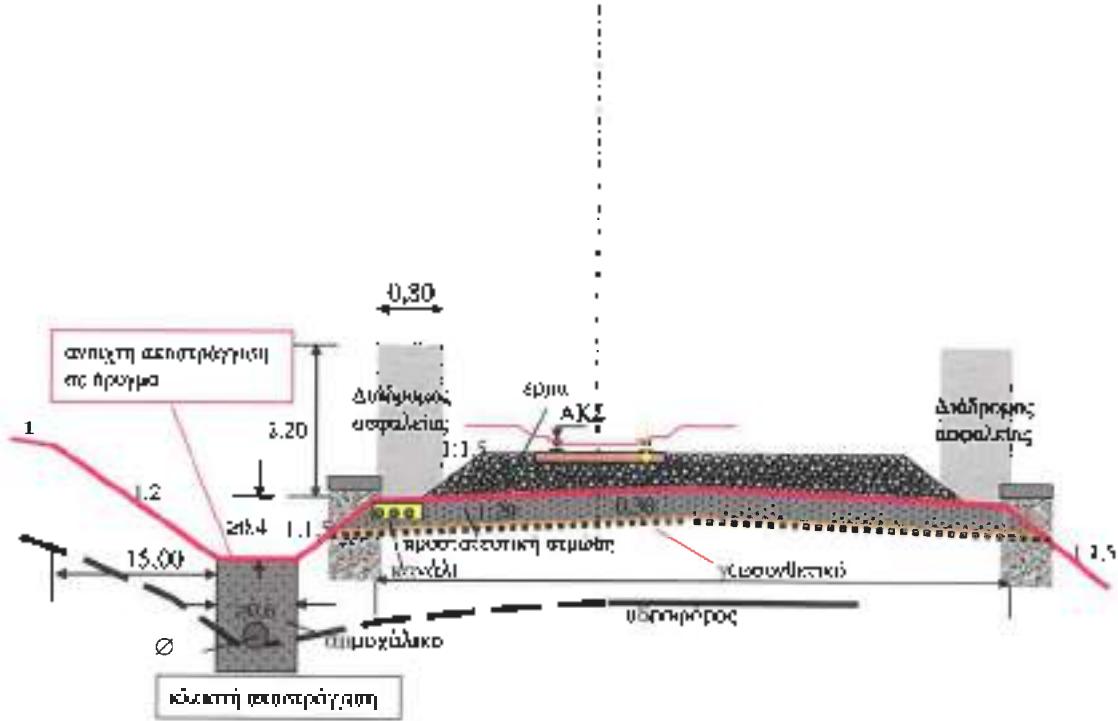
Από τα παραπάνω δίνεται μια αισφής εικόνα για τον τρόπο ογκομέτρησης του έρματος, για τις διάφορες περιπτώσεις που μπορούν να αντιμετωπιστούν στην πράξη, είτε πρόκειται για μονή είτε για διπλή γραμμή, για ξύλινους ή από μπετόν στρωτήρες και για γραμμή με ή χωρίς υπερύψωση.

| ΣΤΡΩΤΗΡΑΣ | ΠΛΑΤΟΣ ΠΑΓΚΟΥ ΕΡΜΑΤΟΣ [m] | ΠΛΑΤΟΣ ΠΑΓΚΟΥ ΕΡΜΑΤΟΣ [m] | | | |
|---------------------------|---------------------------|---------------------------|------|------|------|
| | | 0,40 | | 0,50 | |
| | | 0 | 160 | 0 | 160 |
| ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΕΡΜΑΤΟΣ m^3/km | | | | | |
| ΞΥΛΙΝΟΙ | 0,90 | 4300 | 5200 | 4420 | 5350 |
| | 0,35 | 4800 | 5700 | 4950 | 5900 |
| ΜΠΕΤΟΝ B70 | 0,30 | 4820 | 5650 | 4970 | 5820 |
| | 0,35 | 5370 | 6200 | 5520 | 6370 |

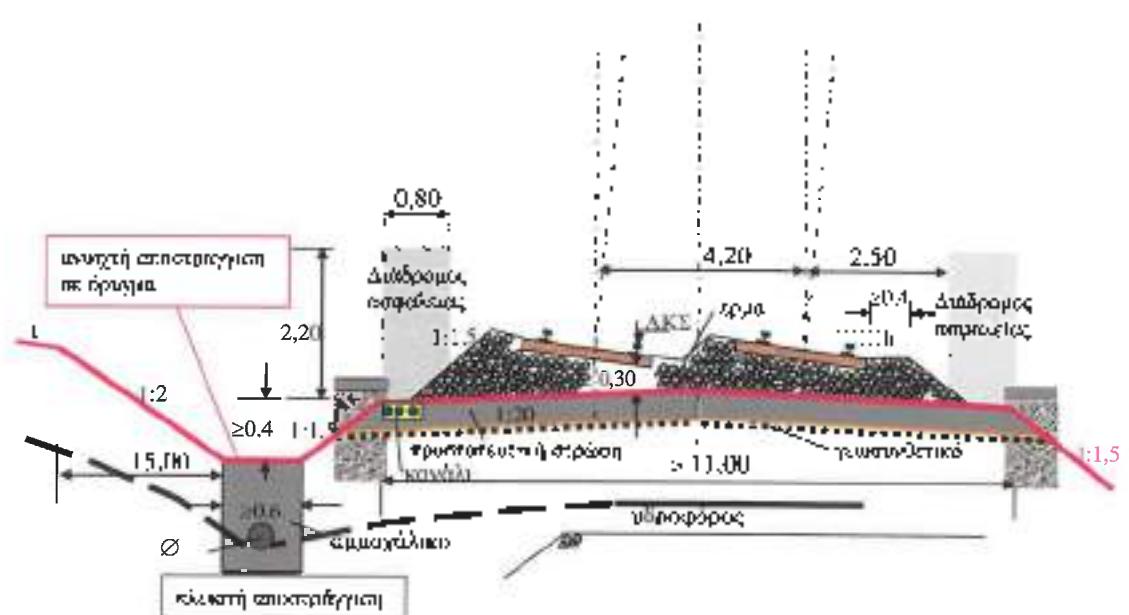
Πίνακας 2.1. Συνοπτική παρουσίαση άγκου έρματος για ξύλινους και μεταλλικούς στρωτήρες

2.4. Τυπικές διατομές σιδηροδρομικής γραμμής

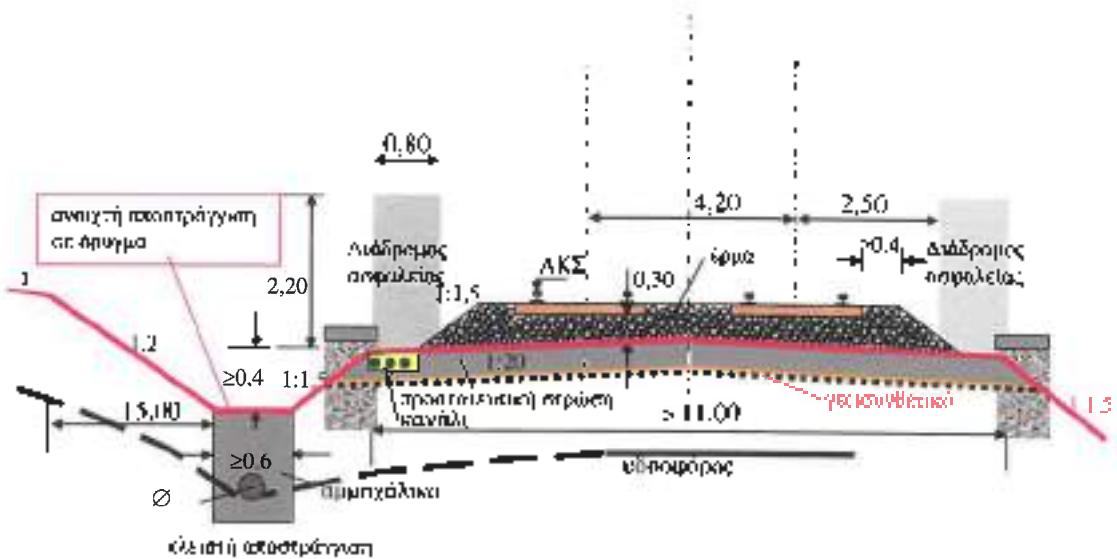
Σημαντικοί σιδηροδρομικοί δίζονες και άξονες με μεγάλη κυκλοφορία συρμών κατασκευάζονται με δύο γραμμές (διπλή γραμμή = μία γραμμή ανά κατεύθυνση). Στην αντίθετη περίπτωση κατασκευάζεται μία γραμμή (μονή γραμμή με κυκλοφορία και στις δύο κατευθύνσεις). Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι τυπικές διατομές σιδηροδρομικής γραμμής.



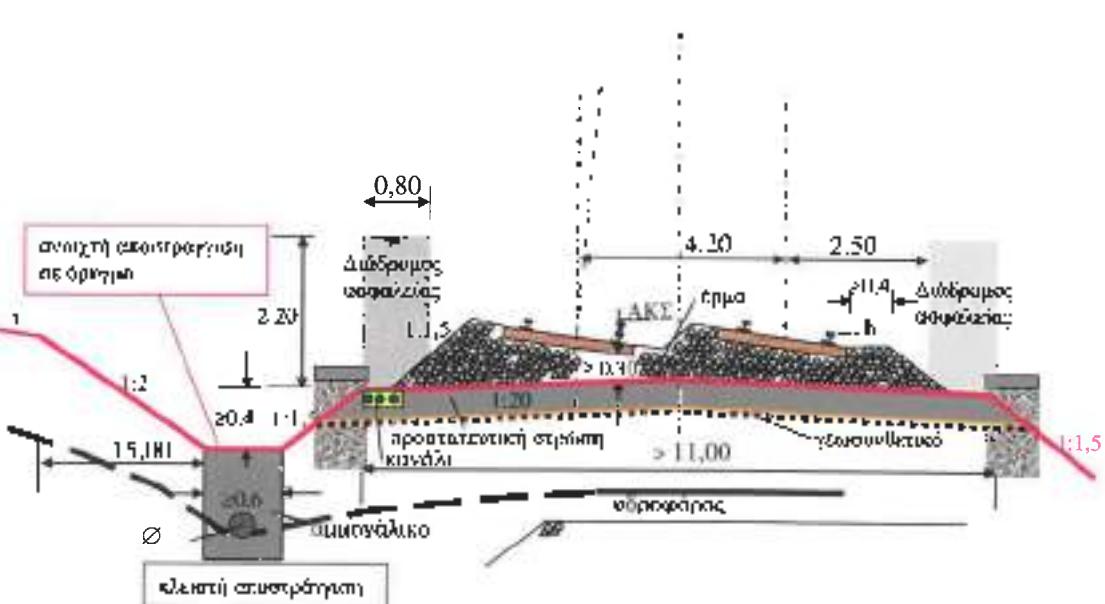
Σχήμα 2.5. Μονή γράμμη σε ευθυγραμμία



Σχήμα 2.6. Μονή γράμμη σε κομπούλη



Σχήμα 2.7. Διπλή γραμμή σε ευθυγραμμίδιο

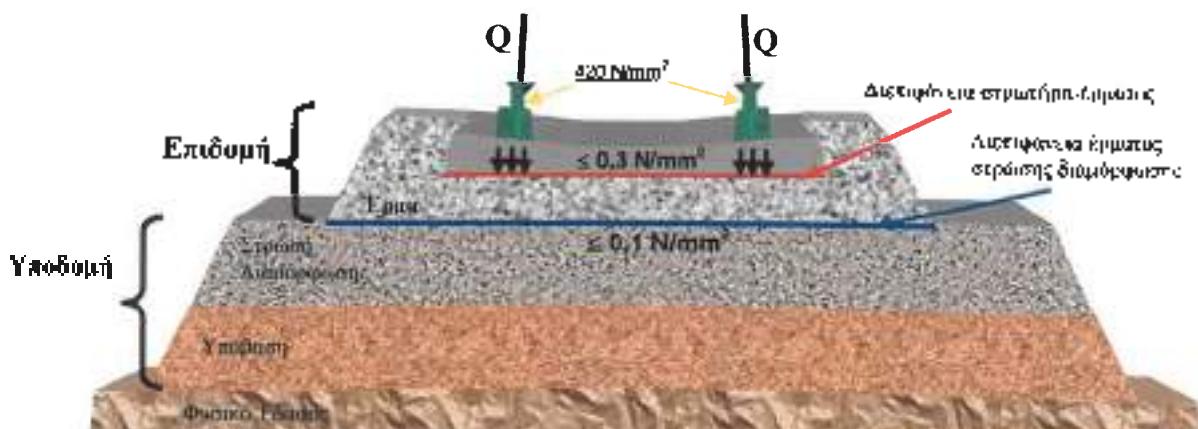


Σχήμα 2.8. Διπλή γραμμή σε καμπύλη

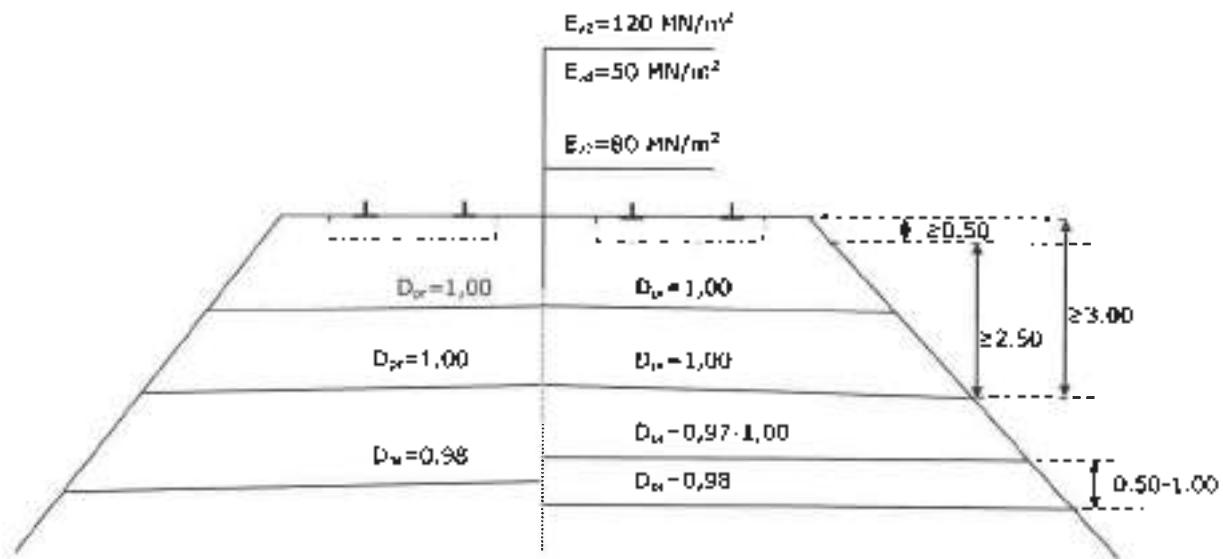
2.5. Επιθυμητά Εντατικά Μεγέθη Υποδομής

Η τελική κατάσταση της υποδομής, επί της οποίας θα αρχίσει η κατασκευή της επιδομής, οφείλει να είναι όμηρη που παρουσιάζεται στα ακόλουθα σχήματα, όπου φαίνονται αναλυτικά και οι τιμές των παραμέτρων (μέτρο ελαστικότητας, δείκτης δοκιμής Proctor κ.α.) που παρουσιάστηκαν συνοπτικά παραπάνω.

Συγκεκριμένα, παρουσιάζονται οι τιμές τους σε διάφορες θέσεις της υποδομής, οι οποίες επιτυγχάνονται με διάφορες διαδικασίες συμπύκνωσης που θα παρουσιαστούν κατά τη μεθοδολογία στρώσης γραμμής.



Σχήμα 2.9. Επιθυμητές πιέσεις στη στέψη της υποδομής



Σχήμα 2.10. Επιθυμητά μεγέθη υποδομής, πριν την κατασκευή της επιδομής

| Αναφορικό Σημείο Τροχού | Είδος γραμμής [km/h] | Στάθμη | | Προστατευτική Στρώση | | | | Στάθμη στρώσεων διαμόρφωσης | | |
|---|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------|--|----|-----|----------------------------------|----------------------------------|----|
| | | E_{st} [MN/m ²] | E_{vd} [MN/m ²] | D_{pr} | Σύνηθες πάχος σε ημεριαχή πολεοτόνο (cm) | | | E_{st} [MN/m ²] | E_{vd} [MN/m ²] | |
| | | | | | I | II | III | | | |
| Πάτημα | ΥΥΤ (300) | Σκυρογραμμή | 120 | 50 | 1,0 | 70 | 70 | 70 | 80 | 40 |
| | | Σταθερή επιδομή | 120 | 50 | 1,0 | 40 | 40 | 40 | 60 | 35 |
| Επιβατικές, (230) Μικτής, κυκλοφορίας; (230) | Σκυρογραμμή | 120 | 50 | 1,0 | 50 | 60 | 70 | 60 | 40 | |
| | Σταθερή επιδομή | 120 | 50 | 1,0 | 40 | 40 | 40 | 60 | 35 | |
| Επι βατικές(160) Μικτής κυκλοφορίας(160) Εμπορική μεταφορά(120) Περιφερειακό(120) | Σκυρογραμμή | 100 | 45 | 1,0 | 40 | 50 | 60 | 45 | 35 | |
| Εμπορευματικό (50) Περιφερειακό(80) | Σκυρογραμμή | 80 | 40 | 1,0 | 30 | 40 | 50 | 45 | 30 | |
| Πάτημα | ΥΥΤ (300) | Σκυρογραμμή | 120 | 50 | 1,0 | 70 | 70 | 70 | 80 | 40 |
| | | Σταθερή επιδομή | 120 | 50 | 1,0 | 40 | 40 | 40 | 60 | 35 |
| Επιβατικές, (230) Μικτής κυκλοφορίας; (230) | Σκυρογραμμή | 80 | 40 | 1,0 | 30 | 40 | 50 | 45 | 30 | |
| | Σταθερή επιδομή | 100 | 45 | 1,0 | 40 | 40 | 40 | 45 | 30 | |
| Επι βατικές(160) Μικτής κυκλοφορίας(160) Εμπορική μεταφορά(120) Περιφερειακό(120) | Σκυρογραμμή | 50 | 35 | 1,0 | 20 | 25 | 30 | 30 | 25 | |
| Εμπορευματικό (50) Περιφερειακό(80) | Σκυρογραμμή | 40 | 30 | 0,97 | 20 | 20 | 20 | 20 | 25 | |

Πίνακας 2.1. Επιθυμητά εντοτικά μεγέθη υποδομής για διάφορες περιπτώσεις γραμμών

Όπου:

E_{v2} : Στατικό μέτρο παραμορφωσιμότητας

E_{vd} : Δυναμικό μέτρο παραμορφωσιμότητας

D_{Pr} : Δείκτης δοκιμής Proctor

ΓΥΤ: Γραμμή Υψηλής Ταχύτητας

Κεφάλαιο 3

3. Εκσκαφές - Στρώση εξυγίανσης και λοιπές εδαφικές εργασίες υποδομής

3.1. Εισαγωγή

Οι χωματουργικές εργασίες της υποδομής είναι πολύ σημαντικό να εκτελούνται βάσει των σχετικών προδιαγραφών και με τον κατάλληλο εξοπλισμό, αφού η υποδομή είναι βασική συνιστώσα για την ευστάθεια της εσχάρας και την μακροζωία της σιδηροδρομικής γραμμής. Οι διάφορες χωματουργικές εργασίες γίνονται σε διάφορες φάσεις της κατασκευής τόσο της υποδομής, όσο και της επιδομής και διαδέχονται άλλες εργασίες που αφορούν διαφορετικά υλικά.

3.2. Εκσκαφές

Η πρώτη εργασία που αφορά εδαφικά υλικά είναι η εκσκαφή των ήδη υπαρχόντων εδαφικών υλικών στην περιοχή κατασκευής της σιδηροδρομικής γραμμής. Η εκσκαφή γίνεται με ειδικά εκσκαπτικά μέσα και στη συνέχεια φορτώνονται σε ειδικά μηχανήματα μεταφοράς εδαφικών υλικών.



Εικόνα 3.1. Συνήθη εκσκαπτικά μέσα

Το βάθιος εκσκαφής εξαρτάται τόσο από την ποιότητα του εδάφους της περιοχής, όσο και από τη χάραξη της γραμμής κατά τη μελέτη. Οριαμένες φορές, το βάθιος εκσκαφής διαμορφώνεται και από ειδικούς παράγοντες, όπως η ύπαρξη αρχαιολογικών ευρημάτων στην περιοχή του έργου.

Η μεταφορά των πλεοναζόντων υλικών εκσκαφής, καθώς και αυτή των υλικών επίχωσης, θα πραγματοποιείται με καλυμμένα φορτηγά, για τον περιορισμό εκπομπής ακόνης κατά την κυκλοφορία τους.

Οι χειριστές των μηχανημάτων πρέπει να είναι πιστοποιημένοι για την εκτέλεση της εργασίας, όπως και τα μηχανήματα που θα χρησιμοποιηθούν. μεταφορά των πλεοναζόντων υλικών εκσκαφής, καθώς και αυτή των υλικών επίχωσης, πρέπει να πραγματοποιείται με καλυμμένα φορτηγά, για τον περιορισμό εκπομπής ακόνης κατά την κυκλοφορία τους.

Επίσης, η προσωρινή αποθήκευση της φυτικής γης και των υλικών των εκσκαφών που θα προορίζονται για εργασίες επιχώσεων, πρέπει να γίνεται σε καθορισμένους ελεγχόμενους χώρους, οι θέσεις των οποίων θα έχουν εγκριθεί από την Επιβλέπουσα Υπηρεσία του έργου. Η προσωρινή αποθήκευση των υλικών αυτών οφείλει να γίνεται σε κατάλληλους χώρους, ώστε να μην εμποδίζεται η απορροή αδάτων, να μη δημιουργούνται προβλήματα στην κυκλοφορία οχημάτων κ.λπ. Στις θέσεις των εργοταξίων, όπου γίνεται προσωρινή αποθήκευση υλικών εκσκαφών όπως και αδρανών υλικών, πρέπει επίσης να υπάρχει πρόβλεψη κάλυψης των σωρών των υλικών αυτών, σε περιπτώσεις ξαφνικής βροχής ή ισχυρού ανέμου.

3.3. Στρώση Εξυγίανσης

Οι εργασίες εξυγίανσης πουθμένα με αμμαχάλικα προϋποθέτει και την προμήθεια καταλλήλων υλικών, σύμφωνα με τις προδιαγραφές, τη φορτοεκφόρτωση τους, τη μεταφορά, τη διάστρωση και μόρφωση των οριζοντίων στρώσεων και των πρανών, όπως ορίζεται στα σχέδια και σύμφωνα με τις αντίστοιχες διαστάξεις.

Τα πρανή και οι υπόλοιπες επιφάνειες των εξυγιαντικών στρώσεων του έργου κατασκευάζονται σύμφωνα με τις επιτρεπόμενες ανοχές, αυτές δε οι οποίες παρουσιάζουν ελλειμματικές στάθμες ή διαστάσεις, συμπληρώνονται με τις απαιτούμενες ποσότητες υλικών, ώστε να προκύψει η προβλεπόμενη από την μελέτη διατομή.

Η κατασκευή της στρώσης περιλαμβάνει τις εργασίες:

1. Προετοιμασίας
2. Ανάμιξης
3. Διάστρωσης
4. Συμπύκνωσης
5. Συντήρησης

3.3.1. Προετοιμασία του εδάφους

Στο προς οπαθεροποίηση τμήμα της γραμμής πρέπει να εκτελούνται εργασίες καθαρισμού και εκρίζωσης, μέχρι και αφαιρεσης των φυτικών και άλλων ακατάλληλων υλικών, όπως ορίζεται στην αντίστοιχη ΠΕΤΕΠ 02.01.01 "Καθαρισμός – εκχέρσωση – κατεδαφίσεις στη ζώνη εκτέλεσης των εργασιών". Αν τα μηχανήματα ανάμιξης, που χρησιμοποιούνται, δεν είναι δυνατόν να εκτελέσουν από μόνα τους πλήρη αναμόχλευση των επιτόπου υλικών, χρησιμοποιούνται κατάλληλα αναμόχλευτικά μηχανήματα για να επιτυγχάνεται η σωστή ανάμιξη των υλικών στο καθοριζόμενο από τη μελέτη βάθος. Η προδιαβροχή του εδάφους συνήθως διευκολύνει την εργασία αυτή.

Στα συνεκτικά εδάφη θρυμματίζονται οι εδαφικοί σβώλοι με οπλή ή

πολλοπλές διελεύσεις κατάλληλων μηχανημάτων (ισοπεδωτές με ηνία, προωθητές με ηνία) ή και με απλά γεωργικά μηχανήματα (τρακτέρ, φρέζα), εφ' όσον με αυτά επιτυγχάνεται το αποιτούμενο αποτέλεσμα και μέχρι το μέγεθός τους να μην είναι δυνατό να μειωθεί περισσότερο.

Σημαντικός είναι ο ρόλος της υγρασίας και για το λόγο αυτό, σύμφωνα με τους κανονισμούς, η περιεχόμενη υγρασία δεν πρέπει να υπολείπεται περισσότερο από 3% της βέλτιστης.

Κατά τη διάρκεια της ανάμιξης θα προστίθεται ομοιόμορφα νερό, με καταιονισμό κατά τα προβλεπόμενα από τους κανονισμούς προκειμένου να αποκτήσει το μίγμα τη βέλτιστη υγρασία και να αναπληρωθούν τυχόν απώλειες λόγω εξάτμισης.

Πριν από την έναρξη της συμπύκνωσης το μίγμα πρέπει να είναι ομοιογενές με τη βέλτιστη υγρασία και με βαθμό θρυμματισμού ίσο ή μεγαλύτερο του 80%.

3.3.2. Διαμόρφωση επιφάνειας

Η διαμόρφωση της επιφάνειας της στρώσης θα γίνεται πριν ή συγχρόνως με τη συμπύκνωση, είτε με ισοπεδωτή, είτε από το ίδιο το μηχάνημα σταθεροποίησης (εάν είναι εφοδιασμένο με τα σχετικά παρελκόμενα).

3.3.3. Συμπύκνωση

Η συμπύκνωση γίνεται με οδοντωτούς ή ελαστιχοφόρους οδοστρωτήρες, σε συνδυασμό με οδοστρωτήρες με λείο τύμπανα ελαχίστου βάρους 5-6 τόνους.

Οι οδοντωτοί οδοστρωτήρες "ζυμώνουν" το έδαφος, ενεργούν σε βάθος και προκαλούν εισχωρήσεις υπό μορφή οδόντωσης των σταθεροποιούμενων εδαφικών στρώσεων στο υποκείμενο έδαφος. Επιπρόσθετα, οι οδοστρωτήρες του τύπου αυτού συμπυκνώνουν συμπληρωματικά και το υποκείμενο έδαφος, βελτιώνοντας τη συνολική του φέρουσσα ικανότητα.

Οι ελαστιχοφόροι οδοιστρωτήρες επιφέρουν συμπύκνωση στο ανώτερο τμήμα της στρώσης, πάχους 5-8 cm. Το εφαρμοζόμενο έργο συμπύκνωσης εξαρτάται από την πίεση των ελαστικών και το έρμα (στατικό φορτίο). Με κατάλληλες ρυθμίσεις είναι δυνατόν να εξασφαλίσουν τον απαιτούμενο βαθμό συμπύκνωσης και σε στρώσεις μεγαλύτερου πάχους.

Σε καλά διαβαθμισμένα εδάφη αρκεί η χρησιμοποίηση οδοιστρωτήρων με λείους κυλίνδρους, ενώ σε μη συνεκτικά εδάφη είναι δυνατό να χρησιμοποιηθεί και δονητικός εξοπλισμός συμπύκνωση της στρώσης θα συνεχίζεται μέχρι να επιτευχθεί πυκνότητα τουλάχιστον ίση με το 100% της μέγιστης λαμβανόμενης πυκνότητας κατά τη μέθοδο EN 13286.02 (πυκνότητα Proctor, ενέργεια συμπυκνώσεως 0.6 MJ/m^3), σύμφωνα με την εργαστηριακή μελέτη.

Το μήγμα εδάφους - τοιμέντου πρέπει να έχει πριν από τη συμπύκνωση τέτοιο πάχος, ώστε μετά τη συμπύκνωση να προκύπτει το προβλεπόμενο από τη μελέτη πάχος. Η συμπύκνωση κάθε τμήματος πρέπει να ολοκληρώνεται μέσα σε δύο ώρες από το πέρας της ανάμιξης και της διαβροχής.

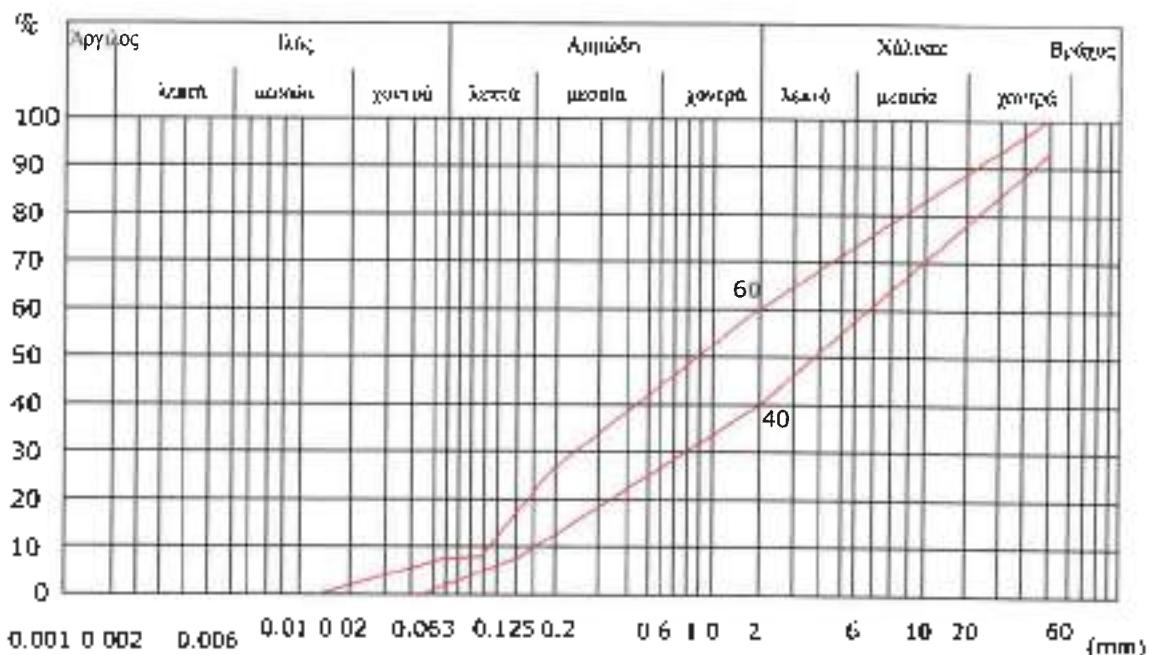
Σε περιπτώσεις στρώσεων έδρασης γραμμών στις οποίες προβλέπεται βαριά κυκλοφορία μετά το πέρας της συμπύκνωσης και μέσα στα χρονικά περιθώρια περάτωσης της συμπύκνωσης, θα διασκορπίζονται στην επιφάνεια της σταθεροποιημένης στρώσης αδρανή υλικά διοβάθμισης 14/20 mm σε ποσότητα 5-7 kg/m² και θα συμπυκνώνονται ελαφρά έτοι μέσα στη σταθεροποιημένο υλικό και να επικαλύψουν το 60-90% της επιφάνειας. Η εργασία αυτή θεωρείται αναγκαία για να εξασφαλιστεί η απαιτούμενη συνεργασία της σταθεροποιημένης στρώσης με την υπερκείμενη στρώση [16].

3.3.4. Επεξεργασία της επιφάνειας

Στην περίπτωση που μετά το τέλος της εκτελεσθείσας συμπύκνωσης η επιπεδότητα της επιφάνειας δεν είναι η απαιτούμενη, πρέπει αμέσως να λαμβάνονται διορθωτικά μέτρα. Η αποκατάσταση θα γίνεται πάντοτε με απόξεση τριήματος της επιφάνειας με ισοπεδωτή (grader) και ποτέ με προσθήκη νέου υλικού διότι δεν είναι δυνατόν να συγκολληθούν το δύο υλικά. Για τον λόγο αυτό συνιστάται το ορχικό πόχος της στρώσης να είναι αυξημένο, έτσι ώστε μετά την απόξεση η τελική επιφάνεια να ικανοποιεί τις απαιτήσεις ομαλότητας και το πάχος της στρώσης να μην υπολείπεται του προδιαγραφόμενου.

3.4. Κοκκομετρική διαβάθμιση Προστατευτικής στρώσης.

Η κοκκομετρική καμπύλη της προστατευτικής στρώσης πρέπει να ανήκει εντός των ορίων που παρουσιάζονται στο παρακάτω διόγγραμμα κοκκομετρικής ανάλυσης.



Σχήμα 3.2. Κοκκομετρική καμπύλη προστατευτικής στρώσης [7]

Κεφάλαιο 4

4. Γεωυφάσματα και Γεωπλέγματα

4.1. Γεωυφάσματα

4.1.1. Κατηγορίες γεωυφάσμάτων

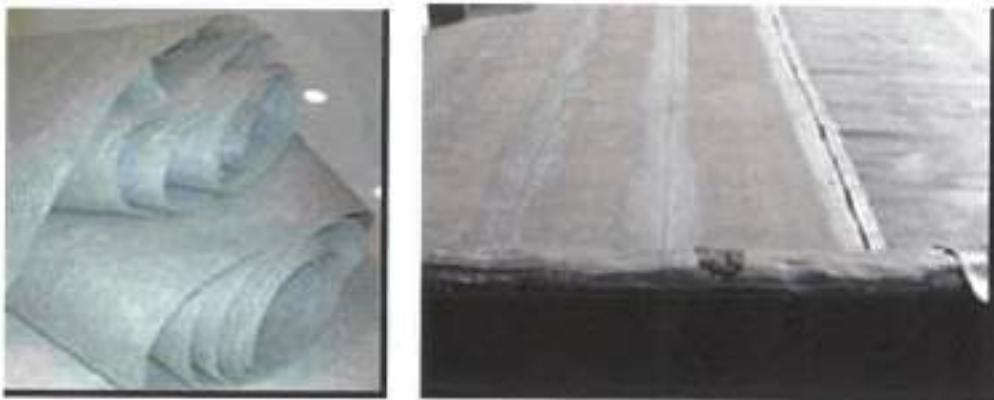
Το γεωύφασμα είναι ένα προϊόν που προέρχεται από τη βιομηχανία κλωστούφαντουργίας του οποίου φυσικές, μηχανικές και υδραυλικές ιδιότητες το καθιστούν κατόλληλο να χρησιμοποιηθεί σε εργασίες έργων πολιτικού μηχανικού και κυρίως οδοποιίας και σιδηροδρομικής, για άμεση επαφή με το έδαφος.

Στις μέρες μας υπάρχουν πολλά είδη γεωυφάσματων, τα οποία κατηγοριοποιούνται με κριτήριο τη χημική τους βάση ή με κριτήριο τη διάταξη των ίνων τους.

Κατά τον πρώτο διαχωρισμό, τα γεωυφάσματα που είναι κυρίως συνθετικά χωρίζονται σε πολυπροπυλενικά ή πολυεστερικά, φμως υπάρχουν και ορισμένα με βάση το πολυαιθυλένιο ή το πολυαμίδιο.

Αντίστοιχα, με βάση τη διάταξη των ίνων, τα γεωυφάσματα χωρίζονται σε υφαντά και τα μη υφαντά. Τα υφαντά αποτελούνται από τεχνητές ίνες, οι οποίες είναι συνδεδεμένες μέσω μιας μηχανικής διαδικασίας και έχουν μεγάλες εφελκυστικές αντοχές, γεγονός που τους επιτρέπει να χρησιμοποιούνται στη σταθεροποίηση-ενίσχυση των εδαφών [20].

Τα γεωυφάσματα είναι προϊόντα που δεν περιέχουν χημικές ουσίες, κατά συνέπεια είναι μη τοξικό και φιλικό προς το περιβάλλον. Οι τομείς εφαρμογής των γεωυφάσμάτων σχετίζονται με τη γεομηχανική και γενικά με κάθε τομέα που ανήκει στο κλάδο των έργων του πολιτικού μηχανικού. Η επιλογή των προϊόντων που θα χρησιμοποιηθούν εξαρτάται από διάφορους τεχνικούς και οικονομικούς παράγοντες.



Εικόνα 4.1 και 4.2. Γεωυφάσματα υφαντά και μη υφαντό

4.1.2. Ο ρόλος των γεωυφασμάτων

Τα γεωυφάσματα εξυπηρετούν πολλαπλές λειτουργίες, αι σημαντικότερες από τις οποίες μπορούν να χωριστούν σε υδραυλικές λειτουργίες (αποστράγγιση και διήθηση) και σε μηχανικές λειτουργίες (διαχωρισμός, ενίσχυση και προστασία). Η βασικότερη από της υδραυλικές λειτουργίες είναι αυτής της αποστράγγισης, η οποία εξαρτάται από τη διαμήκη διαπερατότητά του. Η ποσότητα ύδατος που μπορεί να μεταβιβαστεί από μια απλή αποστράγγιση, εξαρτάται από την υδραυλική μεταβοτικότητα του γεωυφάσματος. Ως φίλτρο το γεωύφασμα οφείλει να ικανοποιήσει δυο βασικές συνθήκες, να αφήσει το νερό να ρέει (κριτήριο διαπερατότητας) και να συγκρατεί τις ουσίες (κριτήριο διατήρησης).

Στις μηχανικές λειτουργίες τους, η βασικότερη είναι ο διαχωρισμός που προσφέρει μεταξύ των στρωμάτων. Η ικανότητά του αυτή εξαρτάται από την αντίσταση στη διάτρηση, στη θλίψη, στη σχισμή και στην παραμόρφωση λόγω θλίψης και διάτρησης. Επιπλέον, οφείλει να είναι αρκετά ανθεκτικό ενάντια στις πιέσεις που προκαλούνται και στα εφαρμοζόμενα φορτία. Ορισμένες από τις διαφορετικές δράσεις που δέχεται ένα γεωύφασμα είναι:

- Η πίεση που εφαρμόζεται από τα λεπτότερο χώμα σε κενό
- Η διάτρηση από μεμονωμένα χαλίκια που μπορεί να αδηγήσει στο σχίσιμο του γεωμετρικού
- Τη φυγκέντρωση τοπικών δυνάμεων στην επιφάνεια του γεωμετρικού που προκαλεί τη φθορά του.

Επιγραμματικά, οι βασικότερες λειτουργίες που επιτελούν τα γεωμετρικά είναι οι εξής:

- Διαχωρισμός στρώσεων από ανόμοια γαιώδη-φυσικά ή τεχνητά-υλικά
- Φιλτράρισμα, δηλαδή ροή του νερού κάθετα στο ύφασμα, αφήνοντας το νερό να περάσει και συντελώντας στη σταθεροποίηση των εδαφών.
- Αποστράγγιση των ομβρίων νερών, δηλαδή ροή νερού μέσα στο ύφασμα
- Μηχανική προστασία, αφού προστατεύει τη διατομή από ρίζες και στιδήποτε μπορεί διακόψει τη συνέχεια της και να την καταπονήσει μηχανικά.
- Ενίσχυση και σταθεροποίηση των εδαφών, αφού το έδαφος από μόνο του, δεν μπορεί να αναλάβει εφελκυστικές τάσεις.

4.1.3. Απαιτήσεις για τα γεωμετρικά

Τα γεωμετρικά που θα χρησιμοποιηθούν σε ένα έργο οφείλουν να ικανοποιούν ορισμένες απαιτήσεις, αναλόγως φυσικά και το μέγεθος του έργου [7], [8]. Σε γενικές γραμμές, οι απαιτήσεις αυτές είναι οι εξής:

- μάζα ανά μονάδα επιφάνειας $\geq 250 \text{ g/m}^2$
- αντοχή σε πτώση βάρους $\geq 2500 \text{ N}$
- διαπερατότητα νερού με φορτίο $20 \text{ kPa} \geq 5 * 10^{-4} \text{ m/s}$
- διαπερατότητα νερού με φορτίο $20 \text{ kPa} \geq 5 * 10^{-4} \text{ m/s}$

- ενεργό άνοιγμα οπής ~ 0,06 – 0,2 mm
- επιθυμητό πόχος σε φορτίο 20kPa ≥ 15*ενεργό άνοιγμα οπής

4.2. Γεωπλέγματα

4.2.1. Κατηγορίες γεωπλέγμάτων

Όπως και τα γεωσφάσματα, έτσι και τα γεωπλέγματα, διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες. Υπάρχουν τα γεωσφάσματα χωρίς ενίσχυση πλέγματος και εκείνα με ειδική ενίσχυση πλέγματος. Μια άλλη διάκριση γίνεται με βάση την προέλευση τους. Υπάρχουν φυτικά γεωπλέγματα και συνθετικά. Τα φυτικά γεωπλέγματα προέρχονται κυρίως από φυσικές, ίνες δέντρου ινδικής καρύδας, ίνες ξύλου ή ίνες καλαμιού. Σε κάθε περίπτωση, επιλέγεται το γεώπλεγμα με βάση τις οπαιτήσεις του έργου, το είδος του εδάφους και τις συγκεκριμένες συνθήκες εφαρμογής.



Εικόνα 4.3. Στρώση γεωπλέγματος

4.2.2. Ο ρόλος των γεωπλεγμάτων

Λόγω της λειτουργικής τους απόδοσης, η χρησιμοποίηση των γεωπλεγμάτων προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα που εξασφαλίζουν ασφάλεια και οικονομία στην κατασκευή. Μερικοί από τους ρόλους που επιτελούν τα γεωπλέγματα είναι οι εξής:

- ♦ Γρήγορη και αποτελεσματική κατανομή του νερού των πόρων που αυξάνει τη σταθερότητα των πρανών
- ♦ Η δομή των ινών στα γεωπλέγματα προσφέρει τη βέλτιστη διήθηση για όλους σχεδόν τους τύπους εδαφών
- ♦ Εξασφαλίζουν τη βέλτιστη σχέση έντασης/παραμόρφωσης σε δυναμικές καταπονήσεις. Αυτό είναι αποφασιστικής σημασίας για να αποφεύγονται οι μηχανικές καταστροφές από το πληρωτικό υλικό ή την επένδυση κατά την διάρκεια της εγκατάστασης.
- ♦ Εξαιτίας της δυνατότητας του να εκτείνεται, τα γεωπλέγματα προσαρμόζονται σε κάθε ανωμαλία του εδάφους, ενώ με την αλληλεμπλοκή αποφεύγεται η αλίσθηση μεταξύ εδάφους και γεωπλέγματος
- ♦ Παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή ένοντι σε οξεία, βάσεις και τοξικά προϊόντα που υπάρχουν στο έδαφος
- ♦ Η αντοχή τους δεν επηρεάζεται ιδιαίτερο από τις κλιματολογικές συνθήκες, όπως πάγος, θερμοκρασία, υγρασία
- ♦ Έχουν βελτιωμένη σταθερότητα στην υπεριώδη ακτινοβολία (UV)
- ♦ Δεν παράγουν παραπροϊόντα και είναι απολύτως συμβατά με το πόσιμο νερό και το περιβάλλον

Από τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι η χρήση γεωπλεγμάτων βελτιώνει αημαντικά την ποιότητα του εδαφικού υλικού στο οποίο θα εδραστεί η επιδομή της σιδηροδρομικής γραμμής. Επιπλέον, με τον τρόπο αυτό, αυξάνεται η διάρκεια ζωής της σιδηροδρομικής επιδομής και επομένως μειώνεται το κόστος συντήρησης και αντικατάστασης.

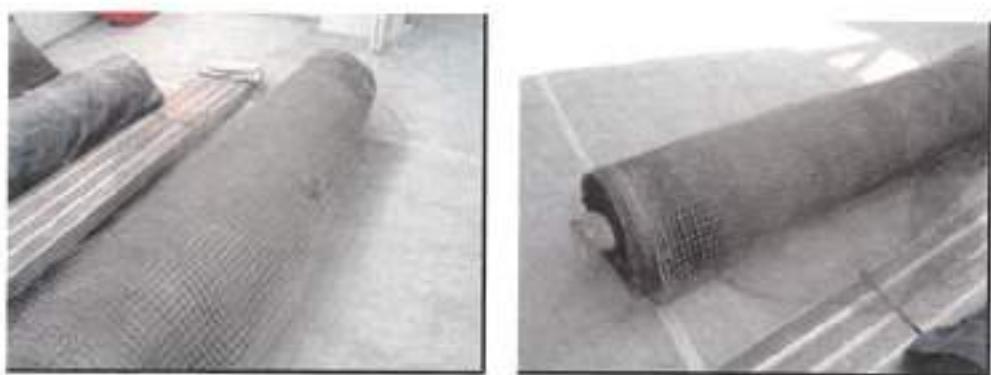
4.2.3. Απαιτήσεις για τα γεωπλέγματα

Τα γεωπλέγματα που θα χρησιμοποιηθούν σε ένα έργο οφείλουν να ικανοποιούν ορισμένες απαιτήσεις, αναλόγως φυσικά και το μέγεθος του έργου [7], [8]. Σε γενικές γραμμές, οι απαιτήσεις αυτές είναι οι εξής:

- ♦ μέγιστη εφελκυστική δύναμη στις 2 κατευθύνσεις $\geq 40 \text{ kN/m}$
- ♦ λόγος των μέγιστων δυνάμεων $1:1 - 1:1,25$
- ♦ δύναμη έλεγχη σε διάταση $\geq 10 \text{ kN/m}$
- ♦ ελάχιστο άνοιγμα οπής $\geq d_{\theta} * 1.67$
- ♦ μέγιστο άνοιγμα οπής $\geq 40 \text{ mm}$

4.3. Διαδικασία τοποθέτησης γεωυφάσματος και γεωπλέγματος

Το γεωύφασμα και το γεώπλεγμα παραλαμβάνονται σε ρολό και διαστρώνονται συνήθως με τα χέρια, παρά το γεγονός υπάρχουν ειδικά μηχανήματα που κάνουν μηχανική διάστρωση και των δύο τουτόχρονα με άλλες εργασίες, όπως την τελική διαμόρφωση της στρώσης εξυγίανσης.



Εικόνα 4.4 και 4.5. Γεωύφασμα και γεώπλεγμα (οριστερά) και Γεώπλεγμα (δεξιά) σε ρολό

Η τελική διαμόρφωση της εδαφικής στρώσης, της στρώσης εξυγίανσης και η διάστρωση του γεωυφάσματος και γεωπλέγματος, συνιστούν τη διαδικασία πριν την τοποθέτηση των στρωτήρων. Η διαδικασία αυτή είναι συγκεκριμένη και πρέπει να ακολουθείτε όσο πιο πιστά γίνεται.

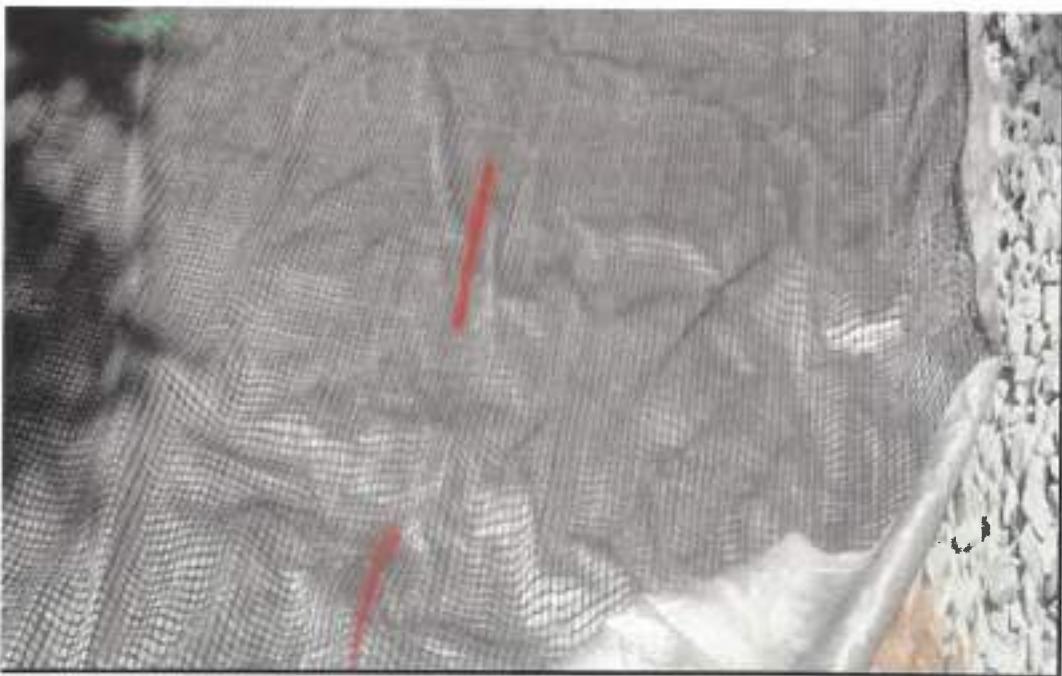
Αρχικά το έδαφος συμπιέζεται ελαφρώς και καθαρίζεται από πέτρες, ρίζες κτλ. που θα μπορούσαν να καταστρέψουν τόσο το γεωύφασμα όσο το γεώπλεγμα (Κεφάλαιο Α-3). Το ρολό του γεωυφάσματος διαστρώνεται πρώτα σε ένα μεγάλο μήκος της γραμμής, με επικάλυψη των ξεχωριστών φύλλων περίπου 20 cm. Στη συνέχεια διαστρώνεται το γεώπλεγμα, με επικάλυψη των φύλλων 20-30 cm στις οριζόντιες επιφάνειες, χωρίς οπυχώσεις με την κατά μήκος διεύθυνσή του ποράλληλη με την διεύθυνση που άναμένονται σι μεγαλύτερες εφελκυστικές τάσεις.



Εικόνα 4.6 και 4.7. Στρώση γεωπλέγματος και γεωυφάσματος

Στη συνέχεια τοποθετείται σκύρο σε ύψος περίου 150 μμ, το οποίο και συμπιέζεται ισχυρά. Το γεώπλεγμα με τη βοήθεια ξυλότυπου διατηρεί το σχήμα της τελικής εξωτερικής επιφάνειας και αναδιπλώνεται σε μήκος περίου δύο μέτρων. Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται και για το επόμενο τμήμα γραμμής που γίνεται διάστρωση των γεωυφασμάτων και γεωπλεγμάτων. Πολλές φορές χρειάζεται να γίνει σημειακή θερμοσυγκλήση των φύλλων του γεωπλέγματος με θερμοσυγκολλητικό μηχάνημα χειρός, θερμού αέρα (hot air), για την αποφυγή υφαρπαγής των φύλλων από τον αέρα [16].

Η τελική διαμορφωμένη επιφάνεια πριν τη διάστρωση των στρωτήρων έχει την παρακάτω μορφή:



Εικόνα 4.8. Διάστρωση γεωυφάσματος και γεωπλέγματος [19]

Στη συνέχεια επί του στρωμένου στρώματος γεωυφάσματος και γεωστρώματος, σχεδιάζεται με χρώμα (κόκκινο στη φωτογραφία), ο άξονας της οιδηροδρομικής γραμμής, όπως αυτός έχει οριστεί κατά την μελέτη. Για τον προσδιορισμό του άξονα της γραμμής βρίσκεται στο εργοτάξιο τοπογράφος, με κατάλληλο εξοπλισμό, ο οποίος και δίνει στα χαρακτηριστικά σημεία της γραμμής τα υψόμετρα και τα πλάτη που έχουν οριστεί κατά τη μελέτη.

Στη συνέχεια, η επιφάνεια είναι έτοιμη για την αρχική τοποθέτηση των στρωτήρων, την οποία ακολουθεί η χειρονακτική μερική τακτοποίηση τους και τέλος την πλήρη τακτοποίησή τους από τη ρευκαλέζα.

Οι παραπάνω διαδικασίες θα περιγραφούν αναλυτικά στα αντίστοιχα κεφάλαια της Επιδομής.

Κεφάλαιο 5

5. Σύνδεση συστήματος Υποδομής-Επιδομής

Σχέση σύνδεσης Υποδομής - Επιδομής

Η υποδομή αποτελεί το βασικό παράγοντα στον οποίο στοχεύει η κατασκευή μιας σιδηροδρομικής γραμμής, προκειμένου να εξασφαλισθεί η μακροζωία της γραμμής, η ποιότητα λειτουργίας της και το μεγαλύτερο δυνατό χρονικό διάστημα έως τη συντήρησή της. Η στρώση της εσχάρας που θα οκολουθήσει, όπως και η στρώση έρματος, έχουν ως βασικό τους σκοπό την αραιόμορφη κατανομή του φορτίου του τροχού, προκειμένου να αποφευχθεί κατά το δυνατό η φθορά των υλικών στην επαφή στρωτήρα και έρματος, αλλά και η υπερκαταπόνηση της υποδομής. Η καταπόνηση αυτή που υφίσταται η υποδομή, εκφράζεται από την παραμόρφωση που προκύπτει υπό την πίεση p , ενώ περιγράφεται από τον Δείκτη Αντίδρασης Εδάφους (ΔΑΕ) C [N/mm^3] (Κεφάλαιο 1). Ο ΔΑΕ ορίζεται από τη σχέση:

$$C = \frac{p}{y} [N/mm^3]$$

Το μέγεθος της παραμόρφωσης που εμφανίζεται εξαρτάται από:

- ◆ Την τάση $\sigma_1=p$ στην διεπιφάνεια στρωτήρα-έρματος
- ◆ Το πάχος h των στρώσεων
- ◆ Το μέτρο ελαστικότητας Εν κάθε ενδιάμεσης στρώσης και
- ◆ Το μέτρο παραμόρφωσης της υπόβασης Ευ

Είναι έτοι φονερή η άμεση σχέση υποδομής και επιδομής για την άρτια κατασκευή μιας σιδηροδρομικής γραμμής.

Η βασική καταπόνηση επιφέρεται στη στρώση έρματος και στην υπόβαση, δυο βασικά στοιχεία μια σιδηροδρομικής γραμμής, με διαφορετικές εντατικές καταστάσεις και συμπεριφορές.

Για το λόγο αυτό, ένας σημαντικός ακοπός της εσχάρας και της στρώσης έρματος είναι η κατανομή του φορτίου του τροχού με τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγεται η υπερκαταπόνηση της διεπιφάνειας έρματος – υποστρώματος επιδομής (ΕΥΕ). Η σιδηροδρομική υποδομή καταπονείται κυρίως

- ♦ από την στατική και δυναμική φόρτιση που προκαλείται από τους συρμούς και
- ♦ από τους καρικούς παράγοντες (βροχή, χιόνι, παγετός, ηλιακή ακτινοβολία).

Οι οριζόντιες και κατά μήκος δυνάμεις σε σύγκριση με τις κατακόρυφες δυνάμεις καταπονούν την υποδομή ελάχιστα. Ως εκ τούτου επιτρέπεται να θεωρούνται αμελητέες.

Η επιδομή αποτελούμενη από την εσχάρα και την στρώση έρματος, εξασφαλίζει με την κατάλληλη οκαμψία της καθώς και με την κατά μήκος και εγκάρσια αντίστασή της, την παραλαβή των εγκάρσιων και κατά μήκος δυνάμεων. Αντίθετα οι κατακόρυφες δυνάμεις, μεταδίδονται με την μορφή πίεσης ψ στην διεπιφάνεια στρωτήρα έρματος (ΣΕ) και στην συνέχεια στο σύστημα στρώσεων Ερμα – Προστατευτικές Στρώσεις (ΠΣ) – Υποδομή – Υπόβαση (ΕΠΣΥΥ) όπου κατανέμονται και παραλαμβάνονται.

Σημειώνεται ότι οι μηχανικές ιδιότητες τόσο της υπόβασης όσο και του υλικού των ενδιάμεσων στρώσεων δεν παραμένουν σταθερές αλλά μεταβάλλονται ανάλογα με τις κλιματικές συνθήκες, την υδρολογία και την "σύνθεση των κόκκων".

Έτσι, πίθενται στο σύστημα αυτό ελάχιστες απαιτήσεις σε σχέση με τις ελαστικές και πλαστικές παραμορφώσεις οι οποίες δεν επιτρέπεται να υπερβαίνουν αριστερές τιμές. Οι τάσεις πρέπει να κυμαίνονται εντός των δεδομένων αντοχών.

Υπό την επιρροή των στατικών και δυναμικών κατακόρυφων δυνάμεων, προκαλούνται τάσεις και παραμορφώσεις στην επιδομή, στην υποδομή και στην υπόβαση. Η ελαστική βύθιση και η καμπτική ροπή στο μέσο πέλματος της σιδηροτροχιάς δεν επιτρέπεται να υπερβαίνουν ορισμένες τιμές. Ως εκ τούτου πρέπει να ορισθεί ανώτατη τιμή της ελαστικής βύθισης στην πάνω επιφάνεια του συστήματος ΕΠΣΥΥ. Από την άλλη πλευρά η βύθιση δεν πρέπει να είναι μικρότερη από μία ελάχιστη τιμή, προκειμένου να εξασφαλίζεται η κατανομή του φορτίου του τροχού μέσω της σιδηροτροχιάς.

Πριν την πλήρη ανάλυση της σχέσης σύνδεσης του συστήματος επιδομής-υποδομής, είναι απαραίτητη η αναφορά στα στοιχεία που αποτελούν την επιδομή, προκειμένου να έχουν πάρουσιαστεί τα μεγέθη και οι ιδιαιτερότητες που επιδρούν στην λειτουργία του παραπάνω συστήματος.

ΕΝΟΤΗΤΑ Β: ΕΠΙΔΟΜΗ

Εισαγωγή

Γενικά, η επιδομή αποτελείται από δυο σιδηροτροχιές, των οποίων η απόσταση και η κλίση εξασφαλίζεται από τους στρωτήρες, εδραζομένους σε ένα μεταβλητό στρώμα σκύρων, του λεγόμενου «έρματος» ή κοινώς μπαλάστρου, με τους οποίους συνδέονται μέσω του μικρού υλικού σύνδεσης και που όλα μαζί εδράζονται επί της υποδομής [13].

Ο παραπάνω ορισμός της επιδομής, αν και μακροσκελής, δεν είναι δυνατόν να περιγράψει την πολυπλοκότητα της έννοιας και να λάβει υπόψη του τις ιδιαιτερότητες που προκύπτουν από το γεγονός ότι κάθε συνιστώσα της (σιδηροτροχιά, στρωτήρες, έρμα και μικρό υλικό σύνδεσης) επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες.

Η σιδηροδρομική επιδομή αποτελεί το διάδρομο κύλισης του τροχαίου υλικού και περιέχει τα εξής υλικά:

- ♦ τις σιδηροτροχιές
- ♦ τους στρωτήρες
- ♦ το έρμα και
- ♦ το μικρό υλικό σύνδεσης

Επιπλέον, σε ειδικές θέσεις διακλαδώσεων και τεχνικών έργων χρησιμοποιούνται συσκευές γραμμής (αλλαγές και συσκευές διαστολής), οι οποίες συγκαταλέγονται στα υλικά επιδομής.

Η επιδομή εδράζεται επί της στέψης είτε της υποδομής είτε των προστατευτικών στρώσεων [3].

Κεφάλαιο 1

1. Σιδηροτροχιά

1.1. Εισαγωγή

Η σιδηροτροχιά είναι στοιχείο της επιδομής που έχει σκοπό να παραλάβει τα φορτία από τους τροχούς και να τα μεταβιβάσει στους στρωτήρες. Επιπλέον, οφείλει να στηρίζει και να καθοδηγεί τους τροχούς του σιδηροδρομικού οχήματος και να τους προσφέρει μια επιπεδη οπιφάνεια κύλισης. Η διατομή της αποτέλεσε αντικείμενο συνεχών βελτιώσεων από την εμφάνιση του σιδηροδρόμου μέχρι και σήμερα (Παράρτημα 2).

1.2. Απαιτήσεις στη σιδηροτροχιά

Η σιδηροτροχιά οφείλει να έχει [3], [7]:

- ♦ ικανοποιητικό πλάτος επιφάνειας κύλισης και διαμόρφωση τέτοια, ώστε οι πιέσεις να είναι όσο το δυνατόν μικρότερες
- ♦ επαρκή φέρουσα ικανότητα και ακαμψία (αρκετό πάχος, λαμβάνοντας υπόψη και την ελάττωση του υλικού λόγω σκουριάς)
- ♦ ποσότητα υλικού τέτοια, ώστε να εξασφαλίζεται (με την προβλεπόμενη φθορά) μεγάλη ενέργεια διάρκεια ζωής της
- ♦ πλάτος πέλματος τέτοιο, ώστε να εξασφαλίζεται σταθερή έδραση και μικρή πίεση επί του στρωτήρα
- ♦ πάχος πέλματος που να εξασφαλίζει επαρκή ακαμψία
- ♦ σταθερότητα έναντι ανατροπής (οχέας ύψους/πέλματος)
- ♦ ροπή αντίστασης όσο το δυνατό μεγαλύτερη έναντι κατακόρυφων δυνάμεων (σχέση διατομών κεφαλής/πέλματος με διατομή κορμού)
- ♦ ροπή αντίστασης της σιδηροτροχιάς δύο το δυνατόν μεγαλύτερη έναντι οριζοντίων δυνάμεων για επαρκή πλευρική ακαμψία

- στρογγυλευμένες τις γωνιακές της θέσεις για την ομαλότερη κατανομή των τάσεων στη διατομή της σιδηροτροχιάς
- το κέντρο βάρους της στο μισό ύψος της επιφάνειας διατομής της
- την περιοχή υποδοχής του αμφιδέπτη διαμορφωμένη στη μορφή του αμφιδέπτη
- μεγάλο βαθμό καθαρότητας
- ελάχιστες τάσεις μετά την παραγωγή

1.3. Επιλογή διατομής σιδηροτροχιάς

Η επιλογή της διατομής της σιδηροτροχιάς γίνεται κυρίως συναρτήσει του κυκλοφοριακού φόρτου που εξυπηρετεί η γραμμή, αλλά και από τη χρονική στιγμή που προβλέπεται συντήρηση ή αντικατάστασή της [8].

| Ημερήσιος φόρτος κυκλοφορίας (σε τόνους) | <25000 t | 25.000 – 35.000 t | > 35.000 t |
|---|----------|---|------------|
| Βάρος τη σύντη μέτρο μήκους που πρέπει να έχει η σιδηροτροχιά | 50kg/m | για ξύλινους στρωτήρες 50kg/m για στρωτήρες από σκυρόδεμα 60kg/m | 60kg/m |

Πίνακας 1.1. Επιλογή διατομής σιδηροτροχιάς

Για γραμμές κανονικού εύρους έχει επικρατήσει να χρησιμοποιούνται, αναλόγως το φόρτο, οι εξής τύποι:

- ♦ Για χαμηλούς φόρτους η σιδηροτροχιά UIC 50
- ♦ Για μέσους και υψηλούς φόρτους οι σιδηροτροχιές UIC 60

1.4. Σιδηροτροχιά με πέλμα τύπου Vignole

Ο τύπος σιδηροτροχιάς που χρησιμοποιείται ευρύτατα σήμερα είναι η σιδηροτροχιά με πέλμα (Σχ.2.1), γνωστή και ως τύπου Vignole, από το όνομα του Βρετανού μηχανικού που την επινόησε. Αποτελείται από την κεφαλή, τον κορμό και το πέλμα.

Αυτή η διατομή έχει το χαρακτηριστικό ότι με το πέλμα που διαθέτει στερεώνεται εύκολα στους στρωτήρες, είτε απευθείας, είτε μέσω συνδέσμων. Χαρακτηριστικά μεγέθη της σιδηροτροχιάς είναι το βάρος της ανά μέτρο μήκους και η ροπή αδράνειας I της διατομής. Σταθερή επιδίωξη υπήρχε η αύξηση του τη να οδηγεί πάντοτε σε ποσοστιαία αύξηση του I, έτσι ώστε να αυξάνεται το πηλικό I/m γρηγορότερα από το m. Αυτό οδήγησε σε συνεχή αύξηση του ύψους της διατομής [9]. Η αύξηση της τιμής του φορτίου ανά άξονα και της ταχύτητας, οδήγησε σε αύξηση των καταπονήσεων στη σιδηροτροχιά.

Η διατομή της σιδηροτροχιάς τύπου Vignole διαμορφώθηκε από την ανάγκη σύνδεσης των σιδηροτροχιών μεταξύ τους, η οποία πραγματοποιείται με τους αμφιδέτες, στους οποίους θα γίνει αναφορά στη συνέχεια. Η εκτεταμένη χρησιμοποίηση της συνεχούς συγκάλλησης οδηγεί στην κατάργηση του αμφιδέτη και ίσως στη διαφοροποίηση της διατομής της σιδηροτροχιάς.

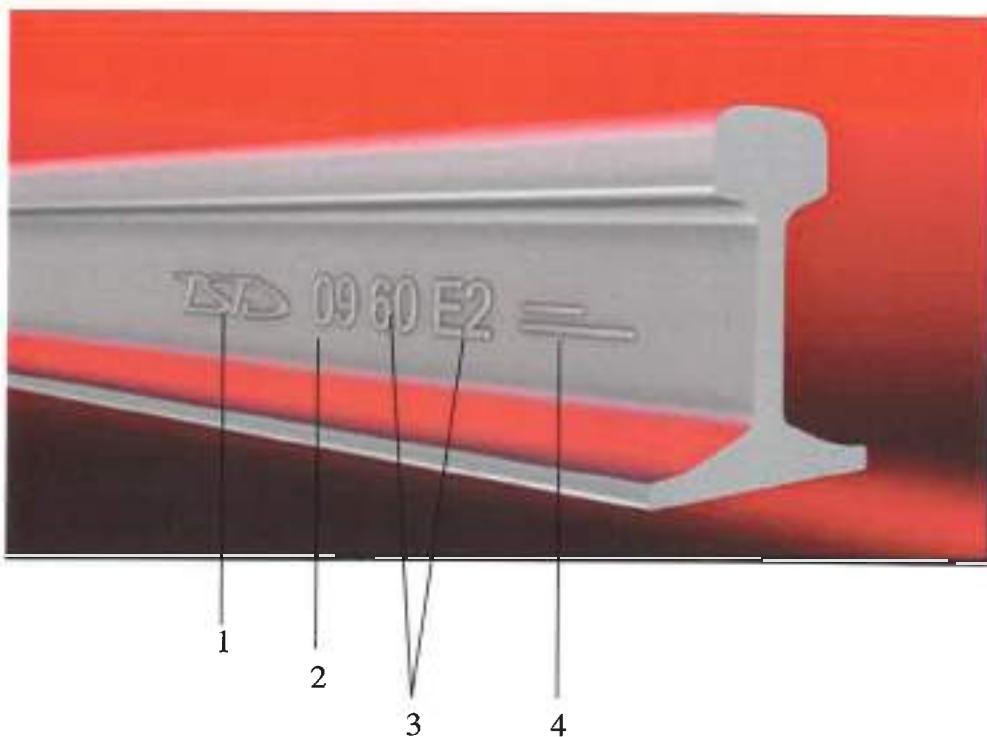
Η διατομή αυτή έχει επικρατήσει και χρησιμοποιείται με μικρές παραλλαγές, σε όλα τα σιδηροδρομικά δίκτυα του κόσμου, ενώ έχει τυποποιηθεί κατά UIC με κυριότερους τύπους την **UIC50** (δηλ. με βάρος 50 kg/mm), **UIC54** (βάρους 54 kg/mm), και **UIC60** (βάρους 60 kg/mm).



Σχήμα 1.1. Σιδηροτροχιά με πέλμα τύπου Vignole

| Σιδηροτροχιές τύπου Vignole | | | |
|-----------------------------|-----------|-------|-----------|
| Πρώην | συνομοσία | Νέα | συνομοσία |
| S 30 | | 30 E, | |
| S 33 | | 33 E, | |
| S 49 | | 49 E, | |
| UIC 50 | | 50 E, | |
| UIC 54 | | 54 E, | |
| UIC 60 | | 60 E, | |

Τίτλος 1.2. Ονομασία τυπωπού ημιτελής κατό UIC των σιδηροτροχιών τύπου Vignole [3]



Όπου:

1. Σήμα κατατεθέν του εργοστασίου παραγωγής
2. Έτος παραγωγής
3. Τύπος σιδηροτροχιάς
4. Ποιότητα σιδηροτροχιών

| Τύπος σιδηροτραχιάς | H | B | C1 | C2 | | S | K | O | A | G |
|---------------------|-----------|----------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------------------|---------------------|---------------|--------------|---|
| | Υψος [mm] | Πλάτος πέλματος [mm] | Πλάτος κεφαλής [mm] | Πλάτος κεφαλής [mm] | Πάχος κορμαδί [mm] | Υψος κεφαλής [mm] | Πάχος πέλματος [mm] | Διεσρυμή [mm] | Βάρος [kg/m] | |
| 30 E1 | 108,00 | 108,00 | 60,30 | 60,30 | 12,30 | 31,00 | 7,04 | 3839,00 | 30,13 | |
| 33 E1 | 134,00 | 105,00 | 58,00 | 58,00 | 11,00 | 38,00 | 9,50 | 4264,00 | 33,47 | |
| 49 E1 | 149,00 | 125,00 | 67,00 | 70,00 | 14,00 | 51,50 | 10,50 | 6292,00 | 49,39 | |
| 50 E4 | 152,00 | 125,00 | 70,00 | 72,20 | 15,00 | 49,40 | 10,00 | 6428,00 | 50,48 | |
| 54 E1 | 159,00 | 140,00 | 70,00 | 72,20 | 16,00 | 49,40 | 11,00 | 6977,00 | 54,77 | |
| 60 E1 | 172,00 | 150,00 | 72,00 | 74,30 | 18,50 | 51,00 | 11,50 | 7670,00 | 60,21 | |

| Τύπος σιδηροτραχιάς | Jx | Wxk | Wxf |
|---------------------|---------------------------------------|--|---|
| | Ροτητική αδράνειας [cm ⁴] | Ροτητική αντίστασης κεφαλής [cm ³] | Ροτητική αντίστασης πέλματος [cm ³] |
| 30 E1 | 608,20 | 108,50 | 116,50 |
| 33 E1 | 1040,30 | 156,00 | 154,10 |
| 49 E1 | 1816,00 | 240,30 | 248,70 |
| 50 E4 | 1934,00 | 252,30 | 257,00 |
| 54 E1 | 2337,90 | 278,70 | 312,80 |
| 60 E1 | 3038,30 | 333,60 | 377,40 |

Πίνακας 1.3. και 1.4. Στοιχείο τυποποιημένων σιδηροτραχιών κατό UIC [3]

Κεφάλαιο 2

2. Στρωτήρες

2.1. Εισαγωγή

Οι στρωτήρες είναι διαδοκίδες τοποθετημένες εγκάρσια ως προς τον άξονα της γραμμής και τοποθετείται μεταξύ σιδηροτροχιάς και στρώσης έρματος. Οι στρωτήρες χρησιμοποιήθηκαν από την ανάγκη για καλύτερη διανομή των φορτίων στην υποδομή. Οι κύριοι στόχοι χρησιμοποίησης των στρωτήρων είναι:

- ♦ Η έδραση των σιδηροτροχιών και η εξασφάλιση εγκάρσιος κλίσης σε αυτές
- ♦ Η διατήρηση σταθερής απόστασης μεταξύ των σιδηροτροχιών όπως ορίζεται από το εύρος γραμμής
- ♦ Η μεταβίβαση και διανομή των τάσεων από τη σιδηροτροχιά στο έρμα
- ♦ Η απόσβεση των ταλαντώσεων των σιδηροτροχιών
- ♦ Η μείωση των κραδασμών και της πχορύπανσης

Οι στρωτήρες πρέπει επίσης να εξασφαλίζουν (είτε από μόνοι του, είτε με προσθήκη εξαρτημάτων) την ηλεκτρική μόνωση της μιας σιδηροτροχιάς από την άλλη (ανάγκες σηματοδότησης).

