

# Μελέτη και Κατασκευή Έργων Πρόσβασης στα Ακρόβαθρα της Γέφυρας Μενιδίου - Ιονίας Οδού μέσω Κατακόρυφων Τοίχων Οπλισμένου Εδάφους

## Design and Construction of Approach Earthworks Towards the Abutments of Menidi Bridge of the Ionian Road via High Vertical Reinforced Soil Walls

ΦΙΚΙΡΗΣ, Ι.Φ. Πολιτικός Μηχανικός, MSc, DIC, ΕΔΑΦΟΣ Σύμβουλοι Μηχανικοί Α.Ε.  
ΜΠΟΥΖΙΟΥ, Δ. Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, π. ΕΔΑΦΟΣ Σύμβουλοι Μηχανικοί Α.Ε.

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ :** Παρουσιάζονται στοιχεία της μελέτης και η μεθοδολογία κατασκευής των έργων πρόσβασης προς τα ακρόβαθρα της γέφυρας Μενιδίου, μήκους 540m της Ιονίας οδού. Όπισθεν κάθε ακροβάθρου προβλέφθηκαν υψηλοί τοίχοι οπλισμένου εδάφους (~15m ύψους) τριών παρειών έκαστος, καταμήκος και εγκαρσίως της οδού. Παρατίθενται πληροφορίες για τις γεωλογικές και γεωτεχνικές συνθήκες της περιοχής του έργου και δίδεται έμφαση στις κατασκευαστικές λεπτομέρειες της διάταξης των γεωσυνθετικών οπλισμών (γεωπλέγματα) και των συνδέσεων αυτών με τα εύκαμπτα στοιχεία όψης (συρματοκιβώτια).

**ABSTRACT :** Design and construction processes of the earthworks towards the abutments of the 540m long Menidi bridge of Ionian road are presented. A three faces, ~15m high reinforced soil wall was foreseen, both along and normal to the highway axis, behind each bridge abutment. Geological and geotechnical data of the area are presented whereas emphasis is given on the construction details of the geosynthetic reinforcements (geogrids) and particular their connection with the flexible facing units (gabions).

### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ιόνια Οδός αποτελεί σύγχρονο αυτοκινητόδρομο μήκους 160χλμ που ολοκληρώθηκε πλήρως, προ περίπου διετίας και συνδέει το Αντίρριο με τα Ιωάννινα. Η γέφυρα Μενιδίου αποτελεί τη μεγαλύτερη γέφυρα του νέου αυτοκινητοδρόμου, μήκους 540m που συνίσταται από δεκατέσσερα ανοίγματα, μήκους 39m έκαστο πλην των ακραίων που έχουν μήκος 35.5m. Το δομικό σύστημα της ανωδομής συνίσταται από αμφιέριστες δοκούς εδραζόμενες επί των πυλώνων σε ένα τεχνικό όπυ έχει εφαρμοστεί η τεχνολογία της σεισμικής μόνωσης.

Στο πλαίσιο βελτιστοποίησης του σχεδιασμού της γέφυρας επιλέχθηκε με τεχνικο-οικονομικά κριτήρια το μήκος αυτής και συνεπώς οι χιλιομετρικές θέσεις των ακροβάθρων, όπισθεν των οποίων απαιτήθηκαν σημαντικού ύψους επιχώματα πρόσβασης τα οποία στον άξονα του αυτοκινητοδρόμου ξεπερνούσαν τα 15m. Πέραν των αυξημένων γεωμετρικών μεγεθών των χωματουργικών έργων πρόσβασης απαιτήθηκε η ελαχιστοποίηση των ωθήσεων γαιών επί των ακροβάθρων, δεδομένου του ότι τόσο μεγάλα ύψη επιχώσεων θα αύξαναν σημαντικά τις απαιτήσεις των θεμελιώσεων και τη διαστασιολόγηση του φορέα των ακροβάθρων.

Η λύση που τελικώς προκρίθηκε συνίστατο σε ζεύγος τοίχων οπλισμένου εδάφους, χωρίς επαφή επί των ακροβάθρων, τριών παρειών έκαστος ενός καταμήκος και δύο εγκαρσίως της οδού. Με αυτή τη διάταξη των έργων εξασφαλίστηκε ο μηδενισμός των ωθήσεων γαιών επί των ακροβάθρων αλλά και ελαχιστοποιήθηκε το εύρος κατάληψης των χωματουργικών έργων, που λόγω και της επικλινούς μορφολογίας του εδάφους θα απαιτούσε τελικώς πολύ μεγάλο ύψους επιχώματα πλευρικά της οδού.

