

Φράγμα Αστερίου: Μελέτη και σχεδιασμός του σώματος του φράγματος

Π. Παναγόπουλος

Πολιτικός Μηχανικός, Ph.D. ECOS Μελετητική Α.Ε.

Μ. Καββαδάς

Αναπλ. Καθηγητής, Τομέας Γεωτεχνικής ΕΜΠ

Αθ. Πλατής

Πολιτικός Μηχανικός, M.Sc., ΓΕΩΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΕΠΕ.

Λέξεις κλειδιά: φράγμα Αστερίου, ιλύολιθος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Παρουσιάζονται τα κύρια χαρακτηριστικά του 75 μέτρων ύψους χωμάτινου φράγματος Αστερίου. Το φράγμα βρίσκεται περί τα 20 χιλιόμετρα νότια της Πάτρας όπου επικρατεί ο ιλυολιθικός φλύσχος της ζώνης Γαβρόβου. Ο πυρήνας του φράγματος κατασκευάζεται από αποσθρωμένο ιλύολιθο μέγιστης διάστασης κόκκου 8cm (μετά τη διάστρωση). Τα υλικά θα διαβρέχονται στον δανειοθάλαμο, θα διαστρώνονται και αναμοχλεύονται με δισκόσβαρνα και θα συμπυκνώνονται σε στρώσεις πάχους 15cm με κυλίνδρους λειτουργικού βάρους τουλάχιστον 15 t με αιχμές (peg foot) για την θραύση των μεγαλύτερων κλασμάτων με 10 τουλάχιστον διελεύσεις. Τα σώματα στήριξης κατασκευάζονται από υγιή ιλύολιθο. Η διάστρωση των υλικών κατασκευής των σωμάτων στήριξης θα γίνεται σε στρώσεις πάχους 40 cm μετά από την συμπύκνωση και έτσι το μέγιστο μέγεθος λίθων έχει οριστεί σε 25 cm. Τέλος, τα φίλτρα και στραγγιστήρια κατασκευάζονται από αμμοχάλικα της κοίτης ανάντη και κατόντη του φράγματος.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το φράγμα Αστερίου βρίσκεται περί τα 20 χιλιόμετρα Ν της Πάτρας στον ποταμό Παραπίρο και έχει σκοπό την ενίσχυση της ύδρευσης της Πάτρας. Το ύψος του φράγματος είναι περίπου 75 m από την θεμελίωσή του. Η κλίση του ανάντη πρανούς είναι 1:3 με δύο μπάγγινες και του κατόντη πρανούς είναι 1:2,75 με δύο μπαγγίνες.

Το έργο είχε εκπονηθεί σε προηγούμενη φάση σε επίπεδο Προμελέτης [2]. Η Οριστική Μελέτη εκπονήθηκε για λογαριασμό της Διεύθυνσης Δ6 του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. από την σύμπραξη μελετητών:

- Γ. Καραβοκύρης και Συνεργάτες Σύμβουλοι Μηχανικοί ΕΠΕ, ECOS Μελετητική Α.Ε., Ν. Μαυρονικολάου – Δ. Κάρκας & Συνεργάτες ΥΔΡΕΤΜΕ ΕΕ (μελετητές υδραυλικών έργων)
- Αναπτυξιακές-Τεχνικές Μελέτες ΑΝ.ΤΕΜ. ΕΠΕ. (μελετητές Η/Μ έργων), και
- Π. Παντζαρτζής (γεωλόγος).

Παράλληλα, εκπονήθηκαν με χωριστές συμβάσεις για τις γεωτεχνικές έρευνες (ΕΔΑΦΟΣ ΕΠΕ) και τις τοπογραφικές εργασίες (Ν. Περδικάρης & Συνεργάτες Ε.Ε.). Σύμβουλοι εμπειρογνώμονες του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. ήταν οι V. Milligan, καθ. Π. Μαρίνος και R. Coxon.

Η μελέτη υπεβλήθη τον Δεκέμβριο του 2003 και τα Τεύχη Δημοπράτησης 1 μήνα μετά.

Την κατασκευή του έργου ανέλαβε η ΕΥΔΕ ΟΣΥΕ και το έργο ανετέθη την 14.12.2005 στην Μηχανική Α.Ε.. Παράλληλα ανατέθηκαν από την ΕΥΔΕ ΟΣΥΕ καθήκοντα Τεχνικού Συμβούλου στην Κοινοπραξία Συμβούλου Ύδρευσης Πάτρας: Γ.Καραβοκύρης & Συν/τες Σύμβουλοι Μηχανικοί, Ζ & Α.Π.Αντωναρόπουλος & Συν/τες Σύμβουλοι Μηχανικοί, Έδαφος Σύμβουλοι Μηχανικοί, Αναπτυξιακές Τεχνικές Μελέτες "ΑΝ.ΤΕ.Μ." & Ιωάννης Μαρούκης.

Η παρούσα ανακοίνωση αφορά στον σχεδιασμό του σώματος του φράγματος που ανέλαβε η ECOS Μελετητική Α.Ε. στα πλαίσια της παραπάνω σύμπραξης. Σύμβουλοι της ECOS για την μελέτη αυτή ήταν ο καθ. Μ. Καββαδάς, ο Αθ. Πλατής (Γεωσύμβουλοι Ε.Π.Ε.) και ο Ορ. Παπαγεωργίου για το πρόγραμμα γεωτεχνικών ερευνών.

2 ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΥΛΙΚΑ

Στην περιοχή Αστερίου επικρατεί ο φλύσχος της ζώνης Γαβρόβου [4], που εμφανίζεται στην περιοχή του έργου ως τεφρομέλας ιλυόλιθος με τοπικές ενστρώσεις ψαμμιτών και κροκαλοπαγών. Η κοιλάδα στην οποία προβλέπεται το φράγμα βρίσκεται στην περιοχή ενός διαβρωμένου αντικλίνου του φλύσχη.

Ο ιλυόλιθος είναι αποσαθρωμένος και συνήθως κατακερματισμένος κοντά στην επιφάνεια με καστανή συνήθως απόχρωση. Από την αποσάθρωση έχουν προκύψει κατά περιοχές και αργιλικές εδαφικές στρώσεις.

Ο υποκείμενος υγιής ιλυόλιθος παρουσιάζει κυμαινόμενο βαθμό κερματισμού στην περιοχή έρευνας και κατά βάθος. Γενικά παρατηρείται μια αύξηση αντοχής και μείωση του βαθμού κερματισμού με το βάθος – αλλά το βάθος πάνω από το οποίο παρατηρείται πολύ μικρός αριθμός κερματισμού κυμαίνεται από λίγα μέτρα έως δεκάδες μέτρα.

Στην ευρεία κοίτη του ποταμού Παραπεύρου ο φλύσχος έχει επιχωθεί από αλλουβιακές αποθέσεις αργίλων, ιλύων, άμμων, χαλίκων και κροκαλών, με μεγάλη σχετικά ανομοιομορφία διάταξης. Στα υλικά αυτά επικρατέστερη είναι η παρουσία αργίλου, με εξαίρεση την ενεργό κοίτη, όπου επικρατούν τα αμμοχάλικα.

Στις παρυφές της ευρείας κοίτης έχουν σχηματιστεί ποτάμιες αναβαθμίδες αποτελούμενες κυρίως από αργιλώδη υλικά. Επίσης συναντώνται κατά τόπους υλικά κατολισθήσεων εδαφικών στρώσεων που προέρχονται από την αποσάθρωση ιλυολίθου.

