

UHI Research Database pdf download summary

Η ζεύξη του Μαλιακού

Karalis, Theodoros; Karali, N.; Papavasileiou, Georgios; Georgiadou, Magdalini; Trigousi, Chrisanthi

Published in:

Proceedings of the 5th Hellenic National Conference on Geotechnical and Geoenvironmental Engineering

Publication date:

2006

The Document Version you have downloaded here is:

Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to author version on UHI Research Database](#)

Citation for published version (APA):

Karalis, T., Karali, N., Papavasileiou, G., Georgiadou, M., & Trigousi, C. (2006). Η ζεύξη του Μαλιακού. In *Proceedings of the 5th Hellenic National Conference on Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* (pp. 469-476)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the UHI Research Database are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights:

- 1) Users may download and print one copy of any publication from the UHI Research Database for the purpose of private study or research.
- 2) You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- 3) You may freely distribute the URL identifying the publication in the UHI Research Database

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at RO@uhi.ac.uk providing details; we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Η ΖΕΥΞΗ ΤΟΥ ΜΑΛΙΑΚΟΥ

THE BRIDGING OF MALIAKOS

ΚΑΡΑΛΗΣ, Θ. Κ.*
ΚΑΡΑΛΗ, Ν. Θ.
ΠΑΠΑΒΑΣΙΛΕΙΟΥ, Γ. Σ
ΓΕΩΡΓΙΑΔΟΥ Μαγδαλινή
ΤΡΥΓΟΥΣΗ Χρυσάνθη

Πολιτικός Μηχανικός Καθηγητής Δ.Π.Θ
Φοιτητής ΕΜΠ
Φοιτητής Δ.Π.Θ
Φοιτήτρια Δ.Π.Θ
Φοιτήτρια Δ.Π.Θ

* P.O.Box 306, 67100 Ξάνθη, E-mail: tkaral@civil.duth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η ανάλυση των γεωτεχνικών προβλημάτων τα οποία θα προκύψουν από την ζεύξη του πέταλου του Μαλιακού με υποθαλάσσια σήραγγα (δύο λωρίδων ανά κατεύθυνση για τον αυτοκινητόδρομο και μία λωρίδα ανά κατεύθυνση για την διέλευση των τρένων). Για την εν λόγω περίπτωση αναλύονται ορισμένα γεωτεκτονικά προβλήματα τα οποία πρέπει να ληφθούν υπόψη, προκειμένου να διαμορφωθούν οι καλύτερες δυνατές συνθήκες κάτω από τις οποίες θα εξελιχθεί η ζεύξη αυτή. Οι εν λόγω παράγοντες σχολιάζονται σε σχέση με την ασφάλεια, αλλά και με το κόστος της εν λόγω κατασκευής. Επίσης, τα εν λόγω προβλήματα σχολιάζονται με τα αντίστοιχα προβλήματα τα οποία παρατηρήθηκαν και αντιμετωπίστηκαν σε άλλες υποθαλάσσιες ζεύξεις, εις άλλα μέρη του κόσμου.

ABSTRACT

The aim of this work is the analysis of the geotechnical problems that will result from the junction of petal of Maliakos with an under sea tunnel of two bands per direction for the motorway and of one per direction for the passage of trains. For this case in question we analyze some geological problems that should be taken into consideration, so that they are shaped the better possible conditions under which this junction will be developed. The factors in question are commented concerning the safety, but also with the cost of manufacture in question. Also, the problems in question are commented with the corresponding problems which were observed and faced in other under sea junctions, in other place of the world.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η υποθαλάσσια σήραγγα εις τον Μαλιακό κόλπο θα είναι μια από τις μεγαλύτερες υποθαλάσσιες σήραγγες της Ελλάδος. Θα έχει συνολικό μήκος περίπου 10 χιλιομέτρων, με διατομή 200 m². Το μέγιστο βάθος της θάλασσας είναι περίπου 20 m.

