

Φράγματα Θεσσαλίας: Λογγά, Λιβαδίου, Παναγιώτικου. Προβλήματα κατά την κατασκευή και αντιμετώπιση τους

Ι. Θανόπουλος

Δρ. Μηχανικός, ΔΕΗ/ΔΥΗΠ/ΚΕΨΕ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Π. Δούβλης

Γεωλόγος, ΔΕΗ/ΔΥΗΠ/ΚΕΨΕ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Στο άρθρο περιγράφονται τα ιδιαίτερα προβλήματα που παρουσιάστηκαν κατά την κατασκευή τριών Θεσσαλικών Φραγμάτων. Γίνεται αναφορά στις αιτίες που τα προκάλεσαν (Ελλείψεις στη μελέτη, γεωλογικές συνθήκες που «ανακαλύφθηκαν» στην κατασκευή κλπ) και παρουσιάζεται ο τρόπος αντιμετώπισής τους. Τέλος σχολιάζονται οι συνέπειες για κάθε έργο και γίνεται μία συνθετική προσπάθεια διατύπωσης γενικότερων συμπερασμάτων.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά την χρονική περίοδο 1998-2006 κατασκευάστηκαν στην περιοχή Θεσσαλίας τα Φράγματα Λογγά και Λιβαδίου από τις Νομαρχιακές Αυτοδιοικήσεις Τρικάλων και Λάρισας αντίστοιχα καθώς και το Φράγμα Παναγιώτικου Μαγνησίας από την Δ/ση Δημοσίων Έργων Περιφέρειας Θεσσαλίας. Τεχνικός Σύμβουλος της επίβλεψης σ' αυτά τα τρία έργα ήταν η Διεύθυνση Υδροηλεκτρικών Έργων της ΔΕΗ Α.Ε. και πιο συγκεκριμένα τις επί τόπου ανάγκες κάλυψε το ΚΕΨΕ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ, που ήδη δραστηριοποιούταν στην περιοχή.

Με την εγκατάσταση των Αναδόχων και την έναρξη των εργασιών κατασκευής, οι υπηρεσίες και ο Τεχνικός Σύμβουλος βρέθηκαν ενώπιον αρκετά σοβαρών προβλημάτων, τα οποία διαφοροποιούσαν ή και ανέτρεπαν τα προβλεπόμενα στις κατασκευαστικές Συμβάσεις. Για την αντιμετώπισή τους απαιτήθηκαν αναπροσαρμογές της μελέτης και σε μερικές περιπτώσεις εντελώς διαφορετική προσέγγιση και συνολικός επανασχεδιασμός.

Τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν δεν μπορούν απόλυτα να καταταχθούν σε συγκεκριμένες κατηγορίες, αφού κάθε έργο είχε ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, εν τούτοις είχαν ανάλογες τελικά επιπτώσεις κυρίως οικονομικές και χρονικές. Κοινή αιτία προβλημάτων αποτελεί ίσως η Υδρολογία αφού τα δεδομένα και στις τρεις περιπτώσεις ήταν τελικά εσφαλμένα και αφορούσαν κυρίως στην υποτίμηση των υδρολογικών παραμέτρων, κυρίως σε ότι αφορά στην εκτίμηση της πλημμυρικής παροχής λειτουργίας του αγωγού εκτροπής. Επίσης κοινή αιτία αστοχιών ήταν η αποκάλυψη κατά την κατασκευή γεωτεχνικών συνθηκών διαφορετικών από αυτές που είχαν εντοπισθεί κατά την εκτέλεση των ερευνητικών εργασιών της μελέτης.

Θα περιγράψουμε στην συνέχεια πιο αναλυτικά την κάθε περίπτωση.