3 ΔΙΑΘΕΣΙΜΕΣ ΠΟΣΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Από τις εκτιμήσεις ποσοτήτων των υλικών, που είναι σχετικά συντηρητικές προκύπτει ότι:

1. Ο υγιής ιλυόλιθος, που καταλαμβάνει πρακτικά όλη την έκταση του ταμιευτήρα, είναι διαθέσιμος σε πολύ μεγάλες ποσότητες. Μια περιοχή ανάντη του φράγματος, μεταξύ του Παραπεύρου και ενός παραποτάμου του, εκτιμάται ότι περιέχει τουλάχιστον 4.000.000 m³.
2. Ο αποσαθρωμένος ιλυόλιθος, που απαντάται σε μικρό βάθος σε όλη την έκταση του ταμιευτήρα είναι διαθέσιμος σε περιορισμένες ποσότητες στην άμεση περιοχή των έργων, της τάξης των 1.900.000 m³. Η απόληψη του αποσαθρωμένου ιλυολίθου θα πρέπει να γίνει σε μεγάλη έκταση, μετά από την αποψίλωση και εκχέρσωση όλης της επιφάνειας της λεκάνης κατάκλυσης, και θα απαιτήσει ανάλογο εξοπλισμό (π.χ. ripers)
3. Οι αργιλικές στρώσεις, που απαντώνται κυρίως στις αναβαθμίδες και στην ευρεία κοίτη του Παραπεύρου, είναι διαθέσιμες σε περιορισμένες ποσότητες στην περιοχή των έργων, της τάξης των 1.700.000 m³. Η απόληψη των αργιλικών υλικών από την ευρεία κοίτη θα απαιτήσει, λόγω της ανομοιομορφίας των στρώσεων, υψηλής στάθμης διαχείριση και επίβλεψη των εκσκαφών - προκειμένου κατά περίπτωση τα υλικά να διαχωρίζονται και χρησιμοποιούνται ή απορρίπτονται.

4. Τα αμμοχάλικα απαντώνται σε περιορισμένες ποσότητες στην περιοχή του έργου, αμιγώς στην ενεργό κοίτη του Παραπείρου, αλλά και σε ενστρώσεις στην ευρεία του κοίτη. Οι ποσότητες στην ευρεία κοίτη του έργου εκτιμώνται ότι είναι τουλάχιστον 2.000.000 m³, αλλά η απόληψη των υλικών αυτών θα απαιτήσει, λόγω της ανομοιομορφίας των στρώσεων, υψηλής στάθμης διαχείριση και επίβλεψη των εκσκαφών. Αντίθετα, οι ποσότητες αμμοχάλικων στην ενεργό κοίτη, με μήκος περί τα 8 Km στην περιοχή κατάληψης των έργων, είναι περί τα 400.000 – 800.000 m³, ενώ στην κατάντη του φράγματος κοίτη εκτιμάται μακροσκοπικά ότι πρέπει να περιέχονται περί τα 200 m³ αμμοχάλικων ανά τρέχον μέτρο.

Στις παραπάνω διαθέσιμες ποσότητες μπορεί να προστεθούν οι ποσότητες που θα παραχθούν από τις εκσκαφές των λοιπών έργων του φράγματος και ειδικότερα:

- τις εκσκαφές (υγιούς ως επί το πλείστον) ιλυολίθου στην σήραγγα εκτροπής και τις σήραγγες αποστράγγισης, και
- τις εκσκαφές (υγιούς και αποσαθρωμένου) ιλυολίθου για την θεμελίωση του υπερχειλιστή.

4 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Για την αξιολόγηση της καταλληλότητας των διαθέσιμων υλικών για την κατασκευή του φράγματος, προβλέφθηκε στην γεωτεχνική έρευνα:

- η δημιουργία συνθέτων δειγμάτων αργίλου, αποσαθρωμένου και υγιούς ιλυολίθου
- η εκτέλεση διαδοχικών δοκιμών συμπίκνωσης επ' αυτών ώστε να προσομοιωθεί η συμπίκνωση που θα είναι δυνατή κατά την κατασκευή του φράγματος, και
- η εκτέλεση δοκιμών κατάταξης, αντοχής και διαπερατότητας στα δείγματα αυτά.

Από τα αποτελέσματα των εργαστηριακών αυτών ερευνών [1] προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

1. Τα αργιλικά εδάφη είναι τα πλέον κατάλληλα για την κατασκευή του πυρήνα του φράγματος, με συμβατική συμπίκνωση: παρουσιάζουν αποδεκτές αντοχές και καλή διαπερατότητα.
2. Όσον αφορά τον αποσαθρωμένο ιλυόλιθο, που παρουσιάζει χαμηλή πλαστικότητα (με δείκτη μεταξύ 13 και 15) παρατηρήθηκε ότι η περιεκτικότητα σε λεπτόκοκκα υλικά αυξάνει αισθητά με τον βαθμό επεξεργασίας του δείγματος. Συγκεκριμένα με την επαναλαμβανόμενη διαβροχή/ξήρανσή ή/και συμπίκνωσή του, το ποσοστό λεπτόκοκκων μπορεί να αυξηθεί από 10-20% σε 50%. Η αναμενόμενη (οριζόντια) διαπερατότητα του αποσαθρωμένου ιλυολίθου για τις περιπτώσεις αυτές θα είναι της τάξης του 10⁻⁵ έως 10⁻⁸ cm/sec.
Με τα δεδομένα αυτά αξιολογήθηκε ότι ο αποσαθρωμένος ιλυόλιθος αποτελεί αποδεκτό υλικό για την κατασκευή του πυρήνα του φράγματος, εφόσον προβλεφθεί πρόσθετη ενέργεια συμπίκνωσης και μεγάλο πλάτος πυρήνα [3]. Συγκεκριμένα, προβλέφθηκε πλάτος πυρήνα σε κάθε στάθμη περίπου ίσο με το υδατικό δυναμικό του ταμιευτήρα.
3. Ο υγιής ιλυόλιθος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή των σωμάτων στήριξης του φράγματος μετά από συμπίκνωση, δεδομένου ότι παρουσιάζει αποδεκτές αντοχές, με αντιπροσωπευτικό Cu=150 kPa [1].
4. Τα αμμοχάλικα από την περιοχή του φράγματος είναι επίσης κατάλληλα για την παραγωγή αδρανών σκυροδέματος – θα πρέπει όμως να προσεχθεί η περιεκτικότητα σε πυριτικά.

5 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Οι ποσότητες που απαιτούνται για την κατασκευή του φράγματος κατά τα ανωτέρω είναι:

- περίπου 4.100.000 m³ για τα σώματα στήριξης
- περίπου 1.300.000 m³ για τον πυρήνα, και
- περίπου 1.000.000 m³ για τα στραγγιστήρια και φίλτρα.

Από την σύγκριση αυτών με τις διαθέσιμες ποσότητες υλικών προέκυψαν τα εξής:

1. Οι διαθέσιμες ποσότητες αργιλικών υλικών επαρκούν, με μικρά περιθώρια ασφαλείας, για την κατασκευή του πυρήνα - αλλά η απόλησή τους παρουσιάζει σημαντικές δυσχέρειες λόγω της ανομοιομορφίας των στρώσεων
2. Οι διαθέσιμες ποσότητες αποσαθρωμένου ιλυολίθου επαρκούν, με σχετικά μικρά περιθώρια ασφαλείας, για την κατασκευή του πυρήνα.
3. Οι διαθέσιμες ποσότητες του υγιούς ιλυολίθου επαρκούν για την κατασκευή των σωμάτων στήριξης του φράγματος.
4. Οι διαθέσιμες ποσότητες αμμοχάλικων στην ευρεία κοίτη επαρκούν για την κατασκευή στραγγιστηρίων και φίλτρων, αλλά η απόλησή τους παρουσιάζει σημαντικές δυσχέρειες λόγω της ανομοιομορφίας των στρώσεων
5. Οι διαθέσιμες ποσότητες αμμοχάλικων στην ενεργό κοίτη της περιοχής κατάληψης των έργων δεν επαρκούν για την κατασκευή των στραγγιστηρίων και φίλτρων. Έτσι, θα απαιτηθεί απόληψη υλικών από την ενεργό κοίτη κατάντη του φράγματος σε μήκος μέχρι 5 Km.

