

Η συμπεριφορά του αργιλικού πυρήνα του φράγματος Ευήνου

The behaviour of the clay core of the Evinos dam

ΝΤΟΥΝΙΑΣ, Γ. Θ. Δρ Πολιτικός Μηχανικός, ΕΔΑΦΟΣ ΕΠΕ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ : Το φράγμα του Ευήνου, ύψους 126m, κατασκευάστηκε μεταξύ 1993 και 1997 με κεντρικό αργιλικό πυρήνα και κελύφη από αμμοχάλικα ποταμού και λιθορριπή φλύσχη. Ο πυρήνας κατασκευάστηκε από ιλυολιθικό φλύσχη και είναι εφοδιασμένος με πληθώρα οργάνων παρακολούθησης. Παρουσιάζεται η ανάπτυξη των τάσεων και των παραμορφώσεων κατά την κατασκευή, την 4χρονη ανάπαυση μέχρι το 2001, την πρώτη πλήρωση και τη λειτουργία μέχρι το 2005.

ABSTRACT : The 126m high Evinos dam, built between 1993 and 1997, has a central clay core and shoulders from river gravel and flysch rockfill. The core, made from clayey flysch, is equipped with an abundance of instruments. The evolution of the stresses and deformations is presented during construction, during a 4-year rest period till 2001 and during the first filling and subsequent operation till 2005.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

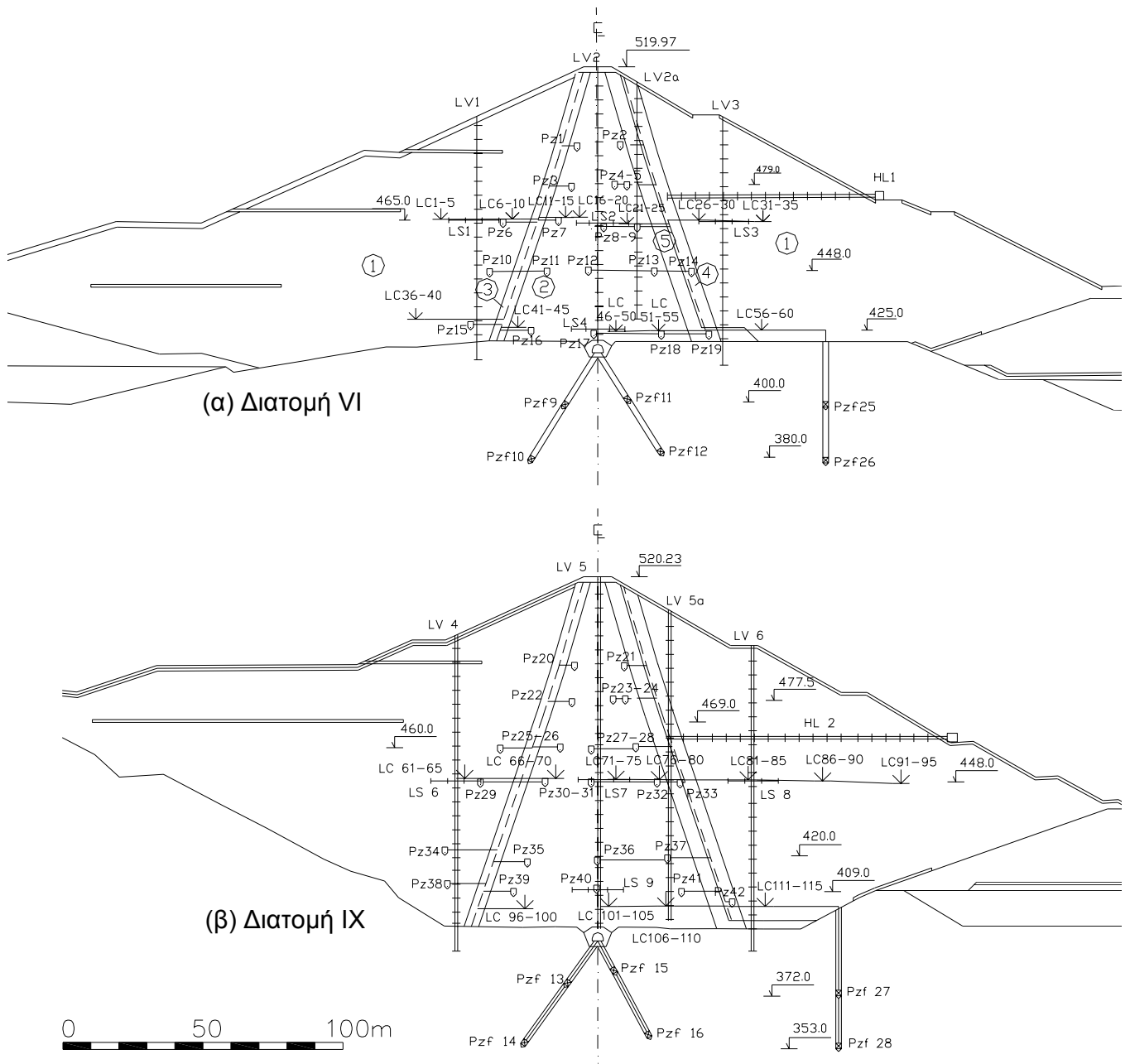
Το φράγμα του Ευήνου κατασκευάστηκε μεταξύ 1993 και 1997 ως τμήμα των έργων για την ενίσχυση της υδροδότησης των Αθηνών από τον Ποταμό Ευήνο. Έχει ύψος 126m από τη στάθμη θεμελίωσης, κεντρικό αργιλικό πυρήνα και κελύφη από αμμοχάλικα ποταμού και λιθορριπή ψαμμιτικού φλύσχη. Στοιχεία για τη μελέτη και την κατασκευή του φράγματος δίδονται από τους Ντουνιά κ.α. (1997), Ντουνιά και Παπαγεωργίου (2001) και Marinou et. al. (1995). Ο πυρήνας κατασκευάστηκε από ιλυολιθικό φλύσχη με ειδική μέθοδο απόληψης (Dounias et. al., 2002), έχει εξωτερική κλίση 3:1 (κατ.:οριζ.) και είναι εφοδιασμένος με πληθώρα οργάνων παρακολούθησης. Όργανα τοποθετήθηκαν στις διατομές IV (Σχ. 1α), IX (Σχ. 1β) και XI του φράγματος καθώς και σε πολλές ενδιάμεσες θέσεις, ιδίως στη θεμελίωση. Πρώτα στοιχεία από την ανάπτυξη τάσεων και παραμορφώσεων κατά την κατασκευή δίδονται από τους Dounias & Papageorgiou (2001).