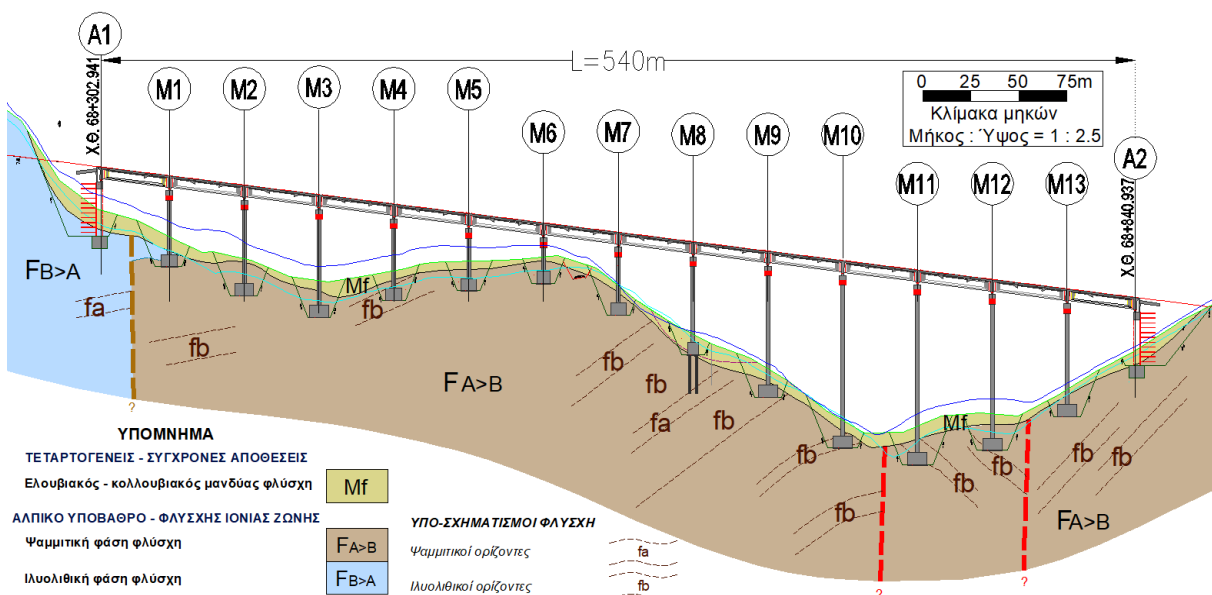


Φωτογραφία 1. Γέφυρα Μενιδίου και τοίχος οπλισμένου εδάφους όπισθεν ακροβάθρου A1  
Photograph 1. View of Menidi Bridge and of reinforced soil wall behind abutment A1.

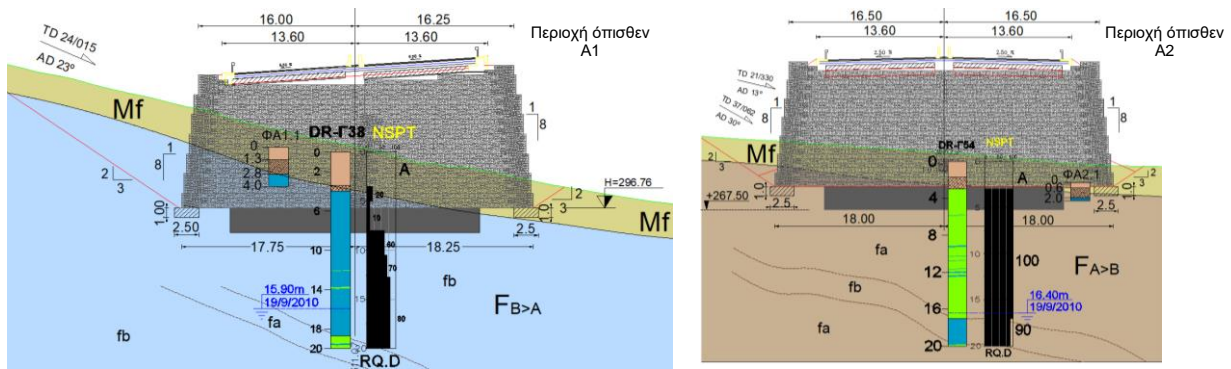
## 2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ & ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΑΚΡΟΒΑΘΡΩΝ ΓΕΦΥΡΑΣ

### 2.1 Γενικά

Η γέφυρα Μενιδίου χωροθετείται στις ανατολικές υπώρειες του όρους Μακρυνόρος όπου επικρατεί σχηματισμός φλύσχη Ιόνιας ζώνης (Σχήμα 1). Η χάραξη διέρχεται πλησίον του μέσου των ανατολικών παρειών του όρους, που βυθίζονται ήπια προς ΒΒΑ και καταλήγουν σε ήπια επιμήκη κοιλάδα. Η συνέχεια των ήπιων φυσικών πρανών συχνά διακόπτεται από μικρές μισγάγγειες με γενικό προσανατολισμό ΒΑ-ΝΔ. Το γενικό γεωλογικό προφίλ συνίσταται από έναν ανώτερο οριζόντα ελουβιακού – κολλουβιακού μανδύα φλύσχη, αποτελούμενο από αμμώδη-ιλυώδη άργιλο με πάχος που ποικίλει και κυμαίνεται μεταξύ 1-6m κατά μήκος του άξονα της γέφυρας. Στα ανώτερα τμήματα των φυσικών πρανών το κολλουβιακό κάλυμμα απολεπτύνεται και υπό αυτού συναντάται η τυπική φάση του απόσθαρμενου μανδύα του φλύσχη που αποτελείται είτε από ψαμμίτες ή ιλυολίθους που έχουν δευτερευόντως σε κυμαινόμενα ποσοστά εδαφοποιηθεί, διατηρώντας όμως στοιχεία της αρχικής βραχώδους δομής.



Σχήμα 1. Γεωλογική μηκотоμή άξονα αυτοκινητοδρόμου στη Γέφυρα Μενιδίου  
Figure 1. Longitudinal geological section of the axis of the motorway along Menidi bridge



Σχήμα 2. Διατομές χωματουργικών έργων και γεωτεχνικές συνθήκες όπισθεν ακροβάθρων  
Figure 2. Cross sections of earthworks and geotechnical conditions behind abutments

Στην περιοχή του έργου δεν συναντήθηκε στάθμη υπόγειου υδροφόρου οριζόντια, δεδομένου του ότι στο ευρύτερο περιβάλλον επικρατεί ο μικρής διαπερατότητας ιλυόλιθος. Η όποια μικρής δυναμικότητας κίνηση υπόγειου νερού περιορίζεται εντός των ψαμμιτών και κατά μήκος συστημάτων μεγάλων ασυνεχειών, κυρίως κατά τις περιόδους υψηλών βροχοπτώσεων.