Τέλος, εκτιμήθηκε ότι οι τρόχμολοι της κοίτης δεν θα επαρκέσουν για την κατασκευή της ζώνης θωράκισης του φράγματος.

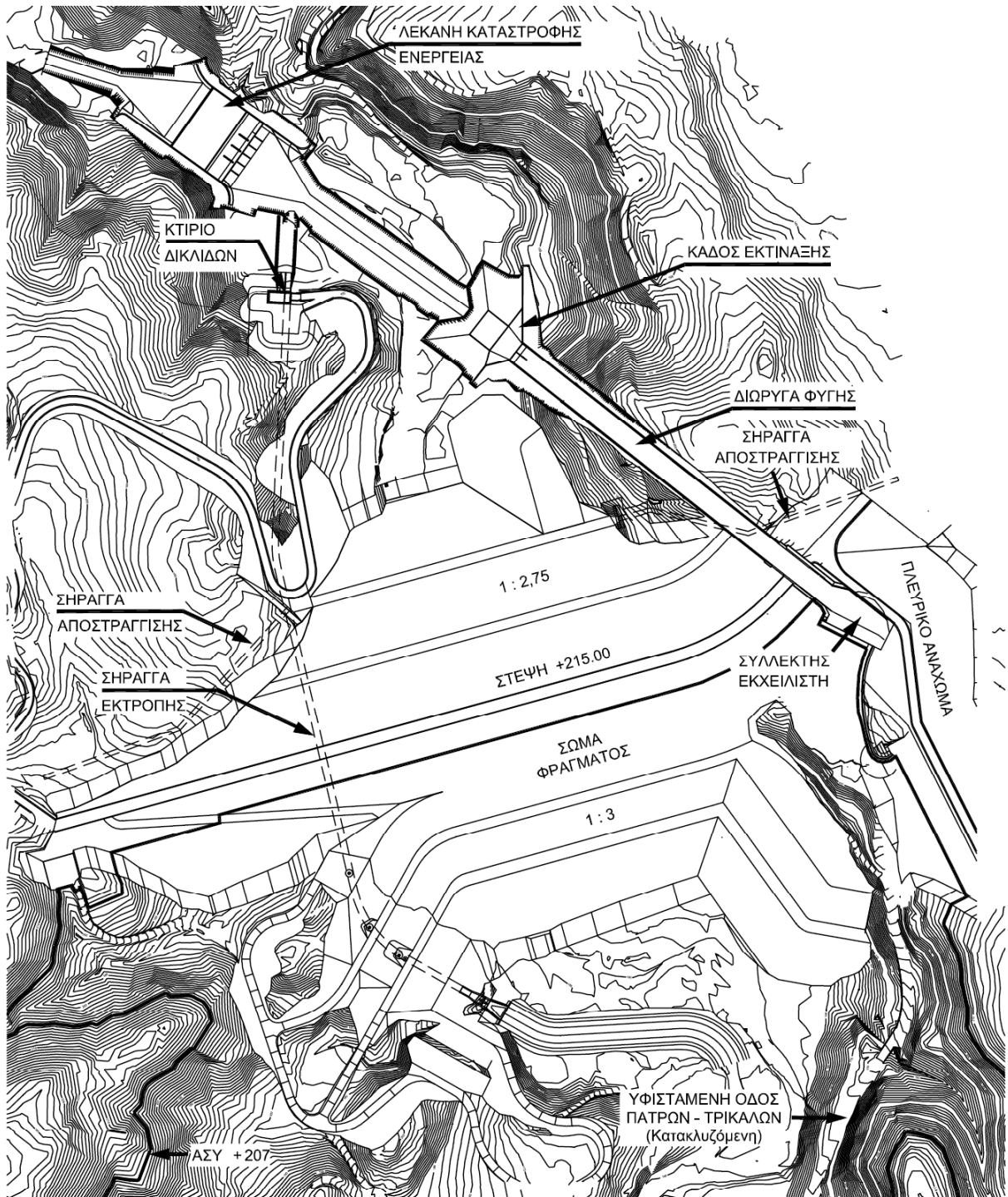
6 ΔΙΑΤΟΜΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω:

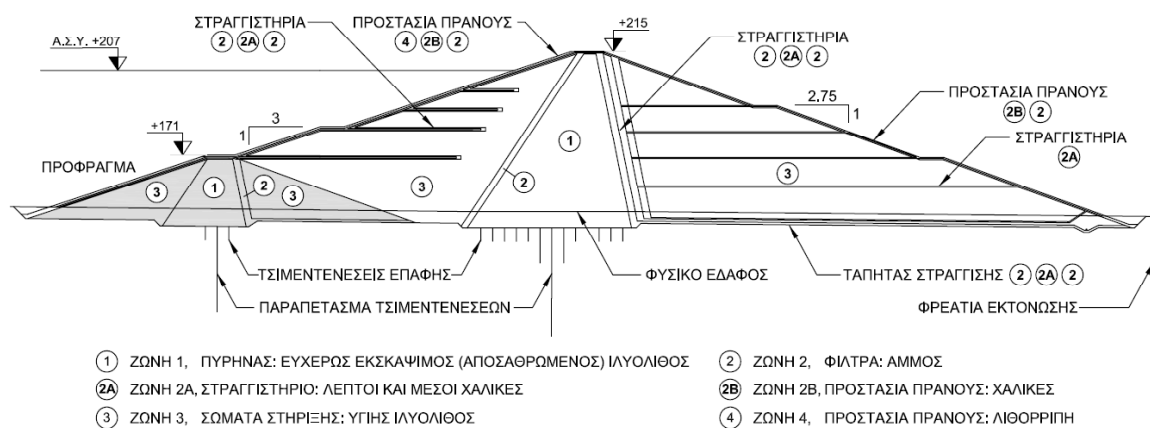
1. Ο πυρήνας του φράγματος προβλέπεται να κατασκευαστεί από αποσαθρωμένο ιλυόλιθο. Σε περίπτωση έλλειψης υλικών, προβλέπεται η χρήση αργιλικών υλικών, ιδίως στις ανώτερες στρώσεις του πυρήνα, εφόσον αυτά πληρούν τις προδιαγραφές.
2. Τα σώματα στήριξης του φράγματος θα πρέπει να κατασκευαστούν από συμπυκνωμένο υγιή ιλυόλιθο, που υπάρχει σε αφθονία στην περιοχή και είναι κατάλληλος για τον σκοπό αυτό.
3. Τα υλικά της ευρείας κοίτης δεν είναι σκόπιμο να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή του φράγματος λόγω της μεγάλης ανομοιομορφίας τους, που θα καταστήσει αναγκαία την κατά περίπτωση αποδοχή ή απόρριψη των εκσκαπτόμενων υλικών ή/και εκτεταμένες εργασίες διαχωρισμού π.χ. λεπτόκοκκων από αμμοχάλικα.
4. Τα στραγγιστήρια και φίλτρα του φράγματος προβλέπεται να κατασκευαστούν από τα αμμοχάλικα της ενεργού κοίτης της περιοχής κατάληψης των έργων και μερικών χιλιομέτρων κατάντη ή εναλλακτικά από τον Πείρο.
5. Η θωράκιση του φράγματος (girrap) προτείνεται να κατασκευαστεί από υλικά από το λατομείο Αράξου ή από άλλο ασβεστολιθικό λατομείο που μπορεί να ανοιχθεί για την κατασκευή του έργου.

Προβλέπεται επίσης ότι θα αξιοποιηθούν για την κατασκευή του σώματος φράγματος κατάλληλα προϊόντα εκσκαφής των επί μέρους έργων του φράγματος, μετά από προσωρινή αποθήκευση.