Στον Πίνακα 1 δίδονται οι μέσες τιμές των παραμέτρων του υλικού του πυρήνα, όπως αυτές προέκυψαν από το πρόγραμμα ποιοτικού ελέγχου.

Πίνακας 1. Παράμετροι υλικού πυρήνα
Table 1. Parameters of core material

γ_d (kN/m ³)	19.39
w (%)	12.92
LL (%)	31.91
PI	14.15
γ_{dmax} (kN/m ³)	19.36
w_{opt} (%)	11.56
d < 0.075mm (%)	50.2
k (m/sec)	1.6×10^{-8}
c' (kN/m ²)	20
ϕ' (°)	29

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η ανάπτυξη των πιέσεων πόρων, των τάσεων και των παραμορφώσεων κατά την κατασκευή, την 4χρονη ανάπαυση μέχρι το 2001, την πρώτη πλήρωση και τη λειτουργία μέχρι το 2005.



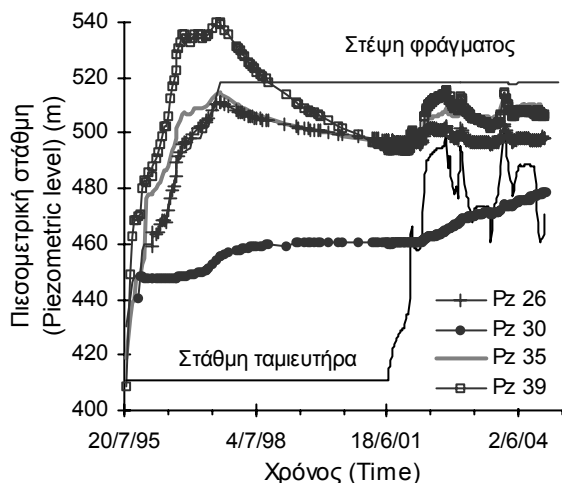
Pz: Ηλεκτρικό πιεσόμετρο LC: Κύτταρο πίεσης γαιών LV: Κλισιόμετρο – καθιζήσιμετρο HL: Οριζ. μηκυσιόμετρο
 Ph: Υδραυλικό πιεσόμετρο Pzf: Ηλεκτρ. πιεσ.-γεώτρηση LS: Γραμμικό μηκυσιόμετρο - καθιζήσιμετρο

Σχήμα 1. Διατομές VI και IX με τις θέσεις των οργάνων
 Figure 1. Sections VI and IX with instrument locations

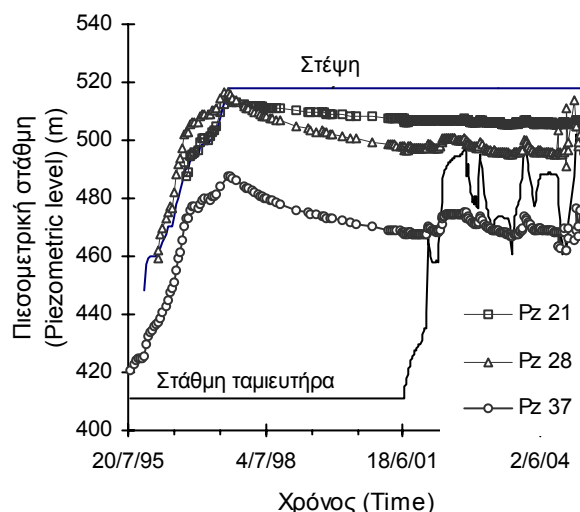
2. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΙΕΣΕΩΝ ΠΟΡΩΝ

Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται αφορούν στις μετρήσεις των ηλεκτρικών πιεσόμετρων τύπου δονούμενης χορδής που αποτελούν την πλειοψηφία των οργάνων. Τα αποτελέσματα των υδραυλικών πιεσόμετρων συμβαδίζουν, στις περιόδους λειτουργίας τους, με αυτά των ηλεκτρικών.

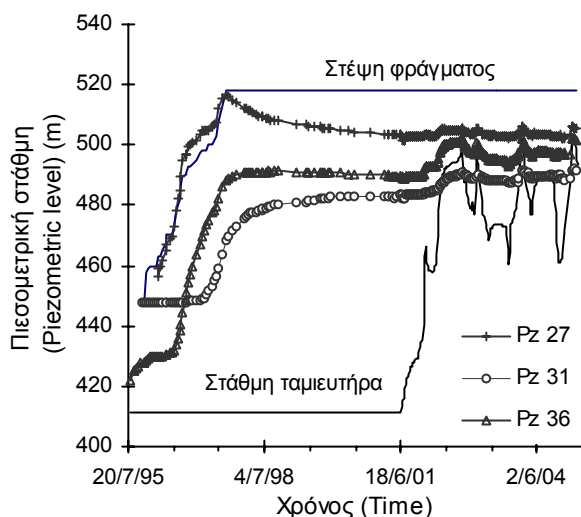
Στα Σχήματα 2, 3 και 4 παρουσιάζονται οι μετρήσεις στη Διατομή IX κατά την κατασκευή, την περίοδο ανάπαυσης και την περίοδο πλήρωσης και λειτουργίας για τα όργανα που είναι τοποθετημένα κοντά στην ανάντη παρειά, στο κέντρο και στην κατόντη παρειά.



