

Σήραγγες Μέθοδος NATM



Μύκονος 1986
Copyright Emiliios Comodromos

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

1

Σήραγγες Μέθοδος NATM

ΜΕΤΡΑ ΑΜΕΣΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ

ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ

- **Συστατικά Υλικά**
Τσιμέντο, λεπτόκοκκα αδρανή (έως 10 mm), νερό, πρόσμικτα επιτάχυνσης πήξης
- **Μέθοδος Εφαρμογής**
Εκτόξευση Υγρού Μίγματος (μεγάλες απαιτούμενες ποσότητες), Ξηρό Μίγμα
- **Αναλογία Ανάμιξης**
Τσιμέντο: 400 – 500 Kg
Αδρανή (d<10 mm): 1600 Kg
Παιπάλη Πυριτίου: 30-50 Kg (αύξηση αντοχής – μείωση διαπερατότητας)
Επιταχυντής Πήξης: 10-15 Kg
Νερό: 200 – 250 Kg

Παρασκευή 1 m³ εκτοξευόμενου σκυροδέματος (2250 – 2350 Kg)



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

2

Σήραγγες Μέθοδος NATM

ΜΕΤΡΑ ΑΜΕΣΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ

ΕΚΤΟΞΕΥΟΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ



- **Αντοχή** (28 ημερών, ξηρό μίγμα)
Αντοχή (psi= 6.9 kPa) Περιεκτικότητα Τσιμέντου (lb=0.453 Kg)
3000 500-600
4000 550-700
5000 650-800
(US Army Corps of Engineers)

- **Ενίσχυση Αντοχής – Πλαστιμότητας – Αντίσταση στη Ρηγμάτωση**
Προσθήκη μεταλλικών ινών (40-60 Kg/m³) ή συνθετικών ινών (0.50 έως 2.00 Kg/m³). Η προσθήκη ινών αποτελεί εναλλακτική λύση του μεταλλικού πλέγματος με σημαντικά πλεονεκτήματα ως προς την αποτελεσματικότερη εφαρμογή (μείωση αναπήδησης, ελεύθερη επιφάνεια εκτόξευσης, ταχύτερη εφαρμογή)

Σήραγγες Μέθοδος NATM

ΜΕΤΡΑ ΑΜΕΣΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ

ΑΓΚΥΡΙΑ

- **Προεντεταμένα Αγκύρια** Πάκτωση στην άκρη (με διαστελλόμενη κεφαλή συνήθως) και επιβολή δύναμης προέντασης με δυνατότητα ενεμάτωσης (μετέπειτα ή επιβολή της προέντασης εν όσω το ένεμα βρίσκεται σε υγρή κατάσταση) 
- **Παθητικά Αγκύρια (bolts)** Πλήρους ενεμάτωσης ή συνεχούς πρόσφυσης. Δεν παρέχουν την δυνατότητα επιβολής προέντασης. Αντίθετα παραμένουν ανενεργά μέχρι της έναρξης παραμόρφωσης της βραχομάζας 

ΜΕΤΡΑ ΑΜΕΣΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ

ΠΑΘΗΤΙΚΑ ΑΓΚΥΡΙΑ ΣΥΝΕΧΟΥΣ ΠΡΟΣΦΥΞΗΣ

Ηλώσεις με ενεμάτωση

Τυπική ήλωση αποτελεί η τοποθέτηση χαλύβδινη ράβδου Φ25 mm εντός διατρήματος $d=50$ mm, το οποίο πληρούται με σιμεντένεμα ή ένεμα συνθετικής ρητίνης. Είναι δυνατή η χρήση καλωδίου αντί ράβδου στην περίπτωση (σπάνια) όπου επιθυμείται πλήρης ευκαμψία κατά την εγκάρσια έννοια της ήλωσης (ευκαμψία καλωδίου)