1.ΦΡΑΓΜΑ ΛΟΓΓΑ

Δημοπρατήθηκε από την Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Τρικάλων και κατασκευάστηκε το χρονικό διάστημα 1998 έως 2002. Βρίσκεται στο Δημοτικό Διαμέρισμα Λογγά του Δήμου Τυμφαίων. Θεμελιώθηκε σε υψόμετρο 1010 m πάνω σε μεταμορφωμένα πετρώματα γνευσιοσχιστολίθων.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του Φράγματος είναι :

| | |
|-----------------|--------------------------------|
| Υψος Φράγματος | 23 m |
| Μήκος Στέψης | 250 m |
| Υψόμετρο Στέψης | 1033 m |
| Όγκος Φράγματος | 128.000 m ³ |
| Όγκος Λίμνης | 350.000 m ³ περίπου |



Εικόνα 1: Φράγμα Λογγά

Σύμφωνα με την μελέτη του έργου:

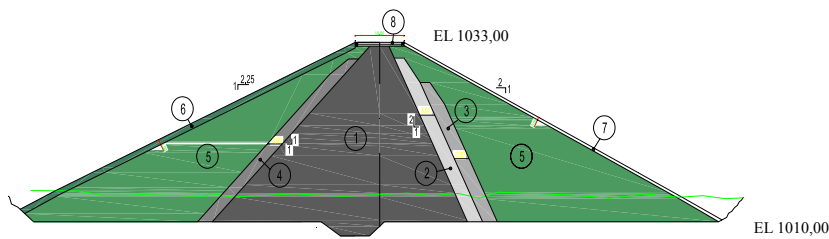
- Το Φράγμα θα ήταν ομογενές, από άργιλο-ιλλο-αμμούχα υλικά με ζώνες προστασίας ανάντη και κατόντη και ζώνες στραγγιστηρίων στον κατόντη πόδα.
- Ο υπερχειλιστής προβλεπόταν στο αριστερό αντέρεισμα, με διώρυγα εδραζόμενη στο πρηνές κατά μήκος του ίχνους του σώματος του Φράγματος και σε επαφή με αυτό.
- Ο αγωγός εκκένωσης-άρδευσης προβλεπόταν να είναι ορθογωνικής διατομής από σκυρόδεμα με θυρόφραγμα διαστάσεων 1,2x1,5 μ., το οποίο βρισκόταν στον άξονα του φράγματος ρυθμιζόμενο από θάλαμο κατασκευαζόμενο μέσα στο σώμα του επιχώματος.. Η πρόσβαση στο θάλαμο προβλεπόταν να γίνεται από την στέψη του φράγματος με κατακόρυφο φρέαρ. Ο ίδιος αγωγός θα χρησίμευε και σαν εκτροπή κατά την διάρκεια της κατασκευής του έργου.
- Δεν προβλεπόταν κουρτίνα τσιμεντενέσεων.

Μετά τις πρώτες εργασίες εκσκαφών και την έρευνα στους δανειοθαλάμους, οι συνθήκες που αποκαλύφθηκαν οδήγησαν σε ριζικές αλλαγές που αφορούσαν λίγο πολύ στο σύνολο του έργου.

1.1 Επανασχεδιασμός του αναχώματος του φράγματος.

Το φράγμα επανασχεδιάστηκε με πλήρη διαζώνιση δηλ. αδιαπέρατη ζώνη, φίλτρα, σώμα στήριξης και ζώνες προστασίας ανάντη και κατόντη πρηνών. Ο επανασχεδιασμός κρίθηκε απαραίτητος σε εφαρμογή των κριτηρίων σχεδιασμού που ισχύουν διεθνώς για φράγματα ύψους άνω των 15m, λαμβάνοντας υπόψη την επάρκεια των διατιθέμενων υλικών σε μικρή απόσταση μεταφοράς. Συγκεκριμένα προτάθηκε η εφαρμογή της τυπικής διατομής του Σχήματος 1 η οποία ενσωματώνει υλικά από τους Συμβατικά προβλεπόμενους δανειοθαλάμους ενώ παράλληλα προσφέρει μεγαλύτερη ευστάθεια (χρήση σωμάτων στήριξης από λιθορριπή) και μεγαλύτερη ασφάλεια σε εσωτερική διάβρωση.