Η διάταξη των έργων παρουσιάζεται στην Εικόνα 1. Η διατομή του φράγματος παρουσιάζεται στην Εικόνα 2 και σχολιάζεται στις επόμενες παραγράφους.



Εικόνα 1. Διάταξη των έργων του φράγματος Αστερίου



Εικ

Εικόνα 2. Τυπική διατομή του φράγματος Αστερίου

7 ΠΥΡΗΝΑΣ

Ο πυρήνας του φράγματος (ζώνη 1) προβλέπεται να κατασκευαστεί από αποσαθρωμένο ιλυόλιθο, που ορίζεται ως ο σχηματισμός ιλυολίθου που έχει αλλοιωμένο χρώμα έναντι του φυσικού και είτε δεν έχει καθόλου βραχώδη δομή (είναι δηλαδή τελείως εξαλλοιωμένος σε εδαφικό υλικό) είτε παρουσιάζει μόνο υπολειμματική δομή και μεγάλο βαθμό κερματισμού.

Τα υλικά κατασκευής του πυρήνα θα διαβρέχονται στους δανειοθαλάμους ώστε να αποκτούν την απαιτούμενη υγρασία συμπίκνωσης, με περιθώρια για απώλειες κατά την φορτοεκφόρτωση, μεταφορά και διάστρωση και θα αναμοχλεύονται για την ομοιόμορφη ύγρανση των υλικών.

Η διάστρωση θα γίνεται σε στρώσεις πάχους 15 cm μετά από την συμπίκνωση και έτσι το μέγιστο μέγεθος λίθων είναι 8 cm. Η υγρασία θα πρέπει να είναι ίση με την βέλτιστη, όπως προέκυψε από την Πρότυπη Δοκιμή Συμπύκνωσης (10,80% κατά μέσον όρο) ή και μέχρι 3% πάνω από αυτήν. Τα υλικά θα αναμοχλεύονται επί τόπου με δισκόσβαρνα για την ομοιόμορφη κατανομή της υγρασίας.

Τα υλικά προβλέπεται να συμπυκνωθούν με κυλίνδρους λειτουργικού βάρους τουλάχιστον 15 t ή ισοδύναμου με αιχμές (peg foot rollers) για την θραύση των μεγαλύτερων κλασμάτων με 10 τουλάχιστον διελεύσεις. Η μέση ξηρή πυκνότητα θα πρέπει να είναι κατά μέσον όρο τουλάχιστον 97% της μέγιστης που επιτυγχάνεται με την Πρότυπη Δοκιμή Συμπύκνωσης και η ελάχιστη πάνω από το 95% αυτής.

Για τον προσδιορισμό του τρόπου προετοιμασίας και συμπίκνωσης των υλικών του πυρήνα (και των σωμάτων στήριξης) του φράγματος προβλέπεται το πρόφραγμα να κατασκευαστεί ως δοκιμαστικό επίχωμα. Έτσι, με βάση τις δοκιμές, παρατηρήσεις και μετρήσεις κατά την διάρκεια κατασκευής του, θα προσδιοριστεί η διαδικασία προετοιμασίας των υλικών στους δανειοθαλάμους και ο αριθμός των απαιτούμενων διελεύσεων σε συνδυασμό με τον εξοπλισμό συμπίκνωσης.

Ο πυρήνας προβλέπεται με μικρότερη κλίση στα ανάντη, προκειμένου να αξιοποιηθεί για την ευστάθεια και στεγανότητά του η πίεση των υπερκείμενων γαιών.

8 ΣΩΜΑΤΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ

Τα σώματα στήριξης του φράγματος (ζώνη 3) προβλέπεται να κατασκευαστούν από υγίη ιλυόλιθο, που ορίζεται ως ο ιλυόλιθος που έχει το φυσικό χρώμα του σχηματισμού, βραχώδη υφή και περιορισμένο βαθμό κερματισμού.

Η διάστρωση των υλικών κατασκευής των σωμάτων στήριξης θα γίνεται σε στρώσεις πάχους 40 cm μετά από την συμπύκνωση και έτσι το μέγιστο μέγεθος λίθων έχει οριστεί σε 25 cm.

Τα υλικά προβλέπεται να συμπυκνωθούν προκειμένου να περιοριστούν οι μετέπειτα συνιζήσεις των σωμάτων στήριξης. Η συμπύκνωση προβλέπεται:

- με κυλίνδρους λειτουργικού βάρους τουλάχιστον 20 t ή ισοδύναμο με αιχμές (spike or peg foot rollers) για την θραύση των μεγαλύτερων κλασμάτων με 8 τουλάχιστον διελεύσεις, και
- μετά από διαβροχή με τουλάχιστον 300 lt/m³ επί τόπου – και παραπάνω κατά τους καλοκαιρινούς μήνες – ώστε να εξασφαλιστεί η θραύση των αιχμών των λίθων.

Για το προσδιορισμό του απαιτούμενου αριθμού των διελεύσεων σε συνδυασμό με τον εξοπλισμό συμπύκνωσης προβλέπεται το πρόφραγμα να κατασκευαστεί ως δοκιμαστικό επίχωμα.

Λαμβάνοντας υπόψη την παραγωγή λεπτόκοκκων κατά την συμπύκνωση του ιλυολίθου και τα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών σε υγρή ιλυόλιθο, αναμένεται ότι η διαπερατότητα των σωμάτων στήριξης μπορεί να κυμανθεί από 10⁻³ cm/sec μέχρι 10⁻⁸ cm/sec.

Η κλίση της επιφάνειας του ανάντη σώματος στήριξης προβλέπεται 1:3 με δύο μπαγγίνες. Η πρώτη μπαγγίνα, έχει προβλεφτεί στην στάθμη +171, όπου είναι η στέγη του προφράγματος ώστε να παρέχει την δυνατότητα κυκλοφορίας και η δεύτερη έχει προβλεφτεί για την ενίσχυση της ευστάθειας του ανάντη πρανούς στο +183.

Η κλίση της επιφάνειας του κατάντη σώματος στήριξης προβλέπεται 1:2,75 με δύο μπαγγίνες, στις στάθμες +192 και +170.

9 ΣΤΡΑΓΓΙΣΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΦΙΛΤΡΑ

9.1 Γενικά

Για την αποφυγή ανάπτυξης σημαντικών πιέσεων πόρων στο κατάντη κέλυφος, που μπορεί να επηρεάσει δυσμενώς την ευστάθειά του φράγματος, προβλέπεται στην κατάντη παρειά του πυρήνα στραγγιστήριο (chimney drain) που θα εκτονώνεται σε περίπου οριζόντιο στραγγιστικό τάπητα στην βάση του κατάντη σώματος στήριξης.

Για την εκτόνωση των πιέσεων πόρων προβλέπονται επίσης οριζόντια στραγγιστήρια στα ανάντη και κατάντη σώματα στήριξης του φράγματος. Η ανάγκη κατασκευής των στραγγιστηρίων αυτών καθώς και η τελική τους μορφή (επιφανειακά όπως έχουν προβλεφτεί ή λωρίδων) θα οριστικοποιηθεί μετά από την κατασκευή του προφράγματος με βάση τα αποτελέσματα των μετρήσεων διαπερατότητας των σωμάτων.

Το στραγγιστήριο στο φράγμα αποτελούνται από λεπτούς και μέσους χάλικες (ζώνη 2A), ενώ τα σχετικά φίλτρα προβλέπονται από άμμο (ζώνη 2). Για την κατασκευή των στραγγιστηρίων και φίλτρων δεν προβλέπεται συμπύκνωση, προκειμένου να έχουν κατά το δυνατόν ανοιχτή δομή (άλλωστε κάποια συμπύκνωση θα επέλθει από την κίνηση των μηχανημάτων κατά την κατασκευή).

