

TAMIEYTHPAS ARTZAN - AMATOBΟΥ N. KILKIS

Στέλιος Φελέκος, Πολιτικός Μηχανικός, Γεωτεχνική Θεμελιώσεων Ε.Π.Ε.

Αλέξανδρος Γιάγκος, Δρ Πολιτικός Μηχανικός, Γεωτεχνική Θεμελιώσεων Ε.Π.Ε.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται ο ταμιευτήρας Αρτζάν - Αματόβου ν. Κιλκίς, ο οποίος κατασκευάστηκε σε περιοχή όπου επικρατούν δυσμενείς γεωτεχνικές συνθήκες (υπέδαφος χαμηλής αντοχής και μεγάλης συμπιεστότητας, ιδιαίτερα σε βάθος μέχρι 5 m από την επιφάνεια έδρασης). Τα ως άνω γεωτεχνικά προβλήματα αντιμετωπίστηκαν επιτυχώς με την εφαρμογή κατάλληλης διατομής και τη σταδιακή κατασκευή του αναχώματος, η οποία είχε ως αποτέλεσμα τη βελτίωση της διατμητικής αντοχής του μαλακού υπεδάφους λόγω στερεοποίησης οφειλόμενης στο ίδιο βάρος του αναχώματος.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το έργο του ταμιευτήρα Αρτζάν - Αματόβου κατασκευάστηκε στην περιοχή των χαμηλών σημείων των αποξηρανθισών λιμνών Αρτζάν και Αματόβου Ν. Κιλκίς. Ο ταμιευτήρας που δημιουργήθηκε έχει χωρητικότητα ύδατος περί τα 9,000,000 m³. Πρόκειται για εξωποτάμιο ταμιευτήρα, η πλήρωση του οποίου γίνεται με άντληση ύδατος από περιμετρική τάφρο.

Το έργο αποτελείται από το ανάχωμα του ταμιευτήρα συνολικού μήκους (περιμέτρου) 5,245 m και ύψους περί τα 7.50 m καθώς επίσης και από τα τεχνικά έργα που περιλαμβάνουν το αντλιοστάσιο πλήρωσης του ταμιευτήρα, τους χαλύβδινους αγωγούς τροφοδοσίας του ταμιευτήρα από το αντλιοστάσιο πλήρωσης διαμέτρου 500 mm, τον αγωγό εκκένωσης διαμέτρου 900 mm, το σωλήνα υδροληψίας διαμέτρου 1200 mm, με τον οποίο τροφοδοτείται το αρδευτικό δίκτυο και τη γέφυρα πρόσβασης στο αντλιοστάσιο ανοίγματος 10 m.

Τα στοιχεία του έργου δίνονται στον πίνακα 1. Η γενική διάταξη των έργων δίνεται στο σχ. 1.

2. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

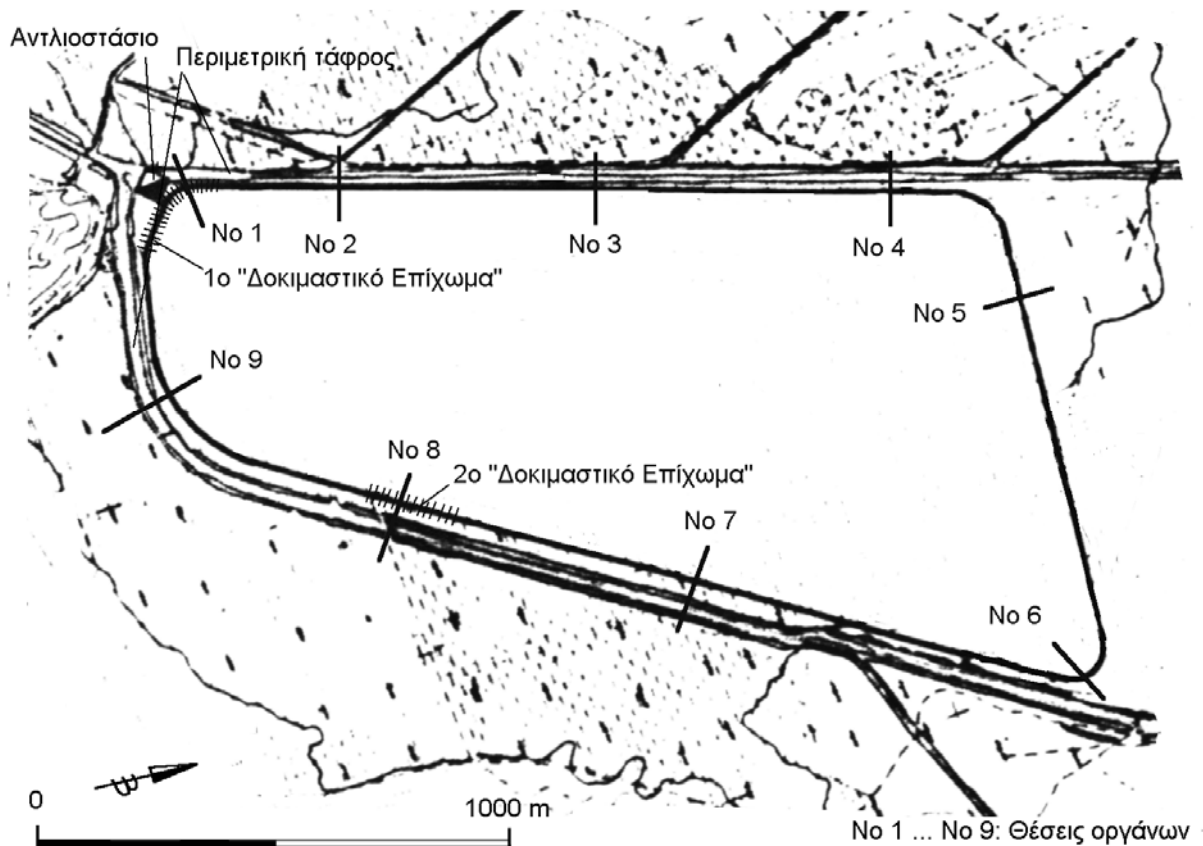
Το υπέδαφος στην περιοχή έδρασης του αναχώματος, όπως προέκυψε από τη γεωτεχνική έρευνα που περιελάμβανε δειγματοληπτικές γεωτρήσεις και εργαστηριακές δοκιμές, είναι χαμηλής αντοχής και μεγάλης συμπιεστότητας, ιδιαίτερα σε βάθος μέχρι 5 m από την επιφάνεια.