## 2.2 Συνθήκες θεμελίωσης επιχώματος πρόσβασης προς Ακρόβαθρο A1

Στην περιοχή θεμελίωσης του νοτίου επιχώματος πρόσβασης επικρατεί η ιλυολιθική φάση του φλύσχη ( $F_{B>A}$ ) με αραιή παρουσία ψαμμιτικών οριζόντων. Στην επιφάνεια αναπτύσσεται ζώνη αποσάθρωσης πάχους ~4.0m εκ των οποίων το ανώτερο τμήμα (1.5-3.0m) συνίσταται από εντελώς αποσαθρωμένο ιλυόλιθο ο οποίος έχει μετατραπεί σε αμμώδες-ιλυώδες παραμένον έδαφος, ενώ βαθύτερα ο ιλυόλιθος είναι μερικώς αποδομημένος. Υπό την αποσαθρωμένη ζώνη η βραχώμαζα μπορεί να διαχωρισθεί σε δύο ζώνες έως περίπου 5.50m όπου συναντάται μετρίως έως πολύ αποσαθρωμένος και έντονα διερρηγμένος ιλυόλιθος και βαθύτερα όπου επικρατεί μετρίως έως ελαφρά αποσαθρωμένος και ελαφρά διερρηγμένος ιλυόλιθος. Η στρώση βυθίζεται προς ΒΑ ( $24^\circ/015^\circ$ ), με δυσμενή προσανατολισμό ως προς το μόνιμο κύριο αριστερό πρηνές εκσκαφής το οποίο προβλέπεται να κατασκευαστεί προκειμένου να δημιουργηθεί το επιθυμητό επίπεδο θεμελίωσης (Σχήματα 2 και 4).

## 2.3 Συνθήκες θεμελίωσης επιχώματος πρόσβασης προς Ακρόβαθρο A2

Στην περιοχή θεμελίωσης του βόρειου επιχώματος πρόσβασης επικρατεί η ψαμμιτική φάση του φλύσχη με ιλυολιθικές ενστρώσεις ( $F_{A>B}$ ). Το πάχος του εδαφικού μανδύα της ζώνης αποσάθρωσης ανέρχεται σε 3.0m (Σχήμα 2). Σε ότι αφορά στα δομικά χαρακτηριστικά της βραχώμαζας εντοπίστηκαν δύο κύριες οικογένειες στρώσεων. Η πρώτη με βύθιση προς τα ΒΑ με στοιχεία ( $37^\circ/062^\circ$ ) και δυσμενή γεωμετρία για το μόνιμο αριστερό πρηνές εκσκαφής με στοιχεία ( $45^\circ/024^\circ$ ) και η δεύτερη προς τα ΒΔ με στοιχεία ( $21^\circ/330^\circ$ ).

Πίνακας 1. Γεωτεχνικές παράμετροι και στρωματογραφία εδάφους θεμελίωσης.

Table 1. Geotechnical parameters and layers of foundation ground.

	Μονάδα	Περιοχή Ακροβάθρου A1		Περιοχή Ακροβάθρου A2	
		Εδαφικός Μανδύας	Ιλυολιθικός Φλύσχη	Μανδύας Φλύσχη	Ψαμμιτικός Φλύσχη
Βάθος από επιφάνεια	m	0.0 - 4.1	> 4.10	0.0 - 3.0	> 3.0
Υγρό Φαινόμενο βάρος $\gamma_t$	(kN/m <sup>3</sup> )	19-21	25-26	19-21	25-26
Συνοχή $c'$	(kPa)	5-10	50-70	5-10	110-130
Γωνία διατμητ. αντοχής $\varphi'$	( $^\circ$ )	23-25	35-37	23-25	39-41
Αστράγ. διατμ. αντοχή $c_u$	(kPa)	50-60		50-60	
Διατμ. αντοχή ασυνεχειών/στρώσης βραχώμαζας	$c'$	(kPa)	1		1
	$\varphi'$	( $^\circ$ )	21		21
Μέτρο ελαστικότητας $E'$	(GPa)		1 - 1.5		2 - 3

### 3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΡΓΩΝ ΤΟΙΧΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Το κάθε ένα εκ των δύο χωματουργικών έργων πρόσβασης στα ακρόβαθρα της γέφυρας συνίσταται από τρία παρακατακόρυφα πρηνή, ένα κατά μήκος του άξονα του αυτοκινητοδρόμου κλίσης 90°, σε απόσταση 25cm από τον φορέα των ακροβάθρων και δύο στα εκατέρωθεν εγκάρσια πρηνή του άξονα κλίσης 83° (Σχήμα 3). Έτσι, οι δύο παράλληλοι τοίχοι οπλισμένου εδάφους αποτελούν τα πλευρικά πρηνή, ενώ ο τρίτος αποτελεί το όριο μεταξύ των χωματουργικών έργων του αυτοκινητοδρόμου και των ακροβάθρων της γέφυρας.

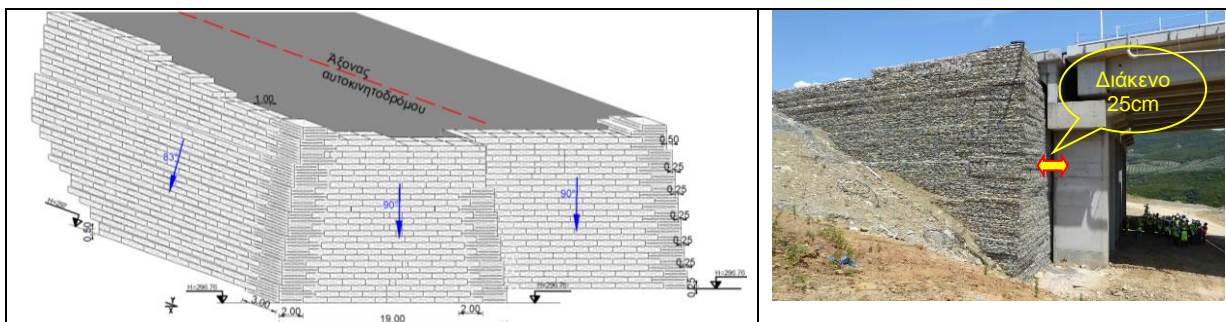
Οι τοίχοι οπλισμένου εδάφους προβλέφθηκε να εδραστούν επί βραχώδους φλυσιχικού υποβάθρου μετά την εξ ολοκλήρου αφαίρεση του εδαφοποιημένου υπερκείμενου μανδύα αποσάθρωσης. Λόγω της μορφολογίας του εδάφους και της απαίτησης διαμόρφωσης κατάλληλων διαστάσεων οριζόντιας σκάφης εκσκαφών για τη διάστρωση του απαιτούμενου μήκος των γεωπλεγμάτων όπλισης απαιτήθηκε η εκτέλεση εκτεταμένων εκσκαφών (Σχήμα 4). Οι προσωρινές εκσκαφές διαμορφώθηκαν με κλίση 1:1 (κατ:οριζ), ενώ τα μόνιμα πρηνή εκσκαφών με κλίση 2:3 (κατ:οριζ). Τα μόνιμα ορύγματα στο ανάντη τμήμα των τοίχων οπλισμένου εδάφους όπως και πέριξ των εκσκαφών των μεσοβάθρων αντιστηρίχθηκαν με μόνιμα αγκύρια βράχου (Φ25/S500 ή Φ32/S500), μήκους από 4m έως και 12m, σε διάφορους κάρναβους αναλόγως των επικρατουσών γεωτεχνικών συνθηκών. Επί των αγκυρωμένων πρηνών ανάντι του ακροβάθρου Α1, λόγω της επικρατούσας ιλυολιθικής φάσης του φλύσχη προβλέφθηκε η τοποθέτηση γαλβανισμένου χαλύβδινου πλέγματος (Φ2.7mm) σε συνδυασμό με τρισδιάστατο γεωσυνθετικό προστασίας από την επιφανειακή διάβρωση.