Σχήμα 2. Πιέσεις πόρων, ΙΧ, ανάντη
Figure 2. Pore pressures, IX, Upstream.



Σχήμα 4. Πιέσεις πόρων, ΙΧ, κατόντη
Figure 4. Pore pressures, IX, downstream.



Σχήμα 3. Πιέσεις πόρων, ΙΧ, κέντρο
Figure 3. Pore pressures, IX, centerline.

2.1 Κατά την κατασκευή και ανάπαυση

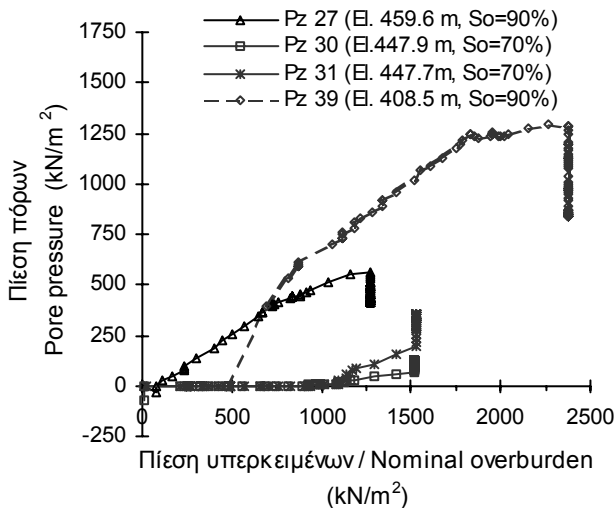
Αμέσως μετά την εγκατάσταση των πιεσόμετρων μετρήθηκαν μηδενικές ή αρνητικές πιέσεις του νερού των πόρων. Οι διακυμάνσεις στις αρχικές μετρήσεις οφείλονται στις διαφορετικές συνθήκες εγκατάστασης και στον κυμαινόμενο βαθμό κορεσμού του περιβάλλοντος υλικού.

Οι μηδενικές μετρήσεις συνεχίστηκαν μέχρις ότου η στάθμη του αναχώματος έφτασε αρκετά πάνω από την εκάστοτε στάθμη τοποθέτησης, οπότε παρατηρήθηκαν θετικές τιμές. Το ύψος των υπερκειμένων που απαιτήθηκε ώστε να αρχίσει η αύξηση της πίεσης του νερού των πόρων κυμαίνεται από λίγα μέτρα έως 50 m.

Η πλέον συνηθισμένη τιμή απαιτούμενου ύψους στην πλειοψηφία των πιεσομέτρων ήταν 10 έως 20 m. Το απαιτούμενο ύψος, δηλαδή η απαιτούμενη επιβολή πίεσης, εξαρτάται από τον αρχικό βαθμό κορεσμού του υλικού που περιβάλλει το πιεσόμετρο. Έτσι η ταχύτητα απόκρισης αντικατοπτρίζει τον αρχικό βαθμό κορεσμού. Σε μια ζώνη που τοποθετήθηκε με σχετικά χαμηλότερη υγρασία (425 έως 450 m περίπου) η απόκριση των πιεσομέτρων ήταν πιο αργή αλλά και σε αυτή την περίπτωση από το τέλος της κατασκευής και για χρονικό διάστημα περίπου δύο ετών μετρήθηκαν θετικές πιέσεις. Η παράμετρος B (Skempton, 1954) επηρεάζεται σημαντικά από τον αρχικό βαθμό κορεσμού και τα φυσικά χαρακτηριστικά του υλικού, κυρίως της πλαστικότητας (Bishop and Henkel, 1962). Η επίπτωση του αρχικού βαθμού κορεσμού στην απόκριση είναι εμφανής στο Σχήμα 5, όπου παρουσιάζονται οι πιέσεις πόρων τυπικών πιεσομέτρων συναρτήσει της ονομαστικής πίεσης υπερκειμένων (γ_h), για τη Διατομή ΙΧ. Χαρακτηριστικά, τα πιεσόμετρα με υψηλό αρχικό βαθμό κορεσμού παρουσίασαν ταχεία ανάπτυξη πιέσεων πόρων και μετά το πέρας της κατασκευής μείωση λόγω στερεοποίησης. Αυτά με χαμηλό βαθμό κορεσμού του περιβάλλοντος υλικού παρουσίασαν αργή ανάπτυξη πιέσεων η οποία συνεχίστηκε μετά την κατασκευή.

Μετά την υπέρβαση του κρίσιμου ύψους υπερκειμένων οι πιέσεις ακολουθούσαν την ανύψωση του επιχώματος. Από τον Αύγουστο του 1997, οπότε το φράγμα πρακτικά ολοκληρώθηκε, τα πιεσόμετρα άρχισαν να δείχνουν

σαφή μείωση της πίεσης των πόρων, φαινόμενο που υποδηλώνει στερεοποίηση. Εξαιρέση αποτέλεσαν μερικά πιεσόμετρα όπου η πίεση ήταν σταθερή ή και αυξανόταν ελαφρώς. Τα πιεσόμετρα της ανάντη στοιβάδας, του κέντρου και της κατάντη στοιβάδας έδειξαν παρόμοια συμπεριφορά.



Σχήμα 5. Διατομή ΙΧ, υγρή και ξηρή απόκριση
Figure 5. Section IX, wet and dry response.

Εάν χονδρικά θεωρηθούν συνθήκες μονοδιάστατης στερεοποίησης στον πυρήνα, υποθέτοντας ότι η στράγγιση γίνεται μόνο από την ανάντη και κατάντη παρειά, από τις μετρήσεις των πιεσόμετρων κατά την περίοδο ανάπαυσης μπορούν να προσεγγισθούν ο συντελεστής στερεοποίησης, c_v , και ο συντελεστής υδροπερατότητας, k . Με εφαρμογή της κλασικής θεωρίας μονοδιάστατης στερεοποίησης του Terzaghi (Lambe and Whitman, 1979) στα πιεσόμετρα προκύπτουν τα αποτελέσματα του Πίνακα 2. Υποτέθηκαν δύο τιμές του μέτρου συμπίεσης $D=30$ Mpa, που υποδεικνύεται από τις μετρήσεις των οργάνων, και $D=15$ Mpa.