10 ΣΤΕΨΗ

Η στέγη προβλέπεται με πλάτος 14 m, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα διέλευσης της οδού Πάτρας-Τρίπολης από αυτήν μέχρις ότου κατασκευαστεί η προβλεπόμενη νέα χάραξη του κατά μήκος του αριστερού αντερείσματος.

Η ονομαστική στάθμη της στέγης προβλέπεται στο +215, προκειμένου να υπάρχουν ασφαλή περιθώρια για την προστασία της στέγης από κυματισμούς και παραμορφώσεις του φράγματος σε περιπτώσεις σεισμών.

Για την πρόληψη των παραμορφώσεων από συνιζήσεις μετά το πέρας κατασκευής προβλέπεται κατασκευή της στέψης σε υπερύψωση (camber) που στην περιοχή του μεγίστου ύψους του φράγματος είναι 2% του ύψους του από την στάθμη θεμελίωσης, δηλαδή 1,5 m. Το μέγεθος της υπερύψωσης κατά μήκος της στέψης κυμαίνεται ανάλογα με το ύψος του φράγματος.

11 ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

Ο πυρήνας του φράγματος προβλέπεται για λόγους στεγάνωσης, παραμορφώσεων και αντοχής να θεμελιωθεί σε υγρή φλύσχη σε βάθος που με βάση τα διαθέσιμα αποτελέσματα γεωτεχνικών ερευνών εκτιμάται ότι κατά μέσον όρο θα είναι περίπου 8,0 m. Ο υγής φλύσχης ορίζεται στην σχετική προδιαγραφή ως ο φλύσχης που έχει το φυσικό χρώμα του σχηματισμού, βραχώδη υφή και περιορισμένο βαθμό κερματισμού.

Τα σώματα στήριξης του φράγματος προβλέπεται για λόγους περιορισμού παραμορφώσεων και ευστάθειας να θεμελιωθούν σε αποσαθρωμένο βραχώδη φλύσχη – τόσο στην κοιλάδα όσο και στα αντερείσματα. Ως αποσαθρωμένος βραχώδης φλύσχης ορίζεται ως ο φλύσχης που έχει αλλοιωμένο χρώμα έναντι του φυσικού και μεγάλο βαθμό κερματισμού, παρουσιάζει όμως τουλάχιστον στοιχειωδώς βραχώδη υφή που χαρακτηρίζεται από υπολειμματική δομή.

Λαμβάνοντας υπόψη τα διαθέσιμα αποτελέσματα όλων των μέχρι σήμερα γεωτεχνικών ερευνών στην περιοχή, εκτιμήθηκε συντηρητικά ότι το μέσο βάθος εκσκαφής για την θεμελίωση των σωμάτων στήριξης θα είναι 5 m. Τα βάθη εκσκαφής για την θεμελίωση των σωμάτων στήριξης του φράγματος καθώς και του πλευρικού αναχώματος είναι ενδεικτικά και θα οριστικοποιηθούν σε κάθε περιοχή ανάλογα με τις απαντώμενες συνθήκες.

12 ΤΣΙΜΕΝΤΕΝΕΣΕΙΣ

12.1 Παραπέτασμα τσιμεντενέσεων

Η διαπερατότητα του υγιούς ιλυολίθου στον οποίο θεμελιώνεται το φράγμα είναι γενικά περιορισμένη - οι διαπερατότητες που προέκυψαν από επί τόπου δοκιμές είναι μικρές, της τάξεως των 10^{-4} με 10^{-7} cm/sec. Όμως η διεύθυνση των πτυχώσεων του αντικλίνου του φλύσχης στην περιοχή είναι παράλληλη με την διεύθυνση της κοιλάδας στην οποία προβλέπεται το έργο. Έτσι, μετά από την πλήρωση του ταμιευτήρα, μπορεί να αναμένεται τάση ροής κατά μήκος των αντερείσμάτων του φράγματος, όπου η διαπερατότητα μπορεί να είναι σχετικά αυξημένη.

Τάση ροής μπορεί να εκδηλωθεί στην θεμελίωση και στα αντερείσματα του φράγματος και σε στρώσεις τοπικά αυξημένης διαπερατότητας, όπως στρώσεις έντονου κατακερματισμού κροκαλοπαγών, ιλυολίθων ή ψαμμιτών.

Για τον περιορισμό των ροών αυτών, που θα μπορούσαν να επιδράσουν και δυσμενώς στην ευστάθεια του έργου λόγω διασωληνώσεων, κρίθηκε σκόπιμη η πρόβλεψη παραπετάσματος τσιμεντενέσεων (grout curtain), που προτείνεται και στην γεωλογική μελέτη και την γεωτεχνική αξιολόγηση [1, 4].

Το παραπέτασμα αυτό προβλέπεται γενικά περί το μέσον του πυρήνα και κατά συνέπεια ανάντη του άξονα του φράγματος. Το προβλεπόμενο βάθος του παραπετάσματος τσιμεντενέσεων από την στάθμη θεμελίωσης του πυρήνα προέκυψε λαμβάνοντας υπόψη τις προτάσεις της γεωλογικής μελέτης και γεωτεχνικής αξιολόγησης και είναι:

- 45 m στην περιοχή της θεμελίωσης του φράγματος
- 35 m στα χαμηλά σημεία των αντερείσμάτων, και
- 30 m στα ψηλότερα σημεία των αντερείσμάτων.

Οι τσιμεντενέσεις προβλέπεται να υλοποιηθούν με ανιόντα βήματα από το προκαθορισμένο βάθος – εκτός εάν η απορρόφηση του ενέματος στο πρώτο (βαθύτερο) τμήμα είναι υπερβολική, οπότε προβλέπεται περαιτέρω διάτρηση και τσιμεντένεση.

Το παραπέτασμα προβλέπεται να υλοποιηθεί σε μια σειρά με αποστάσεις πρωτευόντων τσιμεντενέσεων 5 m. Σε περίπτωση που η απορρόφηση σε κάποιο (καθ' ύψος) τμήμα μιας θέσης ξεπεράσει τα 40 Kg/m, προβλέπεται (μετά την ολοκλήρωση των πρωτευουσών) η διάτρηση και τσιμεντένεση δευτερευουσών τσιμεντενέσεων σε αποστάσεις 2,5 m και εν ανάγκη με τριτευουσών σε αποστάσεις 1,25 m.

Οι τσιμεντενέσεις προβλέπονται κατακόρυφες και με πιέσεις κλιμακούμενες με το βάθος, γενικά της τάξης των 25 kPa ανά μέτρο βάθους.

12.2 Τσιμεντενέσεις επαφής

Για την πλήρη αποκατάσταση της επαφής του πυρήνα με την θεμελίωση προβλέπονται τσιμεντενέσεις επαφής (contact grouting) σε όλο το πλάτος του πυρήνα, που προτείνεται και στην γεωλογική μελέτη και την γεωτεχνική αξιολόγηση [1,4].

Τα βάθη των τσιμεντενέσεων αυτών προβλέπονται 6 m, εκτός αυτών που είναι εκατέρωθεν του άξονα του παραπετάσματος τσιμεντενέσεων, των οποίων το βάθος είναι 15 m ώστε να ενισχύεται τοπικά το παραπέτασμα και να περιορίζονται οι πιθανότητες διαρροών στην περιοχή αυτή.

Οι τσιμεντενέσεις επαφής προβλέπονται σε κάρναβο 5 m από τον άξονα του φράγματος. Ο κάρναβος αυτός είναι απόλυτα συμβατός με την κατά τα ανωτέρω διάταξη του παραπετάσματος τσιμεντενέσεων. Οι πιέσεις των τσιμεντενέσεων αυτών προβλέπονται της τάξης των 35 kPa.