2.2. Είδη στρωτήρων

Το είδη των στρωτήρων είναι το εξής [3]:

- ♦ Ξύλινοι
- ♦ Μεταλλικοί
 - Συνήθεις
 - Ύψιλον Υ

♦ Από οπλισμένο σκυρόδεμα

- Διμερείς
- Ολόσωμοι
- Μορφής πλαισίου
- Πλατιάς βάσης
- Ολόσωμοι για σταθερή επιδομή

2.3. Ξύλινοι Στρωτήρες

2.3.1. Μορφή και Ιδιότητες Ξύλινου στρωτήρα

Τα συνήθη υλικά για κατασκευή ξύλινων στρωτήρων είναι το πεύκο (μαλακό ξύλο), η οξιά (το συνηθέστερα χρησιμοποιούμενο υλικό-σκληρό ξύλο), δρυς (ακληρό ξύλο) και το αφρικανικής προέλευσης Azobe. Τα μαλακά είδη ξύλου δεν χρησιμοποιούνται συνήθως σε κύριες γραμμές, σε καμπύλες με $R < 100m$, σε κατά μήκος κλίσεις $> 5\%$ και σε ισόπεδες διαβάσεις [3]. Έτσι, στις παραπάνω περιπτώσεις χρησιμοποιούνται τα ακληρά ξύλα (οξιά και δρυς), όπως επίσης και σε σήραγγες, σε τρήματα γραμμής με ηλεκτρικά κυκλώματα και σε άλλαγές τροχιάς.

Ο ξύλινος στρωτήρας προκαλεί καλύτερη διανομή φορτίων σε σύγκριση με τους φλλούς τύπους στρωτήρων. Για το λόγο αυτό αποτελεί πολύ καλή λύση για περίπτωση γραμμών που εδράζονται σε έδαφος μέτριας ή κακής ποιότητας, για το οποίο η χρησιμοποίηση στρωτήρων από σκυρόδεμα θα απαιτούσε πολύ μεγαλύτερο πάχος έρματος. Ο ξύλινος στρωτήρας είναι ιδιαίτερα ευπαθής και οι αντοχές του μειώνονται σε συνάρτηση με το χρόνο ως αποτέλεσμα μείωσης των μηχανικών τους χαρακτηριστικών, επίδρασης χημικής φύσεως και επιδρόσεων βιολογικής φύσεως.

2.3.2. Ενεργός διάρκεια ζωής ξύλινων στρωτήρων

Για να επιτευχθεί παράταση της διάρκειας ζωής των ξύλινων στρωτήρων εμποτίζονται, όπως προσαναφέρθηκε, σε αντισηπτικές ουσίες από τις οποίες τα συνηθέστερα είναι το πισέλαιο και το κρεοζοτέλαιο. Ο εμποτισμός γίνεται με βάση συγκεκριμένη μεθοδολογία που έχει αναπτυχθεί για τα διάφορα είδη ξυλείας. Η διαδικασία αυτή, σε συνδυασμό με ενέματα προστασίας που δέχονται, τα προστατεύουν έναντι επιβλαβών μικροοργανισμών [19].

Για να αποφευχθεί η φλισθηση του ξύλινου στρωτήρα επί του έρματος ή απόσχιση τμήματος, είναι οπαραίτητος ο εγκιβωτισμός των ίνων του ξύλου μέσα στο έρμα. Ο εγκιβωτισμός αυτό επιτυγχάνεται με κατάλληλες διαμορφώσεις στα άκρα του στρωτήρα, όπου είτε γίνεται σύσφιξη με κατάλληλες διαμορφώσεις στα άκρα του στρωτήρα, είτε γίνεται έμπειξη στην κάθετη ακραία διστομή του στρωτήρα ειδικών ελασμάτων.

Επιπλέον, ο τρόπος σύνδεσης τους επιδρά στην διάρκεια ζωής τους. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τη διάρκεια ζωής των ξύλινων στρωτήρων σε σχέση με τον τρόπο σύνδεσης και το είδος του ξύλου από το οποίο έχουν κατασκευαστεί.

| Είδος Σύνδεσης | Είδος ξύλου | |
|----------------|----------------|----------------|
| | Σκληρό ξύλο | Μαλακό ξύλο |
| Κ-σύνδεση | 25-40 | 20-30 |
| Άλλο είδος | 35 | 27 |

Πίνακας 2.1. Ενεργός διάρκεια ζωής ξύλινου στρωτήρα σε έτη

Στον επόμενο πίνακα φαίνεται η επιδροση της διαδικασίας εμπότισης του ξύλινου στρωτήρα στη διάρκεια ζωής του, καθώς επίσης και την ποσότητα της αντισηπτικής ουσίας (κρεοζώτου) που απαιτείται για τη διαδικασία [19].

| Είδος Ξυλείας | Απαιτούμενη ποσότητα ειδικού ελαίου kg/m ³ | Διάρκεια ζωής (έτη) | |
|---------------|---|---------------------|--------------|
| | | Χωρίς εμποτισμό | Με εμποτισμό |
| Οξιά | 145 | 3 | 40 |
| Πέυκο | 63 | 8 | 30 |
| Δρυς | 45 | 18 | 32 |

Πίνακας 2.2. Ενεργός διάρκεια ζωής ξύλινου στρωτήρα σε έτη και απαιτούμενη ποσότητα ελαίου για την διαδικασία εμποτισμού του.

Σημαντικό είναι να αναφερθεί ότι πριν τον εμποτισμό του στρωτήρα, γίνεται διάτρηση του στρωτήρα για την τοποθέτηση των κοχλιών, προκειμένου να εισχωρήσει καλά το αντισηπτικό έλαιο εντός του ξύλου.

2.3.3. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά ξύλινου στρωτήρα

Οι βασικές διαστάσεις ενός στρωτήρα είναι το μήκος L , το ύψος h και το πλάτος b . Οι διαστάσεις του στρωτήρα διαφέρει για την περίπτωση γραμμής και την περίπτωση αλλαγής. Οι συνήθεις τιμές για τις δυο παραπάνω περιπτώσεις, φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί (πίνακας 3.3).



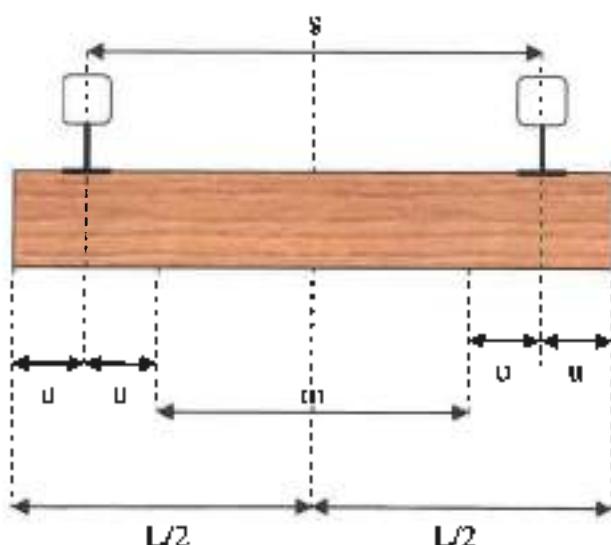
Σχήμα 2.1. Βασικές διαστάσεις ξύλινου στρωτήρα

| Περίπτωση | L (mm) | h (mm) | b (mm) |
|-----------|-----------|----------|----------|
| Γραμμή | 250-260 | 14-16 | 24-26 |
| Άλλαγή | μεταβλητά | 15-16 | 18-20 |

Πίνακας 2.3. Βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά στρωτήρων

Παλαιότερα το μήκος στρωτήρα ήταν περί τα 2,70m, τιμή που προέκυπτε από στατικούς υπολογισμούς, με την παραδοχή ομοιόμορφης έδρασης σε όλο το μήκος, κάτι που στην πράξη, ούτε ισχύει, ούτε όμως και επιδιώκεται. Το βασικό κριτήριο επιλογής του μήκους του στρωτήρα είναι να επιτρέπει σε μια περιοχή μήκους m στη μέση του στρωτήρα να μένει ανεπηρέαστη από δυνάμεις έδρασης και καμπυλικές τάσεις για τις συνήθεις κατακόρυφες φορτίσεις.

Η μορφή έδρασης ενός ξύλινου στρωτήρα φαίνεται στον σχήμα που ακολουθεί (Σχ. 3.2.)



Σχήμα 2.2. Μορφή έδρασης στρωτήρα

Σύμφωνα με τα παραπάνω, η επιδιωκόμενη μορφή ενός ξύλινου στρωτήρα είναι αυτή για την οποία σε κάθε περίπτωση ηρέπει να ισχύουν τα εξής:

- ♦ $L < 2s$
- ♦ $m = 2s - L$,

Όπου: L = μήκος στρωτήρα

m = μη φορτιζόμενη περιοχή στρωτήρα

s = απόσταση σιδηροτροχιών (πλάτος γραμμής + πόχος κεφαλής σιδηροτροχιάς = 1500 mm συνήθως)

2·υ = ενεργός επιφάνεια ημιστρωτήρα και

$$\text{Για τη σχέση } m = 2 \cdot s - L \quad \text{ισχύει} \quad \frac{m}{s} = v = 2 - \frac{L}{s}$$

Από το παραπάνω, για ορισμένο v προκύπτει το μήκος στρωτήρα από τη σχέση: $L = (2-v) \cdot s$

Εμπειρικά, προκύπτει ότι η βέλτιστη αυμπεριφορά ενδεικτικά ξύλινου στρωτήρα επιτυγχάνεται για $L = 2,6 \text{ m} = 260 \text{ cm}$. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί σε περιοχή μήκους $m = 40 \text{ cm}$, δηλαδή για $v = 0,27$ και επομένως για οποιοδήποτε s , το μήκος είναι: $L = 1,73 \cdot s$. [3]

2.3.4. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Ξύλινων Στρωτήρων

Πλεονεκτήματα

- ♦ καλύτερη κατανομή των φορτίων
- ♦ δυνατότητα ευκολότερης επεξεργασίας επί τόπου
- ♦ μεγαλύτερη ευκαμψία
- ♦ μικρότερο βάρος και ύψος έναντι εκείνων από σκυρόδεμα
- ♦ ευχερέστερη φόρτωση/εκφόρτωση και αντικατάσταση
- ♦ απλή διαδικασία σύνδεσης των πλακών έδρασης ή των σιδηροτροχιών
- ♦ προσφέρουν καλή μόνωση κ. δεν απαιτούνται ειδικές διατάξεις στη φωτεινή σηματοδότηση και ηλεκτροκίνηση
- ♦ ανθεκτικότητα έναντι των χημικών επιδράσεων του αέρα
- ♦ δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης και καύσης
- ♦ ανθεκτικότητα έναντι μεγάλων κατόπονήσεων τόσο κατά την φόρτωση/εκφόρτωση, όσο και κατά την κυκλοφορία συρμών
- ♦ μεγαλύτερη ελαστικότητα
- ♦ χαμηλότερα επίπεδα θορύβου

Μειονεκτήματα

- ♦ μικρή ενέργεια ζωής
- ♦ μικρή εγκάρσια αντίσταση (κυρίως λόγω μικρού βάρους) που δεν επιτρέπει πολύ μεγάλες ταχύτητες
- ♦ ευάλωτο σε φυτικούς και ζωικούς επιβλαβείς οργανισμούς (π.χ. τερμίτες)
- ♦ ευάλωτο στη φωτιά
- ♦ μεταβάλλεται το πλάτος της γραμμής βαθμιδία από τη σήψη και τη μηχανική φθορά
- ♦ ακριβότεροι έναντι αυτών από σκυρόδεμα λόγω της περιορισμένης υλοτομίας
- ♦ μεγαλύτερη ανάγκη σε αποθηκευτικούς χώρους, λόγω των διαδικασιών εμποτισμού και ξήρανσης που απαιτούνται

Οι ξύλινοι στρωτήρες παρουσιάζουν σημαντικότερα πλεονεκτήματα έναντι των μειονεκτημάτων και αυτό εξηγεί το γεγονός ότι για πολλά χρόνια ήταν οι πιο δημοφιλής λύση στη Σιδηροδρομική [3], [13].

2.4. Μεταλλικοί στρωτήρες

2.4.1. Μορφή και ιδιότητες μεταλλικών στρωτήρων

Ο μεταλλικός (χαλύβδινος) στρωτήρας είναι βιομηχανικό προϊόν απλής κατασκευής. Αποτελείται από ελατή διατομή μορφής U αντεστρομμένου. Η διατομή τους έχει τέτοια μορφή, προκειμένου να εγκιβωτίζουν καλά το έρμα και να γίνεται σταθερή έδραση. Έχει αφυρηλατηθεί στα άκρα του, όπου δημιουργείται μια μορφή αγκύρωσης μέσα στο έρμα, ώστε να εξασφαλίζεται σταθερότητα της γραμμής και έναντι εγκάρσιας μετακίνησης. Η σιδηροτροχιά στερεώνεται πάνω στον μεταλλικό στρωτήρα μέσω αγκυρίων, το οποία στηρίζονται σε οπή που έχει ανοιχτεί στην επιφάνεια του στρωτήρα. Τα αγκύρια αυτά σφίγγονται με βλήτρα αγκυρίων (μπουλόνια).

Για να αποφευχθούν οι ρωγμές στη θέση των σπών, γίνεται οξυγόνοκόλληση ενός ελάσματος, επί του οποίου εδράζεται η σιδηροτροχιά.

2.4.2. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά & Τύποι Μεταλλικών Στρωτήρων

i) Κλασικός, μορφής αγεστραμμένης σκάψης

Αυτός ο τύπος μεταλλικού στρωτήρα κατά το παρελθόν (περίπου μέχρι το 1970) χρησιμοποιήθηκε κατά κόρον στη κατασκευή σιδηροδρομικών γραμμών στην Ελλάδα. Υπάρχουν δυο βασικοί τύποι τέτοιων στρωτήρων, οι οποίοι έχουν ως εξής:

- απλός στρωτήρας, με βάρος 70-80 kg και ύψος διατομής περίπου τα 8-9 cm
- διδυμος τύπος στρωτήρα, με βάρος 130-140 kg και ύψος διατομής περίπου 10 cm

Ο διδυμος τύπου στρωτήρες χρησιμοποιούνταν στις περιοχές αρμών.

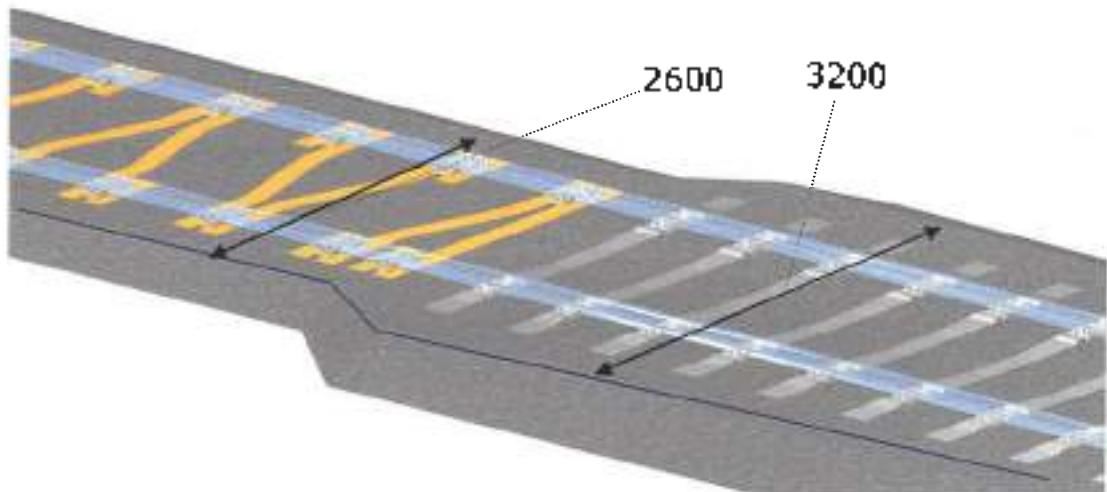
ii) Στρωτήρες μορφής Υ (ύψιλον)

Οι στρωτήρες μορφής Υ χρησιμοποιούνται κυρίως σε γραμμές με μικρά φορτία. Αποτελούνται από δυο μεταλλικούς φορείς διατομής διπλού του, καμπυλωμένους σε σχήμα S στο μεσαίο τμήμα οι οποίοι μεταξύ τους συνδέονται με αντηρίδες. Στη θέση των σιδηροτροχιών, οι στρωτήρες αυτού του τύπου, φέρουν πλάκες έδρασης με ειδικούς συνδεσμούς.



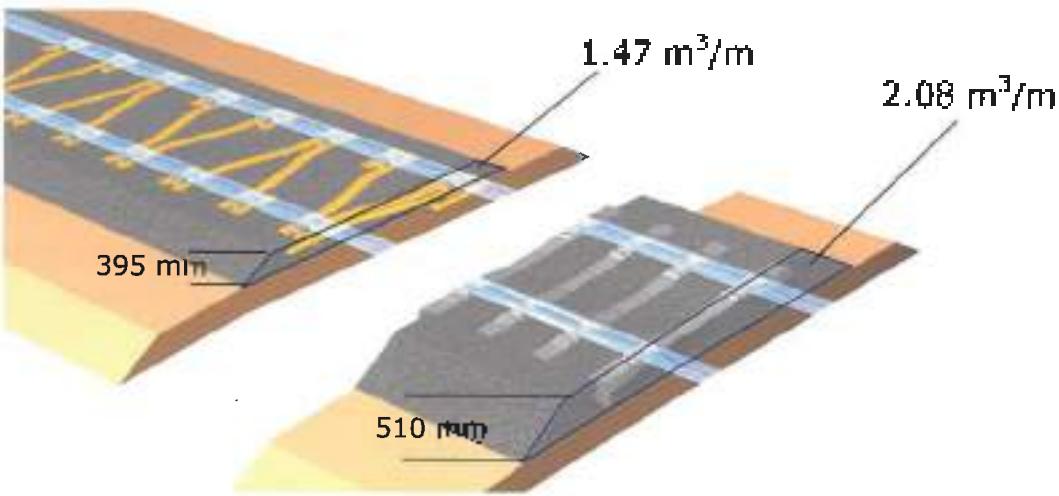
Εικόνα 2.3. Στρωτήρες τύπου Υ

Αυτός ο τύπος στρωτήρων έχει αναπτυχθεί ιδιαίτερα το τελευταία 10 χρόνια και ένα από τα σημαντικά του πλεονέκτηματα είναι η απαίτηση μικρότερου πλάτους γραμμής. Συγκεκριμένα, αρκεί ένα πλάτος 2.600mm, έναντι των 3.200mm που απαιτούν οι συνήθεις στρωτήρες, όπως φαίνεται σχηματικά και στην εικόνα που ακολουθεί. Στην περίπτωση μιας γραμμής πολλών χιλιομέτρων μια τέτοια μείωση πλάτους μπορεί να συνεισφέρει σημαντικά στην οικονομικότητα της γραμμής.



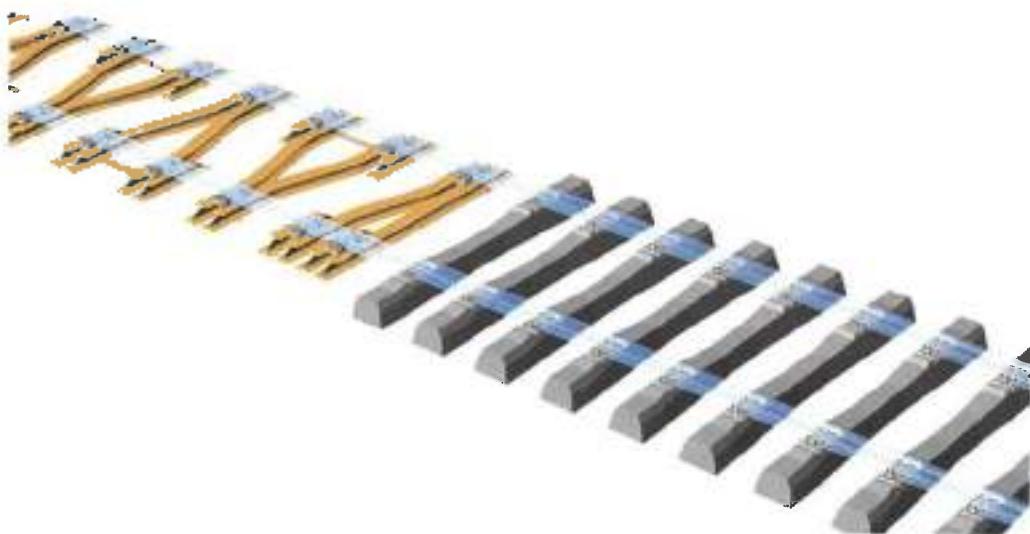
Εικόνα 2.4. Μείωση του πλάτους με χρήση μεταλλικών στρωτήρων Υ

Άλλο ένα πλεονέκτημα αυτού του τύπου στρωτήρα είναι η μείωση του όγκου των σκύρων που απαιτείται για τη σκυρόστρωση της γραμμής. Η ογκομέτρηση του σκύρου της γραμμής παρουσιάστηκε στην ενότητα A και η χρησιμοποίηση των στρωτήρων Υ ευνοεί μια μείωση όγκου $0,61 \text{ m}^3/\text{m}$. Συγκεκριμένα, μια διατομή από στρωτήρες μπετόν απαιτεί $2,08 \text{ m}^3/\text{m}$ γραμμής, σε αντίθεση με μια διατομή με μεταλλικούς στρωτήρες τύπου Υ που απαιτεί μόλις $1,47 \text{ m}^3/\text{m}$. Αυτό μεταφράζεται σε μείωση 40% των αναγκών σε έρμα κατά την κατασκευή μια σιδηροδρομικής γραμμής και επομένως μείωση του κόστους της.



Εικόνα 2.5. Μείωση άγκους έρματος και ύψος διιστομής με χρησιμοποίηση στρωτήρων Υ

Επιπλέον επιτυγχάνεται και μείωση του ύψους της κλίνης έρματος από 510mm που απαιτείται για τους στρωτήρες από σκυρόδεμα, σε 395mm για τους Υ-στρωτήρες.



Εικόνα 2.6. Σύγκριση αριθμού στρωτήρων

Η χρήση των στρωτήρων τύπου Υ έχει ένα ακόμη πλεονέκτημα, τη μείωση του απαρούμενου αριθμού στρωτήρων ανά χιλιόμετρο. Συγκεκριμένα, για τους στρωτήρες από μπετάν απαιτούνται 1666 στρωτήρες/km, ενώ για τους Υ-στρωτήρες μόλις 803 στρωτήρες/km.

Στα παραπάνω, μπορεί να προστεθεί και η κατό 16% μείωση της απαιτούμενης επιφάνειας για την κατασκευή της σιδηροδρομικής γραμμής, αφού η γραμμή με στρωτήρες Υ απαιτεί πλάτος διατομής 5160mm, ενώ η κοινή γραμμή από στρωτήρες είχε αντίστοιχο πλάτος 61401mm.

Οι στρωτήρες αυτού του τύπου αρχίζουν να κερδίζουν έδαφος και στη σταθερή επιδομή, αφού εμφανίζουν πλεονεκτήματα στην κατασκευή νέας γραμμής σταθερής επιδομής. Οι Γερμανικοί Σιδηρόδρομοι έχουν στρώσει ήδη 600km γραμμής με χρήση Υ-στρωτήρων. Τα ειδικά μηχανήματα στρώσης γραμμής μπορούν να στρώνουν με ταχύτητα 360m/h, ενώ απαιτείται 27% λιγότερες κινήσεις κατά την υπογόμωση της γραμμής (μπουράρισμα).

Στον παρακάτω πίνακο παρουσιάζονται τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των Υ στρωτήρων [3].

| Πλεονεκτήματα | Μειονεκτήματα |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ♦ διπλή έδραση ♦ μεγάλη κατό μήκος και εγκάρσια αντίσταση ♦ μικρό ύψος κατασκευής ♦ καλή μόνωση μεταξύ των σιδηροτροχιών ♦ μικρό βάρος ♦ μεγάλη ακαρψία ♦ καλές προσπτικές ανακύκλωσης ♦ κατάλληλοι για μικρές ακτίνες | <ul style="list-style-type: none"> ♦ απαιτούν ειδικά μηχανήματα υπογόμωσης ♦ συχνότερη συντήρηση ♦ ακριβότεροι (σχεδόν διπλάσια) ♦ δύσκολη επαναφορά σε περίπτωση μετατόπισης |

Πίνακας 2.4. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα Υ-στρωτήρων

2.4.3. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα Μεταλλικών Στρωτήρων

Πλεονεκτήματα

- ♦ μεγάλη ενεργός διόρκεια ζωής
- ♦ διατηρούν για μεγάλη χρονική διόρκεια το πλάτος γραμμής
- ♦ εύκολη κατασκευή, τοποθέτηση και συντήρηση
- ♦ δυνατότητα επεξεργασίας με συγκόλληση
- ♦ μέγιστη αντίσταση στο έρμα έναντι κατό μήκος και εγκάρφων μετακινήσεων της γραμμής και επομένως μεγαλύτερη εξασφάλιση της εσχάρας έναντι μετακίνησης
- ♦ εύκολη διαμόρφωση με χρήση ελάστρων και με κατάλληλες πρέσες
- ♦ εύκολη κατασκευή ειδικών μηκών, κατάλληλες για αλλαγές
- ♦ σημαντική αντοχή σε μεγάλες καταπονήσεις
- ♦ δεν προσβάλλονται από φυτικούς και ζωικούς επιβλαβείς οργανισμούς, ούτε από τη φωτιά
- ♦ μικρή ανάγκη για αποθήκευση
- ♦ μικρή διοκύμανση τιμών
- ♦ δυνατότητα πώλησης παλαιών στρωτήρων ως αποκόμματα σιδήρου (παλιοσίδερο)
- ♦ μικρό ύψος κατασκευής
- ♦ μικρότερη απαιτούμενη ποσότητα έρματος

Μειονεκτήματα

- ♦ μεγαλύτερο κόστος συντήρησης και τοποθέτησης
- ♦ ευαισθησία στις χημικές επιδράσεις και από τον αέρα (ιδιαίς κοντά σε βιομηχανικές ή ποροθαλάσσιες περιοχές)
- ♦ δυσχερής η επίτευξη της οριζοντιογραφικής και υψομετρικής θέσης της γραμμής με οκρίβειο, λόγω της μορφής του
- ♦ περισσότερος θόρυβος κατά τη διέλευση των φορτίων έναντι των άλλων στρωτήρων

- ♦ δαπανηρότεροι επεξεργασία έναντι αυτής των ξύλινων στρωτήρων
- ♦ δαπανηρότεροι και ως προς την ογορά, αφού κατά το πλείστον είναι εισαγόμενοι
- ♦ απόποινται ειδικές δαπανηρές μονωτικές αυσκευές σε περίπτωση σηματοδότησης και με δύσκολη συντήρηση
- ♦ δυσχεραίνουν την τακτοποίηση της γραμμής κατά τη συντήρηση
- ♦ κατά την απόσβεση των κραδασμών προκαλείται σημαντική φθορά στα σκύρα

Από τα παραπάνω παραπρούμε ότι οι μεταλλικοί στρωτήρες παρουσιάζουν σημαντικότερα μειονεκτήματα εν συγκρίσει τα πλεονεκτήματα, γεγονός που οδήγησε στην οικονομική απαξίωση τους, ο οποίος δεν χρησιμοποιείται πλέον.

2.5. Στρωτήρες από οπλισμένο ακυρόδεμα

2.5.1. Γενικά στοιχεία στρωτήρων οπλισμένου ακυροδέματος

Οι στρωτήρες από ακυρόδεμα εμφανίστηκαν μετά το 1920 και στα πρώτα χρόνια της εφαρμογής τους παρουσίασαν ορισμένες αδυναμίες. Το σχετικό υψηλό όμως ίδιο βάρος και η φαθυρότητα, το εύθρυπτο του υλικού, ήταν τα σοβαρότερα μειονεκτήματα του απλού ακυροδέματος. Η σημαντικότερη αδυναμία ήταν η τάση που παρουσιάζουν για ψαθυρή θραύση που οδηγούσε σε εκτεταμένες ρηγματώσεις και αστοχίες, υπό την επήρεια των δυναμικών φορτίων διέλευσης του συρμού. Επίσης, η πολύ μικρή αντίστοση σε κόπωση που παρατηρήθηκε σημαίνει συγκέντρωση εφελκυστικών τάσεων στο κεντρικό τμήμα του στρωτήρα, οι οποίες αν ξεπεράσουν τις αντοχές σε εφελκυσμό οδηγούν σε ολοσθητή των οπλισμών.

Αργότερα, χρησιμοποιήθηκε το προεντεταμένο ακυρόδεμα ως υλικό κατασκευής των στρωτήρων, που τελικώς απέδωσε καλά αποτελέσματα.

Έτσι, αναπτύχθηκαν πολλοί τύποι προεντάσεως, οι οποίες επιτρέπουν σημαντικά ελαφρότερους στρωτήρες από εκείνους του απλού-άσπλου σκυροδέματος και με συγκεκριμένη ελαστικότητα. Παρόλ' αυτά οι στρωτήρες αυτοί παραμένουν πολύ βαρύτεροι από τους ξύλινους και τους μεταλλικούς.

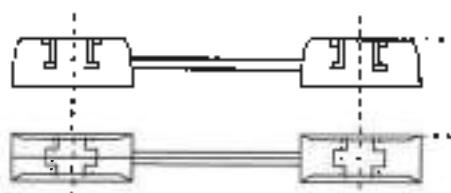
Ακλουθώντας την τεχνολογία οπλισμένου σκυροδέματος και προεντεταμένου σκυροδέματος που αναπτύχθηκαν δυο βασικοί τύποι στρωτήρων από σκυρόδεμα:

- ο διμερής στρωτήρας από οπλισμένο σκυρόδεμα που αποτελείται από δυο τραπεζοειδή τμήματα από οπλισμένο σκυρόδεμα που συνδέονται μεταξύ τους με συνδετήρια ράβδο
- ο ολόσωμος στρωτήρας από προεντεταμένο σκυρόδεμα

Η διανομή των τάσεων υπό του στρωτήρα, έδωσε φτι στο κεντρικό τμήμα οι αναπτυσσόμενες τάσεις έχουν πολύ μικρές τιμές και επομένως στο τμήμα αυτό μπορεί να υπάρξει μείωση του υλικού του στρωτήρα. Έτσι, στο μεν διμερή στρωτήρα στο κεντρικό τμήμα αντικαταστάθηκε το υλικό του στρωτήρα από τη συνδετήρια ράβδο (που χρησιμεύει για τη διατήρηση του εύρους της γραμμής). Στον προεντεταμένο ολόσωμο στρωτήρα (όπου δε θα μπορούσε να γίνει το ίδιο), μειώνεται η διατομή στο κεντρικό τμήμα του στρωτήρα.

2.5.2. Διμερής στρωτήρας από οπλισμένο σκυρόδεμα

Οι στρωτήρες αυτού του τύπου αποτελούνται από δυο τεμάχια οπλισμένου σκυροδέματος, συνδεδεμένα μεταξύ τους με μεταλλική ράβδο, που καταπονείται σε εφελκυσμό [3].



Σχήμα 2.7 Διμερής στρωτήρας από οπλισμένο σκυρόδεμα

Ο στρωτήρας αυτού του τύπου συνηθίζεται να κατασκευάζεται στην Ελλάδα, εκτός από την ράβδο, η οποία εισάγεται από το εξωτερικό. Ο διμερής στρωτήρας προέκυψε βασισμένος στον στρωτήρα U31 των Γαλλικών φιδηροδρόμων, ο οποίος έχει συνδετήρια ράβδα μορφής L και επιτρέπει μέγιστες ταχύτητες μέχρι 200 km/h. Ο διμερής στρωτήρας απαιτεί πάχος και μηχανικές αντοχές έρματος μεγαλύτερες εν συγκρίσει με τον ξύλινο στρωτήρα. Όπου τηρήθηκε η παρόπανω προϋπόθεση, ο διμερής στρωτήρας παρουσίασε πολύ ικανοποιητική συμπεριφορά. Προσοχή απαιτείται σε περιπτώσεις που ο διμερής στρωτήρας εδράζεται επί υποδομής κακής ποιότητας, όπου στην περίπτωση αυτή πρέπει να ενισχύεται το πάχος του έρματος ακόμη περισσότερο.

Λόγω του μεγάλου του βάρους, ο διμερής στρωτήρας εξασφαλίζει στη γραμμή πολύ ικανοποιητική εγκάρσια αντίσταση και δυνατότητες ανάπτυξης μεγάλων ταχυτήτων. Επιπλέον, διατηρεί ικανοποιητικά το εύρος γραμμής και έχει μεγάλη διάρκεια ζωής, ενώ ως προς την οικονομικότητα, στην Ελλάδα, είναι κατά 30% οικονομικότερος από τον ξύλινο στρωτήρα. Στην πραγματικότητα, η συμπεριφορά του διμερή στρωτήρα είναι λιγότερο ικανοποιητική όταν δεν τοποθετείται έρμα κατάλληλου πάχους και μηχανικών χαρακτηριστικών.

Ο διμερής στρωτήρας, εν συγκρίσει τη συμπεριφορά του ξύλινου, είναι λιγότερο ικανοποιητικός ως προς τη διανομή φορτίων και την ευκάμψια και απαιτεί ελαστικούς συνδέσμους. Το μεγάλο του βάρος καθιστά το χειρισμό του δύσκολο, ενώ απαιτεί και ειδικά εξαρτήματα για την εξασφάλιση της απαραίτητης μόνωσης κατά τη λειτουργία σηματοδότησης και ηλεκτροκίνησης [16].

2.5.3. Ολόσωμος στρωτήρας από προεντεταμένο σκυρόδεμα

Ο ολόσωμος στρωτήρας από προεντεταμένο σκυρόδεμα έχει γεωμετρικά χαρακτηριστικά αντίστοιχα με τον ξύλινο στρωτήρα και μηχανικές αντοχές αντίστοιχες με το διμερή στρωτήρα. Αυτός ο τύπος στρωτήρα επιτρέπει καλύτερη αντίσταση στις εναλλασσόμενες δυνάμεις, αφού το σκυρόδεμα εργάζεται πάντοτε σε θλίψη. Επιπλέον, το γεγονός ότι οι οπλισμοί δεν είναι απαραίτητο να τοποθετούνται δύο το δυνατόν πιο μακριά από τον υπότερο άξονα, όπως στον στρωτήρα οπλισμένου σκυροδέματος, επιτρέπει σημαντική μείωση του ύψους των στρωτήρων. Η προηγούμενη δυνατότητα οδηγεί επίσης στην χρησιμοποίηση μικρότερης ποσότητας χάλυβα σε σχέση με τον διμερή στρωτήρα, ενώ έχει κατά κανόνα λιγότερο βάρος από αυτόν. Το μικρότερο βάρος του έχει το μειονέκτημα ότι ο ολόσωμος στρωτήρας παρουσιάζει μικρότερη εγκόρσια αντίσταση που είναι οημαντική κατά τη διέλευση των συρμών.



Εικόνα 2.8. Στρωτήρες από προεντεταμένο σκυρόδεμα

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία γεωμετρικών χαρακτηριστικών στους ολόσωμους στρωτήρες, όμως, όλοι εί τύποι χαρακτηρίζονται από μειωμένη διατομή στην κεντρική περιοχή. Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι κρίσιμο σημείο στο σχεδιασμό του ολόσωμου στρωτήρα είναι το πηλίκο λ της μέγιστης ροπής M_{cr} που μπορεί να αναλάβει ο στρωτήρας προς τη μέγιστη αναπτυσσόμενη ροπή M_{max} που αναπτύσσεται στο στρωτήρα. Ο συντελεστής αυτός έχει τιμές μεταξύ 1,3 και 1,8. [7]

Σε γενικές γραμμές ο ολόσωμος στρωτήρας έχει αντίστοιχα χαρακτηριστικά με το διμερή, κυρίως ως προς τη διάρκεια ζωής και το γεγονός ότι διατηρεί ικανοποιητικά το εύρος γραμμής. Για τη λειτουργία φωτεινής σηματοδότησης απαιτεί ελαστικούς συνδέσμους και ειδικά εξαρτήματα. Σε σύγκριση με τα διμερή στρωτήρα προκαλεί καλύτερη διανομή φορτίων, αν και παρουσιάζει μικρότερη εγκάρσια αντίσταση.

Στη συνέχεια αναπτύσσονται τα γενικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των στρωτήρων από οκυρόδεμα (διμερή και ολόσωμο).

Πλεονεκτήματα

- ♦ μεγαλύτερο βάρος, το οποίο επιδρά ευνοϊκό στη σταθερότητα της επιδρομής
- ♦ καλή μόνωση μέσω κατάλληλων διαμορφώσεων
- ♦ μεγάλη διάρκεια ζωής ($\bar{\eta}_d > 40$ έτη χωρίς αντικατάσταση)
- ♦ διατηρούν καλύτερα και για περισσότερο χρόνο το πλάτος της γραμμής
- ♦ μεγαλύτερη εξασφάλιση της εσχάρας έναντι οριζόντιας μετακίνησής της
- ♦ δεν προσβάλλονται από φυτικούς και ζωικούς επιβλαβείς οργανισμούς, ούτε από τη φωτιά

- ♦ μικρότερη ποσότητα αποθήκευσης
- ♦ φικνονομικότεροι ως προς την τιμή
- ♦ δυνατότητα παραγωγής χωρίς οικολογική επιβάρυνση

Μειονεκτήματα

- ♦ λόγω του μεγάλου βάρους τους είναι δύσπονηρότεροι στη μετακίνηση και στην αντικατάστασή τους
- ♦ αυξάνεται η δαπάνη σε ειδικό μήκη (π.χ. για αλλαγές τροχιάς)
- ♦ ευαισθητοί στις ασυνήθιστες καταπονήσεις κατά την κυκλοφορία και κατά τη φορτο/εκφόρτωσή τους
- ♦ απαιτείται αποκλεισμός του τμήματος γραμμής κατά τη μηχανική μέθοδο τοποθέτησής τους

Κεφάλαιο 3

3. Το Έρμα

3.1. Εισαγωγή

Ο όρος «έρμα» υποδηλώνει στη Σιδηροδρομική τη στρώση από θραυστά σκύρα (και κατ'εξαίρεση από αμμοχάλικο) που βρακετά κάτω από τους στρωτήρες. Το έρμα καταλαμβάνει ακόμη τα μεταξύ των στρωτήρων διαστήματα καθώς και ένα τμήμα πέραν των κεφαλών των στρωτήρων. Η σημασία του όρου «έρμα» είναι διαφορετική σε διάφορους κλάδους επιστημών και για το λόγο αυτό η χρήση του πρέπει να γίνεται με προσοχή.

Το έρμα παιζει σημαντικό ρόλο στην διατήρηση της γεωμετρίας της γραμμής και όχι μόνο. Η επιδομή με έρμα μπορεί να θεωρηθεί σαν πλωτή κατασκευή. Έχοντας υπολογίσει σωστά και επαρκώς, της σιδηροτροχιές, τους στρωτήρες και τους συνδέσμους, μένει το έρμα ως ο πιο αδύναμος κρίκος της φληγής κατασκευής.

Για να ανταποκριθεί το έρμα στις λειτουργικές του απαιτήσεις, πρέπει να καλύπτει τις απαιτήσεις τόσο ως προς το υλικό του, όσο και ως προς την κοκκομετρία του.

Η κλίνη έρματος πρέπει να είναι έτσι διαστασιολογημένη, ώστε τα φορτία από τις σιδηροτροχιές, που δρουν μέσω των στρωτήρων επί του έρματος να κατανέμονται ομοιόμορφα στο υπέδαφος. Οι σημαντικότεροι παράγοντες για αυτό, είναι το πάχος της κλίνης έρματος και η αποστράγγιση της στέψης της υπόβασης.

Το έρμα καταπονείται στατικά και δυναμικά. Οι κατακόρυφες δυνάμεις προκαλούν τάσεις και πίεσεις, οι οποίες πρέπει να παραληφθούν από την κλίνη έρματος και το υπέδαφος [4].

Η θεωρητική γνώση για τις καταπονήσεις, αναδεικνύουν την πολυπλοκότητα της κατάσκευής, εσχάρα -κλίνη έρματος- υπέδαφος, στοιχείο που θα αναλυθεί στη συνέχεια.

Τέλος, ιδιαίτερη σημασία για την φέρουσα ικανότητα της κλίνης έρματος έχει η αντοχή του υλικού σε διάτμηση.

3.2. Ο Ρόλος Του Έρματος

Το έρμα στη Σιδηροδρομική ανταποκρίνεται σε πολλαπλούς ρόλους:

- ◆ διανέμει περαιτέρω τις τάσεις που έχουν μεταβιβασθεί από τους στρωτήρες
- ◆ αποσβένει το μεγαλύτερο μέρος των δονήσεων συρμού
- ◆ αντιστέκεται στην μετατόπιση της γραμμής (εγκάρσια και κατά μήκος) εξασφαλίζοντας τη σταθεροποίηση της γραμμής.
- ◆ διευκολύνει τη γρήγορη αποστράγγιση των όμβριων νερών και προστατεύει τη γραμμή στην περίπτωση παγετών.
- ◆ επιτρέπει την αποκατάσταση της γεωμετρίας της γραμμής και την επανόρθωση των σφαλμάτων γραμμής με τη χρησιμοποίηση των μηχανημάτων υπογόμωσης του έρματος.

3.3. Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά και Απαιτήσεις για το Έρμα

Για να μπορεί το έρμα τα εξυπηρετήσει τους παραπόνω ακαπούς, το σκύρα θα πρέπει να είναι κυβικής μορφής, πολυεδρικά και γωνιώδη.

Οι απαρήσεις που αφορούν στο πρωτόγενες υλικό είναι οι εξής [8]:

- ◆ αντοχή στις καιρικές συνθήκες
- ◆ μεγάλη ανθεκτικότητα
- ◆ μεγάλη αντοχή σε θλίψη
- ◆ καρία πρόσμιξη λου μπορεί να επηρεάσει την αερό- και υδατοδιαπερατότητα π.χ. χώμα
- ◆ το πέτρωμα να είναι θραυστό
- ◆ το θραυστό ακύρο να είναι ανθεκτικό στην κρούση και στο θρυμματισμό

Κατάλληλα πετρώματα θεωρούνται ο γρανίτης, ο βασάλτης, ο διαβάσης, ενώ αντίθετα τα ασβεστολιθικά πετρώματα πάρουσιάζουν μειωμένη αντοχή σε θλίψη.

Το έρμα πρέπει να έχει ικανοποιητική σκληρότητα, διότι οε αντίθετη περίπτωση αποσαθρώνεται και δεν μπορεί να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις των έντατικών καταστάσεων που υφίσταται. Η σκληρότητα του έρματος διαπιστώνεται με βάση τις εργοστηριακές δοκιμές Deval και Los Angeles και εκφράζεται σε αδιάστατο αριθμό. Ικανοποιητική θεωρείται η σκληρότητα με τιμή Dri>14-18 (Παράρτημα 2).

Ο συντελεστής Los Angeles υπολογίζεται ως εξής:

$$LA = \frac{m}{M}$$

Ωπόου: m η μάζα από το κόσκινο των 1.6 mm και

M η μάζα του υλικού που υποβάλλεται σε έλεγχο
Η ποιότητα του σκύρου είναι καλύτερη όσο χαμηλότερη είναι ο συντελεστής LA. Η τιμή LA δεν πρέπει να υπερβαίνει το 24 Gew%

Τυπικοί LA συντελεστές

Γρανίτης 12-15

Βασάλτης 8.7-9.5

Διαβάσης 9.5-10.5

Ασβεστολιθικά 13.7-23

3.4. Αποικήσεις Κλίνη έρματος

Μια καθαρή, ελαστική και ομογενής κλίνη έρματος, θεωρείται σημαντική προϋπόθεση για τη χωρίς προβλήματα λειτουργία του συστήματος τροχού-σιδηροτροχιάς. Η κλίνη έρματος παιζει σημαντικό ρόλο στην ποιότητα της γεωμετρίας της γραμμής και ως εκ τούτου και στην οικονομικότητα της γραμμής ως προς τη συντήρηση.

Η κλίνη έρματος οφείλει να εξυπηρετεί ορισμένες λειτουργίες:

- ♦ Όσο το δυνατόν αραιόβιορφη κατανομή των πιέσεων στο υπέδαφος
- ♦ Εξασφάλιση ελαστικότητας της γραμμής με σκοπό την ελαχιστοποίηση των δυναμικών φορτίων
- ♦ Μεγάλη κατά μήκος και εγκάρφοσ αντίσταση
- ♦ Εύκολη επαναφορά της εσχάρας στην αρχική της γεωμετρία
- ♦ Καλή αερό- και υδατοπερατότητα με σκοπό την μακροζωία των στρωτήρων και διατήρηση της φέρουσας ικανότητας του υπεδάφους

Οι ελληνικοί σιδηρόδρομοι χρησιμοποιούν έρμα διαβάθμισης 25-63 mm [9]. Σκύρα μικρότερα ή μεγαλύτερα από τις παρακάτω διαστάσεις γίνονται αποδεκτά σε ποσοστό 3% πάνω και 2% κάτω από τα προαναφερθείσα δρια.

Ο πίνακας 3.1. παρουσιάζει τη διάμετρο των κοσκίνων και το αντίστοιχο συγκρατούμενο ποσοστό για τα σκύρα έρματος του ΟΣΕ [17].

| Διάμετρος κοσκίνου D(mm) | Συγκρατούμενο ποσοστό (%) |
|-----------------------------|------------------------------|
| 63 | 0-3% |
| 50 | <20% |
| 40 | 20-65% |
| 25 | >90% |
| 16 | >90% |

Πίνακας 3.1. Χαρακτηριστικά σκύρων που χρησιμοποιείται στον ΟΣΕ

3.5. Διαστασιολόγηση Έρματος

Παλαιότερα, το πάχος της στρώσης έρματος προσδιορίζοταν με βάση προσεγγιστικού τύπου νομογραφήματα. Τα νομογραφήματα αυτά στηρίζονταν στις εξισώσεις Boussinesq. Η ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία, επιτρέπει ολέον κατά τον προσδιορισμό του πάχους της στρώσης έδρασης, να λαμβάνονται υπόψη όλες οι εμπλεκόμενες παράμετροι της υποδομής, όπως:

- ο φόρτος της γραμμής
- το υλικό και το μήκος του στρωτήρα
- ο όγκος εργασιών συντήρησης
- το μέγεθος του φορτίου ανά άξονα κ.α.

Έτσι, σύμφωνα με τον κανονισμό της UIC, το πάχος της στρώσης έδρασης είναι, π. οποία αποτελείται από το έρμα και το υπόστρωμα, δίνεται από την σχέση:

$$e(m) = N(m) - a(m) + g(m) - c(m) + d(m)$$

Οι τιμές των παραπόνω παραμέτρων προσδιορίζονται ως εξής [16]:

Παράμετρος $N(m)$

| Ποιότητα εδάφους βάσης υποδομής | Στρώση διαμόρφωσης | | $N(m)$ |
|------------------------------------|--------------------|-------------------|--------|
| | Ποιότητα | Πάχος $e_r(m)$ | |
| S_1 | S_1 | - | 0.70 |
| | S_2 | 0.55 | 0.55 |
| | S_3 | 0.40 | 0.55 |
| | S_3 | 0.60 | 0.45 |
| S_2 | S_2 | - | 0.55 |
| | S_3 | 0.40 | 0.45 |
| S_3 | S_1 | - | 0.45 |
| R (βράχος) | R | - | 0.40 |

Πίνακας 3.2. Τιμές παραμέτρου N με βάση την ποιότητα του εδάφους της υποδομής και της στρώσης διαμόρφωσης

Παράμετρος α(m)

| Ομάδα κατά ΟΙC | α(m) |
|------------------------------|------|
| 1 , 2 | 0 |
| 4 , 5 , 6 | 0,10 |
| 7 , 8 , 9 | 0,10 |
| Για επιβατική κυκλοφορία | |
| 7 , 8 , 9 | 0,15 |
| Για εμπορευματική κυκλοφορία | |

Παράμετρος g(m)

| Τύπος Στρωτήρα | g(m) |
|--|---------------------|
| Ξύλινοι στρωτήρες μήκους $L=2,6 \text{ m}$ | 0 |
| Στρωτήρες από σκυρόδεμα μήκους L | $\frac{2.5 - L}{2}$ |

Παράμετρος c(m)

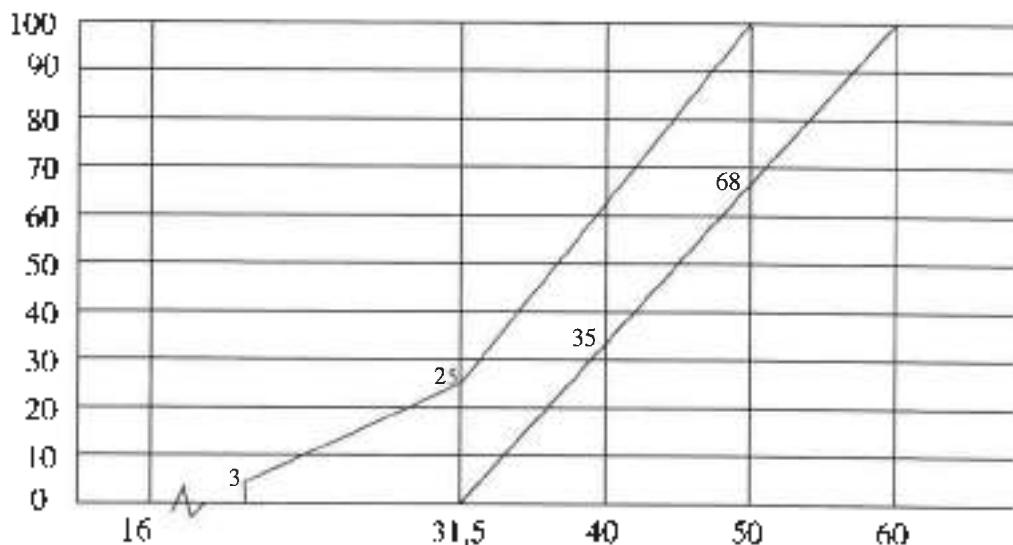
| Όγκος εργασιών συντήρησης γραμμής | c(m) |
|-----------------------------------|------|
| Μέσος όγκος εργασιών | 0 |
| Υψηλός όγκος εργασιών | 0.10 |

Παράμετρος d(m)

| Φορτίο ανά άξονα | d(m) |
|------------------|------|
| <20 | 0 |
| 22.5 t | 0.05 |
| 25 t | 0.12 |

3.6. Κοκκομετρική καμπύλη έρματος

Η κοκκομετρική καμπύλη έρματος 22,4/63 mm οφείλει να βρίσκεται εντός των ορίων που παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα.



Εικόνα 3.1. Κοκκομετρική καμπύλη έρματος 22,4/63 mm

3.7. Καθίζηση έρματος

Η συμπεριφορά του έρματος ως προς το φαινόμενο της καθίζησης επηρεάζεται από τις λειτουργικές συνθήκες (όπως είναι η κυκλοφορία των συρμών, οι μέγιστες ταχύτητες, οι κλιματικές παράμετροι κ.α.) και από την πίεση που δέχεται το έρμα (εξαρτάται κυρίως από το οξενικό φορτίο, τη δυναμική του αξονικού φορτίου και τις παραμέτρους της υποδομής).

Από τους δυο παραπάνω παράγοντες, ο κύριος παράγοντας για τη συμπεριφορά του έρματος ως προς την καθίζηση είναι η πίεση P που ασκείται σε αυτό. Η πίεση υπολογίζεται ως εξής:

$$P = \frac{S_s}{F}$$

Όπου:

S_s : δύναμη αντίδροσης στο σημείο έδρασης

F : ενεργός επιφάνεια έδρασης του ημιστρωτήρα

Παρατηρείτοι επομένως άμεση σχέση μεταξύ της πίεσης P και της επιφάνειας F. Έτοι, έγιναν προσπάθειες για αύξηση της επιφάνειας F με τους εξής τρόπους:

- ♦ νέο μήκος στρωτήρα 2.80 m
- ♦ πλατείς στρωτήρες
- ♦ πλαισιόμορφους στρωτήρες με συμπεριφορά ανάλογης αυτής που προέρχεται από την κατά μήκος έδραση των σιδηροτροχιών

3.8. Συγκόλληση Έρματος

3.8.1. Γενικά

Η τεχνολογία κόλλησης του έρματος προήλθε από το γεγονός ότι κατά την εφαρμογή των υψηλών ταχυτήτων στην Ουγγαρία, οι μικρής διομέτρου κόκκοι έρματος παρασύρονται από στροβιλισμούς κατά την διέλευση των συρμών με κίνδυνο να προκαλέσουν ατύχημα στα αντίθετα κινούμενα τρένα.

Το πειραματικό στάδιο της κόλλησης του έρματος άρχισε στην Ουγγαρία το 2001 και μετά από ικανοποιητικό αριθμό στοιχείων εφαρμόσθηκε στους κρατικούς σιδηροδρόμους της Ουγγαρίας.

Η κόλληση έρματος είναι μια μέθοδος στοθεροποίησης κατά την οποία οι κόκκοι του σκύρους κολλιούνται μεταξύ τους στις πλευρές και στα σημεία επαφής.



Εικόνα 3.2. Συγκόλληση έρματος

3.8.2. Προϋποθέσεις για ποιοτική κόλληση

Προκειμένου να επιτευχθεί το επιθυμητό ποιοτικό αποτέλεσμα, πρέπει να ισχύουν οι εξής προϋποθέσεις:

- ♦ συμπαγής υποδομή
- ♦ καθαρή και καλά συμπλυκωμένη κλίνη έρματος
- ♦ δριστή γεωμετρία γραμμής
- ♦ η κόλληση να γίνεται από εξειδικευμένο προσωπικό



Εικόνα 3.3. Γραμμή με συγκολλημένο έρμα

3.8.3. Προτερήματα της κόλλησης έρματος

Η χρήση της τεχνολογίας κόλλησης του έρματος, παρουσιάζει ποικίλα προτερήματα εκ των οποίων τα σπουδαιότερα είναι:

- ♦ σταθεροποίηση της κλίνης έρματος
- ♦ λρφοφασία έναντι χαλόρωσης
- ♦ αύξηση της δομής του έρματος
- ♦ βελτίωση της οριζόντιας και κατακόρυφης κατανομής της φόρτισης
- ♦ δεν επηρεάζεται η υδατοπεραστότητα της κλίνης
- ♦ δυνατότητα ρύθμισης της ελαστικότητας / οκαρμψίας της κλίνης



Εικόνα 3.4. Εργασίες συγκόλλησης έρματος

3.9. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά της διατομής του έρματος και εγκάρσια αντίσταση γραμμής

Η εγκάρσια αντίσταση της γραμμής ορέπει να εξισορροφεί τις εγκάρσιες δυνάμεις που προκαλούνται από την κίνηση των συρμών. Υπέρβαση της εγκάρσιας αντίστασης της γραμμής μπορεί να προκαλέσει εκτροπή της γραμμής με ενδεχόμενο τον εκτραχιασμό.

Η εγκάρσια αντίσταση της γραμμής οφείλεται:

- α)** στις δυνάμεις τριβής στην κάτω επιφάνεια του στρωτήρα που είναι ανάλογες με το βάρος του στρωτήρα
- β)** στις δυνάμεις τριβής ανάμεσα στις πλευρικές επιφάνειες του στρωτήρα και το έρμα που βρίσκεται μεταξύ των διαδοχικών στρωτήρων. Οι δυνάμεις αυτές εξαρτώνται από τον βαθμό πληρότητας με έρμα στο μεσοδιάστημα μεταξύ στρωτήρων καθώς και από τον βαθμό συμπύκνωσης του έρματος, και αντιπροσωπεύουν το 40% - 50% της συνολικής αντίστασης στην περίπτωση των ξύλινων στρωτήρων 15 - 25% στην περίπτωση των διμερών από οπλισμένο σκυρόδεμα 30% στην περίπτωση των ολόσωμων στρωτήρων από προεντεταμένο σκυρόδεμα.
- γ)** στις δυνάμεις τριβής που αναπτύσσονται στις δύο κεφαλές του στρωτήρα και εξαρτάται από το πλάτος κατάληψης ε με έρμα, δύο και από την υπερύψωση ή του έρματος στο δριό του πλάτους κατάληψης.

Το ποσοστό αύξησης της εγκάρσιας αντίστασης σαν συνάρτηση α) της μεταβολής του πλάτους κατάληψης c πέρα από το άκρο του στρωτήρα και β) της υπερύψωσης h της διατομής του έρματος απεικονίζεται στο διάγραμμα.

3.10. Υπόστρωμα

Κάτω από τη στρώση του έρματος τοποθετείται το υπόστρωμα αμμοχάλικου που εξασφαλίζει τις παρακάτω ιδιότητες:

- ♦ προστασία της πάνω επιφάνειας της υποδομής από τη διείσδυση των ακύρων του έρματος σε αυτήν
- ♦ περαιτέρω διανομή τάσεων
- ♦ περαιτέρω αποστράγγιση των ομβρίων υδάτων

Το υπόστρωμα έχει εγκάρσια κλίση ίση με την επιφάνεια της υποδομής (με συνήθη τιμή 4%) για τη σωστή απορροή των υδάτων.

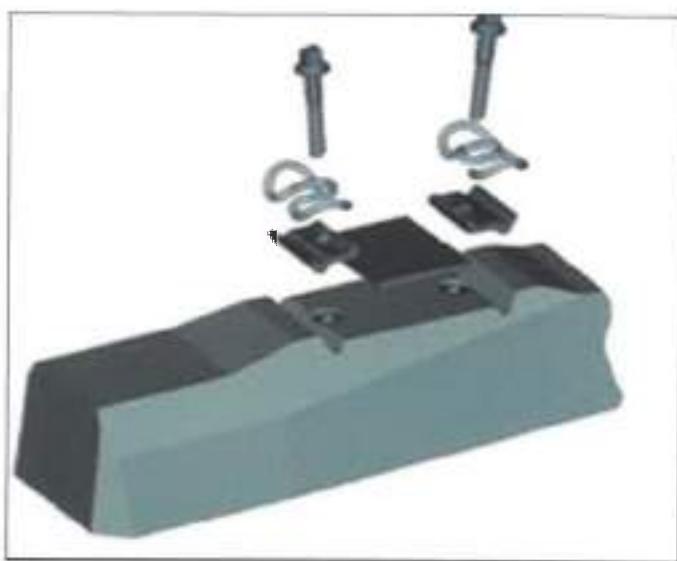
Κεφάλαιο 4

4. Μικρό Υλικό Σύνδεσης

4.1. Εισαγωγή

Στο μικρό υλικό σύνδεσης ανήκουν:

- Οι σύνδεσμοι, ήλοι, ελικωτά που συνδέουν τη σιδηροτροχία με τα στρωτήρα
- Τα αντιοδευτικά ή αντιερπυστικά πτερύγια εγκάρσιας αντίστασης
- Οι αμφιδέτες (κανονικοί, προσωρινοί, μονωτικοί) που συνδέουν τις σιδηροτροχιές μεταξύ τους



Εικόνα 4.1. Μικρό υλικό σύνδεσης

4.2 Σύνδεσμοι

4.2.1. Ο ρόλος των συνδέσμων

Οι σύνδεσμοι συνδέουν τη σιδηροτροχία με τον στρωτήρα είτε απευθείας, είτε μέσω πλόκας έδρασης. Η λειτουργία τους είναι καθοριστική για την ασφάλεια της γραμμής και για το λάγο αυτό οι οποιτήσεις τους είναι αυξημένες [3]. Οι σύνδεσμοι αφείλουν να εξασφαλίζουν τα εξής:

- ♦ Επαρκή τριβή μέσω αύσφιγξης μεταξύ σιδηροτροχιάς και στρωτήρα. Η αύσφιξη της σιδηροτροχιάς στον στρωτήρα και η προκαλούμενη τριβή πρέπει να είναι επαρκής για να εμποδίσει την όδευση της σιδηροτροχιάς που προκύπτει από θερμοκρασιακή κυρίως μεταβολή.
- ♦ Το εύρος μεταξύ των σιδηροτροχιών να παραμένει ομοιόμορφα σταθερό σε όλο το μήκος της γραμμής. Ομοιόμορφο εύρος με μικρές ανοχές επιτυγχάνεται μόνο με την χρήση πλακών έδρασης.
- ♦ Να εμποδίζουν τη στρεπτική παραμόρφωση των σιδηροτροχιών.

4.2.2. Είδη συνδέσμων

Η ανάγκη για τη σύνδεση των σιδηροτροχιών με τους στρωτήρες ώθησε όλα τα Σιδηροδρομικά δίκτυα να αναζητήσουν διαφορετικούς τρόπους σύνδεσης και συνδέσμων. Έτσι, στις μέρες μας υπάρχουν διαφορετικά είδη συνδέσμων και τρόπων σύνδεσης, που χρησιμοποιούνται στα διάφορα σιδηροδρομικά δίκτυα.

Το κάθε είδος σύνδεσης και συνδέσμου προδιαγράφεται από ξεχωριστή ΛΕΤΕΠ, γεγονός που φανερώνει τη σημαντικότητα της λειτουργίας τους.

Οι κυριότερες μορφές συνδέσμων και συνδέσεων είναι σι ακόλουθες [16], [17]:

- ♦ Η σύνδεση K είναι από τις πιο διαδεδομένες και αναπτύχθηκε από τους Γερμανικούς Σιδηροδρόμους. Χρησιμοποιήθηκε σε συνδυασμό με τη σιδηροτροχιά S49 και S54 και αργότερα αντικαταστάθηκε από τη σύνδεση KS. Στη σύνδεση K που εφαρμόζεται στον ΟΣΕ, η πλάκα έδρασης συνδέεται με τον στρωτήρα μέσω 4 ελικωτών (τριφωνιών). Πάνω στην πλάκα τοποθετείται η σιδηροτροχιά, η οποία συνδέεται μέσω των αγκυρίων με την πλάκα έδρασης.

Τα αγκύρια μέσω των περικοχλίων και των δακτυλίων αγκυρώνονται στην πλάκα έδρασης. Τις προδιαγραφές του συνδέσμου αυτού καθορίζει η ΠΕΤΕΠ 07-08-03-10(Παράρτημα 2) Ο σύνδεσμος "KS" αποτελείται από την πλάκα έδρασης "K" τριών ή τεσσάρων οπών πεδιλωμένη επί ξύλινου στρωτήρα, δύο βλήτρα αγκυρίων με περικόχλια τύπου HS 32X6S, δύο ριδέλες τύπου ULS-6, ένα ελαστικό υπόθεμα και δύο ελατηριωτά αγκύρια SKL12. Ο σύνδεσμος αυτός παρέχει την δυνατότητα προσυναρμολόγησης και έτσι οι στρωτήρες έρχονται στο εργατήριο στρώσης με προσυναρμολογημένους τους συνδέσμους επί της πλάκας "K". Οι προδιαγραφές αυτού του συνδέσμου καθορίζονται από την ΠΕΤΕΠ 07-08-03-30 (Παράρτημα 2)



Εικόνα 4.2 και 4.3. Σύνδεση μορφής K (αριστερά) και μορφής KS (δεξιά) επί ξύλινων στρωτήρων

- Η σύνδεση W14 με συνδυασμό Skl συνδέσμους είναι επίσης πολύ διαδεδομένη και προέρχεται και αυτή από τους Γερμανικούς Σιδηροδρόμους. Η σύνδεση αυτή συνδυάζεται συνήθως με τη σιδηροτροχιά UIC 60. Αυτή η σύνδεση χρησιμοποιείται και στη χώρα μας, στη Νέα Γραμμή Υψηλών Ταχυτήτων του ΟΣΕ.

Το σύστημα συνδέσμου W14 είναι σύστημα πραμονταρισμένου συνδέσμου, που χρησιμοποιείται σε στρωτήρες από προεντεταμένο σκυρόδεμα, στα δίκτυα υψηλών ταχυτήτων μικτής κυκλοφορίας, και αξονικά φορτία 22,5t.

Το σύστημα συνδέσμου W14 αποτελείται από τα κατωτέρω στοιχεία (Σχήμα 4.4):

- ♦ το διπλό ελαστικό αγκύριο Skl 14
- ♦ την πλαστική πλάκα στήριξης αγκυρίου Wfp 14 K
- ♦ το ειδικό ελικωτό (τυρφώνι) Ss25 με ενσωματωμένη την ροδέλα UlS 7
- ♦ η υποδοχή του ελικωτού Sdu 9 που ενσωματώνεται στον στρωτήρα
- ♦ το ελαστικό μπόθεμα Zw 700

Οι προδιαγραφές αυτού του συνδέσμου καθορίζονται από την ΠΕΤΕΠ 07-08-03-34 (Παράρτημα 2)



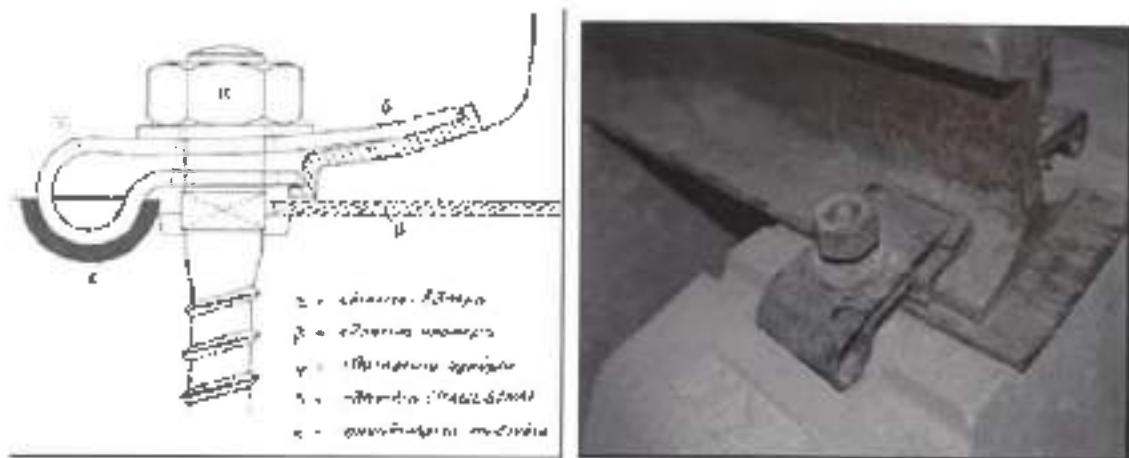
Εικόνα 4.4. Σύνδεση W14 επί στρωτήρων B70 με συνδέσμους Skl

- ♦ Η σύνδεση RN προέρχεται από τους Γαλλικούς Σιδηροδρόμους και συνδυάζεται με διμερείς στρωτήρες, επίσης προερχόμενους από τους Γαλλικούς Σιδηροδρόμους. Συγκεκριμένα, οι ελαστικές προσηλώσεις τύπου RN χρησιμοποιούνται σε δυο είδη διμερών στρωτήρων από σκυρόδεμα, στους στρωτήρες U2 με σιδηροτροχιές UIC 50 και στους στρωτήρες U3 με σιδηροτροχιές UIC 54. Στους συνδέσμους αυτούς απαιτείται η συστηματική ρύθμιση του εύρους σε συνδυασμό με τις εργασίες της Γενικής Επισκευής.

Ο σύνδεσμος RN αποτελείται από τα ακόλουθα τμήματα:

- a) Ελικωτό – βλήτρο από χάλυβα (το βλήτρο αγκυρίου), το οποίο αγκυρώνεται στον στρωτήρα από σκυρόδεμα.

- β) Αυλακωτό ελαστικό υπόθεμα πάχους 4,5 mm που παρεμβάλλεται μεταξύ αγκυρίου και πέλματος σιδηροτροχιάς.
- γ) Ελατηριωτό όγκυριο (έλασμα διπλό καμπτώμενο) από χάλυβα και με το επάνω σκέλος μακρύτερο από το κάτω.
- δ) Μονωτικό πλακίδιο (PAULSTRA) που τοποθετείται μεταξύ σιδηροτροχιάς και αγκυρίου για να επιτυγχάνεται η ηλεκτρική μόνωση της σιδηροτροχιάς.
- ε) Ένα στέλεχος (ελαστικό ημικυλινδρικό κουζινέτο) που λειτουργεί εξομαλυντικά και προστατεύει τον στρωτήρα στο τρίμα εκείνο που είναι πιο απομακρυσμένο από την σιδηροτροχιά (τοποθετείται μεταξύ στρωτήρα και αγκυρίου σε καμπύλες με $R < 1000$ m). Είναι ημικυλινδρικό από υψηλής ποιότητας καουτσούκ.



Εικόνα 4.5. Σύνδεση RN επί διμερών στρωτήρων ΟΣ

- Επίσης γνωστές συνδέσεις είναι οι συνδέσεις NABLA και SIMPLEX, που αποτελούν κατεξοχήν συνδέσεις των Γαλλικών Σιδηροδρόμων, η σύνδεση Pandrol των Βρετανικών Σιδηροδρόμων και η σύνδεση HRS γερμανικής προέλευσης. Οι συνδέσεις NABLA και SIMPLEX εξασφαλίζουν συνήθως τη σύνδεση σιδηροτροχιάς-στρωτήρα επί των διμερών ή ολόσωμων στρωτήρων από σκυρόδεμα.

Οι σύνδεσμοι αυτοί είναι ελαστικοί που τοποθετούνται μεταξύ ελικωτού (τυρφονίου) ή βλήτρου και σιδηροτροχιάς και παρουσιάζουν όλα τα πλέονεκτήματα των ελαστικών συνδέσμων.

Ο σύνδεσμος αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Το βασικό στοιχείο που εξασφαλίζει, ακόμη και υπό φορτίο, την σύνδεση μεταξύ σιδηροτροχιάς και στρωτήρα, είναι μια λάμα (έλασμα) οπό ελατηριωτό χάλυβα θερμικής επεξεργασίας μορφής περίου τραπεζοειδούς, το οποίο (έλασμα) προσδίδει την ελαστικότητα στον σύνδεσμο, που παραμορφώνεται ελαστικά σε δύο κάθετες κατευθύνσεις κατά την σύσφιγξη του συνδέσμου. Η λάμα αυτή στηρίζεται στο δάκρυ του πέλματος της σιδηροτροχιάς μόνο στην περιοχή με την μικρότερη κλίση, με ένα πορέμβλημα από POLYAMIDE.
- Ένα συνθετικό (πλαστικό) υλικό που μονώνει ηλεκτρικά την επαφή αγκυρίου - πέλματος σιδηροτροχιάς και διατηρεί το εύρος της γραμμής.
- Το βλήτρο αγκυρίου (ελικωτό) με τα περικόχλια του που επιτρέπει περοιτέρω σύσφιγξη κατά τις εργασίες συντήρησης.
- Μια πλαστική υποδοχή με ένα μεταλλικό σπειρωμά που ενσωματώνονται στο καλούπι του στρωτήρα πριν από την χύτευση του σκυροδέματος.
- Ένα αυλακωτό ελαστικό υπόθεμα πάχους 9 mm που προσδίδει πάλι μεγαλύτερη ελαστικότητα στον σύνδεσμο οπό π.χ. τον σύνδεσμο RN.

Η τοποθέτηση και η σύσφιξη των συνδέσμων γίνεται σύμφωνα με την ΠΕΤΕΠ 07-08-03-22 (Παράρτημα 2).