Πίνακας 2. Αποτελέσματα 1D στερεοποίησης
Table 2. 1D consolidation results

	$C_v, m^2/yr$	$k, m/sec$	
		$D= 30$ Mpa	$D= 15$ Mpa
Γενικός μέσος	14.06	1.46E-10	2.92E-10
Μέσος κέντρο	31.26	3.24E-10	6.48E-10
Μέσος παρειές	7.81	8.09E-11	1.62E-10
Ελάχιστο	2.38	2.47E-11	4.94E-11
Μέγιστο	54.32	5.63E-10	1.13E-09

Ο μέσος όρος του συντελεστή στερεοποίησης, c_v , από τις εργαστηριακές δοκιμές στερεοποίησης ήταν 3.87, μικρότερος από τα αποτελέσματα των χονδρικών υπολογισμών. Ο συντελεστής υδροπερατότητας που προκύπτει είναι σημαντικά μικρότερος από αυτόν που είχε εκτιμηθεί από τις επί τόπου και τις εργαστηριακές δοκιμές.

2.2 Κατά την πλήρωση και λειτουργία

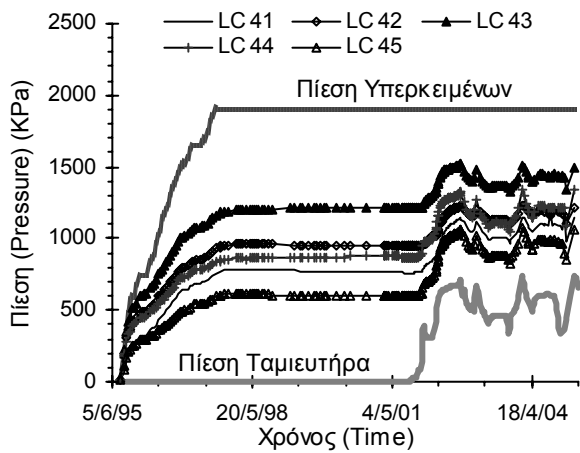
Μέχρι που η στάθμη του νερού του ταμιευτήρα ανήλθε στα +460m οι πιέσεις πόρων δεν έδειξαν ουσιαστική μεταβολή. Από τη στάθμη +460 m έως +480 m περίπου άρχισαν κάποια πιεσόμετρα της ανάντη πλευράς να αποκρίνονται με σταδιακή αύξηση των μετρήσεων. Όταν η στάθμη ανέβηκε πάνω από τα +480m περίπου τα περισσότερα πιεσόμετρα της ανάντη πλευράς καθώς και του κέντρου του πυρήνα έδειξαν αύξηση. Η άνοδος της στάθμης επηρέασε κυρίως τα πιεσόμετρα του πυρήνα που βρίσκονται κοντά στη διεπιφάνεια πυρήνα - ανάντη φίλτρου. Η πτώση της στάθμης του ταμιευτήρα, από το Νοέμβριο 2002 έως τον Ιανουάριο 2003, προκάλεσε ανάλογη μείωση της πίεσης των πόρων. Τα πιεσόμετρα που βρίσκονται στο κέντρο και κατάντη παρουσίασαν πολύ μικρή απόκριση. Έκτοτε τα πιεσόμετρα ανταποκρίνονται στις αυξομειώσεις της στάθμης του ταμιευτήρα, με τα ανάντη να δείχνουν τη μεγαλύτερη απόκριση.

Η μεταβολή στις πιέσεις του ύδατος των πόρων του πυρήνα οφείλεται σε δύο κύριους μηχανισμούς. Ο πρώτος μηχανισμός είναι αυτός της αστράγγιστης απόκρισης στην μεταβολή των ολικών τάσεων που επιβάλλονται από την υδροστατική πίεση του ταμιευτήρα. Οι μεταβολές αυτές είναι ταχείες και το μέγεθός τους είναι ποσοστό της συνολικής αύξησης των τάσεων. Η μεταβολή στις ολικές τάσεις μειώνεται από τα ανάντη προς τα κατάντη και άρα και η αστράγγιστη απόκριση είναι μεγαλύτερη κοντά στην ανάντη παρειά. Τα πιεσόμετρα αποκρίνονται κατά κύριο λόγο στην αστράγγιστη φόρτιση του νερού. Ενδεικτική είναι η αύξηση των πιέσεων πόρων προς πιεσομετρικές στάθμες ανώτερες από την στάθμη του ταμιευτήρα.

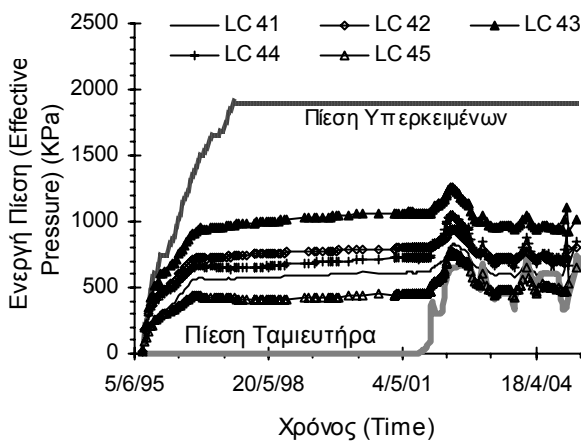
Ο δεύτερος μηχανισμός είναι αυτός της τάσης εξισορρόπησης της πίεσης του νερού των πόρων με αυτή που αντιστοιχεί στο καθεστώς του τελικού δικτύου ροής, για την συγκεκριμένη στάθμη του ταμιευτήρα. Η ταχύτητα της διαδικασίας αυτής εξαρτάται από την υδροπερατότητα του υλικού και από το

μήκος της διαδρομής στράγγισης προς τις ανάντη και κατόντη παρειές και προς τη θεμελίωση, που έχει υδροπερατότητα σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή του πυρήνα. Για το υλικό του πυρήνα του Ευήνου ο ρυθμός αυτών των μεταβολών θα είναι αργός και θα παρουσιάζει σημαντική υστέρηση σε σχέση με τη μεταβολή της στάθμης του ταμιευτήρα. Η αναμενόμενη ετήσια διακύμανση της στάθμης του ταμιευτήρα εκτιμάται ότι δεν θα επιτρέψει να αποκατασταθούν συνθήκες μακροχρόνιας σταθερής ροής στον πυρήνα.