Τα φίλτρα επανασχεδιάστηκαν σε σχέση με τα διαθέσιμα υλικά της ζώνης 1, ώστε να πληρούν τα κριτήρια των J. Sherard & Dunnigan (R.Fell, MacGregor, Stapledon, Bell, 1995¹).



| Περιγραφή Ζώνης | | | |
|-----------------|---------------------|---|----------------------------|
| 1 | Αδιαπέρατος πυρήνας | 5 | Σώμα στήριξης |
| 2 | Λεπτόκοκκο φίλτρο | 6 | Προστασία ανάντι πρσανούς |
| 3 | Χονδρόκοκκο φίλτρο | 7 | Προστασία κατάντι πρσανούς |
| 4 | Μεταβατική ζώνη | 8 | Υλικό οδοστρωσίας |

Σχήμα 1: Τυπική διατομή αναχώματος Λογγα και πίνακας υλικών

1.2 Τροποποίηση αγωγού εκτροπής – εκκένωσης.

Ο αγωγός άρδευσης και εκκένωσης, όπως περιγράφηκε παραπάνω, προβλεπόταν να κατασκευασθεί ως τεχνικό σκυροδέματος κάτω από το σώμα του φράγματος με πύργο χειρισμού των θυροφραγμάτων διαμέσου του αναχώματος.

Κρίθηκε σκόπιμο για λόγους ασφάλειας έναντι διαρροών από τους αρμούς του σκυροδέματος και για να αποφευχθεί η τοποθέτηση ενός άκαμπτου φρέατος που θα «εμβολίζει» το επίχωμα στην περιοχή του πυρήνα, να κατασκευασθεί ο αγωγός πλήρως εγκιβωτισμένος στο βραχώδες υπόβαθρο θεμελίωσης. Ο εκκενωτής-εκτροπή που τελικά εφαρμόστηκε ήταν στεγανός μεταλλικός σωλήνας, μήκους 162 m, διαμέτρου 120mm, με δύο υδροληψίες εκτός φράγματος και τους αναγκαίους χειρισμούς να γίνονται από οικίσκο κατάντη του φράγματος, με πρόβλεψη πόματος στο ανάντη στόμιο.

1.3 Αλλαγή θέσης Εκχειλιστή.

Απαιτήθηκε να αλλάξει ριζικά η θέση του υπερχειλιστή ο οποίος κατασκευάστηκε σε παρακείμενη μισγάγγεια στο αριστερό αντερείσμα σε απόσταση 400m περίπου από το φράγμα, χωρίς διώρυγα. Αιτία για την αλλαγή ήταν το γεγονός ότι σε τμήμα του αριστερού αντερείσματος στο οποίο εδραζόταν αρχικά ο υπερχειλιστής, υπήρχε μια τοπική γεωμορφολογική ανωμαλία χαρακτηριζόμενη από αύξηση του πάχους των χαλαρών αποθέσεων στα 18 m περίπου. Για την τοπική αυτή ανωμαλία δεν υπήρχε καμία επιφανειακή ένδειξη, δύο δε γεωτρήσεις μία στη θέση του υπερχειλιστή και η άλλη στο μέσον περίπου του αντερείσματος, όχι μόνο δεν έδειξαν το πρόβλημα, αλλά ήταν και σε πλήρη συμφωνία με τις άλλες τρεις γεωτρήσεις της κοίτης και του δεξιού αντερείσματος αφού όλες έδιναν πάχος χαλαρών περίπου δύο (2) μέτρων. Η σημαντική αυτή γεωλογική ιδιαιτερότητα οδήγησε σε αλλαγή του περιγράμματος του φράγματος, αύξηση του όγκου του και μετατόπιση της θέσης του υπερχειλιστή.