Εικόνα 4.6 και 4.7. Σύνδεση NABLA επί διμερών στρωτήρων



Εικόνα 4.8 και 4.9. Σύνδεση Pandrol επί μπετονένιων στρωτήρων

Για να μην προκληθεί ολισθηση των οιδηροτροχιών επί των στρωτήρων, αλλά μόνο κίνηση των στρωτήρων στις ζώνες εκτόνωσης, είναι απαραίτητο οι σύνδεσμοι να εξασφαλίζουν μια απότελεσματική σύνδεση. Η χρήση ελαστικών συνδέσμων διευκολύνει την καλή διατήρηση της σύσφιξης.

4.2.3. Διάγραμμα απόκρισης

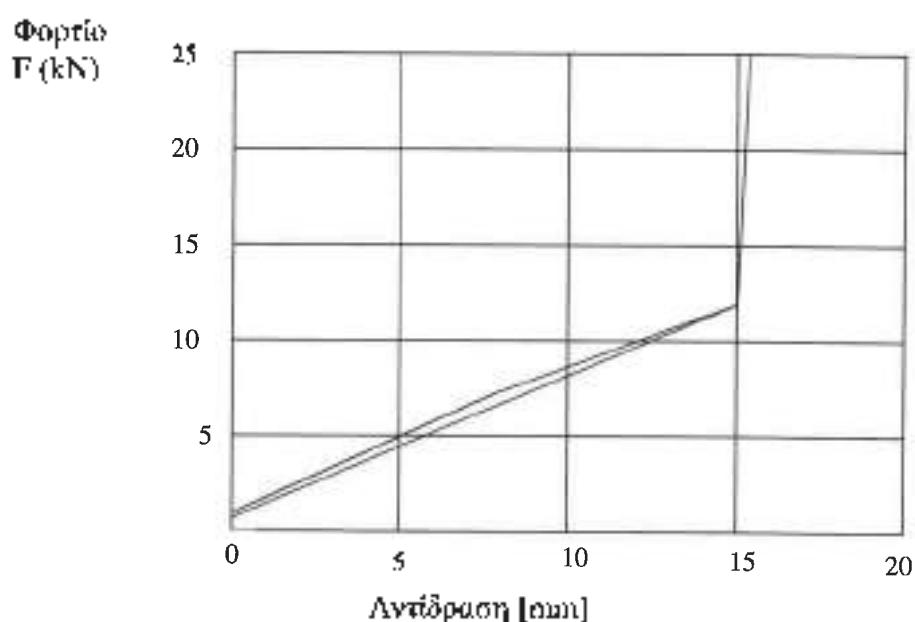
Το διάγραμμα απόκρισης είναι μια σχηματική παρουσίαση της σχέσης φορτίου και χαλάρωσης της σύσφιξης του συνδέσμου. Πρόκειται δε για ένα τρόπο παρακολούθησης των συνδέσμων και εντοπισμού του σημείου επέμβασης για συντήρηση και επανασύσφιξη των συνδέσμων.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα διαγράμματα απόκρισης των συχνότερα χρησιμοποιούμενων συνδέσμων.

Σύνδεσμος W



Εικόνα 4.10 και 4.11 Σύνδεσμος W

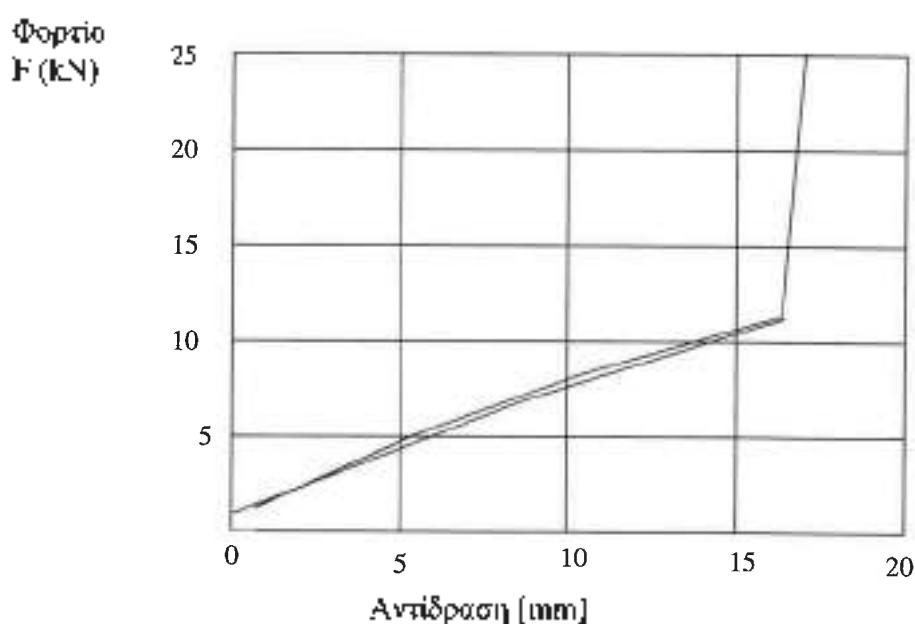


Σχήμα 4.1 Διάγραμμα απόκρισης W

Σύνδεσμος KS



Εικόνα 4.12 και 4.13. Σύνδεσμος KS



Σχήμα 4.2. Διάγραμμα απόκρισης KS

Από τα παραπάνω γίνεται σαφές πως στην επιλογή του συνδέσμου που θα χρησιμοποιηθεί στο έργο, παιζουν σημαντικό ρόλο οι απαιτήσεις που υπάρχουν για το φαρτίο της γραμμής και για το ανεκτό επίπεδο χαλάρωσης των συνδέσμων.

4.2.4. Σύσφιξη των συνδέσμων της γραμμής

Η σύσφιξη των συνδέσμων αρχίζει όταν η θερμοκρασία ξεπεράσει το κάτω επιτρεπόμενο όριο της απελευθέρωσης των τάσεων (23°C) και θα πρέπει να έχει περατωθεί πριν ξεπερασθεί το αντίστοιχο άνω όριο (35°C). Η επιλογή της θερμοκρασίας έναρξης της εργασίας σύσφιξης πρέπει να επιλεγεί κατά τρόπον, ώστε κατά το δυνατόν η μέση θερμοκρασία απελευθέρωσης τάσεων να είναι 29°C .

Η εργασία της σύσφιξης αρχίζει από το τέλος του τμήματος εργασίας προς την αρχή (αφετηρία). Η διαδικασία σύσφιξης των συνδέσμων είναι η ακόλουθη [17]:

- ◆ Γίνεται κρούση των σιδηροτροχιών με τις βοριές
- ◆ Οι σιδηροτροχιές ανυψώνονται με τις κιθάρες ή τις παραμίνες, αφαιρούνται τα κύλιστρα και τοποθετούνται τα ελαστικά υποθέματα
- ◆ Τοποθετούνται οι σύνδεσμοι στις θέσεις τους
- ◆ Συσφίγγονται οι σύνδεσμοι με τα μηχανήματα κοχλίωσης/αποκοκχλίωσης (κραπονιέρες). Η ταχύτητα ανάδοσης της θερμοκρασίας καθορίζει το πλήθος των συνδέσμων που συσφίγγονται στη φάση αυτή της εργασίας (είναι δυνατή η σύσφιξη κατ' αρχήν κάθε δεύτερου ή κάθε τρίτου στρωτήρα. Το πλήθος των συνδέσμων που συσφίγγονται μπορεί να τροποποιείται κατά την πορεία εργασίας)
- ◆ Συσφίγγονται οι υπόλοιποι σύνδεσμοι (εφ' όσον κατά την προηγούμενη εργασία δεν έχουν συσφιχθεί όλοι οι σύνδεσμοι), με κατεύθυνση από την αφετηρία προς το τέλος του τμήματος εργασίας
- ◆ Συλλέγονται τα κύλιστρα σε σάκους
- ◆ Εφ' όσον υπάρχει στο τμήμα εργασίας Σ.Δ., αυτή ρυθμίζεται σύμφωνα με την ΠΕΤΕΠ 07-06-03-30 (Παράρτημα 2)
- ◆ Εκτελούνται οι απαραίτητες συγκολλήσεις



Εικόνα 4.14 και 4.15. Χειροκίνητη συσκευή κοχλίωσης

4.3. Αντιοδευτικά και Πτερύγια

-Τα αημαντικότερο είδη και ο ρόλος τους

Τα αντιοδευτικά (ή αντιερπυστικά) χρησιμοποιούνται για την εμπόδιση της κατώ μήκος μετακίνησης (ερπυσμός) της σιδηροτροχιάς. Τοποθετούνται στο πέλμα της σιδηροτροχιάς και κοντράρουν στις εσωτερικές πλευρές του στρωτήρα. Οι πιο αημαντικοί τύποι αντιοδευτικών είναι το σύστημα Fair, το σύστημα Mathee και το σύστημα αντιοδευτικών με ελαστηρίωση.

Τα πτερύγια χρησιμοποιούνται γενικά σε καμπύλες μεγάλων καμπυλωτήτων (με μικρές οριζοντιογραφικές ακτίνες), για την αύξηση της εγκάρφωσης αντίστασης της εσχάρας. Τα πτερύγια τοποθετούνται στους στρωτήρες, συνήθως στο εσωτερικό της καμπύλης, ενώ δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που τοποθετούνται και στο μέσον του στρωτήρα [3].



Εικόνα 4.16, 4.17 και 4.18. Αντιοδευτικό τύπου Fair (αριστερά), τύπου Mathee (κέντρο) και με ελαστηρίωση (δεξιά)



Εικόνα 4.19. Πτερύγια σε ξύλινο στρωτήρα

4.4. Αμφιδέτες

-Ο ρόλος και τα σημαντικότερα είδη αμφιδετών

Οι αμφιδέτες χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση των σιδηροτροχιών μεταξύ τους. Η σύνδεση μπορεί να είναι μόνιμη, όπου χρησιμοποιούνται οι λεγόμενοι "μόνιμοι αμφιδέτες", είτε να είναι προσωρινή, όπου και χρησιμοποιούνται οι "προσωρινοί αμφιδέτες".

Άλλο ένα είδος αμφιδετών είναι οι "μεταβατικοί αμφιδέτες", που χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση δυο σιδηροτροχιών διαφορετικής διατομής. Για την κατασκευή μονωτικού αρμού, χρησιμοποιούνται αμφιδέτες από συνθετικό υλικό ή μεταλλικοί με ενδιάμεση μονωτική πάστα (μεταξύ αμφιδετών, σιδηροτροχιών και βλήτρων).



Εικόνα 4.20 και 4.21. Σύνδεση με μόνιμο (άριστερά) και με προσωρινό (δεξιά) αμφιδέτη

Κεφάλαιο 5

5. Συσκευές διαστολής και άλλαγές

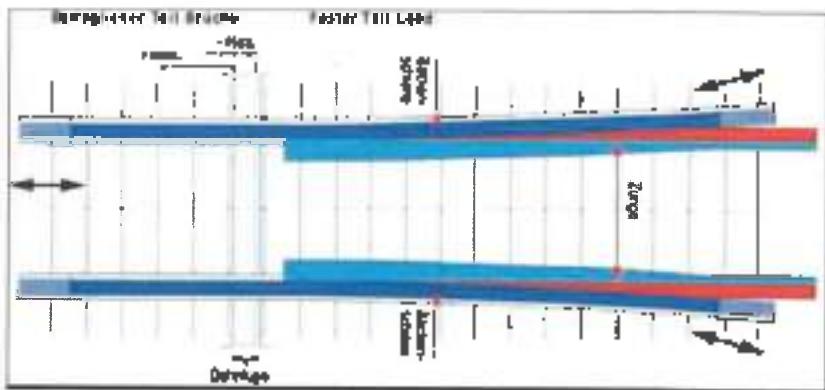
5.1. Εισαγωγή

Σύμφωνα με την ορολογία που χρησιμοποιείται από τον Οργανισμό Σιδηροδρόμων Ελλάδας (ΟΣΕ), οι άλλαγές, οι συσκευές διαστολής και οι διαστάυρώσεις αναφέρονται ως συσκευές γραμμής. Στη συνέχεια θα γίνει αναφορά στις παραπάνω διατάξεις, για να αποσαφηνιστεί ο ρόλος τους στη λειτουργία της γραμμής.

5.2. Συσκευές διαστολής (ΣΔ)

Οι συσκευές διαστολής είναι διατάξεις επί της γραμμής, οι οποίες προσομοιάζουν στην περιοχή βελόνων των άλλαγών τροχιάς. Οι διατάξεις αυτές επιτρέπουν τη σχετική κατά μήκος κίνηση των σιδηροτροχιών που προκαλείται από τη μεταβολή της θερμοκρασίας και την παρουσία δυνάμεων επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης των διερχόμενων αυτοκινήτων [4].

Οι ΣΔ συνήθως αποτελούνται από μια βελόνα που θεωρείται το κινητό τεμάχιο και μια αντιβελόνα ως σταθερό τεμάχιο. Ωστόσο, υπάρχουν και άλλης μορφής ΣΔ (γαλλικού τύπου), οι οποίες αποτελούνται από δύο μισές κατά μήκος σιδηροτροχιές. Οι δύο βασικοί έλεγχοι που γίνονται στις ΣΔ είναι ως προς το διάκενο και την πιθανότητα αποσύνδεσής τους.



Εικόνα 5.1. Συσκευές διάστολής με κινητές αντιβελόνες



Εικόνα 5.2. Συσκευή διάστολής από μισές σιδηροτροχιές (γαλλικού τύπου)

5.2.1. ΣΔ με κινητές βελόνες

Αυτού του τύπου οι ΣΔ αποτελούνται από πλήρως σταθερά συνδεδεμένες αντιβελόνες και κινητές ασύμμετρες βελόνες. Στις διάφορες θέσεις που λαμβάνουν οι βελόνες κατά τη μετακίνησή τους, δημιουργείται διαφοροποίηση του εύρους της γραμμής, μικρής όμως κλίμακας. Ο τύπος αυτός ΣΔ θεωρείται κατάλληλος και για καμπύλες ακτίνας $R \geq 350$ m. Οι ΣΔ αυτές είναι οικονομικές, κατάλληλες για τα συνηθισμένα αυστήματα συνδέσμων, κυκλοφορείται και στις δύο κατευθύνσεις χωρίς μείωση της ταχύτητας και έχουν μεγάλα αποθέματα φθοράς.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά αυτού του τύπου ΣΔ είναι:

- ♦ μήκος μετακίνησης: ± 100 έως 300 mm
- ♦ ταχύτητα: μεσαίες και υψηλές
- ♦ αξονικό φορτίο: μεσαία αξονικά/επήσια φορτίο
- ♦ απαιτήσεις: μέγιστη σταθερότητα γραμμής

5.2.2. ΣΔ από μισές σιδηροτροχιές (γαλλικό τύπου)

Αυτές οι ΣΔ κατασκευάζονται από μισές (στην κατά μήκος έννοια) σιδηροτροχιές ή από ειδικά διαμορφωμένες διατομές. Ο τύπος αυτός χρησιμοποιείται και στο τέλος μιας ΣΣΣ. Για την εξασφάλιση της κύλισης των τροχοφόρων αξόνων εντός του εύρους της γραμμής (λόγω του αναγκαίου διακένου που δημιουργείται εκ της κατασκευής), τοποθετούνται αντιτροχιές, τα λεγόμενα και κόντρα σίδερο. Οι ΣΔ αυτές παρουσιάζουν μικρό μήκος, ενώ είναι και πιο οικονομικές.

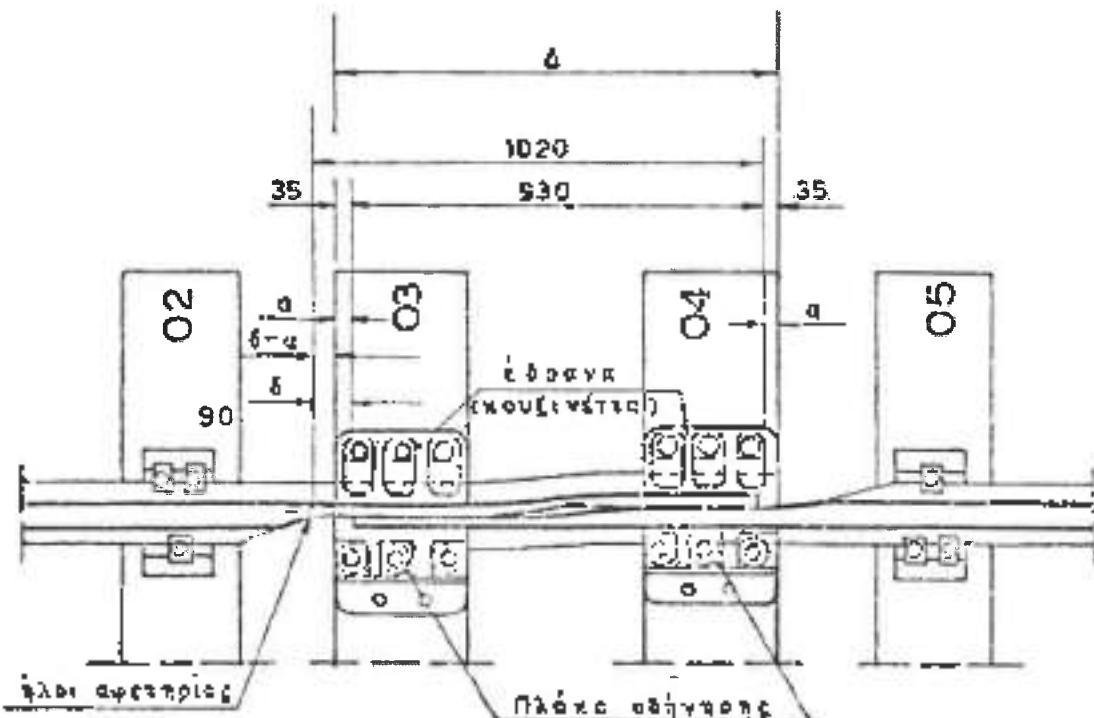
Τα τεχνικά χαρακτηριστικά αυτού του τύπου ΣΔ είναι:

- ♦ μήκος μετακίνησης: ± 50 έως 200 mm
- ♦ ταχύτητα: μικρές και μεσαίες
- ♦ αξονικό φορτίο: ελαφρά έως μεσαία αξονικά / επήσια φορτία
- ♦ απαιτήσεις: ελάχιστες ως προς τη σταθερότητα γραμμής

Η ρύθμιση των ΣΔ γαλλικού τύπου γίνεται σύμφωνα με τον ΟΣΕ με της εξής διαδικασία:

Τη σπιγμή της ρύθμισης, το διάστημα Δ, μεταξύ των δύο εξωτερικών άκρων των δύο συνόλων «έδρανο- πλάκα οδήγησης», που είναι στερεωμένα στους δύο κεντρικούς ξύλινους στρωτήρες, θα πρέπει να ικανοποιεί τη σχέση: $990 \text{ mm} \leq \Delta \leq 1010 \text{ mm}$ Το διάκενο Δ, που πρέπει να δοθεί για τη θερμοκρασία t [οC] της σιδηροτροχιάς τη σπιγμή της ρύθμισης, δίνεται από το γενικό τύπο: $\delta = 140 - 2t \leq 180 \text{ mm}$. Η απόσταση a - που είναι η απόσταση μεταξύ της εξωτερικής πλευράς κάθε συνόλου «έδρανο-πλάκα οδήγησης» και του άκρου της

πιο κοντινής βελόνας- ορίζεται ως $a = (\delta - \epsilon)/2$ με $\epsilon = 1020 - \Delta$, όπου $1020 =$ η απόσταση από τον ήλιο αφετηρίας μέχρι το άκρο της ίδιας βελόνας. Οι ανοχές για τις αποστάσεις είναι $a: \pm 15 \text{ mm}$.



Εικόνα 5.3. Διαστάσεις Σδ γαλλικού τύπου

5.3. Αλλαγές τραχιάς

Οι αλλαγές είναι μηχανισμοί που δίνουν τη δυνατότητα στους ουρμαύς να αλλάζουν κατεύθυνση χωρίς να διακόπτεται η πορεία τους. Οι αλλαγές τοποθετούνται συνήθως στην περιοχή μταθμών συνδέοντας γραμμές μεταξύ τους και ενίστε στην ανοικτή γραμμή σε οπλές ή διπλές συνδέσεις [4].

5.3.1. Στρώση αλλαγών γραμμής

Η στρώση των αλλαγών τραχιάς και διαφταυρώσεων προϋποθέτει ότι έχουν γίνει όλες οι εργασίες προσκυρόστρωσης-1ης φάσης σκυρόστρωσης, οι οποίες θα παρουσιαστούν παρακάτω. Επίσης πρέπει να έχουν εξασφαλισθεί όλα τα σημεία τους οριζοντιογραφικά και υψομετρικά και κατά τέτοιο τρόπο ώστε να μένουν εμφανή κατά την διάρκεια των εργασιών.

Η τοποθέτηση των αλλαγών γίνεται είτε με προσυναρμολόγηση των τεμαχίων σε ειδικούς εργοταξιακούς χώρους και τοποθέτηση με ανυψωτικό μηχανήματα στην υπόψη θέση, είτε με μεταφορά των προσυναρμολογημένων τεμαχίων στην θέση τοποθέτησης και τελική συναρμολόγηση (με αμφίδεση ή συγκόλληση) [4].

Η στρώση των αλλαγών και διασταυρώσεων γίνεται στους προκαθοριζόμενους φέσινες σύμφωνα με τα σχέδια οριζόντιογραφίας και μηκοτομής της Μελέτης και σύμφωνα με τους κανόνες στρώσης απλής γραμμής, καθώς και τα κατασκευαστικά σχέδια των αλλαγών και συνδέσεων κατά περίπτωση.

Για την ευκολία της διάστρωσης, αριθμούνται στο εργοστάσιο παραγωγής τα τεμάχια από τα οποία αποτελούνται οι αλλαγές, ώστε να είναι γνωστή η σειρά συναρμολόγησής τους. Αυτό πρέπει να ελέγχεται ιδιαίτερα κατά την παραλαβή τεμαχίων.

Στην περίπτωση πρόστρωσης των αλλαγών, διασταυρώσεων και συνδέσεων εκτός γραμμής, το επίπεδο πρόστρωσης θα πρέπει να είναι οριζόντιο. Η κατασκευή του επιπέδου εργασιών πρόστρωσης μπορεί να γίνει με χρήση ξύλινων τάκων ή ξύλινων στρωτήρων και σιδηροστροχιών.

Κατά την τοποθέτηση των αλλαγών ισχύουν τα εξής:

- επιτρεπόμενη κατά μήκος μετατόπιση της αλλαγής: +5 mm
- απόκλιση της ανώτατης στάθμης κύλισης της σιδηροστροχίας από την οφειλόμενη στάθμη: +2 mm
- απόκλιση βέλους κυκλικού τόξου από την οφειλόμενη μετρούμενου σε μήκος χορδής 16 m: +3 mm
- οι αρχές των διαφόρων χορδών των 10 μέτρων πρέπει να απέχουν μεταξύ τους απόσταση ίση με την απόσταση δύο διοδοχικών στρωτήρων

Στη Μελέτη της γραμμολογίας, πρέπει να προβλέπεται χώρος για τον μηχανισμό των αλλαγών (μηχανικός ή ηλεκτρομηχανικός μηχανισμός κίνησης των βέλονών). Ο χώρος αυτός διεστάσιογείται σύμφωνα με

τον τύπο των αλλαγών και την ασφάλιση του μηχανισμού (εξωτερικά ή εσωτερικά). Αλλογές τύπου $R < 1200$ m επιτρέπεται να τοποθετούνται στην τελική τους θέση σε οποιαδήποτε θερμοκρασία. Αλλογές με $R \geq 1200$ m (λόγω του μεγαλύτερου μήκους των), τοποθετούνται εντός του διαστήματος θερμοκρασίας που ορίζεται στους Κανόνισμούς του κάθε Σιδηροδρομικού Οργανισμού.

Κατό την τοποθέτηση των αλλαγών πρέπει να προβλέπεται στην αρχή και στο τέλος τους διάκενο ανάλογο με το μήκος τους σύμφωνα με τον πίνακα που ακολουθεί. Οι αλλογές μπορούν να συγκολληθούν. Πριν από την συγκόλληση των βελονών πρέπει να έχει ελεγχθεί η γωνιακή θέση των αντιβελονών και η ρύθμιση των βελονών. Τα κλείστρα πρέπει να βρίσκονται σε ορθή γωνία με τον δίξονα της γραμμής.

| Θερμοκρασία τοποθέτησης | <10°C | Από 10°C Εως 20°C | Από 20°C Εως 30°C | Από 31°C Εως 40°C | >40°C |
|-------------------------|-------|-------------------|-------------------|-------------------|-------|
| Μήκος σιδηροτροχιάς | | | | | |
| 15 m | 5 | 4 | 3 | 2 | 0 |
| 18 m | 6 | 5 | 4 | 3 | 0 |
| 30 m | 12 | 9 | 7 | 4 | 0 |
| 60 m | 15 | 10 | 5 | 3 | 0 |
| 120 m | 20 | 15 | 12 | 3 | 0 |

Πίνακας 5.1. Διάκενα σιδηροτροχιών ανάλογο με το μήκος και τη θερμοκρασία τοποθέτησης των αλλαγών



Εικόνα 5.4. Βασικά στοιχεία αλλαγής τροχιών

5.3.2. Εξασφάλιση χώρου στη θέση αλλαγής τροχιάς

Ο χώρος τοποθέτησης του μηχανισμού των αλλαγών διαστασιολογείται σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα [16], [21].

- Θέση για αριστερή τοποθέτηση του μηχανισμού (από την αρχή της αλλαγής)
- Θέση για δεξιά τοποθέτηση του μηχανισμού (από την αρχή της αλλαγής)

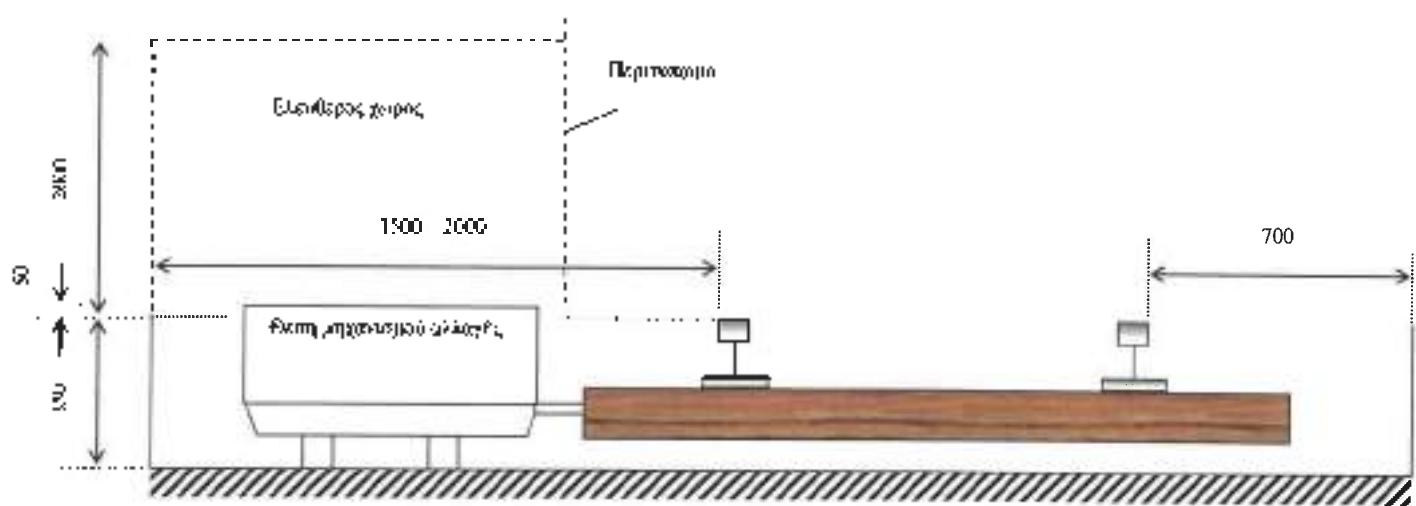
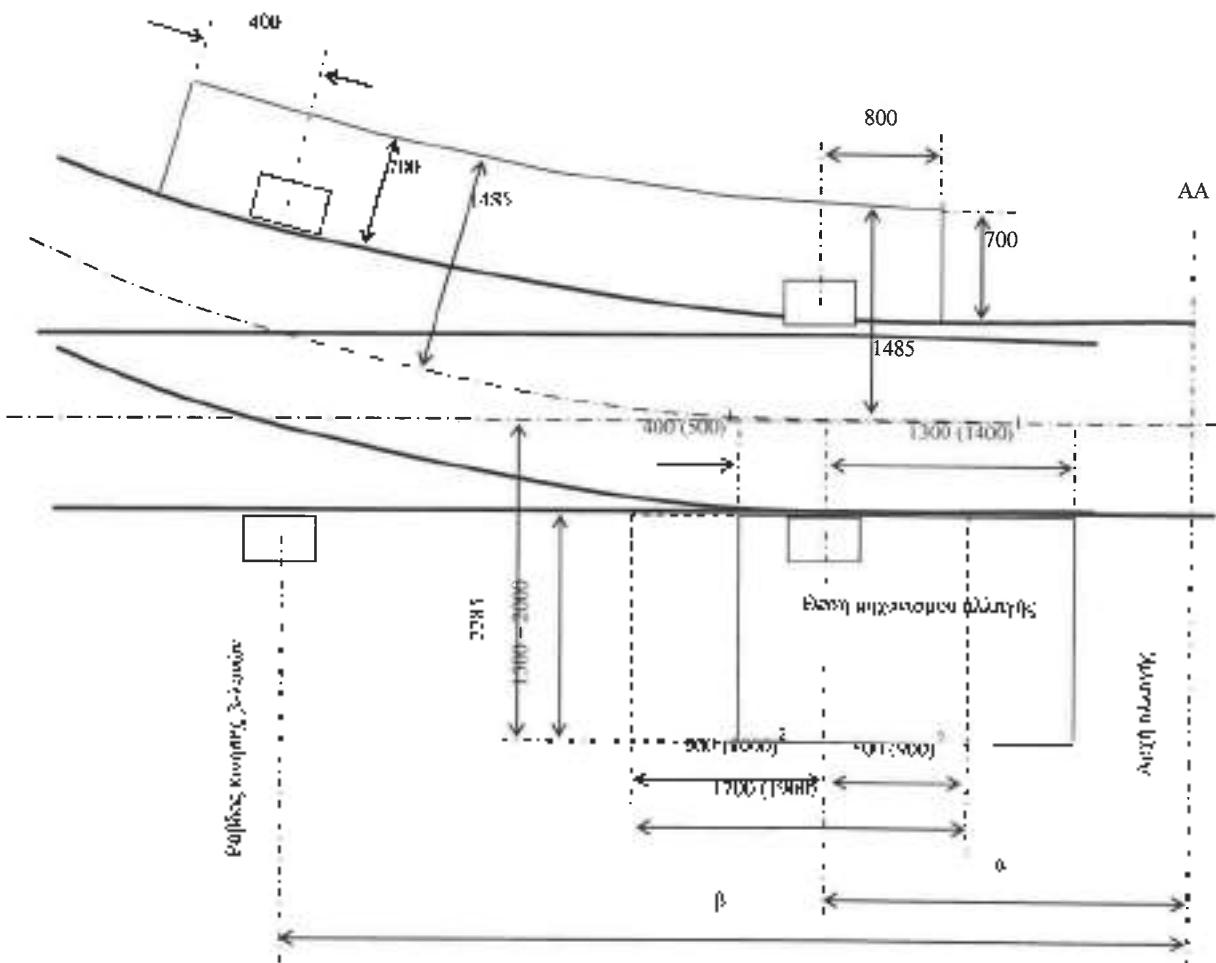
Σημείωση: Οι τιμές στις παρενθέσεις του σχήματος ισχύουν για περιπτώσεις διαστάσεων.

| Απλές αλλαγές με ακτίνα | 100 m | 140 m | 190 m | 300 m | 500 m | 760 m |
|-------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Μέγεθος α | 1285 | 1285 | 1285 | 1885 | 1885 | 1885 |
| [mm] | β | - | - | - | 6085 | 9085 |

Πίνακας 5.2. Διαστάσεις αλλαγής

| Διαστάσεις | 1:6 | 1:7 | 1:9 |
|----------------|------|------|------|
| Μέγεθος α [mm] | 5400 | 6500 | 7750 |

Πίνακας 5.3. Διαστάσεις αλλαγής σε περίπτωση διασταύρωσης



Εικόνα 5.5. Θέση μηχανισμού αλλαγής

Κεφάλαιο 6

6. Εύρος σιδηροδρομικής γραμμής

6.1. Οριομός εύρους σιδηροδρομικής γραμμής

Ως εύρος σιδηροδρομικής γραμμής (2θ) καλείται η κάθετη απόσταση μεταξύ των εσωτερικών παρειών των κεφαλών των δύο σιδηροτροχιών. Η απόσταση αυτή μετριέται σε μία στάθμη 14-16 mm κάτω από το επίπεδο κύλισης, δηλαδή κάτω από την δύνα στάθμη κεφαλής σιδηροτροχιάς. Το εύρος των σιδηροδρομικών γραμμών δεν είναι το ίδιο σε όλες τις χώρες και σε μερικές μάλιστα διαφέρει από περιοχή σε περιοχή.

Το κανονικό εύρος το οποίο χρησιμοποιείται σε ευθυγραμμίες και καμπύλες με μεγάλη ακτίνα είναι 1435 mm.

6.2. Διαπλάτυνση εύρους

Συμφώνα με τις Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Περιγραφές (ΠΕΤΕΠ), το εύρος των 1435 mm αυξάνεται στην περίπτωση των καμπυλών με μικρή ακτίνα, για τις οποίες προβλέπονται διαπλατύνσεις, κατά περίπτωση ως εξής [9]:

- ♦ Σε γραμμή με ξύλινους ή μεταλλικούς στρωτήρες, σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα 7.1.

| Ακτίνα καμπύλης (m) | Διαπλάτυνση (mm) | Εύρος γραμμής (mm) |
|--|---------------------|-----------------------|
| Ευθυγραμμία και καμπύλη με ακτίνα: R≥400 | 0 | 1435 |
| 400 > R ≥ 350 | 5 | 1440 |
| 350 > R ≥ 300 | 10 | 1445 |
| 300 > R ≥ 250 | 15 | 1450 |
| 250 > R | 20 | 1455 |

Πίνακας 6.1. Διαπλάτυνση σε γραμμή με ξύλινους ή μεταλλικούς στρωτήρες

Σε γραμμή με διμερείς εξ οπλισμένου σκυροδέματος στρωτήρες, σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα 6.2.

| Ακτίνα καμπύλης (m) | Διαπλάτυνση (mm) | Εύρος γραμμής (mm) |
|---|---------------------|-----------------------|
| Ευθυγραμμία και καμπύλη με ακτίνα: $R \geq 600$ | 0 | 1435 |
| Καμπύλη με ακτίνα: $300 \leq R < 600$ | 5 | 1440 |

Πίνακας 6.2. Διαπλάτυνση σε γραμμή με διμερείς εξ οπλισμένου σκυροδέματος στρωτήρες.

- Σε γραμμή με ολόσωμους στρωτήρες από προεντεταμένο σκυρόδεμα, σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα 7.3.

| Ακτίνα καμπύλης (m) | Διαπλάτυνση (mm) | Εύρος γραμμής (mm) |
|---|---------------------|-----------------------|
| Ευθυγραμμία και καμπύλη με ακτίνα: $R \geq 400$ | 0 | 1435 |
| $400 > R \geq 300$ | 5 | 1440 |
| $300 > R \geq 250$ | 10 | 1445 |

Πίνακας 6.3. Διαπλάτυνση σε γραμμή με ολόσωμους στρωτήρες από προεντεταμένο σκυρόδεμα.

Οι τιμές των πινάκων 6.1, 6.2 και 6.3, δεν ισχύουν στις αλλαγές τροχιάς, για τις οποίες οι διαπλατύνσεις καθορίζονται στα σχέδιά τους. Η διαπλάτυνση διαμορφώνεται στην καμπύλη συναρμογής, με μετατόπιση της εσωτερικής σιδηροτροχιάς προς το εσωτερικό της καμπύλης.

Η μετάβαση από το κανονικό εύρος στο αυξημένο, που ορίζουν οι παροπόνω πίνακες για τις καμπύλες γίνεται κλιμακωτά, με τρόπο που καθορίζεται επίσης από τις Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (ΠΕΤΕΠ). Τα αντίστοιχα απόσπασμα, παρουσιάζεται στο Παράρτημα 2 [16].

6.3. Κατάταξη σιδηροδρομικών γραμμών με βάση το εύρος τους

I) Κανονικές γραμμές ή γραμμές κανονικού εύρους.

Στην κατηγορία αυτή συναντάμε δύο εύρη:

- Το εύρος των 1.435 mm (4 πόδια και 4 ίντσες), που καθιερώθηκε από τον Stephenson (1781-1848), ο οποίος κατασκεύασε την πρώτη ατμόμαξα. Επειδή την εποχή εκείνη οι περισσότερες χώρες προμηθεύονταν τις ατμομηχανές από την Αγγλία, επεκράτησε από τότε, στα περισσότερα κράτη, η απόσταση αυτή. Σήμερα περίπου το 62% του συνολικού μήκους των σιδηροδρομικών γραμμών σε όλο τον κόσμο έχει το εύρος αυτό.
- Το εύρος των 1.448 mm, που χρησιμοποιείται στη Β. Αμερική.

ii) Ευρείες γραμμές ή γραμμές μενάλου εύρους.

Στην κατηγορία αυτή συναντούμε 5 διαφορετικά εύρη: 1.524 mm, 1.600 mm, 1.665 mm, 1.667 mm και 1.676 mm.

iii) Μετρικές γραμμές ή γραμμές μετρικού εύρους.

Στην κατηγορία αυτή συναντούμε 2 διαφορετικά εύρη: 1.000 mm και 1.067 mm.

iv) Στενές γραμμές ή γραμμές στενού εύρους.

Στην κατηγορία αυτή συναντούμε εύρη από 600 mm μέχρι 900 mm. Οι γραμμές αυτές χρησιμοποιούνται για την εξυπηρέτηση βιομηχανιών και εργοστασίων.

6.4. Πλεονεκτήματα κανονικού εύρους

Το κανονικό εύρος γραμμής, όπως αναφέρθηκε χρησιμοποιείται στην πλειονότητα των Σιδηροδρομικών Δικτύων του κόσμου [3]. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει και το καθιέρωσαν είναι τα εξής:

- Βελτιώνει την ευστάθεια των οχημάτων στις ευθυγραμμίες και κατά συνέπεια επιτρέπει την ανάπτυξη υψηλότερων ταχυτήτων.
- Επιτρέπει καλύτερη εγγραφή των φορείων στις καμπύλες.
- Επιτρέπει την κατασκευή πλατύτερων οχημάτων και εποιημένως παρέχει τη δυνατότητα μεταφοράς μεγαλύτερων φορτίων αλλά και ανετότερης διαρρύθμισης των εσωτερικών χώρων.

6.5. Μειονεκτήματα κανονικού εύρους

Το βασικό μειονέκτημα του κανονικού εύρους γραμμής είναι ότι αυξάνει σημαντικά το κόστος κατασκευής της γραμμής.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η κατασκευή μιας μετρικής γραμμής εκπιμόται ότι είναι κατά 30% οικονομικότερη από την κατασκευή μιας γραμμής κανονικού εύρους.

6.6. Ενοποίηση εύρους

Οι σημερινές τάσεις στον τομέα των σιδηροδρομικών μεταφορών αποβλέπουν:

- ♦ στην αύξηση των εμπορικών ταχυτήτων των συρμάν,
- ♦ στην μαζικοποίηση των μεταφορών και κυρίως
- ♦ στην απελευθέρωση των σιδηροδρομικών μετοκινήσεων και κατά συνέπεια στην ενοποίηση των δικτύων των γειτονικών κρατών.

Υπό τις συνθήκες αυτές, το κανονικό εύρος γραμμής (1.435 mm), ως το πλέον διαδεδομένο αλλά και ως συγκριτικό μεγάλο, υπερτερεί και φαίνεται ότι θα καθιερωθεί μελλοντικό στα περισσότερα κράτη. Ήδη χώρες με διαφορετικό εύρη γραμμής (Ισπανία, Ελλάδα, Ταϊλάνδη, κλπ.) έχουν αρχίσει ή σχεδιάζουν την αντικατάσταση των γραμμών τους με γραμμές κανονικού εύρους.

Ανεξάρτητα με την κατηγορία της γραμμής, η απόσταση μεταξύ των σιδηροτραχιών παραμένει σταθερή σε όλο το μήκος του δικτύου εκτός από τα καμπύλα τμήματα της οριζοντιογραφίας με μικρές ακτίνες κάμψης λόγως ($R_c < 400-600$ m), όπου το εύρος της γραμμής αυξάνεται μέχρι και 35 mm (διαπλάτυνση) [16].

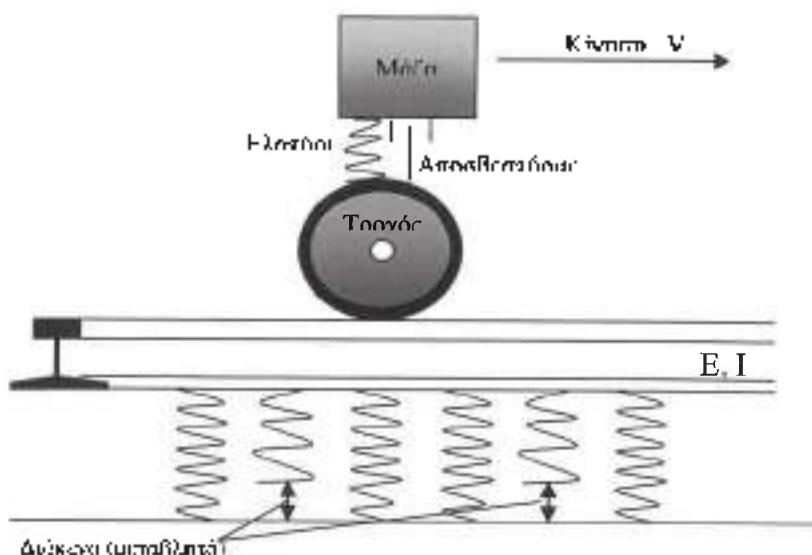
Κεφάλαιο 7

7. Θεωρητικό υπόβαθρο σύστημα Επιδομή-Επιδομής

7.1. Εισαγωγή

Για την επιδομή είναι πρακτικό αδύνατο να περιγραφεί με ένα ρεαλιστικό μαθηματικό μοντέλο, το οποίο να περιλαμβάνει όλες τις παραμέτρους από τις οποίες αποτελούνται οι παραπάνω συνιστώσες της. Για το λόγο αυτό, οι συνήθεις υπολογισμοί που γίνονται σήμερα, βασίζονται σε προσεγγιστικές θεωρίες, με τις οποίες γίνεται μια διερεύνηση των σημαντικότερων παραμέτρων της. Παρά το προσεγγιστικό χαρακτήρα των μοντέλων, δίνεται μια πολύ καλή εκτίμηση των τιμών που μετρήθηκαν στην πράξη και φαίνεται πως οι απλοποιήσεις των υπολογισμών δεν έχουν σημαντική επίδραση στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων.

Η θεώρηση που γίνεται για το στατικό σύστημα της επιδομής είναι ότι πρόκειται για μια συνεχή δοκό (σιδηροτροχιά), η οποία εδράζεται επί ελαστικών στηρίξεων. Το μοντέλο της παραπάνω θεώρησης παρουσιάζεται στο σχήμα 1.1. [3]



Σχήμα 7.1. Μοντέλο υπολογισμού επιδομής (πραγματική κατάσταση)

Η επιμέρους ελαστική παραμόρφωση κατανέμεται διαφορετικά ανάλογο με την ποιότητα του έρματος και του υπεδάφους, καθώς και με την ταχύτητα μελέτης. Σε υψηλές ταχύτητες το έρμα αναλαμβάνει περισσότερο από το 70% της ελαστικής παραμόρφωσης. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η ελαστική παραμόρφωση εξαρτάται από τις εδαφικές συνθήκες που αναλύθηκαν σε προηγούμενο κεφάλαιο και από την κατάσταση του έρματος, για το οποίο θα γίνει εκτενής αναφορά σε επόμενα κεφάλαια. Σε γενικές γραμμές, έχει παρατηρηθεί ότι με την πάροδο του χρόνου, μπορεί να σχηματισθούν κάτω από μεμονωμένους στρωτήρες κενά μέχρι και 2mm. Το γεγονός αυτό σημαίνει πως η έδραση των στρωτήρων στις θέσεις αυτές είναι ανύπαρκτη, με συνέπεια την μεγαλύτερη βύθιση του στρωτήρα κατά τη διέλευση του φορτίου.

7.2. Διάρκεια ζωής της επιδομής

Η βέλτιστη διάρκεια ζωής της σιδηροδρομικής επιδομής είναι 50 χρόνια. Η υλοποίησή της αφ' ενός απαιτεί μεγάλα ποσά για να προγματοποιηθεί, αφ' ετέρου όποιαδήποτε μετέπειτα επέμβαση στη χάραξη και στα γεωμετρικά της χαρακτηριστικά είναι δύσκολη και αντισικνομική. Γι' αυτό και μια τέτοιου είδους επένδυση πρέπει πάντοτε να εξετάζεται μακροπρόθεσμα και ειδικότερα πρέπει να προβλέπονται ποιες μέγιστες ταχύτητες θα αναπτυχθούν και ποια φορτία κατ' άξονα θα κυκλοφορήσουν στις επόμενες δεκαετίες [3], [9].

Η σιδηροδρομική γραμμή πρέπει να εξασφαλίζει:

- διονομή των φορτίων στην έσχάρα (σιδηροτροχιές και στρωτήρες),
- αντοχή στα σταπιά και δυναμικά φορτία
- ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων στις ευθυγραμμίες και στις καμπύλες
- δυναμική άνεση των επιβατών

- ασφάλεια κυκλοφορίας
- μικρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις
- μεγάλη διάρκεια ζωής με μικρό σχετικά κόστος συντήρησης.

7.3. Η επιδρομή ως φορέας

Η επιδρομή έχει ορισμένες ιδιαιτερότητες ως φορέας, οι οποίες πηγάζουν κυρίως από τις πολύπλοκες συνθήκες της άμεσης επίδρασης του τροχαίου υλικού και από την πολυπλοκότητα και δυσκολία στους υπολογισμούς, που δικαιολογείται από την θεώρηση ότι αποτελεί φορέα επι απειρων ελαστικών στηρίξεων [3].

Οι ιδιαιτερότητες της είναι οι εξής:

- Η μάζα του φορτίου είναι πολύ μεγάλη σε σχέση με τη μάζα του φορέα
- Η διασπορά των δυναμικών δυνάμεων είναι πολύ μεγάλη, λόγω των στελειών στη γεωμετρία της γραμμής και στους θέσηνες των οχημάτων
- Η σιδηροτροχιά είναι επίπεδο κύλισης και συγχρόνως φορέας. Το γεγονός αυτό σημαίνει πως εκτός από την εξασφάλιση μιας άψογης από γεωμετρικής πλευράς επιφάνειας κύλισης, η σιδηροτροχιά αναλαμβάνει και τη συνολική καθοδήγηση των οχημάτων
- Η στρώση έδρασης και το υπέδαφος, τα οποία λαμβάνονται υπόψη για την εκτίμηση των ελαστικών έδρασεων, εξαρτώνται από παραμέτρους που μεταβάλλουν τις τιμές τους σε σχετικά μικρές αποστάσεις. Για το λόγο αυτό, επιλέγεται να λαμβάνονται οι μέσες τιμές των παραπόνω παραμέτρων που τα χαρακτηρίζουν.

- Οι υπολογισμοί γίνονται ακόμη πολυπλοκότεροι και δύσκολοι όταν λαμβάνεται υπόψη η συμπεριφορά των στρωτήρων, οι οποίοι μπορεί να περιστραφούν εντάς του υποκείμενου έρματος υπό τη επίδραση δυνάμεων και να μετοτοπισθούν οριζόντια μετά από υπερνίκηση των εγκάρσιων αντιστάσεων.

7.4. Δυνάμεις επί της επιδομής

Στην επιδομή παρουσιάζονται δυο κατηγορίες δυνάμεων, οι οποίες και επηρεάζουν την κατανομή των δυνάμεων-φορτίων στην υποκείμενη υποδομή. Οι δυνάμεις αυτές διακρίνονται σε εσωτερικές και οι εξωτερικές.

Οι εσωτερικές δυνάμεις προέρχονται κυρίως από τις μεταβολές της θερμοκρασίας ή από τις ίδιες τάσεις και ως ένα βαθμό μπορούν να προβλεφθούν. Για το λόγο αυτό τοποθετείται η σιδηροτροχιά με το κατάλληλο διάκενο, που θα εξασφαλίσει την ανεκτικότητα της επιδομής στις μεταβολές αυτές.

Οι εξωτερικές δυνάμεις προέρχονται από δύο παραμέτρους, από το όχημα και από τη γραμμή. Οι παράγοντες του οχήματος που επιδρούν στην κατανομή των δυνάμεων στην επιδομή είναι το φορτίο ανά άξονα, η απόσταση των αξόνων, η ανάρτηση, η ταχύτητα, η διάμετρος τροχού, η επιφάνεια επισώτρου και οι δυνάμεις κατά την επιτάχυνση και την επιβράδυνση. Αντίστοιχα, οι παράγοντες της γραμμής που έχουν επίδραση στον τρόπο κατανομής των δυνάμεων, είναι η ροπή αδράνειας της σιδηροτροχιάς, ο τύπος σύνδεσης της σιδηροτροχιάς, η απόσταση μεταξύ των στρωτήρων, το έρμα, η υποδομή, η ακτίνα οριζοντιογραφικής καμπύλης, η υπερύψωση, οι αρμοί και οι αποκλίσεις από τη γεωμετρία στρώσης.

Όλες οι δυνάμεις που είτε δρουν επί της επιδομής (εξωτερικές) είτε προκαλούνται από θερμοκρασιακές μεταβολές είτε από ίδιες τάσεις στη σιδηροτροχιά, κατατάσσονται σε κατηγορίες, αναλόγως με την κοτεύθυνση δράσης τους.

Έτσι, μια άλλη κατηγοριοποίηση των δρώντων δυνάμεων είναι σε οριζόντιες, κατακόρυφες και εγκάρσιες δυνάμεις.

Οι οριζόντιες δυνάμεις μπορεί να είναι είτε εσωτερικές είτε εξωτερικές. Οι κυρίες εσωτερικές δυνάμεις προκαλούνται από την εμποδιζόμενη μεταβολή του μήκους της σιδηροτροχιάς που προέρχεται από θερμοκρασιακές μεταβολές, από δυνάμεις όδευσης σιδηροτροχιών, από δυνάμεις από ίδιες τάσεις της σιδηροτροχιάς και από τάσεις στις θέσεις συγκαλλήσεων. Αντίστοιχα, οι εξωτερικές οριζόντιες τάσεις είναι κυρίως αποτέλεσμα της επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης του συρμού. Οι οριζόντιες δυνάμεις, σε γενικές γραμμές, υπολογίζονται θεωρητικά πολύ δυσκολότερα, διότι οι ροπές ποκτώσεως μεταξύ τραχού-στρωτήρο, φπως και η τριβή στρωτήρα-έρματος δεν ακολουθούν τους νόμους της ελαστικότητας και διότι η τροχιά υπόκειται σε δευτερεύουσες τάσεις στρέψεως, οφειλόμενες στην εκκεντρότητα του σημείου εφαρμογής των δυνάμεων.

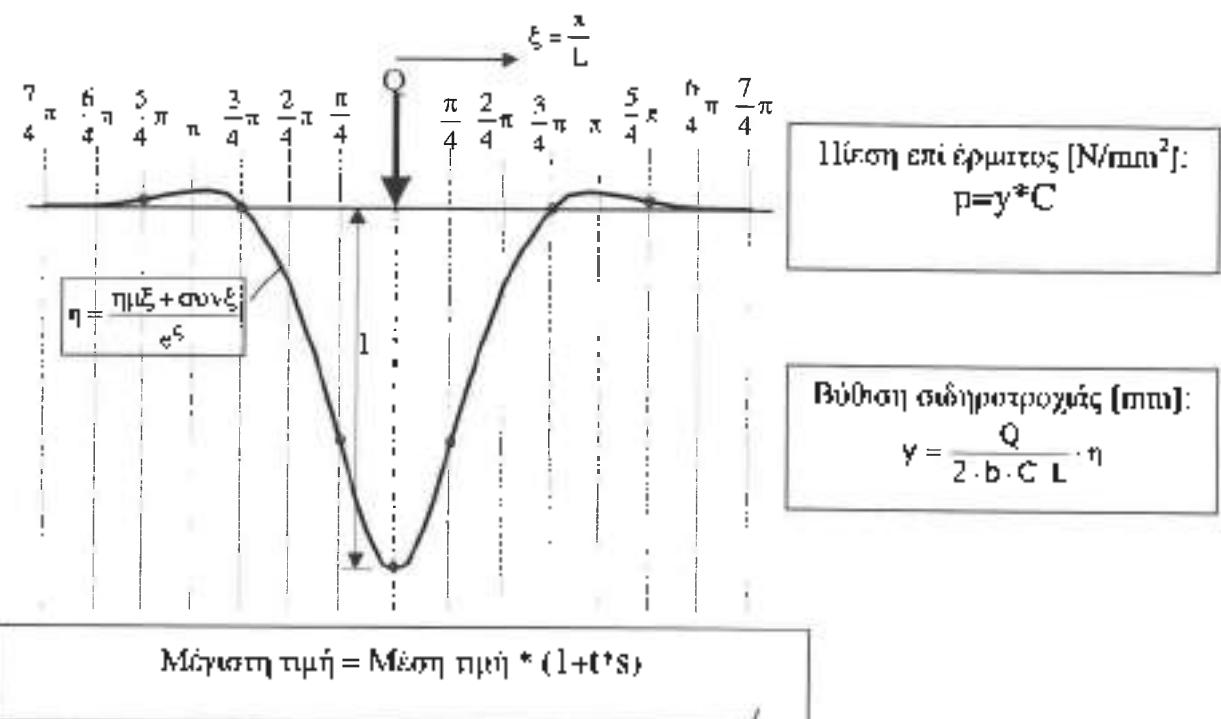
Οι κατακόρυφες δυνάμεις της επιδομής είναι κυρίως εξωτερικές δυνάμεις και μεταδίδονται επί της σιδηροτροχιάς με τη μορφή δυνάμεων του τραχού, ενώ υπολογίζονται με επαρκή ακρίβεια από τη συνολική μάζα του οχήματος.

Τέλος, ως εγκάρσιες δυνάμεις της επιδομής θεωρούμε τις δυνάμεις καθοδήγησης, που είναι εξωτερικές δυνάμεις. Οι δυνάμεις αυτές είναι αποτέλεσμα της κύλισης των οχημάτων, που δρουν επί των σιδηροτροχιών και αναλύονται σε οριζόντια και κάθετη συνιστώσα, ενώ μια πλάγια δύναμη που δρα στην κεφαλή της σιδηροτροχιάς αναλύεται σε κατακόρυφη δύναμη, ροπή στρέψης και δύναμη καθοδήγησης.

7.5. Καταπόνηση Έρματος

Η καταπόνηση του έρματος πρέπει να περιορίζεται στην ελάχιστη δυνατή, αφού υπερβολική καταπόνηση του, θα έχει ως αποτέλεσμα τη φθορά-θραύση του έρματος, μείωση της σταθερότητας της εσχάρας και δημιουργία αισθήματος ανασφάλειας στους επιβάτες, λόγω αύξησης των αναταράξεων.

Καθοριστικός παράγοντας για την καταπόνηση της εσχάρας είναι η πίεση ρ που ασκείται από τον στρωτήρα στη διεπιφάνεια μεταξύ στρωτήρα και έρματος. Ο υπολογισμός της πίεσης ρ γίνεται με τη γραμμή επιρροής για τη βύθιση, βασισμένη στη μέθοδο Zimmertappo της γραμμής επιρροής για την βύθιση κάτω από το φορτίο Q του τροχού. Ο υπολογισμός συμφωνεί με την μέση τιμή της πίεσης ρ η οποία πρακτύπτει από πολυπληθείς μετρήσεις in situ. Εξ αιτίας της μη ομοιόμορφης έδρασης των στρωτήρων επί της στρώσης έρματος, της μη ομοιόμορφης συμπύκνωσης του έρματος και της υπόβασης κοθώς και τις ατέλειες στις επιφάνειες κύλισης των τροχών και σιδηροτροχιών, υφίσταται διασπορά των τιμών ως προς την μέση τιμή. Συνεπώς καθοριστική δεν είναι η μέση τιμή αλλά η μέγιστη, η οποία δύναται να υπολογισθεί στατιστικά από την μέση τιμή γνωρίζοντας την τυπική απόκλιση και τον συντελεστή μεταβλητότητας για δεδομένη στατιστική ασφάλεια [3] (Παράρτημα2).



Σχήμα 7.2. Γραμμή επιφορής για την κάμψη σιδηροτροχιάς

7.6. Καταπόνηση Υπόβασης

Η καταπόνηση των προστατευτικών στρώσεων και των υπολοίπων στρώσεων της υπόβασης μπορούν να υπολογισθούν, σύμφωνα με τους Heukelom, Klompp, με μεγάλη προσέγγιση από την εμπειρική σχέση:

$$\text{κπ } \sigma_2 = \frac{0,006 \cdot E_{\text{dyn},u}}{1 + 0,7 \cdot \log n}$$

Όπου:

- $E_{\text{dyn},u}$: δυναμικό μέτρο ελαστικότητας της προστατευτικής στρώσης
ή/και της υπόβασης (ισχύουν οι τιμές E_{dyn} , u του πίνακα 8.1)
- n πλήθος φορτίσεων κατά την κρίσιμη περίοδο π.χ. περίοδος βροχών για ευαισθητά στα νερό εδάφη.

Η παραμόρφωση της υπόβασης καθώς και της προστατευτικής στρώσης περιγράφεται με το μέτρο παραμόρφωσης E_{vz} το οποίο προκύπτει από την δεύτερη φόρτιση της δοκιμής πλάκας φόρτισης. Το μέτρο παραμόρφωσης E_{vz} δίνει την φέρουσα ικανότητα της ΠΣ και της στρώσης Διαμόρφωσης (ΣΔ).

Στον πίνακα 7.1 αναγράφονται οι επιτρεπόμενες τιμές τάσεων για 10^6 και 10^7 φορτίσεις (η διέλευση ενός φορείου θεωρείται ως μία φόρτιση).

| Υπόβαση | $E_{dyn,uu} - E_{vz}$ [N/mm ²] | C [N/mm ²] | επος [N/mm ²] | |
|-------------|---|---------------------------|---------------------------|-------------------|
| | | | n=10 ⁶ | n=10 ⁷ |
| πολύ μαλακή | 10 | 0,03 | 0,012 | 0,01 |
| | 20 | 0,04 | 0,023 | 0,02 |
| μεσαία | 50 | 0,07 | 0,058 | 0,051 |
| | 80 | 0,09 | 0,092 | 0,081 |
| ανθεκτική | 100 | 0,11 | 0,115 | 0,102 |

Πίνακας 7.1. Επιτρεπόμενες τάσεις προστατευτικών στρώσεων και υπόβασης σε σχέση με το μέτρο ελαστικότητας, τον ΔΑΕ και το πλήθος των φορτίσεων

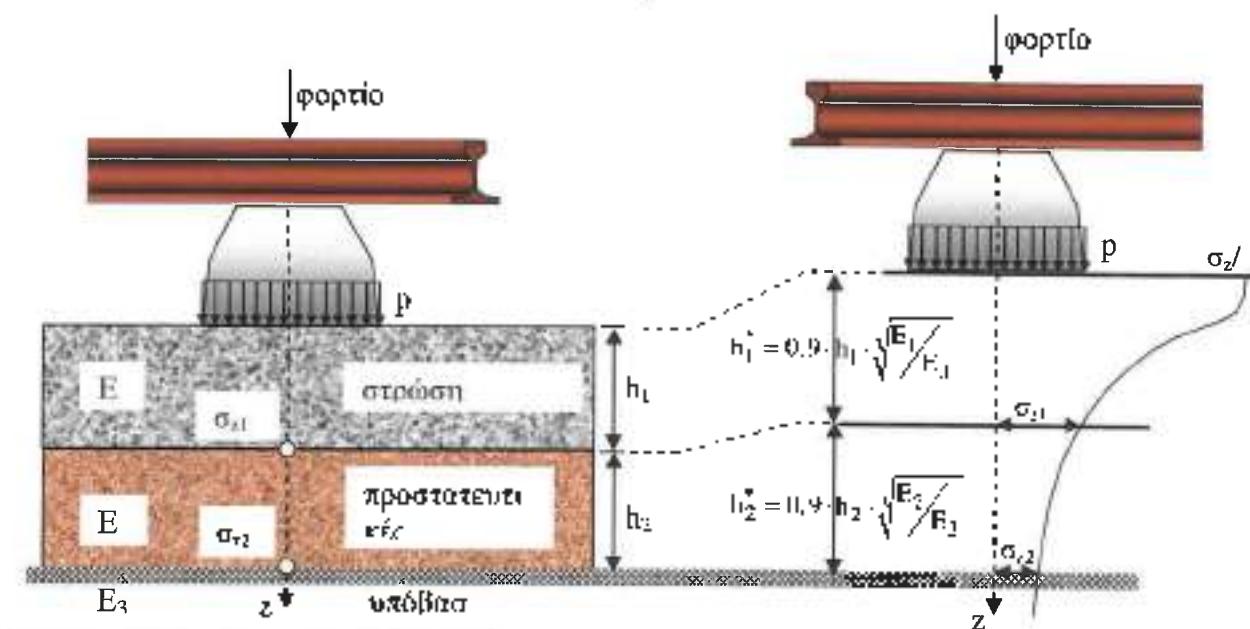
Από τα παραπάνω προκύπτει ότι για μέτρο παραμόρφωσης E_{vz} μικρότερο των 100 N/mm^2 , μπορεί να προκύψουν συνθήκες που να οδηγήσουν σε θραύση του εδάφους, με αποτέλεσμα την διείσδυση εδαφικών κόκκων στην στρώση έρματος. Συνεπώς στην περίπτωση αυτή απαιτείται ΠΣ με την οποία εξασφαλίζεται η ομαλή μετάβαση των τάσεων στην υπόβαση. Παρά ταύτα η διερεύνηση γίνεται για επιδόμη χωρίς και με προστατευτική στρώση.

Ο υπολογισμός των κατακόρυφων τάσεων σ_z γίνεται με τη μέθοδο Boussinesq, με τις εξής παραδοχές:

- Μέτρο ελαστικότητας στρώσης έρματος: $E_1 = 150 \text{ N/mm}^2$
- Μέτρο ελαστικότητας προστατευτικής στρώσης: $E_2 = 150 \text{ N/mm}^2$
- Μέτρο ελαστικότητας υπόβασης (έδαφος): $E_u = 150 \text{ N/mm}^2$

Σύμφωνα με τη μέθοδο Odemark γίνεται μετατροπή του συστήματος περισσοτέρων διαφορετικών στρώσεων σε ένα ισοδύναμο ημίχωρο. Το πάχος της ισοδύναμης στρώσης, δίνεται από τη σχέση:

$$h_{i,i+1}^* = 0,9 \cdot h_{i,i+1} \cdot \sqrt{\frac{E_{i,i+1}}{E_u}} \text{ [mm]}$$

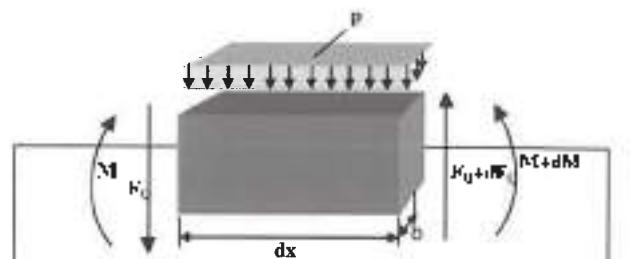


$$dF_Q = b \cdot p \cdot dx$$

$$dM = F_Q \cdot dx$$

$$\frac{dF_Q}{dx} = b \cdot p$$

$$M = F_Q \cdot x$$



Διαφορική εξίσωσης
ελαστικής γραμμής

$$\frac{d^3}{dx^3} \cdot \frac{F_Q}{EI} = -\frac{b \cdot p \cdot x}{E \cdot I}$$

$$\frac{d^4 y}{dx^4} = -\frac{b \cdot p}{E \cdot I}$$

$$\frac{d^4 y}{dx^4} = -\frac{b \cdot C \cdot y}{E \cdot I}$$

$$r^{IV} + \frac{b \cdot C}{E \cdot I} y = 0$$

$$\frac{L^4}{4} \cdot y^{IV} + y = 0$$

με

$$\frac{L^4}{4} = \frac{E \cdot I}{b \cdot C}$$

$$L = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E \cdot I}{b \cdot C}}$$

με

$$\frac{x}{L} = \xi$$

$$\frac{d^4 y}{d\xi^4} = 4y$$

7.7. Φέρουσα ικανότητα επιδομής

Η φέρουσα ικανότητα της επιδομής εξαρτάται από την επιτρεπόμενη καταπόνηση κάθε στοιχείου της και από τον τρόπο μετάδοσης της δύναμης από το ένα στοιχείο της επιδομής στο άλλο.

Έτοι, είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη οι εξής παράμετροι:

- ♦ Η φέρουσα ικανότητα των σιδηροτροχιών
- ♦ Η καταπόνηση της σιδηροτροχιάς
- ♦ Η μετάδοση των οριζοντίων δυνάμεων και
- ♦ Η κατανομή της πίεσης μεταξύ σιδηροτροχιών, στρωτήρων, στρώσης έρματος και υπεδάφους.

Η φέρουσα ικανότητα των σιδηροτροχιών θα αναπτυχθεί στο αντίστοιχο κεφάλαιο. Ωστόσο, να αναφερθεί εδώ, ότι η φέρουσα ικανότητα των σιδηροτροχιών επηρεάζει τη φέρουσα ικανότητα της επιδομής, σε σχέση με την κατακόρυφη και οριζόντια φόρτιση που μεταδίδει και ανάλογα την καταπόνηση που προκαλείται στη σιδηροτροχιά στη θέση επαφής της με τον τροχό.

Για την πλήρη κατανόηση της λειτουργίας της επιδομής, είναι απαραίτητη η πλήρης παρουσίαση και περιγραφή των υλικών που την αποτελούν.

Κεφάλαιο 8

8. Μεταφορά των υλικών

8.1. Φόρτωση και εκφόρτωση υλικών επιδομής

Οι εργασίες φόρτωσης και εκφόρτωσης γίνονται με κατάλληλα ανυψωτικά μηχανήματα, τα οποία οφείλουν να επιλέγονται με προτεραιότητα την εξασφάλιση της ασφαλείας των εργαζομένων, των μεταφερόμενων υλικών επιδομής και των οποιωνδήποτε εγκαταστάσεων. Τα μηχανήματα που επιλέγονται πρέπει να είναι πιστοποιημένα και να έχουν τις σπαραίτητες θδειες από τους αρμόδιους φορείς και υπηρεσίες [16].

Τα συνήθη μηχανήματα φορτοεκφόρτωσης είναι:

- γερανοί (οδικά οχήματα)
- σιδηροδρομικός γερανός
- ◆ γερανοδραιζίνα (σιδηροδρομικό όχημα)
- ◆ ειδικά μεταφορικά οχήματα

Τα παραπάνω επιλέγονται κατά περίπτωση και αναλόγως το μεταφερόμενο υλικό. Στη συνέχεια γίνεται αναλυτική παρουσίαση των μηχανημάτων που επιλέγονται σε κάθε περίπτωση.

8.1.1. Φόρτωση και εκφόρτωση σιδηροτροχιών

Η φορτοεκφόρτωση σιδηροτροχιών είναι μια εργασία, κατά την οποία απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή, προκειμένου να μην υποστούν οι σιδηροτροχιές οποιαδήποτε ζημιά. Για το λόγο αυτό συνιστάται η αποφυγή χρησιμοποίησης ταύπας ως μηχάνημα φορτοεκφόρτωσής τους. Αντίθετα, συνιστάνται μηχανήματα, τα οποία φέρουν ειδικούς μηχανισμούς ανύψωσης και τα οποία, όπως θα αναφερθεί στη συνέχεια, συχνά χρησιμοποιούνται και για τη μεταφορά τους.



Εικόνα 8.1. Μηχάνημα φορτοεκφόρτωσης σιδηροτροχιών

8.1.2. Φόρτωση και εκφόρτωση στρωτήρων

Για τη φόρτωση και εκφόρτωση των στρωτήρων χρησιμοποιούνται ειδικά οχήματα-πλατφόρμες, σε συνδυασμό με ανυψωτικά μηχανήματα. Συνήθως πρόκειται για σιδηροδρομικά οχήματα, χωρίς να αποκλείονται και τα οδικά. Η εκφόρτωση γίνεται με τη βοήθεια ειδικών γερανών Portal και με γερανούς που διαθέτουν αρπάγες, οι οποίοι παρουσιάζουν το πλεονέκτημα ότι επιτρέπουν την τοποθέτηση των στρωτήρων στην προβλεπόμενη θέση τους.

Στην περίπτωση των στρωτήρων από προεντεταμένο σκυρόδεμα απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή κατά την φόρτωση και εκφόρτωση, καθώς οι στρωτήρες φέρουν το υλικό των συνδέσμων στερέωσης των σιδηροτροχιών και τα ελαστικά πέλματα (υποθέματα).

8.1.3. Φόρτωση και εκφόρτωση εσχαρών

Η φόρτωση ολόκληρων εσχαρών αφορά κυρίως την περίπτωση αποξήλωσης ήδη υπάρχουσας γραμμής. Στην περίπτωση αυτή η φορτοεκφόρτωση γίνεται συνήθως με σιδηροδρομικά οχήματα-πλατφόρμες μεταφοράς, το μήκος των οποίων καθορίζει και το μήκος στο οποίο κόβονται οι εσχάρες.



Εικόνα 8.2 και 8.3. Φόρτωση και εκφόρτωση εσχημάτων

8.1.4. Φόρτωση και εκφόρτωση αλλογών τροχιάς

Στην περίπτωση αυτή, η φορτοεκφόρτωση των τεμαχίων των αλλογών τροχιάς μεταφέρονται συναρμολογημένα, ως πάνελ. Η ανάρτηση των τεμαχίων πρέπει να γίνεται σε πολλαπλό σημείο και κυρίως από τα άκρα στρωτήρων, για να εξασφαλίζεται μεφαλύτερη στοθερότητα.

8.1.5. Φόρτωση και εκφόρτωση σκύρου

Η φορτοεκφόρτωση σκύρου δεν χαρακτηρίζεται από κάποια ιδιαιτερότητα. Η διαδικασία είναι ίδια με έκείνη της φορτοεκφόρτωσης των υπολοίπων εδαφικών υλικών και γίνεται με τσάπες και άλλα χωματουργικά μηχανήματα.



Εικόνα 8.4 και 8.5. Φορτοεκφόρτωση σκύρου

8.2. Μεταφορά Υλικών Επιδομής

Η μεταφορά των υλικών επιδομής γίνεται επίσης είτε με οδικό οχήματα, είτε με σιδηροδρομικό. Τα οχήματα πρέπει σε κάθε περίπτωση να είναι εξοπλισμένα με κάθε απαραίτητο μηχανισμό και με σταθερή κατασκευή εξασφάλισης της ασφαλούς μεταφοράς των υλικών. Σημαντικό είναι το δέσμιμο των βαγονιών μεταξύ τους, προκειμένου να μην δημιουργούνται προβλήματα κατά τη σχετική μετακίνηση σε σημεία καμπύλης μικρής ακτίνας ή από σημεία άλλαγής τροχιάς [4].