Το μόνο πιεσόμετρο που έχει τάση γρήγορης εξισορρόπησης με την πίεση που αντιστοιχεί στο δίκτυο ροής είναι το Pz16 που βρίσκεται κοντά στην ανάντη παρειά και ταυτοχρόνως κοντά στην επιφάνεια θεμελίωσης.



(α) Ολικές τάσεις / Total stresses



(β) Ενεργές τάσεις / Effective stresses

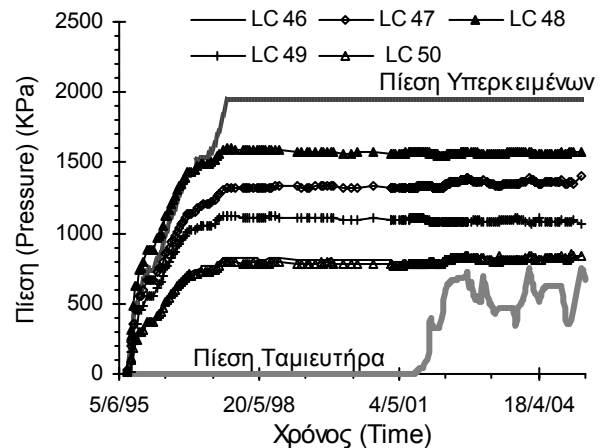
Σχήμα 6. Κύτταρα LC 41-45, VI, ανάντη
Figure 6. Cells LC 41-45, VI, upstream

3. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΑΣΕΩΝ

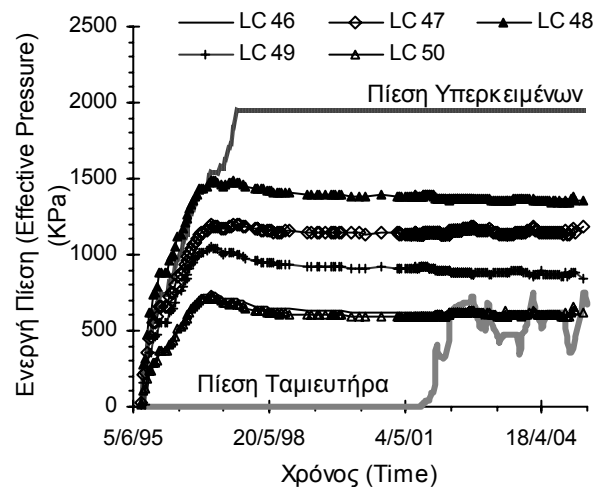
Στο φράγμα τοποθετήθηκαν ομάδες των 5 κυττάρων λεπτού δίσκου πληρωμένου με λάδι και εφοδιασμένου με μορφοτροπέα τύπου δονούμενης χορδής για την μέτρηση της πίεσης. Τα κύτταρα κάθε ομάδας είναι τοποθετημένα ως εξής: 1^ο: κατακόρυφα, διαμήκη έννοια, 2^ο: 45^ο προς τα ανάντη, 3^ο: οριζόντιο, 4^ο: 45^ο προς τα κατόντη, 5^ο: κατακόρυφα, εγκάρσια έννοια

Στα Σχήματα 6 και 7 παρουσιάζονται οι διακυμάνσεις στις ολικές και ενεργές τάσεις για τις ομάδες κυττάρων LC 41-45 και LC 46-50, που βρίσκονται στη Διατομή VI, κοντά στην ανάντη παρειά και στο κέντρο αντιστοίχως.

Παρά τα προβλήματα αξιοπιστίας που έχουν αναφερθεί για τα σχετικά όργανα (Dunnicliff, 1988), οι μετρήσεις δίδουν χρήσιμα ποιοτικά αλλά και ποσοτικά συμπεράσματα.



(α) Ολικές τάσεις / Total stresses



(β) Ενεργές τάσεις / Effective stresses

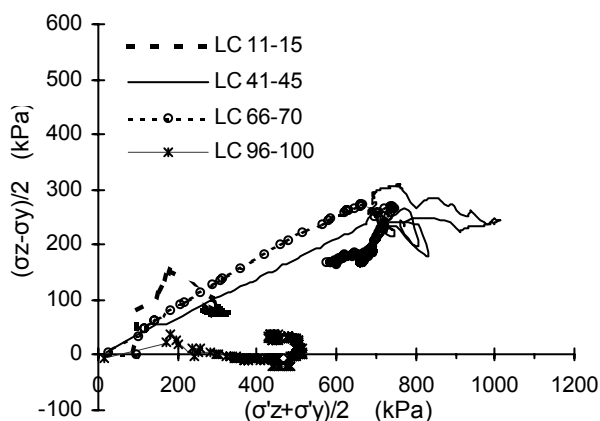
Σχήμα 7. Κύτταρα LC 46-50, VI, κέντρο
Figure 7. Cells LC 46-50, VI, centerline

Κατά την κατασκευή οι μετρήσεις “παρακολούθησαν” την ανύψωση του φράγματος. Οι ολικές τάσεις συνέχισαν να αυξάνονται μέχρι την ολοκλήρωση του φράγματος. Οι ενεργές τάσεις παρουσίασαν μια επιβράδυνση προς το τέλος της κατασκευής και ενίοτε ακόμη και μικρή μείωση (Σχ. 6 και 7). Αυτό πιθανώς οφείλεται στην αύξηση του συντελεστή B λόγω αύξησης των πιέσεων και του κορεσμού και έτσι η αύξηση στις ολικές τάσεις αντιστοιχεί κυρίως σε αύξηση των πιέσεων πόρων.