Η ευστάθεια των έργων πρόσβασης εξασφαλίστηκε με χρήση μονοαξονικών πολύεστερικών γεωσυνθετικών οπλισμών στην διαμήκη και στην εγκάρσια διεύθυνση του άξονα της οδού. Για τη διαμόρφωση των όψεων χρησιμοποιήθηκαν εύκαμπτα στοιχεία όψης (ΕΛΟΤ EN 14475 2006) αποτελούμενα από συρματοκιβώτια συμβατικών διαστάσεων, συρματοκιβώτια με προεκτάσεις (ουρές) και ειδικά τεμάχια (π.χ. στρώμενες) για τη διαμόρφωση κατάλληλων επιπέδων στις ακμές των τοίχων. Οι τοίχοι οπλισμένου εδάφους συνδέθηκαν με τα ακρόβαθρα μέσω φορέων πρόσβασης μήκους 10.50m και πάχους 0.55m. Στις εγκάρσιες εξωτερικές παρειές των φορέων πρόσβασης προβλέφθηκε η κατασκευή τοίχων αντιστήριξης οπλισμένου σκυροδέματος εδραζόμενων / συνδεδεμένων στους φορείς πρόσβασης προκειμένου να αντιστηριχθούν / εγκιβωτιστούν τα υλικά των στρώσεων έδρασης των οδοστρωμάτων.

Τα στοιχεία όψης των τοίχων οπλισμένου εδάφους, εκτός των περιοχών που εδράζονται επί των θεμελίων των ακροβάθρων κατασκευάστηκαν επί δοκών έδρασης οπλισμένου σκυροδέματος διαστάσεων 2.5m x 1.0m (Σχήμα 5).

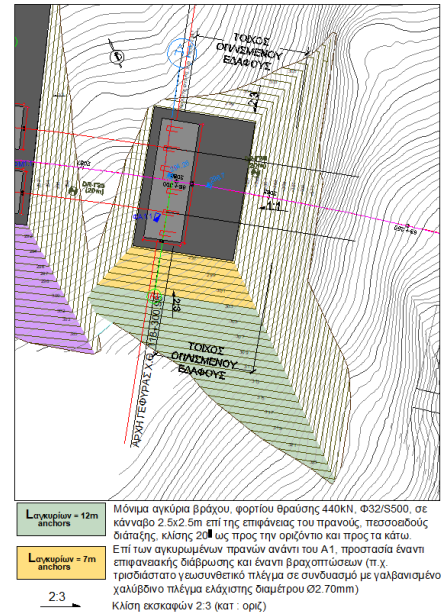
### 4. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΟΙΧΩΝ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ

Η διαστασιολόγηση των τοίχων οπλισμένου εδάφους ακολούθησε τις απαιτήσεις του BS 8006-1:2010, που υιοθετούνται επίσης και από τις ΟΜΟΕ, με εκτέλεση αναλύσεων οριακής ισορροπίας και θεώρηση μερικών συντελεστών ασφαλείας. Εξετάστηκαν όλοι οι δυνατοί μηχανισμοί αστοχίας (εσωτερική, συνδυασμένη και εξωτερική ευστάθεια) βάσει και των ανα-



Σχήμα 3. Τριδιάστατο σχέδιο χωματουργικών έργων πρόσβασης και άποψη διάκενου μεταξύ τοίχου οπλισμένου εδάφους και ακροβάθρου Α1.

Figure 3. 3D drawing of approach earthworks and view of gap between abutment A1 and reinforced soil wall.

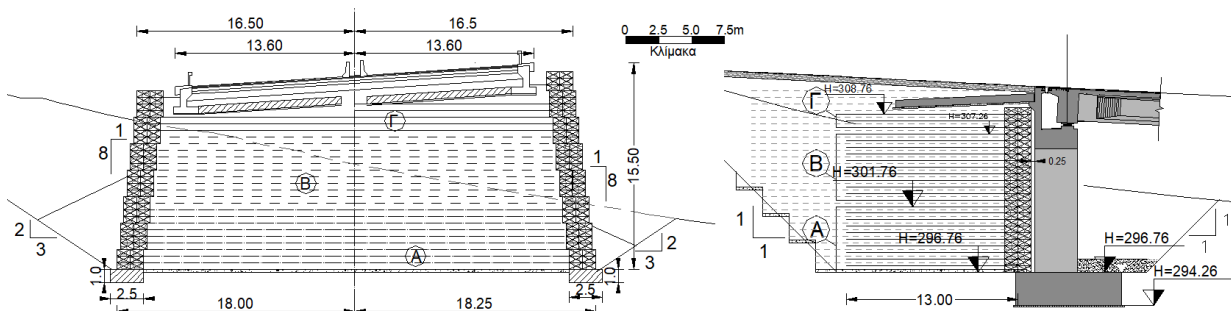


Σχήμα 4. Εκσκαφές θεμελίωσης τοίχου οπλισμένου εδάφους όπισθεν ακροβάθρου Α1  
Figure 4. Excavations for the foundation of the reinforced soil walls behind abutment A1