Όπως εις τις περισσότερες των περιπτώσεων, ο τύπος της υποθαλάσσιας ζεύξης θα καθορισθεί από την οριστική επιλογή της θέσης βάσει ενός ευρύτερου χωροταξικού σχεδίου, από τις τοπικές συνθήκες κυκλοφορίας, καθώς και από την κλίση εισόδου-εξόδου της σιδηροδρομικής γραμμής.

Εις τα σχήματα (1α) και (1β) φαίνονται δύο πιθανές περιπτώσεις ζεύξεως του Μαλιακού.

Εις το σχήμα (1α), η ζεύξη γίνεται απ' ευθείας από την Στερεά Ελλάδα εις την Θεσσαλία, ενώ εις το σχήμα (1β) η ζεύξη γίνεται μέσω της νήσου Ευβοίας.

Εις την δεύτερη περίπτωση, παρ' όλο που το μήκος της υποθαλάσσιας σήραγγας θα είναι μεγαλύτερο, η εν λόγω λύση κρίνεται ως περισσότερο λειτουργική καθ' όσον η βόρειος Εύβοια θα επικοινωνήσει οδικά τόσον με την Στερεά Ελλάδα όσον και με την Θεσσαλία.

Βέβαια, εις την δεύτερα περίπτωση, μεταξύ των δύο υποθαλάσσιων σηράγγων θα μεσολαβεί ένα τμήμα το οποίο θα είναι ανοιχτός δρόμος, με διάζωμα διπλής κυκλοφορίας εις την διατομή του οποίου θα πρέπει να προβλεφθεί και διπλή

σιδηροδρομική γραμμή. Η εν λόγω σύνδεση θα συντελέσει και εις την τουριστική ανάπτυξη του βορείου τμήματος της Ευβοίας.

1.2 Δεδομένα υπεδάφους και γεωμορφολογίας

Εις το βορειοδυτικό τμήμα της νήσου Ευβοίας, το έδαφος αποτελείται από αργίλους, άμμους, λατύπες, κροκάλες, παράκτια κροκαλοπαγή και ηπειρωτικές αποθέσεις. Επίσης, κατά θέσεις υπάρχουν μάργες άργιλοι, χάλικες, φαμίτες και μαργαικοί ασβεστόλιθοι. ασβεστοποιία

Εις την νήσο Εύβοια και από την θέση Κουκουβάγια έως την θέση Παλαιόκαστρο εκτός των ως άνω σχηματισμών υπάρχουν συμπαγείς λευκοί δολομίτες και ασβεστόλιθοι καθώς και αργιλικοί σχιστόλιθοι σε λεπτά εναλλασσόμενα στρώματα. Επίσης, οι

χαρακτηριστικές μεταπτώσεις και οι τεκτονικές επαφές για το τμήμα Στερεά – Εύβοια είναι παράλληλοι προς τον άξονα της σήραγγας, και εις το τμήμα Εύβοια - Θεσσαλία κάθετες.

1.3 Επιλογή του τρόπου ζεύξης

Ωστόσο, πέραν της επιλογής της θέσεως της υποθαλάσσιας σήραγγας υπάρχει και το θέμα της επιλογής του τρόπου ζεύξεως, ο οποίος είναι άμεσα συνδεδεμένος, κυρίως, με οικονομικά κριτήρια. Για ότι αφορά τον τρόπο ζεύξεως υπάρχουν κυρίως τρεις δυνατότητες:

(α) Ο πρώτος τρόπος αφορά την κατασκευή της σήραγγας μέσω της μεθόδου της προκατασκευής, όπου το σώμα της σήραγγας θα στηρίζεται σε πυλώνες, ή σε κιβώτια βάρους.



Σχήμα 1. Γεωτεκτονικός χάρτης της περιοχής εις την οποία προτείνεται η κατασκευή της σήραγγας. Διακρίνεται ένα υποθαλάσσιο ρήγμα. Η διεύθυνση της σήραγγας θα πρέπει να είναι παράλληλος προς την διεύθυνση του ρήγματος, ώστε να αποφευχθεί η εκδήλωση μεγάλων μετακινήσεων της σε περίπτωση σεισμού.