Στο διάστημα ανάπαυσης, 1997 με 2001, οι ολικές τάσεις έδειξαν στασιμότητα ή μείωση οφειλόμενη μάλλον στην μερική αποτόνωση των πιέσεων πόρων λόγω στερεοποίησης.

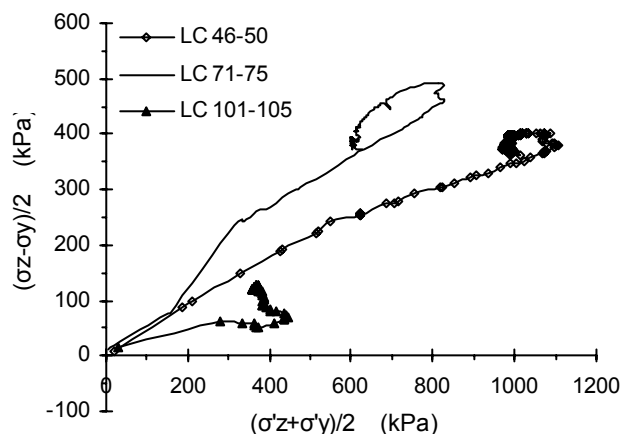
Οι αυξομειώσεις της στάθμης του ταμιευτήρα προκαλούν αντίστοιχες μεταβολές των ολικών τάσεων που είναι έντονες στα κύτταρα της ανάντη παρειάς, μικρότερες στο κέντρο και ανεπαίσθητες στην κατόντη παρειά. Οι ενεργές τάσεις παρουσιάζουν αντίστοιχες μεταβολές. Η αύξηση των τάσεων είναι αναμενόμενη και σε κάποιο βαθμό επιθυμητή διότι παρέχει μεγαλύτερη ασφάλεια έναντι υδραυλικής θραύσης.

Στα Σχήματα 8, 9 και 10 παρουσιάζονται διαδρομές τάσεων σε χώρο $(\sigma'_z + \sigma'_y)/2$, $(\sigma_z - \sigma_y)/2$ που καλύπτουν την κατασκευή, την ανάπαυση και την πλήρωση και λειτουργία. Φαίνεται διαφορετική συμπεριφορά ανάλογα με τη θέση των κυττάρων.

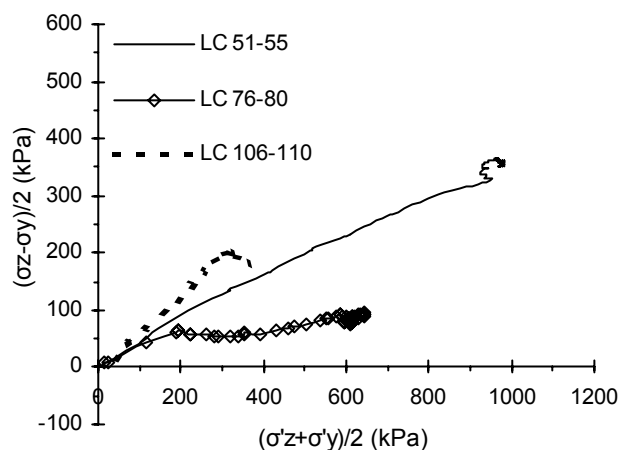


Σχήμα 8. Διαδρομές τάσεων, ανάντη
Figure 8. Stress paths, upstream.

Γενικά όμως εμφανίζονται να φθάνουν την περιβάλλουσα αστοχίας και να ταξιδεύουν επί αυτής. Στο κέντρο η φόρτιση προσομοιάζει με αυτή της τριαξονικής συσκευής. Κατά τις αυξομειώσεις της στάθμης του ταμιευτήρα οι διαδρομές των τάσεων τείνουν να είναι ανακυκλιζόμενες.



Σχήμα 9. Διαδρομές τάσεων, κέντρο
Figure 9. Stress paths, centerline

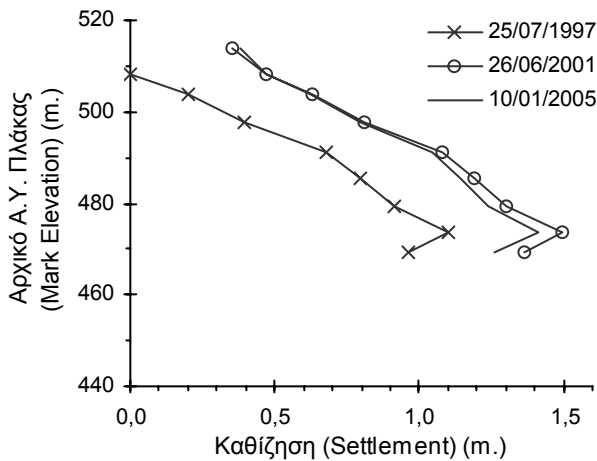


Σχήμα 10. Διαδρομές τάσεων, κατόντη
Figure 10. Stress paths, downstream

4. ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ

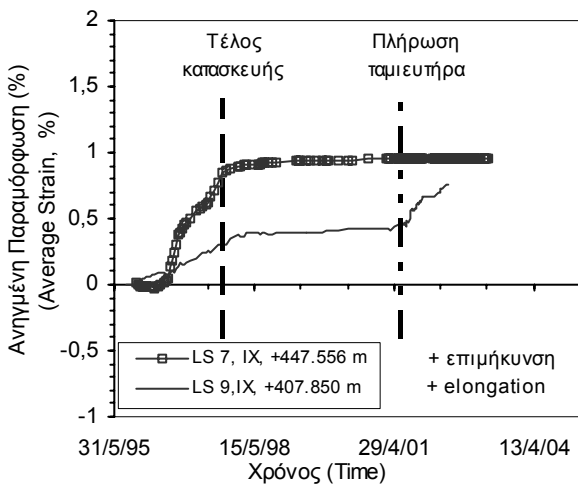
Οι παραμορφώσεις στον πυρήνα μετρώνται με [α] κατακόρυφα συνδυασμένα αποκλισιόμετρα - καθιζησιόμετρα, LV, [β] γραμμικά μηκυνσιόμετρα, LS και [γ] βάθρα ελέγχου επιφανειακών μετακινήσεων, S.