13 ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ

Όπως προαναφέρθηκε, η διαπερατότητα του υγιούς ιλυολίθου στον οποίο θεμελιώνεται το φράγμα είναι γενικά περιορισμένη. Μπορεί όμως να εκδηλωθούν τάσεις ροής στην θεμελίωση και στα αντερείσματα του φράγματος λόγω:

- της διεύθυνσης των πτυχώσεων του αντικλίνου του φλύσχη που είναι παράλληλη με την διεύθυνση της κοιλάδας στην οποία προβλέπεται το έργο
- σε στρώσεις τοπικά αυξημένης διαπερατότητας, όπως στρώσεις έντονου κατακερματισμού κροκαλοπαγών, ιλυολίθων ή ψαμμιτών.

Για τον περιορισμό των ροών αυτών που θα μπορούσαν να επιδράσουν και δυσμενώς στην ευστάθεια του έργου λόγω διασωληνώσεων, κρίθηκε σκόπιμη η πρόβλεψη παραπετάσματος τσιμεντενέσεων για την ανάσχεση ροής και, κατόπιν αυτής:

- αποστραγγιστικών σηράγγων στα αντερείσματα, και
 - φρεάτων εκτόνωσης των πιέσεων στον κατόπιν πόδα του φράγματος
- για την ελεγχόμενη παραλαβή τυχόν διαρροών και την μείωση των πιέσεων πόρων.

Οι αποστραγγιστικές σήραγγες έχουν διαταχθεί στα αντερείσματα κατόπιν του φράγματος. Αποτελούνται από δύο τμήματα:

- ένα τμήμα προσπέλασης από τα κατόπιν του φράγματος, και
- ένα τμήμα κάθετο στην διεύθυνση των πτυχώσεων του αντικλίνου του φλύσχη.

Οι σήραγγες προβλέπεται να υλοποιηθούν σε στάθμη περίπου +170, που αντιστοιχεί περίπου στο 35% του ύψους του φράγματος. Η διάμετρος των σηράγγων μετά από τις κατά περίπτωση απαιτούμενες αντιστηρίξεις, προβλέπεται 4,1 m. Η διάμετρος αυτή επελέγη προκειμένου να είναι εφικτή η διέλευση των σύγχρονων οχημάτων μεταφοράς υλικών εκσκαφής.

Τα φρέατα εκτόνωσης μπορεί να κατασκευαστούν σε οποιονδήποτε χρόνο. Για τον σκοπό αυτό προβλέπεται ότι θα κατασκευαστούν εφόσον οι μετρούμενες πιέσεις πόρων στην θεμελίωση του φράγματος είναι σχετικά μεγάλες.

14 ΠΡΟΦΡΑΓΜΑ ΚΑΙ ΠΡΟΣΩΡΙΝΑ ΕΡΓΑ

Το πρόφραγμα προβλέπεται να κατασκευαστεί μέχρι την στάθμη +170,25 ώστε να παρέχεται επαρκές περιθώριο για την ανάσχεση πλημμυρικών φαινομένων με περίοδο επαναφοράς σημαντικά μεγαλύτερη των 25 ετών κατά την διάρκεια της κατασκευής του έργου.

Η διατομή του αποτελεί μια απλοποιημένη μορφή της διατομής του κυρίως φράγματος, με σώματα στήριξης από υγιή ιλυόλιθο και πυρήνα από αποσαθρωμένο ιλυόλιθο, φίλτρο στην κατάντη πλευρά του πυρήνα και προστασία στην ανάντη πλευρά με λιθορριπή.

Οι ζώνες του προφράγματος προβλέφθηκαν παρόμοιες με αυτές του κυρίως φράγματος προκειμένου να παρασχεθεί η δυνατότητα αξιοποίησης της εμπειρίας από την κατασκευή του για την κατασκευή του κυρίως φράγματος. Έτσι, το πρόφραγμα θα λειτουργήσει και ως δοκιμαστικό επίχωμα για τον τρόπο προετοιμασίας, διάστρωσης και συμπύκνωσης των στρώσεων – και ιδίως των σωμάτων στήριξης και του πυρήνα που παρουσιάζουν σχετική ιδιομορφία.

Επιπλέον, το πρόφραγμα μπορεί να χρησιμεύσει και ως φυσικό ομοίωμα για την μέτρηση:

- των πιέσεων πόρων που θα αναπτυχθούν κατά την κατασκευή
- της διαπερατότητας του πυρήνα και των σωμάτων στήριξης, και
- της ταχύτητας του διατμητικού κύματος μέσω επιτόπιων δοκιμών με χρήση επιφανειακών κυμάτων και γεωφυσικών διασκοπήσεων.

15 ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΚΑΙ ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

15.1 Γενικά

Η ευστάθεια του φράγματος ελέγχθηκε για τις περιπτώσεις:

- τέλους κατασκευής
- λειτουργίας με στάθμη νερού στην Α.Σ.Υ. +207, και
- ταχέως καταβιβασμού της στάθμης από το +207 στο +173.

Οι ιδιότητες των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση βασίστηκαν στα αποτελέσματα των εργαστηριακών δοκιμών σε συμπυκνωμένα σύνθετα δείγματα αντίστοιχων υλικών. Ειδικότερα:

- για τον πυρήνα του φράγματος θεωρήθηκαν παράμετροι αντοχής $c_u=150$ kPa/ $\phi_u=0^\circ$ για τις αναλύσεις με ολικές τάσεις και $c'=10$ kPa / $\phi'=25^\circ$ για αναλύσεις με ενεργές τάσεις, και
- για τα σώματα στήριξης του φράγματος θεωρήθηκαν παράμετροι αντοχής αντίστοιχα $c=10$ kPa / $\phi=28^\circ$ τόσο για τις αναλύσεις με ολικές τάσεις όσο και για αυτές με ενεργές τάσεις (λόγω της χονδρόκοκκης φύσης των υλικών και της παρουσίας των στραγγιστηρίων).

Για την πληρότητα των ελέγχων εξετάστηκαν τόσο κυκλικές όσο και πολυγωνικές επιφάνειες ολίσθησης μέσω του γεωτεχνικού προγράμματος ανάλυσης ευστάθειας Galena.

15.2 Κατάσταση τέλους κατασκευής

Στην περίπτωση αυτή η κατασκευή του φράγματος έχει συντελεστεί και ο ταμιευτήρας δεν έχει ακόμα γεμίσει με νερό. Έτσι, το ειδικό βάρος των γαιών είναι το υγρό ειδικό βάρος ενώ στον πυρήνα και εν μέρει στα σώματα στήριξης έχουν αναπτυχθεί υπερπίεσεις πόρων λόγω του βάρους των υπερκειμένων γαιών.

Οι αναλύσεις για την περίπτωση αυτή έγιναν τόσο με ολικές όσο και με ενεργές τάσεις, για το κατάντη πρηνές του φράγματος που είναι δυσμενέστερο λόγω των πλέον απότομων κλίσεων του.

Το μέγεθος των υπερπιέσεων πόρων που θα αναπτυχθούν κατά την κατασκευή εξαρτώνται κυρίως από την διαπερατότητα των σωμάτων στήριξης και την ταχύτητα της κατασκευής. Όπως προαναφέρθηκε, η διαπερατότητα των σωμάτων στήριξης αναμένεται ότι μπορεί να κυμανθεί από 10^{-3} cm/sec μέχρι 10^{-8} cm/sec, ανάλογα με το ποσοστό των λεπτοκόκκων που θα παραχθεί κατά την συμπύκνωση. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω:

- έγιναν συντηρητικές εκτιμήσεις για τις παραμένουσες υπερπιέσεις πόρων μετά την κατασκευή ($r_u=0,50$ για τον πυρήνα και $r_u=0,20$ για τα σώματα στήριξης), και
- έγινε έλεγχος και με πιέσεις πόρων αυξημένες κατά 50% έναντι των εκτιμώμενων.