Figure 1. Geotectonic map of the region where the tunnel will be constructed. We can distinguish an under sea crack. The direction of the tunnel should be parallel to the direction of the crack, so that it is avoided the consequences of big motions, in case of earthquake.

(β) Ο δεύτερος τρόπος σχετίζεται επίσης με την προκατασκευή, αλλά η σήραγγα θα εδράζεται επί στρώσεως άμμου, και

(γ) Ο τρίτος τρόπος αφορά την διάνοιξη της σήραγγας εις το εδαφικό υπόστρωμα του υποθαλάσσιου χώρου.

Ωστόσο, η διαδικασία της επιλογής του τύπου της σήραγγας, και του τρόπου στηρίξεώς της δεν μπορεί να γίνει χωρίς να γνωρίζουμε την χρήσιμο διατομή εις το εσωτερικό της σήραγγας.

Η διατομή της σήραγγας, η οποία θα προορίζεται και για διπλή σιδηροδρομική γραμμή, θα πρέπει να καθορισθεί σύμφωνα με τις διατάξεις της διεθνούς ένωσης σιδηροδρόμων, αυξημένη κατά 30 έως 40 cm. Αυτή η αύξηση είναι απαραίτητη για ενδεχόμενα κατασκευαστικά σφάλματα, καθώς και για τις παραμορφώσεις του σώματος της σήραγγας, λόγω των πιέσεων των γαιών, ή λόγω των γεωτεκτονικών κινήσεων του εδάφους.

Επίσης, οι αυξημένες απαιτήσεις για ένα πλήρη αερισμό, από τα καυσαέρια, οδηγούν

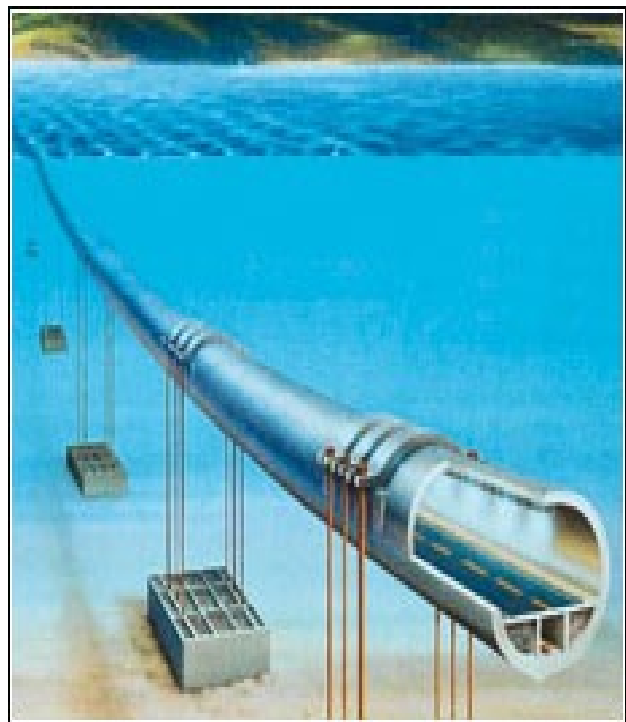
συνήθως εις την αύξηση της διατομής της σήραγγας καθώς και εις την περίπτωση ηλεκτροκίνησης των συρμών.

2 ΤΡΟΠΟΙ ΖΕΥΞΗΣ

2.1 Προκατασκευασμένη σήραγγα εδραζόμενη επί πυλώνων

Για την εν λόγω αντιμετώπιση υπάρχουν δύο εναλλακτικές λύσεις. Η πρώτη αναφέρεται εις την κατασκευή ενιαίου κελυφωτού συμπλέγματος υποστυλωμάτων και θυλάκων οδεύσεως, και η δεύτερη εις την ανάρτηση της σήραγγας από κιβώτια βάρους, τα οποία θα είναι τοποθετημένα εις επιλεγμένες θέσεις επί του πυθμένα.