Στο Σχήμα 11 παρουσιάζονται οι καθιζήσεις στο συνδυασμένο κλισιόμετρο – καθιζησιόμετρο LV5 της Διατομής IX. Δίνονται οι καθιζήσεις στο πέρας της κατασκευής (Σεπτέμβριος 1997), πριν την έναρξη της πρώτης πλήρωσης (Μάιος 2001) και τέσσερα χρόνια μετά (Ιανουάριος 2005). Λόγω βλάβης των οργάνων δεν ήταν εφικτή η μέτρηση σε όλο το βάθος. Η μέγιστη καθίζηση που μετρήθηκε ήταν 1.5 m περίπου, εκτιμάται όμως ότι η μέγιστη καθίζηση θα εκδηλώθηκε λίγο βαθύτερα και θα ήταν της τάξεως των 2m.

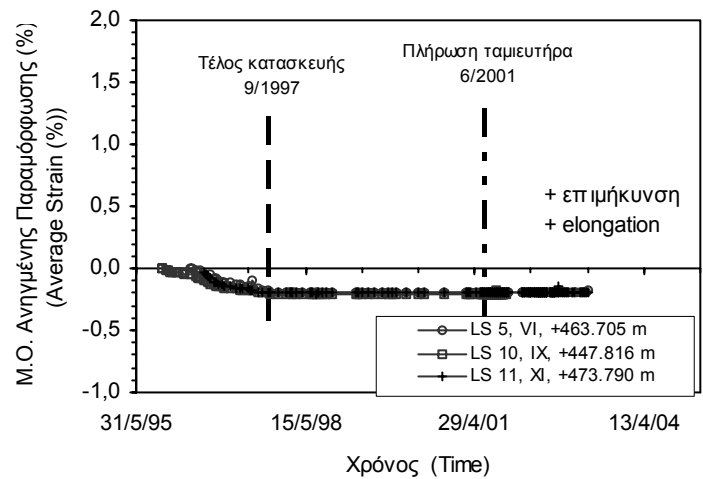


Σχήμα 11. Καθιζήσεις στο LV 5, IX
Figure 11. Settlements at LV5, IX

Στα Σχήματα 12 και 13 παρουσιάζεται η εξέλιξη των ανηγμένων παραμορφώσεων, όπως αυτές μετρήθηκαν από τα γραμμικά μηκυσιομέτρα που είναι τοποθετημένα εγκάρσια και κατά μήκος του άξονα αντιστοίχως. Κατά τη φάση της κατασκευής παρατηρήθηκε μικρή πλευρική εξάπλωση κατά την εγκάρσια διεύθυνση (Σχ. 12) και ελάχιστη συμπίεση κατά τη διαμήκη διεύθυνση (Σχ. 13). Κατά το διάστημα που μεσολάβησε μέχρι την πλήρωση οι μετρήσεις ήταν περίπου σταθερές με πολύ αργή αύξηση της εξάπλωσης και της συμπίεσης. Κατά την πρώτη πλήρωση το 2001, η μέγιστη ανηγμένη παραμόρφωση κατά την εγκάρσια διεύθυνση ήταν +1.2% ενώ κατά τη διαμήκη διεύθυνση ήταν -0.21%. Μετά την πλήρωση παρατηρήθηκε μόνο μικρή αύξηση της εγκάρσια εξάπλωσης.