Ο ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας που προέκυψε για την περίπτωση αυτή είναι 1,4 - ήτοι μεγαλύτερος του ελάχιστου απαιτούμενου 1,3 (προσωρινές συνθήκες χωρίς σεισμό κατά DIN 4084).

Κατά την κατασκευή του προφράγματος προβλέπεται να τοποθετηθούν πιεζόμετρα για την συστηματική μέτρηση των υπερπιέσεων πόρων που θα αναπτυχθούν κατά την κατασκευή. Έτσι, οι εκτιμήσεις για τις υπερπιέσεις των πόρων θα είναι δυνατόν να ελεγχθούν με βάση τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

15.3 Κατάσταση κανονικής λειτουργίας

Στην περίπτωση αυτή η κατασκευή του φράγματος ο ταμιευτήρας είναι πλήρης, με την στάθμη νερού στην Α.Σ.Υ. +207, οπότε μέσα από το φράγμα υπάρχει βραδεία ροή. Έτσι, το ειδικό βάρος των γαιών είναι υπό άνωση και οι πιέσεις πόρων μέσα στο φράγμα είναι αυτές που αντιστοιχούν στις συνθήκες ροής.

Η κρίσιμη πλευρά του φράγματος που εξετάζεται από πλευράς ευστάθειας σ' αυτή την περίπτωση, είναι και πάλι η κατάντη, διότι αφενός η μέση κλίση των πρηνών είναι μεγαλύτερη και αφετέρου διότι το κατάντη σώμα, που αποτελεί κινητήριο δύναμη για την ολίσθηση, δεν είναι υπό άνωση όπως το ανάντη, ενώ οι αναπτυσσόμενες πιέσεις πόρων στην βάση του μειώνουν την τριβή που αντίστασης στην ολίσθηση.

Η ανάλυση ευστάθειας σ' αυτή την περίπτωση γίνεται μόνο με ενεργές τάσεις, με πιέσεις πόρων που αντιστοιχούν στη φρεατική γραμμή που θα δημιουργήσει η ροή του νερού μέσα από το σώμα του φράγματος.

Στην περίπτωση αυτή έγιναν παραμετρικές αναλύσεις για τις παραμέτρους αντοχής του σώματος στήριξης. Ο ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας που υπολογίστηκε για την περίπτωση αυτή είναι 1,9 - ήτοι μεγαλύτερος του ελάχιστου απαιτούμενου στην παρούσα 1,5 (>1,4 κατά DIN 4084).

15.4 Ταχύς καταβιβασμός στάθμης

Στην περίπτωση αυτή θεωρείται ότι ο ταμιευτήρας εκκενώνεται από την ανωτάτη μέχρι την κατάντη στάθμη νερού σε πολύ μικρό χρόνο. Έτσι, το ειδικό βάρος των γαιών είναι το υγρό ειδικό βάρος, ενώ οι πιέσεις πόρων είναι περίπου αυτές που αντιστοιχούν στην κατάσταση λειτουργίας.

Η ανάλυση ευστάθειας σ' αυτή την περίπτωση γίνεται μόνο με ενεργές τάσεις. Η κρίσιμη πλευρά του φράγματος, που εξετάζεται από πλευράς ευστάθειας σ' αυτή την περίπτωση, είναι η ανάντη, λόγω των πιέσεων πόρων που δημιουργούνται από την παραμένουσα στάθμη του νερού εντός του ανάντη τμήματος του φράγματος, χωρίς την παρουσία νερού εξωτερικά των πρηνών.

Η παραπάνω προσέγγιση δεν λαμβάνει ουσιαστικά υπόψη την ευνοϊκή δράση των στραγγιστηρίων που έχουν προβλεφτεί στο ανάντη πρηνές για την εκτόνωση των υπερπιέσεων στην περίπτωση του ταχέως καταβιβασμού της στάθμης του ταμιευτήρα, που προσδίδει ένα πρόσθετο περιθώριο ασφαλείας.

Στην περίπτωση αυτή οι αναλύσεις έχουν γίνει και πάλι για όλες τις εναλλακτικές περιπτώσεις παραμέτρων διατμητικής αντοχής των σωμάτων στήριξης και ο ελάχιστος συντελεστής ασφαλείας είναι 1,4 - ήτοι μεγαλύτερος του ελάχιστου απαιτούμενου 1,3 (προσωρινές συνθήκες).

15.5 Επιβάρυνση λόγω σεισμού

Η αστοχία πρανών φραγμάτων υπό την επενέργεια σεισμού λαμβάνει χώρα σε (περιορισμένους σε αριθμό) κύκλους με σημαντική σεισμική επιτάχυνση. Έτσι, το αποτέλεσμα μιας σημαντικής σεισμικής φόρτισης στο φράγμα είναι ουσιαστικά μια παραμόρφωση των πρανών του. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω:

- η ανάλυση ευστάθειας των πρανών υπό την επενέργεια σεισμού με την ψευδοστατική μέθοδο δεν ανταποκρίνεται στον πραγματικό (παρατηρούμενο) τρόπο αστοχίας, και
- είναι απαραίτητη για τον έλεγχο της απόκρισης του φράγματος στον σεισμό η δυναμική του ανάλυση.

Στα πλαίσια της μελέτης δεν κατέστη δυνατή η εκπόνηση μιας τέτοιας μελέτης, που προβλέπεται στα Τεύχη Δημοπράτησης να γίνει από τον Ανάδοχο κατασκευαστή. Έτσι

(α) Για τον κατ' αρχήν έλεγχο του φράγματος σε κατάσταση λειτουργίας υπό σεισμική φόρτιση έγιναν στα πλαίσια της παρούσας ψευδοστατικές αναλύσεις με οριζόντιο σεισμικό συντελεστή ίσο με 0,26. Ο συντελεστής αυτός προκύπτει κατά ΕΑΚ-2000 με βάση την εκτιμώμενη επιτάχυνση στην βάση του φράγματος που είναι 0,30g για περίοδο επαναφοράς 475 ετών [5].

(β) Για τις προσωρινές συνθήκες φόρτισης του φράγματος και συγκεκριμένα:

- για τη κατάσταση μετά το πέρας κατασκευής (εκτιμάται σε 1-2 χρόνια από την κατασκευή), και
- για τη κατάσταση ταχέως καταβιβασμού της στάθμης του ταμιευτήρα (για διάστημα 20 ημερών τον χρόνο για 50 χρόνια)

προσδιορίζεται ότι ο σεισμικός συντελεστής που αντιστοιχεί σε πιθανότητα εμφάνισης 10% στα αντίστοιχα χρονικά διαστήματα των παραπάνω καταστάσεων είναι 0,10.

Με την εφαρμογή των παραπάνω σεισμικών συντελεστών προκύπτει ότι οι αντίστοιχοι ελάχιστοι συντελεστές ασφαλείας είναι:

- κατά το πέρας κατασκευής 1,55
 - κατά τη λειτουργία (ταμιευτήρας πλήρης) 1,0
 - για τον ταχύ καταβιβασμό της στάθμης 1,0
- που είναι όλοι μέσα σε αποδεκτά πλαίσια.

15.6 Καθιζήσεις φράγματος

Ο υπολογισμός των καθιζήσεων γίνεται στον πυρήνα του φράγματος όπου και λόγω του σχετικά μεγάλου πλάτους του αναχώματος και της σχετικά συμμετρικής του διάταξης θεωρείται ότι επικρατούν συνθήκες μονοδιάστατης στερεοποίησης.

Με την συμπύκνωση του πυρήνα κατά στρώσεις επέρχεται μια προστεροποίηση των εδαφών με ενεργό τάση που εκτιμήθηκε, με βάση τα χαρακτηριστικά αντιπροσωπευτικού κυλινδρουσυμπιεστή, ότι είναι της τάξης των 250 kPa. Κατά συνέπεια, για τον υπολογισμό των καθιζήσεων θεωρείται, μέχρι τουλάχιστον την τάση αυτή, ότι λαμβάνει χώρα επαναφόρτιση του υλικού.