φερομένων στη βιβλιογραφία (π.χ. Elias et.al. 2001 κτλ). Ο έλεγχος εσωτερικής ευστάθειας πραγματοποιήθηκε με χρήση της μεθόδου αστοχίας σφήνας (tie back wedge method) που αφορά σε εύκαμπτο οπλισμό επιχώματος, ενώ για τη συνδυασμένη και εξωτερική ευστάθεια εξετάσθηκε πληθώρα γεωμετριών επιφανειών αστοχίας (π.χ. δι-γραμμικές, πολύ-γραμμικές, κυκλικές και μη κτλ).

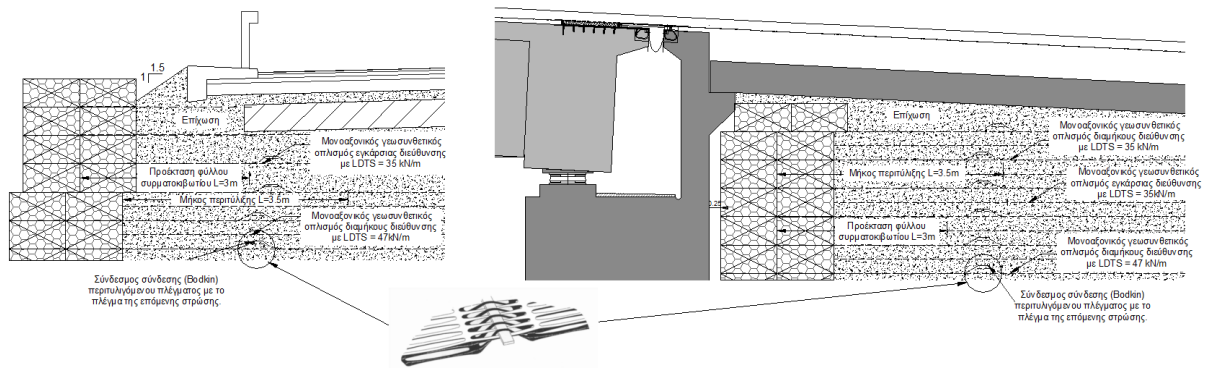
Για τις σεισμικές φορτίσεις λήφθηκε υπόψη ο ΕΑΚ 2000 υιοθετώντας την πρόβλεψη αύξηση του συντελεστή σεισμικής επιτάχυνσης λόγω ενίσχυσης της σεισμικής εδαφικής κίνησης διαμέσου του "γαιώδους" υλικού επίχωσης. Η θεμελιώδης ιδιοπερίοδος προσδιορίσθηκε της τάξεως του  $T=0.12\text{sec}$  και θεωρώντας σεισμική επιτάχυνση  $0.24g$  και κατηγορία εδάφους Α, οι συντελεστές οριζόντιας και κατακόρυφης ψευδοστατικής επιτάχυνσης υπολογίσθηκαν  $k_H=0.21$  και  $k_V=0.11$ , αντιστοίχως. Σημειώνεται ότι η εκτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς βάσει ψευδοστατικών αναλύσεων έχει αποδειχθεί συντηρητική (Koseki et. al. 1998, Bathurst et. al. 2000).

Όλες οι αναλύσεις ευστάθειας πραγματοποιήθηκαν με το λογισμικό DC-Geotex/DC-Gabion προκειμένου να προσδιοριστούν οι απαιτήσεις αντοχής και μήκους των οπλισμών, ενώ έλεγχοι διασταύρωσης των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκαν με το λογισμικό ReSSA της Adama Engineering S.A. Ο έλεγχος επάρκειας των στοιχείων όψης έγινε βάσει του ΕΒΓΕΟ 2011. Λόγω της γεωμετρίας των τοίχων οπλισμένου εδάφους απαιτήθηκε η εφαρμογή διαφορετικών οπλισμών στην εγκάρσια και διαμήκη διεύθυνση της οδού, μιας και οι αυξημένες απαιτούμενες αντοχές των στοιχείων όπλισης δεν δύνατο να παρασχεθούν από



Γεωπλέγματα μακροχρόνιας εφελκυστικής αντοχής σχεδιασμού. Ζώνες [Α]: 63kN/m, [Β]: 47kN/m [Γ]: 35kN/m

Σχήμα 5. Τυπική διατομή & μηκοτομή τοίχων οπλισμένου εδάφους όπισθεν ακροβάθρου Α1  
Figure 5. Typical cross & longitudinal section of reinforced soil walls behind abutment A1



Σχήμα 6. Λεπτομέρειες εύκαμπτων στοιχείων όψης και συνδέσεων με γεωπλέγματα όπλισης  
Figure 6. Details of flexible facings and their connection with geogrid reinforcements

τα διαθέσιμα διαξονικά γεωπλέγματα του εμπορίου. Έτσι προβλέφθηκαν ανεξάρτητοι οπλισμοί, τοποθετημένοι σε διαφορετικά επίπεδα εγκαρσίως και κατά τη διαμήκη διεύθυνση, από μονοαξονικά γεωπλέγματα κυμαινόμενων αντοχών καθ' ύψος (Σχήμα 5).