Κατά κανόνα από την επιφάνεια του εδάφους και μέχρι βάθος που κυμαίνεται γενικά από 0.5 m έως 2.0 m περίπου, εμφανίζεται άργιλος μέσης συνεκτικότητας έως μαλακή, είτε υψηλής πλαστικότητας, είτε σε μείγματα με ιλύ και άμμο. Τόσο τα αποτελέσματα των δοκιμών πτερυγίου (Shear vane tests) που εκτελέστηκαν κατά τις γεωτρήσεις, όσο και τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών (αστράγγιστες τριαξονικές δοκιμές UU και δοκιμές ανεμπόδιστης θλίψης), συγκλίνουν στο ότι η αστράγγιστη συνοχή c_u της επιφανειακής στρώσης κυμαίνεται περί τα 40 έως 50 kPa, με ακραίες τιμές 25 και 80 kPa, ενώ σποραδικά εμφανίζονται τιμές άνω των 100 kPa.

Στην συνέχεια και μέχρι βάθους που κυμαίνεται περί τα 5 m εμφανίζεται μαλακή και κατά τόπους πολύ μαλακή στρώση τεφρής ή κυανότεφρης ή τεφροπράσινης πλαστικής αργίλου με οργανικές προσμίξεις και όστρακα. Η αστράγγιστη συνοχή c_u της στρώσης κυμαίνεται περί τα 25 kPa, με ακραίες τιμές περί τα 15 και 40 kPa. Οι χαμηλές ακραίες τιμές εμφανίζονται εν γένει εντός στρώσης πάχους περί τα 1.0 έως 1.5 m. Οι πιο πάνω εκτιμήσεις βρίσκονται σε συμφωνία τόσο με τις κρούσεις N_{SPT} που συνήθως είναι 2 έως 4 όσο και με το γεγονός ότι σπανίζουν οι περιπτώσεις που η φυσική υγρασία w υπερβαίνει το όριο υδαρότητας LL της αργίλου.

ΠΙΝ. 1. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΡΓΟΥ ΑΡΤΖΑΝ - ΑΜΑΤΟΒΟΥ

Υψόμετρο στέψης αναχώματος	+ 27.50
Τυπικό ύψος αναχώματος (από φυσικό έδαφος)	7.50 m
Ελάχιστο ύψος αναχώματος (από φυσικό έδαφος)	6.00 m
Μέγιστο ύψος αναχώματος (από φυσικό έδαφος)	8.20 m
Μήκος (περίμετρος) αναχώματος	5,245 m
Όγκος υλικών αναχώματος	1,800,000 m ³
Όγκος ταμιευτήρα	9,000,000 m ³
Εμβαδόν ταμιευτήρα	1660 στρέμ.



Σχ. 1: Γενική διάταξη έργου Αρτζάν - Αματόβου.