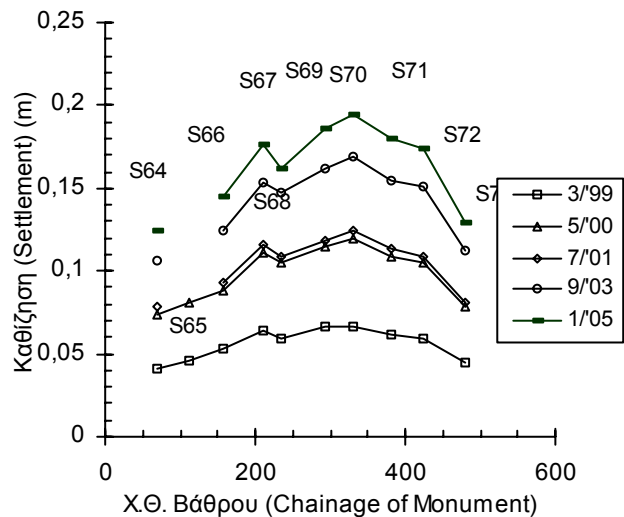


Σχήμα 12. Εγκάρσια παραμόρφωση
Figure 12. U/S - D/S strain



Σχήμα 13. Διαμήκης παραμόρφωση
Figure 13. Longitudinal strain

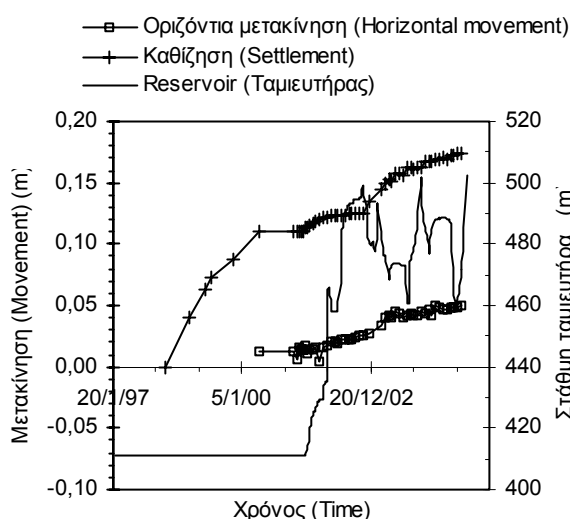
Στο Σχήμα 14 παρουσιάζονται οι καθιζήσεις της κατάντη σειράς βάθρων της στέψης, S64-73 σε διάφορες χρονικές στιγμές. Η μέγιστη καθίζηση που παρατηρήθηκε στη στέψη κατά την 4χρονη ανάπαυση ήταν 12.5cm. Τα 4 χρόνια της πλήρωσης και λειτουργίας παρατηρήθηκε μέγιστη καθίζηση 7cm. Οι ολικές μέγιστες καθιζήσεις στη στέψη είναι 20cm περίπου, τιμή που αντιστοιχεί στο 0.17% του ύψους του φράγματος.



Σχήμα 14. Καθιζήσεις στη στέψη
Figure 14. Settlements at the crest

Στο Σχήμα 15 παρουσιάζεται η εξέλιξη του μέσου όρου των μετακινήσεων των κατάντη βάθρων της στέψης S68-72. Παρατηρείται ότι ο ρυθμός των καθιζήσεων μετά την κατασκευή ήταν μειούμενος και είχε ελαχιστοποιηθεί πριν

την έναρξη της πλήρωσης. Με την έναρξη της πλήρωσης και την επακόλουθη διακύμανση του ταμιευτήρα υπήρξε μικρή επιτάχυνση των καθιζήσεων. Τώρα ο ρυθμός των καθιζήσεων είναι πολύ μικρός και βαίνει μειούμενος. Οι οριζόντιες μετακινήσεις είναι πολύ μικρές και παρουσιάζουν μια πλασματική διακύμανση επειδή είναι μόλις μεγαλύτερες από την ακρίβεια των μετρήσεων. Η γενική τάση όμως είναι για μικρή μετατόπιση προς τα αριστερά, που εκδηλώθηκε λόγω της πόντισης του ανάντη κελύφους. Αυτό είναι εμφανέστερο στην ανάντη σειρά των βάθρων. Ο ρυθμός μετακίνησης βαίνει μειούμενος. Εκτιμάται ότι θα συνεχίσει μια πολύ μικρή μετακίνηση προς τα αριστερά η οποία θα εκδηλώνεται μετά από κάθε κύκλο πλήρωσης - εκκένωσης του ταμιευτήρα.



Σχήμα 15. Μέσος όρος καθιζήσεων στη στέψη
Figure 15. Average settlements at the crest

5. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Κύριος για την οριστική μελέτη και κατασκευή του φράγματος ήταν η ΕΥΔΕ/ΟΣΥΕ του ΥΠΕΧΩΔΕ. Η κατασκευή του φράγματος έγινε από την Κ/Ξ ΑΕΓΕΚ – ΜΕΤΩΝ – ΔΟΜΙΚΑ ΕΡΓΑ. Υπεύθυνοι για την οριστική μελέτη των έργων του Ευήνου ήταν οι εταιρείες Γ. Καραβοκύρης και Συν/τες και ΟΤΜ. Η ΕΔΑΦΟΣ Ε.Π.Ε. ήταν σύμβουλος του Αναδόχου υπεύθυνος για τον γεωτεχνικό σχεδιασμό του φράγματος και την παρακολούθηση της συμπεριφοράς του. Ο καθ. P.R. Vaughan του Imperial College ήταν γεωτεχνικός σύμβουλος για το φράγμα. Η αξιολόγηση των μετρήσεων των οργάνων έγινε από την ΕΔΑΦΟΣ ΕΠΕ

μέχρι το 2003 και σε συνεργασία με την ΕΥΔΑΠ μέχρι το 2005. Το έργο παρέλαβε και παρακολουθεί από το 2003 η ΕΥΔΑΠ. Ευχαριστούμε όλους για τη συνεργασία.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bishop, A. W. and Henkel, D. J. (1962), "The measurement of soil properties in the Triaxial Test", Edward Arnold Ltd., London, 2nd Edition
- Dounias, G. & Papageorgiou, E. (2001), "Stresses and Strains in the Evinos dam, Greece", XVth International Conference on Soil Mechanics & Geotechnical Engineering. Istanbul, Vol. 1, pp. 401-404
- Dounias, G., Vaughan, P. & Cavounidis, S. (2002), "Making an impermeable clay core from a flysch mudrock", Geotechnical and Geological Engineering Journal, Vol. 20, No.1, pp 17-40
- Dunnclyff, J. (1988), "Geotechnical instrumentation for monitoring field performance", John Wiley & Sons
- Lambe, T. W. and Whitman, R. V. (1979), "Soil Mechanics, SI Version", John Wiley & Sons
- Marinos P., Dounias G. and Karavokyris G. (1995) "Flysch Geological Features and the Design of Evinos Dam, Greece". Proc. XI European Conference Soil Mech. Found. Eng., Copenhagen, Vol. 7, pp. 7.111-7.116
- Ντουνιάς, Γ.Θ., Μαρίνος, Π. και Καραβοκύρης, Ι.Γ. (1997). "Γεωτεχνικός σχεδιασμός φράγματος Ευήνου", Πρακτικά 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου Γεωτεχνικής Μηχανικής, Πάτρα, Τομ. 1, σελ. 363-370
- Ντουνιάς, Γ. & Παπαγεωργίου, Ε. (2001), "Τα Υλικά Κατασκευής του Φράγματος Αγίου Δημητρίου Ευήνου", 4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωτεχνικής & Γεωπεριβαλλοντικής Μηχανικής, Αθήνα, Τομ. 2, σελ. 529-536
- Skempton, A. W. (1954), "The pore pressure coefficient A and B", Geotechnique, Vol.4, p.143-147