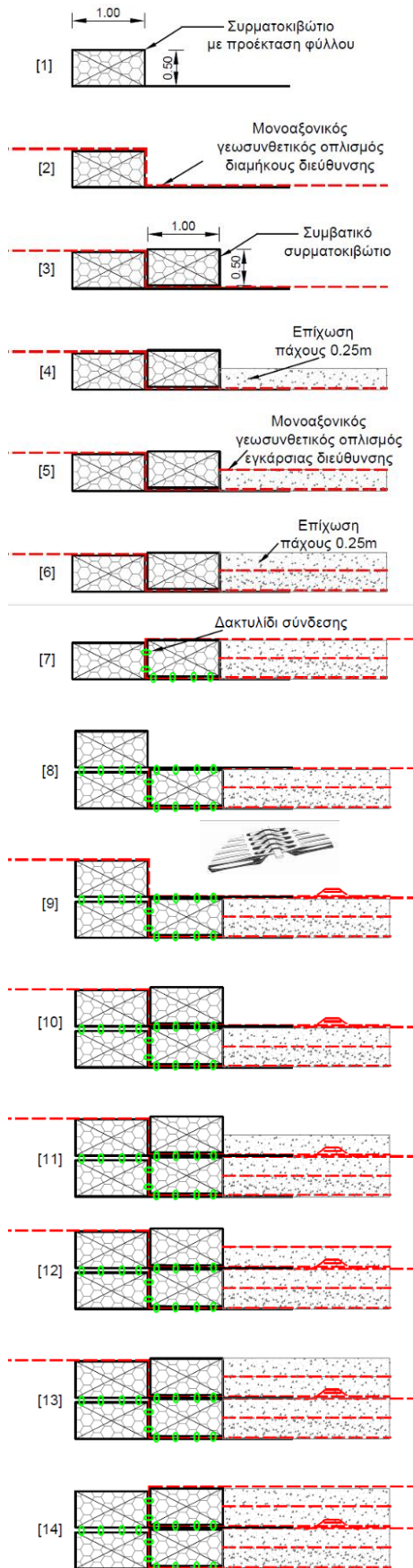
Το απαιτούμενο μήκος των διαμήκων γεωσυνθετικών οπλισμών των μετωπικών τοίχων οπλισμένου εδάφους ήταν 13m, μη συμπεριλαμβανόμενου του μήκους περιτύλιξης, ενώ στην εγκάρσια διεύθυνση τα μήκη των οπλισμών για τα ζεύγη των παράλληλων πλευρικών τοίχων καλύψαν το πλήρες πλάτος της εκάστοτε διατομής πλέον του τμήματος περιτύλιξης που προδιαγράφηκε 3.5m. Στις διατομές των πλευρικών τοίχων, λόγω κεκλιμένου οδοστρώματος οι ανώτερες στρώσεις γεωπλεγμάτων του δεξιού κλάδου του αυτοκινητοδρόμου κατέληξαν περί τον άξονα του αυτοκινητοδρόμου με ελάχιστο μήκος οπλισμού ίσο με 15.75m. Η κατακόρυφη απόσταση των οπλισμών προδιαγράφηκε σταθερή καθ' ύψος και ίση με 0.50m.

Για την κατασκευή των επιχωμάτων προδιαγράφηκε υλικό προερχόμενο από προϊόντα εκσκαφών καθαρά ψαμμιτικής φάσης φλύσχη (μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό παρουσίας ιλυολίθων έως 10%), κατόπιν κατάλληλης επεξεργασίας (θραυστό υλικό) με ποσοστό λεπτόκοκκων που δεν ξεπερνά το 10% (κόσκινο No. 200) και κόκκους που δεν ξεπερνούν τα 12,5cm. Θεωρήθηκαν οι ακόλουθες παράμετροι:  $c'=0$ ,  $\phi_{peak}'=37^\circ$ ,  $\phi_{cv}'=35^\circ$  και  $\gamma=20\text{kN/m}^3$ .

Οι λειτουργικές παραμορφώσεις των έργων εκτιμήθηκαν μέσω εμπειρικών προτάσεων. Βάσει των Fell et al. (1992) η συνίζηση χωμάτων επιχωμάτων εκτιμάται μεταξύ 0.25 - 0.5% του ύψους τους και συνεπώς για ύψη επιχώματος περίπου 15m της τάξεως των 5cm αγνοώντας συντηρητικά την ύπαρξη των γεωσυνθετικών πλεγμάτων. Αντίστοιχα, η εκτιμώμενη οριζόντια μετακίνηση των στοιχείων της όψης, βάσει του BS8006, εκτιμήθηκε της τάξεως του 0.5% του ύψους του τοίχου οπλισμένου εδάφους και συνεπώς περίπου 8cm. Σημειώνεται ότι η παραμόρφωση του μετώπου εξαρτάται από τη δυσκαμψία, το μήκος και την απόσταση μεταξύ των οπλισμών, το δε μήκος των οπλισμών δεν επηρεάζει ιδιαίτερα εφόσον ξεπερνάει το 70% του ύψους του τοίχου (Takashi et al, Ichikawa et. al.2005)