Σε γενικές γραμμές η μεταφορά των υλικών της επιδομής γίνεται με:

- ♦ βαγόνιο-πλατφόρμες
- ♦ δραιζόνα
- ♦ γερανοδραιζόνα
- ♦ φορτηγά αυτοκίνητα

Ωστόσο, εντός του εργοταξίου η μεταφορά γίνεται κυρίως χειρονακτικά ή με φορτοεκφορτωτικά μηχανήματα (ταάπες).

8.2.1. Μεταφορά σιδηροτροχιών

Η μεταφορά των σιδηροτροχιών συνήθους μήκους δεν πάρουσιάζουν καμιά ιδιαιτερότητα. Ως συνήθους μήκους σιδηροτροχιές εννοούνται σιδηροτροχιές με μήκος ως 30m. Αναλόγως τη φέρουσα ικανότητα των οχημάτων μεταφοράς, οι σιδηροτροχιές τοποθετούνται η μία δίπλα στην άλλη, σχηματίζοντας μία ή περισσότερες στρώσεις. Οι τοποθετημένες στα οχήματα σιδηροτροχιές δένονται με ειδικές δέστρες, για την εξασφάλιση τους σε ολίσθηση.

Στην περίπτωση που η μεταφορά μεγάλου μήκους σιδηροτροχιές απαιτεί οι σιδηροτροχιές να εδράζονται σε δυο ή περισσότερα συνεχόμενα βαγόνια, αυτά πρέπει να δένονται με τέτοιο τρόπο ώστε να εξασφαλίζονται από σχετική μετακίνηση σε περιοχές κλειστών καμπυλών. Σε τέτοιες περιπτώσεις είναι σύνηθες και η τοποθέτηση

πλευρικών μικρών κολόνων αντιστήριξης, ενώ οι πλατφόρμες μεταφοράς είναι συχνά εξαπλισμένες και με συμπληρωματικούς μηχανισμούς φορτοεκφόρτωσης. Τέλος, σημαντικό είναι ότι το βασικό δέσιμο των σιδηροτροχιών γίνεται στη μέση του συρμού, προκειμένου να διευκολύνεται η σχετική μετακίνηση των άκρων των σιδηροτροχιών κατά την μετάβαση του συρμού από τον παρακαμπτήριο κλάδο των αλλαγών ή των καρπύλων με μικρές ακτίνες.



Εικόνα 8.6. Μεταφορά σιδηροτροχιών

8.2.2. Μεταφορά στρωτήρων

Η μεταφορά των στρωτήρων γίνεται με ειδικά οχήματα-πλατφόρμες, μαζί με όλο το υλικό των συνδέσμων σύνδεσης των σιδηροτροχιών και τα ελαστικά πέλματα. Εκτός όμως από τα παραπάνω που αφορούν τη μεταφορά τους από το εργοστάσιο στο εργοτάξιο, σημαντική είναι και η μεταφορά μέσα στο εργοτάξιο. Στο εργοτάξιο η μεταφορά των στρωτήρων στο σημείο τοποθέτησης τους γίνεται με ειδικά μηχανήματα που φέρουν σχάρα με αλυσίδες και είναι δυνατή η ταυτόχρονη μεταφορά τεσσάρων στρωτήρων.



Εικόνα 8.7 και 8.8. Μεταφορά στρωτήρων στα εργατόξια



Εικόνα 8.9. Μεταφορά στρωτήρων από το εργοστάσιο

8.2.3. Μεταφορά εσχαρών

Η μεταφορά των εσχαρών γίνεται συνήθως με σιδηροδρομικά οχήματα-πλατφόρμες και σημαντικό ρόλο παίζει η φέρουσα ικανότητα τους, για τον καθορισμό του αριθμού των μεταφερόμενων εσχαρών. Η μεταφορά εσχαρών αφορά συνήθως διαδικασίες αποεξήλωσης παλαιών γραμμών, πριν τη στρώση της νέας γραμμής.



Εικόνα 8.10. Μεταφορά εσχαρών

8.2.4. Μεταφορά αλλαγών τροχιάς

Η μεταφορά αλλαγών τροχιάς γίνεται με τη μεταφορά των συναρμολογημένων τεμαχίων τους επί ειδικών μεταφορικών οχημάτων. Υπάρχουν και περιπτώσεις που η μεταφορά των αλλαγών γίνεται με μεταφορά μεμονωμένων τεμαχίων της, όμως δεν είναι η συνηθέστερη επιλογή.



Εικόνα 8.11. Μεταφορά συναρμολογημένης αλλαγής

8.2.5. Μεταφορά σκύρου

Η μεταφορά σκύρου γίνεται με αδικά μέσα (φορτηγά), όπως η μεταφορά όλων των εδαφικών υλικών. Σημαντικό είναι τα αδικά μέσα να μην επιφέρουν ζημιές στην έτοιμη επιφάνεια της υποδομής και τα σκύρα να επιλέγονται να μεταφέρονται από λατομεία σε μικρή απόσταση από το εργοτάξιο.



Εικόνα 8.12 και 8.13. Μεταφορά σκύρων

Κεφάλαιο 9

9. Αποθήκευση Υλικών Επιδομής

9.1. Εισαγωγή

Η εξασφάλιση της καλής ποιότητας του έργου, προϋποθέτει την ακεραιότητα και την καλή ποιότητα των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν. Αυτό σημαίνει πως κατά την φόρτωση, μεταφορά, εκφόρτωση, παραλαβή και αποθήκευση των υλικών, πρέπει να ακολουθούνται ορισμένοι κανόνες, ώστε να αποφευχθούν φθορές και ελαπτώματα των υλικών (π.χ. ρωγμές στους στρωτήρες από μπετόν). Για το λόγο αυτό, μια σημαντική παράμετρος κατά τη στρώση σιδηροδρομικής γραμμής, η οποία πρέπει να αναφέρθει είναι οι κανονισμοί που διέπουν τις παραπάνω διαδικασίες.

Συνήθως, η αρχή του εργοταξίου, δησού και θα γίνει η διάστρωση των πρώτων μέτρων της γραμμής, συνδέεται με ειδικούς χώρους στους οποίους έχουν πρόσβαση μηχανήματα γραμμής και οχήματα μεταφοράς υλικών [4].

9.2. Αποθήκευση των υλικών

Η αποθήκευση κάθε υλικού της επιδομής (σιδηροτροχιές, στρωτήρες, έρμα και μικρά υλικά σύνδεσης), διέπεται από διαφορετικούς κανονισμούς, που έχουν λάβει υπόψη την διαφορετικότητα των παραγόντων που τα επηρεάζουν (υγρασία, θερμοκρασία κτλ). Ωστόσο, οι χώροι αποθήκευσης πρέπει να ικανοποιούν οριθμένες κοινές απαιτήσεις και συγκεκριμένα [4]:

- Να έχουν ικανή έκταση ώστε να δεχθούν τα υλικά της επιδομής
- Να βρίσκονται όσο το δυνατόν σε κομβικά σημεία των διαφόρων μεταφορικών δικτύων
- Να έχουν επαρκή οδική πρόσβαση για βαρέα οχήματα (γερανούς, φορτηγά κ.α.)
- Να αποστραγγίζονται επαρκώς

- Να προβλέπονται χώροι προσωρινής εναπόθεσης των υλικών υποδομής
- Να διαθέτουν ανυψωτικά μηχανήματα φορτοεκφόρτωσης και μεταφοράς
- Να προβλέπονται εγκαταστάσεις προσωπικού, ελέγχου και επεξεργασίας των υλικών επιδομής
- Να διατίθεται δίκτυο πυρόσβεσης και
- Να πληρούνται οι διατάξεις ασφαλείας

Σημαντική απαίτηση ασφαλείας που πρέπει να ικανοποιείται σε κάθε περίπτωση είναι να μην έχουν ηλεκτροκίνηση οι γραμμές προσέγγισης των υλικών, κι αυτό για να μην τίθενται σε κίνδυνο οι εργαζόμενοι από την υψηλή τάση, αλλά και για να μην εμποδίζονται κατά τη λειτουργία τους τα μηχανήματα φόρτωσης-εκφόρτωσης.

Επίσης σημαντικό είναι ο χώρος που καταλαμβάνουν τα υλικά να μην εισέρχεται στο περιπύπωμα σταθερών εμποδίων του τροχαίου υλικού. Εκτός από τις παραπάνω κοινές απαιτήσεις των χώρων αποθήκευσης, το κάθε υλικό έχει και επιπλέον ανάγκες σε αποθηκευτικό χώρο, οι οποίες και αναλύονται ξεχωριστά.



Εικόνα 9.1. Χώρος ματιβασίας τιδηροτροχιών



Εικόνα 9.2. Χώρος στοιβασίας στρωτήρων

9.2.1. Αποθήκευση σιδηροτροχιών

Η αποθήκευση των σιδηροτροχιών γίνεται με στοιβασία τους σε καθ' ύψος σειρές, τις ονομαζόμενες "ντάνες". Μεταξύ των σειρών παρεμβάλλονται παλιές σιδηροτροχιές και ξύλινα λατάκια πρότυπης διατομής. Σημαντικό είναι η βάση να είναι επίπεδη κατά το δυνατόν, προκειμένου να μην παρουσιάσουν στρέβλωση και βέλος κάμψης οι στοιβαγμένες σιδηροτροχιές.

Αναλόγως τη στρώση του εδάφους, αλλά και το ύψος στοιβασίας, λαμβάνονται τα κατόλληλα μέτρα για την εξασφάλιση της επιπεδότητας της βάσης των σιδηροτροχιών, συνήθως με την τοποθέτηση δοκών από ωπλισμένο σκυρόδεμα.

Εκτός από την αποθήκευση των σιδηροτροχιών, μέριμνα χρειάζεται και κατά την προσωρινή τους εναπόθεση, ώστε να εξασφαλίζονται έναντι τυχαίας μετακίνησης τους.

Οι προδιαγραφές και ο εξοπλισμός για την αποθήκευση των

σιδηροτροχιών και την ασφάλεια έχουν οριστεί από τον Ευροκώδικα και από τον ΕΛΟΤ (ΕΝ 528:1996, Ασφάλεια 28.11.1996, CEN EN 528/A1:2002 και Τροπολογία 1 14.8.2003).



Εικόνα 9.3. Χώρος στοιβασίας σιδηροτροχιών

9.2.2. Αποθήκευση στρωτήρων

Η αποθήκευση των στρωτήρων γίνεται, όπως και των σιδηροτροχιών, με καθ' ύψος τοποθέτηση τους σε σειρές (ντάνες), Στα μεταξύ των στρωτήρων διαστήματα, τοποθετούνται ξύλινα λατάκια, ενώ πρέπει να εξασφαλίζεται κατά το δυνατόν η οριζόντια θέση της βάση τους. Το μέγιστο ύψος στοιβασίας των στρωτήρων είναι οι 12, για λόγους ασφαλείας και ευστάθειος. Ένας άλλος περιορισμός είναι λόγω του μεγάλου βάρους των στρωτήρων από σκυρόδεμα, όπου σε περίπτωση στοιβασίας περισσότερων στρωτήρων, οφείλεται να ληφθεί μέριμνα για την θεμελίωση της ντάνας και αποφυγής καθίζησης του εδάφους.

Στην περίπτωση ξύλινων στρωτήρων, στο χώρο αποθήκευσης και εναπόθεσης τους, θα πρέπει να γίνεται πλήρης αποψίλωση, προκειμένου να μην προσβληθούν οι στρωτήρες από

μικροοργανισμούς. Και σε αυτή την περίπτωση, έχουν τεθεί προδιαγραφές, όπου δεν επιπρέπουν απόσταση μετοξύ των ντάνων μικρότερη από 1.0 m.

Στους στρωτήρες από ωπλισμένο σκυρόδεμα, οι οποίοι έχουν οπές στα πλαϊνά τους (όπου βρίσκονται οι ράβδοι του ωπλισμού), είναι απαραίτητη η μέριμνα για κάλυψη των οπών, προκειμένου να μην υποστούν διάβρωση, λόγω νερού και άλλων φυσικών παραμέτρων.



Εικόνα 9.4. Χώρος σταθμισίσιμης στρωτήρων

9.2.3. Αποθήκευση έρματος

Η αποθήκευση του έρματος υπόκειται σε διαφορετικές προδιαγραφές, βασική εκ των οποίων είναι η καθαρότητα του επιπέδου εναπόθεσης του. Δίπλα στο χώρο αποθήκευσης και εναπόθεσης του έρματος πρέπει να υπάρχει σιδηροδρομικό γραμμή, επαρκούς μήκους για την φόρτωση και εκφόρτωση των σκυροβάγονων, τα οποία μετοφέρουν το έρμα από και προς το σημείο στρώσης της γραμμής.



Εικόνα 9.5 και 9.6. Χώροι αποθήκευσης και εναπόθεσης έρματος

9.2.4. Αποθήκευση μικρού υλικού

Το μικρό υλικό ακολουθεί συγκεκριμένες προδιαγραφές αποθήκευσης, σύμφωνα με τις οποίες, ο χώρος αποθήκευσης τους πρέπει να είναι ξηρό μέρος και να τους τοποθετούνται τα κατάλληλα λιπαντικά, για να παραμένουν σε άριστη κατάσταση. Επιπλέον, μαζί με το μικρό υλικό συνιστάται να αποθηκεύεται και ο απαραίτητος εξοπλισμός τοποθέτησης και σύσφιξης.

9.2.5. Αποθήκευση εσχαρών (πάνελ)

Σε πολλές περιπτώσεις, κρίνεται αναγκαία η εναπόθεση και αποθήκευση ολόκληρων πάνελ, δηλαδή έτοιμων εσχαρών με σύνηθες μήκος 18 τ. (ανακαίνιση γραμμής ή στρώση νέας σε περιορισμένου χώρου εργοτάξιο).

Τα πάνελ αποθηκεύονται καθ' ύψος σε ντάνες, χωρίς φμως ενδιάμεσα λατάκια, όταν έχουμε στοιβασία μέχρι 10 τεμάχιο κατά μέγιστο.



Εικόνα 9.7. Στοιβασία εσχαρών (πάνελ)

9.2.6. Αποθήκευση ειδικών διατάξεων

Διαφορετικές προδιαγραφές πληρούνται κατά την αποθήκευση ειδικών στοιχείων μιας σιδηροδρομικής γραμμής, όπως είναι οι αλλογές και το υλικό της αλουμινοθερμικής συγκόλλησης.

Οι αλλογές πρέπει να αποθηκεύονται κατά τύπο και βάσει της αρίθμησης των τεμαχίων τους, συνδεδεμένων με τους αντίστοιχους στρωτήρες, όπως αυτή παραδίδεται από την κατασκευάστρια εταιρεία. Ειδική μέριμνα πρέπει να λαμβάνεται για τα τεμάχια με τις βελόνες, προκειμένου να μην υποσταύνειν οποιαδήποτε φθορά.

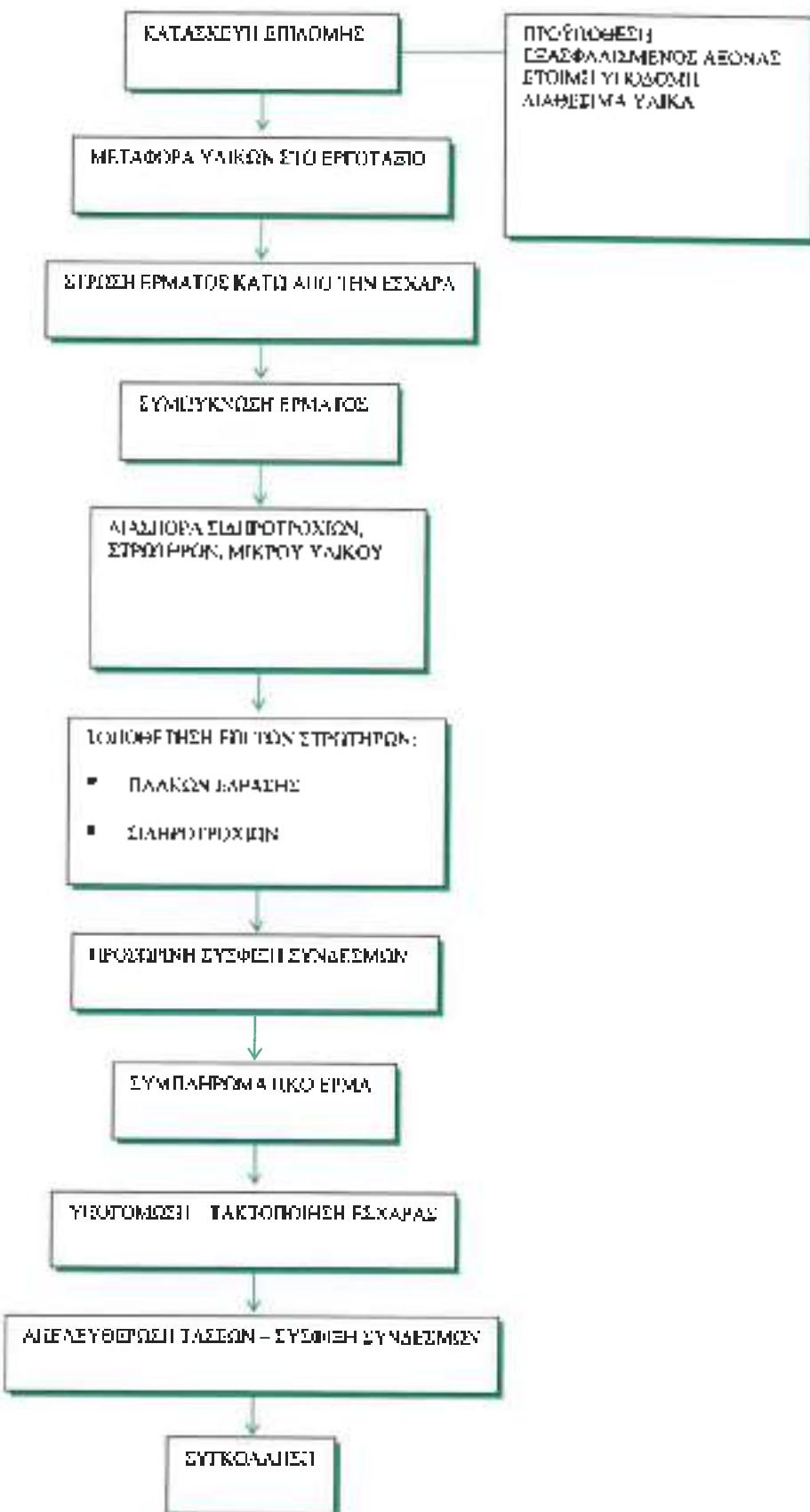
Τα ειδικά στοιχεία συγκόλλησης έχουν την δυνατότητα να αποθηκευτούν χωρίς ιδιαίτερες προδιαγραφές, με την προϋπόθεση ότι φυλάσσονται σε στεγανό χώρο. Οι χώροι αποθήκευσης δεν πρέπει να έχουν υγρασία και οι σάκοι όπου αποθηκεύεται το υλικό, πρέπει να τοποθετείται σε ράφια και δχι σε επαφή με το πάτωμα. Η μη ύπαρξη υγρασίας είναι σημαντική, γιατί με μερίδες συγκόλλησης που έχουν υγραποιηθεί, δεν επιτρέπεται η συγκόλληση, ακόμα κι αν έχουν κρυώσει [16].

ΣΤΡΩΣΗ ΓΡΑΜΜΗΣ

Μετά την ολοκλήρωση της υποδομής γίνεται η ερμάτωση και μια πρώτη φάση σκυρόστρωσης, η οποία συνήθως ονομάζεται προσκυρόστρωση και είναι η διαδικασία που προετοιμάζει τη στρώση της γραμμής.

Η ακολουθία των διαδικασιών, δεδομένης της υποδομής είναι η εξής: ερμάτωση, προσκυρόστρωση, διάστρωση γεωμετρίσματος, διάστρωση γεωπλέγματος, διάσπορφο των υλικών επιδομής με πρώτη αυτή των στρωτήρων, σχηματισμός εσχάρας, 1^η φάση σκυρόστρωσης, σύνδεση τιδηροτροχιών, απελευθέρωση τάσεων, 2^η φάση σκυρόστρωσης και τελική επιθεώρηση γραμμής.

Η διαδοχή των παραπάνω διαδικασιών παρουσιάζεται σχηματικά στο διόγραφμα που ακολουθεί.



Διεγράμμιση Διαδοχή εργασιών στρώσης σιδηροδρομικής γραμμής [21]

Κεφάλαιο 10

10. Διαδικασία προσκυρόστρωσης γραμμής

10.1. Εισαγωγή

Πριν από την έναρξη της διαδικασίας προσκυρόστρωσης γίνεται μέριμνα, προκειμένου να μην δημιουργηθούν απρόβλεπτα γεγονότα, τα οποία είτε θα καθυστερήσουν το έργο, είτε θα θέσουν σε κίνδυνο τους εργαζομένους.

Σημαντική παράμετρος για την οργάνωση των εργασιών και τον τρόπο εκτέλεσης τους, είναι η μορφή της εμρύτερης περιοχής, γύρω από ταν δίξονα της γραμμής. Για ποράδειγμα,,σε περιπτώσεις που στην περιοχή γύρω σπό τη γραμμή, υπάρχουν εγκαταστάσεις σιδηροδρομικές, όπως ηλεκτροφόροι φορείς, στύλοι καλωδίων ηλεκτροκίνησης ή εγκαταστάσεις σηματοδότησης, τότε πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή κατά την εκτέλεση εργασιών, αφού οι κινήσεις των μηχανημάτων δεν πρέπει αφενός να παρεμποδίζουν τη λειτουργία των εγκαταστάσεων που λειτουργούν ανεξάρτητα και αφετέρου να μην τίθεται σε κίνδυνο η ακεραιότητα των υπολοίπων εγκαταστάσεων κατά την εκτέλεση των εργασιών [4].

Επίσης, σε περιπτώσεις ύπαρξης χανδάκων παραπλεύρως της γραμμής, οι εργασίες εκτελούνται έτσι ώστε να μην εισέρχονται σκύρα στη διατομή των χανδάκων, για να μη δημιουργηθεί πρόβλημα στην απορροή των υδάτων που εξυπηρετούν.

Τέλος, κατά την εκτέλεση των εργασιών εντός Σταθμών (περιπτώσεις ανακαίνησης ή επέκτασης γραμμών), θα πρέπει τα πορόπλευρα κρηπιδώματα, όπου αυτά υπάρχουν, να διατηρούνται στην υψηστάμενη κατάσταση, χωρίς φθορές από την κίνηση των μηχανημάτων.

10.2. Προσκυρόστρωση ή 1^η Φάση σκυρόστρωσης

Από τις προδιαγραφές (ΠΕΤΕΠ 07-03-01-20) συνιστάται να προηγείται της συναρμολόγησης η προσκυρόστρωση της γραμμής επί ετοιμου διαμορφωμένου επιχώματος. Η εργασία αυτή δε είναι υποχρεωτική σε περίπτωση που έχει γίνει τοποθέτηση γεωαυτόματος και γεωπλέγματος, αφού είναι απαγορευτική η τοποθέτηση της εσχάρας απευθείας στο γεωύφασμα ή στο γεώπλεγμα.

Κατά την 1^η φάση σκυρόστρωσης γίνεται διάστρωση κατάλληλης ποσότητας σκύρων επί του καταστρώματος της υποδομής με μηχανήματα δομικών έργων (φίνισερ, φορτωτές, πρωθητές κλπ), προτού τοποθετηθούν οι στρωτήρες επί της επιδομής.

Συγκεκριμένα, διαστρώνεται μια στρώση σκύρων στη γραμμή, πάχους το πολύ 150 mm και πλάτους περίπου 5 m ανά γραμμή. Τα σκύρα μεταφέρονται με οδικό μέσο, ενώ μεγάλη προσοχή δίνεται ώστε τα φορτηγά να μην επιφέρουν ζημιές στην έτοιμη επιφάνεια της υποδομής [4], [16].



Εικόνα 10.1 και 10.2. Προσκυρόστρωση σιδηροδρομικής γραμμής

Κατά την πρώτη αυτή φάση σκυρόστρωσης η κυκλαφορία των φορτηγών επί της ευρύτερης περιοχής της γραμμής είναι αναπόφευκτη, όμως και σε αυτή την περίπτωση δίνεται μεγάλη προσοχή για τον περιορισμό των ζημιών. Αντίθετα, στη δεύτερη φάση σκυρόστρωσης που θα ακολουθήσει, δεν τίθεται τέτοιο ζήτημα, γιατί επιλέγονται συνήθως σιδηροδρομικά οχήματα για τη μεταφορά των σκύρων.

Στη φάση της προσκυρόστρωσης είναι απαραίτητη η χρήση ειδικών μηχανημάτων, μεταξύ των οποίων πρωθυπές, μηχανήματα διαστρώσεως και μετακινήσεως των σκύρων, μηχανήματα διαβροχής σκύρων και ελαστιχοφόροι οδοστρωτήρες (ελαφρύ συνήθως τύπου), κατάλληλοι για ελαφρά συμπύκνωση των σκύρων γραμμής.

Η διαδικασία της προσκυρόστρωσης ξεκινά με την εκφόρτωση των σκύρων επιτόπου του έργου και τις τοπικές μεταφορές κατάλληλων ποσοτήτων σκύρων. Στη συνέχεια γίνεται διάστρωση των σκύρων σε πόχος περί τα 25 cm +- 2 cm και σε πλάτος 5m περίπου ανά γραμμή και ισοπέδωση του ακύρου που διαστρώθηκε, με χρήση πρωθυπών γιαών (γκρέπερ). Μετά τη διάστρωση και την ισοπεδώση των σκύρων γίνεται διαβροχή τους από κατάλληλα μηχανήματα και τελευταία ακολουθεί η ελαφρά συμπύκνωσή του με κατάλληλο δονητικό μηχάνημα. Συνήθως το μηχάνημα αυτό είναι δικύλινδρος οδοστρωτήρας ικανότητας 0,5 τόνων, ενώ υπάρχουν και άλλα εξίσου κατάλληλα μηχανήματα για την επίτευξη της επιθυμητής συμπύκνωσης της πρώτης αυτής στρώσης σκύρων, που αποτελεί το κατώτερο μέρος της επιδομής [16].

Η συμπύκνωση πρέπει να είναι ελαφρά σε φυτή τη φάση, προκειμένου να μη προκληθούν φθορές στα σκύρα.



Εικόνα 10.3. Συμπύκνωση γραμμής με χρήση οδοστρωτήρα

Η εξασφάλιση της επιθυμητής συμπύκνωσης του κάτω μέρους είναι τόσο σημαντική, γιατί οδηγεί σε μεγαλύτερη διάρκεια διάτηρησης της γεωμετρικής θέσης της γραμμής. Σημαντικό είναι επίσης, η

συμπύκνωση να γίνεται ομοιόμορφα σε όλο το ύψος και πάχος της στρώσης έρματος, χωρίς όμως να οδηγεί σε θρυμματισμό των κόκκων του σκύρου.

Η κατόλληλη ελαστικότητα της στρώσης επιτυγχάνεται όταν η τελική στρώση έρματος έχει συμπιεσθεί κατά 15% του αρχικού πάχους που είχε ο σωρός που απόθεσαν τα φορτηγά. Το πάχος και η εγκάρσια κλίση της στρώσης, καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας διάστρωσης και συμπύκνωσης, ελέγχονται από τοπογράφο με χρήση χωροβότη ή με περιστρεφόμενο λέιζερ.



Εικόνα 10.4. Τοπογραφικό όργανο ελέγχου της γραμμής

Στις μέρες μας υπάρχουν ειδικά μηχανήματα που εκτελούν ταυτόχρονα παραπάνω από μια από τις διαδικασίες που περιγράφαμε. Τα μηχανήματα αυτά χρησιμοποιούνται κυρίως όταν πρόκειται για στρώση πολλών χιλιομέτρων γραμμής και ο χώρος επιτρέπει την κίνηση τους, αφού χαρακτηρίζονται από το μεγάλο τους μέγεθος.

Ένα τέτοιο μηχάνημα είναι και το λεγόμενο "φίνισερ".



Εικόνα 10.5. Διαδικασία προσκυρόθρωσης με χρήση ειδικού μηχανήματος

Η χρήση τέτοιου μηχανήματος απλοποιεί κατά πολύ τη διαδικασία, αφού δλα γίνονται αυτοματοποιημένα. Συγκεκριμένα, όταν τα φορτηγά εκφορτώνουν το σκύρο σε ειδικούς κάδους του μηχανήματος, το μηχάνημα ξεκινά τη διάθρωση του και τη συμπύκνωσή του στις επιθυμητές διαστάσεις και προδιαγραφές, οι οποίες του έχουν οριστεί μέσω χειριστηρίου. Με τον τρόπο αυτό, κατοσκευάζεται άπευθείας το επιθυμητό πάχος της στρώσης έρματος, μεταξύ στέψης υποδομής και επιφάνειας στρωτήρα. Το πάχος αυτό είναι συνήθως 25-30 cm.

Οι παραπάνω διαδικασίες γίνονται βάσει προδιαγραφών που περιγράφονται στην ΠΕΤΕΠ 07-03-01-20 [16], (Παράρτημα 2).

Κεφάλαιο 11

11. Διανομή υλικών επιδομάς

11.1. Διανομή σιδηροτροχιών

Οι σιδηροτροχιές μεταφέρονται και τοποθετούνται κατό μήκος της γραμμής, με ειδικό οχήμαστα, τουλάχιστον στο πρώτο 400m. Τα τεμάχια αυτό, μετά τη διασπορά και των στρωτήρων, θα τοποθετηθούν πάνω στους στρωτήρες και είτε θα συγκολληθούν, είτε θα αμφιδεθούν.



Εικόνα 11.1. Τοποθέτηση σιδηροτροχιών κατό μήκος της γραμμής

Οι σιδηροτροχιές τοποθετούνται επί της στρώσης σκύρου και συνδέονται μεταξύ τους με προσωρινούς αμφιδέτες. Με τον τρόπο αυτό, αν δεν υπάρχει διπλανή έτοιμη γραμμή, η γραμμή αυτή θα αποτελέσει τη γραμμή κύλισης των μηχανημάτων διάστρωσης των υπολοίπων υλικών επιδομής.

Αρχικό λοιπόν, γίνεται η στρώση των πρώτων 400 m γραμμής, η οποία θα γίνει ο διάδρομος κυκλοφορίας των συρμών μετάφοράς των σιδηροτροχιών, των σκύρων και των στρωτήρων [4].

11.2. Διανομή και τακτοποίηση των στρωτήρων

11.2.1. Διανομή των στρωτήρων

Αφού έχει ολοκληρωθεί η διάστρωση του γεωυφάσματος και του γεωπλέγματος, γίνεται η διανομή των στρωτήρων κατά μήκος της γραμμής. Η εικόνα που παρουσιάζει η γραμμή πριν τη διανομή των στρωτήρων παρουσιάζεται στην εικόνα 11.2.



Εικόνα 11.2. Ολοκληρωμένη διάστρωση γεωυφάσματος και γεωπλέγματος

Πάνω στο γεωύφασμα σχεδιάζεται αρχικό με χρώμα ο άξονας της γραμμής, για να δίνει εποπτεία στους εργάτες κατά τη διάστρωση των στρωτήρων. Στη συνέχεια με άλλο χρώμα, κάθετα στον άξονα σχεδιάζονται γραμμές ανά συγκεκριμένη απόσταση (συνήθως 60cm ανά στρωτήρα), για την πρώτη τοποθέτηση των στρωτήρων.

Ειδικά μηχανήματα, τα οποία κάνουν τη μεταφορά των στρωτήρων, διανέμουν τους στρωτήρες κατά μήκος της γραμμής.



Εικόνα 11.3. Μηχάνημα μεταφοράς και διανομής στρωτήρων

Η εικόνα 11.3 απεικονίζει το μηχάνημα που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά και διάνομη των στρωτήρων στη γραμμή. Το μηχάνημα αυτό φέρει ειδική εσχάρα και αλυσίδες από τις οποίες και κρέμονται οι στρωτήρες.



Εικόνα 11.4. Εσχάρα μεταφοράς στρωτήρων

Η ειδική εσχάρα του μηχανήματος μεταφοράς των στρωτήρων

παρουσιάζεται στην εικόνα 11.4 σε λεπτομέρεια και δίνει τη δυνατότητα ταυτόχρονης μεταφοράς περισσότερων του ενός στρωτήρα. Η συγκεκριμένη εσχάρα που είναι και η πιο συνήθης δίνει την ταυτόχρονη μεταφορά τεσσάρων στρωτήρων.

Η κάθε τετράδα τοποθετείται ανάμεσα σε γραμμές που έχουν σχεδιαστεί με χρώμα πάνω στο γεωγραφικό, για την ευκολότερη μετέπειτα τοποθέτησή τους.



Εικόνα 11.5. Διανομή στρωτήρων στη γραμμή

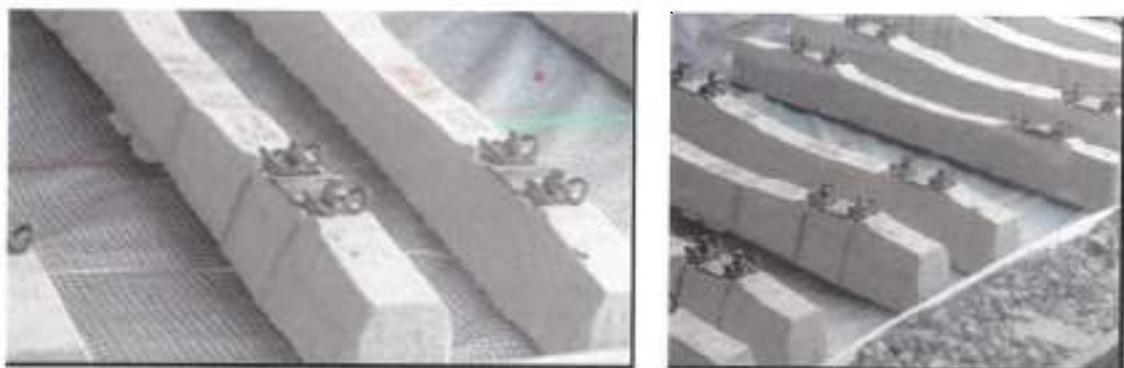
11.2.2. Μερική τακτοποίηση των στρωτήρων

Μετά την πρώτη διανομή των στρωτήρων, οι εργάτες κάνουν μια πρώτη τακτοποίηση τους για να μην απαιτούνται μεγάλες διορθωτικές κινήσεις κατά το δέσιμο της εσχάρας και από τη ρεγκαλέζα. Η τακτοποίηση αυτή γίνεται συνήθως χειρονακτικά, με χρήση ειδικών μεταλλικών ράβδων (λοστάριο), ενώ οι διαγραμμίσεις στην επιφάνεια του γεωμετρικού, λειτουργούν ως οδηγοί. Ωστόσο, κατά την τακτοποίηση κάθε στρωτήρα, μετράται και η απόσταση από την παρειά της διατομής και από τον άξονα της γραμμής, προκειμένου να είναι κατά το δυνατόν ακριβής η τοποθέτηση.



Εικόνα 11.6. Μερική τακτοποίηση διανεμημένων στρωτήρων

Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται η διαδικασία μερικής τακτοποίησης των στρωτήρων με τα λοστάρια. Μεταξύ των στρωτήρων, στις θέσεις σύνδεσης των σιδηροτροχιών με τους στρωτήρες έχει τοποθετηθεί νήμα (οικαδομικό ράμμα) (εικόνα 11.6 και 11.7) για την επίτευξη της ευθυγράμμισης των στρωτήρων και κατά συνέπεια της γραμμής.



Εικόνα 11.7 και 11.8. Τοποθέτηση νήματος κατά την τακταποίηση των στρωτήρων

Μετά την πρώτη αυτή ευθυγράμμιση η εικόνα που εμφανίζει η γραμμή είναι αυτή που παρουσιάζεται στην εικόνα 11.9.



Εικόνα 11.9. Μερικά τακτοποιημένοι στρωτήρες

Κατά τη διαδικασία της μερικής τακτοποίησης απαιτείται προσοχή, γιατί η χρήση των χαλύβδινων ράβδων για τη μετακίνηση των βαριών στρωτήρων μπορεί να επιφέρει φθορές, ακόμα και τρύπημα του γεωυφύσματος και του γεωπλέγματος. Μια τέτοια περίπτωση εμφανίζεται στης εικόνες 11.10 και 11.11.



Εικόνα 11.10 και 11.11. Τρύπημα και φθορά του γεωυφύσματος και του γεωπλέγματος, μετά σπό τακτοποίηση των στρωτήρων

Αφού ολοκληρωθεί και η πρώτη τακτοποίηση των στρωτήρων, η διαδικασία που ακολουθεί είναι αυτή της 1^{ης} φάσης σκυρόστρωσης της διατομής.

11.2.3. Διάστρωση των στρωτήρων με ειδικά μηχανήματα

Η διάστρωση των στρωτήρων μπορεί να γίνει και με ειδικά μηχανήματα αυτοματοποιημένα ή με ειδικές αρπάγες, σε συνδυασμό με συνηθισμένο γερανοφόρα οχήματα. Μια άλλη μέθοδος είναι με χρήση γερανών Portal, όπως είναι και ο πύργος Doneli. Ο πύργος Doneli διαθέτει κρεμαστάρια (αλυσίδες), από τις οποίες κρέμονται οι στρωτήρες, εφαπτόμενοι μεταξύ τους. Οι στρωτήρες για τους οποίους χρησιμοποιείται ο πύργος Doneli είναι από μπετόν, με πλάτος περίπου 30 cm. Οι στρωτήρες δεν αποτίθενται επί του έρματος δλοι μαζί, αλλά στρωτήρας ανά στρωτήρα, δημιουργώντας έτσι διάστημα 60 cm κάθε φορά μεταξύ τους. Υπάρχουν ωστόσο και άλλα μηχανήματα που τοποθετούν τους στρωτήρες είτε δλους μαζί, είτε έναν έναν στην προβλεπόμενη απόσταση.

Στην περίπτωση χρησιμοποιησης ειδικής αρπάγης από φορτηγά, απαιτείται αμοίως με τη χρησιμοποίηση ρεγκαλέζας, ευθυγράμμιση και γώνιασμα των στρωτήρων, δηλ. επίτευξη καθετότητας ως προς τον άξονα της γραμμής.

Οι εικόνες 11.12 έως 11.15 δείχνουν την αυτοματοποιημένη διαδικασία στρώσης των στρωτήρων με χρήση ειδικών μηχανημάτων.



Εικόνα 11.12 και 11.13. Επιλογή των τεσσάρων στρωτήρων για στρώση



Εικόνα 11.14 και 11.15. Τοποθέτηση στρωτήρων επί του έρματος

Άλλος ένας τρόπος τοποθέτησης των στρωτήρων, είναι με τη βοήθεια ειδικού πυλώνα που κινείται σε σιδηροτροχιές πρόχειρα τοποθετημένες εκατέρωθεν της διατομής της επιδομής, και οι οποίες αργότερα θα αναβιβαστούν στους στρωτήρες και θα αποτελέσουν τις τελικές σιδηροτροχιές της διατομής. Ο πυλώνας φέρει οριζόντια διαμήκη δοκό, στην οποία προσαρμόζονται οι στρωτήρες ανά αποστάσεις 30 cm (εφόσον είναι επιθυμητή η τελική απόσταση 60 cm μεταξύ των στρωτήρων). Η προσαρμογή γίνεται με τη βοήθεια των συνδέσμων, οι οποίοι είναι ήδη προσαρμοσμένοι στους στρωτήρες από πριν. Κατό την εναπόθεση απελευθερώνονται οι εναλλάξ στρωτήρες, οπότε με δύο διαδοχικές στάσεις του πυλώνα τοποθετούνται όλοι οι στρωτήρες σε απόσταση 60 cm. Ακολουθεί χειροκίνητη αναμάχλευση με ράβδο του έρματος κάτω από κάθε στρωτήρα, για την οριζοντιωσή του. Σημειώνεται ότι εναλλακτικά του πυλώνα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και αρπάγη για τη στρώση των στρωτήρων.

11.3. Αναβιβαση σιδηροτροχιών επί στρωτήρες και σχηματισμός της εσχάρας

Η αναβιβαση των σιδηροτροχιών επάνω στους στρωτήρες πραγματοποιείται με τη βοήθεια του μηχανήματος Φρίντερ. Όπως και ο πυλώνας, έτοι και το Φρίντερ κινείται επάνω στις πρόχειρα τοποθετημένες σιδηροτροχιές, τις οποίες και τοποθετεί επάνω στους στρωτήρες. Για να συμβεί αυτό, αφού το μηχάνημα φτάσει στο

επιθυμητό σημείο, κλειδώνει τις φιδηροτροχιές και εξέρχονται από τη βάση του δύο πρόσθετα στηρίγματα, που το ανυψώνουν μαζί με αυτές. Στηριζόμενο επάνω στα πρόσθετα στηρίγματα, το Φρίντερ πλέον μπορεί να χειριστεί ελεύθερα τις φιδηροτροχιές και να τις τοποθετήσει επάνω στους στρωτήρες.

Αφού γίνει το γώνιαθρά των στρωτήρων για την ευθυγράμμισή τους και σφιχτούν οι σύνδεσμοι, για την τελική διαμόρφωση της διατομής απομένει η έγχυση σκύρων μέσα στη σχάρα, καθώς η τελευταία μέχρι στιγμής είναι απλώς τοποθετημένη επάνω στην υπάρχουσα επιδομή ή στην προσκυροστρωμένη υποδομή, αν έχει γίνει προσκυρόστρωση γραμμής.

11.4. Σκυρόστρωση (1^η φάση)

Οι εργασίες συνεχίζονται με την 1^η φάση σκυρόστρωσης. Κατά τη σκυρόστρωση, το νέο σκύρο μεταφέρεται και εκφορτώνεται με σκυροβάγονα που διαθέτουν ειδικές αέσουλες για το σωστό μοίρασμα. Τα μηχανήματα κατανομής έρματος (ρεγκαλέζες) κατανέμουν το έρμα μεταξύ των τοποθετημένων στρωτήρων, διαμορφώνοντας μια πρώτη άποψη της γραμμής.

Στη συνέχεια η γραμμή ανυψώνεται κατά 10cm, μέσω δύο στρώσεων των 5cm η καθεμία. Η ανύψωση της γραμμής γίνεται με ειδικά μηχανήματα υπογόμωσης (μπουρέζες).

Οι νέες αυτές στρώσεις επίσης συμποιέζονται με ειδικά μηχανήματα, έως ότου το πάχος της στρώσης έρματος να είναι τέτοιο που θα επιτρέψει ανύψωση της εσχάρας έως 6 cm. Η τελική αυτή συμπύκνωση του έρματος γίνεται συνήθως με δυναμικό σταθεροποιητή, που αποδεδειγμένο χαρίζει μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της επιδομής. Η επιπλέον ανύψωση κατά 6 cm, θα γίνει κατά την τελική τακτοποίηση της εσχάρας, με τη 2^η στρώση έρματος [16], [4].

Τέλος, οι εργασίες σκυρόσπρωσης ολοκληρώνονται με την τοποθέτηση συμπληρωματικού έρματος και την τελική τακτοποίηση της εσχάρας με υπογόμωση στην τελική της γεωμετρική της θέση. Οι παροπάνω διαδικασίες γίνονται μετά τη σύνδεση των σιδηροτροχιών επί των στρωτήρων και τη δημιουργία με αυτό τον τρόπο της εσχάρας, τα οποία και περιγράφονται σε επόμενο κεφάλαιο.

Κεφάλαιο 12

12. Σύνδεση σιδηροτροχιών

12.1. Περί σύνδεσης σιδηροτροχιών

Η σύνδεση σιδηροτροχιών μπορεί να γίνει είτε με αμφίδεση, είτε με συγκόλληση. Κατά τη σύνδεση με συγκόλληση, δεν γίνεται χρήση ξεχωριστών τεμαχίων, αλλά οι δύο σιδηροτροχιές ενώνονται και αποτελούν ένα ενιαίο υλικό. Τα είδη συγκόλλησης είναι η αυτογενής, η αλουμινοθερμική, η συγκόλληση με βολταϊκό τόξο (με χρήση ειδικών ηλεκτροδίων) και η συγκόλληση με θέρμανση μέσω μίγματος ασετιλίνης με οξυγόνο. Ωστόσο, στην εργασία αυτή δεν ζρευνάται η διαδικασία στρώσης γραμμής με συνεχώς συγκολλημένες σιδηροτροχιές, αλλά με αμφιδετούμενες.

Κατά τη σύνδεση των σιδηροτροχιών με αμφίδεση, οι σιδηροτροχιές δένονται μεταξύ τους με χρήση ειδικών τεμαχίων (αμφιδέτες), που συγκρατούνται με κοχλίες. Στην περίπτωση των αμφιδετούμενων σιδηροτροχιών υπάρχουν πολλοί παράγοντες που αποιτούν προσοχή, όπως η θερμοκρασία της σιδηροτροχιάς, η θερμοκρασία σύνδεσης, ο καθαρισμός του κατάλληλου διακένου σύνδεσης κ.α. τα οποία και θα αναπτυχθούν επαρκώς στη συνέχεια.

12.2. Σύγδεση σιδηροτροχιών με αμφιδέτες

Η σύνδεση των σιδηροτροχιών με αμφιδέτες είναι από τους πιο παλιούς τρόπους σύγδεσης σιδηροτροχιών και ο πιο αξέποιστος μέχρι την υιοθέτηση της μεθόδου της συγκόλλησης ως τρόπου σύγδεσης. Οι αμφιδέτες είναι ελάσματα με 4 έως 6 σπές και τοποθετούνται στην περιοχή του κορμού της σιδηροτροχιάς και από τις δύο της πλευρές. Το δέσιμο των αμφιδετών γίνεται με βλήτρα (μπουλόνια) εγκάρσια στη σιδηροτροχιά και αυσφίγγουν τα δύο άκρα των σιδηροτροχιών,

για να μένουν συνδεδεμένα. Η διόμετρος των οπών είναι διαφορετική από αυτή των σιδηροτροχιών, διευκολύνοντας τη σύνδεση των σιδηροτροχιών, αλλά και επιτρέποντας στις σιδηροτροχιές να μεταβάλλουν το μήκος τους κατά τις αυξομειώσεις της θερμοκρασίας. Οι αμφιδέτες χρησιμοποιούνται επίσης με μονωτικό υλικό για την κατασκευή του "μονωτικού αρμού" στα τρύματα αποκλεισμού.

12.2.1. Διάκενο σύνδεσης σιδηροτροχιών

Το κενό που δημιουργείται μεταξύ δυο συνεχόμενων προς σύνδεση σιδηροτροχιών, ονομάζεται διάκενο των σιδηροτροχιών και παίζει σημαντικό ρόλο, κατά τη σύνδεση των σιδηροτροχιών.

Συγκεκριμένα, η τιμή του δ_{max} εξαρτάται από τη διάμετρο των οπών του αμφιδέτη, τη διάμετρο των οπών της σιδηροτροχιάς, από τη διάμετρο των βλήτρων που θα χρησιμοποιηθούν για την αμφίδεση και την απόσταση της οπής στη σιδηροτροχιά από το άκρο της [4].

Το μέγιστο διάκενο δ_{max} που παρουσιάζεται μεταξύ δυο σιδηροτροχιών κυμαίνεται μεταξύ των 19-23 mm, ενώ η ακριβής τιμή του υπολογίζεται από τη σχέση (12.1)

$$\delta_{max} = d - 2*L_1 + \varnothing_S + \varnothing_A - 2*\varnothing_B \quad (12.1)$$

όπου:

δ_{max} = μέγιστο διάκενο μεταξύ σιδηροτροχιών

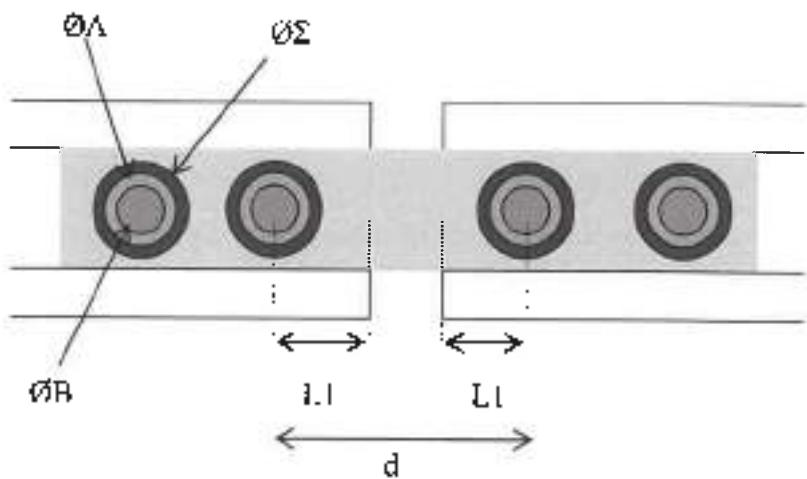
d = απόσταση μεταξύ των δύο μεσαίων οπών αμφίδεσης [mm]

L_1 = απόσταση του άκρου της σιδηροτροχιάς από το κέντρο της πλησιέστερης οπής [mm].

\varnothing_S = διόμετρος οπής σιδηροτροχιάς [mm]

\varnothing_A = διόμετρος οπής αμφιδέτη [mm]

\varnothing_B = διόμετρος βλήτρου αμφιδέτη [mm]



Σχήμα 12.1. Παράμετροι υπολογισμού μέγιστου διακένου

12.2.2. Ο ρόλος της θερμοκρασίας στο διάκενο σύνδεσης

Το διάκενο παιζει σημαντικό ρόλο κατά τη σύνδεση των σιδηροτροχιών, αφού διευκολύνει τη μεταβολή του μήκους των σιδηροτροχιών, ως αντίδραση-εκτόνωση στις μεταβολές της θερμοκρασίας. Η μεταβολή του μήκους των σιδηροτροχιών (συστολή και διαστολή), έχει ως σκοπό τη διαστήρηση των κατά μήκος δυνάμεων στη σιδηροτροχιά σε χαμηλές τιμές. Όταν η μεταβολή μήκους εμποδίζεται, και η θερμοκρασία μειώνεται, τότε ανάπτυσσονται θλιπτικές δυνάμεις, ενώ αντίθετα, αν η θερμοκρασία αυξάνεται, οι δυνάμεις που αναπτύσσονται είναι εφελκυστικές.

Σε γραμμές που στρώνονται με αμφιδετούμενους αρμούς, στο ύποιθρο, τα διάκενα των αρμών που πρέπει να αφήνονται, τη στιγμή της τοποθέτησης των σιδηροτροχιών, δίνονται στο επόμενο πίνακα για τους συνηθισμένους τύπους σιδηροτροχιών και, ανάλογα με τη θερμοκρασία κατά τη στιγμή εκείνη [4].

| Θερμοκρασία της σιδηροτροχιάς | Άνοιγμα (διάκενο) του άρματος [mm] | |
|-------------------------------|------------------------------------|------|
| | Μήκος σιδηροτροχιάς | |
| | 11,887 ή 12 m | 18 m |
| 50 °C | 0 | 0 |
| 45 °C | 1 | 1 |
| 40 °C | 2 | 2 |
| 35 °C | 2 | 3 |
| 30 °C | 3 | 4 |
| 20 °C | 4 | 5 |
| 15 °C | 5 | 6 |
| 10 °C | 5 | 6 |
| 5 °C | 6 | 7 |
| 0 °C | 6 | 8 |
| -5 °C | 7 | 9 |
| -10 °C | 8 | 10 |

12.2.3. Οριζοντιογραφική ρύθμιση

Όποια κι αν είναι η χάραξη της γραμμής (ευθυγραμμίσ-καμπύλη), οι εσωτερικές όψεις των κεφαλών των σιδηροτροχιών (επιφάνεια κύλισης) πρέπει να είναι τελείως ευθυγραμμισμένες σε ένα ελάχιστο μήκος 1m. Η ευθυγράμμιση γίνεται με τη βοήθεια ενός κανόνα 1m πρώτα στην ψυχή των σιδηροτροχιών, στη συνέχεια στην κεφαλή αυτών και συνεχίζεται έτσι διαδοχικό μέχρι να επιτευχθεί μια τέλεια ευθυγράμμιση. Για την εκτέλεση της εργασίας αυτής χρησιμοποιούνται είτε ξύλινες αφήνες είτε ειδικά καβαλέτα που επιτρέπουν τις αριζόντιες ή κατοκόρυφες μετακινήσεις των σιδηροτροχιών. Στις καμπύλες η εργασία αυτή διευκολύνεται χρησιμοποιώντας ειδικές τιράντες που στηρίζονται στη μια σιδηροτροχιά και επιτρέπει τη μετακίνηση της άλλης προς τα μέσα ή προς τα έξω.

12.3. Συμπεριφορά άρμού κατά τη σύνδεση με αμφιδέτες

Το διάγραμμα που παρουσιάζεται στο παρακάτω σχήμα, απεικονίζει τη σχέση διακένου-θερμοκρασίας και σε αντιστοιχία με το διάγραμμα

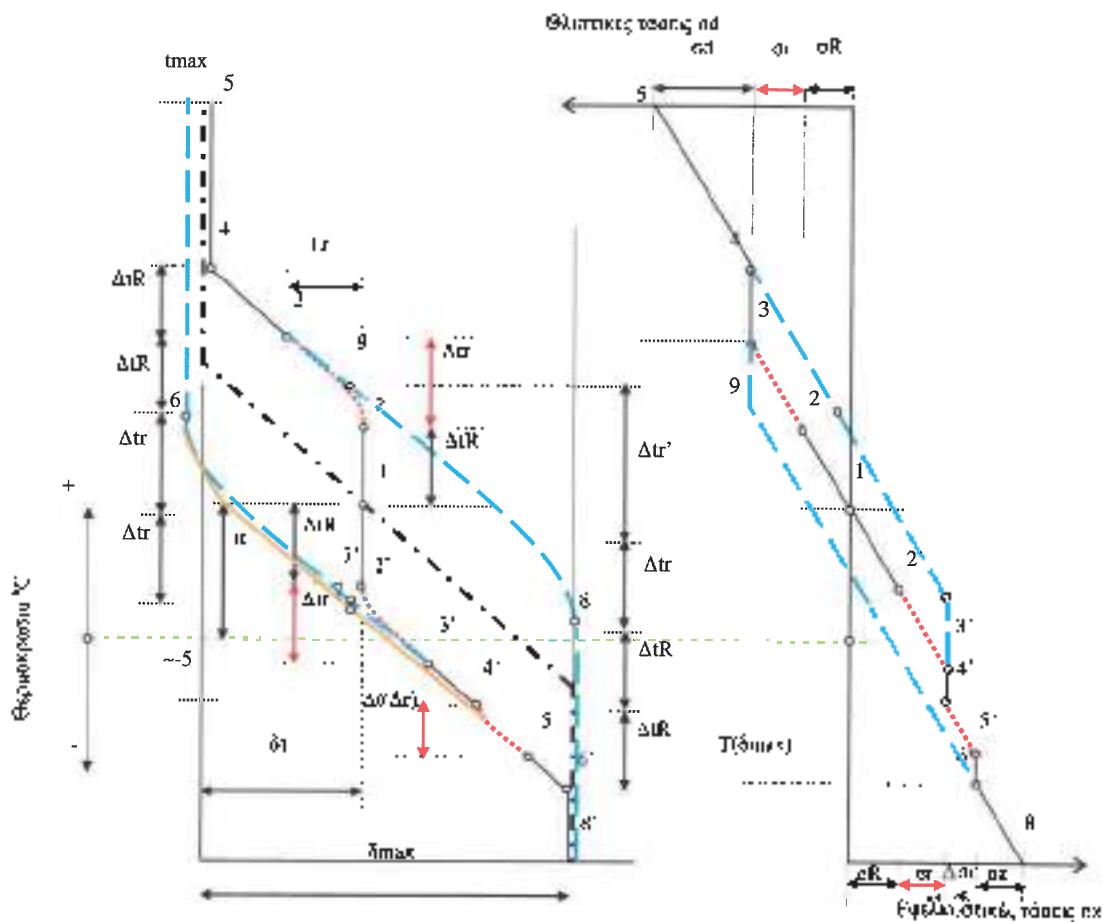
τάσεων-θερμοκρασίας. Για την καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς του αρμού κατά τη σύνδεση πρέπει να περιγραφεί κατ' αντιστοιχία με το διάγραμμα.

Έστω η τοποθέτηση δυο σιδηροτροχιών με διάκενο δT μεταξύ τους στη θερμοκρασία tT . Οι δυο σιδηροτροχιές συσφίγγονται με αμφιδέτες. Έστω, επίσης, ότι η θερμοκρασία καταρχήν αυξάνεται. Η σιδηροτροχιά συμπεριφέρεται ως ράβδος διατομής F , η οποία τείνει να μεταβάλλει το μήκος της (να διασταλεί). Οι αμφιδέτες, όμως, προβάλλουν αντίσταση R , η οποία οδηγεί στην εμπόδιση της διαστολής, με συνέπεια το διάκενο δT να παραμένει και να δημιουργείται τάση στη σιδηροτροχιά ($1 - 2$). Μετά από μια συγκεκριμένη τιμή της θερμοκρασίας $tT + \Delta tR$ υπερνικείται η αντίσταση R του αμφιδέτη και η σιδηροτροχιά τείνει να διασταλεί. Επόμενη αντίσταση άλλα σταδιακή είναι η κατά μήκος αντίσταση r , η οποία προβάλλεται κατά τη μετακίνηση των στρωτήρων ως προς το έρμα. Η αντίσταση αυτή υπερνικείται στρωτήρα ανά στρωτήρα όσο αυξάνει η θερμοκρασία. Στην περίπτωση αυτή εμφανίζεται και σταδιακή μεταβολή του μήκους της σιδηροτροχιάς (το διάκενο δT μειώνεται) και δημιουργία πρόσθετων τάσεων ($2 - 3$). Η διαδικασία αυτή συντελείται από $(tT + \Delta tR)$ έως $(tT + \Delta tR + \Delta tr)$. Από τη θερμοκρασία αυτή και μετά (συνέχεια της αύξησης) η σιδηροτροχιά επιμηκύνεται χωρίς τάσεις, σύμφωνα με (2), έως ότου το διάκενο κλείσει ($\delta T = 0$ στη θερμοκρασία $tT + \Delta tR + \Delta tr + \Delta t\delta=0$) ($3 - 4$). Από τη στιγμή που το διάκενο κλείσει, αυξάνονται οι θλιπτικές τάσεις έως ότου επιτευχθεί η μέγιστη θερμοκρασία t_{max} που ορίζεται στον τόπο αυτό ($4 - 5$). Στο σημείο 5 λαμβάνεται η μέγιστη θλιπτική τάση στο μέσο της σιδηροτροχιάς. Μετά την επίτευξη της μέγιστης θερμοκρασίας t_{max} (δε σημαίνει ότι πάντα επιτυγχάνεται) αρχίζει η πτώση της θερμοκρασίας. Όσο η θερμοκρασία πέφτει, αποκλιμακώνεται η αποταμιευθείσα τάση μέχρι τη θερμοκρασία, κατά την οποία είχε κλείσει το διάκενο ($5 - 4$). Στη συνέχει το διάκενο

παραμένει κλειστό με περαιτέρω πτώση της θερμοκρασίας, έως ότου αποκλιμάκωθει η αποταμιευθείσα αντίσταση R του αμφιδέπτη που είχε εμφανιστεί κατά την άνοδο της θερμοκρασίας και υπερνικήσει άλλη μια φορά προς την αντίθετη κατεύθυνση $[(4 - 6) = 2 \times (1 - 2)]$. Το ίδιο συμβαίνει και με την κατά μήκος αντίσταση. Πρώτα αποδυναμώνεται η αποταμιευθείσα r από την άνοδο της θερμοκρασίας και στη συνέχεια υπερνικείται εκ νέου στην αντίθετη κατεύθυνση. Το διάκενο ανοίγει σταδιακά, αλλά δημιουργείται και τάση $(6 - 7)$. Η σιδηροτροχιά συστέλλεται κατά $[(6 - 7) = 2 \times (2 - 3)]$ και το διάκενο ανοίγει κατά $2Lr$. Μετά την υπερνίκηση της κατά μήκος αντίστασης r, η σιδηροτροχιά μεταβάλλει το μήκος της (συστέλλεται) χωρίς παρεμπόδιση με περαιτέρω μείωση της θερμοκρασίας $(7' - 4')$. Στη συνέχεια και περί τους -5°C (πάγωμα έρματος) υπερισχύει η αντίσταση r' έναντι της r, οπότε η σιδηροτροχιά συστέλλεται σταδιακό με σύγχρονη ανάπτυξη τάσεων $(4' - 5')$. Στη συνέχεια η σιδηροτροχιά συστέλλεται χωρίς παρεμπόδιση $(5' - 6')$. Το διάκενο ανοίγει μέχρι την επιτρέπόμενη από τον αμφιδέπτη τιμή διαχ. Με περαιτέρω μείωση της θερμοκρασίας αναπτύσσονται επιπλέον εφελκυστικές τάσεις μέχρι tmin. Στο σημείο 8 λαμβάνεται η μέγιστη εφελκυστική τάση στο μέσο της σιδηροτροχιάς.

Από τη tmin με αύξηση της θερμοκρασίας η μεταβολή του διακένου και των τάσεων ακολουθεί την $8' - 6' - 8 - 9 - 3 - 4$ γραμμή (αντίστοιχα της $5 - 4 - 6 - 7' - 4' - 5' - 6' - 8$). Η γραμμή $4 - 6 - 7' - 4' - 5' - 6' - 8 - 9 - 4$ οριοθετεί την επιφάνεια, στην οποία μια σιδηροτροχιά με ορισμένο μήκος και αντίστοιχες αντιστάσεις τριβής υφίσταται φλες τις δυνατές μεταβολές μήκους που εξαρτώνται από τη θερμοκρασιακή μεταβολή. Το διόγραμμα διακένου – θερμοκρασίας – τάσεων, δίνει διαφορετικές τιμές για κάθε σιδηροτροχιά και μήκος τέμαχίου.

Τέλος, η γραμμή MN στο διάγραμμα, δείχνει τη περίπτωση ελεύθερα εδραζόμενης σιδηροτροχιάς [3].



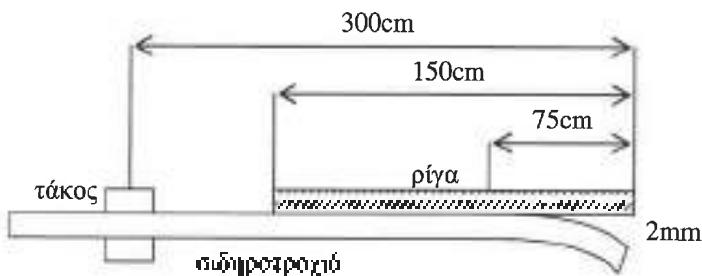
Σχήμα 12.2 Σύνδεση σιδηροτροχιών με αρμούς

12.4. Πρακτικές απαιτήσεις για σύνδεση σιδηροτροχιών

Για την σύνδεση των σιδηροτροχιών με αρμφιδέτες, υπάρχουν διαφορετικές απαιτήσεις, για να καθισταται πιο εύκολη η σύνδεση των σιδηροτροχιών.

Οι σιδηροτροχιές παραλαμβάνονται διατρημένες από το εργοστάσιο, σε πρώτυπες διαμέτρους, αναλόγως τις απαιτήσεις του έργου. Κατά την τοποθέτηση, οι σιδηροτροχιές τοποθετούνται έτσι ώστε οι απέναντι αρμοί να ευρίσκονται στην αυτή κάθετο προς τον άξονα γραμμής. Επιτρέπεται απόκλιση μέχρι 30mm για την γραμμή κανονικού εύρους και 25mm για την γραμμή μετρικού εύρους. Για να λειτουργεί αυτό, πρέπει να εξισώνεται η εσωτερική σιδηροτροχιά στα καμπύλα τμήματα της γραμμής. Ο αναγκαίος αριθμός ράβδων και η διάταξη στρώσης, υπολογίζεται ανάλογα με την ακτίνα της καμπύλης.

- Επικάμψεις στις επιφάνειες κύλισης των ενώσεων οποιασδήποτε μορφής δεν επιτρέπονται
- Σε οριζόντιογραφικές καμπύλες με ακτίνα 500m έως 100m σε γραμμές με αρμούς, οι σιδηροτροχιές οφείλουν να κάμπτονται στο άκρο τους.
- Οι σιδηροτροχιές κάμπτονται σύμφωνα με το σχήμα που ακολουθεί κατό 4,2mm σε απόσταση 75cm από το άκρο τους. Η τιμή των 2mm επιβεβαιώνεται με ρήγα 1,50m μήκους.



Σχήμα 12.3. Καμπύλωση άκρης σιδηροτροχιάς με έλεγχο αυτής

12.5. Χαρακτηριστικές θερμοκρασίες σύνδεσης σιδηροτροχιών

- Μέση θερμοκρασία T_m : Η μέση θερμοκρασία T_m είναι ο αριθμητικός μέσος όρος της μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας σιδηροτροχιάς σε έναν τόπο, σε αντιστοιχία με τις κλιματικές συνθήκες στον τόπο αυτό.
- Θερμοκρασία τοποθέτησης σιδηροτροχιών T_{top} : Πρόκειται για τη θερμοκρασία στην οποία τοποθετούνται οι σιδηροτροχιές και μετριέται κατό την τοποθέτησή τους και γίνεται προσωρινή σύσφιξη των συνδέσμων

- Αρχική θερμοκρασία σιδηροτροχιάς T_c κατά την απελευθέρωση τάσεων: Η θερμοκρασία αυτή είναι η θερμοκρασία που μετριέται στη σιδηροτροχιά κατό τη διαδικασία απελευθέρωσης των τάσεων, μετά το λύσιμο των συνδέσμων, την τοποθέτηση κυλίστρων και αφού οι σιδηροτροχιές περιέλθουν σε μηδενική εντοτική κατάσταση.
- Θερμοκρασία τελικής σύσφιξης των συνδέσμων T_o : Πρόκειται για τη θερμοκρασία κατά την οποία γίνεται η τελική σύσφιξη των συνδέσμων πριν την τελική συγκόλληση. Κυμαίνεται δε σε ένα διάστημα $\pm 3^{\circ}\text{C}$ από την ουδέτερη θερμοκρασία. Επιτρέπεται δε η απόκλιση από το διάστημα θερμοκρασίας τελικής σύσφιξης των συνδέσμων, μόνο με έγκριση της αρμόδιας Υπηρεσίας του εκάστοτε Σιδηροδρομικού Οργανισμού. Η απόκλιση πρέπει να τεκμηριώνεται και να καταχωρείται στο χρονικό του Έργου.
- Ουδέτερη θερμοκρασία σιδηροτροχιάς T_h : Είναι η θερμοκρασία κατά την οποία οι τάσεις στη σιδηροτροχιά έχουν σχεδόν εκτονωθεί (~ 0). Υπολογίζεται με μια μικρή προσούξηση της μέσης θερμοκρασίας T_m ($+3^{\circ}\text{C}$ έως $+5^{\circ}\text{C}$) για την αποφυγή πολύ μεγάλων θλιπτικών τάσεων.
- Θερμοκρασία σιδηροτροχιάς: Η θερμοκρασία της σιδηροτροχιάς μετριέται επί τόπου με ειδικά θερμόμετρα που τοποθετούνται στον κορμό της σιδηροτροχιάς και στην σκιερή πλευρά της. Η θέση τοποθέτησης του θερμόμετρου πρέπει να είναι εντελώς καθαρή. Το θερμόμετρο πρέπει να είναι ελεγμένο ως προς την ορθότητα της ένδειξης από πιστοποιημένη αρχή.



Εικόνα 12.4. Μαγνητικό θερμόμετρο αιδηροτροχιός

Κεφάλαιο 13

13. Από τη 2^η Φάση Σκυρόστρωσης ως την τελική τακτοποίηση της επιδομής

13.1. Η 2^η φάση σκυρόστρωσης της γραμμής

Η 2^η φάση σκυρόστρωσης είναι η κυρίως σκυρόστρωση και νοείται ως η διαδικασία διάστρωσης σκύρων επί προσκυροστρωμένης γραμμής ή επί ετοίμου επιχώματος ή ως συμπλήρωση έρματος σε υφιστάμενη γραμμή.

Η σκυρόστρωση της γραμμής συνίσταται στη διάστρωση κατάλληλης ποσότητας σκύρων επί του καταστρώματος της επιδομής με σύνθεση συρμού σκυραβαγάνων, εκτελούμενη με διαδοχικές διελεύσεις επί γραμμής.

Η διαδικασία της σκυρόστρωσης και οι διαδικασίες που τη διαδέχονται έχουν ως εξής:

- Μεταφορά νέου σκύρου από τα λατομεία στην περιοχή στρώσης γραμμής και εναπόθεσή του σε αορούς
- ♦ Εκφόρτωση του σκύρου από τις σκυραπόθήκες στα σκυροβάγονα
- ♦ Μεταφορά των σκύρων με τον συρμό σκυρόστρωσης
- ♦ Διάστρωση των σκύρων σε διαδοχικές διελεύσεις και με κατάλληλο πάχος
- 1η σταθεροποίηση με ανύψωση της εσχάρας ≤ 3 cm
- Απέλευθέρωση τάσεων - τελική σύσφιξη συνδέσμων
- ♦ Μεταφορά και εκφόρτωση νέου σκύρου για την επόμενη-τελική ανύψωση
- ♦ Υπογόμωση - 2^η σταθεροποίηση με υπόλοιπη ανύψωση 2 έως 3 cm
- ♦ Έλεγχος της θέσης της γραμμής με το καταγραφικό μηχάνημα



Εικόνα 13.1 και 13.2. Μεταφορά ουκύρων με βαγόνια και προσωρινή υποθήκευση.

13.2. Περιγραφή των διαδικασιών στρώσης γραμμής

Κατά την έναρξη των διαδικασιών της 2^{ης} φάσης σκυρόστρωσης, μεταφέρεται νέο σκύρο από τις σκυραποθήκες στο εργοτάξιο με σκυροσυρμούς. Η εκφόρτωση του σκύρου γίνεται με ειδικές σέσουλες, κατά τη διέλευση των σκυροβάγονων από το υπό στρώση τμήμα γραμμής. Υπάρχουν ωστόσο και ειδικές σέσουλες, οι οποίες κρέμονται από γερανούς και χρησιμοποιούνται για την εκφόρτωση του σκύρου, συνήθως σε περιπτώσεις που υπάρχει πρόβλημα χώρου.



Εικόνα 13.3. Ειδική σέσουλα εκφόρτωσης σκύρων κατ εδαφικών υλικών

Η κατανομή του σκύρου που έχει εκφορτωθεί γίνεται με ειδικά μηχανήματα (ρεγκαλέζες), σι αποίες διαθέτουν διατάξεις, που εξασφαλίζουν την ομοιόμορφη κατανομή του έρματος σε όλο το μήκος και πλάτος της διατομής.



Εικόνα 13.4 και 13.5. Ρεγκαλέζες σε διάφορους τύπους

Μετά τη διέλευση της ρεγκαλέζας, έχει επιτευχθεί η ομοιόμορφη διάστρωση του σκύρου, αλλά και το γέμισμα με σκύρο της πεισχής ανάμεσα σους στρωτήρες.

Το επόμενο μηχάνημα που κατεργάζεται τη γραμμή είναι η μπουρέζα, με σκοπό τόσο την υπογόμωση του έρματος, όσο και την τελική οριζοντιογραφική και υψομετρική τακτοποίηση της γραμμής, που μέχρι στιγμής έχει μεγάλες αποκλίσεις από τη θεωρητική χάροξη. Κατά τη φάση αυτή, η μπουρέζα διενεργεί ανύψωση της εσχάρας και τοποθετεί σκύρο όπου είναι απαραίτητο. Τη στιγμή που η ανύψωση έχει φτάσει περίπου τα 2,5 cm, αρκεί μια τελευταίο διέλευση του μηχανήματος, για να αποκτήσει η γραμμή την επιθυμητή μορφή.