Ηλώσεις χωρίς ενεμάτωση

Αποκτούν την απαιτούμενη πρόσφυση με τη επιβολή ορθής τάσης στη διεπιφάνεια με την περιβάλλουσα βραχομάζα. Αποτελούνται από κοίλη μεταλλική διατομή η οποία διογκώνεται με επιβολή εσωτερικής πίεσης με υδραυλική πρέσα. Σημαντικό πλεονέκτημα τους αποτελεί η άμεση ενεργοποίησή τους, ενώ το κύριο μειονέκτημα τους είναι η περιορισμένη αντίσταση στη διαβρωτική δράση (αποτελούν προσωρινά μέτρα υποστήριξης)

ΜΕΤΡΑ ΑΜΕΣΗΣ ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗΣ

ΧΑΛΥΒΔΙΝΕΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ ή ΝΕΥΡΩΣΕΙΣ

Χαλύβδινες Διατομές



Είναι συνήθως διατομές τύπου I και ειδικότερα διατομές HEB 100-160. Λειτουργούν ως σπλισμός του εκτοξευόμενου σκυροδέματος. Είναι καθοριστική η συμβολή τους κατά την φάση όπου το εκτοξευόμενο δεν έχει αναλάβει πλήρως την αντοχή του. Εμφανίζει σημαντικά μεγαλύτερη πλαστιμότητα από το εκτοξευόμενο του οποίου η αντοχή σε ελκυσμό είναι ιδιαίτερα μικρή.

Χαλύβδινες Νευρώσεις (Lattice Girdes)



Θα μπορούσαν να χαρακτηρισθούν ως συμπληρωματικών ιδιοτήτων στοιχείο προς τις χαλύβδινες διατομές. Συγκεκριμένα παρέχουν καλύτερη δυνατότητα συνεργασίας με το εκτοξευόμενο, δεν δημιουργούν δύσκολα προσβάσιμες περιοχές, σ' αντίθεση με τις διατομές HEB και είναι σημαντικά χαμηλότερου κόστους. Κύριο μειονέκτημα τους η αδυναμία ανάληψης φορτίων προ της σκλήρυνσης του εκτοξευόμενου.

ΜΟΝΙΜΗ ΕΠΕΝΔΥΣΗ

ΣΚΥΡΟΔΕΤΗΣΗ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ



Κατασκευή

Χρησιμοποιείται ειδικά διαμορφούμενος μεταλλότυπος μήκους 6 ή 12 μέτρων. Πριν την σκυροδέτηση τοποθετείται η μεμβράνη στεγάνωσης και η αποστραγγιστική στρώση.



Ο ίδιος μεταλλότυπος χρησιμοποιείται και για την διαμόρφωση των στομιών της σήραγγας

ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

ΕΝΟΡΓΑΝΩΣΗ

Η ενοργάνωση των σηράγγων αποτελεί μέρος του σχεδιασμού κατά την μέθοδο NATM. Τα αποτελέσματα και η επεξεργασία των μετρήσεων δίνουν την δυνατότητα διεξαγωγής αντίστροφων αναλύσεων για την επιβεβαίωση των παραδοχών επίλυσης καθώς και την τροποποίηση-βελτιστοποίηση των μέτρων υποστήριξης σύμφωνα με τις πιθανές διαφοροποιήσεις των επικρατουσών γεωτεχνικών συνθηκών

Εσωτερική

Μετρήσεις μετακινήσεων (τοπογραφική αποτύπωση με ανακλαστήρες), μεταβολής αποστάσεων (με ταινία ακριβείας υπό σταθερή τάση τάνυσης) περιμετρικά της διατομής, μετακινήσεις εντός της περιβάλλουσας βραχομάζας (exensometers), πιέσεις στην περιβάλλουσα βραχομάζα, το εκτοξευόμενο (pressure cells), αναλαμβανόμενες δυνάμεις αγκυριών (load cells), παραμορφώσεις πλαισίων (strain gauges) και τον εν συνεχεία προσδιορισμό των τάσεων και των καμπτικών ροπών.

ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΗΡΑΓΓΩΝ

ΕΝΟΡΓΑΝΩΣΗ

Εξωτερική

Τοπογραφική παρακολούθηση συγκεκριμένων σημείων (περί τα στόμια της σήραγγας κατά κύριο λόγο) ώστε να καταγραφεί τυχόν αστάθεια (περιπτώσεις σήραγγων σε περιοχές με απότομη γεωμορφολογία). Εγκατάσταση αποκλισιομετρικών σωλήνων και παρακολούθηση της μεταβολής του κινηματικού πεδίου κατά μήκος τους, ώστε να καταγραφεί τυχόν τάση εκδήλωσης κατολίθησης

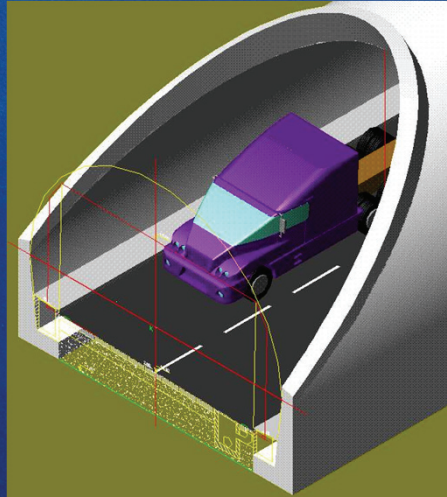


Μύκονος 1986
Copyright Emiliios Comodromos

ΤΈΛΟΣ

Σήραγγες Μέθοδος NATM

Διαμόρφωση Στομιών Σήραγγας



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

13

Σήραγγες Μέθοδος NATM

Διαμόρφωση Στομιών Σήραγγας

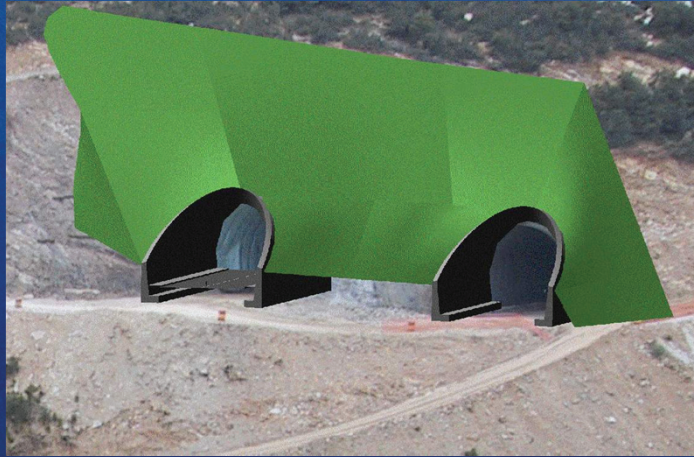


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

14

Σήραγγες Μέθοδος NATM

Διαμόρφωση Στομιών Σήραγγας



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

15

Σήραγγες Μέθοδος NATM

Εκτόξευση Σκυροδέματος



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

16

Σήραγγες Μέθοδος NATM

Εκτόξευση Σκυροδέματος

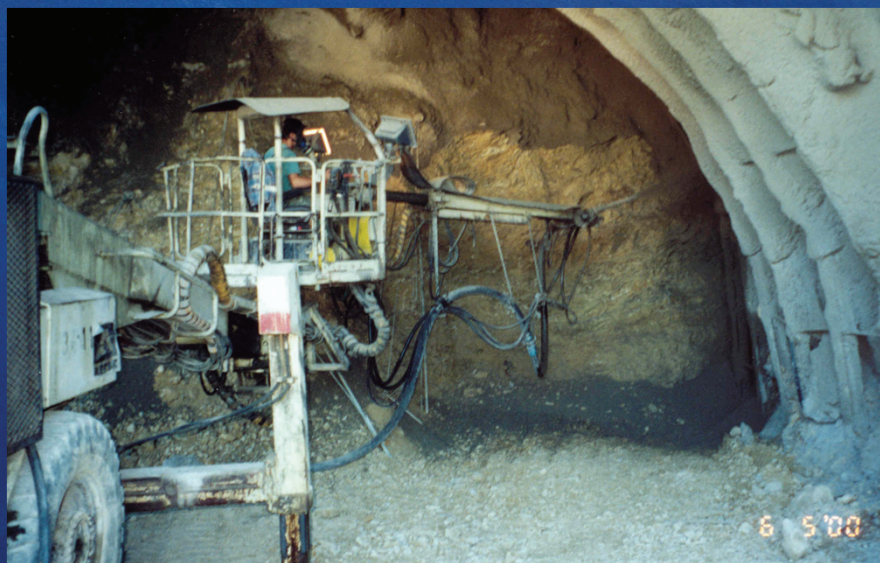


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

17

Σήραγγες Μέθοδος NATM

Εκτόξευση Σκυροδέματος 3



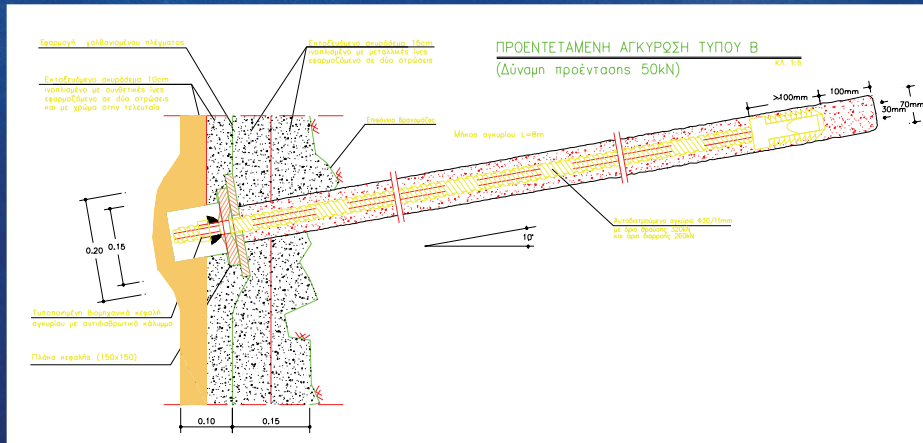
Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας

Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

18
Σήραγγες & Υπόγεια Έργα
Επ. Καθ. Αιμίλιος Κωμοδρόμος

Σήραγγες Μέθοδος NATM

Αγκύρια Τύπου Self Drilling



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

19

Σήραγγες Μέθοδος NATM

Τοποθέτηση Αγκυριών

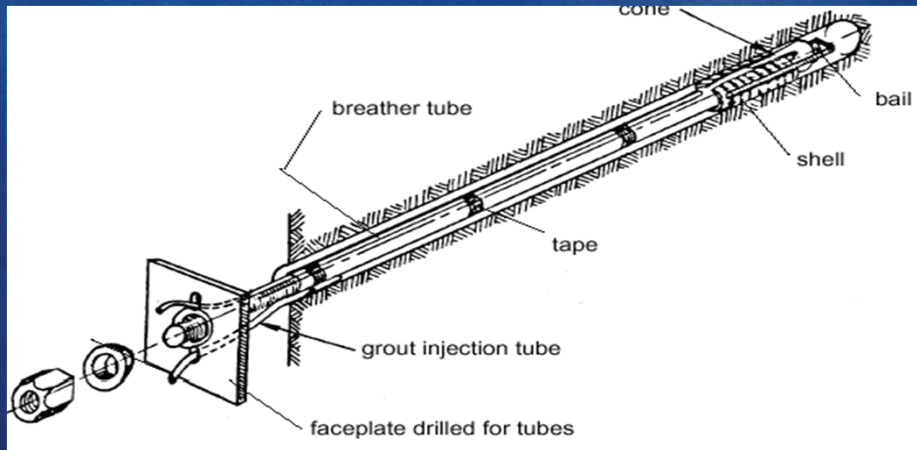


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

20

Σήραγγες Μέθοδος NATM

Αγκύριο Μηχανικής Πάκτωσης σε συνδυασμό με ενεμάτωση

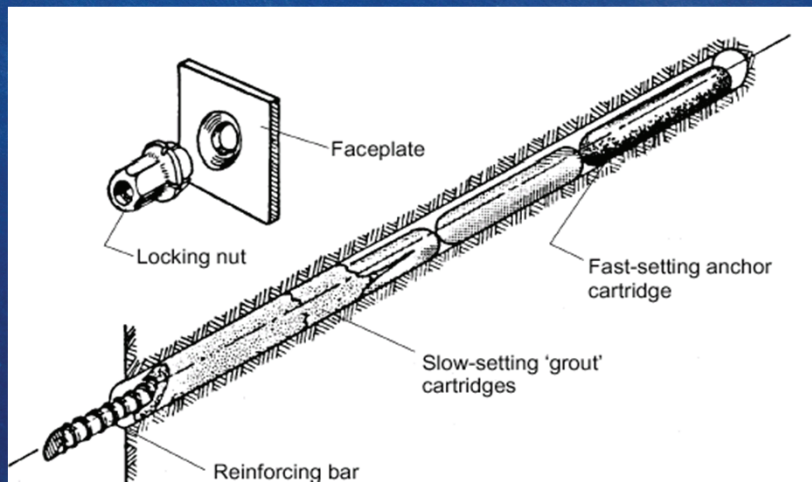


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

21

Σήραγγες Μέθοδος NATM

Ηλωση με ρητινικό ένεμα