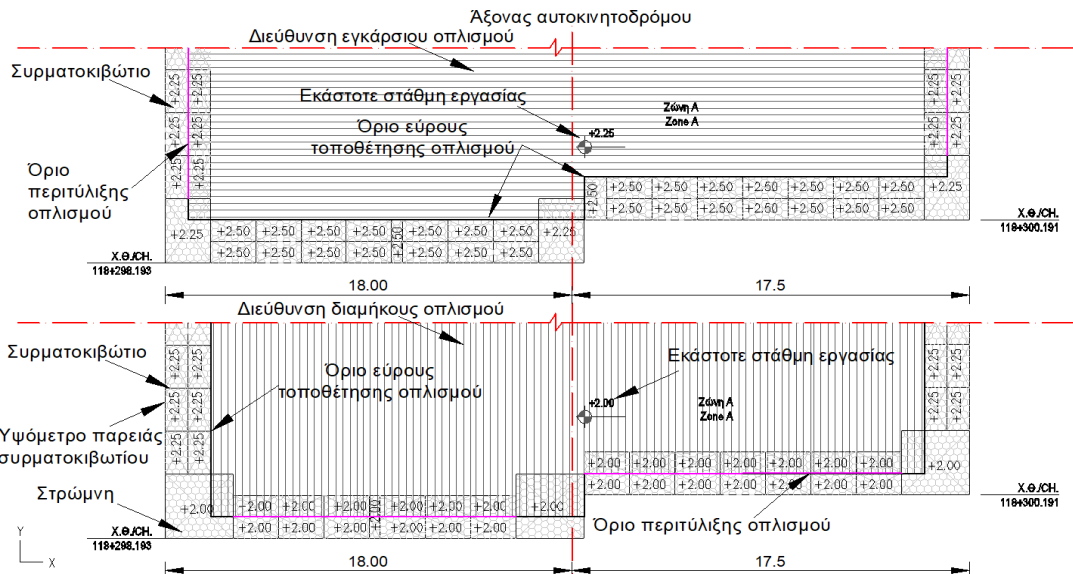
## 5. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ – ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΟΠΛΙΣΜΩΝ

Για την κατασκευή των τριών παρακατακόρυφων παρειών του κάθε τοίχου οπλισμένου εδάφους απαιτήθηκε να προσδιοριστούν επακριβώς οι θέσεις και τα υψόμετρα τοποθέτησης των γεωσυνθετικών οπλισμών και των κατάλληλων διαστάσεων στοιχείων όψης, ιδίως για τη διαμόρφωση των εκάστοτε ακμών. Οι λεπτομέρειες σύνδεσης των γεωπλεγμάτων με τα συρματοκιβώτια της όψης και η αλληλουχία των σταδίων ανύψωσης των χωματουργικών έργων παρουσιάζονται στο Σχήμα 7, ενώ στο Σχήμα 8 παρουσιάζονται λεπτομερείς τυπικές οριζόντιες τομές που σχεδιάσθηκαν ανά 0,25m καθ' ύψος για την εξασφάλιση της επιθυμητής γεωμετρίας. Τα στοιχεία όψης συνίστατο από πάχος σύρματος Φ3mm, σύρμα ενίσχυσης ακμών Φ3.9mm, με επικάλυψη κράματος ψευδαργύρου/αλουμινίου τύπου Galfan (Zn95Al5-MM) κατά ΕΛΟΤ EN 10244-2. Οι διαστάσεις των βρόγχων πλέξης του συρματοπλέγματος επιλέχθηκαν 8x10mm. Οι λίθοι πλήρωσης των φατνών προδιαγράφηκαν με διάσταση λίθων μεταξύ 100 - 200mm και  $d_{50} = 150$  και των στρωμών συναρμογής, που χρησιμοποιήθηκαν



- i. Τοποθέτηση εξωτερικών στοιχείων όψης (συρματοκιβώτια με ουρά) μετωπικού τοίχου οπλισμένου εδάφους σε απόσταση 25cm όπισθεν των κατακόρυφων δομικών στοιχείων των ακροβάθρων [1]
- ii. Κοπή διαμήκους οπλισμού στο απαραίτητο μήκος και τοποθέτησή του. Πρόβλεψη διατήρησης τμήματος αυτού, κατάλληλου μήκους, αναδιπλωμένο προσωρινά προς τα έξω [2]
- iii. Τοποθέτηση εσωτερικών στοιχείων όψης (συμβατικών διαστάσεων συρματοκιβώτια) μετωπικού τοίχου οπλισμένου εδάφους σε επαφή με τα εξωτερικά στοιχεία και εφαρμογή κατάλληλων δακτυλίων σύνδεσης μεταξύ τους [3]
- iv. Διάστρωση, ισοπέδωση και συμπίκνωση υλικού επιχώματος μέχρι τη στάθμη του αμέσως υψηλότερου εγκάρσιου οπλισμού (συμπυκνωμένα πάχη στρώσεων 25cm) [4]
- v. Τοποθέτηση εξωτερικών στοιχείων όψης (συρματοκιβώτια με ουρά) πλευρικών τοίχων οπλισμένου εδάφους σε κατάλληλες αποστάσεις ως προς τον άξονα της οδού. Η διαμόρφωση των γωνιών επιτυγχάνεται με την τοποθέτηση στρωμών κατάλληλων διαστάσεων στην εκάστοτε στάθμη ( [1] **κατ' αντιστοιχία**)
- vi. Κοπή και τοποθέτηση εγκάρσιου συνεχούς οπλισμού σε όλο το πλάτος της διατομής του τοίχου οπλισμένου εδάφους. Πρόβλεψη διατήρησης και προς τις δύο μεριές τμήματος αυτού, κατάλληλου μήκους, αναδιπλωμένο προσωρινά προς τα έξω ([2] **κατ' αντιστοιχία και [5]**)
- vii. Τοποθέτηση εσωτερικών στοιχείων όψης (συμβατικών διαστάσεων συρματοκιβώτια) πλευρικών τοίχων οπλισμένου εδάφους σε επαφή με τα εξωτερικά στοιχεία και εφαρμογή κατάλληλων δακτυλίων σύνδεσης μεταξύ τους ([3] **κατ' αντιστοιχία**)
- viii. Διάστρωση, ισοπέδωση και συμπίκνωση του υλικού επιχώματος μέχρι τη στάθμη του αμέσως υψηλότερου διαμήκους οπλισμού (συμπυκνωμένα πάχη στρώσεων 25cm) [6]
- ix. Περιτύλιξη διαμήκους οπλισμού περί την περιοχή της όψης του μετωπικού αναχώματος [7]
- x. Τοποθέτηση εξωτερικών στοιχείων όψης (συρματοκιβώτια με ουρά) μετωπικού τοίχου οπλισμένου εδάφους σε απόσταση 25cm όπισθεν των κατακόρυφων δομικών στοιχείων των ακροβάθρων [8]
- xi. Κοπή διαμήκους οπλισμού στο απαραίτητο μήκος και τοποθέτησή του. Πρόβλεψη διατήρησης τμήματος αυτού, κατάλληλου μήκους, αναδιπλωμένο προσωρινά προς τα έξω. Σύνδεση νέας στρώσης διαμήκους οπλισμού με το περιτυλιγόμενο τμήμα της κατώτερης με χρήση κατάλληλου συνδέσμου σύνδεσης (bodkin joint) [9]
- xii. Τοποθέτηση εσωτερικών στοιχείων όψης (συμβατικών διαστάσεων συρματοκιβώτια) μετωπικού τοίχου οπλισμένου εδάφους σε επαφή με τα εξωτερικά στοιχεία και εφαρμογή κατάλληλων δακτυλίων σύνδεσης μεταξύ τους [10]
- xiii. Διάστρωση, ισοπέδωση και συμπίκνωση του υλικού επιχώματος μέχρι τη στάθμη του αμέσως υψηλότερου εγκάρσιου οπλισμού σε συμπυκνωμένα πάχη στρώσεων 25cm (βλέπε στάδιο iv ανωτέρω) [11]
- xiv. Περιτύλιξη εγκάρσιου οπλισμού περί την περιοχή της όψης των πλευρικών τοίχων οπλισμένου εδάφους ([7] **κατ' αντιστοιχία**)
- xv. Τοποθέτηση εξωτερικών στοιχείων όψης (συρματοκιβώτια με ουρά) πλευρικών τοίχων οπλισμένου εδάφους σε κατάλληλες αποστάσεις ως προς τον άξονα της οδού ([8] **κατ' αντιστοιχία**)
- xvi. Κοπή και τοποθέτηση εγκάρσιου συνεχούς οπλισμού σε όλο το πλάτος της διατομής του τοίχου οπλισμένου εδάφους. Πρόβλεψη διατήρησης και προς τις δύο μεριές τμήματος αυτού, κατάλληλου μήκους, αναδιπλωμένο προσωρινά προς τα έξω ([9] **κατ' αντιστοιχία και [12]**)
- xvii. Τοποθέτηση εσωτερικών στοιχείων όψης (συμβατικών διαστάσεων συρματοκιβώτια) πλευρικών τοίχων οπλισμένου εδάφους σε επαφή με τα εξωτερικά στοιχεία και εφαρμογή κατάλληλων δακτυλίων σύνδεσης μεταξύ τους ([10] **κατ' αντιστοιχία**)
- xviii. Επανάληψη των σταδίων viii έως xvii μέχρι το προβλεπόμενο ύψος του επιχώματος.