Εικόνα 13.6. Μηχάνημα υπογόμωσης (μπουρέζα)

Κατά την υπογόμωση (μπουράρισμα), τα μπούρα ρυθμίζονται έτσι ώστε η απόσταση μεταξύ άνω πλευράς της επιφάνειας τους και πέλματος στρωτήρων να είναι 2cm. Η θέση του δέσμου της γραμμής αφείλει να είναι απέχει περί το 1cm πλευρικά και 1,5cm υψομετρικά από την αφειλόμενη οριζοντιογραφική και υψομετρική της θέση αντίστοιχα.

Η κάθε ανύψωση, στη φάση συμπίεσης του έρματος πάνω στην ήδη ακυροστρωμένη γραμμή σε πάχος περίπου 25 cm δεν πρέπει να ξεπερνά το 6 cm, ενώ θα πρέπει να εκτελείται διπλή υπογόμωση (μπουράρισμα), με παράλληλη χρήση του δονητή έρματος του μηχανήματος. Το βάθος εισχώρησης του συστήματος συμπίεσης (μπούρα) αφείλει να γίνεται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή μηχανήματος και η συμπίεση να ρυθμίζεται ανάλογα με τις οδηγίες του κατασκευαστή για το είδος των σκύρων που θα χρησιμοποιηθούν. Στην φάση αυτή γίνεται και οριζοντιογραφική τακτοποίηση της γραμμής, ενώ μπορεί να περιλαμβάνει περισσότερα του ενός περάσματα (διελεύσεις εργασίας).

Στη συνέχεια ακολουθεί η διαδικασία της σταθεροποίησης της γραμμής, με τη βιόγηθεια σταμπιλιζάτορα. Για τη σταθεροποίηση μίας σιδηροδρομικής γραμμής αποιτείται η διέλευση 100.000 t από αυτήν, που αντιστοιχεί περίπου με διέλευση ισάριθμων συρμών σε βραδυπορία κατό το πρώτο διάστημα μετά την παρόδοση της γραμμής. Αντίθετα, η διέλευση σταμπιλιζάτορα καθιστά πλήρως αξιοποιήσιμη τη γραμμή από την πρώτη στιγμή, με ό,τι αυτό συνεπάγεται στην εκμετάλλευση της υποδομής. Σήμερα η σταθεροποίηση με σταμπιλιζάτορα κρίνεται έκ των αν ουκ άνευ.

Μετά το πέρας και της σταθεροποίησης της γραμμής, και με την προϋπόθεση ότι η διοτομή είναι διαμορφωμένη σύμφωνα με την

οπαιτούμενη τυπική διατομή, γίνεται ομοιόμορφή σταθεροποίηση και του χώρου γύρω από τους στρωτήρες, με χρήση δυναμικού σταθεροποιητή.

Οι παραπάνω διαδικασίες συνήθως γίνονται σε διάφορες φάσεις, αναλόγως και τις οποιτήσεις του έργου. Για πάραδειγμό, η σταθεροποίηση της γραμμής γίνεται σε δυο φάσεις, η 1^η είναι μετά την κατανομή του έρματος και η δεύτερη μετά την υπογόμωση. Στην 1^η φάση σταθεροποιησης του έρματος η γραμμή ανυψώνεται έως 2,5 cm ενώ τα μπούρα της μηχανής υπογομώσεως (μπουρέζας) βυθίζονται δύο φορές κατό 2 έως 3 cm χαμηλότερα από το κάτω πέλμα του στρωτήρα και γίνεται και χρήση του δονητή έρματος. Η φάση αυτή μπορεί να περιλαμβάνει περισσότερα του 1 περάσματα (διελεύσεις εργοσίας). Στην 2η φάση σταθεροποίησης του έρματος η γραμμή ανυψώνεται μέχρι 1,5 cm ενώ τα μπούρα βυθίζονται μόνο μια φορά 2 έως 3 cm χαμηλότερα από το κάτω πέλμα του στρωτήρα και γίνεται και χρήση του δονητή έρματος.

Τέλος, είναι σημαντικό σε κάθε φάση εργασίας του μηχανήματος υπογομώσεως (μπουρέζα) να ακολουθεί το μηχάνημα τακτοποιήσεως έρματος (ρεγκαλέζα) που διαμορφώνει τα σκύρα σύμφωνα με την τυπική διατομή και το μηχάνημα σταθεροποίησης έρματος (σταμπιλιζάτορας) που παρέχει την απαραίτητη σταθεροποίηση της γραμμής.

Μετά το πέρας όλων των παραπάνω διαδικασιών γίνεται πλέον διαμόρφωση της διατομής σύμφωνα με την επιλεχθείσα τυπική διατομή. Η διαμόρφωση γίνεται με ειδικά μηχανήματα (κυρίως ρεγκαλέζα και σταθεροποιητής). Σε περίπτωση που τίθεται πρόβλημα χώρου για τη χρήση ειδικών μηχανημάτων διαμόρφωσης, η διαδικασία γίνεται χειρονακτικά.

13.3. Τακτοποίηση της γραμμής

Ως τακτοποίηση της γραμμής νοείται η τοποθέτηση της εσχάρας στην προβλεπόμενη οριζοντιογραφική και υψομετρική θέση, σύμφωνα μόντα με την μελέτη.

Τα στοιχεία της μελέτης που ορίζουν την υψομετρική και οριζοντιογραφική θέση της εσχάρας, πρέπει να επιτευχθούν με απόλυτη ακρίβεια, προκειμένου να εξασφαλισθεί ασφάλεια και ποιοτική κύλιση των συρμών επί της νέας γραμμής. Κάθε οριζοντιογραφικό λάθος προκαλεί μεταβολή της εγκάρσιας επιτάχυνσης των αξόνων του σιδηροδρομικού οχήματος, με συνέπεια την ανάπτυξη επιπλέον εγκάρσιων δυνάμεων και επιδείνωση της καταπόνησης της γραμμής.

Η τακτοποίηση της γραμμής γίνεται συχνά χειρονακτικά, λόγω της τοπικής της σημασίας, αν και μπορεί να γίνει και με χρήση βαρέων μηχανημάτων. Τα συνηθέστερα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται κατά την τακτοποίηση της γραμμής είναι ο γρύλλος και μικρές μπουρέζες χειρός.

Η διαδικασία απαιτεί οριζόντιες και κατακόρυφες μετατοπίσεις της εσχάρας, οι οποίες και αποκαθιστούν την κατεύθυνση της γραμμής και ολοκληρώνονται με ανύψωση της εσχάρας τοπικά και γέμισμα κάτω από το στρωτήρα με σκύρο (υπογόμφωση-μπουράρισμα).

Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η απαιτούμενη υψομετρική θέση της γραμμής, η διόρθωση της οριζοντιογραφικής θέσης και η δημιουργία μιας ομοιόμορφα συμπικνωμένης στρώσης έδρασης των στρωτήρων. Όλα αυτά έχουν ως αποτέλεσμα την κατανόμη της φόρτισης σε περισσότερους στρωτήρες και τη μεγαλύτερη δυνατή σταθερότητα της εσχάρας.

13.4. Μηχανήματα στρώσης σιδηροδρομικής γραμμής

Κατά τη διάρκεια των παραπάνω διαδικασιών χρησιμοποιούνται αρκετά ειδικά μηχανήματα, τα οποία αφενός πρέπει να είναι διαθέσιμα στο εργοτάξιο, για να μην υπάρχει καθυστέρηση του έργου κατ αφετέρου πρέπει να έχει γίνει πρόβλεψη για τον χώρο που θα καταλάβουν αυτά τα μηχανήματα και τον τρόπο που θα φτάσουν αυτά στο εργοτάξιο.

Τα μηχανήματα που χρησιμοποιούνται στις διαδικασίες στρώσης γραμμής είναι τα εξής:

- ♦ Μικρά μηχανήματα γραμμής, όπως μηχανήματα κοχλίωσης - αποκαχλίωσης με ρυθμιζόμενη σύσφιξη, δισκοπρίονα, τιρφωνέζες, μηχανήματα διάτρησης σιδηροτροχιών, μηχανήματα πεδίλωσης ξύλινων στρωτήρων, μηχανήματα λείανσης συγκαλλήσεων, πυλωνάκια κλπ. απαιτούμενα για σιδηροδρομικές εργασίες.
- ♦ Βαρέα μηχανήματα γραμμής, όπως rail-threader, πυλώνες, μηχανήματα μεταφοράς σιδηροτροχιών (trolleys), μαρμούθ, μηχανές έλξης οποιουδήποτε τύπου και ηλεκτρικής δυνατότητας, κλπ.
- ♦ Μηχανήματα δομικών έργων όπου απαιτούνται, Μηχανήματα διπλής ενέργειας (κινούμενα επί γραμμής και με τροχούς) κλπ.
- ♦ Ειδικά εργαλεία, όπως γρύλλοι ανύψωσης σιδηροτροχιών, σκαπάνια (πικούνια) κλπ.
- ♦ Μηχανήματα ποιοτικού ελέγχου.

Για όλα τα μηχανήματα που κινούνται επί γραμμής πρέπει να έχει εξασφαλισθεί από τον αρμόδιο φορέα (πχ ΟΣΕ) η απαραίτητη άδεια κυκλοφορίας.

Φυσικό, τα υλικά επιδομής που θα χρησιμοποιηθούν για τη στρώση γραμμής διαπίσθενται επιτόπου του έργου σύμφωνα με

όσα έχουν αναφερθεί σε προηγούμενα κεφάλαιο και είναι διαθέσιμα για τις εργασίες που θα ακολουθήσουν.

Υπογόμωση δια χειρός

Η υπογόμωση όταν γίνεται χειρονακτικά, γίνεται τοπικά και απαιτεί χρησιμοποίηση σκαπάνων υπογόμωσης. Η ποιότητα και η ακρίβεια που επιτυγχάνεται χειρονακτικά είναι ελάχιστη και έχουν περιορίσει την εφαρμογή τέτοιων μεθόδων μόνο σε προκύψει τοπικά μια ανάγκη στη γραμμή. Η διαδικασία ξεκινά με την ελευθέρωση της κάτω πλευράς του στρωτήρα που έχει μέτωπο στην κατεύθυνση κυκλωφορίας περίπου 5cm. Αυτό είναι απαραίτητο για να επιτευχθεί κατό το δυνατό ομοιογενής υπογόμωση. Στη συνέχεια το υφιστάμενο σκύρο χαλαρώνει με την σιχμή της σκαπάνης και μετά συμπυκνώνεται με περίπου 400 χτυπήματα με την πίσω πλατιά πλευρά της σκαπάνης. Με τον τρόπο αυτό έχει γίνει η υπογόμωση του μισού στρωτήρα. Ομοίως γίνεται και η υπογόμωση του άλλου μισού στρωτήρα (αντίθετα στην κατεύθυνση κυκλωφορίας), προκειμένου να επιτευχθεί κατά το δυνατόν μεγαλύτερης διφρκείας σταθερότητα του στρωτήρα.



Εικάσια 13.7. Σκαπάνη για την δια χειρός υπογόμωση

Εντυπωσιακό είναι ότι για την υπογόμωση ενός στρωτήρα χειρονακτικά απαιτούνται 4 εργάτες, των οποίων οι κινήσεις πρέπει να συνεργάζονται απόλυτα.

Υπογόμωση με ηλεκτροκίνητο μηχανήματα διο χειρός

Προκειμένου να μην αποσχολούνται τόσοι εργάτες για την υπογόμωση ενός στρωτήρα, έχουν εφευρεθεί μηχανήματα που εκτελούν τοπική υπογόμωση. Η διαδικασία γίνεται μέσω ταλαντώσεων μικρού πλάτους, που αντιστοιχούν σε ασθενή κτυπήματα.



Εικόνα 13.8. Ηλεκτροκίνητο μηχανήματα για υπογόμωση διο χειρός

Και η χρήση αυτών των μηχανημάτων προορίζεται για τοπική χρήση, αφού για την υπογόμωση δλης της γραμμής χρησιμοποιούνται ειδικά, βαρέα μηχανήματα.

13.5. Ειδικές εργασίες που αφορούν τα υλικά

Κατά τη διαδικασία στρώσης γραμμής, υπάρχουν ορισμένες ειδικές εργασίες που αφορούν τα υλικά της επιδομής και απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή κατά την εκτέλεσή τους. Έτσι, τα υλικά θεωρείται βέβαιο ότι όχι μόνο διοιτθενται επι τόπου του έργου αλλά και φτι περιλαμβάνουν τις παρακάτω σημαντικές εργασίες.

Οι εργασίες αυτές έχουν μεγάλη σημασία για την ασφάλεια της γραμμής και περιγράφονται αναλυτικά σε κανονιστικά κείμενα (ΠΕΤΕΠ), ενώ οφείλουν να ικανοποιούν συγκεκριμένες προδιαγραφές.

Οι βασικότερες από αυτές τις εργασίες κατά τη στρώση γραμμής είναι οι εξής:

- Ο έλεγχος των σημείων εξασφάλισης εφ' όσον υφίσταται εξασφάλιση του άξονα της γραμμής, ή η προσωρινή εξασφάλιση του άξονα μέχρι την οριστική εξασφάλιση (Συνίσταται η στρώση να γίνει μετά την οριστική εξασφάλιση της γραμμής)
- Οι τοπικές μεταφορές και φορτοεκφορτώσεις των υλικών,
- Η συναρμολόγηση της γραμμής (τοποθέτηση των σιδηροτροχιών επί των στρωτήρων, γώνιασμα, τοποθέτηση συνδέσμων, σύσφιξη κλπ.) σύμφωνα με τα σχέδια στρώσης της γραμμής, την αντίστοιχη ΠΕΤΕΠ, τους ισχύοντες Κανονισμούς (πχ. ΝΚΕΓ) και τις οδηγίες της Υπηρεσίας, δηλ.:
 - Η αφαίρεση των οπών των σιδηροτροχιών που τυχόν υπάρχουν, στα σημεία που θα γίνει συγκόλληση σιδηροτροχιών.
 - Η τοποθέτηση των στρωτήρων σε κανονική μεταξύ τους απόσταση ($60 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$), στην οριστική τους θέση ως προς τον άξονα (με ανοχή 5 cm) και γώνιασμά τους (καθετάτητο ως προς τον άξονα της γραμμής). Στις περιπτώσεις στρώσης γραμμής με αρμούς προβλέπεται τοποθέτηση δίδυμων στρωτήρων στη θέση του αρμού. Η απόσταση μεταξύ των στρωτήρων μπορεί να μεταβάλλεται στις καμπύλες σύμφωνα με τον ισχύοντα Κανονισμό.

- Η τοποθέτηση των ελαστικών υποθεμάτων επί των στρωτήρων.
- Καμπύλωση των σιδηροτροχιών με ειδική συσκευή καμπύλωσης, όπου απαιτείται.
- Η τοποθέτηση των σιδηροτροχιών επί των στρωτήρων με μετοξύ τους διάκενο (αρμό) $2 \text{ cm} \pm 0,5 \text{ cm}$. Για τις περιπτώσεις που δεν θα γίνεται άμεσα συγκόλληση των σιδηροτροχιών και εφ' όσον η γραμμή θα παραδίδεται σε κυκλοφορία, επιβάλλεται η προσωρινή σύνδεση της γραμμής με εργοταξιακούς σφικτήρες του Αναδόχου, ώστε να επιτρέπεται η κυκλοφορία της γραμμής με ταχύτητα που θα καθορίζει η Υπηρεσία.
- Τα ακραία σημεία των σιδηροτροχιών που θα συγκόλλονται θα πρέπει να είναι απολλαγμένα από σπές αμφίδεσης. Στην περίπτωση κατά την οποία υπάρχουν σπές θα γίνεται κοπή της σιδηροτροχιάς σε κατάλληλο μήκος και με κατάλληλο μηχάνημα που θα διασφαλίζει την επιοπέδητη διατομή.
- Η τοποθέτηση των συνδέσμων.
- Η σύσφιξη των συνδέσμων με βοήθεια ειδικών μηχανημάτων κοχλίωσης και με την κανονική ροπή συσφίξεως.
- Η λίπονση - πετρελαϊσμη των βλήτρων όπου απαιτείται.
- Η αμφίδεση της γραμμής με Σ.Σ.Σ. με προσωρινούς αμφίδετες και ειδικούς σφικτήρες (όχι διάνοιξη σοών) που θα επιτρέπουν στα μηχανήματα γραμμής να εργάζονται ελεύθερα και θα εξασφαλίζουν την κυκλοφορία των εργοταξιακών σιδηροδρομικών οχημάτων και μηχανημάτων, μέχρι την εκτέλεση των απαιτούμενων συγκόλλήσεων.

- Σε περίπτωση στρώσης γραμμής με αρμούς, η διάτρηση των σιδηροτροχιών στα αμφιδετούμενα όκρα και η αμφιδεση συτόν.
 - Το γώνιασμα των αρμών.
 - Η ρύθμιση του εύρους της γραμμής.
 - Η αφαίρεση των επικάμψεων στην περίπτωση χρήσης παλαιών σιδηροτροχιών.
 - Η συντήρηση των αμφιδετών και των βλήτρων στην περίπτωση χρησιμοποίησης παλαιών υλικών.
 - Η πεδίλωση των ξύλινων στρωτήρων όπου απαιτείται.
 - Η πρόσδεση των ξύλινων στρωτήρων με ειδικά βλήτρα επί γεφυρών.
 - Η τοποθέτηση αντιτροχιών στις περιπτώσεις ισόπεδων διαβάσεων.
 - Η στρώση βοηθητικών γραμμών και γραμμών κυλίσεως πυλώνων, σε περίπτωση χρήσης πυλώνων στρώσης γραμμών, η τυχόν προσυναρμολόγηση των εσχαρών της γραμμής εκτός επιχώματος καθώς και κάθε άλλη βοηθητική εργασία που απαιτείται, ανάλογα με τον τρόπο επιλογής στρώσης της γραμμής.
- Για γραμμές κανονικού εύρους με αρμούς, που αποτελούνται από σιδηροτροχιές UIC50, τα αγκύρια ερπισμού (αντιαδευτικά) τοποθετούνται σε εσχάρες με κλίση $i \geq 5\%$ και πάντοτε στην προς τα ανάντη της κλίσεως, πλευρά των στρωτήρων, ως εξής:
- Σε μια εσχάρα των 36 το τοποθετούνται 8 τεμάχια ανά εσχάρα και συγκεκριμένα στις θέσεις του 26° , 29° , 32° και 35° στρωτήρα.

- Σε μια εσχάρα των 54 π τοποθετούνται 12 τεμάχια ανά εσχάρα και συγκεκριμένα στις θέσεις του 37°u , 40^{su} , 43^{su} , 45^{su} , 48^{su} και 51^{su} στρωτήρα.
- ♦ Η προσωρινή τακτοποίηση της γραμμής στην οριστική της θέση (οριζόντιογραφική απόκλιση $\pm 5\div 10$ cm από τον δίξινα) και η απαιτούμενη προσωρινή υψομετρική τακτοποίησή της για την ασφαλή διέλευση των σιδηροδρομικών οχημάτων και μηχανημάτων γραμμής.
- ♦ Η περισυλλογή όλων των υλικών που θα περισσέψουν, η μεταφορά και αποθήκευσή τους σε θέσεις που θα υποδειχθούν από την αρμόδια Υπηρεσία.
- ♦ Ο ποιοτικός έλεγχος όλων των εργασιών με φορητά μηχανήματα ελέγχου που θα διαθέτει ο Ανάδοχος. Τα αποτελέσματα από τις καταγραφικές συσκευές θα εμπεριέχονται στο ΠΠΕ και θα αποτελούν προϋπόθεση για την πιστοποίηση της εργασίας, αλλιώς οι αυτοστοιχες εργασίες θα πιστοποιούνται ως ημιτελείς σύμφωνα με τα οριζόμενα στην νόμοθεσία.
- ♦ Σύνταξη Μητρώου Καμπυλών σύμφωνο με την ΠΕΤΕΠ 07-02-03-10 (Παράρτημα B).

Κεφάλαιο 14

14. Επιθεώρηση γραμμής και Καταγραφή σφαλμάτων

14.1. Μέτρα για την ασφάλεια κυκλοφορίας

Η κατοχύρωση της ασφαλείας κυκλοφορίας από πλευράς γραμμής επιτυγχάνεται με διάφορες ενέργειες όπως:

- ♦ επιθεώρηση από τον αρμόδιο τεχνικό προσωπικό της γραμμής, των τεχνικών έργων και εγκαταστάσεων εν γένει, σε τακτικές και έκτακτες επισκέψεις, για τη διαπίστωση της καταστάσεως τους
- ♦ καταγραφή της κατάστασης της γραμμής από τα καταγραφικά οχήματα, την αξιολόγηση και την αξιοποίησή τους
- ♦ επιβολή βραδυποριών σε περιπτώσεις έντονων ανωμάλιών γραμμής, μέχρις αποκαταστάσεώς τους. Σε ακραίες περιπτώσεις, αμέσου κινδύνου, διακόπτεται και η κυκλοφορία μέχρις ότου εκτελεσθούν οι αναγκαίες εργασίες άρσης του κινδύνου.

Οι παραπάνω διαδικασίες περιγράφονται από κανονιστικά κείμενα (ΠΕΤΕΠ 07-04-03-10) τόσο ως προς τις εργασίες, όσο και ως προς την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων.

14.2. Επιθεώρηση και γραμμής

14.2.1. Γενικά περί επιθεώρησης

Η επιθεώρηση της σιδηροδρομικής γραμμής είναι μια διαδικασία, μέσω της οποίας γίνεται εκτίμηση της πραγματικής κατάστασης της επιδομής και αξιολόγηση του διαθέσιμου υλικαύ. Η διαδικασία αυτή μπορεί να γίνει είτε πεζοπορώντας κατά μήκος της γραμμής, είτε με ειδικά καταγραφικά μηχανήματα γραμμής [4].

Υπάρχουν πολλά είδη επιθεώρησης, αναλόγως τη χρονική στιγμή που διενεργείται και το λόγο. Συγκεκριμένα, η επιθεώρηση διακρίνεται σε:

- ♦ τάκτική
- ♦ έκτακτη και
- ♦ ειδική

Η τάκτική επιθεώρηση επαναλαμβάνεται σε προκαθορισμένα χρονικά διαστήματα και με συγκεκριμένο περιεχόμενο. Αντίθετα, η έκτακτη επιθεώρηση πραγματοποιείται για την πρόληψη των συνεπειών από ενδεχόμενο συμβάν που θα καταπονήσει ιδιαίτερα την επιδομή (π.χ. πλάγια μετατόπιση της γραμμής από επερχόμενα καύσωνα) ή από παρατήρηση μηχανοδηγών τυχαίων συμβάντων κατά την οδήγηση. Τέλος, η ειδική επιθεώρηση διεξάγεται σε χαρακτηριστικά σημεία που εγκυρούνται ιδιαίτερους κινδύνους (π.χ. περιοχή κατολισθήσεων).

Η επιθεώρηση πρέπει να λαμβάνει υπόψη ορισμένους σημαντικούς παράγοντες. Αρχικά, πρέπει να ληφθεί υπόψη η κατάσταση των υλικών της επιδομής, η επιτρεπόμενη ταχύτητα της γραμμής και επομένως, η φόρτιση που αυτά δέχονται. Επίσης, η γεωμετρία της γραμμής πρέπει να έχει αποτυπωθεί και η αναμενόμενη κυκλοφορία να έχει προβλεφθεί, προκειμένου κατά την επιθεώρηση να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στα κρίσιμα σημεία της γραμμής.

Η επιθεώρηση έχει ως στόχο τον εντοπισμό σφαλμάτων και την διόρθωσή τους. Αν κατά την αξιολόγηση των ευρημάτων προκύψουν πολύ μεγάλες τιμές σφαλμάτων ή αποτελέσματα που αμφισβητούνται, τότε πραγματοποιούνται επιπλέον μετρήσεις. Οι μετρήσεις που συνήθως πραγματοποιούνται επιπλέον είναι οριζοντιογραφικές, υψομετρικές και ως προς τη στάθμη των σιδηροτροχιών.

Τέλος, σημαντικό είναι οποιαδήποτε είδους επιθεώρηση κι αν σχεδιάζεται, να έχουν οριστεί πλήρως ο τόπος που θα γίνει η επιθεώρηση, η χρονική περίοδος που θα γίνει, η μέθοδος με την οποία θα γίνει, οι συσκευές/μηχανήματα που θα χρησιμοποιηθούν και τα μέτρα που θα ληφθούν πριν και κατά τη διάρκεια διεξαγωγής της επιθεώρησης.

14.2.2. Ποιος διενεργεί την επιθεώρηση

Η επιθεώρηση και ο έλεγχος της γραμμής και των τεχνικών της έργων, πραγματοποιείται από διάφορους φορείς:

- ♦ Από τους Φύλακες Γραμμής (Φ.Γ.) πεζοί κάθε μέρα ή ανά διήμερο σε όλο το μήκος γραμμής ή πολλαπλή καθημερινή επιθεώρηση μόνο στα επισφαλή σημεία όπως προβλέπεται, κατά περιοχές από τις υπηρεσιακές διαταγές. Ο έλεγχος της κανονικής πραγματοποίησης των διαδρομών αυτών των Φ.Γ. γίνεται με την υπογραφή που υποχρεούνται να βάζουν στα βιβλιάρια ελέγχου διαδρομών, που βρίσκονται στα άκρα (ή και ενδιάμεσα) των διαδρομών τους. Οι Φ.Γ. κατά την εκτέλεση της υπηρεσίας τους, φέρουν τα προβλεπόμενα εφόδια (σημαία κάκκινη, κροτίδες, σάλπιγγα κ.λ.π) για να μπορούν να σταθμεύσουν ή να βραδυπορήσουν αμαξοστοιχία σε περίπτωση που διαπιστώσουν επικίνδυνες ανωμαλίες στη γραμμή.
- ♦ Από τους Αρχιτεχνίτες Γραμμής που προίστονται των ομάδων συντήρησης γραμμής, κάθε βδομάδα, πεζοί, σ' όλη τη δικαιοδοσία της ομάδας. Εκτός από την ανά βδομάδα, κανονική επιθεώρηση, ο Αρχιτεχνίτης υποχρεούται σε έκτακτες επιθεωρήσεις εφόσον η κατάσταση γραμμής το επιβάλλει ή όταν πληροφορηθεί, με οποιονδήποτε τρόπο, για ύπαρξη ανωμολιών στη γραμμή. Κατά τις παραπάνω επιθεωρήσεις, ο Αρχιτεχνίτης υποχρεούται να υπογράψει, στα βιβλιάρια των Φ.Γ. Τονίζεται ιδιοίτερα ότι ο Αρχιτεχνίτης έχει την υποχρέωση να διατάσσει έκτακτη επιθεώρηση της γραμμής, από το προσωπικό του, σε περιπτώσεις δυσμενών καιρικών συνθηκών (έντονες βροχοπτώσεις, χιονοθύελλες, πλημμύρες, πογκετοί ή υψηλές θερμοκρασίες), ή σε περιπτώσεις εκτόκτων συμβάντων (σεισμοί κ.λ.π) ή ακόμη και να διατάσσει συνεχή φρούρηση επισφαλών σημείων

της γραμμής, στα οποία παρουσιάστηκαν ανωμαλίες (κοτόκλίσεις γραμμών από νερά, καταπτώσεις λίθων στη γραμμή από τα πρανή ορυγμάτων, υποσκαφές βάθρων γεφυρών κ.λ.π) μέχρις άρσης της ανωμαλίας ή λήψης των ενδεικνυομένων μέτρων. Τονίζεται δε ότι δεν πρέπει να υπόρχει κανένας δισταγμός, από τον Αρχιτεχνίτη και τον Εργοδηγό για βραδυπόρηση των αμαξοστοιχιών ή ακόμη και στάθμευσή τους, σε περίπτωση που διαπιστωθούν στη γραμμή ή τα τεχνικά έργα ανωμαλίες που θέτουν σε κίνδυνο την ασφάλεια της κυκλοφορίας.

- ♦ Από τους Εργοδηγούς Γραμμής (ή τους εκτελούντες χρέη Εργοδηγού Αρχιτεχνίτες) πεζοί, σε όλη την δικαιοδοσία τους με συνοδεία των Αρχιτεχνιτών των ομάδων τουλάχιστον μια φορά το μήνα. Επίσης, τουλάχιστον, μια φορά την εβδομάδα ο Εργοδηγός Γραμμής υποχρεούται να κάνει επιθεώρηση της γραμμής, σ' όλη την δικαιοδοσία του, επιβαίνοντας στον θάλαμο οδήγησης (ή στην ουρά) μιας από τις ταχύτερες αμαξοστοιχίες, για την διαπίστωση της κατάστασης της γραμμής, εν κινήσει και παροχή σχετικών οδηγιών συντήρησης. Τέλος τονίζεται ότι, στις υποχρεώσεις κατά την επιθεώρηση της γραμμής των Φ.Γ., των Αρχιτεχνιτών και των Εργοδηγών, περιλαμβάνεται και ο μακροσκοπικός έλεγχος της κατάστασης και παντός τεχνικού έργου της γραμμής (γεφυρών, αηράγγων, τοίχων προστασίας ορυγμάτων επιχωμάτων κ.λ.π).
- ♦ Από το Τεχνικό Προσωπικό των Τμημάτων Γραμμής (Τεχνικούς Υπαλλήλους- Σχεδιαστές, Πτυχιούχους Μηχανικούς ΤΕ, Διπλωματούχους Μηχανικούς) κατά τις εκόστοτε εξόδους τους, με αμαξοστοιχίες ή δραιζίνες ή πεζοί.

- Από την κατογραφή που γίνεται από τα καταγραφικά οχήματα σφαλμάτων γραμμής, ανά εξόμηνο τακτικά και έκτακτα φασες φορές αποτείται, την αξιολόγησή τους από τον Αρχιμηχανικό τον Προϊστάμενο του αντίστοιχου Τμήματος Γραμμής και τη λήψη των ενδεικνυμένων μέτρων. Οι Αρχιτεχνίτες, οι Εργοδηγοί, οι Τεχνικοί Υπόλληλοι-Σχεδιαστές και οι Μηχανικοί των Τμημάτων Γραμμής, στις εξόδους των, επιθεωρούν τα βιβλιάρια ελέγχου διαδρομών, για την διαπίστωση της κανονικής εκτέλεσης της επιθεώρησης και υπογράφουν και οι ίδιοι στα βιβλιάρια. Οι Προϊστάμενοι Διπλωματούχοι Μηχανικοί των Τμημάτων Γραμμής μεριμνούν για την ενημέρωση των Φ.Γ. καθώς και των Εργατών Γραμμής, που ταυς αντικαθιστούν για τα καθήκοντα και υποχρεώσεις τους, που προκύπτουν από τον Κανονισμό των Φ.Γ. και Φυλάκων Ισόπεδων διαβάσεων (ΦΙΔ). Η παραπάνω ενημέρωση πρέπει να γίνεται από τους Προϊσταμένους των Τμημάτων Γραμμής. Η ενημέρωση αυτή πρέπει να επαναλαμβάνεται από τους Προϊσταμένους των Τμημάτων Γραμμής κάθε 2 χρόνια.

Τέλος, σε ειδικά τεχνικά έργα της σιδηροδρομικής γραμμής, όπως σήραγγες και γέφυρες, οικολογούνται άλλοι κανονισμοί, πιο αυστηροί, στοχεύοντας στην πρόληψη ενδεχόμενης βλάβης της γραμμής στα κρίσιμα αυτά σημεία της γραμμής. Συγκεκριμένα, στις περιπτώσεις αυτές προβλέπονται:

A. Μακροσκοπικές επιθεωρήσεις:

- κάθε μέρα (ή κάθε 2 μέρες) από τον Φύλακα Γραμμής, κατά την διαδρομή του τμήματός του
- κάθε 7 μέρες από τον Αρχιτεχνίτη Γραμμής
- κάθε μήνα (τουλάχιστον) από τον Εργοδηγό Γραμμής

Β. Λεπτομερέστερη (επίσης μακροσκοπική) επιθεώρηση:

Κάθε χρόνο, από τους Μηχανικούς του αρμόδιου Τμήματος Γραμμής.

Γ. Διεξοδική επιθεώρηση των μεταλλικών γεφυρών:

Κάθε 5 χρόνιο, από συνεργείο, υπό την επιβλεψη Μηχανικού (με εγκατάσταση Ικριωμάτων - όπου χρειάζεται - για την εξέταση, από κοντά, όλων των στοιχείων της κατασκευής, βελομετρήσεις κ.λ.π.).

Τα αποτελέσματα των ετήσιων και πενταετών επιθεωρήσεων καταχωρούνται σε πίνακες και υποβάλλονται στις Υ.Γ. της Διεύθυνσης Παραγωγής και στην Υπηρεσία Γεφυρών και Μεταλλικών Έργων της Διεύθυνσης Γραμμής.

Στον πενταετή κύκλο επιθεώρησης αντιστοιχεί ανάλογος πενταετής κύκλος συντήρησης των μεταλλικών γεφυρών.

14.2.3. Στοιχεία που επιθεωρούνται

Κατά τις επιθεωρήσεις, κυρίως τις εβδομαδιαίες επιβάλλεται ιδιαιτέρως ο έλεγχος:

- ♦ της έδρασης και της οριζοντιογραφικής θέσης της γραμμής
- ♦ των φυγκαλλήσεων
- ♦ των αισκευών διασταλής
- ♦ των ενδεχόμενων μετατοπίσεων των σιδηροτροχιών σε σχέση με τους στρωτήρες της ζώνης εκτόνωσης των ΣΣΣ
- ♦ των εκτροπών των αρμών από την κάθετο
- ♦ των περιοχών κοντά σε ιδιαίτερα σημεία (γέφυρες και τεχνικά έργα)
- ♦ των περιοχών, όπου η διοτομή του έρματος, ενισχυμένη ή μη, κινδυνεύει να εξασθενήσει και
- ♦ της συμπεριφοράς των προσωρινών αμφιδέσεων, όπως επίσης και της έδρασης των στρωτήρων, οι οποίοι τις περικλείουν.

14.3. Οργάνωση της επίβλεψης

Η επιθεώρηση της γραμμής γίνεται οργανωμένα, προκειμένου να είσι αποτελεσματική. Ο προϊστάμενος του τμήματος γραμμής με διαταγή καθορίζει:

- τις ηρας επιθεώρηση περιοχές (όλες όσες έχουν στρωθεί με Σ.Σ.Σ.).
- τις ημερομηνίες έναρξης και λήξης των εκτάκτων επιθεωρήσεων λόγω υψηλών θερμοκρασιών.
- την κατανομή της δικαιοδοσίας κάθε ομάδας σε τμήματα, κάθε ένα από τα οποία θα επιθεωρείται πεζή από ένα δραγάνο της ομάδας (συνήθως καθορίζεται σε 6 χλμ. περίπου ανά εργάτη).

Ο Εργοδηγός γραμμής ενημερώνει σχετικώς τους Αρχιτεχνίτες και από κοινού καθορίζουν το πρόγραμμα εργασίας και επιθεωρήσεων των ομάδων, ενώ λαμβάνεται πρόνοια ώστε η εν λόγω επιθεώρηση να πραγματοποιείται και κατά τις αργίες, την μία δε διαδρομή (των 6 περίπου χλμ), να εκτελεί ο κανονικός φύλακας γραμμής [16].

Τέλος, ο Εργοδηγός γραμμής πρέπει κάθε μέρα να ελέγχει την κανονική εκτέλεση της υπόψη επιθεώρησης.

Κάθε πρωί, σε όλη την διάρκεια της καθορισμένης από τον Προϊστάμενο του τμήματος, χρονικής περιόδου έκτακτης επιθεώρησης της γραμμής, ο Αρχιτεχνίτης παρακολουθεί την θερμοκρασία. Για τον σκοπό αυτό τοποθετεί το πρωί (ώρα 8.00) ένα θερμόμετρο στο πέλμα της σιδηροτροχιάς και μετά μία ώρα παρατηρεί την θερμοκρασία. Βάσει αυτής εκτιμά εάν υπάρχει το ενδεχόμενο η θερμοκρασία κατά την διάρκεια της ημέρας, να ανέβει στους 45° (40°C για τις μη απελευθερωμένες ακόμη σιδηροτροχιές οι οποίες στρώθηκαν σε θερμοκρασία μικρότερη των 28°C). Εάν υπάρχει τέτοιο ενδεχόμενο, ειδοποιεί σχετικώς τον φύλακα γραμμής και προσδιορίζει τους εργάτες (ή και Τεχνίτες Γραμμής) της ομάδας του, οι οποίοι θα εκτελέσουν την επιθεώρηση καθορίζοντας το τμήμα το οποίο θα ελέγχει καθένας τους.

14.4. Λήση μέτρων

Εάν διαπιστωθούν ανωμαλίες που μπορούν να θέσουν σε κίνδυνο την οικφάλεια της κυκλοφορίας, λαμβάνονται τα ακόλουθα μέτρα κατά περίπτωση:

- ◆ διαπίστωση παραμόρφωσης της γραμμής;
- άμεση στάθμευση των αμαξοστοιχιών.
- ειδοποιείται ο αρχιεργάτης, ο εργοδηγός και το τμήμα γραμμής.

- ◆ Παρατήρηση άλλων ανωμαλιών επί γραμμής, οι οποίες είναι δυνατόν να προκαλέσουν έναρξη παραμόρφωσης της γραμμής, δηλαδή:
 - ανώμαλη μετατόπιση των στρωτήρων.
 - εμπλοκή των εξαρτημάτων της συσκευής διαστολής.
 - κλείσιμο του διακένου της συσκευής διαστολής.

Για την αντιμετώπιση αυτών:

- σταθμεύεται η πρώτη αμαξοστοιχία και ειδοποιούνται οι εκατέρωθεν σταθμοί, ο αρχιτεχνίτης, ο εργοδηγός και το Τμήμα Γραμμής.
- τίθεται βραδυπορίο 10 km/h για την διέλευση των αμαξοστοιχιών.
- παρακολουθείται συνεχώς η εν λόγω περιοχή, από όργανα της ομάδας, μέχρις αποκατάστασης της ανωμαλίας και παρέλευσης του χρόνου σταθεροποίησης της γραμμής.

Περισσότερες λεπτομέρειες για τις διαδικασίες επιθεώρησης και ελέγχου γραμμής υπάρχουν στις αντίστοιχες ΠΕΤΕΠ (ΠΕΤΕΠ 07-04-03-10), ενώ δίνονται και σαφείς οδηγίες για τον τρόπο εκτέλεσης των παραπόνω εργασιών [16].

14.5. καταγραφή σφαλμάτων με καταγραφικό όχημα

14.5.1. Το καταγραφικό όχημα

Υπάρχουν αρκετά οχήματα καταγραφής σφαλμάτων, δύο φμως βασίζονται στις ίδιες αρχές τόσο ως προς τη λειτουργία τους, δύο και ως προς τα μετρούμενα μεγέθη. Ο ΟΣΕ διαθέτει το αυτοκινούμενο όχημα καταγραφής σφαλμάτων γραμμής ΕΜ-120, το οποίο κατασκευάστηκε το 1986 από την Αυστριακή εταιρεία Plasser & Theurer.



Εικόνα 14.1. Όχημα καταγραφής σφαλμάτων

Παρά το γεγονός ότι συνεχώς γίνονται αλλαγές και βελτιώσεις στον ηλεκτρονικό εξοπλισμό των οχημάτων αυτών καθώς και στα προγράμματα επεξεργασίας, οι βασικές αρχές τους είναι ίδιες.

Σήμερα με τα καταγραφικά οχήματα καταγράφονται οι ακόλουθες παράμετροι [19]:

- ◆ Υψηλετρικά σφάλματα αριστερής σιδηροτροχιάς συμμετρική/ασύμμετρη χορδή
- ◆ Υψηλετρικά σφάλματα δεξιάς σιδηροτροχιάς συμμετρική/ασύμμετρη χορδή

- Υπερύψωση
- Ανεπόρκεια υπερύψωσης
- Στρεβλότητα
- Οριζοντιογραφικά σφάλματα αριστερής σιδηροτροχιάς και καμπυλότητα
- Οριζοντιογραφικό σφάλματα δεξιάς σιδηροτροχιάς
- Εύρος γραμμής
- Οριζόντιες επιταχύνσεις οχήματος
- Κάθετες επιταχύνσεις οχήματος



Εικόνα 14.2 και 14.3. Από τα άχυτα καταγραφής αφαλμάτων γραμμής

Για την καταγραφή χρησιμοποιούνται συστήματα τελευταίας τεχνολογίας (μη επαφικό αδρονειστικό σύστημα, συστήματα laser, προηγμένοι ηλεκτρονικοί υπολογιστές), εξειδικευμένα προγράμματα (software) για την ανάλυση των αποτελεσμάτων κλπ).

14.5.2. Διαγράμματα καταγραφής σφαλμάτων

Τα στοιχεία της γεωμετρίας της γραμμής αποτυπώνονται σε διάγραμμα 1:5000 συνεχούς ροής αναλόγου της ταχύτητας του οχήματος και τα όρια των παραμέτρων που εκτυπώνονται είναι του επιπέδου C για κάθε κατηγορία γραμμής.

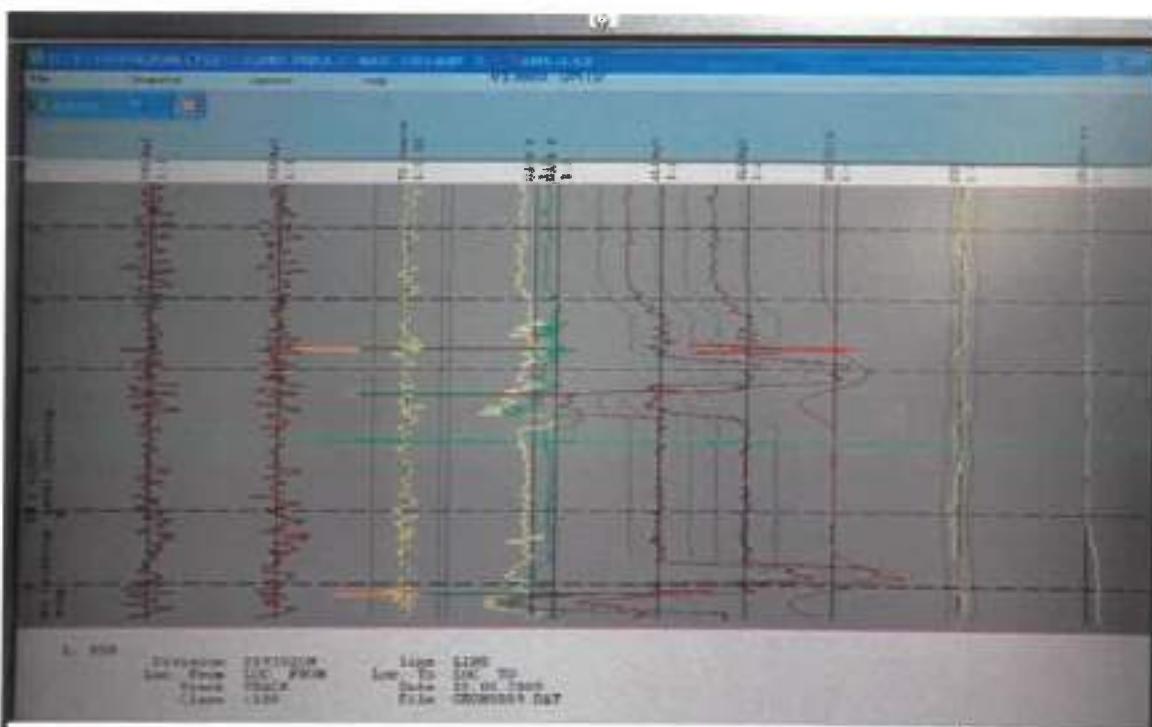
Υπάρχουν δύο είδη διαγραμμάτων:

- τύπου ΟΣΕ και
- τύπου DB αντίστοιχο αυτού που χρησιμοποιούν οι Γερμανικοί Σιδηρόδρομοι.

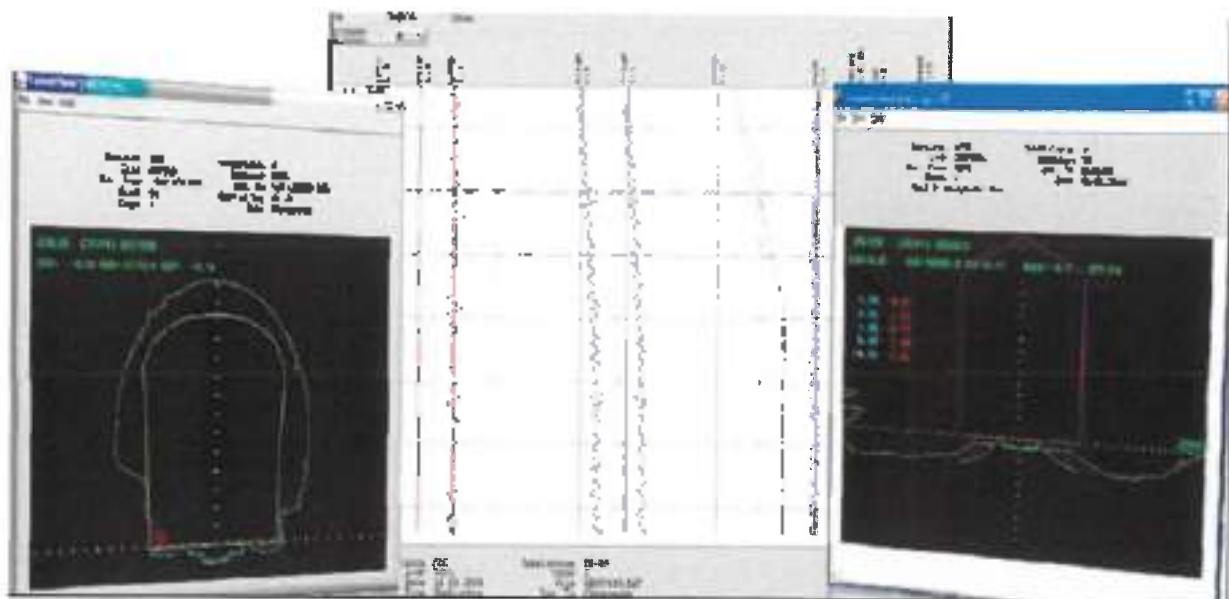
Πληροφορίες για όλα τα πιθανά γεωμετρικά σφάλματα σε είδος, μέγεθος και αριθμό δίνουν:

- ο Κατάλογος Σφαλμάτων (Error List),
- ο Πρόσθετος Κατάλογος (Extra List) και
- η Συγκεντρωτική Αναφορά (Summary Report).

Τέλος το διάγραμμα 1:100.000 δίνει πληροφορίες και αξιολογεί την γραμμή κατά τον Γερμανικό Κανονισμό Επιδομής (DB) DS 820.01.



Εικόνα 14.4. Διάγραμμα κατάγραφης σφαλμάτων γραμμής



Εικόνα 14.5. Από τις οθόνες του κοταγραφικού οχήματος

Ο κατάλογος σφαλμάτων (error list), ο πρόσθετος κατάλογος (extra list) και η συγκεντρωτική αναφορά (summary report), αναλύονται με λεπτομέρεια στο παράρτημα 2 [16].

Τέλος, αναλόγως τις καταγραφές του μηχανήματος, γίνεται κατηγοριοποίηση της γραμμής που δείχνει την κατάσταση γραμμής. Τα επίπεδα κατάστασης γραμμής παρουσιάζονται αναλυτικά στο Παράρτημα 2 [16].



Εικόνα 14.6. Κεντρικός επεξεργαστής του κοταγραφικού οχήματος

Κεφάλαιο 15

15. Ασφάλεια

15.1. Ασφάλεια εργοταξίου

Τα εργοτάξια διακρίνονται από ιδιαιτερότητες σε σχέση με άλλους βιομηχανικούς κλάδους. Οι ιδιαιτερότητες αυτές αυξάνουν την πιθανότητα και την ασβαρότητα του ατυχήματος. Η εργασία είναι για πολλούς περιστασιακή, εκτελείται κάτω από απρόβλεπτες μεταβολές των καιρικών συνθηκών, το περιεχόμενο της εργασίας απαιτεί σωματική δύναμη και ακρίβεια σε μεγάλα ύψη ή υπόγειους χώρους, αλλάζει δε πολλές φορές την τελευταία στιγμή, εκτελείται παράλληλη εργασία πολλών συνεργείων με έλλειψη πολλές φορές επαρκούς συνεργασίας και συντονισμού σε ότι αφορά την λήψη και τήρηση των μέτρων ασφαλείας.

Σήμερα παρουσιάζεται έντονα και το φαινόμενο της σύνθεσης των συνεργείων κατό μεγάλο ποσοστό από εργαζόμενους, ότι οποιοι δεν γνωρίζουν καλά την ελληνική γλώσσα και έτσι δημιουργούνται προβλήματα επικοινωνίας που αυξάνουν την επικινδυνότητα και την πιθανότητα ατυχήματος [16].

Τα συνηθέστερα ατυχήματα στα εργοτάξια οφείλονται σε:

- ♦ πτώσεις από ύψη,
- ♦ πτώσεις αντικειμένων ή και υλικών κατασκευής,
- ♦ εργαλεία που αποβαίνουν επικινδυνά κατά τη χρήση τους,
- ♦ ηλεκτροπληξία,
- ♦ κατολισθήσεις,
- ♦ μηχανήματα εργοτοξίων (κακή λειτουργία, κακός χειρισμός),
κ.α.

15.2. Μέτρα Υγιεινής και Ασφάλειας

Βασική αρχή για την εκτέλεση εργασιών στρώσης σιδηροδρομικής γραμμής, είναι η συμμόρφωση προς την οδηγία 92/57/ΕΕ που αναφέρεται στις "Ελάχιστες απαιτήσεις υγιεινής και ασφάλειας προσωρινών και κινητών Εργοταξίων" είναι υποχρεωτική καθώς επίσης και η συμμόρφωση με την Ελληνική Νομοθεσία στα θέματα υγιεινής και ασφάλειας (Π.Δ. 17/96 και Π.Δ. 159/99).

Υποχρεωτική επίσης είναι και η χρήση μέσων ατομικής προστασίας κατά την εκτέλεση των εργασιών. Οι ελάχιστες απαιτήσεις είναι οι εξής: Προστατευτική ενδυμασία, προστασία χεριών και βραχιόνων, χρησιμοποίηση κρανών για την προστασία του κεφαλιού, υποδήματα ασφαλείας για επαγγελματική χρήση, τα οποία προστατεύουν και από το ηλεκτρικό ρεύμα.

Τα παραπάνω περιγράφονται αναλυτικά από ευρωπαϊκά πρότυπα και διεθνείς κανόνες ασφαλείας που αφορούν σε εργοτάξια, ενώ οι όροι και οι απαιτήσεις υγιεινής-ασφάλειας και προστασίας του περιβάλλοντος περιγράφονται αναλυτικά στην ΠΕΤΕΠ 07-14-01-00 (Παράρτημα 2). [16]

Τέλος, στο παράρτημα 2, παρουσιάζονται επίσης αναλυτικά, υπό μορφή λίνακα, τόσο οι κίνδυνοι ανά εκτέλεση εργασίας κατά τη στρώση γραμμής, όσο και τα μέτρα προστασίας που πρέπει να ληφθούν για την εργασία αυτή, όπως αυτά αναφέρονται στην ΠΕΤΕΠ 07-14-01-10 [16].

15.3. Μέτρα ατομικής προστασίας

Τα μέτρα ατομικής προστασίας αποτελούν μια από τις σημαντικότερες παραμέτρους για την ασφάλεια του εργοταξίου, κι αυτό γιατί αφορά άμεσα το ανθρώπινο δυναμικό που απασχολείται στο εργοτάξιο. Τα σημαντικότερα και απαροίτητα μέτρα προστασίας είναι τα εξής:

- ◆ Κράνος (σε όλες τις φάσεις εκτέλεσης των εργασιών)
- ◆ Δερμάτινη ποδιά (κατά την εκτέλεση εργασιών συγκόλλησης)
- ◆ Περικνημίδες (κατά την συγκόλληση και κοπή μετάλλων)
- ◆ Προστατευτικό γυαλιά (κατά την συγκόλληση και κοπή μετάλλων)
- ◆ Γόντια (κατά την συγκόλληση και κοπή μετάλλων)
- ◆ Υποδήματα ασφαλείας (κλειστά, αντιολισθητικό, ενισχυμένα σε πέλμα και μύτη, με μεταλλικό υλικό, εκτός από αυτά των ηλεκτρολόγων, όπου επιβάλλεται ελαστικό-μονωπικό υλικό)
- ◆ Ωτοασπίδες (κατά την εκτέλεση εργασιών με χρήση εξοπλισμού υψηλής στάθμης θορύβου)
- ◆ Ωτοβύσματα (κατά την εκτέλεση εργασιών με χρήση εξοπλισμού υψηλής στάθμης θορύβου στις περιπτώσεις που απαιτείται αυξημένη εργονομία)

15.4. Παράγοντες που απαιτούν μέτρα ασφαλείας

Οι κύριες κατηγορίες εργασιών και παραγόντων που απαιτούν τον εντοπισμό των κινδύνων και τη λήψη μέτρων για την αποφυγή τους είναι οι εξής:

- ◆ μεταφορές και κυκλοφορία οχημάτων
- ◆ μηχανήματα έργων
- ◆ ανυψωτικό μηχανήματα (μηχανοκίνητα και κινούμενα επί τροχών)
- ◆ τροχαλίες και βαρούλκα, φρένα, συρματόσχοινα
- ◆ σύνδεση κοχλιωτών συνδετήρων, σχοινιά και ιμάντες
- ◆ αλυσιδες, σαμπάνια (αρτάνες), άγκιστρα
- ◆ σήματα και χειρονομίες
- ◆ εργαλεία χειρός - μικρά μηχανήματα
- ◆ συγκόλλησεις - κοπή με χρήση φλόγας
- ◆ ηλεκτροσυγκόλληση
- ◆ χειρονακτικός χειρισμός φορτίων

- ♦ θόρυβος
- ♦ σκόνη και χημικά
- ♦ σήμανση εργοταξίου

15.5. Νομοθεσία ασφάλειας τεχνικών έργων

Η ασφάλεια κατά την εκτέλεση των εργασιών σε κάθε είδους τεχνικά έργα είναι πολύ σημαντική παράμετρος, κυρίως λόγω της φοβορότητας των ενδεχόμενων ατυχημάτων. Η σημαντικότητα της ασφάλειας γίνεται φανερή και από το πλήθος των νομοθετικών κειμένων που έχουν συνταχθεί και από τη λεπτομέρεια στην οποία εισέρχονται. Τα κυριότερα νομοθετικά κείμενα που αναφέρονται στην εκτέλεση εργασιών είναι τα παρόκατα:

- ♦ Π.Δ. 95/1978: "Περί μέτρων υγιεινής και ασφάλειας των απασχολούμενων σε εργασίας συγκολλήσεων" (ΦΕΚ Α/20/17-2-1978)
- ♦ Π.Δ. 1073/1981: "Περί μέτρων ασφαλείας κατά την εκτέλεση εργασιών σε εργοτάξια οικοδομών και πάσης φύσεων έργων αρμοδιότητας πολιτικού μηχανικού" (ΦΕΚ 260/16-9-1981)
- ♦ Υ.Α. 130646/1984: "Ημερολόγιο μέτρων ασφαλείας (Η.Μ.Α.)" (ΦΕΚ 154/Β/19-3-1984)
- ♦ Ν. 1568/1985: "Υγιεινή και ασφάλεια των εργαζομένων (συμπληρώσεις και τροποποιήσεις Ν. 1768/88 και Ν.1682/87)" (ΦΕΚ 177/Α/18-10-1985)
- ♦ Υ.Α. 131325/1987: "Σύσταση μεικτών επιτροπών ελέγχου σε οικοδομές και εργοταξιακά έργα" (ΦΕΚ 467/Β/28-8-1987)
- ♦ Π.Δ. 315/1987: "Σύσταση επιτροπών υγιεινής και ασφάλειας της εργασίας (Ε.Υ.Α.Ε.) σε εργοτάξια οικοδομών και εν γένει τεχνικών έργων" (ΦΕΚ 149/Α/25-8-1987)
- ♦ Ν. 294/1988: "Ελάχιστος χρόνος απασχόλησης Τ.Α. + Γ.Ε., επίπεδο γνώσεων και ειδικότητα ΤΑ για τις επιχειρήσεις,

Εκμεταλλεύσεις και εργασίες του άρθρου 1 §1 του Ν. 1568/85
“Υγιεινή και ασφάλεια των εργαζομένων” (ΦΕΚ 138/A/1988)

- ◆ Π.Δ. 70α/88 (τροπ. Π.Δ. 175/1997): “Προστασία των εργαζομένων που εκτίθενται στον αμιαντό κατά την εργασία” (ΦΕΚ 31/A/17-2-1988), όπως ισχύει με την τροποποίησή του με το Π.Δ. 175/1997, (ΦΕΚ 150/A/15-7-1997)
- ◆ Π.Δ. 225/1989: “Υγιεινή και ασφάλεια στα υπόγεια Τεχνικά έργα” (ΦΕΚ 106/A/2-5-1989)
- ◆ Π.Δ. 89/1999: Τροποποίηση και συμπλήρωση του Π.Δ. 395/94 (ΦΕΚ 94/A/13-5-1999) Εισάγονται συμπληρωματικές προδιαγραφές για ειδικούς εξοπλισμούς όπως:
 - ◆ εξοπλισμός εργασίας, αυτοκινούμενος ή μη
 - ◆ εξοπλισμός εργασίας που χρησιμοποιείται για ανύψωση φορτίων
- ◆ Π.Δ. 304/2000: Τροποποίηση του Π.Δ.395/94 “Ελάχιστες προδιαγραφές Α + Υ για τη χρησιμοποίηση εξοπλισμού εργασίας από τους εργαζομένους κατά την εργασία τους σε συμμόρφωση με την οδηγία 89/655/EOK, όπως αυτό τροποποιήθηκε με το Π.Δ. 89/99” (ΦΕΚ 241/A/ 03-11-2000)
- ◆ Π.Δ. 396/1994: “Ελάχιστες προδιαγραφές ασφάλειας και υγείας για τη χρήση από τους εργαζομένους εξοπλισμών ατομικής προστασίας κατά την εργασία σε συμμόρφωση προς την οδηγία του Συμβουλίου 89/656/EOK” (ΦΕΚ 220/A/1994)
- ◆ Π.Δ. 397/1994: “Ελάχιστες προδιαγραφές Α + Υ κατά την χειρονακτική διακίνηση φορτίων που συνεπάγεται κίνδυνο ιδίως για τη ράχη και την οσφυϊκή χώρα των εργαζομένων σε συμμόρφωση προς την οδηγία του Συμβουλίου 90/269/EOK” (ΦΕΚ 221/A/19-12-1994)
- ◆ Π.Δ. 105/96: “Ελάχιστες προδιαγραφές για την σήμανση ασφάλειας ή / και υγείας στην εργασία σε συμμόρφωση με την οδηγία 92/58/EOK” (ΦΕΚ 67/A/10-4-1995)

- ◆ Π.Δ. 17/96: "Μέτρα για τη βελτίωση της ασφάλειας και της υγείας των εργαζομένων κατό την εργασία σε συμμόρφωση με τις οδηγίες 29/391/ΕΟΚ και 91/383/ΕΟΚ" (ΦΕΚ 11/A/18-1-1996)
- ◆ Π.Δ. 305/1996: "Ελάχιστες προδιαγραφές ασφάλειας και υγείας που πρέπει να εφαρμόζονται στα προσωρινά ή κινητά εργοτάξια σε συμμόρφωση προς την οδηγία 2/57/ΕΟΚ" (ΦΕΚ 212/A/29-8-1996)
- ◆ Π.Δ. 31/1990 Υ.Β.Ε.Τ. (τροπ. Π.Δ. 499/1991): "Επίβλεψη της λειτουργίας, χειρισμός και συντήρηση μηχανημάτων εκτέλεσης τεχνικών έργων" (ΦΕΚ 11/A/5-2-1990 -ΦΕΚ 180/A/1991):
 - Ομάδες μηχανημάτων εκτέλεσης τεχνικών έργων
 - Άδειες χειριστών κατάλληλης τάξης ανάλογα με την ιαχύ και το είδος του μηχανήματος
- ◆ ΕΗ 3/0/15517/4-5-81 Υπ. Δημοσίων Έργων: "Περί απογραφής ταξινομήσεως και χορηγήσεως άδειας κυκλοφορίας κλπ Μηχανημάτων Έργων (Μ.Ε.) (ΦΕΚ 306/B/28-5-1981)
- ◆ Π.Δ. 609/1985 "Κατασκευή δημοσίων έργων" (ΦΕΚ 223/A/31-12-1985)
- ◆ Ν. 1418/1984 "Δημόσια έργα και ρυθμίσεις συναφών θεμάτων" (ΦΕΚ 23A/29-2-1984)
 - (τροπ. Ν.2229/1994)
- ◆ Υπ. Δημοσίων Έργων όπως ισχύει με την τροποποίησή του από το Ν.2229/1994 (ΦΕΚ 138/A/31-8-1994)
- ◆ Εγκύκλ.52206/36/1997"Οδηγίες σχετικά με το Π.Δ. 305/1996 για την ασφάλεια και υγεία στα εργοτάξια
- ◆ Απόφαση 433/2000 ΥΠ.Ε.ΧΩ.Δ.Ε. "Καθιέρωση του Φακέλου Ασφάλειας και Υγείας (Φ.Α.Υ.) ως απαραίτητου στοιχείου για την προσωρινή και οριστική παραλαβή κάθε Δημόσιου Έργου" (ΦΕΚ 1176/B/22-9-2000)

- ♦ Απόφαση αριθμ. ΔΙΠΑΔ/οικ/177/2-3- 2001 ΥΠ.Ε.ΧΩ.Δ.Ε.:
"Πρόληψη εργασιακού κινδύνου κατά την μελέτη των δημοσίων έργων" (ΦΕΚ 266/Β/14-3-2001)

Τα παραπάνω νομοθετικό κείμενα παρουσιάζονται συνοπτικά στο Παράρτημα 2.

15.6. Ασφάλεια κατά τη λειτουργία

Για τη λειτουργία της σιδηροδρομικής γραμμής, η περίφραξή της στις θέσεις όπου προβλέπεται, θα πρέπει να σχεδιαστεί και να υλοποιηθεί με τέτοιο τρόπο, ώστε αφενός να αποτρέπει τους πεζούς για την αυθοριστη διάβαση της γραμμής, αφετέρου να τους κατευθύνει στα χαρακτηρισμένα σημεία διέλευσης, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του ΟΣΕ [19]. Ειδικότερα, :

- ♦ στις εισόδους των ισόπεδων διαβάσεων πεζών θα πρέπει να υπάρχει μεταλλικό κάγκελο που να αποτρέπει τη χρήση της διάβασης από μηχανοκίνητα δίκυκλα,
- ♦ στις εισόδους των ισόπεδων διαβάσεων πεζών θα πρέπει να υπάρχει φορέος κατεύθυνσης έτσι ώστε οι διερχόμενοι πεζοί να έχουν φορά προς την πορεία του διερχόμενου τρένου και έτσι να έχουν οπτικό έλεγχο πριν την προσπέλαση,
- ♦ στα σημεία των ισόπεδων διαβάσεων πεζών θα πρέπει να τοποθετηθεί ειδικό σύστημα ηχητικής και φωτεινής προειδοποίησης για τη διέλευση τρένου,
- ♦ η βαπτήτητα των ισόπεδων πεζοδιαβάσεων να είναι βελτιωμένη για την αποφυγή μτυχημάτων με τη χρήση ξύλινων ή ελαστικών διαδρόμων ή ειδική στρώση με λεπτόκοκκο υλικό,
- ♦ στα σημεία των ισόπεδων διαβάσεων πεζών πρέπει να υπάρχει ειδική σήμανση για τους τυφλούς.

Κεφάλαιο 16

16. Συμπεράσματα - Προτάσεις

16.1. Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα αυτής της διπλωματικής εργασίας, ως τα σημαντικότερα συμπεράσματα μπορούν να αναφερθούν τα εξής:

- ♦ Η διατήρηση των επιθυμητών τάσεων τόσο στη διεπιφάνεια υποδομής-επιδομής, όσο και των επιμέρους στρώσεων (προστατευτική στρώση-υπόβαση-φυσικό έδαφος) είναι σημαντικός παράγοντας για την εξασφάλιση μακροζωίας της σιδηροδρομικής γραμμής.
- ♦ Οι προδιαγραφές των υλικών της επιδομής, πρέπει να ικανοποιούνται και να ελέγχονται σε κάθε περιπτωση, προκειμένου να εξασφαλίζεται η ποιοτική κατασκευή και η ευαστάθεια της εσχάρας.
- ♦ Υπάρχουν περιπτώσεις όπου δεν είναι δυνατή η εφαρμογή των κανονισμών που αφορούν την εκτέλεση των εργοσιών, λόγω ιδιαιτεροτήτων του ίδιου του έργου ή τη χώρου εκτέλεσης του. Αυτές είναι οι περιπτώσεις, όπου ο μηχανικός οφείλει να προτίνει εναλλακτικές λύσεις, προκειμένου να εξασφαλιστούν τα επιθυμητά μεγέθη χωρίς όμως να υπάρξει καμιά έκπτωση στην ποιότητα του αποτελέσματος.
- ♦ Είναι απαραίτητη η παρακολούθηση των νέων τεχνολογιών τόσο σε ότι αφορά τα υλικά, όσο και τις μεθόδους εκτέλεσης των εργασιών, προκειμένου να επιτυγχάνεται το επιθυμητό αποτέλεσμα με λιγότερο κόστος και σε λιγότερο χρόνο.

- Οι νέες τεχνολογίες δημιουργούν την ανάγκη για νέα μηχανήματα στρώσης σιδηροδρομικής γραμμής αλλά και για νέα μηχανήματα καταγραφής σφολιμάτων σιδηροδρομικής γραμμής, δημιουργώντας έτσι τη συνεχή εξέλιξη και σε αυτόν τον τομέα.
- Βασικός στόχος των επιλογών κατά την κατασκευή μιας σιδηροδρομικής γραμμής είναι η μακροζωία της γραμμής και τα κατά το δυνατό αραιότερα διαστήματα επέμβασης στη γραμμή για συντήρηση.

16.2. Προτάσεις

Για περαιτέρω διερεύνηση προτείνεται:

- Η αντίστοιχη διερεύνηση και καταγραφή τόσο των προδιαγραφών όσο και του θεωρητικού υποβάθρου για τη σταθερή επιδομή
- Σε αντίστοιχη εργασία να γίνει μελέτη των αντίστοιχων κυκλογραμμάτων, για το χρονικό προγραμματισμό των εργασιών και την ευελιξία του εργοταξίου
- Η αντίστοιχη διερεύνηση των παραμέτρων που επηρεάζουν την υποδομή της σιδηροδρομικής γραμμής και το θεωρητικό υπόβαθρο των υπολογισμών των επιθυμητών εντατικών μεγεθών της.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

| | |
|---|----|
| ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 : ΥΠΟΔΟΜΗ | 2 |
| Κεφάλαιο 1 | 2 |
| 1. Είδη εδαφών και τα χαρακτηριστικά τους | 2 |
| 1.1. Κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα | 2 |
| 1.2. Κοκκομετρική Ανάλυση Με Αραιόμετρο | 4 |
| 1.3. Δείκτες Κατάταξης και Χαρακτηριστικά Εδαφών | 5 |
| i) Παρώδες | 5 |
| ii) Δείκτης πόρων | 5 |
| iii) Βαθμός κορεσμού | 5 |
| iv) Ποσοστό υγρασίας | 5 |
| v) Πυκνότητα εδαφικού υλικού | 6 |
| vi) Πυκνότητα σπερεών κόκκων | 6 |
| vii) Πυκνότητα του νερού | 6 |
| 1.4. Όρια Atterberg | 7 |
| 1.5. Καλιφορνικός Δείκτης CBR | 10 |
| Κεφάλαιο 2 | 13 |
| 2. Σχεδιασμός Υπόβασης και Διαστασιολόγηση | 13 |
| 2.1. Παρουσίαση τυπικών διάτομών σιδηροδρομικής γραμμής | 13 |
| Κεφάλαιο 3 | 16 |
| 3. Εκσκαφές - Στρώση εξυγίανσης και λοιπές εδαφικές εργασίες υποδομής | 16 |
| 3.1. Οδηγίες ΠΕΤΕΠ 02-01-01-00 για τον Καθαρισμό και την εκχέρωση στη ζώνη εκτέλεσης εργασιών | 16 |

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 : ΥΠΟΔΟΜΗ

Κεφάλαιο 1

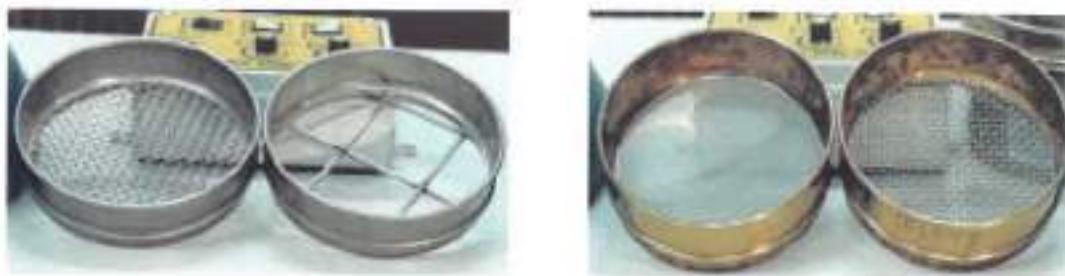
1. Είδη εδαφών και τα χαρακτηριστικά τους

1.1. Κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα

Η ανάλυση με κόσκινα γίνεται με τη μηχανική δύνηση δειγμάτος του εδαφικού υλικού διαμέσου σειράς κοσκίνων με βαθμιαία μικρότερη διάσταση οπής και τη μέτρηση του βάρους του υλικού που συγκροτείται σε κάθε κόσκινο. Υπάρχουν πρότυπα κοσκίνων, τα οποία επίσης διαφέρουν αναλόγως των Κανονισμών που ακολουθείται. Μία ακολουθία κόσκινων δίνεται στον πίνακα που ακολουθεί:

| Αριθμός κοσκίνου (Νο) | Διάμετρος D (mm) |
|--------------------------|---------------------|
| | 75 |
| | 6.3 |
| 4 | 4.75 |
| 10 | 2.0 |
| 20 | 0.85 |
| 40 | 0.425 |
| 100 | 0.150 |
| 200 | 0.075 |

Πίνακας 1.1. Πρότυπο κόσκινα και αντίστοιχες διάμετροι.