Μετά τα 5 m βάθους σημειώνεται σαφής αύξηση της αντοχής. Η άργιλος τρέπεται σε μέσης συνεκτικότητας και γρήγορα με το βάθος σε συνεκτική έως πολύ συνεκτική, ενώ σε πολλές θέσεις εμπλουτίζεται με αμμοίλυ και λεπτούς χάλικες. Οι κρούσεις N_{SPT} κυμαίνονται από 8 έως 15 και η αστράγγιστη συνοχή c_u από 60 έως 80 kPa, με λίγες ακραίες τιμές της τάξης των 50 kPa, ενώ πολλές φορές είναι μεγαλύτερη από 100 kPa.

Σε διάφορες θέσεις και βάθη κατά την έκταση του αναχώματος εμφανίζονται στρώσεις ιλυώδους άμμου, αμμοίλυος ή και αργιλώδους άμμου με κυμαινόμενα ποσοστά χάλικων. Οι στρώσεις αυτές εμφανίζονται γενικά μέσης πυκνότητας έως πυκνής απόθεσης (N_{SPT} από 15 έως 40). Σποραδικά μόνον εντοπίζονται χαλαρές (N_{SPT} από 4 έως 10) και πολύ χαλαρές ($N_{SPT}<4$) αμμοίλυοειδεις στρώσεις πάχους περί το 1 m. Οι πολύ χαλαρές αυτές στρώσεις εντοπίζονται συνήθως σε βάθος μικρότερο από 3 m.

Ο δείκτης συμπίεστικότητας C_c των εδαφικών στρώσεων μέχρι βάθους 5.0 m κυμαίνεται γενικά από 0.20 έως 0.50, με λίγες ακραίες τιμές μικρότερες του 0.20 και μεγαλύτερες του 0.50, που υποδηλώνει στρώσεις μεγάλης συμπίεστικότητας. Μετά τα 5.0 m βάθους, ο δείκτης συμπίεστικότητας C_c γρήγορα μειώνεται με το βάθος και λαμβάνει γενικά τιμές από 0.10 έως 0.20, με λίγες ακραίες τιμές μεγαλύτερες από 0.20.

3. ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ

3.1 ΔΙΑΤΟΜΗ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ

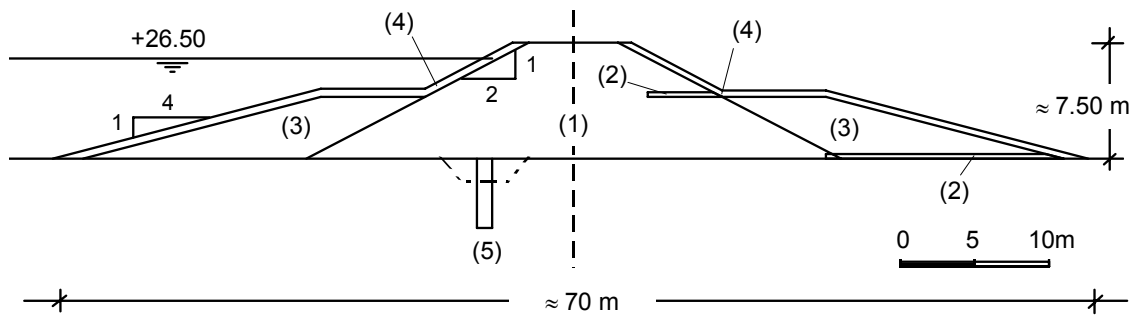
Η διατομή του αναχώματος περιλαμβάνει δύο τμήματα: το χαμηλότερο τμήμα ύψους περί τα 4m με κλίση πρανών 1:4 (κ:ο) και το υψηλότερο τμήμα ύψους 3.50 m, με κλίση πρανών 1:2 (κ:ο). Η βασική ιδέα για τη διατομή που εφαρμόσθηκε ήταν ότι διαμορφώνοντας πολύ ήπια κλίση πρανών στο κάτω τμήμα και διατηρώντας μέση κλίση πρανών 1:4 αφαιρούνται επιφορτίζοντες χωματισμοί από την διατεμνόμενη ζώνη και δημιουργούνται δράσεις αντιβάρων εκατέρωθεν της κυρίας διατομής.

Η διατομή του αναχώματος περιλαμβάνει: (α) τον κεντρικό αργιλικό πυρήνα από αδιαπέρατο υλικό (ζώνη 1), με ενιαία κλίση 1:2 από την έδραση έως τη στέψη, (β) τα σώματα στήριξης (ζώνη 3) από προϊόντα αποσαθρωμένου σχιστολίθου, υλικό αδρομερέστερο της ζώνης 1, (γ) τα φίλτρα από διαβαθμισμένο αμμοχάλικο (ζώνη 2), τα οποία τοποθετήθηκαν οριζόντια στο κατάντη τμήμα, το πρώτο σε υψόμετρο +24.00 και σε πλάτος 5 m με σκοπό τη στράγγιση του πυρήνα και το δεύτερο στην άκρη της έδρασης της διατομής σε πλάτος 15 m, με σκοπό τη στράγγιση κυρίως του υπεδάφους, (δ) τη λιθορριπή προστασίας (ζώνη 4).