Εικόνα 2 : Εκχειλιστής στη νέα θέση

1.4 Τσιμεντενέσεις.

Κρίθηκε απαραίτητο λόγω της φύσης του υποβάθρου που αποκαλύφθηκε κυρίως εκεί που επικρατούσε ο γνεύσιος, να γίνουν τσιμεντενέσεις τάπητα βάθους μέχρι 6 m. Ο κάρναβος επεκτάθηκε σε όλο το μήκος του πυρήνα.

1.5 Συνέπειες για το έργο

Με αφορμή τις τροποποιήσεις που έγιναν, αλλά και τις απαιτήσεις των διαδικασιών χρηματοδότησης του έργου, η αρχική Σύμβαση χωρίστηκε σε δύο μέρη που εντάχθηκαν στα 2^ο και 3^ο Κ.Π.Σ. με αποτέλεσμα τελικά να διπλασιασθεί η χρονική διάρκεια κατασκευής του φράγματος και να υπερδιπλασιασθεί το κόστος του, το οποίο από 800 εκατομ. δρχ. έφθασε τα 1850 εκατομ.

2. ΦΡΑΓΜΑ ΛΙΒΑΔΙΟΥ

Δημοπρατήθηκε από την Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Λάρισας (ΔΕΒ) και κατασκευάστηκε το χρονικό διάστημα 1999 έως 2005. Βρίσκεται δυτικά του Ολύμπου στα όρια του Δημοτ. Διαμερ. Λιβαδίου. Θεμελιώθηκε σε υψόμετρο 646 m πάνω σε γνευσιακά μεταμορφωμένα πετρώματα.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του φράγματος είναι :

| | |
|-----------------|---|
| Υψος φράγματος | 38 m και έγινε 43 m |
| Υψόμετρο Στέψης | 689 m |
| Μήκος Στέψης | 245 m και 180 m επένδυσης δεξιού ανάντι αντερείσματος |
| Όγκος Φράγματος | 305.000 m ³ |
| Όγκος Λίμνης | 1.700.000 m ³ περίπου |



Εικόνα 3:Φράγμα Λιβαδίου

Σύμφωνα με την Σύμβαση κατασκευής και την αρχική μελέτη:

- Η θεμελίωση του φράγματος θα γινότανε στο υψόμετρο 651m. και το ύψος του θα έφθανε τα 38m.
- Ο αγωγός εκτροπής προβλεπότανε να είναι μεταλλικός διαμέτρου 127cm. Η υδρολογική μελέτη έδινε σαν δεδομένο ότι η μέγιστη αναμενόμενη εισροή νερού θα ανερχόταν σε 8 m³/sec.

Μετά την εγκατάσταση του εργολάβου και τις γενικές εκσκαφές διαπιστώθηκαν τα παρακάτω :

- Δεν υπήρχε βραχώδες υπόβαθρο στο δεξιό αντέρεισμα στην περιοχή του άξονα του φράγματος πάνω από το υψόμετρο των 675 m παρά μόνον αποσπασμένο υλικό γνεύσιου σε πάχος πολύ μεγαλύτερο από το τυπικά συναντώμενο. Το θέμα αυτό, πολύ σοβαρό για την εξέλιξη της υλοποίησης του έργου, φαίνεται να μην είχε εντοπιστεί κατά την φάση του γεωερευνητικού προγράμματος.

- Το υπόβαθρο της κοίτης σε ένα μικρό μήκος στην βάση του αριστερού αντερείσματος δεν ήταν γύρω στο υψόμετρο 651m όπως στο υπόλοιπο τμήμα της αλλά βυθιζόταν απότομα άλλα 4-5 περίπου μέτρα και κατέβαινε στο υψόμετρο 647 περίπου.
- Από τις πρώτες παρατηρήσεις έγινε φανερό ότι η παροχή του ρέματος ήταν πολύ μεγαλύτερη από την προβλεπόμενη από τα υδρολογικά δεδομένα.