Σχήμα 4.1. Πρότυπα κόσκινα που χρησιμοποιούνται στην κοκκομετρική διαβάθμιση

Η κατανομή του μεγέθους των κόκκων ενός εδαφικού υλικού, όπως προκύπτει από την κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα και το αραιόμετρο, παρουσιάζεται συνήθως σε ένα διάγραμμα αθροιστικής συχνότητας εμφάνισης ως προς το μέγεθος του κόκκου (σε λογαριθμική κλίμακα). Από τα διαγράμματα αυτού του τύπου μπορούν να προσδιορισθούν ποσοτικά μεγέθη ιδιαίτερου ενδιαφέροντος, όπως το εύρος των διαμέτρων των κόκκων ενός εδαφικού υλικού και το ποσοστό (κατά βάρος) του υλικού που είναι μικρότερο από κάποια συγκεκριμένη διάμετρο. Επιπλέον, συνήθως υπολογίζονται η διάμετρος D_{10} (δηλαδή το μέγεθος κόκκου από τον οποίο 10% του υλικού έχει μικρότερο μέγεθος) και η διάμετρος D_{60} (δηλαδή το μέγεθος κόκκου από τον οποίο 60% του υλικού έχει μικρότερο μέγεθος). Με βάση τα ανωτέρω, ορίζεται και ο συντελεστής ανομοιομορφίας Cu :

$$Cu = D_{60}/D_{10},$$

όπου D_{60} δηλώνει τη διάμετρο από την οποία διέρχεται το 60% του δείγματος. Μεγάλη τιμή του συντελεστή δηλώνει ότι τα μεγέθη των κόκκων είναι καλά διαβαθμισμένα από τους μικρότερους κάκκους προς τους μεγαλύτερους. Έδαφος με συντελεστή αμοιομορφίας ίσο προς 1 αποτελείται από κόκκους της ίδιας διαμέτρου. Εδάφη με συντελεστή $Cu < 5$ είναι σχετικά ομοιόμορφα, ενώ, εάν είναι $Cu > 5$, καλούνται καλά διαβαθμισμένα.

1.2. Κοκκομετρική Ανάλυση Με Αραιόμετρο

Η μέθοδος αυτή είναι κατάλληλη για τον ποσοτικό προσδιορισμό της κατά μέγεθος κατανομής των κόκκων στα λεπτόκοκκα εδάφη (AASHO T-88/78, ASTM D-422/72). Για την ανάλυση αυτή χρησιμοποιείται αραιόμετρο (ή υδρόμετρο ή πυκνόμετρο), το οποίο μετράει την πυκνότητα του εν αιώρηση στερεού υλικού μέσα σ' ένα υγρό μέσο. Αποτελείται από ένα κυλινδρικό σώμα και ένα στέλεχος. Το στέλεχος έχει υποδιαιρέσεις που οι τιμές τους αυξάνονται από το ανώτερο προς το κατώτερο τμήμα του στελέχους.

Όταν η συγκέντρωση του εν αιώρηση υλικού είναι μεγάλη, τότε το στέλεχος του αραιόμετρου συναντά την επιφάνεια του νερού μέσα στον ογκομετρικό κύλινδρο στο κατώτερο τμήμα του, δηλαδή δίνει μεγάλες τιμές πυκνότητας. Αντίθετα όταν η συγκέντρωση είναι μικρή τότε το στέλεχος βυθίζεται μέσα στο αιώρημα και αυτό μας δείχνει μικρές τιμές πυκνότητας.

Η ταχύτητα καθίζησης των κόκκων μέσα στο νερό του ογκομετρικού κυλίνδρου εξαρτάται από το μέγεθός τους. Οι μεγάλοι κόκκοι θα καθίζονται στο πιθμένα του κυλίνδρου πρώτοι και οι μικροί τελευταίοι. Άρα οι διαφορές που παρατηρούνται κατά τη μέτρηση της πυκνότητας του αιωρήματος σε ορισμένα χρονικά διαστήματα δίνουν την καθίζηση των αιωρούμενων κόκκων και τελικά αποκαλύπτουν το μέγεθός τους.

Πολλές φορές χρησιμοποιείται συνδυασμός κακκομετρικής ανάλυσης με κόσκινα και με αραιόμετρο, όπου με την εισαγωγή των συγκρατούμενων βαρών σε κάθε κόσκινο και των αναγνώσεων του αραιόμετρου και της θερμοκρασίας του εδαφικού αιωρήματος προβάλλεται αυτόματα η κακκομετρική καρπούλη λαμβάνοντας υπόψη όλους τους συντελεστές διόρθωσης της δοκιμής και εκτελώντας όλους τους απαραίτητους υπολογισμούς και τις απαραίτητες σύνθετες διορθώσεις. Τέλος, τα εδάφη χαρακτηρίζονται

και ταξινομούνται με βάση τη γεωτεχνική ταξινόμηση των εδαφικών σχηματισμών USCS (Unified Soil Classification System), σύμφωνα με τα φυσικομηχανικά χαρακτηριστικά τους.

1.3. Δείκτες Κατάταξης και Χαρακτηριστικά Εδαφών

i) Πορώδες

Πορώδες είναι ο λόγος του όγκου των κενών προς τον ολικό του εδάφους: $\pi = \frac{V_v}{V}$. Το πορώδες συχνά εκφράζεται και σαν ποσοστό επί τοις εκατό.

ii) Δείκτης πόρων

Ο δείκτης πόρων που είναι ο λόγος του όγκου των κενών προς τον όγκο των στερεών κόκκων: $e = \frac{V_v}{V_s}$. Το πορώδες και ο δείκτης πόρων συσχετίζονται ως εξής: $\pi = \frac{e}{1+e}$ ή $e = \frac{\pi}{1-\pi}$

iii) Βαθμός κορεσμού

Ως βαθμός κορεσμού ορίζεται ο λόγος του όγκου του νερού των πόρων προς τον όγκο των κενών: $S = \frac{V_w}{V_v}$ και εκφράζει το ποσοστό (επί τοις εκατό) του όγκου των πόρων που πληρούται με νερό. Οι πιθανές τιμές του βαθμού κορεσμού ενός εδαφικού υλικού κυμαίνονται μεταξύ 0 και 100%, όπου ένα έγραφο εδαφικό υλικό έχει βαθμό κορεσμού 0, ενώ ένα εδαφικό υλικό του οποίου το σύνολο των πόρων πληρούται με νερό (κορεσμένο) έχει βαθμό κορεσμού 1 (100%).

iv) Ποσοστό υγρασίας

Ποσοστό υγρασίας ονομάζεται ο λόγος της ξηρής μάζας του νερού των πόρων προς τη μάζα των στερεών κόκκων: $w = \frac{M_w}{M_s}$ και συχνά εκφράζεται και επί τοις εκατό. Το ποσοστό υγρασίας ενός έγραφου εδαφικού υλικού είναι μηδέν.

v) Πυκνότητα εδαφικού υλικού

Ως πυκνότητα του εδαφικού υλικού ορίζεται ο λόγος της μάζας του εδαφικού δείγματος προς τον όγκο του: $\rho = \frac{M}{V}$

vi) Πυκνότητα στερεών κόκκων

Η πυκνότητα στερεών κόκκων είναι ο λόγος της μάζας των στερεών κόκκων προς τον όγκο τους: $\rho_s = \frac{M_s}{V_s}$.

vii) Πυκνότητα του νερού

Κατά το συνήθη ορισμό, η πυκνότητα του νερού ορίζεται από το λόγο: $\rho_w = \frac{M_w}{V_w} = 1 \text{ Mg/m}^3$

Οι παραπόνω ποσότητες συνδέονται με τις εξής σχέσεις:

$$\rho = \rho_s \left(\frac{1+w}{1+e} \right) \text{ και } \rho \cdot w = S \cdot e \cdot \rho_w$$

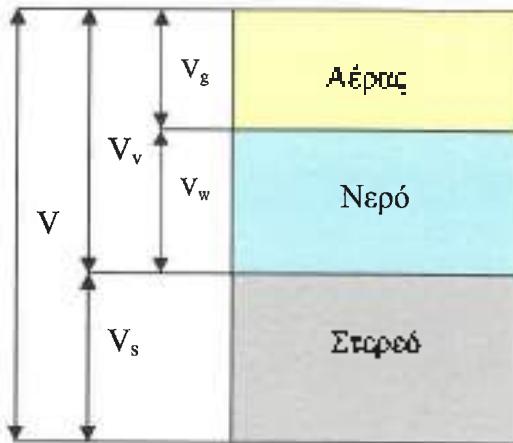
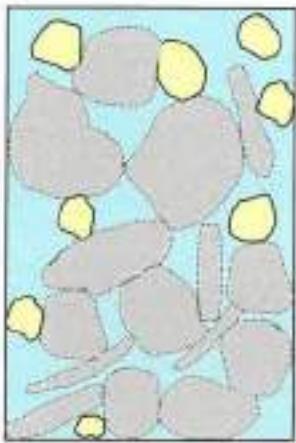
Από τις παραπόνω θεμελιώδεις ποσότητες, ορίζονται και τα εξής παράγωγα μεγέθη:

Ξηρή πυκνότητα εδαφικού υλικού: $\rho_d = \rho_s \frac{1}{1+e}$ που είναι η πυκνότητα ενός εδαφικού υλικού με πόσοστό υγρασίας μηδέν.

Πυκνότητα κορεσμένου εδαφικού υλικού: $\rho_{sm} = \frac{\rho_s - e \cdot \rho_w}{1-e}$ που είναι η πυκνότητα ενός εδαφικού υλικού με βαθμό κορεσμού $S=1$.

Υπό άνωση πυκνότητο ενός κορεδμένου έδαφικού υλικού:

$$\rho_s = \rho_{sat} - \rho_w = \frac{\rho_s - \rho_w}{1 + e},$$



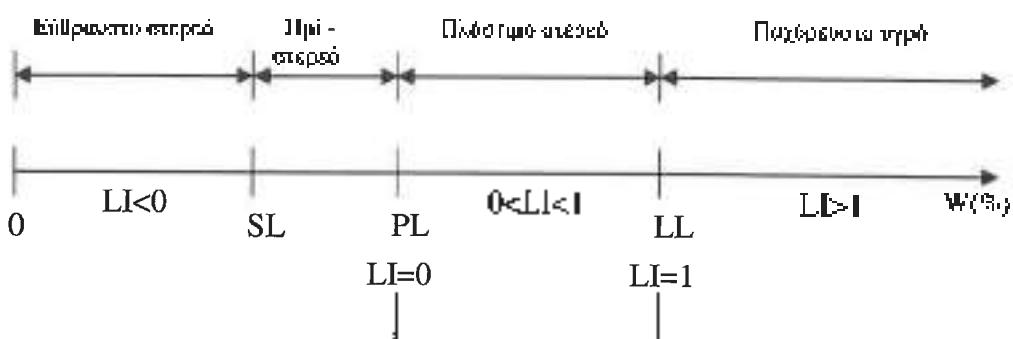
Δείκτες και χαρακτηριστικά έδαφικών υλικών

1.4. Όρια Atterberg

Ως όρια Atterberg ονομάζονται το όριο συρρίκνωσης w_s ή SL, το όριο πλαστιμότητας w_p ή PL και το όριο υδαρότητας w_L ή LL. Τα όρια Atterberg αποτελούν χαρακτηριστικές ιδιότητες κάθε συνεκτικού υλικού και προσδιορίζονται με πρότυπες δοκιμές.

Τα όρια υδαρότητας και πλαστικότητας έχουν προταθεί από τον A. Atterberg και περιγράφουν την μετάπτωση του εδάφους από την υγρή στην πλαστική και στην συνέχεια στην ημιστερεή και στην στερεή κατάσταση, σύμφωνα με τα ποσοστά της περιεχόμενης υγρασίας. Ουσιαστικό δείχνουν την συμπεριφορά ενός εδάφους ανάλογο με την μεταβολή της περιεχόμενης υγρασίας και καταδεικνύουν αν κάποιο έδαφος είναι ευαίσθητο στις μεταβολές της υγρασίας (χαρακτηριστικό που είναι υψηλού ενδιαφέροντος για υλικά που χρησιμοποιούνται σε έργα οδοποιίας.). Η περιγραφή των ορίων είναι η εξής:

- 1) Όριο υδαρότητας (LL ή w_L):** Είναι η (%) τιμή της περιεχόμενης υγρασίας που χωρίζει την πλαστική από την υδαρή κατάσταση. Δηλαδή για περιεχόμενη υγρασία πάνω από τα όρια υδαρότητας το έδαφος συμπεριφέρεται περισσότερο σαν ρευστή μάζα (λάσπη). Αμέσως κάτω από αυτό το όριο, το έδαφος θα συμπεριφέρεται ως εύπλαστο υλικό. Το όριο προσδιορίζεται με χρήση της συακευής Casagrande και είναι η τιμή της περιεχόμενης υγρασίας για την οποία τα τοιχώματα διαμορφωμένης εγκοπής δείγματος εδάφους που τοποθετείται στην συακευή, έρχονται σε επαφή μεταξύ τους μετά από 25 κρούσεις.
- 2) Όριο πλαστικότητας (PL ή w_p):** Είναι η (%) τιμή της περιεχόμενης υγρασίας που χωρίζει την πλαστική από ισχνή κατάσταση. Εάν δηλαδή, η περιεχόμενη υγρασία είναι μεταξύ του ορίου πλαστικότητας και του ορίου υδαρότητας, το έδαφος θα συμπεριφέρεται ως εύπλαστο υλικό. Κάτω από αυτό το όριο, το έδαφος όντας κορεσμένα ή μη τείνει να είναι εύθρυπτο όταν επιχειρήσουμε να το πλάσουμε. Ο προσδιορισμός γίνεται με την εύρεση της περιεχόμενης υγρασίας σε εδαφικό δείγμα το οποίο θα αρχίσει να θρυμματίζεται όταν πλάθεται σε λεπτές lvec, διαμέτρου 3 mm ή μικρότερες.
- 3) Όριο συρρίκνωσης (SL):** Είναι η τιμή της περιεχόμενης υγρασίας κάτω από την οποία ο όγκος του εδαφικού δείγματος παραμένει σταθερός με συνεχιζόμενη ξήρανση. Για μικρότερη περιεκτικότητα νερού, το δείγμα πούει να είναι κορεσμένο.



Σχήμα 4.3. Απεικόνιση των ορίων Atterberg και των χαρακτηριστικών τιμών τους.

Μέσω των ορίων Atterberg προσδιορίζονται οι παρακάτω χαρακτηριστικές τιμές (δείκτες):

1) Δείκτης πλαστικότητας (PI): Είναι το εύρος της περιεχόμενης υγρασίας στο οποίο το έδαφος είναι πλαστικό. Όσο πιο λεπτομερές είναι το υλικό, τόσο μεγαλύτερος είναι ο δείκτης πλαστικότητας. Μεγάλη τιμή του δείκτη πλαστικότητας δείχνει μεγάλο εύρος για την περιεχόμενη υγρασία, διατηρώντας το έδαφος σε πλαστική κατάσταση. Ο δείκτης:

$$PI = LL - PL$$

2) Δείκτης υδαρότητας (LI): Μας επιτρέπει να συγκρίνουμε την πλαστικότητα ενός εδάφους με την περιεχόμενη υγρασία. Εάν $LI=100\%$ το έδαφος είναι στο όριο υδαρότητας, ενώ αν $LI=0\%$ το έδαφος είναι στο όριο πλαστικότητας. Ο δείκτης:

$$LI = (w_L - PL)/PI$$

1.5. Καλιφορνικός Δείκτης CBR

Ο λόγος CBR είναι ένα μέγεθος που περιγράφει την αντοχή εδαφών. Συγκεκριμένο, είναι ένα μέγεθος που προτάθηκε από τον Τομέα Αυτοκινητοδρόμων της Καλιφόρνια το 1928, ώστε να δυνατή η εκτίμηση της ικανότητας των εδαφών ως υλικά έδρασης έργων οδοποιίας. Η μέθοδος υπολογισμού εύκαμπτων οδοστρωμάτων με την χρήση του CBR μάλιστα, υιοθετήθηκε κατά τον Β' παγκόσμιο πόλεμο από τον αμερικανικό στρατό, για την μελέτη - κατασκευή διαδρόμων απογειωσης - προσγείωσης αεροσκαφών.

Η δοκιμή CBR (California Bearing Ratio) είναι μια δοκιμή κατά την οποία προσδιορίζεται η φέρουσα ικανότητα εδαφικών υλικών όταν συμπυκνωθούν στο εργαστήριο στη βέλτιστη υγρασία και σε διάφορους βαθμούς πυκνότητας.

Ως CBR ορίζεται ο λόγος επί τις εκατό της δύναμης (ή τάσης) η οποία αποιτείται για να διεισδύσει το έμβολο της συσκευής εντάξ του εδαφικού υλικού κατά ένα συγκεκριμένο βάθος, πρας τη δύναμη (ή την τάση) που αποιτείται για αντίστοιχο βάθος διείσδυσης ενός πρότυπου υλικού.

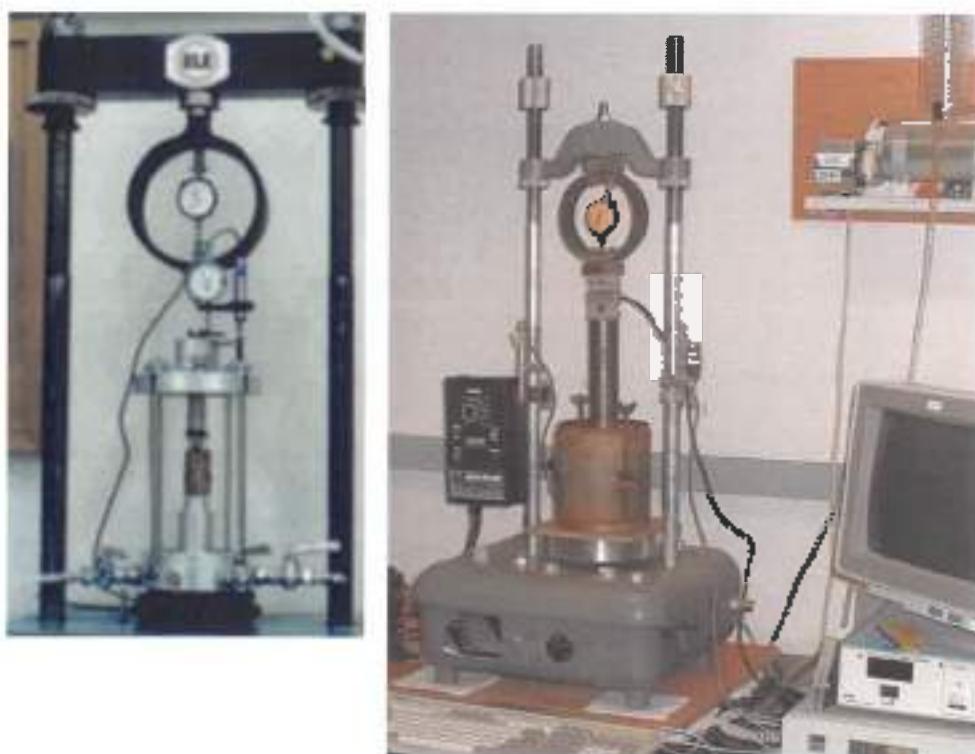
Το κατάλληλα συμπυκνωμένο και υγρό εδαφικό δοκίμιο τοποθετείται στη συσκευή επιβάλλει σταθερά αυξανόμενο θλιπτικό φορτίο, διαμέσου κυλινδρικού έμβολου με ταχύτητα διείσδυσης 1,3 mm/min. Σε τακτά διαστήματα βάθους διείσδυσης λαμβάνονται και καταγράφονται οι αντίστοιχες ενδείξεις φορτίου. Η φόρτωση σταματά όταν επιτευχθεί διείσδυση περίπου 8,0 mm.

Από τα ζεύγη τιμών διείσδυσης έμβολου-επιβάλλομενο φορτίο ή διείσδυσης έμβολου-επιβαλλόμενη τάση προκύπτει η καμπύλη της μορφής A ή B.

Ο Καλιφορνικός δείκτης CBR υπολογίζεται από τη σχέση:

$$CBR = \frac{P}{P_T} * 100\%$$

Όπου P είναι το επιβαλλόμενο φορτίο για να προκληθεί διείσδυση του εμβόλου στο υπό δοκιμή εδαφικό υλικό 2,5mm ή 5,0mm.



Σχήμα 4.3. Συσκευή δοκιμής CBR

Η σπασμένη πέτρα θεωρείται πως έχει την καλύτερη συμπεριφορά για τα έργα οδοποιίας και θα έχει λόγο CBR σχεδόν 100%. Ένα μαλακό έδαφος θα έχει μικρότερο λόγο CBR. Σύμφωνα με τον λόγο CBR, γίνεται και η επιλογή του πάχους της διατομής, βάσει νομογραφημάτων (μικρές τιμές CBR, απαιτούν μεγάλο πάχος οδοστρώματος). Τα νομογραφήματα αυτά συντάσσονται ανάλογα με το φορτίο που πρόκειται να φέρει το οδόστρωμα.



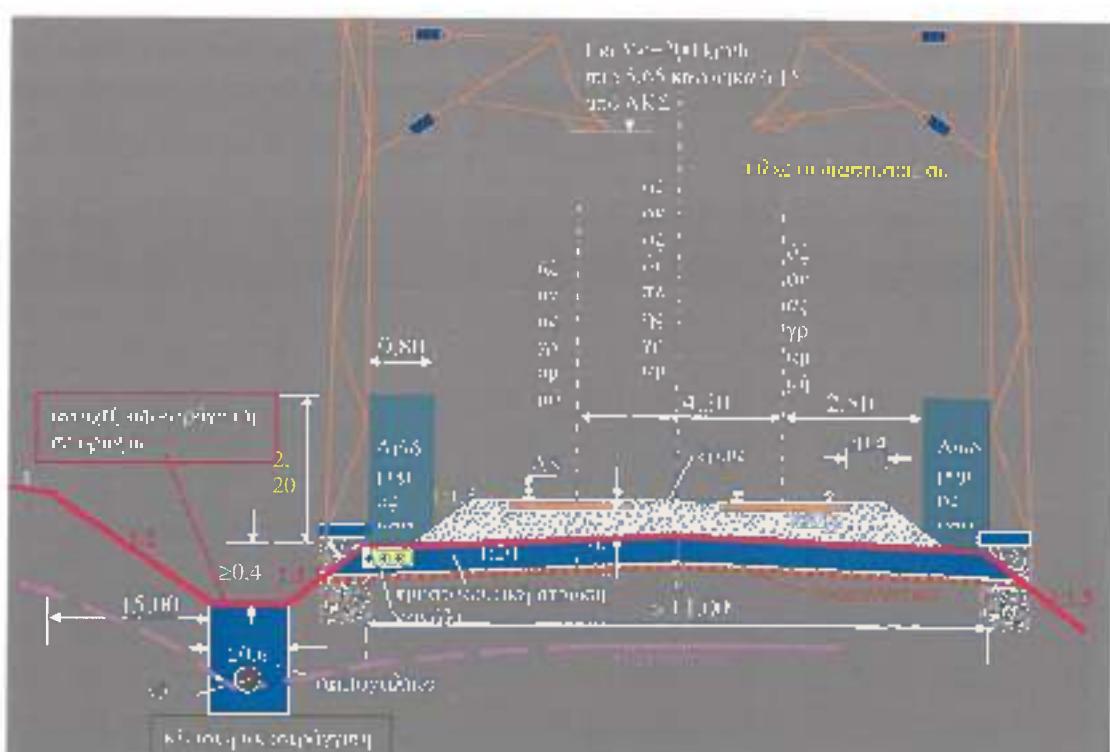
Σχήμα 4.4. Εξοπλήματα συσκευής CBR

Κεφάλαιο 2

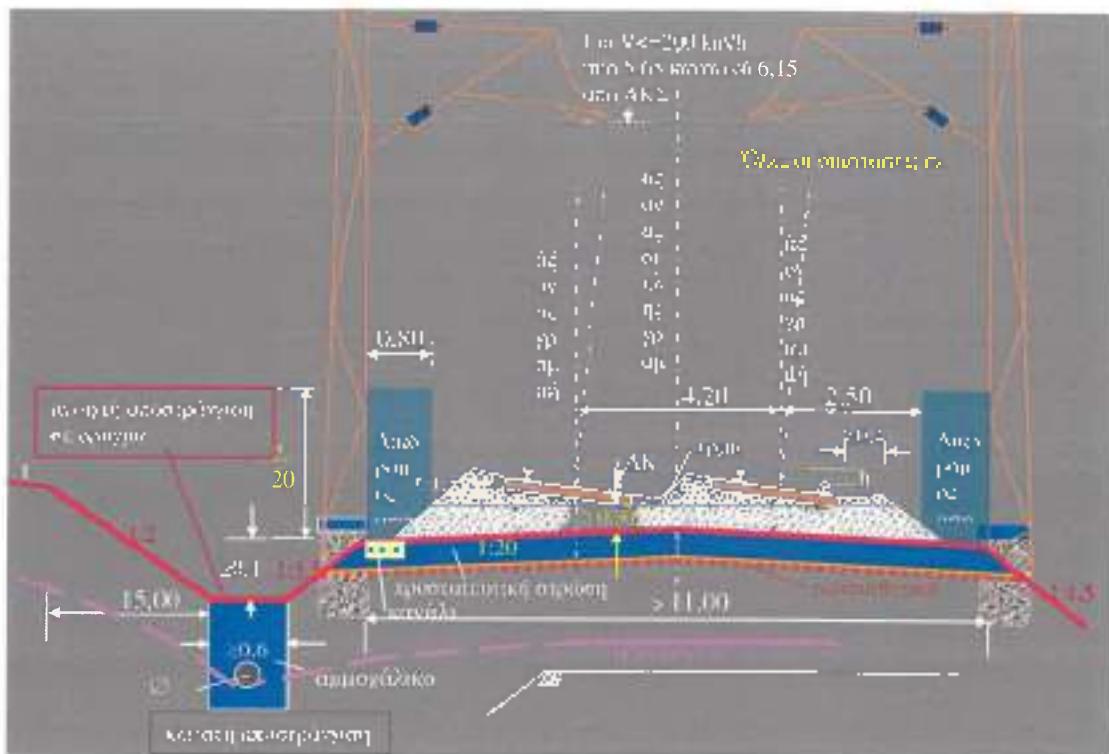
2. Σχεδιασμός Υπόβασης και Διαστασιολόγηση

2.1. Παρουσίαση τυπικών διατομών σιδηροδρομικής γραμμής.

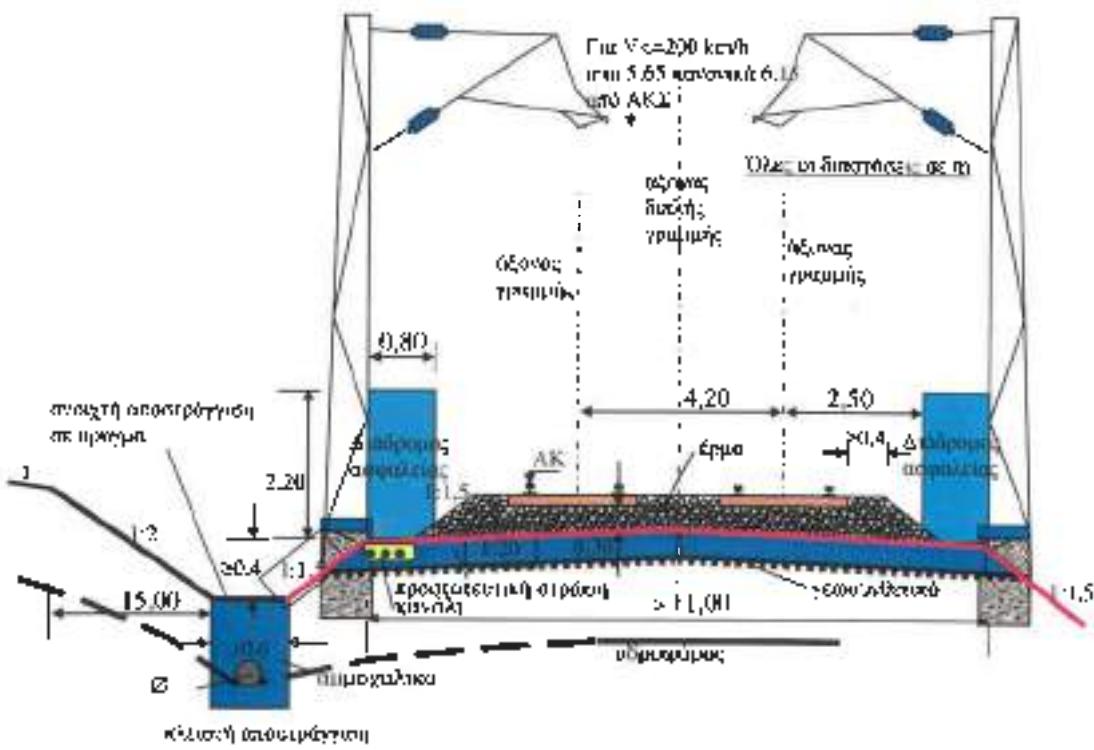
Η πλήρης διαστασιολόγηση των τυπικών διατομών μιας σιδηροδρομικής γραμμής έχουν ως εξής:



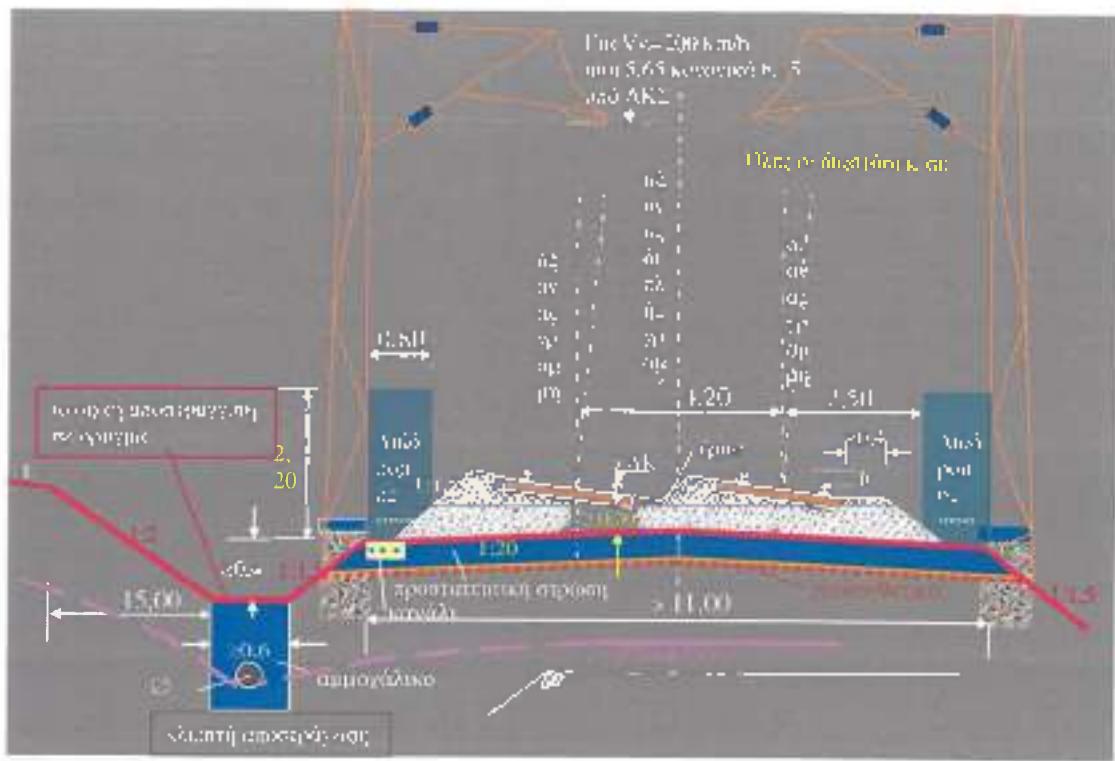
Σχήμα 2.1. Μονή γραμμή σε ευθυγραμμία



Σχήμα 2.2. Μονή γραμμή σε καρμούλη



Σχήμα 2.3. Διπλή γραμμή σε ευθυγραμμία



Σχήμα 2.4. Διπλή γραμμή σε καμπύλη

Κεφάλαιο 3

3. Εκσκαφές - Στρώση εξυγίανσης και λοιπές εδαφικές εργασίες υποδομής

3.1. Οδηγίες ΠΕΤΕΠ 02-01-01-00 για τον Καθαρισμό και την εκχέρσωση στη ζώνη εκτέλεσης εργασιών,

Οι εργασίες κοπής και εκρίζωσης δένδρων και θάμνων (αποψίλωση) θα επεκτείνονται σε αλόκληρο το εύρος κατάληψης του έργου, σύμφωνα με τα εκάστοτε καθοριζόμενα στη μελέτη.

Ειδικότερα για τα συγκοινωνιακά έργα με αποψίλωση θα επεκτείνεται τουλάχιστον 2,00 m πέραν της οφρύος του αρύγματος ή τον πόδα του επιχώματος.

Η αφαίρεση των ριζών θα φθάνει τουλάχιστον ένα μέτρο κάτω από τη σκάφη των χωματουργικών έργων (τουλάχιστον για τη ζώνη του καταστρώματος των οδών ή της προβολής της διώρυγας κ.ο.κ.). Εκτός των ως άνω κυρίων ζωνών του έργου η αφαίρεση των ριζών μπορεί να γίνεται μόνο σε βάθος 0,50 m από τη στάθμη του εδάφους.

Επισημαίνεται ότι στην περίπτωση έργων οδοποιίας θα γίνεται πλήρης αποκοπή δένδρων μέχρις αποστάσεως 3,00 m από τα εξωτερικά όρια του ερείσματος.

Κατ' εξαίρεση όταν για περιβαλλοντικούς ή αισθητικούς λόγους προβλέπεται η διατήρηση παρόδιων δενδροστοιχιών σε μικρότερη απόσταση από το δρίο του ερείσματος, τα δένδρα θα πρέπει να κλαδεύονται σε τακτά χρονικά διαστήματα, προκειμένου να διατηρείται ελεύθερο περιτύπωμα οδού και σε ύψος 4,50-5,00 m από τη στάθμη κυλίσεως (ανάλογα με την κατηγορία της οδού).

Τυχόν κοιλότητες που θα δημιουργηθούν κατά την εκρίζωση, θα επανεπιχώνεται με κατάλληλα προϊόντα εκσκαφών, έτσι ώστε να

επιτυγχάνεται ο ίδιος βαθμός συμπύκνωσης με αυτόν του πέριξ εδάφους. Η εργασία αυτή θα γίνεται με προσοχή, ώστε να μην υποστούν ζημιές τα δένδρα που διατηρούνται.

Πριν από την έναρξη των εργασιών, θα συντάσσεται Πρακτικό κοπής δένδρων, υπογεγραμμένο από την Υπηρεσία και τον Ανάδοχο, στο οποίο θα καθορίζονται:

- Τα δένδρα, εκτός εύρους κατάληψης του έργου, που πρέπει να κοπούν ή να διατηρηθούν.
- Τα δένδρα, που πρέπει να εκριζωθούν προκειμένου να μεταφυτευτούν, είτε άμεσα, είτε να φυλοχτούν και συντηρηθούν για συγκέκριμένο χρονικό διάστημα πριν από τη μεταφορά και την επαναφύτευσή τους.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: ΕΠΙΔΟΜΗ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|--|-----------|
| Κεφάλαιο 1..... | 3 |
| 1. Σιδηροτροχιά | 3 |
| 1.1. Αναδρομή της εξέλιξης της σιδηροτροχιάς..... | 3 |
| | |
| Κεφάλαιο 3..... | 6 |
| 3. Το Έρρα | 6 |
| Κεφάλαιο 4..... | 11 |
| | |
| 4. Μικρό Υλικό Σύνδεσης..... | 11 |
| Απόσπασμα ΠΕΤΕΠ 07-08-03-10: Χρήση συνδέσμου "Κ"..... | 11 |
| Απόσπασμα ΠΕΤΕΠ 07-08-03-30: Χρήση συνδέσμου "KS (SKL 12)"..... | 16 |
| Απόσπασμα ΠΕΤΕΠ 07-08-03-34: Χρήση συνδέσμου "W14(SKL14)"..... | 19 |
| Απόσπασμα ΠΕΤΕΠ 07-08-03-20: Χρήση συνδέσμου "RN" | 24 |
| Απόσπασμα ΠΕΤΕΠ 07-08-03-22: Χρήση συνδέσμου " NABLA και SIMPLEX "..... | 29 |
| | |
| Κεφάλαιο 5..... | 38 |
| 5. Συσκευές διαστολής και Αλλαγές | 38 |
| | |
| Κεφάλαιο 6..... | 39 |
| 6. Εύρος σιδηροδρομικής γραμμής | 39 |
| | |
| Κεφάλαιο 7..... | 42 |
| 7. Θεωρητικό υπόβαθρο σύστημα Επιδομή-Επιδομής..... | 42 |

| | |
|---|-----------|
| Κεφάλαιο 10 | 59 |
| 10. Διαδίκασία προσκυρόστρωσης γραμμής | 59 |
| | |
| Κεφάλαιο 14 | 66 |
| 14. Επιθεώρηση γραμμής και Καταγραφή σφαλμάτων | 66 |
| | |
| Κεφάλαιο 15 | 77 |
| 15. Ασφάλεια | 77 |

Κεφάλαιο 1

1. Σιδηροτροχιά

1.1. Αναδρομή της εξέλιξης της σιδηροτροχιάς

Η διατομή σιδηροτροχιάς που χρησιμοποιείται στις μέρες μας, πρωτοεμφανίστηκε γύρω στο 1836 και για να λάρει τη μόρφη αυτή πέρασε οπό διάφορες φάσεις.

1740 : Έγινε επένδυση των ξυλοτροχιών με μεταλλικές πλάκες

1776 : Κατασκευάσθηκε η πρώτη οδός με τροχιές εξ αλοκλήρου σιδερένιες, τετράγωνης διατομής

1789 : Κατασκευάσθηκε οδός με σιδηροτροχιές διατομής ορθής γωνίας, επί των οποίων κυλαύσαν τροχοί με εσωτερικό μόνο υγρό. Την περίοδο αυτή δημιουργήθηκε και η έννοια «κανονικό πλάτος γραμμής», η οποία θα αναπτυχθεί στη συνέχεια

1800 : Παρουσιάστηκε μια σιδηροτροχιά με χοντρή κεφαλή και κορμό διαμορφωμένο σαν την κοιλιά ενός ψαριού

1830 : Ο αμερικανός R.L.Stevens μόρφωσε την σιδηροτροχιά με φαρδύ οπέλμα

1836 : Ο Άγγλος Henry Vignol εισήγαγε την σιδηροτροχιά του R.L.Stevens στην Αγγλία και την προώθησε στα Ευρωπαϊκά σιδηροδρομικά δίκτυα. Από την εποχή εκείνη, η σιδηροτροχιά αυτή φέρει το όνομα Vignol

1840 : Εμφανίσθηκε στην Αγγλία η σιδηροτροχιά «διπλής κεφαλής», η οποία χρησιμοποιήθηκε στο Αγγλικό δίκτυο μέχρι το 1938 περίπου

Σήμερο : Στις μέρες μας χρησιμοποιείται η διατομή Vignol από όλα τα σιδηροδρομικά δίκτυα της UIC (Union Internationale des Chemins de fer = Διεθνής Ένωση Σιδηροδρόμων), οφεύ επεκράτησε των όλων διατομών.

1.2. Τα ελαπτώματα σιδηροτροχιάς

Όπως αναφέρθηκε, τα ελαπτώματα των σιδηροτροχιών έχουν κατηγοριοποιηθεί από τη Διεθνή Ένωση Σιδηροδρόμων. Για την κάθε κατηγορία, υπάρχει εκτενής περιγραφή και φωτογραφικό υλικό, προκειμένου να γίνει σωστή κατηγοριοποίηση των ελαπτωμάτων.

- **Ελάπτωμα 211 κατά UIC:** Πρόκειται για αρχικές εσωτερικές ασυνέχειες ωοειδούς μορφής (tache ovale) οι οποίες οφείλονται σε θερμικά φαινόμενα που προκαλούνται κατά την κατασκευή της σιδηροτροχιάς. Εξελισσόμενο το φαινόμενο αυτό, φτάνει στην επιφάνεια της σιδηροτροχιάς και προκαλεί την άμεση θραύση της. Μπορεί να προκαλέσει πολύ ασβαρά προβλήματα και μάλιστα να έχει χαρακτήρα επιδημικό για σιδηροτροχιές της ίδιας κατασκευής. Εντοπίζεται είτε οπτικά, είτε με μηχανήματα ακτινοσκόπησης (laser). Στο ελάπτωμα αυτό κατά UIC αναφέρονται οι περισσότερες εργασίες για την κόπωση της σιδηροτροχιάς
- **Ελάπτωμα 212 κατά UIC:** Το ελάπτωμα αυτό αντιστοιχεί σε οριζόντια ρηγμάτωση της επιφάνειας κύλισης της σιδηροτροχιάς (αρχικές εσωτερικές ασυνέχειες) και έχει τάση για απόσταση της επιφάνειας κύλισης της σιδηροτροχιάς. Εντοπίζεται είτε οπτικά, είτε με μηχανήματα ακτινοσκόπησης (laser).
- **Ελάπτωμα 2201 κατά UIC:** Το ελάπτωμα αυτό προκαλείται από την κυκλοφορία των συρμών και συνίσταται σε κυματοειδούς μορφής φθορές της σιδηροτροχιάς με μήκος κύματος $\lambda=3\text{-}8$ cm. Αυτού του είδους οι φθορές διορθώνονται με τη διέλευση ειδικού μηχανήματος (SPENO), το οποίο διερχόμενο αμβλύνει τις φθορές και προκαλεί λείανση της σιδηροτροχιάς. Το ελάπτωμα αυτό εντοπίζεται είτε οπτικά, είτε με μηχανήματα καταγραφής των σφαλμάτων γραμμής.

- ♦ **Ελάπτωμα 113 κατό UIC:** Πρόκειται για το ελάπτωμα κατά το οποίο προκαλείται καθ' ύψος ρηγμάτωση, η οποία εξελισσόμενη μπορεί να διαχωρίσει την κεφαλή της σιδηροτροχιάς σε δυο τμήματα. Η αιτία του ελαπτώματος αυτού έγκειται στην κατασκευή της σιδηροτροχιάς. Ο εντοπισμός του γίνεται με μηχανήματα ακτινοσκόπησης, ενώ η σιδηροτροχιά στην οποία εντοπίζεται, θα πρέπει να αντικαθίσταται άμεσα.
- ♦ **Ελάπτωμα 2203 κατό UIC:** Το ελάπτωμα αυτό αναφέρεται σε πλευρική φθορά της κεφαλής της σιδηροτροχιάς, η οποία προκαλείται από τις οφιοειδείς ταλαντώσεις του τροχαίου υλικού. Η πλευρική φθορά γίνεται επικίνδυνη όταν ξεπεράσει ένα δριο, διότι επηρεάζει την τιμή του εύρους της γραμμής. Τα διάφορα σιδηροδρομικά δίκτυα καθαρίζουν την επιτρεπόμενη τιμή πλευρικής φθοράς, προκειμένου να μην προκαλεί κίνδυνο κατά την κυκλοφορία των συρμών.
- ♦ **Ελάπτωμα 221 κατό UIC:** Το ελάπτωμα αυτό αντιστοιχεί σε αποσύνθεση της επιφάνειας κύλισης της σιδηροτροχιάς. Οι βασικές αιτίες που προκαλούν το ελάπτωμα αυτό ανάγονται στην κατασκευή της σιδηροτροχιάς. Ο εντοπισμός του ελαπτώματος αυτού γίνεται κατά την επιθεώρηση ειδικών συνεργείων γραμμής και σιδηροτροχιές που το παρουσιάζουν αντικαθίστανται, κατά τις προγραμματισμένες εργασίες συντήρησης.

Κεφάλαιο Ε

3. Το Έρμα

3.1. Δοκιμή Los Angeles

Σκοπός

Ο σκοπός της δοκιμής Los Angeles είναι ο προσδιορισμός της αντοχής των αδρανών υλικών σε τριβή και κραύση με τη μηχανή Los Angeles. Η δοκιμή αυτή, που επινοήθηκε και σχεδιάστηκε στο Εργαστήριο Δομικών της πόλης Los Angeles, θεωρείται η πιο κατάλληλη για τον προσδιορισμό της σκληρότητας, δυσθραυστότητας και ποσόστου μαλακών τεμαχίων των αδρανών υλικών από οποιαδήποτε άλλη δοκιμή για τους παρακάτω λόγους:

- Η δράση επί των αδρανών είναι πολύ ισχυρή, ώστε να αποκαλύπτεται οποιαδήποτε αδυναμία του υλικού.
- Είναι κατάλληλη τόσο για τα θραυστά όσο και για τα φυσικά αδρανή.
- Η δοκιμή είναι αρκετά σύντομη.
- Δεν επηρεάζεται από τη μεταβολή του ειδικού βάρους των αδρανών, εξ αιτίας της μεγάλης χωρητικότητας του κυλίνδρου της μηχανής.
- Περιορίζεται σημαντικά η επιδραση αυτού που εκτελεί τη δοκιμή. Η δοκιμή που περιγράφεται παρακάτω είναι σύμφωνη με το πρότυπο A.S.T.M C 131, πρότυπο στο οποίο λαρσπέμπουν οι ισχύοντες ελληνικοί κανονισμοί.

Μηχανή Los Angeles

Η μηχανή Los Angeles αποτελείται από ένα χαλύβδινο κύλινδρο, κλειστό στις βάσεις του, εσωτερικής διαμέτρου 710 mm και μήκους 510 mm. Η μηχανή στηρίζεται κατάλληλα ώστε να μπορεί να περιστρέφεται οριζόντια. Στην πλευρική επιφάνεια του κυλίνδρου υπάρχει θυρίδα από την οποία εισάγεται το δείγμα και η οποία κλείνει αεροστεγώς. Η θυρίδα είναι σχεδιασμένη έτσι που να διατηρεί την ίδια καμπυλότητα του κυλίνδρου. Στη εσωτερική επιφάνεια του κυλίνδρου υπάρχει χαλύβδινη προεξοχή μήκους όσο και αυτό του κυλίνδρου, πλάτους 89 mm η οποία έχει την διεύθυνση της ακτίνος του κυλίνδρου.



Σχήμα 3.1. Συσκευή Los Angeles

Φορτίο σφαιρών

Εντός της μηχανής εισάγονται χαλύβδινες σφαιρές διαμέτρου περίπου 47,5 mm και βάρους 390 - 445 gr η κάθε μία. Ο αριθμός καθώς και το συνολικό βάρος των σφαιρών που χρησιμοποιούνται εξαρτάται από τη διαβάθμιση του πρός δοκιμή υλικού και δίνονται από τον παρακάτω πίνακα.

| Διαβάθμιση | Αριθμός σφαιρών | Βάρος φορτίου σφαιρών (gr) |
|------------|-----------------|----------------------------|
| A | 12 | 5.000 |
| B | 11 | 4.584 |
| Γ | 8 | 3.330 |
| Δ | 6 | 2.500 |
| E | 12 | 5.000 |
| Z | 12 | 5.000 |
| H | 12 | 5.000 |

Πίνακας 3.1. Αριθμός και βάρος σφαιρών δοκιμής Los Angeles

Δείγμα

Το πρός δοκιμή δείγμα επιλέγεται από καθαρό αδρανές υλικό, αφού ξηρανθεί αυτό στους 105 - 110 °C μέχρι σταθερού βάρους. Η ποσότητα του δείγματος όπως και η κατάλληλη διαβάθμιση επιλέγεται από τον πίνακα που ακολουθεί. Πρέπει δε η διαβάθμιση αυτή να είναι η πλησιέστερη του πρός εξέταση αδρανούς.

Τρόπος εργασίας

Το δείγμα μαζί με τον αντίστοιχο αριθμό σφαιρών εισάγονται στη μηχανή Los Angeles. Η μηχανή μπαίνει σε κίνηση με ταχύτητα 30 -

33 στροφών ανά λεπτό. Για τις διαβαθμίσεις Α, Β, Γ και Δ απαιτούνται 500 στροφές συνολικά, ενώ για τις Ε, Ζ και Η 1000 στροφές. Όταν συμπληρωθεί ο απαιτούμενος αριθμός στροφών παραλαμβάνεται το υλικό, το οποίο στη συνέχεια κοσκινίζεται από το κόσκινο № 12. Το συγκρατούμενο στο № 12 υλικό πλένεται, έπραινεται και ζυγίζεται με ακρίβεια 1 gr.

Υπολογισμοί

Η διαφορά μεταξύ του αρχικού και του τελικού βάρους του δείγματος εκφρασμένη σε ποσοστό % του αρχικού βάρους δίνει το ποσοστό φθοράς του υπό εξέταση αδρανούς υλικού. Η % φθορά υπολογίζεται από τον τύπο:

$$w = \frac{A - B}{A} \cdot 100$$

όπου:

W = η ζητούμενη φθορά

A = αρχικό βάρος του δείγματος

B = συγκρατούμενο βάρος στο κόσκινο № 12.

Αξιολόγηση Αποτελεσμάτων

Με βάση τα αποτελέσματα της δοκιμής μπορεί να χαρακτηριστεί ένα αδρανές υλικό ως σκληρό, μολακό ή ενδιάμεσης σκληρότητας. Για παρασκευή σκυροδέματος ανθεκτικού σε επιφανειακή φθορά (βιομηχανικά δάπεδα, σκυρόδεμα οδοποιίας), ο Κανονισμός Τεχνολογίας Σκυροδέματος ορίζει τιμή Los Angeles όχι μεγαλύτερη από 40%. Για παρασκευή ασφαλτικού σκυροδέματος οι προδιαγραφές (Π.Τ.Π. A 265) ορίζουν την χρήση αδρανών με % φθορά μικρότερη του 40%. Για τα αδρανή υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή βάσεων και υποβάσεων στην οδοποιία, οι ελληνικές προδιαγραφές (Π.Τ.Π. A155 και 150) ορίζουν τιμή Los Angeles όχι μεγαλύτερη του 50%.

3.2. Δοκιμή Deval

Κατά τη δοκιμή Deval μετριέται η ποσότητα των κόκκων που είναι μικρότερης διάστασης από 1.6 mm και που παράγονται στη μηχανή Deval μετά από αμοιβαία τριβή και μέτριες κρούσεις των κόκκων ενός δειγματος 7 kg. Η αντίσταση του δειγματος σε φθορά εκφράζεται με το συντελεστή Deval που δίνεται από τη σχέση:

$$\text{Συντελεστής Deval} = \frac{2800}{m}$$

Όπου m η μάζα σε gr των κόκκων, διάστασης μικρότερης από 1.6 mm, που δημιουργούνται μέσα στη μηχανή Deval.

Υπάρχουν δυο είδη δοκιμής Deval που δίνουν και τους αντίστοιχους συντελεστές Deval:

- ♦ Δοκιμή στεγνή: συντελεστής Deval DS
- ♦ Δοκιμή υγρή: συντελεστής Deval DH

3.3. Τύποι διατομών

Έχοντας υπολογίσει το πάχος των στρώσεων, μπορεί πια να σχεδιασθεί η διατομή της γραμμής για κάθε περίπτωση στην οποία ανήκει το εκάστοτε τμήμα της (ευθυγραμμία, καμπύλη κτλ).

Οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες διατομές στην Ελλάδα, αναλόγως και τον τύπο στρωτήρα που χρησιμοποιείται είναι οι εξής:

- ♦ Μονή γραμμή με στρωτήρες διμερείς για ευθυγραμμία
- ♦ Μονή γραμμή με στρωτήρες διμερείς για καμπύλη
- ♦ Διπλή γραμμή με στρωτήρες ξύλινους
- ♦ Μονή γραμμή με στρωτήρες μεταλλικούς
- ♦ Διπλή γραμμή με στρωτήρες διμερείς για ευθυγραμμία
- ♦ Διπλή γραμμή με στρωτήρες διμερείς για καμπύλη
- ♦ Ανιασόπεδη διάβαση διπλής γραμμής με οδό

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τυπικές διατομές γραμμής σε ευθυγραμμία και καμπύλη για τις συνηθέστερες περιπτώσεις στρώσης.

Κεφάλαιο 4

4. Μικρό Υλικό Σύνδεσης

4.1. Γενικά περί συνδέσμων

Οι σύνδεσμοι:

- Πρέπει να εξασφαλίζουν μια επαρκή τριβή μέσω σύσφιγξης μεταξύ σιδηροτροχιάς και στρωτήρα. Η σύσφιξη της σιδηροτροχιάς στον στρωτήρα και η προκαλούμενη τριβή πρέπει να είναι επαρκής για να εμποδίσει την όδευση της σιδηροτροχιάς που προκύπτει από θερμοκρασιακή κυρίως μεταβολή.
- Πρέπει να εξασφαλίζουν ότι το εύρος μεταξύ των σιδηροτροχιών πάραμενει ομοιόμορφα σταθερό σε όλο το μήκος της γραμμής. Ομοιόμορφο εύρος με μικρές ανοχές επιτυγχάνεται μόνο με την χρήση πλακών έδρασης.
- Πρέπει να εμποδίζουν την στρεπτική παραμόρφωση των σιδηροτροχιών.

Απόσπασμα ΠΕΤΕΠ 07-08-03-10: Χρήση συνδέσμου "Κ"

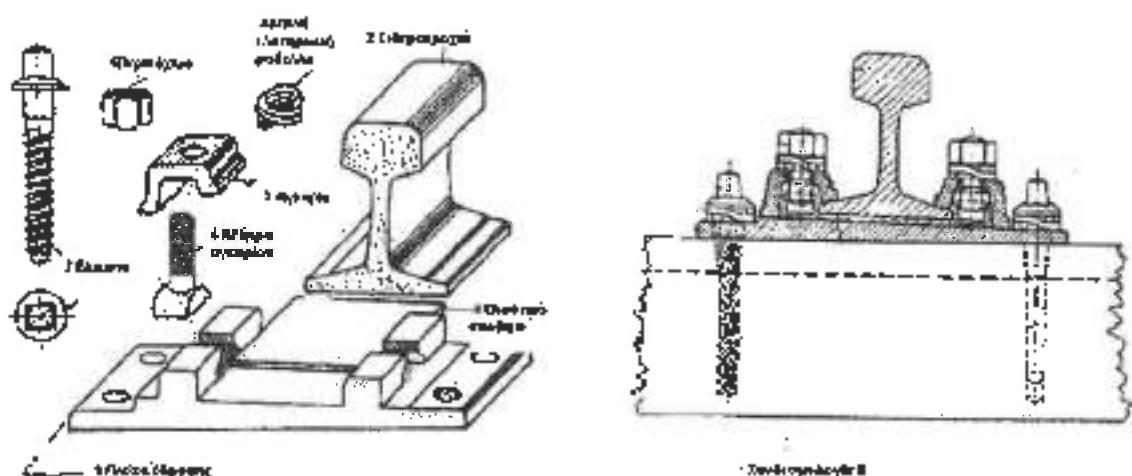
4.2. Σύνδεσμος Κ

Γενικά

Η σύνδεση Κ είναι μία από τις πρώτες έμμεσες συνδέσεις που δημιουργήθηκαν. Στην σύνδεση Κ που εφαρμόζεται στον ΟΣΕ, η πλάκα έδρασης συνδέεται με τον στρωτήρα μέσω 4 ελικωτών (τιρφωνιών). Πάνω στην πλάκα τοποθετείται η σιδηροτροχιά η οποία συνδέεται μέσω των σγκυρίων με την πλάκα έδρασης. Τα σγκύρια μέσω των περικοχλίων και των δακτυλίων σγκυρώνονται στην πλάκα έδρασης (Σχήμα 4.1).

Οι σύνδεσμοι τύπου K, σε περιπτώσεις χρήσης σε γραμμή με συνεχή συγκόλληση των σιδηροτροχιών (Σ.Σ.Σ.) θα είναι διπλοί ελαστικοί, δηλαδή θα πρέπει, υποχρεωτικά να περιλαμβάνουν:

- Ένα ελαστικό παρέμβλημα (πέλμα) αυλακωτό, που θα τίθεται μεταξύ του πέλματος της σιδηροτροχιάς και της πλάκας εδράσεως.
- Μία διπλή ελατηριωτή ροδέλα που θα τοποθετείται μεταξύ του αγκυρίου K (κροπώ) και του περικοχλίου (παξιμαδιού) του μπουλονιού K.



Σχήμα 4.1. Σύνδεσμος K

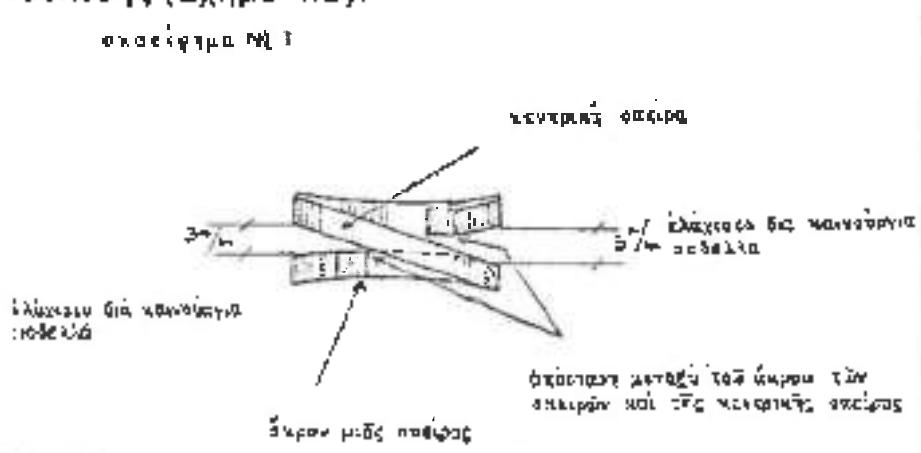
Διπλή ελατηριωτή ροδέλα (δακτύλιος)

Η χρησιμοποίηση δακτυλίων Graver με διπλή έλικα (διπλή ελατηριωτή ροδέλα) αποτελεί μια βελτίωση της σύνδεσης K μέσω των οποίων εκτός του ότι αποφεύγεται το χαλάρωμα των βιδωμένων τμημάτων, προσδίδεται στο σύνολο της σύνδεσης σημαντική ελαστικότητα.

Περιγραφή της διπλής ελαστοποιωτής ροδέλας

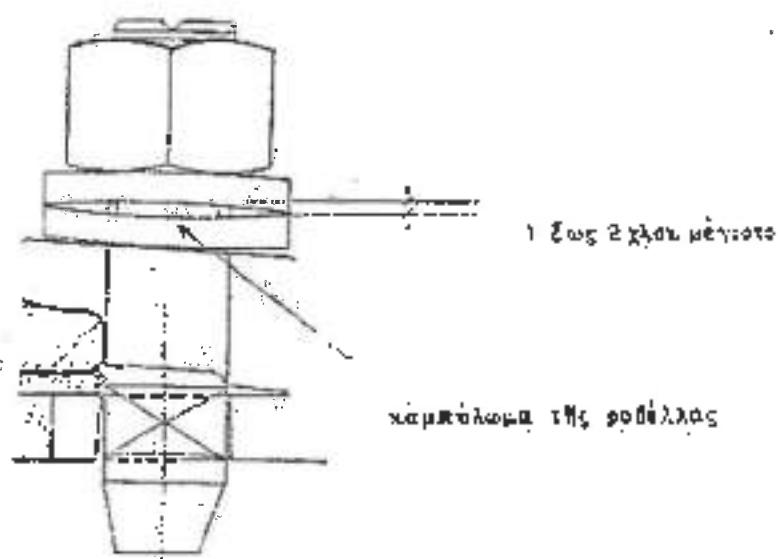
Η ελαστικότητα της ροδέλας δεν εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ των άκρων των σπειρών και της κεντρικής σπείρας (Σχήμα 4.2), αλλά από την μορφή (σχήμα) των σπειρών, οι οποίες περιλαμβάνουν μία κυρτότητα (καμπύλωμα) εκ κατασκευής (Σχήμα 4.3).

σχεδίασμα Ν° 1



Σχήμα 4.2. Ελαστηριωτή ροδέλα

σχεδίασμα Ν° 2



Σχήμα 4.3. Ελαστηριωτή ροδέλα

Κριτήρια Αποδοχής Υλικών - Έλεγχοι Παραλαβής

Η ποιοτική ποσοτική παραλαβή των υλικών που αποτελούν τον σύνδεσμο Κ γίνεται σύμφωνα με τις παραπάνω τεχνικές προδιαγραφές προμήθειας.

Κατά την παραλαβή των υλικών στο Εργοτάξιο θα γίνεται οπτικός έλεγχος για να διαπιστωθεί η ακεραιότητα τους. Υλικά που παρουσιάζουν κακώσεις δεν θα γίνονται αποδεκτά και θα απομακρύνονται άμεσα από το εργοτάξιο.

Μέθοδος-Τρόπος εκτέλεσης εργασιών

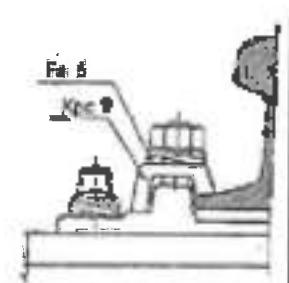
Σύσφιξη των συνδέσμων

Πρέπει να χρησιμοποιούνται καινούργιες ροδέλες, των οποιων το περιθώριο ελαστικότητας είναι περίπου 4 mm.

Για οποιοδήποτε αίτιο, το περιθώριο αυτό της ελαστικότητας μετρούμενο με την βοήθεια ενός βαθμολογημένου κανόνα (φίλερ), δεν πρέπει ποτέ να είναι μικρότερο των 3 mm όταν η ροδέλα δεν είναι αφιγμένη.

Η σύσφιξη θα γίνεται μόνο με την χρησιμοποίηση μηχανημάτων κοχλιώσεως (κραπονιέρες) με ρυθμιζόμενη σύσφιξη (που έχουν δυνατότητα περιορισμού ρυθμίσεως του ζεύγους συσφίγξεως).

Οι άλλοι τύποι των μηχανημάτων κοχλιώσεως αποκλείονται παντελώς.



Σχήμα 4.4. Κοχλιώση συνδέσμου Κ

Ρυθμιστή μηχανημάτων κοχλιώσεως.

Με την βοήθεια μηχανημάτων κοχλιώσεως με ρυθμιζόμενη σύσφιγξη αυσφίγγονται 15 σύνδεσμοι ευρισκόμενοι στην ίδια πλευρά της σιδηροτροχιάς.

Μετράτοι με την βοήθεια του φίλλερ, το παραμένον διάκενο μεταξύ των δύο σπειρών, στη θέση του καμπυλώματος (το ένα από τα δύο καμπυλώματα της ροδέλας είναι πάντα προσπότ).

Ρυθμίζεται το ζεύγος συσφίγξεως του μηχανήματος κοχλιώσεως, έτσι ώστε στους 15 αυτούς συνδέσμους, το διάκενο, στη θέση του καμπυλώματος, να έχει μέγεθος 1 έως 2 mm.

Η εργασία επαναλαμβάνεται για 15 συνδέσμους που βρίσκονται, από την άλλη πλευρά της σιδηροτροχιάς.

Συντήρηση

Θα εφαρμόζεται ο ακόλουθος κύκλος συντήρησης:

Σύσφιξη των συνδέσμων

Η σύσφιξη των συνδέσμων θα γίνει συστηματικά κατά την διάρκεια των 2 πρώτων ετών που ακολουθούν την στρώση. Η εργασία θα γίνει με μηχανήματα κοχλιώσεως με ρυθμιζόμενη σύσφιγξη όπως υποδειχθήκε προηγουμένως.

Επολήθευση (έλεγχος) της συσφίγξεως

Θα πρέπει από το 3ο έτος μετά την στρώση και ανάλογα με τον κύκλο συντήρησης, να γίνεται επολήθευση της σύσφιξης:

- 15 στρωτήρων ανά ζώνη μήκους 200 m (περιοχές της Γενικής Επισκευής και εκτός Γενικής Επισκευής κυκλικές, του υπ' όψη έτους).
- εάν το μέσο διάκενο είναι μικρότερο των 2 mm, δεν αποτείται σύσφιξη.
- εάν το μέσο διάκενο είναι ανώτερο ή ίσο με 2 mm, πρέπει να γίνει σύσφιξη σ' όλο το μήκος των 200 m.

Έλεγχος της ελαστικότητας

Ο έλεγχος της ελαστικότητας πρέπει να γίνεται αμέσως μετά την στρώση, αφού η γραμμή υποστεί κυκλοφορία 30 εκατομμυρίων τόνων, αλλά όχι μετά την παρέλευση 10 ετών.

Ο έλεγχος θα γίνεται ανά ζώνες μήκους 200 m, ακολουθώντας τον κύκλο συντήρησης σύμφωνα με το Η-Π (ΠΕΤΕΠ 07-05-01-10), ως ακολούθως:

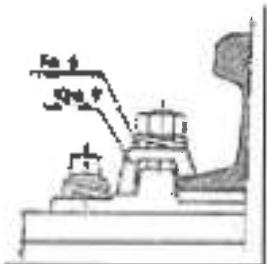
- ♦ αφαιρούνται οι σύνδεσμοι 30 στρωτήρων (η εργασία αυτή γίνεται σε δύο διελεύσεις - στάδιο-για την ασφάλεια της κυκλοφορίας).
- ♦ μετράται, σε κάθε ροδέλα, το διάκενο στη θέση του καρπούλωματος.
- ♦ εάν το μέσον διάκενο είναι μικρότερο ή ίσο προς 2,5 mm, αντικαθίστανται όλες οι ροδέλες της ζώνης των 200 m.
- ♦ εάν το μέσον διάκενο είναι μεγαλύτερο των 2,5 mm, δεν αντικαθίστανται οι ροδέλες.

Απόσπασμα ΠΕΤΕΠ 07-08-03-30: Χρήση συνδέσμου "KS (SKL 12)"

4.2. Σύνδεσμος KS

Γενικό περί συνδέσμου KS

Ο σύνδεσμος "KS" αποτελείται από την ιλόκα εδράσεως "K" τριών ή τεσσάρων οπών πεδιλωμένη επί ξύλινου στρωτήρα, δύο βλήτρα αγκυρίων μετά περικοχλίων τύπου HS 32X65, δύο ροδέλες τύπου ULS-6, ένα ελαστικό υπόθεμα και δύο ελατηριωτά αγκύρια SKL12. Ο σύνδεσμος αυτός παρέχει την δυνατότητα προσυναρμολόγησης και έτσι οι στρωτήρες έρχονται στο εργοτάξιο στρώσης με προσυναρμολογημένους τους συνδέσμους επί της πλάκας "K".



Το ελατηριωτό αγκύριο τύπου SKL 12 είναι στοιχείο του διπλά ελαστικού συνδέσμου KS. Οι βραχίονες του αγκυρίου λειτουργούν σαν αποσβεστήρες και μαζί με το ελαστικό υπόθεμα απορροφούν τους κραδασμούς που δημιουργούνται από τα στατικά και δυναμικά φορτία του κυλιόμενου φορτίου στις υψηλές ταχύτητες. Ο βράγχος του αγκυρίου που εφάπτεται στο πέλμα της σιδηροτροχιάς ενεργεί σαν πρόσθετο σύστημα ασφαλείας και συγκρατεί την σιδηροτροχιά από ανατροπή.

Μέθοδος-Τρόπος εκτέλεσης εργασιών

Γενικά

Συναρμολόγηση του συνδέσμου

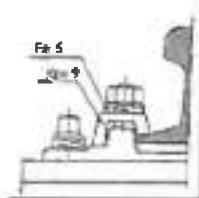
Μετά την τοποθέτηση της σιδ/χιάς επί της πλάκας "K", μεταφέρονται τα 2 ελατηριωτό αγκύριο SKL12 από τη θέση της προσυναρμολόγησης στην κανονική θέση συναρμολόγησης (σύνδεση σιδ/χιάς) ως εξής:



Για την συναρμολόγηση της συνδέσμου στη γραμμή απαιτείται χαλάρωση του ελαφρά σφιγμένου παξιμαδιού του βλήτρου HS 32 και η μετατόπιση του αγκυρίου SKL12 με το βλήτρο προς το πέλμα της σιδηροτροχιάς μέχρι τα δύο σκέλη και ο βράγχος του ελατηριωτού αγκυρίου να βρίσκονται πάνω στο πέλμα της σιδηροτροχιάς.

Σύσφιγξη

Η σύσφιγξη του ελατηριωτού αγκυρίου SKL12 γίνεται όταν αυτό βρίσκεται στην κανονική του θέση (3.1.1). Περιστρέφεται το παξιμάδι του βλήτρου και συσφίγγεται το ελατηριωτό αγκύριο SKL12 ώστε ο βρόγχος να εδράζεται επί της σιδηροτροχιάς. Η επίτευξη της απαιτούμενης σύσφιγξης του ελατηριωτού αγκυρίου SKL12 διαπιστώνεται από τη θέση του βρόγχου που πρέπει απλώς να ακουμπά επί του πέλματος της σιδ/χιάς ή να απέχει από αυτό το πολύ 2 mm (βλ. σκαρίφημα).



Η σύσφιγξη αυτή επιτυγχάνεται με ροπή 180-200 Nm περίπου.

Ο έλεγχος της σύσφιγξης του SKL12 γίνεται με ειδικό φίλερ πάχους 1,5 mm με το οποίο ελέγχεται το κενό μεταξύ του βρόγχου του ελατηριωτού αγκυρίου και του πέλματος της σιδηροτροχιάς.

Σε γραμμή με σύνδεση "KS" είναι δυνατή η προσωρινή χαλάρωση της σύσφιγξης ή αποσυναρμολόγηση μερικών συνδέσμων όταν τούτο είναι αναγκαίο για την εκτέλεση κάποιων εργασιών. Χαλάρωση της σύσφιγξης του ελατηριωτού αγκυρίου SKL12 νοείται η θέση από την οποία δεν εξασκείται καμιά πίεση επί του πέλματος της σιδ/χιάς, χωρίς δμώς η χαλάρωση αυτή να επιτρέπει και την ανύψωσή της από την πλάκα "K".

Επιτρέπεται χαλάρωση της σύσφιγξης ή αποσυναρμολόγηση μερικών συνδέσμων σε γραμμές με Σ.Σ.Σ. μόνον όταν η θερμοκρασία της σιδ/χιάς κυμαίνεται μεταξύ +3 έως +40°C και θα πρέπει να γίνει επανασύσφιγξη πριν η θερμοκρασία φτάσει στα όρια αυτό.

Σε γραμμή με μειωμένη την εγκάρσια αντίσταση π.χ. όταν έχει προηγηθεί υπογόμωση γραμμής χωρίς να έχουν διέλθει τα απαραίτητα για την σταθεροποίηση αυτής φορτίο, δεν επιτρέπεται χαλάρωση της σύσφιγξης ή αποσυναρμολόγηση συνδέσμων.

Τα ελατηριωτό αγκύρια δεν επιτρέπεται να χτυπιούνται με εργαλεία χειρός (πικούνια) προκειμένου να έλθουν από την θέση προσμναρμολόγησης στην θέση συναρμολόγησης.

Συντήρηση

Συντήρηση του συνδέσμου "KS" δεν αποτείται, εκτός εάν πρόκειται να εκτελεστούν άλλες εργασίες προγραμματισμένες ή μη επί της γραμμής, όπως οριζοντιογραφική και υψομετρική τακτοποίηση, υπογόμφωση κλπ ,οπότε θα πρέπει απαραιτήτως να προηγηθεί έλεγχος σύσφιγξης των συνδέσμων και εφ' όσον διάπιστωθούν αποκλίσεις από τα παραπόνω αναφερόμενά να προηγηθεί προ πάσης άλλης εργασίας η σωστή σύσφιγξη των συνδέσμων.

Απόσπασμα ΠΕΤΕΠ 07-08-03-34: Χρήση συνδέσμου "W14(SKL14)"

4.3. Σύνδεσμος W14

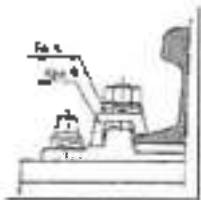
Γενικά περί συνδέσμου W14

Διπλό ελαστικό σύνδεσμος W14 - Περιγραφή

Το σύστημα συνδέσμου W14 είναι σύστημα προμονταρισμένου συνδέσμου, που χρησιμοποιείται σε στρωτήρες από προεντεταμένο σκυρόδεμα, στα δίκτυα υψηλών ταχυτήτων μικτής κυκλοφορίας, και αξονικά φορτία 22,5t.