Στην πρώτη περίπτωση (βλέπε σχήμα 2α) θα πρέπει οι στηρίξεις να είναι απολύτως σταθερές, ώστε να αποφευχθούν οι στρεπτικές και καμπτικές καταπονήσεις εις το σώμα της σήραγγας, αν και ένα μικρό μέρος από αυτές μπορεί να παραληφθεί από τις διατμητικές και καμπτικές τάσεις εις το κελυφωτό σώμα της σήραγγας.



Σχήμα 2. Υποθαλάσσια σήραγγα (α) εδραζόμενη επί πυλώνων εκ σκυροδέματος, (β) αναρτημένη εκ κιβωτίων βάρους εδραζόμενων εις τον πυθμένα της θαλάσσης.

Figure 2. Under sea tunnel (a) founded on pylons from concrete, (b) suspension of the tunnel from boxes of weight founded to the sea bed.

2.2 Σήραγγες με προκατασκευασμένα κιβώτια εδραζόμενα εις τον πυθμένα

Η πραγματοποίηση παρόμοιων σήραγγων, με την διαδικασία της βύθισης προκατασκευασμένων κιβωτίων (βλέπε σχήματα 3 και 4), καθιστά πιθανή την αποφυγή απρόβλεπτων συνεπειών λόγω της ενεργοποίησης δυσμενών γεωλογικών συνθηκών, σε περίπτωση σεισμού. Ίσως γ' αυτό, αυτός ο τρόπος φαίνεται να κερδίζει σήμερα όλο και περισσότερο έδαφος.

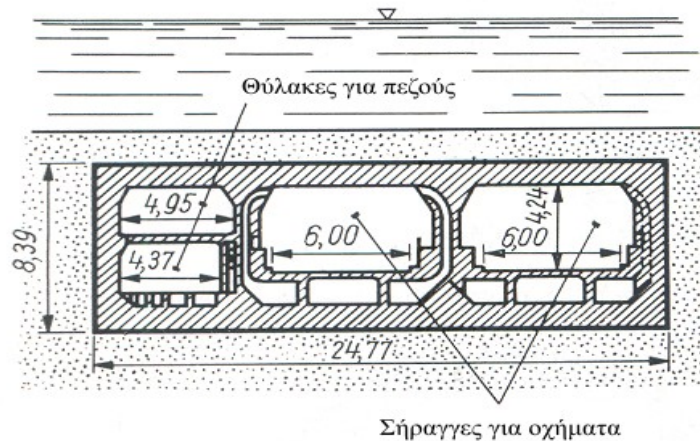
Η ορθογωνική μορφή φαίνεται να είναι η πιο απλή, για τις περιπτώσεις που τα κιβώτια θα είναι κατασκευάζονται από σπλισμένο σκυρόδεμα, βυθισμένων με την μέθοδο η οποία ήδη εφαρμόσθηκε εις το Rotterdam, Amsterdam, κλπ.

Επίσης, πολύ συχνά απαντάται και η διατομή της διπλής κυκλικής σήραγγας. Ωστόσο, αμφότερες οι κατασκευές, θα πρέπει να επιχωματωθούν με άμμο, ώστε να

αποφευχθούν πιθανές μετακινήσεις, αλλά και ρωγμές λόγω των δονήσεων.

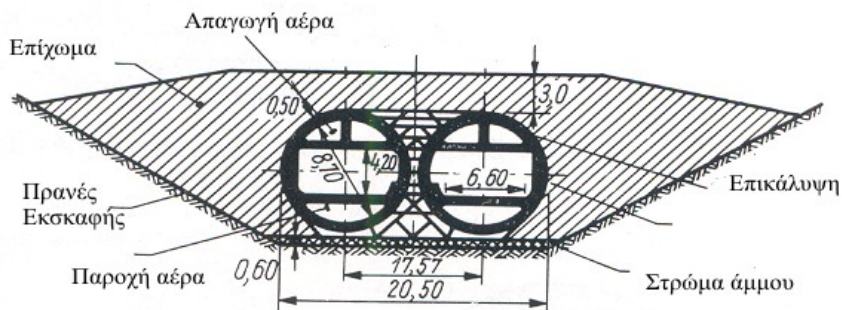
Οι εν λόγω κατασκευές προτιμώνται όταν το έδαφος, εις τον πυθμένα της θάλασσας, αποτελείται από αλούβιους σχηματισμούς: άργιλο, αμμώδη άργιλο, και αμμώδες αμμοχάλικο. Εάν το επίπεδο της σήραγγας εδρασθεί σε αμμώδη στρώση, ή σε στρώμα αμμοχάλικου, τότε μπορεί να αποφευχθεί η κατασκευή πρόσθετων έργων παράκτιας προστασίας.