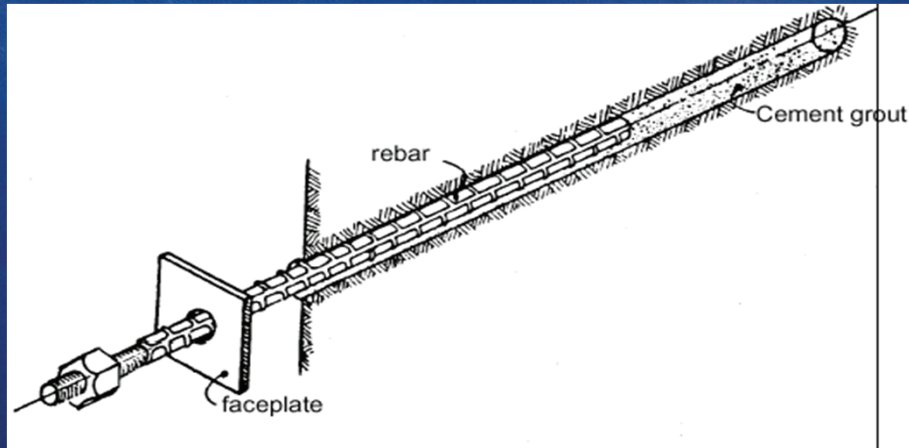


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

22

Σήραγγες Μέθοδος NATM

Η λωση ράβδου με τσιμεντένεμα

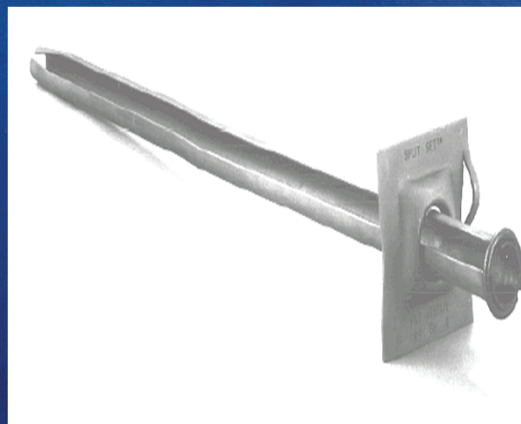


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

23

Σήραγγες Μέθοδος NATM

Αγκύριο Πρόσφυσης Τύπου Split - Set

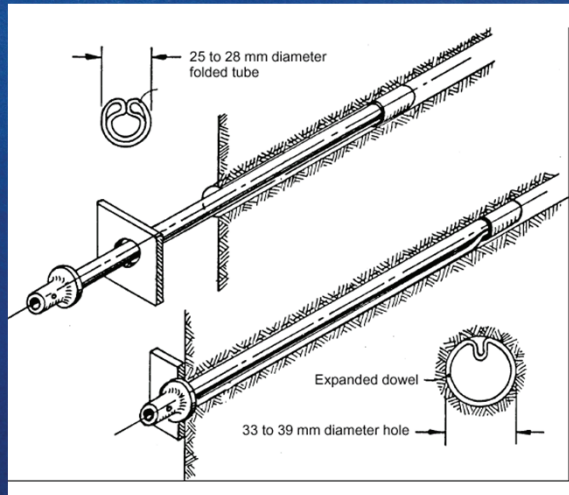


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

24

Σήραγγες Μέθοδος NATM

Αγκύριο Πρόσφυσης Τύπου Swellex



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

25

Σήραγγες Μέθοδος NATM

Μεταλλικά Πλαίσια με πλευρικές Διευρύνσεις (Elephant Feed)