Το σύστημα συνδέσμου W14 αποτελείται από τα κατωτέρω στοιχεία (Σχήμα 4.2):

- Το διπλό ελαστικό αγκύριο Skl 14
- Την πλαστική πλάκα στήριξης αγκυρίου Wfp 14 K
- Το ειδικό ελικωτό (τυρφώνι) Ss25 με ενσωματωμένη την ροδέλα UlS 7
- Η υποδοχή του ελικωτού Sdu 9 που ενσωματώνεται στον στρωτήρα
- Το ελαστικό υπόθεμα ZW 700



Σχήμα 4.2. Σύνδεσμος W14

Πλεονεκτήματα της σύνδεσης W14

Το ελατηριωτό αγκύριο τύπου Skl 14 είναι στοιχείο του διπλά ελατηριωτού συνδέσμου W14. Οι βραχίονες του αγκυρίου λειτουργούν σαν αποσβεστήρες και μαζί με το ελαστικό υπόθεμα απορροφούν τους κραδασμούς που δημιουργούνται από τα στατικά και δυναμικά φορτία του συρμού στις υψηλές ταχύτητες. Σε περίπτωση ανατροπής της σιδηροτροχιάς, ο βρόγχος του αγκυρίου που εφάπτεται στο πέλμα της σιδηροτροχιάς και ενεργεί σαν πρόσθετο σύστημα ασφαλείας, συγκρατεί την σιδηροτροχιά από ανατροπή. Ακόμη και σε περίπτωση εκτροχιασμού, εφ' όσον δεν υπάρξει καταστροφή του στρωτήρα, μπορεί να επανατοποιηθεί το διπλά ελατηριωτό αγκύριο με την προσθήκη νέας υποδοχής ελικωτού Sdu 9.

Επί γραμμής το σύστημα W14 τοποθετείται και συσφίγγεται στην σιδηροτροχιά είτε με αυμβωτικό μηχανήματα σύσφιξης, είτε με ειδικά μηχανήματα τοποθέτησης και σύσφιξης επιτυγχάνοντας μεγάλες αποδόσεις τοποθέτησης και αύσιφιξης των συνδέσμων. Επισημαίνεται ότι για την σύσφιξη του ελατηριωτού αγκυρίου δεν απαιτείται οι στρωτήρες να έχουν τοποθετηθεί σε απόλυτο οριζόντιο επίπεδο.

Είναι δυνατό στον ίδιο στρωτήρα να χρησιμοποιηθούν σιδηροτροχιές διαφόρων τύπων, με αντικατάσταση μόνον των πλακών στήριξης του συνδέσμου.

Βασικές λειτουργίες των ενσωματωμένων υλικών

Ελαστικό Αγκύριο SKL 14

Το ελαστικό αγκύριο κατασκευάζεται από ελατηριωτό χάλυβα κατά EN 10089:2004 Hot-rolled steels for quenched and tempered springs - Technical delivery conditions -- Χαλύβδινα ελατήρια θερμής έλασης για βαφή και επαναφορά - Τεχνικοί δροι παράδοσης. Το διπλά ελατηριωτό αγκύριο έχει μεγάλη ελατηριωτή διαδρομή (έως 15 mm, Σχήμα 6) και επιτυγχάνει δύναμη σύσφιξης επί της σιδηροτροχιάς μέχρι 12 KN. Με την μεγάλη ελατηριωτή γραμμική διαδρομή, επιτυγχάνεται η μηδενική συντήρηση του συνδέσμου.

Πλάκα Στήριξης Αγκυρίου Wfp 14K

Η πλάκα στήριξης αγκυρίου Wfp 14K κατασκευάζεται από πλαστικό με ειδικές προσπίξεις που της εξασφαλίζουν μονωτική ιδιότητα, μεγάλη μηχανική αντοχή και αντοχή σε γήρανση. Η πλάκα αγκυρίου αποτελεί βασικό στοιχείο για την λειτουργία του συνδέσμου και πρέπει να είναι με τέτοιο τρόπο κατασκευασμένη, ώστε να πληροί τις λειτουργίες συμβατότητας του συνδέσμου W14 με το ελαστικό υπόθεμα.

Οι πλαστικές πλάκες είναι κατάλληλες και σε γραμμές με μικρές ακτίνες. Σε γραμμές με ακτίνες κάτω των 175 mm είναι απαραίτητη η διεύρυνση του εύρους που επιτυγχάνεται χωρίς πρόβλημα με την χρησιμοποίηση πλαστικών πλακών διαφόρων πλαστών.

Ελικωτό Τα ύπου Ss25 ME Ενσωματωμένη Ροδέλα Uls 7

Το ελικωτό Ss25/Uls7 με την ενσωματωμένη ροδέλα χρησιμεύει για την σύσφιξη του ελατηριωτού αγκυρίου SKL14, είναι κατασκευασμένο από χάλυβα υψηλής αντοχής, πρέπει δε να λειτουργεί απόλυτα συμβατό με την υποδοχή Sdδ9.

Μέθοδος-Τρόπος εκτέλεσης εργασιών

Γενικά

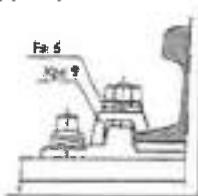
Συναρμολόγηση του συνδέσμου

Τοποθέτηση του συνδέσμου στην θέση συναρμολόγησης

Όλα τα επιμέρους υλικά του συνδέσμου μπορούν να ευρίσκονται πρόσυναρμολογημένα επί του στρωτήρα ήδη από το εργοστάσιο κατασκευής των στρωτήρων από σκυρόδεμα (Σχήμα 3).

Μετά την τοποθέτηση της σιδηροτροχιάς επί του στρωτήρα, μετατοπίζονται τα 2 ελατηριωτά αγκύρια SKL14 από την θέση της πρόσυναρμολόγησης στην κανονική θέση (σύνδεση σιδηροτροχιάς) .

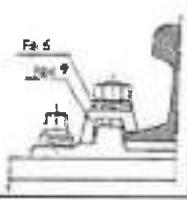
Για την συναρμολόγηση της συνδέσμου στην γραμμή αποιτείται χαλάρωση του ελαφρά αφιγμένου παξιμάδιού του ελικωτού (κατά μισή περιστροφή) και μετατόπιση του αγκυρίου SKL14 με το ελικωτό προς το πέλμα της σιδηροτροχιάς (κάθετα στον άξονα της) μέχρι το δύο σκέλη και ο βρόγχος του ελατηριωτού αγκυρίου να βρεθούν πάνω στο πέλμα της σιδηροτροχιάς.



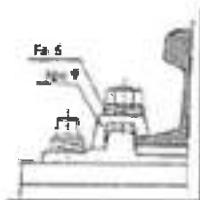
Σχήμα 4.3. Συναρμολόγηση συνδέσμου SKL14

Σύσφιγξη

Η σύσφιγξη του ελατηριωτού αγκυρίου SKL14 γίνεται όταν αυτό βρίσκεται στην κανονική του θέση (επί της σιδηροτροχιάς, κέφαλαιο 3.1.1). Περιστρέφεται το παξιμάδι του ελικωτού και συσφίγγεται το ελατηριωτό αγκύριο SKL14 ώστε ο βρόγχος να εδράζεται επί της σιδηροτροχιάς. Η επίτευξη της αποιτούμενης σύσφιγξης του ελατηριωτού αγκυρίου SKL14 διαπιστώνεται από την θέση του βρόγχου που πρέπει απλώς να ακουμπά στο πέλμα της σιδηροτροχιάς (Σχήμα 4.4 και 4.5).



Σχήμα 4.4. Ορθή θέση τοποθέτησης



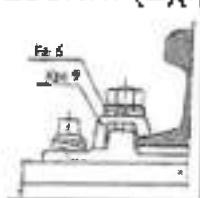
Σχήμα 4.5. Λάθος θέση τοποθέτησης

Με τα δύο ελεύθερα ακέλη του ελατηριωτού αγκυρίου επιτυγχάνεται μια συνεχής σύσφιγξη της σιδηροτροχιάς με περίπου 11,5 KN δύναμη σύσφιγξης και περίπου 14,5 mm ελατηριωτή διαδρομή ανά αγκύριο. Κατ' αυτόν τον τρόπο, ο σύνδεσμος δεν χρειάζεται συντήρηση.

Οι κινήσεις ανατροπής της σιδηροτροχιάς αναλαμβάνονται και αποσβένονται μέσω του μεσαίου βρόγχου του αγκυρίου.

Η αντικατάσταση των σιδηροτροχιών και απελευθέρωση τάσεων στην σιδηροτροχιά διευκολύνονται μέσω ελεγχόμενου λυσίματος των ελικωτών.

Η σωστή θέση σύσφιγξης επιτυγχάνεται όταν ο μεσαίος βρόγχος ογγίζει μέσω σύσφιγξης του ελικωτού την πλαστική πλάκα στήριξης αγκυρίου Wfp 14 K. Προς τούτο αποπειται μια μέγιστη ροπή σύσφιγξης 250Nm (Σχήμα 4.4).



Σχήμα 4.6.

Απόσπασμα ΠΕΤΕΠ 07-08-03-20: Χρήση συνδέσμου "RN"

4.4. Σύνδεσμος RN

Γενικά περί συνδέσμου RN

Διπλό ελαστικός σύνδεσμος RN - Περιγραφή

Οι ελαστικές προσηλώσεις τύπου RN χρησιμοποιούνται σε δυο είδη διμερών στρωτήρων από σκυρόδεμα.

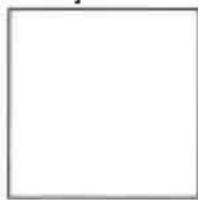
Στους στρωτήρες U2 με σιδηροτροχιές UIC 50 και στους στρωτήρες U3 με σιδηροτροχιές UIC 54.

Στους συνδέσμους αυτούς απαιτείται η ανατηματική ρύθμιση του εύρους σε συνδυασμό με τις εργασίες της Γενικής Επισκευής.

Η εργασία αυτή δεν προβλέπεται στις εργασίες του Ημερολογίου Προγράμματος ούτε στο σχετικό πίνακα αποδόσεων.

Περιγραφή

Ο σύνδεσμος RN αποτελείται από τα ακόλουθα τμήματα (βλέπε Σχήμα 4.1)



Σχήμα 4.1.

- α) Ελικωτό - βλήτρο από χάλυβα (το βλήτρο αγκυρίου), το οποίο αγκυρώνεται στον στρωτήρα από σκυρόδεμα.
- β) Αυλακωτό ελαστικό υπόθεμα πάχους 4,5 mm που παρεμβάλλεται μεταξύ αγκυρίου και πέλματος σιδηροτροχιάς.
- γ) Ελατηριωτό δγκύριο (έλασμα διπλό καμπτώμενο) από χάλυβα και με το επάνω σκέλος μακρύτερο από το κάτω.

- δ) Μονωτικό πλακίδιο (PAULSTRA) που τοποθετείται μεταξύ σιδ/χρας και αγκυρίου για να επιτυγχάνεται η ηλεκτρική μόνωση της σιδ/χιάς.
- ε) Ένα στέλεχος (ελαστικό ημικυλινδρικό κουζινέτο) που λειτουργεί εξομαλυντικό και προστατεύει τον στρωτήρα στο τμήμα εκείνο που είναι πιο απομακρυσμένο από την σιδηροτροχιά (τοποθετείται μεταξύ στρωτήρα και αγκυρίου σε καμπύλες με $R < 1000$ m). Είναι ημικυλινδρικό από υψηλής ποιότητας καουτσούκ.

Μέθοδος-Τρόπος εκτέλεσης εργασιών

Γενικά

Η ελαστικότητα της σύνδεσης είναι έμφανής τόσο προς τα πάνω όσο και προς τα κάτω. Προς τα πάνω συμμετέχει το αγκύριο που επενεργεί με μία δύναμη που αυξάνεται ανάλογα με την αύξηση της παραμόρφωσης. Υπό την επίδραση του αγκυρίου το ελαστικό υπόθεμα πιέζεται και λόγω των αυλακώσεων του, επιτυγχάνεται η σφραγίδη θερμότητας που αναπτύσσεται λόγω παρεμποδιζόμενης διαστολής εγκαρασίων.

Η αλληλεπίδραση μεταξύ άνω τμήματος του αγκυρίου και του πέλματος σιδηροτροχιάς επιδρά στη σύσφιγξη της βίδας, στην πίεση στο πέλμα της σιδηροτροχιάς και στην κόπωση του χάλυβα του αγκυρίου.

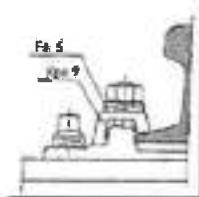
Η σωστή σύσφιγξη του συνδέσμου πραγματοποιείται όταν επιτυγχάνεται η θέση της δεύτερης εποφής (σχ.2).

Άλλη λειτουργία του αγκυρίου είναι να δημιουργεί αντιστάσεις έναντι των εγκαροίων δυνάμεων, οι οποίες όταν υπερβούν ένα συγκεκριμένο όριο προκαλούν πλευρικές μετατοπίσεις της σιδηροτροχιάς επί του υποθέματος. Η μεταβίβαση στον στρωτήρα αυτής της πλευρικής δράσης πραγματοποιείται μέσω ενός στελέχους από καουτσούκ (ημικυλινδρικό κουζινέτο) που παίζει τον ρόλο του εξομαλυντή.

Τοποθέτηση

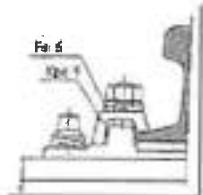
Κατά την τοποθέτηση του συνδέσμου πρέπει να καταβάλλεται ιδιαίτερη μέριμνα για την ορθή σύσφιξη του.

Υπερβολική σύσφιξη προκαλεί καταστροφή της ελαστικότητας του συνδέσμου και μικρή σύσφιξη ανεπαρκή σύνδεση στρωτήρα – σιδ/χιάς. Ο έλεγχος της ροπής σύσφιξης γίνεται με μέτρηση του διάκενου J1 (βλ. σχήμα 4.2).



Σχήμα 4.2.

Πρέπει να ισχύει $3/10 \text{ mm} > J1 > 1/10 \text{ mm}$. Το διάκενο αυτό μετράται με κατάλληλο φίλερ (βλ. σχήμα 4.3).



Σχήμα 4.3. Σφηνοειδής κανόνας μέτρησης

Η σύσφιξη των συνδέσμων με τον τρόπο που αναφέρεται παραπόνω πρέπει να γίνει τα δύο πρώτα χρόνια μετά την τοποθέτηση τους και μετά την απελευθέρωση των τάσεων.

Για να επιτυγχάνεται η ορθή σύσφιξη είναι απολύτως αναγκαίο να χρησιμοποιούνται μηχανήματα κοχλιώσεως με ρυθμιζόμενη ροπή συσφίξεως τα οποία πρέπει να ελέγχονται τακτικά κατά την διάρκεια των εργασιών.

Έλεγχος σύσφιξης

Ο σύνδεσμος RN όταν έχει τοποθετηθεί σωστά, δεν απαιτεί περιοδική σύσφιξη.

Αντί αυτής γίνεται έλεγχος συσφίξεως κάθε 2 χρόνια. Με την βοήθεια του φίλερ του σχήματος 3 μετράται το διάκενο J1 σε 15 συνεχείς στρωτήρες ανά 200 m. Αν το J1 είναι μεγαλύτερο των 10/10 mm στο 25% των συνδέσμων, γίνεται σύσφιξη της ζώνης των 200 m (100m εκατέρωθεν του σημείου που έγινε η μέτρηση του J1).

| ΧΙΛΙΟΜΕΤΡΗΣΗ | | | | | |
|--------------|-------|-------|--------|--------|------------|
| 1+00 0 | 1+100 | 1+200 | 1+300 | 1+400 | |
| 15 | 1+100 | 1+200 | 1+300 | 1+400 | |
| | | 5+000 | 10+000 | 15+000 | 20+0 00 |
| επη/k m | | | | | |
| n | | | ----- | | |
| | | | ----- | | |
| n+1 | | | | ----- | |
| | | | | ----- | |
| n+2 | ----- | | | | |
| | ----- | | | | |
| n+3 | | ----- | | | |
| | | ----- | | | |

.....Γενική επισκευή της γραμμής (περιλαμβάνεται και ο έλεγχος συσφίξεως)

-----Έλεγχος συσφίξεως

Πρέπει να σημειωθεί ότι τα δύο πρώτα χρόνια από την στρώση της γραμμής δεν γίνεται έλεγχος συσφίξεως αλλά συστηματική σύσφιξη όλων των συνδέσμων.

β) Γραμμή στην οποία δεν έχει γίνει ρύθμιση του εύρους

| | 0+000 | 5+000 | 10+000 | 15+000 | 20+000 |
|--------------------|-------|-------|--------|--------|--------|
| ετη/k m | | | | | |
| n | | | ----- | | |
| | | | ----- | | |
| n+1 | | | | ----- | |
| | | | | ----- | |
| n+2 | ----- | | | | |
| | ----- | | | | |
| n+3 | | ----- | | ----- | |
| | | ----- | | | |

.....Γενική επισκευή της γραμμής και ταυτόχρονη ρύθμιση του εύρους

-----Έλεγχος συσφίξεως

γ) Γραμμή στην οποία έχουν περάσει $30 \cdot 10^3$ t ή 10 χρόνια μετά την στρώση της για γραμμές μικρού κυκλοφοριακού φόρτου.

| | 0+000 | 5+000 | 10+000 | 15+000 | 20+0 00 |
|------------|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------|
| ετη/k m | | | | | |
| n | | - - - - - ,-,-,- | - - - - - | - - - - - | |
| n+1 | | | - - - - - ,-,-,- | - - - - - | |
| n+2 | - - - - - - - - - - | | | - - - - - ,-,-,- | |
| n+3 | - . - . - - - -, - | - - - - - | | | |

.....Γενική Επισκευή της γραμμής

- - - Έλεγχος συσφίξεως

- . - Έλεγχος ελαστικότητας

Απόσπασμα ΠΕΤΕΠ 07-08-03-22: Χρήση συνδέσμου " NABLA και
SIMPLEX "

4.4. Σύνδεσμος NABLA και SIMPLEX

Γενικά περί συνδέσμου NABLA και SIMPLEX

Περιγραφή των συνδέσμων



Οι σύνδεσμοι αυτοί είναι ελαστικοί που τοποθετούνται μεταξύ ελικωτού (τυρφονίου) ή βλήτρου και σιδηροτροχιάς και παρουσιάζουν όλα τα πλεονεκτήματα των ελαστικών συνδέσμων.

Ο σύνδεσμος αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Το βασικό στοιχείο που εξασφαλίζει, ακόμη και υπό φορτίο, την σύνδεση μεταξύ σιδ/χιάς και στρωτήρο, είναι μια λάμα (έλασμα) από ελατηριατό χάλυβα θερμικής επεξεργασίας μορφής περίπου τραπεζοειδούς οποίο (έλασμα) προσδίδει την ελαστικότητα στον σύνδεσμο, που παραμορφώνεται ελαστικά σε δύο κάθετες κατευθύνσεις κατά την σύσφιγξη του συνδέσμου. Η λάμα αυτή στηρίζεται στο άκρο του πέλματος της σιδ/χιάς μόνο στην περιοχή με την μικρότερη κλίση, με ένα παρέμβλημα από POLYAMIDE.
- Ένα συνθετικό (πλαστικό) υλικό που μονώνει ηλεκτρικά την επαφή αγκυρίου - πέλματος σιδηροτροχιάς και διατηρεί το εύρος της γραμμής.
- Το βλήτρο αγκυρίου (ελικωτό) με το περικόχλιο του που επιτρέπει περαιτέρω σύσφιγξη κατά τις εργασίες συντήρησης.
- Μια πλαστική υποδοχή με ένα μεταλλικό σπείρωμα που ενσωματώνονται στο καλούπι του στρωτήρα πριν από την χύτευση του ακυροδέματος.
- Ένα αυλακωτό ελαστικό υπόθεμα πάχους 9 mm που προσδίδει πολύ μεγαλύτερη ελαστικότητα στον σύνδεσμο από π.χ. τον σύνδεσμο RN.

Τύποι στρώσεως

Διακρίνονται δύο τύποι στρώσεως:

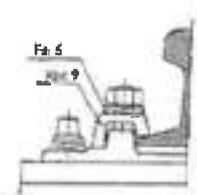
- Ένας τύπος στρώσεως για τους στρωτήρες από σκυρόδεμα με αγκύρια NABLA.
- Ένας τύπος στρώσεως για τους στρωτήρες από σκυρόδεμα προσκείμενους στους κολλητούς μονωτικούς αρμούς με συνδέσμους SIMPLEX.

Μέθοδος-Τρόπος εκτέλεσης εργασιών

Γενικά

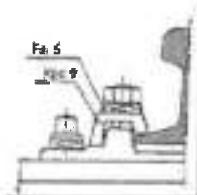
Τοποθέτηση και Χρησιμοποίηση

A. αγκύρια NABLA



Σχήμα 3α

B. ελάσματα SIMPLEX



Σχήμα 3β

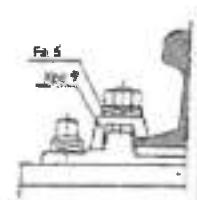
Οι σύνδεσμοι NABLA (ή SIMPLEX στην θέση των K.M.A.) χρησιμοποιούνται:

Με τους στρωτήρες από οπλισμένο σκυρόδεμα U31 NA (βάσεις εδράσεως μήκους 68 cm), U41NA (εδράσεις μήκους 84 cm) και τους ολόσωμους στρωτήρες U31NAF.

Οι παρακάτω συνδυασμοί μονωτικών παρεμβλημάτων, ελατηριωτών αγκυρίων ή ελασμάτων επιτρέπουν την πραγματοποίηση θεωρητικού εύρους 1.435 έως 1.440 mm. Στον πίνακα 1 δίδονται τα νούμερα των διατιθέμενων μμωνωτικών παρεμβλημάτων, και στον πίνακα 2 οι αναφερθέντες συνδυασμοί:

Πίνακας 1

| Νούμερο Μονωτικού Παρεμβλήματος | Διάσταση [mm] B |
|------------------------------------|-----------------|
| 4 | 38,5 |
| 5 | 41 |
| 6 | 43,5 |
| 7 | 46 |
| 8 | 48,5 |
| 9 | 51 |
| 10 | 53,5 |
| 11 | 56 |



Σχήμα 4

Πίνακας 2

| | | ΣΙΔΗΡΟΤΡΟΧΙΑ | | | | | | | |
|---------------------|--------|--------------|---|---|---|--------|---|---|---|
| | | UIC 54 | | | | UIC 60 | | | |
| ΜΟΝΩΤΙΚΟ ΠΑΡΕΜΒΛΗΜΑ | | | | | | | | | |
| a | b | c | d | a | b | c | d | | |
| ΕΥΡΟΣ | 1435 | 7 | 7 | 7 | 7 | 4 | 6 | 5 | 5 |
| ΓΡΑΜΜΗΣ | 1437,5 | 6 | 8 | 7 | 7 | 4 | 6 | 6 | 4 |
| [mm] | 1440 | 6 | 8 | 8 | 6 | | | | |

| | | |
|--------------------------|-----------|-----------|
| ΠΡΟΕΞΟΧΗ ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗΣ | 40 | 32 |
| ΕΛΑΣΤΙΚΟ ΥΠΟΘΕΜΑ | 148x180x9 | 160x180x9 |

Τοποθέτηση και Σύσφιξη

Γενικά

Για να αποφευχθούν οι φθορές ή η κακή τοποθέτηση πρέπει τα τριμμένα σκύρα που μπορούν να εισχωρήσουν στα στοιχεία στερέωσης να εξαλειφθούν πριν από την τοποθέτηση και σύσφιξη.

Η θέση των επί μέρους στοιχείων πρέπει να ελέγχεται και ενδεχομένως να διορθώνεται πριν από την τελική σύσφιξη.

Κατά την διάρκεια των εργασιών όπου γίνεται αποκλειστικά χρήση των συγκροτημάτων τεχνητής θέρμανσης (απελευθέρωση, αντικατάσταση σιδ/χιών) και προκειμένου να αποφευχθεί η καταστροφή των πλαστικών αγκυρών επί των στρωτήρων από ακυρόδεμα από την θέρμανση πρέπει:

- ♦ Να βεβαιώνεται η σωστή ρύθμιση των καυστήρων.
- ♦ Η τοχύτητα να μην κατεβαίνει κάτω από 6π/τιν και να μην ακινητοποιείται ποτέ το συγκρότημα με τους καυστήρες ανάμμενους.
- ♦ Κατό τις αναγομώσεις πρέπει να ληφθούν ειδικά προστατευτικά μέτρα πριν την προθέρμανση.
- ♦ Τα μη μεταλλικά εξαρτήματα της γραμμής (παρεμβλήματα από νάιλον, μονωτικές ροδέλες σωληνωτές κλπ.) πρέπει να προστατεύονται ή να αποσυνδέονται.
- ♦ Εξάλλου, μετά την αναγόμωση, τα στοιχεία που καταστράφηκαν πρέπει να αντικατασταθούν.

Πραγματοποίηση της εργασίας και ρυθμίσεις που πρέπει να τηρηθούν Βασικές αρχές

Προ της σύσφιξης, ο σύνδεσμος που τοποθετείται κανονικό στη θέση του, αφήνει να εμφανίζεται κάθετα στον άξονά του ένα περιθώριο 5 πμ περίπου μεταξύ του ελάσματος και του άκρου του μονωτικού παρεμβλήματος (πλαστικού αγκυρίου).

Κατό την σύσφιξη, το άνοιγμα (περιθώριο) μεταξύ του ελάσματος και του άκρου του πέλματος μειώνεται και το καμπύλωμα (τόξο) του

ελάσματος τροποποιείται. Οι βασικές λειτουργίες του συνδέσμου (αντιτίθεται στην αλισθηση της σιδ/χιάς στον στρωτήρα και στην απόκλιση της σιδ/χιάς) εξασφαλίζεται τόσο περισσότερο όσο μεγαλύτερη είναι η έλξη στο βλήτρο.

Για να αποφευχθεί όμως η φθορά των στοιχείων των συνδέσμων και των στρωτήρων με υπερβολική σύσφιγξη, επιβάλλεται να περιοριστεί η έλξη στο βλήτρο.

Σύσφιγξη

Το ζεύγος συσφίγξεως που προδιαγράφεται και είναι δυνατόν να ποικίλει ανάλογα με τις διάφορες παραμέτρους, θα πρέπει να εξασφαλίζει σωστή σύσφιγξη.

Η χρησιμοποίηση κατάλληλων μμηχανημάτων και ο έλεγχος στην αρχή κάθε περιόδου εργασίας της αποδοτικότητας της σύσφιγξης εγγυώνται ικανοποιητικό αποτέλεσμα.

Για στρωτήρες από σκυρόδεμα η ονομαστική τιμή του ζεύγους συσφίγξεως καθορίζεται σε $20 \pm 2 \text{ mDAN}^2$. Κατά την διάρκεια μιας όχι τελικής σύσφιγξης (παράδειγμα: τοποθέτηση πριν από την απελευθέρωση), το ζεύγος πρέπει να είναι $15 \pm 2 \text{ mDAN}$.

Η τήρηση αυτών των προδιαγραφών είναι απαραίτητη για την χρησιμοποίηση των συνδέσμων NABLA χωρίς μετρήσεις ούτε ελέγχους κατά την διάρκεια των μεταγενέστερων εργασιών συντήρησης και χωρίς κίνδυνο προκλήσεως ζημιών στα στηρίγματα και τα μονωτικά περιβλήματα (σγκύρια), τα βλήτρα - ελικωτά των στρωτήρων από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Έλεγχος της ρύθμισης των μηχανημάτων κοχλιώσεως (κροπονιέρα)

Για την εξασφάλιση μιας σωστής και όχι υπερβολικής σύσφιγξης είναι απαραίτητο να γίνει ρύθμιση (σφράγισμα) των μηχανημάτων κοχλιώσεως.

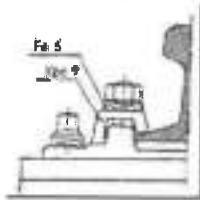
Τα ζεύγη ελέγχονται με την βοήθεια ελεγκτή ζεύγους (δυναμόκλειδο) εγκεκριμένου τύπου ή με σποιαδήποτε άλλη μέθοδο που θα επιτρέπει αυτόν τον έλεγχο μετά από αποδοχή της Διεύθυνσης Γραμμής.

Οι έλεγχοι πρέπει να πραγματοποιούνται:
Στην αρχή της περιόδου εργασίας όταν οι μηχανές έχουν φτάσει στην κανονική τους θερμοκρασία λειτουργίας (10 με 20 λεπτά λειτουργίας ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες).
Κατά την διάρκεια της εργασίας δειγματοληπτικά.

Σύνδεσμος NABLA

Η εξασφάλιση της καλής εκτέλεσης της εργασίας προκύπτει κανονικά από την παρακολούθηση του προδιαγραφόμενου ζεύγους σύσφιγξης. Εάν διαπιστωθεί κατά την διάρκεια εργασίας ότι οι λάμες ή τα αγκύρια NABLA παρουσιάζουν πολύ υψηλό καμπύλωμα πάρα την ορθή ρύθμιση της τυρφονέζας, τότε θα πρέπει να αναζητηθούν οι απίες της ανωμολίας.

Για τους στρωτήρες από σκυρόδεμα είναι δυνατόν με την βοήθεια ενός απλού κανόνα (Σχήμα 6) να ελεγχθεί ότι το καμπύλωμα του συνδέσμου δεν υπερβαίνει τα 2,5 mm. Η σύσφιγξη είναι αποδεκτή εάν το 80% των μετρήσεων είναι εντός των ορίων.



Σχήμα 5

ΚΑΝΟΝΑΣ ΓΙΑ ΕΛΕΓΧΟ ΤΗΣ ΣΤΡΩΣΗΣ ΣΕ ΣΤΡΩΤΗΡΕΣ ΑΠΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ ΜΕ ΣΥΝΔΕΣΜΟ NABLA

ΜΕΓΙΣΤΟ ΚΑΜΠΥΛΩΜΑ:

Ο σύνδεσμος θεωρείται ανεπαρκώς σφιγμένος εάν, όταν τοποθετηθεί (στηριχθεί) η αιχμή(άκρο) επάνω στην λάμα(ελατηριωτό αγκύριο), ο κανόνας τολαντεύεται.

Οι ανωμαλίες αυτές είναι δυνατόν να προκύπτουν από αυτούς τους ίδιους τους συνδέσμους (βλήτρα των οποιων οι ελικώσεις είναι δυνατόν να έχουν χτυπηθεί ή οξειδωθεί, έλλειψη λίπανσης των ελικωτών κλπ) λόγω εκτέλεσης κακής σύσφιγξης ή λόγω μηχανήματος καχλιώσεως της οποίας η ροπή σύσφιγξης απορυθμίζεται πολύ γρήγορα.

Έτσι είναι δυνατόν να οδηγηθούμε σε προδιαγραφή ενός μεγαλύτερου ζεύγους από τα $20 \pm 2\mu$ DAN (π.χ. στην περίπτωση των οξειδωμένων βλήτρων).

Σύνδεσμοι SIMPLEX

Η σύσφιξη των συνδέσμων SIMPLEX επιτυγχάνεται με πλήρη σύσφιξη και ακολούθως χαλάρωση του περικοχλίου κατά Ό στροφής αυτού.

ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΣΦΙΞΗΣ

Εφ' όσον έχουν τηρηθεί οι οδηγίες οι οποίες αφορούν την τοποθέτηση και την σύσφιξη, οι σύνδεσμοι NABLA και SIMPLEX δεν χρειάζονται καμία συντήρηση. Άρα δε χρειάζεται να προβλεφθεί έλεγχος σύσφιξης σύτε έλεγχος ελαστικότητας.

Παρ' άλλα αυτά, εάν διαπιστωθούν ανωμαλίες τόσο στην σύσφιγξη της σιδηροτροχιάς (π.χ. ένδειξη της όδευσης σιδηροτροχιά-στρωτήρας) όσο και στο κράτημα (συμπεριφορά) μονωτικών παρεμβλημάτων (πλαστικών αγκυρών) των συνδέσμων NABLA για τους στρωτήρες από οπλισμένο σκυρόδεμα, η ΔΓ πρέπει να ειδοποιηθεί αμέσως.

Κεφάλαιο 5

5. Συσκευές διαστολής και άλλοι:

Ανωμαλίες στις συσκευές διαστολής, δηλαδή:

- ♦ Διάκενο μμεγαλύτερο των 200 mm³: Επιτρέπεται η διέλευση των αμαξοστοιχιών με βραδυπορία 10 km/h υπό τη συνεχή επιτήρηση οργάνου γραμμής και ειδοποιείται ο Αρχιτεχνίτης, ο Εργοδηγός και το Τμήμα Γραμμής, για την ρύθμιση του διακένου³ και άρση της βραδυπορίας,
- ♦ Σημαντική ασύμμετρη θέση των ολισθαινόντων τεμαχίων που μπορεί να προκαλέσει αποσύνδεση της συσκευής διαστολής ή και αποσύνδεση της έναντι του διάκενου, αντιτροχιάς.

Εάν ο κίνδυνος αποσύνδεσης είναι άμεση, διακόπτεται η κυκλοφορία των αμαξοστοιχιών και ειδοποιείται ο αρχιτεχνίτης, ο εργοδηγός και το Τμήμα Γραμμής. Εάν δεν υφίσταται άμεσος κίνδυνος, επιτρέπεται η κυκλοφορία των αμαξοστοιχιών με βραδυπορία 10 km/h και επιτρέπεται συνεχώς η συσκευή διαστολής μέχρι την άρση της ανωμαλίας.

Ανάλογα με την σπουδαιότητα της ανωμαλίας, διακόπτεται η κυκλοφορία ή επιτρέπεται αυτή υπό βραδυπορία και με επιτήρηση μέχρι την αποκάταση της.

Κεφάλαιο 6

6. Εύρος σιδηροδρομικής γραμμής

Από Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές Προδιαγραφές (ΠΕΤΕΠ)

Εύρος γραμμής

- Ως εύρος σιδηροδρομικής γραμμής ορίζεται η κάθετη απόσταση των δύο σιδηροτροχιών, μετρούμενη μεταξύ των παρειών των κεφαλών τους και σε στάθμη 14 mm κάτω από την επιφάνεια κυλίσεως.
- Το κανονικό εύρος της γραμμής που εφαρμόζεται στις ευθυγραμμίες και τις καμπύλες με μεγάλη ακτίνα είναι 1435 mm.

Διαπλάτυνση εύρους

- Το εύρος της προηγούμενης παραγράφου αυξάνεται στις καμπύλες με μικρή ακτίνα, για τις οποίες προβλέπονται διαπλατύνσεις, κατά περίπτωση, ως εξής:
 - Σε γραμμή με ξύλινους ή μεταλλικούς στρωτήρες, σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα 1.

| Ακτίνα καμπύλης (m) | Διαπλάτυνση (mm) | Εύρος γραμμής (mm) |
|--|---------------------|-----------------------|
| Ευθυγραμμία και καμπύλη με ακτίνα: R≥400 | 0 | 1435 |
| 400 > R ≥ 350 | 5 | 1440 |
| 350 > R ≥ 300 | 10 | 1445 |
| 300 > R ≥ 250 | 15 | 1450 |
| 250 > R | 20 | 1455 |

Πίνακας 1. Διαπλάτυνση σε γραμμή με ξύλινους ή μεταλλικούς στρωτήρες

- Σε γραμμή με διμερείς εξ οπλισμένου σκυροδέματος στρωτήρες, σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα 2.

| Ακτίνα καμπύλης (m) | Διαπλάτυνση (mm) | Εύρος γραμμής (mm) |
|---|---------------------|-----------------------|
| Ευθυγραμμία και καμπύλη με ακτίνα: $R \geq 600$ | 0 | 1435 |
| Καμπύλη με άκτινα: $300 \leq R < 600$ | 5 | 1440 |

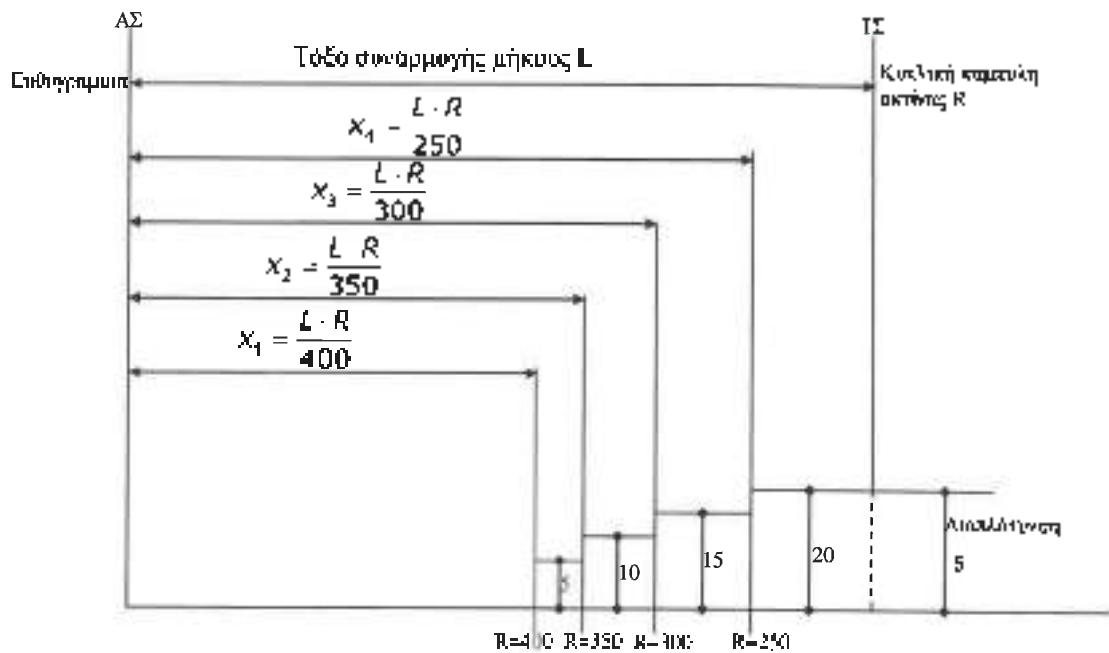
Πίνακας 2. Διαπλάτυνση σε γραμμή με διμερείς εξ οπλισμένου σκυροδέματος στρωτήρες.

- Σε γραμμή με ολόσωμους στρωτήρες από προεντεταμένο σκυρόδεμα, σύμφωνα με τον ακόλουθο πίνακα 3.

| Ακτίνα καμπύλης (m) | Διαπλάτυνση (mm) | Εύρος γραμμής (mm) |
|---|---------------------|-----------------------|
| Ευθυγραμμία και καμπύλη με ακτίνα: $R \geq 400$ | 0 | 1435 |
| $400 > R \geq 300$ | 5 | 1440 |
| $300 > R \geq 250$ | 10 | 1445 |

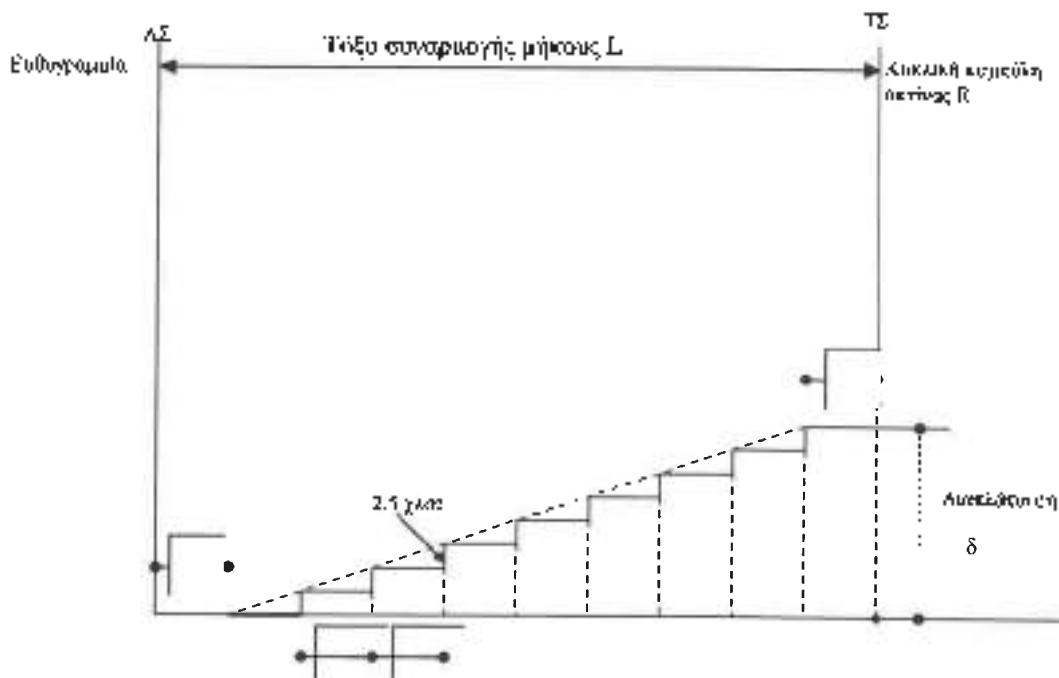
Πίνακας 3. Διαπλάτυνση σε γραμμή με ολόσωμους στρωτήρες από προεντεταμένο σκυρόδεμα.

2. Οι τιμές των πινάκων 1, 2 και 3, δεν ισχύουν σπ. αλλαγές τροχιώς, για τις οποίες οι διαπλατύνσεις καθορίζονται στα σχέδιά τους.
3. Η διαπλάτυνση διομορφώνεται στην καμπύλη συναρμογής, με μετατόπιση της εσωτερικής σιδηροτροχιάς προς το εσωτερικό της καμπύλης.
4. Η μετάβαση από το κανονικά εύρος φτο συζημένο, που ορίζουν οι πίνακες 1, 2 και 3 για τις καμπύλες, γίνεται κλιμακωτά, ως εξής:
 - Σε γραμμές με μεταλλικούς ή ολόσωμους εκ προεντεταμένου σκυροδέματος στρωτήρες, η διαπλάτυνση κλιμακώνεται ανά 5 mm. Στο διάγραμμα του σχήματος 1 φαίνεται η κλιμάκωση για την περίπτωση των μεταλλικών στρωτήρων.
 - Για την περίπτωση στρωτήρων ολόσωμων εκ προεντεταμένου σκυροδέματος, το διάγραμμα προσαρμόζεται αναλόγως.



Σχήμα 1. Διαπλάτυνση εύρους γρούμης

Σε γρούμη με ξύλινους στρωτήρες η διαπλάτυνση κλιμακώνεται ανά 2.5 mm, σύμφωνα με το διάγραμμα του σχήματος 2.



Σχήμα 2. Σε γρούμη με διμερείς εξ οπλισμένου ακυροδέματος στρωτήρες, η διαπλάτυνση κλιμακώνεται ανά 2.5 mm, σύμφωνο με το διάγραμμα του σχήματος

Κεφάλαιο 7

7. Θεωρητικό υπόβαθρο σύστημα Επιδομή-Επιδομής

Η κατανομή των πιέσεων στις στρώσεις κάτω από τους στρωτήρες σε σιδηροδρομική γραμμή. Μια θεωρητική προσέγγιση.

7.1. Γενικά

Σημαντικός σκοπός της εσχάρας και της στρώσης έρματος είναι η κατανομή του φορτίου του τραχού με τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγεται η υπερκαταπόνηση της διεπιφάνειας έρματος – υποστρώματος επιδομής (ΕΥΕ). Η σιδηροδρομική υποδομή καταπονείται κυρίως

- ♦ από την στατική και δυναμική φόρτιση που προκαλείται από τους συρμούς και
- ♦ από τους καιρικούς παράγοντες (βροχή, χιόνι, παγετός, ηλιακή ακτινοβολία).

Οι οριζόντιες και κατά μήκος δυνάμεις σε σύγκριση με τις κατακόρυφες δυνάμεις καταπονούν την υποδομή ελάχιστα. Ως εκ τούτου επιτρέπεται να θεωρούνται ομελητέες [3].

Η επιδομή αποτελούμενη από την εσχάρα και την στρώση έρματος, εξασφαλίζει με την κοτάλλη ακαμψία της καθώς και με την κατά μήκος και εγκάρσια αντίστασή της, την παραλαβή των εγκόρσιων και κατά μήκος δυνάμεων. Αντίθετα οι κατακόρυφες δυνάμεις, μεταδίδονται με την μορφή πίεσης ρ στην διεπιφάνεια στρωτήρα έρματος (ΣΕ) και στην συνέχεια στο σύστημα στρώσεων Έρμα – Προστατευτικές Στρώσεις (ΠΣ) – Υποδομή – Υπόβαση (ΕΠΣΥΥ) όπου κατανέμονται και παραλαμβάνονται.

Σημειώνεται ότι οι μηχανικές ιδιότητες τόσο της υπόβασης όσο και του υλικού των ενδιάμεσων στρώσεων δεν παραμένουν σταθερές αλλά μεταβάλλονται ανθλογά με τις κλιματικές συνθήκες, την υδρολογία και την "σύνθεση των κόκκων".

Έτοι, τίθενται στο σύστημα αυτό ελάχιστες απαιτήσεις σε σχέση με τις ελαστικές και πλαστικές πορομορφώσεις οι οποίες δεν έπιπρέπεται να υπερβαίνουν ορισμένες τιμές. Οι τάσεις πρέπει να κυμαίνονται εντός των δεδομένων αντοχών.

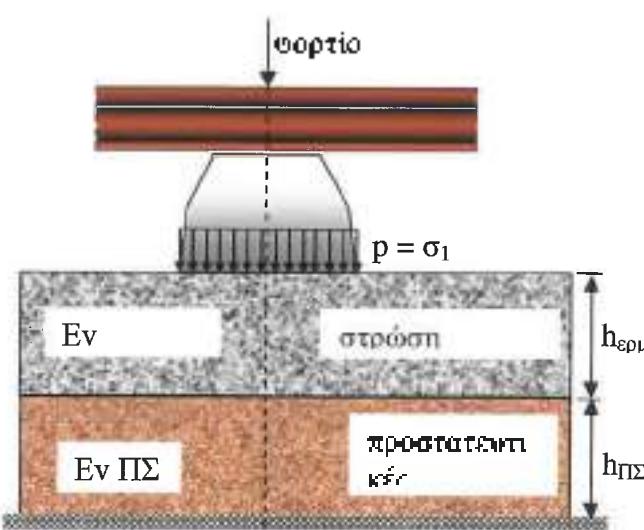
Υπό την επιρροή των στατικών και δυναμικών κατακόρυφων δυνάμεων, προκαλούνται τάσεις και παραμορφώσεις στην επιδομή, στην υποδομή και στην υπόβαση. Η ελαστική βύθιση και η καμπτική ροπή στο μέσο πέλματος της σιδηροτροχιάς δεν επιτρέπεται να υπερβαίνουν ορισμένες τιμές. Ως εκ τούτου πρέπει να ορισθεί ανώτατη τιμή της ελαστικής βύθισης στην πάνω επιφάνεια του συστήματος ΕΠΣΥΥ. Από την άλλη πλευρά η βύθιση δεν πρέπει να είναι μικρότερη από μία ελάχιστη τιμή, προκειμένου να εξασφαλίζεται η κατονομή του φορτίου του τροχού μέσω της σιδηροτροχιάς.

Το φέρον σύστημα υφίσταται υπό την πίεση p μία παραμόρφωση δ η οποία περιγράφεται μέσω του Δείκτη Αντίδρασης Εδάφους (ΔΑΕ) C ως

$$C = \frac{P}{y} \quad (\text{N/mm}^3) \quad (1)$$

Ο ΔΑΕ είναι ένα μέτρο για την ελαστικότητα ή/και για την άκαμψια του φέροντος συστήματος και ως εκ τούτου περιλαμβάνει την συμπεριφορά παραμόρφωσης της στρώσης έρματος, της υποδομής και της υπόβασης. Το μέγεθος της παραμόρφωσης εξαρτάται από (εικ.1)

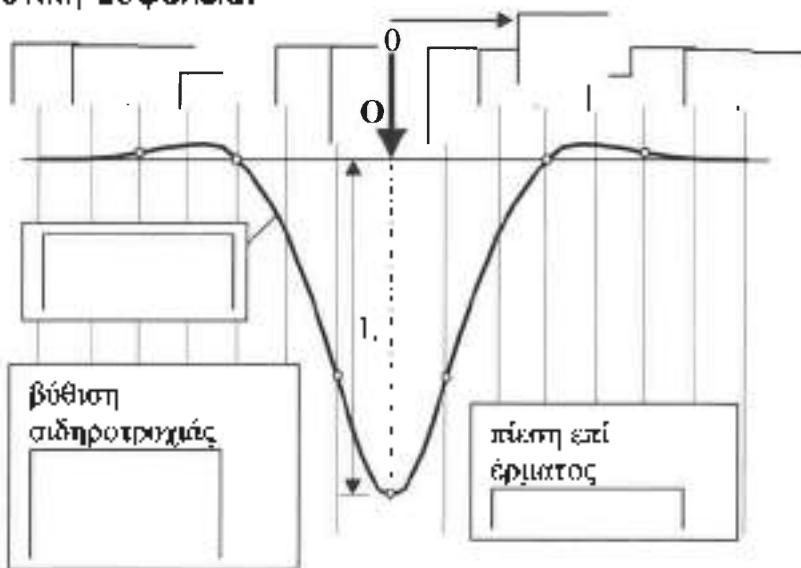
- την τάση $\sigma_1 = p$ στην διεπιφάνεια στρωτήρα έρματος
- το μέτρο παραμόρφωσης E_v κάθε ενδιάμεσης στρώσης
- το πάχος h των στρώσεων
- το μέτρο παραμόρφωσης της υπόβασης E_u



Εικόνα 7.1. Σύστημα Επιδομής - Υπόδομος υπόβασης

7.2. Καταπόνηση του έρματος

Καθοριστικός παράγων για την καταπόνηση του έρματος είναι η πίεση p που ασκείται από τον στρωτήρα στην διεπιφάνεια στρωτήρα έρματος (εικ. 1). Ο υπολογισμός της πίεσης p γίνεται με την γνωστή μέθοδο Zimmertapp [4] της γραμμής επιρροής για την βύθιση κάτω από το φορτίο Q του τραχού (εικ.2). Ο υπολογισμός συμφωνεί με την μέση τιμή της πίεσης p η οποία προκύπτει από πολυπληθείς μετρήσεις *in situ*. Εξ αιτίας της μη ομοιόμορφης έδρασης των στρωτήρων επί της στρώσης έρματος, της μη ομοιόμορφης συμπύκνωσης του έρματος και της υπόβασης καθώς και τις στέλειες στις επιφάνειες κύλισης των τραχών και σιδηροτραχιών, υφίσταται διασπορά των τιμών ως προς την μέση τιμή. Συνεπώς καθοριστική δεν είναι η μέση τιμή αλλά η μέγιστη, η οποία δύναται να υπολογισθεί στατιστικά από την μέση τιμή γνωρίζοντας την τυπική απόκλιση και τον συντελεστή μεταβλητότητος για δεδομένη στατιστική ασφάλεια.



Εικόνα 7.2. Γραμμή επιρροής για την κάμψη της σιδηροτραχιάς

με ελαστικό μήκος L ως

$$L = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E \cdot I}{b \cdot C}} \text{ [μετρ]} \quad (2)$$

όπου

E μέτρο ελαστικότητας της σιδηροτροχιάς [N/mm^2]

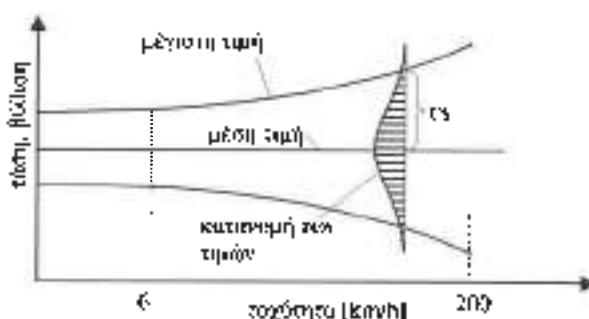
I ροπή αδράνειας σιδηροτροχιάς [mm^4]

C δείκτης αντίδρασης εδάφους [N/mm^3]

b=F/2a υποθετικό πλάτος του κατά μήκος φορέα [mm]

a απόσταση μεταξύ των στρωτήρων [mm]

Ο συντελεστής μεταβλητότητας που χαρακτηρίζει την διασπορά των τιμών κατά τις *in situ* μετρήσεις, κυμαίνεται μεταξύ 10 και 30 % ανάλογα με την κατάσταση της επιδομής, το είδος οχήματος και την ταχύτητα. Το αποτέλεσμα των μετρήσεων υπό το φορτίο μηχανών έλξης δίνεται στην εικόνα 3.



Εικόνα 7.3. Διακύμανση τιμών τάσης και βύθισης σε σχέση με την ταχύτητα

Ο υπολογισμός της μέγιστης τιμής γίνεται ως εξής:

$$\text{Μέγιστη τιμή} = \text{μέση τιμή} \cdot (1 + t \cdot s)$$

όπου

s τυπική απόκλιση ως προς την μέση τιμή με

$s = 0,1 \cdot \phi$ για πολύ καλή κατάσταση επιδομής

$s = 0,2 \cdot \phi$ για καλή κατάσταση επιδομής

$s = 0,3 \cdot \phi$ για κακή κατάσταση επιδομής

Ο συντελεστής ϕ δηλώνει την επιρροή της ταχύτητας και υπολογίζεται για

$$V < 60 \text{ km/h} \quad \phi = 1$$
$$60 < V < 200 \text{ km/h} \quad \phi = 1,0 + \frac{V - 60}{140}$$

(3)

t παράγοντας που εξορτάται από την στατιστική ασφάλεια p^* (%)

πίν. 1: Τιμές t σε σχέση με την στατιστική ασφάλεια p^*

| p^* | 0 | 68,3 | 80,0 | 90,0 | 95,0 | 95,5 | 98,0 | 99,7 |
|-------|---|------|------|------|------|------|------|------|
| t | 0 | 1,00 | 1,28 | 1,65 | 1,96 | 2,00 | 2,33 | 3,00 |

7.3. Καταπόνηση της υπόβασης

Σύμφωνα με τους Haukelot, Klompp [4], η επιτρεπόμενη καταπόνηση των ΠΣ και της υπόβασης μπορεί να υπολογισθεί με μεγάλη προσέγγιση σύμφωνα με την εμπειρική σχέση

$$\text{εκσ} = \frac{0,006 \cdot E_{\text{dyn}, u}}{1 + 0,7 \cdot \text{λυρη}} \quad (4)$$

όπου

$E_{\text{dyn}, u}$ δυναμικό μέτρο ελαστικότητας της ΠΣ ή/και της υπόβασης' υπολογισμός προς την ασφαλή πλευρά, όταν ληφθεί η τιμή που προκύπτει από την δοκιμή πλάκας φόρτισης, ονομαζόμενη και μέτρο παραμόρφωσης E_{v2} για την υπόβαση ισχύουν οι τιμές $E_{\text{dyn}, u}$ του πίνακα 2 [6]

π πλήθος φορτίσεων κατό την κρίψη περίοδο π.χ. περίοδος βροχών για ευαισθητά στο νερό εδάφη.

7.4. Μέτρο ελαστικότητας των στρώσεων

Η παραμόρφωση της υπόβασης καθώς και της ΠΣ περιγράφεται με το μέτρο παραμόρφωσης E_{v2} το οποίο προκύπτει από την δεύτερη φόρτιση της δοκιμής πλάκας φόρτισης. Το μέτρο παραμόρφωσης E_{v2} δίνει την φέρουσα ικανότητα της ΠΣ και της Στρώσης Διαμόρφωσης (ΣΔ).

Στον πίνακα 2 αναγράφονται οι επιτρεπόμενες τιμές τάσεων για 10^6 και 10^7 φορτίσεις (η διέλευση ενός φορείου θεωρείται ως μία φόρτιση).

| Υπόβαση | E_{v2} | = | C | επ σ ₂ [N/mm ²] | n = 10 ⁶ | n = 10 ⁷ |
|-----------|--------------|----------------------|----------------------|--|---------------------|---------------------|
| | $E_{dyn, u}$ | [N/mm ³] | [N/mm ²] | | | |
| πολύ | 10 | | 0,03 | 0,012 | 0,010 | |
| μαλακή | 20 | | 0,04 | 0,023 | 0,020 | |
| | 50 | | 0,07 | 0,058 | 0,051 | |
| μεσαία | 80 | | 0,09 | 0,092 | 0,081 | |
| ανθεκτική | 100 | | 0,11 | 0,115 | 0,102 | |

Πίνακας 2. Επιτρεπόμενες τάσεις ΠΣ και υπόβασης σε ωχέυση με το μέτρο ελαστικότητας, τον ΔΑΕ και το πλήθος φορτίων

Από [4] και [6] προκύπτει ότι για μέτρο παραμέτρου φωσης E_{v2} μικρότερο των 100 N/mm², μπορεί να προκύψουν συνθήκες που να οδηγήσουν σε θραύση του εδάφους, με αποτέλεσμα την διείσδυση εδαφικών κόκκων στην στρώση έρματος. Συνεπώς στην περίπτωση αυτή απαιτείται ΠΣ με την οποία εξασφαλίζεται η ομαλή μετάβαση των τάσεων στην υπόβαση. Παρά ταύτα η διερεύνηση γίνεται για επιδομή χωρίς και με προστατευτική στρώση.

Για τους υπολογισμούς λαμβάνονται τα εξής [2]:

- ♦ μέτρο ελαστικότητας στρώσης έρματος: $E_1 = 150 \text{ N/mm}^2$
- ♦ μέτρο ελαστικότητας προστατευτικής στρώσης: $E_2 = 150 \text{ N/mm}^2$
- ♦ μέτρο ελαστικότητας υπόβασης (έδαφος): $E_u = 10 - 100 \text{ N/mm}^2$

7.5. Υπολογισμός των κατακόρυφων τάσεων

Η συνήθης μέθοδος υπολογισμού των κατακόρυφων θλιπτικών τάσεων σ_z , ανάγεται στον Boussinesq με την δράση μιας δύναμης στον ελαστικό ημίχωρο. Με την βοήθεια της θεωρίας της ελαστικότητας, ο Boussinesq συνέταξε σχέσεις υπολογισμού των τάσεων σ_z , σ_x , t και μετατοπίσεων σε κάθε σημείο του άξονα επιβολής φορτίου του ημίχωρου. Η τάση σ_x μηδενίζεται σε βάθος μόλις 20 – 25 cm. Η διατμητική τάση t έχει την μεγαλύτερη τιμή της στη μέση περίου του πάχους της στρώσης του έρματος και απομειώνεται γρήγορα με αυξανόμενο βάθος σε τιμές που δεν επηρεάζουν σημαντικά τις υπόλοιπες στρώσεις και την υπόβαση. Συνεπώς η τάση που αποσχολεί στην συνέχεια είναι η σ_z .

7.5.1 Περίπτωση χωρίς ενδιάμεσες στρώσεις μεταξύ έρματος και υπόβασης

Με την υπόθεση του φορτίου λωρίδας και δεδομένη την πίεση έρματος, η κατακόρυφη τάση σε για την περίπτωση χωρίς ΠΣ μπορεί να υπολογισθεί [2] ως

$$\sigma_c = p \cdot \left(1 - \frac{z^2}{r^2 + z^2} \right) \text{ [Ν/mm}^2\text{]} \quad (5)$$

όπου

r ακτίνα της πλάκας στην δοκιμή πλάκας φόρτισης [πμ]

z βάθος στον κατακόρυφο άξονα κάτω από τον στρωτήρα

Επειδή η ενεργός επιφάνεια F_1 του στρωτήρα δεν είναι κυκλική, μπορεί να ληφθεί ακτίνα r που να προκύπτει από την ισοδυναμία της F_1 με κυκλική επιφάνεια. Έτσι η ακτίνα r προκύπτει ως

$$r = \sqrt{\frac{F_1}{2\pi}} \text{ [πμ]} \quad (6)$$

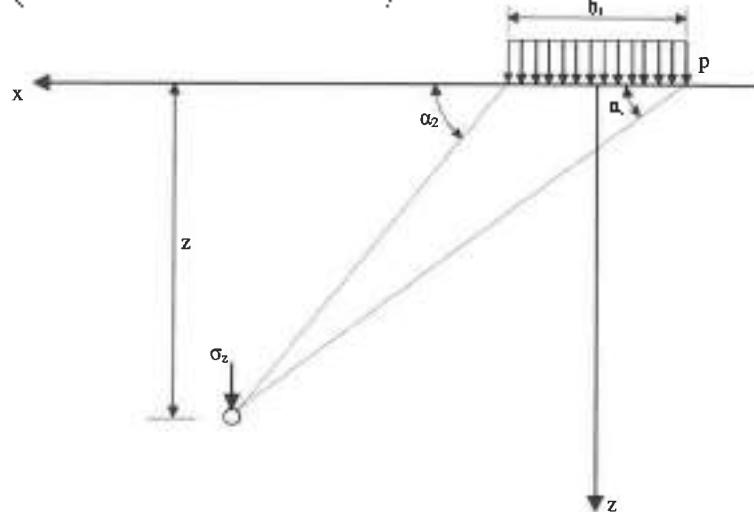
7.5.2 Περίπτωση με ενδιάμεσες στρώσεις μεταξύ έρματος και υπόβασης

Δεδομένα για την περίπτωση αυτή αποτελούν η πίεση έρματος το μέτρο ελαστικότητας των ενδιάμεσων στρώσεων καθώς και της υπόβασης. Η τάση σε μπορεί να υπολογισθεί ως [2]

$$\sigma_z = -\frac{2}{\pi} p \cdot \left\{ \text{εξεφ} \frac{h_1}{2 \cdot z} + \frac{2 \cdot h_1 \cdot z}{h_1^2 + 4 \cdot z^2} \right\} \text{ [Ν/mm}^2\text{]} \quad (7)$$

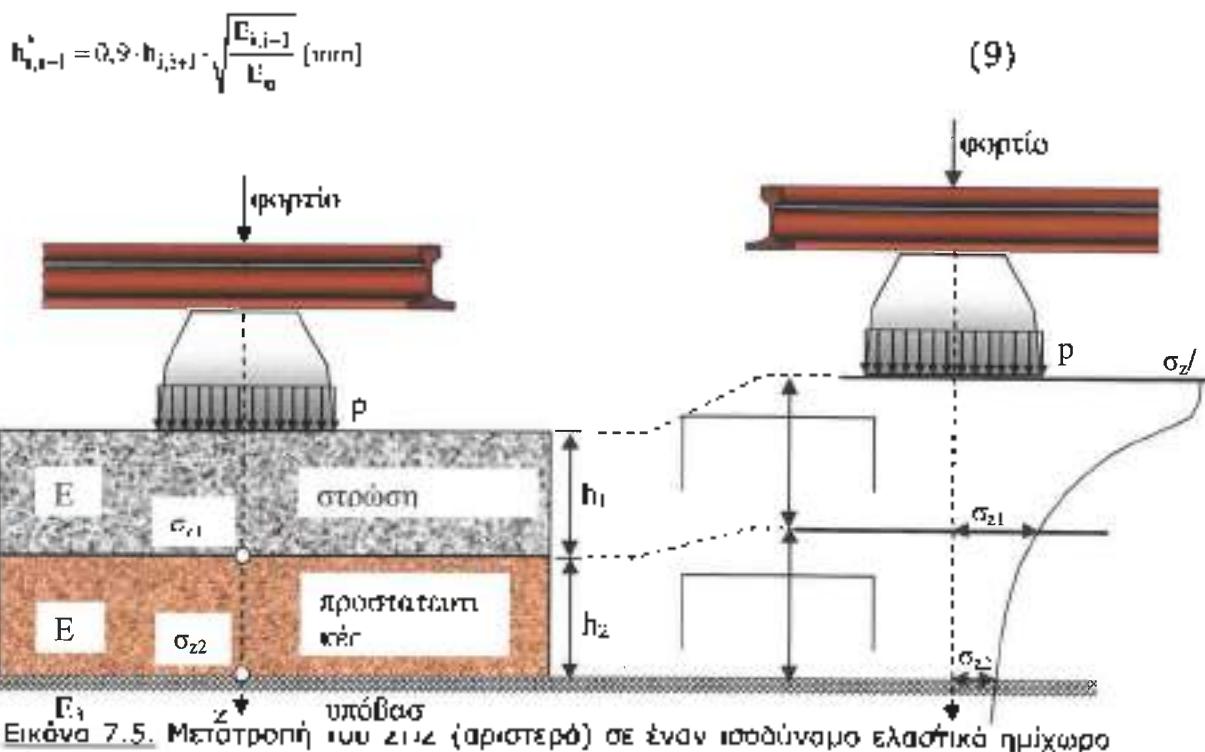
Με αυξανόμενο βάθος z , πρέπει να ληφθεί υπόψη η επιρροή της σ_z στον άξονα της φόρτισης από τους γειτονικούς στρωτήρες. Η επί πλέον τάση σ_2^* η οποία και προστίθεται στην σ_2 υπολογίζεται ως (εικ.4)

$$\sigma_z^* = -\frac{P}{\pi} \cdot \left[\alpha_2 - \alpha_1 - \frac{1}{2} \cdot [\eta \mu(2\alpha_2) - \eta \mu(2\alpha_1)] \right] \cdot [N/mm^2] \text{ πάλπος σφραγίδηρο.}$$
(8)



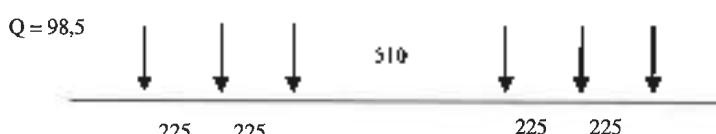
Εικόνα 7.4. Σπιρραή των γειτονικών στρωτήρων στις κατακόρυφες τάσεις σ_z

Για να είναι δυνατή η εφαρμογή των σχέσεων Boussinesq, πρέπει το συνολικό Σύστημα Περισποτέρων Στρώσεων (ΣΠΣ), να μετατραπεί σε έναν ισοδύναμο ημίχωρο σε ότι αφορά στην φέρουσα ικανότητά του. Αυτό σημαίνει ότι το πάχος h μιας στρώσης μεταβάλλεται ως προς την σχέση του μέτρου της. Ει προς το μέτρο του υπεδάφους Ε, κατά τέταριο τρόπο, έτσι ώστε από κατακόρυφη φόρτυση να υφίσταται την ίδια κάμψη όπως και η υπόβαση. Προς τούτο εφαρμόζεται η προσεγγιστική μέθοδος Odemark [6]. Για τις στρώσεις i ή/και $i+1$ ισχύει γενικότερα (εικ.7.5)



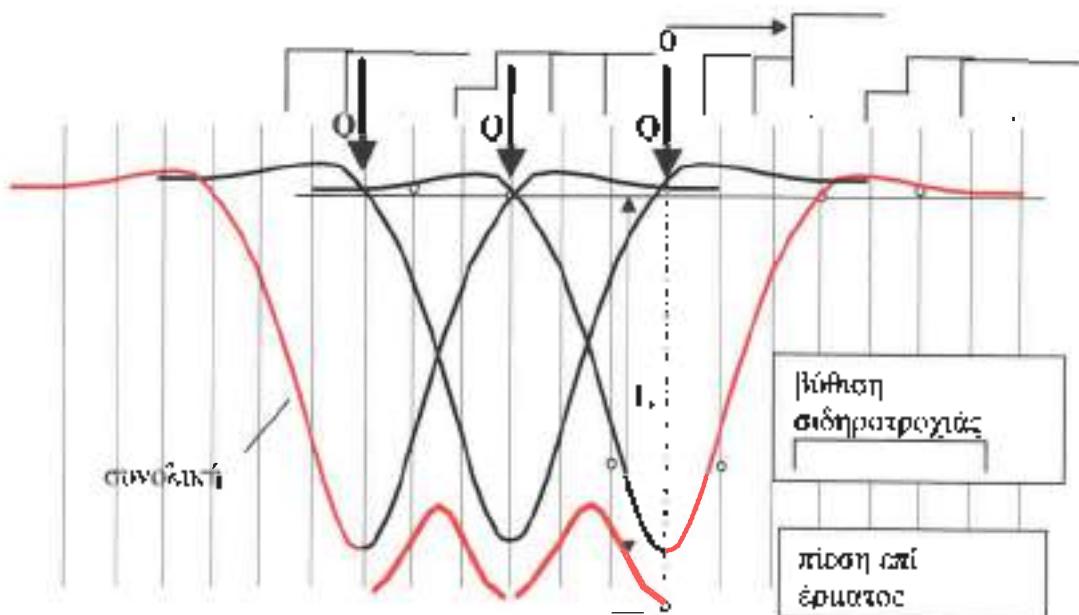
7.6. Εργαμογή

Τα παραπάνω αναφερόμενα εφαρμόζονται για τους τύπους σιδηροτροχιών UIC 60 και UIC 54 σε επιδομή με έρμα. Το υπό διερεύνηση τμήμα γραμμής βρίσκεται σε ευθυγραμμία και φορτίζεται στατικά με την μηχανή έλξης των γερμανικών σιδηροδρόμων BR 103. Οι στρωτήρες είναι τύπου B70 με ενεργό ημιεπιφάνεια 285000 mm^2 και η σπόσταση μεταξύ τους 60 cm και 70 cm. Λαμβάνεται υπόψη συμβατική ταχύτητα $V = 160 \text{ km/h}$. Το πάχος της στρώσης του έρματος λαμβάνεται 30 cm. Η διερεύνηση γίνεται για ΔΔΕ από $0,03 \text{ N/mm}^3$ έως $0,11 \text{ N/mm}^3$ με αντίστοιχο μέτρο παραμόρφωσης E_{v2} όπως στον πίνακα 2. Επιπλέον συντελεστής κατόστασης επιδομής $\rho = 0,2$, συντελεστής στατιστικής ασφάλειας $t = 3,0$ για την πίεση σ_z στην διεπιφάνεια έρματος στρωτήρα και $t = 1,0$ για την πίεση σ_z στις ΠΣ και υπόβαση. Λαμβάνεται μέτρο ελαστικότητας σύμφωνα με 3.1. Ακτίνα από σχέση (6) ίση με 21,3 cm.



Εικόνα 7.6. Εικόνα φόρτισης μηχανής έλξης BR 103 [8].

Στην εικόνα 7.2 παρουσιάζεται η γραμμή επιρροής της βύθισης της σιδηροτροχιάς, κάτω από έναν δέρνα. Επειδή η BR 103 έχει τρείς άξονες στο φορείο, η βύθιση των γειτονικών στρωτήρων και κατ' επέκταση η πίεση ρ επηρεάζεται και από τους γειτονικαύς άξονες σύμφωνα με την εικόνα 7.7.