Σκαρίφημα της εφαρμοσθείσης διατομής του ταμιευτήρα δίνεται στο σχ. 2.

3.2 ΕΡΓΑ ΣΤΕΓΑΝΟΤΗΤΑΣ

Με σκοπό τη στεγανότητα του ταμιευτήρα, στις θέσεις όπου εμφανίσθηκαν αμμώδεις διαπερατές στρώσεις κατασκευάσθηκαν κατά περίπτωση: (α) τάφροι στεγανότητας συνολικού μήκους 1130 m και βάθους 1.4 έως 2.1 m από αργιλικό υλικό πυρήνα στις θέσεις όπου εμφανίζονταν επιφανειακά διαπερατές στρώσεις και (β) διάφραγμα στεγανότητας τσιμέντου - μπεντονίτη συνολικού μήκους 1950 m και βάθους 3.0 έως 5.0 m στις θέσεις όπου εμφανίζονταν βαθύτερες διαπερατές στρώσεις.



- (1) Ζώνη 1 (αργιλικός πυρήνας)
- (2) Ζώνη 2 (φίλτρο από κοσκινισμένο αμμοχάλικο ποταμού)
- (3) Ζώνη 3 (σώματα στήριξης από προϊόντα αποσαθρωμένου σχιστολίθου)
- (4) Ζώνη 4 (λιθορριπές προστασίας, πάχους 0.5 m ανάντη και 0.4 m κατόντη)
- (5) Διάφραγμα στεγανότητας c-b ή τάφος στεγανότητας (όπου απαιτείται)

Σχ. 2: Τυπική διατομή αναχώματος

3.3 ΠΡΟΣΘΕΤΑ ΜΕΤΡΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ

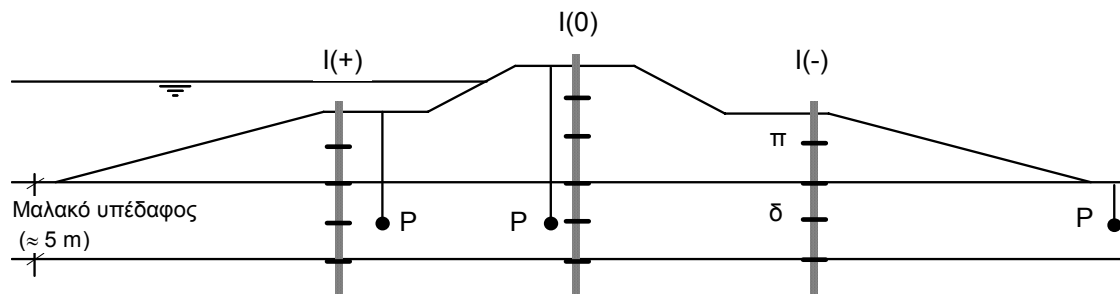
Με σκοπό τη βελτίωση του υπεδάφους, σε κρίσιμες περιοχές τοποθετήθηκε γεώπλεγμα τύπου TENSAR - ER 200, εφελκυστικής αντοχής 200 kN/m πλάτους. Το γεώπλεγμα τοποθετήθηκε κάτω από τον αργιλικό πυρήνα επί συνολικού μήκους 684 m, εκ των οποίων στα 47 m τοποθετήθηκε σε δύο στρώσεις. Η λύση του γεωπλέγματος επιτυγχάνει πέραν του ικανοποιητικού συντελεστή ασφαλείας και την εξάλειψη των κατασκευαστικών δυσκολιών που συναντήθηκαν κατά την κατασκευή στις περιοχές όπου η μέση συνεκτικότητα επιφανειακή στρώση είχε πολύ μικρό πάχος ή και δεν υφίστατο καθόλου (βουλιάγματα των οχημάτων, ελαστικές παλινδρομήσεις κατά τη συμπύκνωση των πρώτων στρώσεων κλπ).

Σε θέσεις όπου τοπικά εντοπίστηκε επιφανειακά ιδιαίτερα μαλακό ή χαλαρό εδαφικό υλικό έγινε αντικατάσταση του εδάφους (εξυγίανση) με αργιλικό υλικό πυρήνα. Οι εργασίες αυτές έγιναν εν ξηρώ με αντλήσεις των υδάτων, όπου αυτό απαιτείτο. Εξυγίανση του εδάφους έγινε σε περιοχές συνολικού μήκους 1550 m, κατά τις οποίες αντικαταστάθηκαν 16,000 m³ εδαφικού υλικού.

4. ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ

Κατά την κατασκευή του έργου τοποθετήθηκαν σε 9 διατομές όργανα μετρήσεων της συμπεριφοράς του αναχώματος και του μαλακού υπεδάφους μέχρι βάθους 5 m, τα οποία περιλαμβάνουν συνδυασμένα όργανα μέτρησης καθιζήσεων και πλευρικών μετακινήσεων τύπου Idel και πνευματικά πιεζόμετρα. Στις κεφαλές των Idel τοποθετήθηκαν ειδικά τεμάχια τοπογραφικών μετρήσεων, με σκοπό την παρακολούθηση της συμπεριφοράς του υπεδάφους και σε βάθος πλέον των 5 m. Σε 13 θέσεις του αναχώματος εγκαταστάθηκαν φρεάτια παρακολούθησης της στάθμης των υπογείων υδάτων, κυρίως για το χρονικό διάστημα πλήρωσης του ταμιευτήρα, αλλά και για το χρόνο λειτουργίας του έργου.

Τυπική διάταξη οργάνων σε διατομή αναχώματος δίνεται στο σχ. 3. Η διάταξη των οργάνων κατά την οριζοντιογραφία δίνεται στο σχ. 1 (διατομές οργάνων Νο 1 έως Νο 9).



- I : Συνδυασμένο όργανο μέτρησης καθιζήσεων-κλίσεων τύπου Idel
- π: Πλάκα μέτρησης καθιζήσεων σε επίχωμα
- δ: Δακτύλιος μέτρησης καθιζήσεων σε γεώτρηση
- P: Πιεζόμετρο πνευματικού τύπου

Σχ. 3: Τυπική διάταξη οργάνων σε διατομή αναχώματος.

5. ΣΤΑΔΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ

Η κατασκευή του αναχώματος έγινε σε δυο στάδια. Το πρώτο στάδιο περιελάμβανε την κατασκευή του πρώτου τμήματος, ύψους 4 m. Στη συνέχεια η κατασκευή διακόπηκε, το μαλακό υπέδαφος στερεοποιήθηκε και ως εκ τούτου αυξήθηκε η διατμητική αντοχή του. Οι καθιζήσεις του μαλακού υπεδάφους σε συνδυασμό με τη μεταβολή της πίεσης πόρων παρακολούθηθηκαν με μετρήσεις γεωτεχνικών οργάνων. Το δεύτερο στάδιο περιελάμβανε την κατασκευή του δεύτερου τμήματος του αναχώματος ύψους 3.50m.

Με σκοπό την επιβεβαίωση της καταλληλότητας του ως άνω σχεδιασμού, τμήμα του αναχώματος μήκους 115 m προηγήθηκε της κατασκευής του υπολοίπου τμήματος του έργου. Το ανωτέρω τμήμα ονομάστηκε "δοκιμαστικό επίχωμα Νο 1" και κατασκευάστηκε σε περιοχή όπου εμφανίζονταν ιδιαίτερα δυσμενείς γεωτεχνικές συνθήκες. Στην περιοχή αυτή τοποθετήθηκαν όργανα, με τις μετρήσεις των οποίων καθώς και με συνεχείς μακροσκοπικές παρατηρήσεις παρακολουθείτο συνεχώς η συμπεριφορά του αναχώματος τόσο κατά την κατασκευή όσο και κατά τις περιόδους διακοπής της κατασκευής. Δεύτερο "δοκιμαστικό επίχωμα" μήκους 150 m προηγήθηκε του υπολοίπου τμήματος κατά τη δεύτερη φάση του έργου.

Η κατασκευή του 1ου δοκιμαστικού επίχωματος ξεκίνησε τον Αύγουστο 1996. Μέσα σε διάστημα περίπου 4 μηνών το ανάχωμα κατασκευάστηκε μέχρι το υψόμετρο +23.80 περίπου (α' φάση, ύψος αναχώματος 4 m). Στη συνέχεια και για τους επόμενους 6 μήνες η κατασκευή του ως άνω τμήματος του αναχώματος διακόπηκε. Τον επόμενο 1.5 μήνα, το "δοκιμαστικό" αυτό τμήμα κατασκευάστηκε μέχρι το υψόμετρο +26.60 (ύψος αναχώματος περί τα 6.80 m). Ακολούθως η κατασκευή διακόπηκε για 2 έτη. Από τα τέλη Μαΐου 1999 μέχρι τα μέσα Ιουνίου 1999 το ως άνω "δοκιμαστικό" τμήμα του αναχώματος ολοκληρώθηκε.