Ωστόσο και εις τις δύο περιπτώσεις πρέπει να αποφευχθούν οι δυσμενείς περιβαλλοντικές από την τοποθέτηση των αμμοχάλικων ή της άμμου, η τοποθέτηση των οποίων πρέπει να γίνει με μεγάλη επιμέλεια καθ' όσον οι διατομές της σήραγγας πρέπει να είναι αδιάβροχες.



Σχήμα 3. Ορθογωνική διατομή εγκιβωτισμένη σε στρώση από αμμοχάλικο.

Figure 3. Orthogonal cross-section embedded in layer from sand and gravel.



Σχήμα 4. Διπλή κυκλική διατομή εγκιβωτισμένη σε στρώση από αμμοχάλικο.

Figure 4. Double cyclic cross-section embedded in layer from sand and gravel.

2.3 Σήραγγα διερχόμενη εις τον υποθαλάσσιο εδαφικό χώρο

Όπως και εις τις περισσότερες των περιπτώσεων, οι τοπικές γεωλογικές συνθήκες εις τον υποθαλάσσιο χώρο του δίαυλου θα πρέπει να ερευνηθούν ανάλογα με τις δυνατότητες τις οποίες θα πρέπει να έχει η σήραγγα, καθώς και με την κλίση των τμημάτων εισόδου-εξόδου. Επίσης, θα πρέπει να ερευνηθεί επακριβώς η τοπογραφία του πυθμένα, καθώς και το βάθος και το πάχος της υπερκείμενης αδιάβροχης ζώνης (βλέπε σχήματα 5,6).

Η υπό τον πυθμένα σήραγγα θα πρέπει να τοποθετηθεί εντός αδιάβροχης ζώνης, αναζητώντας το βάθος όπου θα υπάρχει ένα ικανοποιητικό πάχος επικάλυψης. Ειδικά, θα πρέπει να είναι γνωστό το μέγεθος της διαπερατότητας του ύδατος εις τα στρώματα των υπερκείμενων βράχων καθώς επίσης και το βάθος (t) και το πάχος (Δt) του μη διαβρεχομένου στρώματος (βλέπε σχήμα 7).

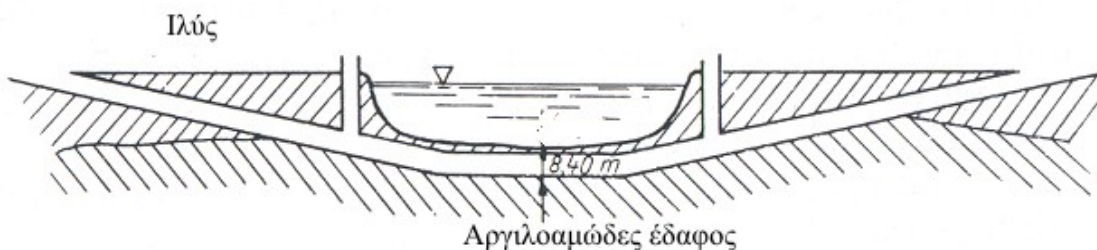
Η σήραγγα θα πρέπει να κατασκευασθεί σε στεγανό στρώμα, κρατώντας ένα ικανοποιητικό πάχος για την επικάλυψή της που πρέπει να

είναι μάλλον μεγάλο, έτσι ώστε να μπορεί να αντισταθεί εις τον κίνδυνο της εισβολής ύδατος που προέρχεται από τα άνω.