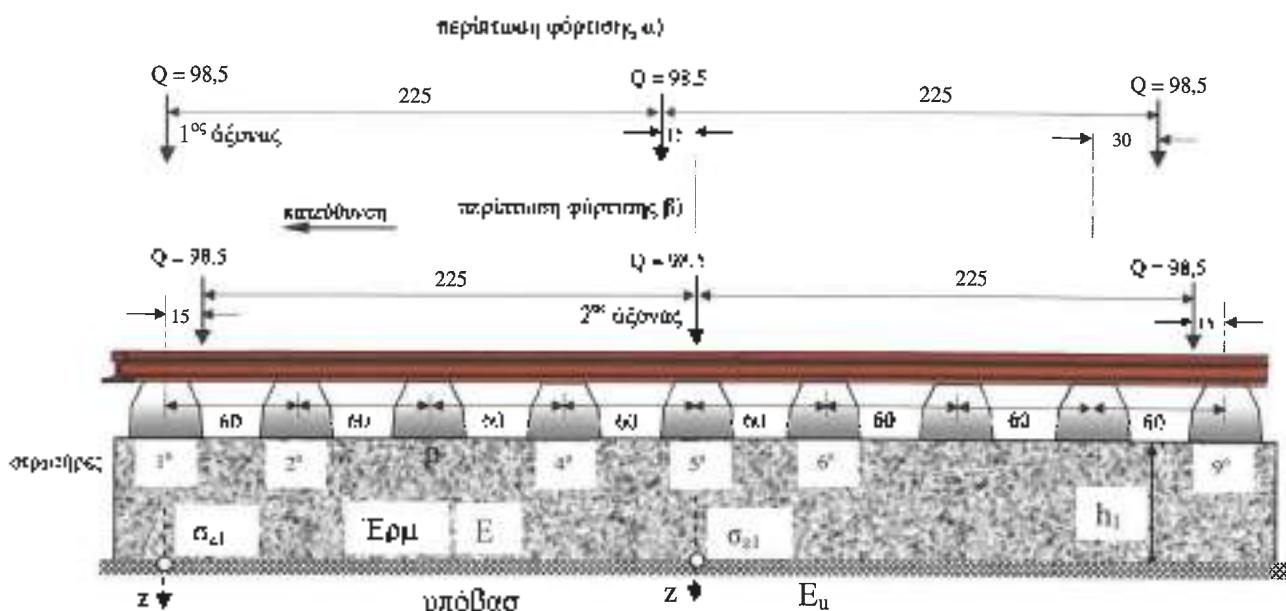


Εικόνα 7.7. Ποιοτική βύθιση της σιδηροτροχιάς υπό την φόρτιση μπό μηχανής BR 103.

Στη συνέχεια εκτελούνται οι υπολογισμοί υπό την δράση του ενός φορείου και του 1^ο άξονα του δεύτερου φορείου (5100 την απόσταση από τον τρίτο άξονα του 1^{ου} φορείου), που όπως αποδεικνύεται έχει ελάχιστη επιρροή. Επειδή ενδιαφέρει η πίεση που ασκάνει οι στρωτήρες στο έρμα επιλέγονται δύο περιπτώσεις φόρτισης

- α) ο πρώτος άξονας πιέζει τον 1^ο στρωτήρα στην κατεύθυνση κίνησης και
- β) ο δεύτερος άξονος πιέζει τον 5^ο στρωτήρα.

7.6.1 Περιπτώση φόρτωσης α) (εικ. 8)



Εικόνα 7.8. Φόρτωση του 1^{ου} και 5^{ου} στρωτήρα από τον πρώτο και δεύτερο άξονα αντίστοιχα του φορείου της BR 103, $a = 600$ mm, χωρίς ΠΣ

Από τους υπολογισμούς {παρ. 2,3 και σχέσεις 5, 8} προκύπτει ότι η μέγιστη πίεση στην διεπιφάνεια στρωτήρα - έρματος ασκείται στον 1^ο στρωτήρα για ΔA_E 0,09 και 0,11 N/mm³ όταν ο πρώτος τροχός (1^{ος} άξονας) φορτίζει τον πρώτο στρωτήρα, και στον 5^ο στρωτήρα για ΔA_E 0,07, 0,04 και 0,03 N/mm³ για την περίπτωση φόρτωσης β) (πίν. 3, τιμές εντός έντονου περιγράμματος). Ήτοι στην πρώτη περίπτωση συνυπολογίζεται και ο 2^{ος} στρωτήρας για τον υπολογισμό της ταχύτητας ενώ στην δεύτερη ο 4^{ος} στρωτήρας σύμφωνα με την εικόνα 2 και την σχέση 3. Στον πίνακα 3 αναγράφονται οι αντίστοιχες πιέσεις ρ καθώς και οι τάσεις ταχύτητας στην στέψη της υπόβασης.

| UIC 60 a = 600 mm | | p [N/mm ²] | | | | maxσ _z [N/mm ²] |
|------------------------|------|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|
| στρωτήρας | | 1 ^{ος} | 2 ^{ος} | 4 ^{ος} | 5 ^{ος} | |
| C [N/mm ²] | 0,03 | 0,191 | 0,190 | 0,195 | 0,212 | 0,103 |
| | 0,04 | 0,200 | 0,191 | 0,193 | 0,214 | 0,104 |
| | 0,07 | 0,221 | 0,191 | 0,187 | 0,222 | 0,107 |
| | 0,09 | 0,233 | 0,190 | 0,184 | 0,229 | 0,112 |
| | 0,11 | 0,243 | 0,189 | 0,181 | 0,236 | 0,117 |

Πίνακας 7.3. Πίεση στην διεπιφάνεια στρωτήρα – έρματος για UIC 60 και a = 600 mm

| UIC 54 a = 600 mm | | p [N/mm ²] | | | | maxσ _z [N/mm ²] |
|------------------------|------|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|
| στρωτήρας | | 1 ^{ος} | 2 ^{ος} | 4 ^{ος} | 5 ^{ος} | |
| C [N/mm ²] | 0,03 | 0,199 | 0,191 | 0,193 | 0,213 | 0,103 |
| | 0,04 | 0,209 | 0,191 | 0,190 | 0,217 | 0,105 |
| | 0,07 | 0,234 | 0,190 | 0,184 | 0,222 | 0,113 |
| | 0,09 | 0,247 | 0,189 | 0,181 | 0,229 | 0,119 |
| | 0,11 | 0,258 | 0,187 | 0,178 | 0,247 | 0,124 |

Πίνακας 7.4. Πίεση στην διεπιφάνεια στρωτήρα – έρματος για UIC 54 και a = 600 mm

Ανάλογα για τους δύο τύπους σιδηροτροχιών UIC 60 και 54 αλλά με απόσταση μεταξύ των στρωτήρων 70 cm, προκύπτουν οι τιμές των πινάκων 7.5 και 7.6.

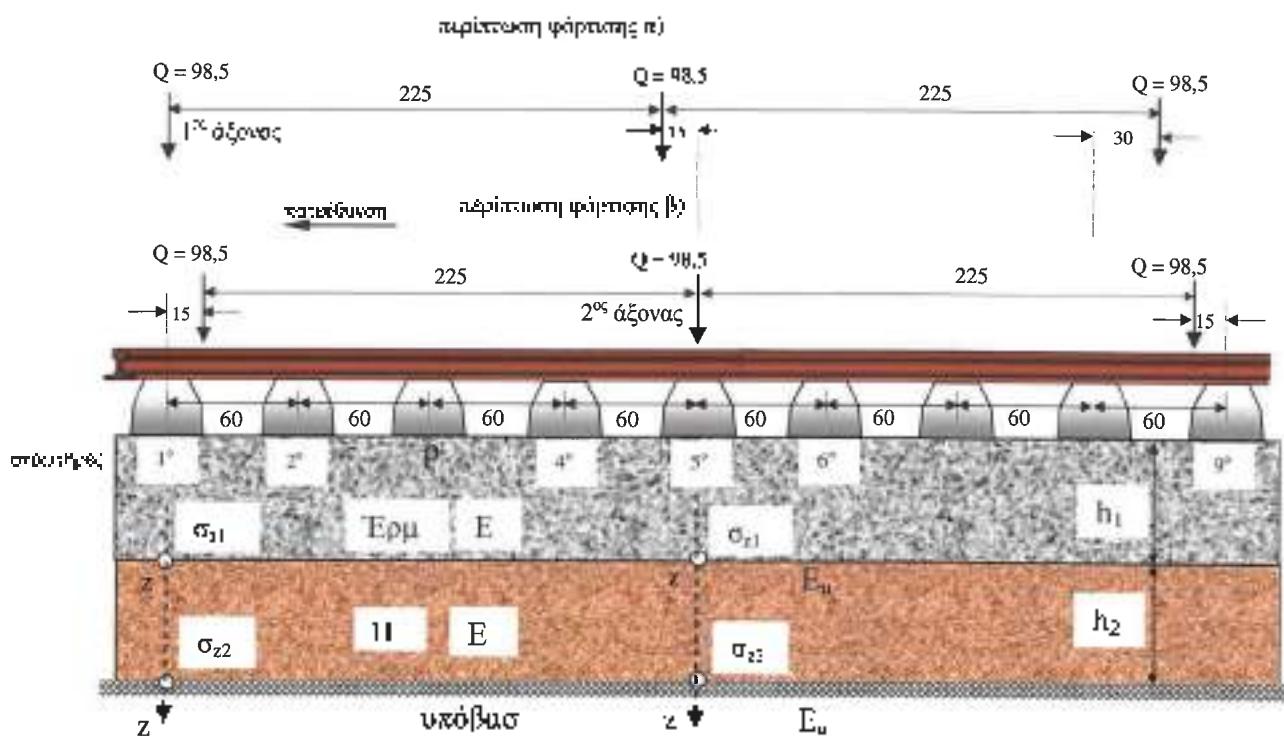
| UIC 60 a = 700 mm | | p [N/mm ²] | | | | maxσ _z [N/mm ²] |
|------------------------|------|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|
| στρωτήρας | | 1 ^{ος} | 2 ^{ος} | 4 ^{ος} | 5 ^{ος} | |
| C [N/mm ²] | 0,03 | 0,218 | 0,219 | 0,226 | 0,246 | 0,116 |
| | 0,04 | 0,228 | 0,219 | 0,222 | 0,248 | 0,117 |
| | 0,07 | 0,251 | 0,216 | 0,213 | 0,255 | 0,120 |
| | 0,09 | 0,263 | 0,213 | 0,208 | 0,262 | 0,124 |
| | 0,11 | 0,274 | 0,210 | 0,203 | 0,268 | 0,129 |

Πίνακας 7.5. Πίεση στην διεπιφάνεια στρωτήρα – έρματος για UIC 60 και a = 700 mm

| UIC 54 a = 700 mm | | ρ [N/mm ²] | | | | max _{el} [N/mm ²] |
|----------------------------------|-------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|---|
| στρωτήρας | | 1 ^ο | 2 ^ο | 4 ^ο | 5 ^ο | |
| [N/mm ²] 0,03 | 0,227 | 0,219 | 0,222 | 0,248 | 0,117 | |
| | 0,04 | 0,238 | 0,218 | 0,218 | 0,250 | 0,118 |
| | 0,07 | 0,264 | 0,213 | 0,207 | 0,262 | 0,125 |
| | 0,09 | 0,278 | 0,209 | 0,202 | 0,271 | 0,131 |
| | 0,11 | 0,291 | 0,205 | 0,197 | 0,280 | 0,137 |

Τίτλος 7.6. Πίεση στην διεπιφάνεια στρωτήρα - έρμους για UIC 54 και a = 700 mm

7.6.2 Περιπτώση φόρτισης β) (εικ. 9)



Εικόνα 7.9. Φόρτιση του 1^{ου} και 5^{ου} στρωτήρα από τον πρώτο και δεύτερο άξονα αντίστοιχα του φορείου της BR 103, $a = 600$ mm, με ΠΣ

Στην περιπτώση αυτή ο υπολογισμός της σ_{z1} γίνεται με την σχέση 7. Η πίεση p από τους στρωτήρες παραμένει όπως στην παρ. 5.1. το πάχος της ΠΣ λαμβάνεται 30 cm.[4] Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους πίνακες 7, 8, 9 και 10.

| UIC 60 $a = 600$ mm | | p [N/mm ²] | | | | $\max \sigma_{z1}$ [N/mm ²] |
|------------------------|------|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|--|
| στρωτήρας | | 1 ^η | 2 ^η | 4 ^η | 5 ^η | |
| [mm ³] | 0,03 | 0,191 | 0,190 | 0,195 | 0,212 | 0,052 |
| | 0,04 | 0,200 | 0,191 | 0,193 | 0,214 | 0,061 |
| | 0,07 | 0,221 | 0,191 | 0,187 | 0,222 | 0,074 |
| | 0,09 | 0,233 | 0,190 | 0,184 | 0,229 | 0,085 |
| C | 0,11 | 0,243 | 0,189 | 0,181 | 0,236 | 0,091 |

Πίνακας 7.7. Πίεση στην διεπιφάνεια στρωτήρα - έρμοτος για UIC 60 και $a = 600$ mm με ΠΣ

| UIC 54 a = 600 mm | | ρ [N/mm ²] | | | | max σ_{z1} [N/mm ²] |
|----------------------------------|------|--------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|
| στρωτήρας | | 1 ^{ος} | 2 ^{ος} | 4 ^{ος} | 5 ^{ος} | |
| σ [N/mm ²] | 0,03 | 0,199 | 0,191 | 0,193 | 0,213 | 0,052 |
| | 0,04 | 0,209 | 0,191 | 0,190 | 0,217 | 0,061 |
| | 0,07 | 0,234 | 0,190 | 0,184 | 0,222 | 0,078 |
| | 0,09 | 0,247 | 0,189 | 0,181 | 0,229 | 0,089 |
| | 0,11 | 0,258 | 0,187 | 0,178 | 0,247 | 0,095 |

Πίνακας 7.8. Πίεση στην διεπιφάνεια στρωτήρα - έρματος για UIC 54 και a = 600 mm με ΠΣ

| UIC 60 a = 700 mm | | ρ [N/mm ²] | | | | max σ_{z1} [N/mm ²] |
|----------------------------------|------|--------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|
| στρωτήρας | | 1 ^{ος} | 2 ^{ος} | 4 ^{ος} | 5 ^{ος} | |
| σ [N/mm ²] | 0,03 | 0,218 | 0,219 | 0,226 | 0,246 | 0,052 |
| | 0,04 | 0,228 | 0,219 | 0,222 | 0,248 | 0,066 |
| | 0,07 | 0,251 | 0,216 | 0,213 | 0,255 | 0,080 |
| | 0,09 | 0,263 | 0,213 | 0,208 | 0,262 | 0,091 |
| | 0,11 | 0,274 | 0,210 | 0,203 | 0,268 | 0,097 |

Πίνακας 7.9. Πίεση στην διεπιφάνεια στρωτήρα - έρματος για UIC 60 και a = 700 mm με ΠΣ

| UIC 54 a = 700 mm | | ρ [N/mm ²] | | | | max σ_{z1} [N/mm ²] |
|----------------------------------|------|--------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---|
| στρωτήρας | | 1 ^{ος} | 2 ^{ος} | 4 ^{ος} | 5 ^{ος} | |
| σ [N/mm ²] | 0,03 | 0,227 | 0,219 | 0,222 | 0,248 | 0,057 |
| | 0,04 | 0,238 | 0,218 | 0,218 | 0,250 | 0,066 |
| | 0,07 | 0,264 | 0,213 | 0,207 | 0,222 | 0,083 |
| | 0,09 | 0,278 | 0,209 | 0,202 | 0,271 | 0,095 |
| | 0,11 | 0,291 | 0,205 | 0,197 | 0,280 | 0,102 |

Πίνακας 7.10. Πίεση στην διεπιφάνεια στρωτήρα - έρματος για UIC 54 και a = 700 mm με ΠΣ

7.8. Συμπεράσματα

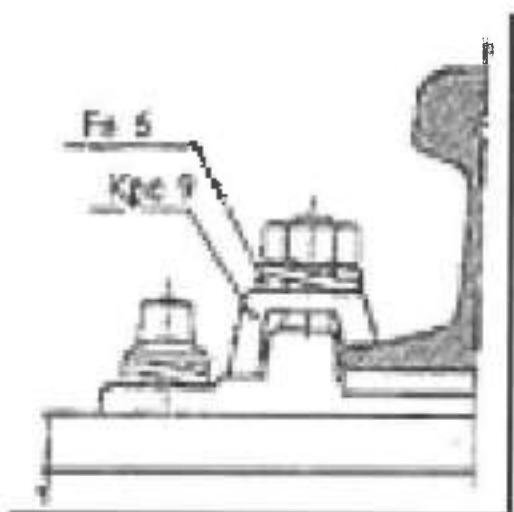
Η σιδηροδρομική επιδομή περιέχει δύο αδύναμους κρίκους, το έρμα και την υπόβαση. Η πίεση επί του έρματος ελέγχεται με τα υλικά της εσχάρας (σιδηροτροχιές, στρωτήρες, μικρό υλικό) ενώ η πίεση επί της υπόβασης με ενδιόμεσες στρώσεις με τιμές μέτρων ελαστικότητας μεγαλύτερες των οριακών αριζόμενων. Για εδάφη με μέτρο ελαστικότητας μεγαλύτερο των 100 N/mm^2 δεν απαιτείται προστατευτική στρώση μεταξύ έρματος και υπόβασης σε ότι αφορά την διατήρηση των τάσεων εντός των καθορισμένων ορίων. Ειδικότερα

7.8.1 ως προς την πίεση ρ επί του έρματος

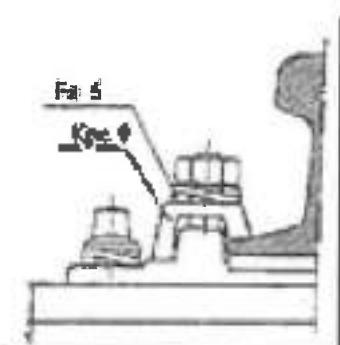
- η οριακή τιμή $0,3 \text{ N/mm}^2$ [1], [2], [6] της πίεσης επί του έρματος δεν υπερβαίνεται για Δείκτη Αντίδρασης Εδάφους μέχρι και $0,15 \text{ N/mm}^3$
- η απόσταση των αξόνων στα φορεία της BR 103 επιδρά μειωτικά στην πίεση επί του έρματος, καθότι για Δείκτη Αντίδρασης Εδάφους ίσο ή μεγαλύτερο του $0,07 \text{ N/mm}^3$ είναι μεγαλύτερη του $3/4 \cdot \pi \cdot L$ [4].
- η σιδηροτροχιά UIC 60 ως προς την UIC 54 συμβάλλει στην μείωση της πίεσης επί του έρματος έως και 5%.
- ο στρωτήρας B70 σε σχέση με τον ξύλινο συμβάλλει στην μείωση της πίεσης επί του έρματος κατά 2%.
- η μείωση της απόστασης μεταξύ των στρωτήρων συμβάλλει στην μείωση της πίεσης επί του έρματος μέχρι και 12%

7.8.2 ως προς την κατακόρυφη τάση σε επί της υπόβασης

- οι γειτονικοί στρωτήρες αυξάνουν σημαντικά την κατακόρυφη τάση από ένα βάθος δύο φορές το πλάτος του στρωτήρα και προς τα κάτω (διάγρ. 1)
- ο στρωτήρας B70 αυξάνει την επιρροή στην κατακόρυφη τάση από τους γειτονικούς στρωτήρες λόγω του μεγαλύτερου πλάτους του σε σχέση με τον ξύλινο
- στην περίπτωση που δεν παρεμβάλλεται ενδιόμεση στρώση μεταξύ έρματος και υπόβασης, το μέτρο ελαστικότητας της υπόβασης πρέπει να είναι μεγαλύτερο ή ίσο των 100 N/mm^2 .
- εδάφη στον ρόλο υπόβασης, με μέτρο ελαστικότητας μεταξύ 50 και 80 N/mm^2 , πάχος της προστατευτικής στρώσης 300 - 600 mm και ελάχιστο μέτρο ελαστικότητας 100 N/mm^2 , εξασφαλίζουν στις επιφάνειες των στρώσεων κατακόρυφες τάσεις εντός των οριακών τιμών (διάγρ. 2)



Διάγραμμα 7.1. Κατακόρυφη πίεση στην υπόβαση σε σχέση με το βάθος κάτω από την κάτω επιφάνεια του στρωτήρα, με κοι χωρίς ΠΣ για $C = 0,03 - 0,11 \text{ N/mm}^2$



Διάγραμμα 7.2. Κατακόρυφη πίεση στην υπόβαση σε σχέση με το μέτρο ελαστικότητας για διαφορετικά πάχη ΠΣ και δύο τύπους σιδηροτροχιών

Κεφάλαιο 10
10. Διαδικασία προσκυρόστρωσης γραμμής

Απόσπασμα από ΠΕΤΕΠ 07-03-01-20. "Κατασκευή Σιδηροδρομικής Γραμμής (Επιδομή)"

Προσκυρόστρωση Γραμμής

Συνιστάται να προηγηθεί της συναρμολόγησης η προσκυρόστρωση της γραμμής επί ετοίμου διαμορφωμένου επιχώματος. Η εργασία είναι υποχρεωτική στην περίπτωση κατά την οποία στην στέψη της υποδομής τοποθετείται γεωϋφασμα (διότι απαγορεύεται ρητά η τοποθέτηση της εφάρσης απευθείας σε γεωϋφασμα) ή στην περίπτωση η οποία καθορίζεται στους όρους της διακήρυξης.

Η προσκυρόστρωση της γραμμής συνιστάται στην διάστρωση κατάλληλης ποσότητας σκύρων επί του κατοστρώματος της υποδομής με μηχανήματα δομικών έργων (φίνισερ, φορτωτές, προωθητήρες κ.λπ.) προτού τοποθετηθούν οι στρωτήρες επί της επιδομής.

Σε περίπτωση κατά την οποία έχει αφαιρεθεί το υπάρχον έρμα, επιβάλλεται πριν την προσκυρόστρωση η διαμόρφωση των κλίσεων του υποστρώματος της επιδομής και η συμπύκνωση αυτού με δονητικό οδοστρωτήρα.

Για την εκτέλεση των εργασιών προσκυρόστρωσης ο Ανάδοχος θα πρέπει να διαθέτει επιτόπου των έργων κατάλληλο μηχανικό εξοπλισμό και να τον συντηρεί για την απρόσκοπτη εκτέλεση της εργασίας. Μεταξύ των απαροίητων μηχανημάτων περιλαμβάνονται προωθητήρες, μηχανήματα διάστρωσεως και μετακινήσεως των σκύρων, μηχανήματα διαβροχής σκύρων και ελαστιχοφόροι οδοστρωτήρες ελαφρού τύπου κατάλληλοι για ελαφρά συμπύκνωση των σκύρων γραμμής.

Η προσκυρόστρωση περιλαμβάνει:

- Την εκφόρτωση των σκύρων γραμμής επιτόπου του έργου και τις τοπικές μεταφορές ποσοτήτων σκύρων.
- Την διάστρωση των σκύρων σε πάχας $25 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$ και σε πλάτος 5 m περίπου ανά γραμμή.
- Την διαβροχή των σκύρων.
- Την ελαφρά συμπύκνωση με κατάλληλο δονητικό μηχάνημα ώστε να μην προκαλούνται φθορές στα σκύρα.

Στρώση Γραμμής

Η παρούσα προδιαγραφή αφορά την στρώση σιδηροδρομικής γραμμής κανονικού εύρους που αποτελείται από οποιαδήποτε υλικό επιδομής και λαμβάνει χώρα στην ανοικτή γραμμή, σε Σταθμούς, Ισόπεδες διαβάσεις, Σήραγγες, γεφυρίδια και γέφυρες, είναι ανεξάρτητη από την μεθοδολογία εκτέλεσης των σιδηροδρομικών εργασιών και των διατιθέμενων κατά περίπτωση μέσων, που αποτελούν αποκλειστική ευθύνη του Αναδόχου.

Η προδιαγραφή δεν αφορά την στρώση βοηθητικών γραμμών (προσωρινές ποραλλαγές).

Για την εκτέλεση των εργασιών στρώσης γραμμής ο Ανάδοχος θα πρέπει να διαθέτει επιτόπου των έργων κατάλληλο μηχανικό εξοπλισμό (μικρά και βαρέα μηχανήματα γραμμής, εργαλεία, συσκευές κλπ) και να τον συντηρεί για την απρόσκοπτη εκτέλεση της εργασίας. Μεταξύ των απαραίτητων μηχανημάτων και εργαλείων περιλαμβάνονται:

1. μικρό μηχανήματα γραμμής: μηχανήματα κοχλίωσης – αποκοχλίωσης με ρυθμιζόμενη σύσφιξη, δισκοπρίονα, τιρφωνέζες, μηχανήματα διάτρησης σιδηροτροχιών, μηχανήματα πεδίλωσης ξύλινων στρωτήρων, μηχανήματα λείανσης συγκολλήσεων, πυλωνάδικα κλπ. απαιτούμενα για σιδηροδρομικές εργασίες.

2. βαρέα μηχανήματα γραμμής: rail-threader, πυλώνες, μηχανήματα μεταφοράς σιδηροτροχιών (trolleys), μαρμούθ, μηχανές έλξης οποιουδήποτε τύπου και ηλεκτρικής δυνατότητας, κλπ.
3. μηχανήματα δομικών έργων όπου απαιτούνται, μηχανήματα διπλής ενέργειας (κινούμενα επί γραμμής και με τροχούς) κλπ.
4. ειδικά εργαλεία, όπως γρύλλοι συνύψωσης σιδηροτροχιών, πικούνια κλπ.
5. μηχανήματα ποιοτικού ελέγχου.

Για όλα τα μηχανήματα που κινούνται επί γραμμής θα πρέπει να έχει εξασφαλισθεί από τον ΟΣΕ άδεια κυκλοφορίας.

Στην εργασία της στρώσης της γραμμής εννοείται ότι όλα τα υλικά της επιδομής διατίθενται επιτόπου του έργου και περιλαμβάνονται:

- ο έλεγχος των σημείων εξασφάλισης εφ' όσον υφίσταται εξασφάλιση του άξονα της γραμμής, ή η προσωρινή εξασφάλιση του άξονα μέχρι την οριστική εξασφάλιση¹.
- οι τοπικές μεταφορές και φορτοεκφορτώσεις των υλικών.
- η συναρμολόγηση της γραμμής (τοποθέτηση των σιδηροτροχιών επί των στρωτήρων, γώνιασμα, τοποθέτηση συνδέσμων, σύσφιξη κλπ.) σύμφωνα με τα σχέδια στρώσης της γραμμής, την παρούσα ΠΕΤΕΠ, τους ισχύοντες Κανονισμούς (πχ. ΝΚΕΓ) και τις οδηγίες της Υπηρεσίας, δηλ.:
 - η αφαίρεση των οπών των σιδηροτροχιών που τυχόν υπάρχουν, στα σημεία που θα γίνει συγκόλληση σιδηροτροχιών.
 - η τοποθέτηση των στρωτήρων σε κανονική μεταξύ τους απόσταση ($60 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$), στην οριστική τους θέση ως προς τον άξονα (με ανοχή 5 cm) και γώνιασμά τους (καθετότητα ως προς τον άξονα της γραμμής). Στις περιπτώσεις στρώσης γραμμής με αρμούς προβλέπεται τοποθέτηση διδυμών στρωτήρων στη θέση του αρμού. Η απόσταση μεταξύ των

στρωτήρων μπορεί να μεταβάλλεται στις καμπύλες σύμφωνα με ταν ισχύοντα Κανονισμό.

- η τοποθέτηση των ελαστικών υποθεμάτων επί των στρωτήρων.
- καμπύλωση των σιδηροτροχιών με ειδική συσκευή καμπύλωσης, όπου απαιτείται.
- η τοποθέτηση των σιδηροτροχιών επί των στρωτήρων με μεταξύ τους διάκενο (ορμό) $2 \text{ cm} \pm 0,5 \text{ cm}$. Για τις περιπτώσεις που δεν θα γίνεται άμεσα συγκόλληση των σιδηροτροχιών και εφ' όσον η γραμμή θα παραδίδεται σε κυκλοφορία, επιβάλλεται η προσωρινή σύνδεση της γραμμής με εργοταξιακούς σφιγκτήρες του Αναδόχου, ώστε να επιτρέπεται η κυκλοφορία της γραμμής με ταχύτητα που θα καθορίζει η Υπηρεσία.
- τα ακραία σημεία των σιδηροτροχιών που θα συγκολλούνται θα πρέπει να είναι απηλαγμένα από οπές αμφίδεσης. Στην περίπτωση κατά την οποία υπάρχουν οπές θα γίνεται κοπή της σιδηροτροχιάς σε κατάλληλο μήκος και με κατάλληλο μηχάνημα που θα διασφαλίζει την επιπεδότητα της διατομής.
- Η τοποθέτηση των συνδέσμων.
- η σύσφιξη των συνδέσμων με βοήθειο ειδικών μηχανημάτων κοχλίωσης και με την κανονική ροπή συσφίξεως.
- η λίπανση - πετρελαιώση των βλήτρων όπου απαιτείται.
- η σμαριδεση της γραμμής με Σ.Σ.Σ. με προσωρινούς αμφιδέτες και ειδικούς σφιγκτήρες (όχι διάνοιξη οπών) που θα επιτρέπουν στα μηχανήματα γραμμής να εργάζονται ελεύθερα και θα εξασφαλίζουν την κυκλοφορία των εργοταξιακών σιδηροδρομικών οχημάτων και μηχανημάτων, μέχρι την εκτέλεση των απαιτούμενων συγκολλήσεων.
- ♦ Σε περίπτωση στρώσης γραμμής με αρμούς, η διάτρηση των σιδηροτροχιών στα αμφιδετούμενα άκρα και η αμφίδεση αυτών (βλ. και Κεφ. 3.3).
- ♦ Το γώνιοσμα των αρμών.
- ♦ Η ρύθμιση του εύρους της γραμμής.

- ♦ Η αφαίρεση των επικάμψεων στην περίπτωση χρήσης παλαιών σιδηροτροχιών.
- ♦ Η συντήρηση των αρφιδετών και των βλήτρων στην περίπτωση χρησιμοποίησης παλαιών υλικών.
- ♦ Η πεδίλωση των ξύλινων στρωτήρων όπου απαιτείται.
- ♦ Η πρόσανεση των ξύλινων στρωτήρων με ειδικά βλήτρα επι γεφυρών.
- ♦ Η τοποθέτηση αντιτροχιών στις περιπτώσεις ισόπεδων διαβάσεων.
- ♦ Η στρώση βιοθητικών γραμμών και γραμμών κυλίσεως πυλώνων, σε περίπτωση χρήσης πυλώνων στρώσης γραμμών, η τυχόν προσυναρμολόγηση των εσχαρών της γραμμής εκτός επιχώματος καθώς και κάθε άλλη βιοθητική εργασία που απαιτείται, ανάλογα με τον τρόπο επιλογής στρώσης της γραμμής.
- ♦ Για γραμμές κανονικού εύρους με αρμούς, που αποτελούνται από σιδηροτροχιές UIC50, τα αγκύρια ερπυσμού (αντιοδευτικά) τοποθετούνται σε εσχάρες με κλίση $I \geq 5\%$ και πάντοτε στην προς τα ανάντη της κλίσεως, πλευρά των στρωτήρων, ως εξής:
 - Σε μια εσχάρα των 36 m τοποθετούνται 8 τεμάχια ανά εσχάρα και συγκεκριμένα στις θέσεις του 26^ο, 29^ο, 32^ο και 35^ο στρωτήρα.
 - Σε μια εσχάρα των 54 m τοποθετούνται 12 τεμάχια ανά εσχάρα και συγκεκριμένα στις θέσεις του 37^ο, 40^ο, 43^ο, 45^ο, 48^ο και 51^ο στρωτήρα.
- ♦ Η προσωρινή τακτοποίηση της γραμμής στην οριστική της θέση (οριζόντιογραφική απόκλιση $\pm 5 \div 10$ cm από τον άξονα) και η απαιτούμενη προσωρινή υψομετρική τακτοποίησή της για την ασφαλή διέλευση των σιδηροδρομικών οχημάτων και μηχανημάτων γραμμής.
- ♦ Η περισυλλογή όλων των υλικών που θα περισσέψουν, η μεταφορά και αποθήκευσή τους σε θέσεις που θα υποδειχθούν από την Υπηρεσία.

- Ο ποιοτικός έλεγχος όλων των εργασιών με φορητό μηχανήματα ελέγχου που θα διαθέτει ο Ανάδοχος. Τα αποτελέσματα από τις καταγραφικές συσκευές θα εμπεριέχονται στο ΠΠΕ και θα αποτελαύν προϋπόθεση για την πιστοποίηση της εργασίας, αλλιώς οι αντίστοιχες εργασίες θα πιστοποιούνται ως ημιτελείς σύμφωνα με τα οριζόμενα στην νομοθεσία.
- Σύνταξη Μητρώου Καρπούλων (βλ. και ΠΕΤΕΠ 07-02-03-10).

Σκυρόστρωση

Η σκυρόστρωση νοείται ως εργασία διόστρωσης σκύρων επί προσκυροστρωμένης γραμμής ή επί ετοίμου επιχώματος ή ως συμπλήρωση έρματος υφιστάμενης γραμμής. Η σκυρόστρωση της γραμμής συνίσταται στην διόστρωση κατάλληλης ποσότητας σκύρων επί του καταστρώματος της επιδομής με σύνθετη συρμού σκυροβαγόνων, εκτελούμενη με διαδοχικές διελεύσεις επί γραμμής. Η διατομή που εφαρμόζεται στην εργασία αυτή συνιστάται να είναι η τυπική διατομή του ΟΣΕ, αλλά μπορεί να διαφέρει κατόπιν εγκρίσεως του Εργοδότη.

Για την εκτέλεση των εργασιών σκυρόστρωσης ο Ανάδοχος θα πρέπει να διαθέτει επιτόπου των έργων κατάλληλο μηχανικό εξαπλισμό (ελκτική μονάδα, σκυροβάγονα με ρυθμιζόμενη ροή) και να τον συντηρεί για την απρόσκοπη εκτέλεση της εργασίας.

Η σκυρόστρωση περιλαμβάνει:

- τη φόρτωση των σκύρων γραμμής από τις σκυραποθήκες στα σκυροβάγονα.
- τη μεταφορά των σκύρων με τον συρμό σκυρόστρωσης.
- τη διόστρωση των σκύρων σε διαδοχικές διελεύσεις και με κατάλληλο πάχος.

Εάν δεν περιλαμβάνεται διαφορετικά στα οικεία τεύχη δημόπρατησης τρόπος επιμέτρησης και πληρωμής θα ισχύουν τα ακόλουθα:

Η επιμέτρηση θα γίνεται δια λήψεως διατομών μετραυμένων προ και μετά της εργασίας σκυρόστρωσης (κατάφτραση διαμορφωμένου επιχώματος – κατάσταση σκυροστρωμένης γραμμής).

Οι διατομές θα λαμβάνονται τουλάχιστον ανά 50 μέτρα στην ευθυγραμμία και ανά 20 μέτρα στις καμπύλες.

Τα σημεία εξασφάλισης (ρεπέρ) θα είναι σταθερά και αναλλοίωτα και θα καταγράφονται υποχρεωτικά (οι θέσεις τους) στα φύλλα καταμέτρησης εργασιών.

Για την πιστοποίηση των εργασιών θα συντάσσονται υποχρεωτικά ΠΠΑΕ συνοδεία αναλυτικών επιμετρήσεων όπως παραπόνω αρίζεται. Είναι υποχρεωτικός ο διαχωρισμός της ποσότητας των σκύρων που διαστρώνονται με συρμό, από τις ποσότητες που διαστρώνονται με μηχανήματα δαμικών έργων (προσκυρόστρωση).

Η πληρωμή γίνεται ανά κυβικό μέτρο συμπυκνωμένης διατομής σκύρων. Ο συντελεστής επιπλήσματος εμπεριέχεται στην τιμή του τιμολογίου και δεν υπολογίζεται στην επιμέτρηση.

Για τις περιπτώσεις περιασφατέρων της μιας σιδηροδρομικών γραμμών τα ανωτέρω ισχύουν αναλογικά, χωρίς διαφοροποίηση του τρόπου εκτέλεσης της εργασίας ως προς τις διαστάσεις και τον τρόπο επιμέτρησης και πληρωμής.

Κεφάλαιο 14

14. Επιθεώρηση γραμμής και Κατανοσφή σφαλμάτων

Απόσπασμα από ΠΕΤΕΠ 07-03-01-80

Κατάλογος σφαλμάτων (error list)

Ο Κατάλογος σφαλμάτων περιλαμβάνει όλα τα πιθανά σφάλματα της γεωμετρίας της γραμμής τα οποία αποτυπώνονται στα διαγράμματα 1:5.000, με πληροφορίες για την χιλιομετρική θέση, τη μέγιστη τιμή σφαλμάτων και το νέο επίπεδο που προκύπτει βάση της μέγιστης τιμής σφαλμάτων.

Ο κατάλογος σφαλμάτων εκτυπώνεται κατά τη διάρκεια της καταγραφής. Σε κάθε σελίδα υπάρχει επικεφαλίδα με το όνομα του καταλόγου, το όνομα του αρχείου καταγραφής και ο αριθμός της σελίδας, π.χ. Error List 180200Kar-PaIR.w40 – Page 2 - καθώς και διόφορα άλλα στοιχεία η επεξήγηση των οποίων δίδεται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 4
Επεξήγηση των πληροφοριών που παρέχει ο κατάλογος
σφαλμάτων (Error List).

| Επορ Όνομα/ είδος σφάλματος | From Km Από χιλ/κη θέση | To έως χιλ/κη θέση | Peak Επίπεδο καταγραφής | At Κορυφή σφάλματο ς | Max Μέγιστη τιμή σφάλματο ς | Lim Οριακή τιμή βάσει επιπέδου | Ok βάσει μέγιστης τιμής |
|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---|--|--|
| WIDE.GAUGE | 27.562 | .559 (27.559) | C1 (Επίπεδο 1) | .560 (27.560) | 4.2 | 3.0 | 2 (Επέμβαση/ θρούψυρείο 140 km/h) |
| TIGHT. GAUGE | 6.785 | .780 | C1 | .783 | -6.0 | -2.0 | - (δεν υπάρχει χαμηλότερο επίπεδο κατάταξης) |

Πρόσθετος κατάλογος (extra list)

Περιλαμβάνει σφάλματα μεταβολής εύρους ανά 75 cm (DQQ75) και ανά 1.500 cm (D1500) καθώς επίσης σφάλματα στρεβλότητας που πιθανόν θα προκύψουν από την μέτρηση της για όλες τις προβλεπόμενες βάσεις (από 1,5 m έως και 19,5 m, βήμα 1,5 m).

Ο Πρόσθετος κατάλογος δεν εκτυπώνεται κατά την διάρκεια της καταγραφής, υπάρχει όμως το αρχείο και μπορεί να εκτυπωθεί όταν ψητηθεί. Σε κάθε σελίδα υπάρχει επικεφαλίδα με το όνομα του καταλόγου, το όνομα του αρχείου καταγραφής και ο αριθμός της σελίδας π.χ. Extra List 261099Str- ProR.w40 – Page 1 καθώς και διάφορα άλλα στοιχεία η επεξήγηση των οποίων δίδεται στους Πίνακες 5 και 6.

Πίνακας 5

| Error | From Km | To | Peak | At | Max | Lim | Ok |
|-------------|---------|------|------|------|------|------|----|
| D1500.GAUGE | 0,227 | .227 | C5 | .227 | 14.0 | 12,0 | - |
| D0075.GAUGE | 1.533 | .534 | C5 | .533 | 3.9 | 3.0 | - |

Παρατηρείται ότι η παρουσίαση των σφαλμάτων μεταβολής εύρους είναι ίδια με των υπολοίπων σφαλμάτων του καταλόγου σφαλμάτων (error list).

Τα σφάλματα στρεβλότητας διαφόρων βάσεων μέτρησης, παρουσιάζονται ως:

Πίνακας 6

| Είδος/ όνομα | Χιλιόμ. θέση | Ποσότητα | Μέγεθος σφάλματος |
|--------------|--------------|-----------|--------------------|
| BO150 TWIST | 0.075 | ORE: 108% | 8.5 . (βάση 1.5 m) |
| BO300 TWIST | 0.278 | ORE: 105% | 8.27 . (βάση 3 m) |

Συγκεντρωτική αναφορά (summary report)

Παρουσιάζει για κάθε χιλιόμετρο και για τα τρία επίπεδα (A, B, C) την ποσότητα σφαλμάτων που έχουν καταμετρηθεί καθώς και τους συντελεστές ποιότητας ανά 500 m. Η συγκεντρωτική αναφορά δεν εκτυπώνεται κατά την διάρκεια της καταγραφής, υπάρχει στο αρχείο και μπορεί να εκτυπωθεί όταν ζητηθεί.

Σε κάθε σελίδα υπάρχει επικεφαλίδα με το όνομα του καταλόγου, το όνομα του αρχείου καταγραφής και ο αριθμός της σελίδας. Κάθε σελίδα περιέχει δύο αναφορές. Με το κλείσιμο της κατηγορίας δίνεται συγκεντρωτική αναφορά αριθμού σφαλμάτων όλου του μήκους που κατεγράφη.

Σε κάθε αλλαγή επιπέδου ή χιλιομέτρησης εμφανίζεται νέα αναφορά δύσκετο εάν δεν αλοκληρωθεί ένα (1) χιλιόμετρο. Στις περιπτώσεις αυτές ή στο κλείσιμο της καταγραφής εάν δεν έχουν συμπληρωθεί

τουλάχιστον 500 μ από την προηγούμενη αναφορά δεν εμφανίζονται δείκτες ποιότητας.

Κάθε αναφορά αριθμείται, αναφέρει το όνομα του αρχείου, τα χιλιομετρικά σημεία και το επίπεδο καταγράφης, π.χ.:

Αναφορά #9 για 261099Str-ProR μεταξύ km10.0-11.0 / LEV5

Στη συνέχεια ένας πίνακας εμφανίζει τρεις στήλες για τα τρία υποεπίπεδα A, B, C όπου "m" είναι τα μέτρα στα οποία μετρήθηκαν σφάλματα και # ο αριθμός των σφαλμάτων. Μία τέταρτη στήλη καταγράφει τα είδη των σφαλμάτων και στην τελευταία γραμμή δίδεται ο συνολικός αριθμός των σφαλμάτων και των μέτρων στα οποία αυτά μετρήθηκαν.

Όρια Γεωμετρικών Σφαλμάτων γραμμής σε συνάρτηση με το καταγραφικό όχημα EM-120

Γενικά

- ♦ Στα κλασικά καταγραφικά οχήματα που καταγράφουν τα οριζοντιογραφικά και υψομετρικά σφάλματα γραμμής με την μέθοδο των τριών σημείων (φως και το EM-120) το μετρούμένα μεγέθη διαφέρουν εν γένει από τα πραγματικά, ο δε λόγος τους συναρτήσει του μήκους κύματος του εκάστοτε μετρούμενου γεωμετρικού μεγέθους γραμμής παρουσιάζεται στις συναρτήσεις μετάφοράς του οχήματος.
- ♦ Οι συναρτήσεις μεταφοράς κάθε οχήματος εξαρτώνται άμεσα από τα μήκη χορδής αυτού.

Συνεπώς για κάθε καταγραφικό όχημα με μήκη χορδής που διαφέρουν σημαντικά απ' αυτά του EM-120, θα πρέπει να επονεξετάζονται τα τιθέμενα στην πορούσα ΠΕΤΕΠ δρια γεωμετρικών σφαλμάτων γραμμής.

- ♦ Επομένως τα εμφανιζόμενα οριζοντιογραφικά και υψομετρικά σφάλματα στα διαγράμματα 1:5.000 και 1:100.000 καθώς και στους πίνακες σφαλμάτων (Error List) θα πρέπει να θεωρούνται ως ενδεικτικά για τον εντοπισμό των προβληματικών περιοχών. Συνεπώς για την επιβολή βραδυποριών θα πρέπει να γίνεται

γενικότερη εκτίμηση από τους αρμόδιους τεχνικούς σε συνδυασμό και με τα υπόλοιπα σφάλματα καθώς και με τοπικές μετρήσεις εφ' όσον κρίνεται σκόπιμο να γίνουν.

- Τα δρια που τίθενται στους αντιστοιχους πίνακες για τα γεωμετρικά σφάλματα γραμμής που μετρούνται με το Καταγραφικό Όχημα EM-120 δεν ισχύουν στις περιοχές των άλλαγών τροχιάς.

Σ' αυτές ο έλεγχος δεν θα γίνεται μέσω του καταγραφικού οχήματος αλλά βάσει αναλυτικών μετρήσεων.

Κατηγορίες γραμμής από άποψη μεγίστων επιτρεπομένων ταχυτήτων

Για την θέσπιση ορίων γεωμετρικών σφαλμάτων γραμμής ορίζονται επτά (7) κατηγορίες γραμμής από άποψη μεγίστων επιτρεπομένων ταχυτήτων, ήτοι :

| Κατηγορία Γραμμής | Για ταχύτητα V [km/h] |
|----------------------|--------------------------|
| 0 | $160 < V \leq 200$ |
| 1 | $140 < V \leq 160$ |
| 2 | $120 < V \leq 140$ |
| 3 | $100 < V \leq 120$ |
| 4 | $80 < V \leq 100$ |
| 5 | $60 < V \leq 80$ |
| 6 | $V \leq 60$ |

Επίπεδα κατάστασης γραμμής

Για κάθε μία από τις ανωτέρω κατηγορίες γραμμής ορίζονται τρία (3) επίπεδα κατάστασης της γραμμής (A,B,C), από άποψη συντήρησής της, για τα οποία θα αντιστοιχούν συγκεκριμένα ανώτατα δρια μεμονωμένων γεωμετρικών σφαλμάτων γραμμής:

- **Επίπεδο A:** Είναι το επίπεδο των νεοκατασκευασμένων γραμμών μόλις δίδονται σε κυκλοφορία, στις οποίες θα πρέπει τα μετρούμενα γεωμετρικά σφάλματα να ευρίσκονται κάτω των προτεινομένων ορίων ανά κατηγορία γραμμής.
- Σε περίπτωση που αυτό δεν συμβαίνει, θα πρέπει να εξετασθούν και διερευνηθούν οι λόγοι όπους αφείλεται αυτό, ώστε να

αρθούν και να αποδοθεί η γραμμή στην σωστή κατάσταση που θα πρέπει να βρίσκεται.

- ◆ Είναι αυτονόητο ότι μια νέα γραμμή που αποδίδεται σε κυκλοφορία χωρίς να πληρεί τα ανωτέρω όρια "A" θα περιπέσει πολύ τοχύτερα στα όρια "C" δηλαδή ουσιαστικά δεν έχει κατασκευασθεί για την προβλεψθείσα γι' αυτή κατηγορία τοχύτητας.
- ◆ Επίπεδο Β: Είναι το επίπεδο συντήρησης της γραμμής κάτω των ορίων του οποίου δεν απαιτείται καμία επέμβαση επί της γραμμής. Απαιτείται όμως διερεύνηση αν διαπιστώθει δυσανάλογη με τα διελθόντα φορτία από της στρώσεως ή της τελευταίας συστηματικής ανακαίνισης επιδείνωση κάποιων σφαλμάτων.
- ◆ Όταν τα μετρούμενα σφάλματα αρχίσουν να ξεπερνούν τα όρια του επιπέδου "B", πρέπει να μελετηθεί και να προγραμματισθεί συστηματική συντήρηση ή ανακαίνιση της γραμμής. Αυτό βέβαια πρέπει να γίνει αρκετά πριν τα σφάλματα πλησιάσουν τα όρια του επιπέδου "C".
- ◆ Επίπεδο C: Είναι το επίπεδο του οποίου τα όρια μεμονωμένων γεωμετρικών σφαλμάτων δείχνουν την ανάγκη τοχείας τοπικής επέμβασης στις περιοχές όπου παρατηρείται υπέρβαση των ορίων αυτών.

Ορισμός και Δεικτών Ποιότητας Γραμμής

Ως δείκτης ποιότητας γραμμής για κάποιο γεωμετρικό σφάλμα αυτής και για ένα συγκεκριμένο μήκος αυτής ορίζεται το μαθηματικό μέγεθος της τυπικής αποκλίσεως φλών των αριθμητικών τιμών του γεωμετρικού αυτού σφάλματος μετρουμένων ανά ίσα διαστήματα στο μήκος αυτό².

Οι δείκτες ποιότητας δίδουν αξιόπιστες πληροφορίες για την γενικότερη κατάσταση της γραμμής και του προγραμματισμού επεμβάσεων σ' αυτήν.

Στον κατωτέρω πίνακα 3 δίδονται τα τιθέμενα όρια των τυπικών αποκλίσεων για τα οριζόντιογραφικά και υψομετρικά σφάλματα καθώς και για τα σφάλματα υπερύψωσης.

Τα αναγραφόμενα επίπεδα Ο και Ι ορίζονται ως εξής:

- ♦ **Επίπεδο Ο:** Είναι το επίπεδο των νεοκατασκευασμένων γραμμών και των γραμμών επί των οποίων έγινε ανακαλυψη. Οι τιμές του επιπέδου αυτού θα είναι τα όρια παραλαβής των γραμμών αυτών.
- ♦ **Επίπεδο Ι:** Είναι το επίπεδο στο οποίο όταν υπάρχει υπέρβαση των ορίων αυτού σε κάποια τμήματα γραμμής θα πρέπει σε βραχυχρόνιο ορίζοντα να προγραμματίζεται συστηματική επέμβαση στο τμήματα αυτά .

Εμπνεία Διαγραμμάτων Καταγραφής

Τα στοιχεία της γεωμετρίας της γραμμής αποτυπώνονται σε διάγραμμα 1:5000 συνεχούς ροής αναλόγου της ταχύτητας του οχήματος και τα όρια των πόρομέτρων που εκτυπώνονται είναι του επιπέδου C για κάθε κατηγορία γραμμής.

Υπάρχουν δύο είδη διαγραμμάτων:

- ♦ τύπου ΟΣΕ και
- ♦ τύπου DB αντίστοιχο αυτού που χρησιμόποιούν οι Γερμανικοί Σιδηρόδρομοι.

Πληροφορίες για όλα τα πιθανά γεωμετρικά σφάλματα σε είδος, μέγεθος και αριθμό δίνουν:

- ♦ ο Κατάλογος Σφαλμάτων (Error List),
- ♦ ο Πρόσθετος Κατάλογος (Extra List) και
- ♦ η Συγκεντρωτική Αναφορά (Summary Report).

Τέλος το διάγραμμα 1:100.000 δίδει πληροφορίες και αξιολογεί την γραμμή κατά τον Γερμανικό Κανονισμό Επιδομής (DB) DS 820.01.

Διάγραμμα κλίμακας 1:5.000 τύπου ΟΣΕ

Θέση 1: Πραγματική ημερομηνία και ώρα εκτύπωσης του διαγράμματος. Στα Σχήμα 1 έχουμε: 16 Sep 03 time scale 10:46:38, δηλαδή η εκτύπωση έγινε στις 16 Σεπτεμβρίου 2003 και ώρα 10:46:38.

Θέση 2: Εμφάνιση του ονόματος αρχείου αποθήκευση στο PC ανά 500m. Το όνομα του αρχείου έχει την μορφή ΗΗΜΜΕΕ, ΑΡΧΗ - ΤΕΛΟΣ, F/R δημιουργείται πριν εκκινήσει η καταγραφή και προσδιορίζει την ημερομηνία καταγραφής, το τμήμα γραμμής που καταγράφηκε και από ποιο θάλαμο έγινε η καταγραφή.

Στην Σχήμα 1 έχουμε: 160903Sfe-AvIoR που δηλώνει ότι κατεγράφη το τμήμα γραμμής από την Σφενδάλη προς τον Αυλώνα, στις 16/09/03, από το οπίσθιο (Rear) θάλαμο. Η θέση των ονομάτων των σταθμών ή των χιλιομετρικών σημείων προσδιορίζει την διεύθυνση της καταγραφής, π.χ. Tith- Lla από Τιθορέα προς το Λειανοκλάδι. Σε τμήματα διπλής γραμμής προσδιορίζει την άνοδο ή την κάθοδο, π.χ. Dom - Pal από το Δομοκό προς τον Παλαιοφάρσαλο γραμμή ανόδου ενώ Pal- Dom είναι από Παλαιοφάρσαλο προς το Δομοκό γραμμή καθόδου.

Εάν συγκρίνουμε της ημερομηνίες των θέσεων 1 και 2 έχουμε τις κατωτέρω περιπτώσεις:

a) Θέση 1: 16 Sep 03

Θέση 2: 160903Sfe-AvIoR

Έχουμε την πρωτότυπη εκτύπωση της καταγραφής Σφενδάλης - Αυλώνα που έγινε στις 16 Σεπτεμβρίου 2003 από τον οπίσθιο θάλαμο.

β) Θέση 1: 16 Sep 03

Θέση 2: \160903Sfe-AvIoR

Έχουμε αντίγραφο (copy) του αρχείου της ανωτέρω καταγραφής που εκτυπώθηκε στις 16 Σεπτεμβρίου 2003

γ) Θέση 1: 08 Nov 03
Θέση 2: 160903Sfe-AvloR
Έχουμε μία επεξεργασμένη (play back) εκτύπωση της ανωτέρω καταγραφής μέσω του server (VMEX system) που εκτυπώθηκε στις 8 Νοεμβρίου 2003. Το πρωτότυπο φόνομα ενός αρχείου δεν αλλάζει όταν γίνεται play back, ανεξάρτητα από μία οιθανή μετονομασία του στο PC.

Θέση 3: L. Level [1:1]. Υψομετρικά σφάλματα απεικονισμένα σαν ύψη βελών της αριστερής σιδηροτροχιάς κλίμακα 1:1.

Θέση 3α: Θετικό όριο των ανωτέρω σφαλμάτων, εδώ 18 mm.

Θέση 3β: Αρνητικό όριο των ανωτέρω σφαλμάτων, εδώ -18 mm.

Θέση 4: R.LEVEL [1:1] Υψομετρικά σφάλματα δεξιάς σιδηροτροχιάς, κλίμακα 1:1.

Θέση 4α: Θετικό όριο των ανωτέρω σφαλμάτων.

Θέση 4β: Αρνητικό όριο των ανωτέρω σφαλμάτων.

Θέση 5: TWIST [5mm %ο] Στρεβλότητα για βάση μήκους 3 m, μόνο σε θετικές τιμές, κλίμακα 5:1.

Θέση 5α: Όριο σφαλμάτων στρεβλότητας, εδώ 4 mm.

Θέση 6: GAUGE[1:1] Αποτύπωση αποκλίσεων εύρους, κλίμακα 1:1.

Θέση 6α: Θετικό όριο αποκλίσεων εύρους, εδώ 20 mm.

Θέση 6β: Αρνητικό όριο αποκλίσεων εύρους, εδώ -5 mm.

Θέση 7: Χαρακτηριστικά σημεία της γραμμής :

BRIDGE: Γέφυρα

CROSS (CROSSING): Αλλαγή τροχιάς

LEVEL (LEVELCROSSING): Ισόπεδη διάβαση

SIGNAL: Σήμα καλύψεως σταθμού

TUNNEL: Σήραγγα

STATION: Σταθμός

OVER (OVERBRIDGE): Ανισόπεδη διάβαση, Αερογέφυρα

Θέση 8: Χιλιομέτρηση

Θέση 9: Δείκτες ποιότητας με πολαιούς αλγόριθμους EM120

Θέση 10: CROSS [1:5] (CROSSLEVEL). Απεικονίζεται η υπερύψωση σε κλίμακα 1:5. Στο διάγραμμα αυτό φαίνονται οι απόλυτες τιμές υπερύψωσης στις περιοχές των καμπύλων καθώς και τα σφάλματα υπερύψωσης μεγάλου μήκους.

Θέση 11: CROSS Hp [1:1]. Σφάλματα υπερύψωσης³.

Στο διάγραμμα εμφανίζονται τα όρια των σφαλμάτων υπερύψωσης σαν ευθείας γραμμές παράλληλες στο μηδενικό άξονα.

Θέση 11α: Θετικό όριο σφαλμάτων υπερύψωσης, εδώ 12 mm.

Θέση 11β: Αρνητικό όριο σφαλμάτων υπερύψωσης, εδώ -12 mm.

Θέση 12: CURV [cm=1/km]. Απεικονίζεται η καμπυλότητα του άξονα της γραμμής. Για τιμή στο διάγραμμα 1cm έχουμε ακτίνα 1.000m, για 2 cm ακτίνα 500 m, κλπ.

Θέση 13: L ALIGN Hp 1:1. Απεικονίζονται τα οριζόντιογραφικά σφάλματα της οριστερής σιδηροτροχιάς. Για ευκρινέστερη παράσταση των οριζόντιογραφικών σφαλμάτων γίνεται, μέσω υπολογιστικού αλγορίθμου, φιλτράρισμα των μετρούμενων απολύτων τιμών. Η μέθοδος είναι ίδια αυτής των σφαλμάτων υπερύψωσης. Έτσι, αφού αφαιρεθεί η επιρροή των καμπυλών (βέλη) είναι δυνατή η παράσταση του διαγράμματος με κλίμακα 1:1 με εμφάνιση των δυο γραμμών-ορίων παράλληλων προς τον μηδενικό άξονα.

Θέση 13α: Θετικό όριο οριζόντιογραφικών σφαλμάτων οριστερής σιδηροτροχιάς, εδώ 14 mm.

Θέση 13β: Αρνητικό όριο οριζόντιογραφικών σφαλμάτων αριστερής σιδηροτροχιάς, εδώ -12 mm.

Θέση 14: R.ALIGN Hr 1:1. Απεικονίζονται τα οριζόντιογραφικά σφάλματα της δεξιάς σιδηροτροχιάς.

Θέση 14α: Θετικό όριο οριζόντιογραφικών σφαλμάτων δεξιάς σιδηροτροχιάς.

Θέση 14β: Αρνητικό όριο οριζόντιογραφικών σφαλμάτων δεξιός σιδηροτροχιάς.

Θέση 15: Γραφική απεικόνιση ταχύτητας οχήματος καταγραφής. Η κλίμακα απεικόνισης της ταχύτητας είναι 1 mm=10km/h.

Θέση 16: Εμφάνιση της κατηγορίας της γραμμής ανά χιλιόμετρο, εδώ Level 4.

Θέση 17: Αποτύπωση υπερβάσεων ορίων για τα επίπεδα A, B, C.

Κεφάλαιο 15

15. Ασφάλεια

Βασικά Νομοθετικά Κείμενα περί ασφάλειας κατό την εκτέλεση εργασιών

- Π.Δ. 1073/1981: Τμήμα I - Εργασίες εκσκαφών
Εντοπισμός δικτύων - μόνωση ή μεταφορά τους (αρθ. 2)
Αντιστήριξη πρανών - οι αντιστηρίξεις μελετώνται από αρμόδιο Μηχανικό (αρθ. 2, 9, 11).
Αντιστήριξη όμορων κτιρίων (αρθ. 40 και παντός δένδρου, ιστού κλπ που κλονίστηκε από την εκσκαφή (αρθ. 5).
Λεπτομερής εξέταση κάθε είδους εκσκαφής διενεργείται από τον επιβλέποντα μηχανικό μια φορά την εβδομάδα και σε ειδικές περιπτώσεις, ως αναφέρονται στο αρθ. 13. Οι εκθέσεις των εξετάσεων αναγράφονται στο Η.Μ.Α.
Τμήμα II - Εργασίες κατεδαφίσεων (παράλληλα με Απόφραση 31245/22-5-1993 και σχετική εγκύκλιο ΥΠ.Ε.ΧΩ.Δ.Ε. "Συστάσεις για κατεδαφίσεις κτιρίων").
Μέχρι 10 άτομα - Προϊστάμενος Συνεργείων σε περίπτωση περισσότερων ομάδων εργασίας - επικεφαλής Συντονιστής όλων των Προϊστάμενων.
Ιδιαίτερες απαιτήσεις για κατεδάφιση προσεντεταμένων έργων (αρθ. 26) και τμημάτων της κατασκευής που περιέχουν ομίσυτο (αρθ. 30).
Τμήμα III - Ικριώματα
Χώροι εργασίας
Κυκλοφορία εντός αυτών
Καθορισμός του πλάτους διπέδου εργασίας του ικριώματος ανάλογα με το είδος της εκτελούμενης εργασίας (αρθ. 34)
Σε ορισμένες περιπτώσεις ικριωμάτων (αρθ. 34 §1 εδάφιο β, γ, δ, ε) απαιτείται για την κατασκευή τους, σύνταξη μελέτης από τον επιβλέποντα μηχανικό.

Σε περίπτωση εγκατάστασης ανυψωτικής μηχανής επί ικριώματος απαιτείται άδεια του επιβλέποντος μηχανικού.

Προστασία ανοιγμάτων (κατακόρυφων και αριζόντιων) (αρθ. 40, 41, 42).

Τμήμα IV - Μηχανήματα οικοδομών - Εργοταξίων

Αδειούχοι χειριστές όπου προβλέπονται από τη σχετική νομοθεσία (Π.Δ. 31/90) και άνω των 18 ετών.

Μηχανήματα συσκευές και εργαλεία πρέπει να πληρούν τις διατάξεις ασφαλείας των Νόμων και Κανονισμών.

Η καλή λειτουργία των μηχανημάτων και η πρόσφατη συντήρησή τους πρέπει να αναγράφονται στο Η.Μ.Α.

Όλοι οι έλεγχοι (ανυψωτικών μηχανημάτων, συρματόσχοινων κ.α.) καταχωρούνται στο Η.Μ.Α.

Τμήμα V - Ηλεκτροδότηση εργοταξίων

Ηλεκτρικές εγκαταστάσεις - Γενικά μέτρα ασφαλείας

Ηλεκτρικοί πίνακες διανομής και τροφοδοσίας, εγκαταστάσεις, συσκευές και μηχανήματα συντηρούνται από εξουσιοδοτημένο Αδειούχο Ηλεκτροτεχνίτη (αρθ. 75, 76)

Για την πρόληψη των στυχημάτων από άμεση ή έμμεση εποφή ή προσέγγιση στα δίκτυα ΔΕΗ υπό τάση, πρέπει να εφαρμοστούν οι διατάξεις των άρθρων 78 και 79.

Τμήμα VI - Διακίνηση υλικού

Τμήμα VII - Χώροι ή εγκαταστάσεις με ειδικούς κινδύνους - πυρκαγιά

Τμήμα VIII - Διάφορες εργασίες - Ατομικά Μέσα Προστασίας (αρθ. 102 και 108) - Υγιεινή εστίσσης - Α' Βοήθειες (αρθ. 109 έως 110). Υποχρεώσεις εργαδοτών, εργαζομένων (αρθ. 111, 112).

Τήρηση ημερολογίου μέτρων ασφαλείας (Η.Μ.Α.) σε όλα τα Τεχνικά Έργα (Ιδιωτικά και Δημόσια) και ανεξαρτήτως περιοχής. Σε αυτά αναγράφονται η βεβαίωση πληρότητας και ευστάθειας των ικριωμάτων, οι επιθεωρήσεις προ της

επανόληψης των εργασιών που διεκόπησαν εξαιτίας θεομηνίας, σι επιθεωρήσεις των προνών οφυγμάτων και των αντιστηρίζεών τους, η άδεια του επιβλέποντα μηχανικού για την εγκατάσταση ανυψωτικής μηχανής επί ικριώματος, οι επιθεωρήσεις συρματόσχοινων και επανέλεγχοι τους, οι έλεγχοι και επανέλεγχοι των ανυψωτικών μηχανημάτων κ.α. οριζόμενο από συναφείς διατάξεις ή κανόνες ασφαλείας (αρθ. 113). Αναγγελία ατυχήματος ενός 24 ωρών στην οικεία Υπηρεσία των Υπουργείου Εργασίας και διατήρηση Αμετάβλητων των συνθηκών του ατυχήματος. Άμεση Αναγγελία στην Αστυνομική Αρχή και παροχή ανάλογων υπηρεσιών στον παθόντα.

- ♦ N. 1396/1983 Αναφέρονται λεπτομερώς οι υποχρεώσεις του κυρίου του έργου, εργολάβου, υπεργολάβων, μελετητή και επιβλέποντα μηχανικού. Τήρηση Η.Μ.Α. σε Ιδιωτικό Τεχνικά Έργα σε οικισμούς άνω των 10.000 κατοίκων ή σε αυτό που έχουν δύκο 1.000 κυβικά μέτρα και άνω. Το Η.Μ.Α. ενημερώνει ο επιβλέπων μηχανικός με τις υποδείξεις του για τη λήψη και τήρηση των μέτρων ασφαλείας.
- ♦ Y.A. 130646/1984 Τρόπος έκδοσης,
θεώρησης, τύπος, τρόπος τήρησης και περιεχόμενο του Η.Μ.Α.
- ♦ N.1568/1985 Τεχνικός Ασφαλείας (Τ.Α.) και Γιατρός Εργασίας (Γ.Ε.) (αρθ. 4, 5, 6, 7, 8). Σε όλα τα εργοτάξια ο εργοδότης έχει υποχρέωση να χρησιμοποιεί υπηρεσίες Τ.Α. Στα εργοτάξια με αριθμό εργαζομένων 50 και άνω ο εργοδότης έχει υποχρέωση να χρησιμοποιεί και υπηρεσίες Γ.Ε. Τα προσόντα και οι ώρες απασχόλησης του Τ.Α. και Γ.Ε. ορίζονται από το Π.Δ. 294/88 σε συνδυασμό με το αρθ. 5 του N. 1568/85 και Π.Δ. 17/96.

- ♦ Π.Δ. 225/1989 Αυξημένες υποχρεώσεις του κυρίου του έργου, του εργολάβου, των υπεργολάβων, του επιβλέποντος μηχανικού και των εργαζομένων σε όλες τις φάσεις του υπόγειου έργου. Αναγκαιότητα σύνταξης Σχεδίου Υγιεινής και Ασφάλειας (Σ.Υ.Α.) (αρθ. 27) από του υπεργολάβο κάθε τμήματος. Μελέτη Μέτρων Υγιεινής και Ασφάλειας (Μ.Μ.Υ.Α.) από τον εργολάβο ή τον υπεργολάβο ολόκληρου του Έργου (αρθ. 2 και 26). Σχέδιο αντιμετώπισης έκτακτης ανάγκης (αρθ. 28)

Συντονιστική σύσκεψη υπεργολάβων των τμημάτων του έργου, Τ.Α., Γ.Ε., μελών Ε.Υ.Α.Ε. κάθε μήνα. Υποχρέωση να καλούν τους παραπάνω σε σύσκεψη έχει ο γενικός εργολάβος ή υπεργολάβος. Υποχρεωτική η τήρηση πρακτικών.

Επικεφαλής εργοταξίου υπογείου έργου - Διπλωματούχος Μηχανικός με ανάλογη τεκμηριωμένη εμπειρία. Επικεφαλής κάθε βάρδιας διπλωματούχος μηχανικός ή τεχνικός γεωλόγος συνεχώς παρών στο έργο (αρθ. 10 §8).

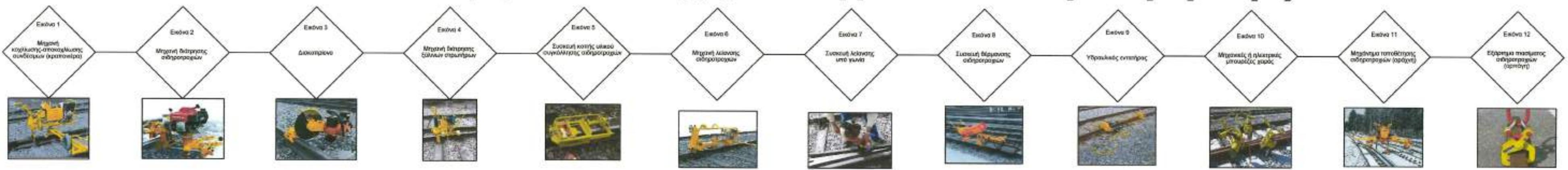
- ♦ Π.Δ. 305/1996: Συντονιστής για θέματα ασφάλειας και υγείας κατά την εκπόνηση της μελέτης του έργου (αρθ. 2, 3, 4, 5). Σχέδιο Ασφάλειας και Υγείας (Σ.Α.Υ.) και Φάκελος Ασφάλειας και Υγείας (Φ.Α.Υ.) (αρθ. 3). Επέκταση της τήρησης του Η.Μ.Α. (βλ. Ν. 1396/83) σε όλα τα έργα (δημόσια και ιδιωτικά) που απαιτείται η από των προτέρων γνωστοποίηση (αρ. 3, § 12-13-14). (Αν η προβλεπόμενη διάρκεια εργασιών >30 εργάσιμες και τουτόχρονη απασχόληση περισσότερων των 20 εργαζομένων ή ο προβλεπόμενος δύκος εργασίας > 500 ημερομίσθια).

ΑΝΑΦΟΡΕΣ - ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

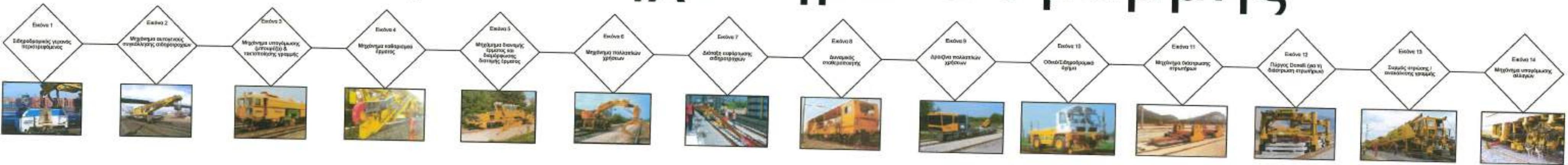
- [1] William W. Hay, Mgt. E., M.S., Ph.D. " Railroad Engineering", Professor Emeritus of Railway Civil Engineering University of Illinois, Urbana, (1982)
- [2] "British Railway Track – Design, Construction and Maintenance", edited by D. H. Coombs, Florida Institute of Consulting Engineers, (1971)
- [3] K. Λυμπέρης, ΕΜΠ, "Σιδηροδρομική Θεωρία και Εφαρμογές", Τόμος I, Αθήνα 2007, Εκδόσεις ΕΜΠ.
- [4] K. Λυμπέρης, ΕΜΠ, "Σιδηροδρομική Θεωρία και Εφαρμογές", Τόμος II, Αθήνα 2009, Εκδόσεις Συμμετρία.
- [5] "Lexkon der Eisenbahn", Transpress Verlag, 1990
- [6] Eissenmann, J. and Mattner, L., "Auswirkung der Oberbaukonstruktion auf die Schotter – und Untergrundbeanspruchung", 1984
- [7] Handbuch Gleis (Unterbau, Oberbau, Instandhalung, Wirtschaftlichkeit), Bernhard Lichtberger
- [8] Handbuch Entwerfen von Bahnanlagen, martin Muncke, Hartmut Freystein, Peter Schollmeier
- [9] Πυργίδης Χ., "Σχεδιασμός και Κατασκευή σιδηροδρομικής ειδομής", ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη 2003, Εκδόσεις Ζήτη.

- [10] "Σημειώσεις Εδαφομηχανικής", Γ. Γκαζέτας, Έκδοση 2.7, Αθήνα 2006, ΕΜΠ
- [11] "Στοιχεία Εδαφομηχανικής", Μ. Κοββαδάς, Αθήνα 2006, Εκδόσεις ΕΜΠ
- [12] "Οδοστρώματα Οδών και Αεροδρομίων", Α. Λαϊζος, Αθήνα 2008, Εκδόσεις ΕΜΠ
- [13] "Σιδηροδρομική, Τόμος Ι", Β. Προφυλλίδης, (1993)
- [14] "Εργοτάξια Επιδομής", Κ. Τζανάκης, ΟΣΕ ΔΠΑ/ΥΓ, Μάιος 1990
- [15] Esveld, C. (2001). "Modern Railway Track 2nd Edition", MRT Productions, The Netherlands
- [16] "Προσωρινές Εθνικές Τεχνικές προδιαγραφές", ΠΕΤΕΠ
- [17] "Εγχειρίδιο Στρώσης Σιδηροδρομικής Γραμμής", Κων. Λυμπέρης, Επικ.Καθηγητής ΕΜΠ (ΗΣΑΠ)
- [18] VAE, Eisenbahnsysteme, www.voestalpine.com
- [19] "Σιδηροδρομική", Α. Γιώτης, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 1989
- [20] "Handbuch Erdbauwerke der Bahnen", Glaus Gobel and Klaus Lieberenz
- [21] Vossloh, www.vossloh.com

Ελαφρά Μηχανήματα Γραμμής



Βαρέα Μηχανήματα Γραμμής



Εργασίες Στρώσης Γραμμής



Εργαλεία Γραμμής