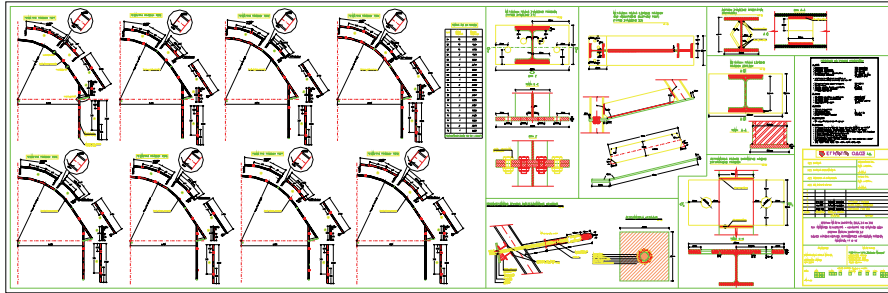


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

26

Σήραγγες Μέθοδος NATM

Μεταλλικά Πλαίσια

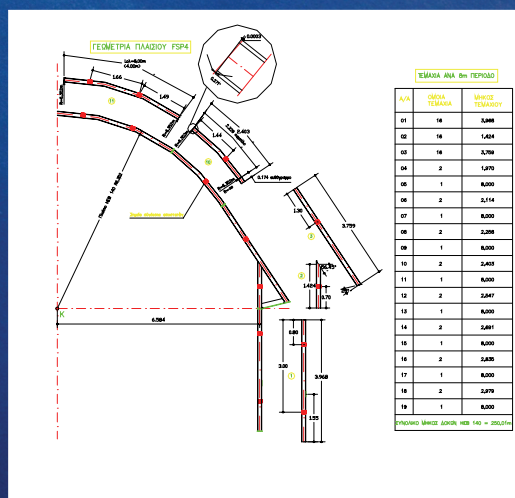


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

27

Σήραγγες Μέθοδος NATM

Μεταλλικά Πλαίσια

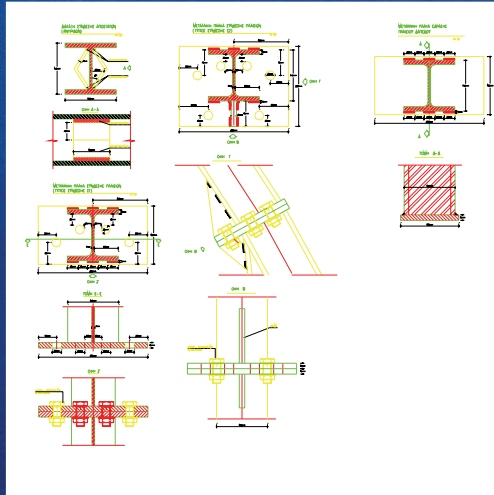


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

28

Σήραγγες Μέθοδος NATM

Μεταλλικά Πλαίσια



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

29

Σήραγγες Μέθοδος NATM

Μεταλλικά Πλαίσια



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

30

Σήραγγες Μέθοδος NATM

Μεταλλικά Πλαίσια



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

31

Σήραγγες Μέθοδος NATM

Μεταλλικά Πλαίσια



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

32

Σήραγγες Μέθοδος NATM

Μεταλλικά Πλαίσια