Οι διατομές κατά μήκος αυτών των σηράγγων συνήθως έχουν την μορφή του σχήματος (8), και η είσοδος και η έξοδος γίνονται με δύο κεκλιμένες ράμπες, οι οποίες ενδέχεται να έχουν μεγάλη κλίση, προκειμένου να συνδεθούν με το κεντρικό τμήμα, το οποίο είναι ως επί το πλείστον οριζόντιο.

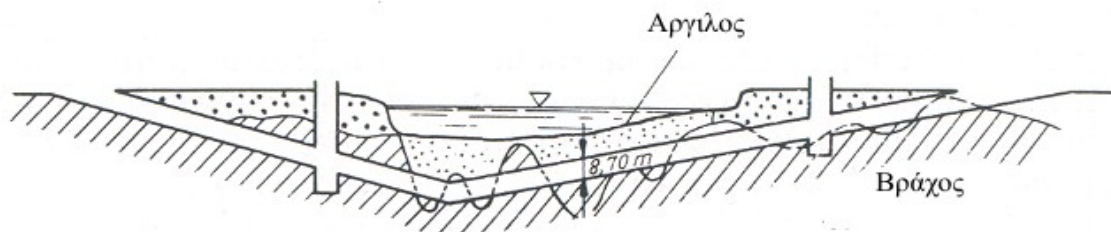
Γι' ότι αφορά το βάθος, οι παράγοντες οι οποίοι είναι αποφασιστικής σημασίας είναι οι γεωλογικές συνθήκες και οι δυνατότητες απρόσκοπτης διάνοιξης της σήραγγας.

Οι γεωλογικές συνθήκες είναι αυτές οι οποίες θα υπαγορεύσουν την επιλογή της μεθόδου διάνοιξεως, διότι εάν είναι δυσμενείς ενδέχεται να υπάρξουν μεγάλες μετακινήσεις με αποτέλεσμα να υφίσταται πρόβλημα εις την στεγανότητα των αρμών της σήραγγας. Εις τα σχήματα 5-7 φαίνονται διάφοροι τύποι μηκοτομών.



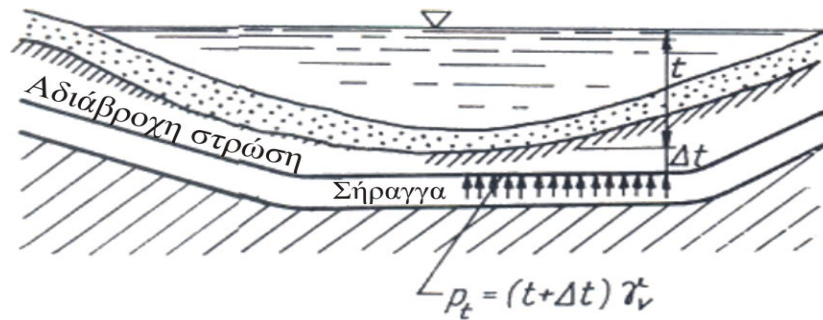
Σχήμα 5. Τυπική διατομή της υποθαλάσσιας σήραγγας εδραζόμενης σε βραχώδη σχηματισμό.

Figure 5. Typical cross-section of an under sea tunnel that is founded in rocky mass.



Σχήμα 6. Τυπική διατομή της υποθαλάσσιας σήραγγας εδραζόμενης σε βραχώδη σχηματισμό χωρίς οριζόντιο τμήμα.

Figure 6. Typical cross-section of an under sea tunnel that is founded in rocky mass, without an horizontal part.



Σχήμα 7. Τυπική διατομή υποθαλάσσιας σήραγγας διερχόμενης από αδιάβροχη στρώση.

Figure 7. Formal cross-section of an under sea tunnel going through a waterproof layer.

Η επιλογή του ύψους της σήραγγας, ή οποία θα διέλθει κάτω του πυθμένα του διαύλου, είναι μια δύσκολη εργασία καθ' όσον τα κριτήρια επιλογής του ύψους μεταβάλλονται ανάλογα με το αν πρόκειται να διέλθει μέσα από μη αποσαρθρωμένο βράχο, ή αντιθέτως αν πρόκειται να διέλθει μέσα από έδαφος μη συνεκτικό.