Κατά την παρακολούθηση του 1ου "δοκιμαστικού επίχωματος" κατά τα δύο έτη της διακοπής των

εργασιών και ενώ υπολειπόταν περί τα 0.90 m για την ολοκλήρωσή του, βγήκαν και τα πιο χρήσιμα συμπεράσματα για τη συμπεριφορά ολοκλήρου του έργου. Από την αξιολόγηση των μετρήσεων προέκυψε ότι μέσα στους πρώτους 8 μήνες περίπου από τη διακοπή του έργου η πίεση πόρων είχε εκτονωθεί στο 1/2 περίπου, ενώ μετά από ενάμιση έτος από τη διακοπή των εργασιών η πίεση πόρων έλαβε περίπου τις τιμές που είχε πριν την έναρξη της δεύτερης φάσης του αναχώματος, κάτι που σημαίνει ότι ολοκληρώθηκε το μεγαλύτερο μέρος της στερεοποίησης του μαλακού υπεδάφους. Παρόμοια συμπεριφορά προέκυψε και κατά τις μετρήσεις καθιζήσεων στα όργανα Idel.

Η πορεία κατασκευής του 1ου "δοκιμαστικού επιχώματος" και οι αντίστοιχες μετρήσεις των οργάνων δίδονται στο σχ. 4.

Από πρόσθετη γεωτεχνική έρευνα που εκτελέστηκε με γεώτρηση στην περιοχή του 1ου δοκιμαστικού επιχώματος στις αρχές Αυγούστου 1997 (μόλις είχε ολοκληρωθεί η κατασκευή αναχώματος ύψους 6.80 m), προέκυψε αύξηση της αντοχής του εδάφους έως και 35%.

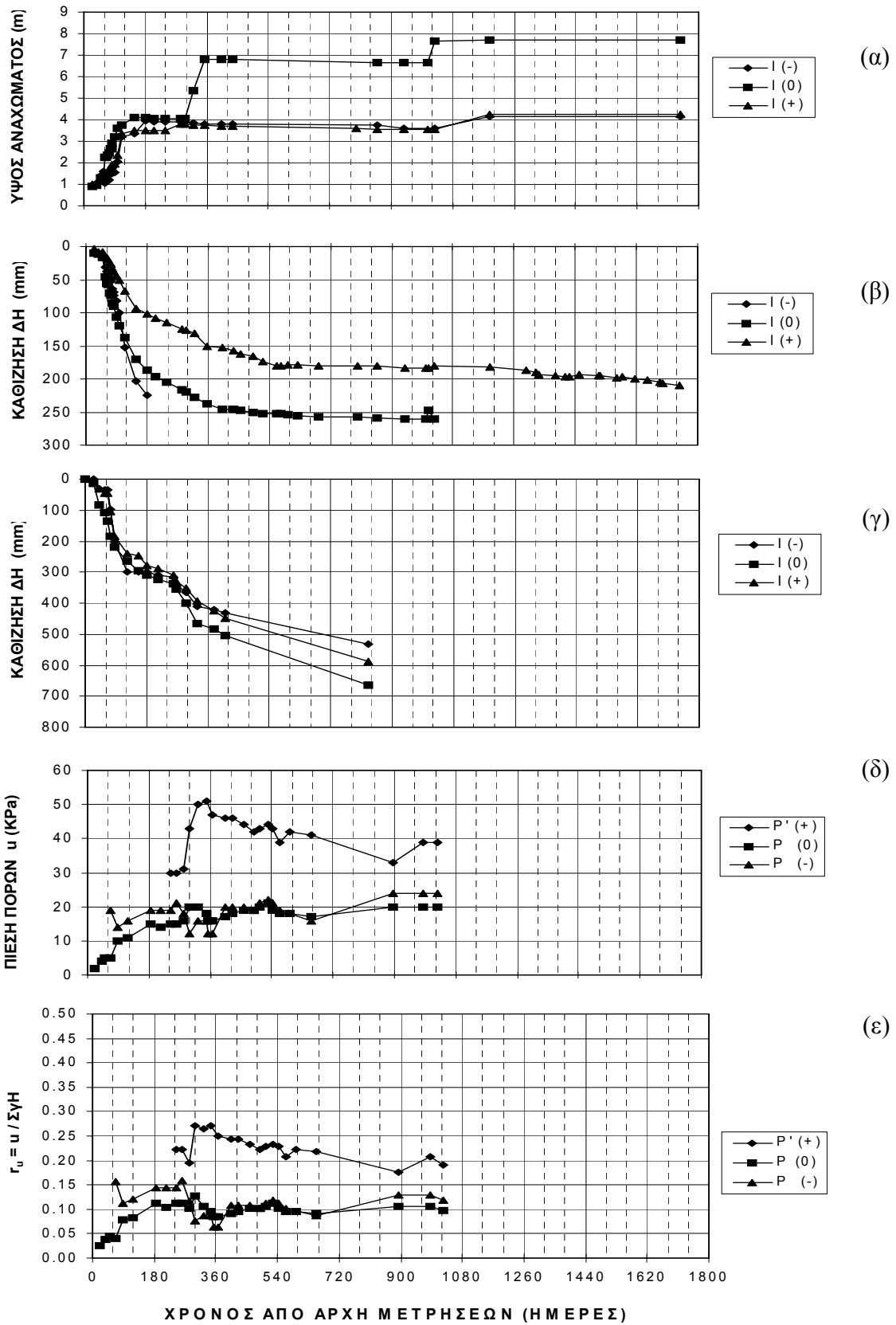
Με βάση τα συμπεράσματα από το "δοκιμαστικό επίχωμα", προχωρούσε παράλληλα αλλά με βραδύτερους ρυθμούς η κατασκευή όλου του αναχώματος. Η πρώτη φάση κατασκευής διήρκεσε 12-14 μήνες, κατά τους οποίους κατασκευάστηκε ανάχωμα ύψους περί τα 3.50 m. Η δεύτερη φάση της κατασκευής έγινε μετά από διακοπή διάρκειας 1.5-2 ετών και διήρκεσε περί τους 7-8 μήνες.