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

33

Σήραγγες Μέθοδος NATM

Μεταλλικά Πλαίσια



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

34

Σήραγγες Μέθοδος NATM

Μεταλλικά Πλαίσια



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

35

Σήραγγες Μέθοδος NATM

Μεταλλικά Πλαίσια

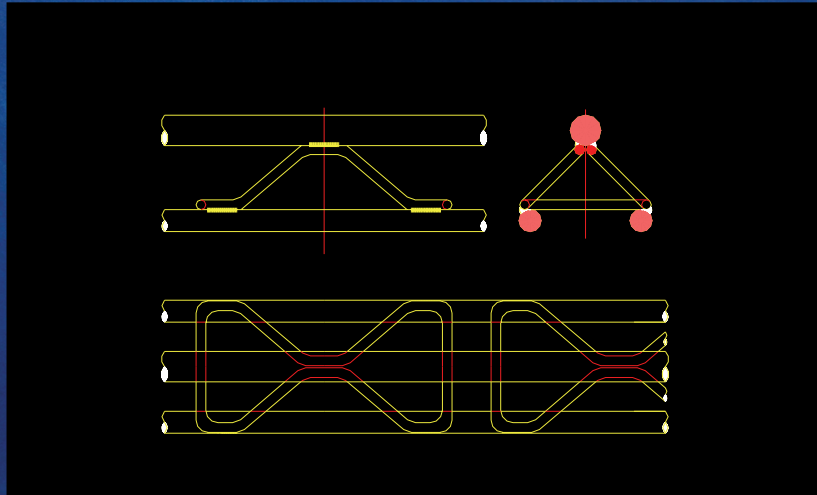


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

36

Σήραγγες Μέθοδος NATM

Χαλύβδινες Νευρώσεις (Lattice Girdes)

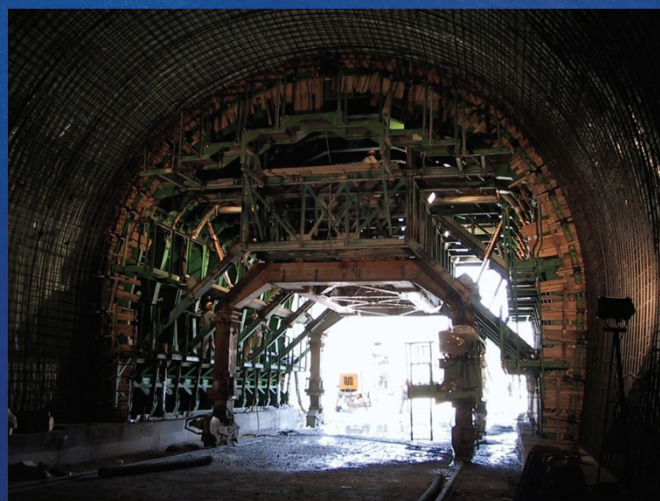


Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

37

Σήραγγες Μέθοδος NATM

Σκυροδέτηση Μόνιμης Επένδυσης



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

38

Σήραγγες Μέθοδος NATM

Συναρμολόγηση Μεταλλότυπου



Αιμίλιος Κωμοδρόμος, Καθηγητής, Εργαστήριο Υ.Γ.Μ.
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

39