Οι συνήθεις μέθοδοι υπολογισμού μπορεί να ομαδοποιηθούν εις δύο κατηγορίες:

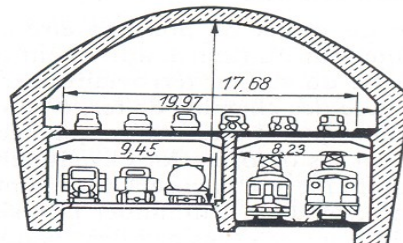
(α) εις τις μεθόδους όπου οι υπολογισμοί σχετίζονται με το βάθος, και

(β) εις εκείνες εις τις οποίες το βάθος δεν λαμβάνεται υπ' όψη.

Συγκεκριμένα, εις τους βραχώδεις σχηματισμούς, ή γενικά εις τα εδάφη όπου οι τάσεις δεν ξεπερνούν τα όρια ελαστικότητας, η ζώνη αποφόρτισης σχηματίζεται ανεξάρτητα με το ύψος της επικάλυψης της οροφής της σήραγγας. Αντιθέτως, εις τους αποσαρθρωμένους βράχους, ή εις τα εδάφη τα οποία έχουν πλαστική συμπεριφορά, το βάθος εις το οποίο πρέπει να περάσει η σήραγγα εξαρτάται από την διαμορφούμενη γεωλογική πίεση. Συνεπώς, τις συνθήκες για την σε βάθος διάνοιξη των σηράγγων θα υπαγορεύσουν οι γεωλογικές συνθήκες σε συνδυασμό με τις κυκλοφοριακές απαιτήσεις,

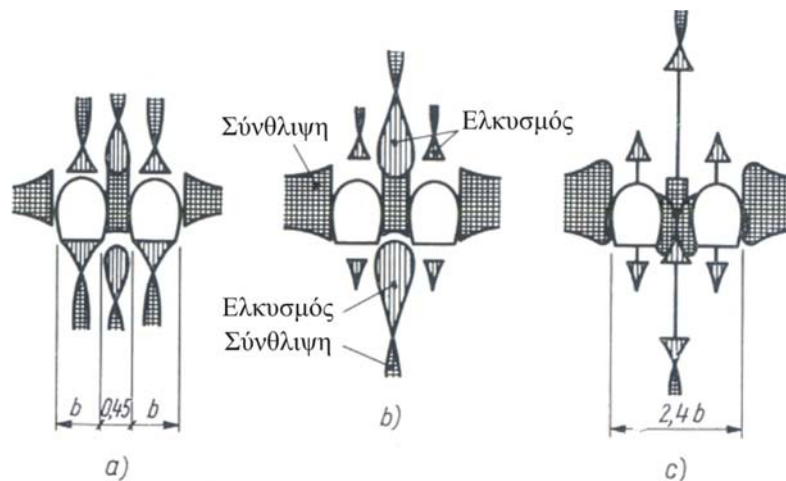
εις τις οποίες θα παίξει ρόλο και η δυνατότης σιδηροδρομικής σύνδεσης (βλέπε σχήμα 8), καθώς επίσης και αν θα διέλθουν διάφοροι αγωγοί (φυσικού αερίου, ηλεκτρικού ρεύματος, ύδατος, σωλήνων αερισμού, συμπιεσμένου αέρος, ηλεκτρικών καλωδίων, εγκαταστάσεων ασφαλείας, ηλεκτρικών καλωδίων δια την περίπτωση χρήσεως ηλεκτροκίνητου συρμού, σύστημα εξαερισμού από τα παραγόμενα καυσαέρια, κλπ). Σε παρόμοιες περιπτώσεις, η θέση των σταθμών έναντι της επιφάνειας μπορεί να οδηγήσει σε μια ιδιαίτερη μορφή σχεδιαγράμματος κατά μήκος.