Σχήμα 7. Αλληλουχία σταδίων κατασκευής μετωπικού τοίχου οπλισμένου εδάφους.  
Figure 7. Construction sequence of frontal reinforced soil wall.



Σχήμα 8. Κατόψεις λεπτομερειών στοιχείων όψης & οπλισμού σε διάφορα καθ' ύψος επίπεδα  
Figure 8. Plan view of details of facing units & reinforcement at different levels.

στις ακμές μεταξύ του κατακόρυφου και των πλευρικών οπλισμένων τοίχων, μεταξύ 70 και 120mm και  $d_{50} = 100$ . Η ραφή των συρματοκιβωτίων έγινε με γαλβανισμένο σύρμα ελάχιστης διαμέτρου 3mm και ελάχιστης εφελκυστικής αντοχής 1700kN/mm<sup>2</sup>.

## 6. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ο αυτοκινητόδρομος της Ιόνιας οδού κατασκευάστηκε με το σύστημα "Μελέτη – Κατασκευή" ως έργο παραχώρησης. Η ΤΕΡΝΑ Α.Ε., για λογαριασμό της Κ/Ξ EUROIONIA, ανέλαβε την κατασκευή του έργου από τον παραχωρησιούχο "ΝΕΑ ΟΔΟΣ Α.Ε."

## 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Adama Engineering Inc. (2008). "ReSSA (3.0)", [www.geoprograms.com](http://www.geoprograms.com)
- Bathurst RJ, Walters D, Vlachopoulos N, Burgess P, Allen TM. (2000). "Full scale testing of geosynthetic reinforced walls", Proc. of GeoDenver 2000, Denver, Colorado, ASCE Special Publication, pp. 1–17.
- BS 8006-1:2010 (2010), "Code of practice for strengthened/reinforced soils and other fills".
- DC-Software Doster & Christmann GmbH (2014). "DC-Geotex/DC-Gabion" [www.dc-software.de](http://www.dc-software.de)
- Elias, V., Christopher, B. R., and Berg, R. R. (2001). "Mechanically stabilized earth walls and reinforced soil slopes – Design & construction guidelines". FHWA-NHI-00-043, US Department of Transportation, Washington D.C., USA
- ΕΛΟΤ EN 14475 (2006). "Εκτέλεση ειδικών γεωτεχνικών έργων – Οπλισμένο Επίχωμα.
- Fell R., McGregor P. & Stapledon D. (1992), "Geotechnical engineering of embankment dams". A.A. Balkema, Rotterdam
- German Geotechnical Society (2011), "Recommendations for Design and Analysis of Earth Structures using Geosynthetic Reinforcements – EBGeo" 2nd Edition, Ernst & Son.
- Ichikawa S, Suemasa N, Katada T, Toyosawa Y. (2005). "Centrifuge model tests on seismic stability of reinforced retaining wall", 5<sup>th</sup> Workshop on Safety & Stability of Infrastructures against Environmental Impacts.
- Koseki J, Munaf Y, Tatsuoka F, Tateyama M, Kojima K, Sato T. (1998), "Shaking and tilt table tests of geosynthetic-reinforced soil and conventional-type retaining walls". Geosynthetics International, Vol.5(1–2), pp. 73–96.
- Takahashi A, Takemura J, Izawa J. (1999). "Dynamic behavior of vertical geogrid-reinforced soil during earthquake". Proc. of Int. Symposium on slope stability Eng, Vol.2, 991– 996.