Μετά δύο έτη από την ολοκλήρωση της κατασκευής, από τις μετρήσεις των οργάνων προέκυψε ότι ολοκληρώθηκε το μεγαλύτερο μέρος των καθιζήσεων του μαλακού υπεδάφους.

6. ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΝΑΧΩΜΑΤΟΣ

Καθόλη τη διάρκεια κατασκευής του αναχώματος εκτελούνταν συνεχώς και επί καθημερινής βάσεως εργαστηριακές δοκιμές ποιοτικού ελέγχου που περιελάμβαναν κυρίως επιτόπου ελέγχους συμπίκνωσης, δοκιμές μεγίστης ξηρής πυκνότητας κατά Proctor, δοκιμές υγρασίας, κοκκομετρικής διαβάθμισης και ορίων Atterberg. Οι δοκιμές εκτελούνταν από ανεξάρτητο φορέα επιτόπου του έργου, ο οποίος παράλληλα ασκούσε και καθήκοντα γεωτεχνικού συμβούλου. Τα δείγματα λαμβάνονταν από τους δανειοθαλάμους, τις θέσεις παραγωγής και επεξεργασίας και την θέση κατασκευής (τελικός έλεγχος αποδοχής υλικών). Με βάση τα αποτελέσματα των δοκιμών και μετά από στενή συνεργασία όλων των φορέων (Αναδόχου, Επίβλεψης και Συμβούλου) γίνονταν συνεχώς διορθωτικές ενέργειες για την έντεχνη κατασκευή του αναχώματος.

Από τον αργιλικό πυρήνα λήφθηκαν αδιατάρακτα δείγματα για τον εργαστηριακό προσδιορισμό των μηχανικών ιδιοτήτων του υλικού όπως κατασκευάστηκε (as built). Οι δειγματοληψίες των αδιαταράκτων δειγμάτων έγιναν ανά 500 m περίπου κατά το μήκος του αναχώματος και για 3 διαφορετικά υψόμετρα. Συνολικά λήφθηκαν 302 αδιατάρακτα δείγματα από 33 διαφορετικές θέσεις. Οι εκτελεσθείσες δοκιμές επί των αδιαταράκτων δειγμάτων περιελάμβαναν τριαξονικές δοκιμές (αστράγγιστες επί προστερεοποιημένου δοκιμίου με μέτρηση πίεσης πόρων και ταχείες αστράγγιστες), δοκιμές ανεμπόδιστης θλίψης, στερεοποίησης, υγρασίες, όρια Atterberg, κοκκομετρήσεις με κόσκινα και αραιόμετρο, ειδικό και φαινόμενο βάρος.



Σχ. 4: Μετρήσεις οργάνων 1ου "δοκιμαστικού" επιχώματος, (α) πορεία κατασκευής, (β) καθιζήσεις στα όργανα Idel, (γ) τοπογραφικές μετρήσεις καθιζήσεων, (δ) και (ε) πιέσεις πόρων.

7. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο ταμιευτήρας Αρτζάν - Αματόβου ν. Κιλκίς κατασκευάστηκε σε περιοχή όπου επικρατούν δυσμενείς γεωτεχνικές συνθήκες (υπέδαφος χαμηλής αντοχής και μεγάλης συμπιεστότητας, ιδιαίτερα σε βάθος μέχρι 5 m από την επιφάνεια έδρασης). Τα ως άνω γεωτεχνικά προβλήματα αντιμετωπίστηκαν με τη σταδιακή κατασκευή του αναχώματος, η οποία είχε σκοπό τη βελτίωση της διατμητικής αντοχής του μαλακού υπεδάφους, λόγω στερεοποίησης οφειλόμενης στο βάρος του ίδιου του αναχώματος. Η βελτίωση της διατμητικής αντοχής του μαλακού εδάφους λόγω στερεοποίησης επιβεβαιώθηκε μετά από γεωτεχνική έρευνα. Σε όλα τα στάδια των εργασιών, κατά τη διάρκεια της ενδιάμεσης διακοπής των εργασιών καθώς επίσης και επί ένα ακόμη χρόνο μετά την ολοκλήρωση του έργου, η συμπεριφορά του αναχώματος παρακολουθείτο με μετρήσεις οργάνων, τα οποία τοποθετήθηκαν σε επιλεγμένες θέσεις. Σε περιοχές όπου εμφανίζονταν αμώδεις σχηματισμοί κατασκευάστηκαν έργα στεγανότητας που περιελάμβαναν κατά περίπτωση τάφρο στεγανότητας με υλικό πυρήνα ή διάφραγμα στεγανότητας τσιμέντου - μπεντονίτη. Στις δυσμενέστερες περιοχές, στην έδραση του αναχώματος και κάτω από τον αργιλικό πυρήνα, τοποθετήθηκε κατάλληλο γεώπλεγμα (geogrid) με σκοπό την σημαντική βελτίωση της ευστάθειας του αναχώματος και την επίλυση προβλημάτων που εμφανίστηκαν έντονα κατά την κατασκευή (βουλιάγματα, τοπικές θραύσεις κλπ).

Κατά την κατασκευή του έργου υπήρχε συνεχώς εγκατεστημένο ανεξάρτητο εργοταξιακό εργαστήριο στελεχωμένο με έμπειρο προσωπικό, το οποίο παρακολουθούσε σχολαστικά και σε καθημερινή βάση τις ιδιότητες των υλικών κατασκευής, τη συμπύκνωση των υλικών και την έντεχνη κατασκευή του έργου.

Από τις μετρήσεις και παρατηρήσεις προκύπτει ότι η συμπεριφορά του αναχώματος είναι η αναμενόμενη και ως εκ τούτου η μέθοδος σχεδιασμού και κατασκευής που βασίστηκε στην προφόρτιση από το ίδιο βάρος του αναχώματος, λαμβάνοντας υπόψη και την οικονομία της κατασκευής, κρίνεται ιδιαίτερα ικανοποιητική.

8. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θερμές ευχαριστίες εκφράζονται σε όλους όσους συμμετείχαν στο σχεδιασμό, κατασκευή και επίβλεψη του έργου. Στη Διευθύνουσα Υπηρεσία του έργου που ήταν το Τμήμα Εγγείων Βελτιώσεων της Διεύθυνσης Δημοσίων Έργων της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας (διευθυντής κ. Δ. Φράγκου). Τον Επιβλέποντα Μηχανικό κ. Ι. Αγγελούδη. Τη Διεύθυνση Τεχνικών Μελετών και Κατασκευών της Γενικής Διεύθυνσης Εγγειοβελτιωτικών Έργων και Γεωργικών Διαρθρώσεων του Υπουργείου Γεωργίας, Προϊσταμένη αρχή του έργου, η οποία και συνέλαβε την ιδέα και δημοπράτησε το έργο και ιδιαίτερα τους διευθυντές κ. Δ. Μαραγκουδάκη αρχικά και κ. Π. Παπάνη στη συνέχεια. Την Ανάδοχο κατασκευάστρια εταιρία ΤΕΡΝΑ Α.Ε. Την εταιρία Γεωτεχνική Θεμελιώσεων Ε.Π.Ε., η οποία άσκησε καθήκοντα ποιοτικού ελέγχου - Γεωτεχνικού Συμβούλου του Κυρίου του έργου και ιδιαίτερα το Διευθύνοντα Σύμβουλο της εταιρίας κ. Γ. Ρούσσο.

9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Γεωτεχνική Θεμελιώσεων ΕΠΕ, 2001, Κατασκευή Υδατοταμιευτήρα Αρτζάν-Αματόβου, Τελική έκθεση Γεωτεχνικού Συμβούλου, Τεύχη 1-4.

Stamatopoulos, A.C., Kotzias, P.C., 1985, Soil improvement by preloading, p.p. 261, J. Wiley.



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΥΔΡΟΤΕΧΝΙΚΗ ΕΝΩΣΗ
HELLENIC HYDROTECHNICAL ASSOCIATION



ΗΜΕΡΙΔΑ 29/5/2002

ΣΥΓΧΡΟΝΑ ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ-ΘΡΑΚΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
ΜΑΪΟΣ 2002