Για την κατασκευή των μεγάλων σηράγγων εις τις Άλπεις θεώρησαν ότι η διατομή φορτίζεται από μια εδαφική μάζα βράχου το ύψος της οποίας ορίζεται από το ύψος μιας παραβολής $h=aH$, όπου a ένας μειωτικός συντελεστής. Για να υπολογίσουμε τον μειωτικό συντελεστή a , μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε κυρίως δύο μεθόδους, οι οποίες δίδουν ουσιαστικά τα ίδια αποτελέσματα. Η μια από αυτές τις μεθόδους βασίζεται εις την υπόθεση σύμφωνα με την οποία, ως συνέπεια της εκσκαφής της σήραγγας, η διαταραγμένη μάζα του βράχου θα έχει την τάση να κινηθεί προς τα κάτω, μετά από την δημιουργία κεκλιμένων επιφανειών ολίσθησης με κλίση $45^\circ + \phi/2$, όπως φαίνεται εις το σχήμα (9).



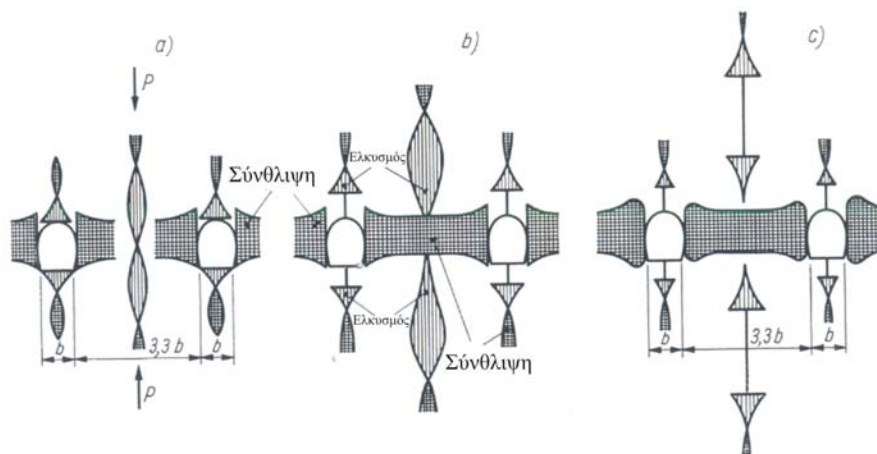
Σχήμα 8. Τυπική διατομή υποθαλάσσιας σήραγγας.

Figure 8. Typical cross-section of an under sea tunnel



Σχήμα 10. Επίδραση της απόστασης των διατομών των σηράγγων πάνω στην εξέλιξη και στην αλληλεπίδραση των καταναγκασμών.

Figure 10. Effect of the distance between two cross-sections of a tunnel, in the development and in the interaction of stresses.



Σχήμα 11. Εξέλιξη των τάσεων εις τον περιβάλλοντα χώρο της διατομής των σηράγγων, οι οποίες ευρίσκονται μακριά η μια από την άλλη.

Figure 11. Evolution of stresses in the environment space of the cross-section of two tunnels, that are founded long the one of the other.

3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τα ανωτέρω συμπεραίνεται ότι μια υποθαλάσσια ζεύξη δεν θα έχει πολλά προβλήματα σε σύγκριση με τα πολλά πλεονεκτήματα που θα προκύψουν από την οδική σύνδεση της Εύβοιας με την Ηπειρωτική Ελλάδα.

4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ALLATN, G. et JOUGLA J.-P.: La ligne régionale Est - Ouest du réseau de Paris. Emploi des Boucliers (Travaux, janv. 1969)

BARDOUT, G. et BERNY, P.: La construction des Tunnels, galeries et souterrains. (Eyrolles Editeur, Paris 1964).

HAMMOND, R.: Tunnel Engineering. London, Heywood, 1959.

KRYNINE, J.—JUDD, P.: Engineering Geology. New-York, McGraw Hill, 1957.

SINGSTAD, O.: Tunnels. (Part 10. Abbett: Am. Civ. Eng. Pract. I.) New York, J. Wiley, 1956.

SZECZY, K.: The Art of Tunnelling. Budapest, Akademiai Kiado, 1966.

- Tunnelbau. Springer Vienne 1969.

TALOBRE, J.: La mécanique des roches. Paris, Dunod, 1958 et 1967.