Με βάση τα παραπάνω και λαμβάνοντας υπόψη τα αντίστοιχα μέτρα στραγγισμένης μονοδιάστατης συμπίεσης, εκτιμάται ότι οι καθιζήσεις που θα λάβουν χώρα μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής του φράγματος θα είναι της τάξης του 1,5% του ύψους του και προβλέφθηκε υπερύψωση στο μεγαλύτερο ύψος του φράγματος ίση με 2% του ύψους του.

16 ΟΡΓΑΝΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ

16.1 Όργανα προφράγματος

Για την παρακολούθηση της συμπεριφοράς του προφράγματος, κυρίως κατά τη διάρκεια της κατασκευής του, προβλέπεται η τοποθέτηση, σε καθορισμένες θέσεις, οργάνων και κατασκευών για τη διεξαγωγή μετρήσεων:

- των πιέσεων του νερού των πόρων, στον πυρήνα, στα σώματα στήριξης αλλά και στο υπέδαφος θεμελιώσεώς του, και
- των επιφανειακών παραμορφώσεων του προφράγματος.

Τα όργανα που προβλέπεται να εγκατασταθούν είναι:

1. Πιεζόμετρα δονούμενης χορδής για τις μετρήσεις των πιέσεων πόρων, με φορητή συσκευή ανάγνωσης των μετρήσεων.
2. Βάθρα ελέγχου των επιφανειακών παραμορφώσεων στην στέψη του προφράγματος.

Προβλέπεται η διεξαγωγή των μετρήσεων σε 2 πλήρεις διατομές του προφράγματος.

16.2 Όργανα φράγματος

Για την παρακολούθηση της συμπεριφοράς του αναχώματος, τόσο κατά τη διάρκεια της κατασκευής όσο και κατά την μετέπειτα λειτουργία του έργου, προβλέπεται η τοποθέτηση, σε καθορισμένες θέσεις, οργάνων και κατασκευών για τη διεξαγωγή μετρήσεων:

- των πιέσεων του νερού των πόρων, στον πυρήνα, στα σώματα στήριξης καθώς και στο υπέδαφος θεμελιώσεως κατάντη του παραπετάσματος τσιμεντενέσεων.
- των καθιζήσεων και αποκλίσεων του αναχώματος
- των επιφανειακών παραμορφώσεων του αναχώματος
- ενδεχομένων διηθήσεων κατάντη του φράγματος, και
- της σεισμικής δραστηριότητας της θέσης του έργου.

Τα όργανα που προβλέπεται να εγκατασταθούν είναι:

1. Πιεζόμετρα δονούμενης χορδής για τις μετρήσεις των πιέσεων πόρων στο σώμα του φράγματος και το υπέδαφος θεμελιώσεώς του.
2. Κύτταρα πίεσης για την μέτρηση των ολικών τάσεων στον πυρήνα. Τα κύτταρα πίεσης προβλέπονται δίπλα στα πιεζόμετρα και είναι και αυτά τύπου δονούμενης χορδής.
3. Πιεζόμετρα Casagrande για τις μετρήσεις πιέσεων πόρων κατάντη του κατάντη πόδα του φράγματος, για λόγους μακροχρόνιας αξιοπιστίας. Οι μετρήσεις σε αυτά θα γίνονται με ηλεκτρικό σταθμήμετρο.
4. Σωλήνες μετρήσεως των πλευρικών αποκλίσεων και καθιζήσεων.
5. Βάθρα ελέγχου των επιφανειακών παραμορφώσεων σε διάφορες θέσεις στην επιφάνεια του φράγματος αλλά και στα αντερείσματα για παρακολούθηση της απόκρισής τους στην φόρτιση του νερού.
6. Διάταξη τριγωνικού εκχειλιστή στο φρεάτιο μέτρησης παροχών διηθήσεως μέσα από το φράγμα.
7. Σύστημα επιταχυνσιογράφων με δύο συσκευές, μια στην στέψη του φράγματος και μια στο αριστερό αντέρεισμα, για την καταγραφή της σεισμικής δραστηριότητας στη θέση του έργου.

Προβλέπεται η διεξαγωγή των μετρήσεων σε 3 πλήρεις διατομές του αναχώματος, που φαίνονται στο σχετικό σχέδιο και δύο πλευρικές, όπου θα μετρώνται μόνο πιέσεις πόρων και ολικές πιέσεις στον πυρήνα καθώς και επιφανειακές παραμορφώσεις.

Παράλληλα, προβλέπεται σε κάθε μια από τις πλήρεις διατομές η εγκατάσταση ενός πιεζομέτρου δονούμενης χορδής μέσα στο φίλτρο του ανάντη πρανούς για την μέτρηση της στάθμης νερού στον ταμειυτήρα, για συσχέτισμό με τις υπόλοιπες μετρήσεις μετά από την πλήρωση του ταμειυτήρα.

17 ΠΡΟΟΔΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Όπως προαναφέρθηκε, το έργο είναι σε εξέλιξη, Μέχρι σήμερα (Ιούνιος 2008) έχουν κατασκευαστεί τα εξής που αφορούν στο σώμα του φράγματος:

- το 60% περίπου των εκσκαφών θεμελίωσης του φράγματος
- το 60% περίπου του προφράγματος
- το 30% περίπου του κατόντη σώματος στήριξης
- το 17% περίπου των τσιμεντενέσεων τάπητα, και
- μικρό μέρος του παραπετάσματος τσιμεντενέσεων.

18 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΕΔΑΦΟΣ ΕΠΕ (2003). Ύδρευση Πάτρας από τους ποταμούς Πείρο και Παραπείρο – Γεωτεχνική Έρευνα
2. Καραβοκύρης & Συνεργάτες Σύμβουλοι Μηχανικοί ΕΠΕ, ΟΤΜΕ Σύμβουλοι Μηχανικοί ΕΠΕ, ΑΝ.ΤΕΜ. ΕΠΕ, ΤΕΚΕΜ ΕΠΕ, Περγλέρος Β. (1977). Ύδρευση Πάτρας από τους Ποταμούς Πείρο και Παραπείρο – Προμελέτη Φράγματος Αστερίου.
3. Milligan V., Μαρίνος Π., Coxson R. (2003, 2004). Reports 1-4 of the Asterion Panel of Experts
4. Παντζαρτζής, Π. (2003). Ύδρευση Πάτρας από τους ποταμούς Πείρο και Παραπείρο - Γεωλογική Μελέτη.
5. Γ.Ν. Σταυρακάκη (2003). Μελέτη Σεισμικότητας και Σεισμικής Επικινδυνότητας,

Design considerations of the Asterion dam

P. Panagopoulos

Civil Engineer, Ph.D., ECOS Consulting S.A.

M. Kavvadas

Professor, Geotechnical Department NTUA

Ath. Platis

Civil Engineer, M.S.C., Geoconsult Ltd.

SUMMARY: The principal characteristics of the Asterion dam, a 75m high earth dam, are presented; the dam is located about 20Km south of Patras in the siltstone flysh zone of Gavrovo. The core will be constructed from weathered siltstone with a maximum stone size of 8cm (after placement). The materials will be wetted at the quarry, placed and mixed with a harrow and compacted in 15cm high layers; compaction is foreseen with 15t peg. foot rollers and with at least 10 passes for breakup of the higher fractions. The shells will be constructed from sound siltstone. Placement is foreseen in layers of 40cm height after compaction; thus the maximum stone size is foreseen as 25cm. Finally, the filters and drainage layers will be constructed from sand and gravel from the riverbed upstream and downstream of the dam location.