2.1 Εκσκαφές πυρήνα.

Μετά τον πρώτο προβληματισμό οι εργασίες συνεχίστηκαν αφού πρώτα προσαρμόστηκαν οι εκσκαφές στα νέα δεδομένα. Αυτό ήταν εύκολα αντιμετωπίσιμο για την κοίτη και την τάφρο πυρήνα στο τμήμα κάτω από το υψόμετρο 675,00. Μόνη επίπτωση ήταν κυρίως η οικονομική επιβάρυνση λόγω της αύξησης του όγκου των εκσκαφών στην κοίτη και στην τάφρο πυρήνα. Το πρόβλημα έγινε κάπως πιο σύνθετο αλλά πάντα αντιμετωπίσιμο από ορισμένες τοπικές καταπτώσεις στην βάση του αριστερού αντερείσματος που ανάγκασαν και σε μια τοπική αλλαγή της γεωμετρίας της τάφρου πυρήνα. Αυτές οι τροποποιήσεις είχαν σα αποτέλεσμα και την αύξηση του όγκου του φράγματος.

2.2 Αγωγός εκτροπής.

Αποφασίστηκε η τοποθέτηση αγωγού εκτροπής Φ 1800 mm καθώς και η επιτάχυνση των εργασιών κατασκευής του προφράγματος για την αντιμετώπιση του ενδεχομένου πλημμυρών και των επιπτώσεών τους. Παρ' όλα αυτά μετά την κατασκευή του προφράγματος του Ιουνίου του 2000 μια τοπική καταιγίδα προκάλεσε σημαντικές καταστροφές αφού οι εισροές νερού έφθαναν τα 50 περίπου m^3/sec με παροχευτικότητα του αγωγού εκτροπής 20 m^3/sec και είχε σαν αποτέλεσμα την υπερπήδηση του προφράγματος και την κατακλυση της περιοχής εδρασης του πυρήνα στην κοίτη, όπου εκτελούνταν οι εργασίες τσιμεντενέσεων.

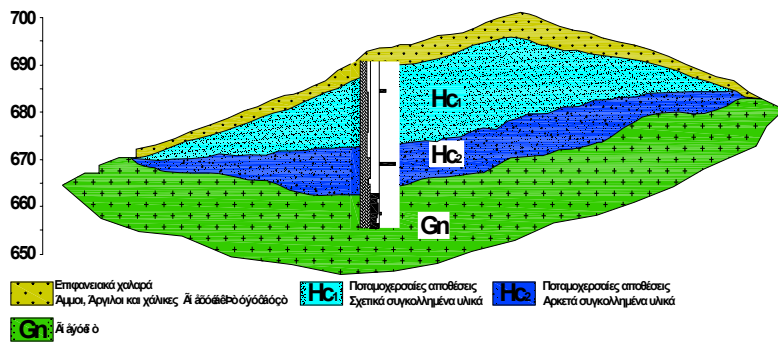


Εικόνα 4: Πλημμυρικά φαινόμενα κατά την κατασκευή

2.3 Θεμελίωση δεξιού αντερείσματος.

Το πρόβλημα του δεξιού αντερείσματος πάνω από το υψόμετρο 675μ. όπως αυτό περιγράφηκε παραπάνω αποκαλύφθηκε κατά την εκτέλεση των εκσκαφών του πυρήνα και απαιτούσε γρήγορη αντιμετώπιση. Το αποσπασμένο κάλυμμα του αντερείσματος (τεμάχια βράχου, κροκάλες άμμος) δεν ήταν δυνατόν να αφαιρεθεί εξ' ολοκλήρου, ενώ υπήρχε ο κίνδυνος διαφυγών προς την άλλη πλευρά του αντερείσματος δεδομένου ότι το αποσπασμα βρισκόταν κατά 10 τουλάχιστον μέτρα μέσα στη ζώνη κατακλυσης.

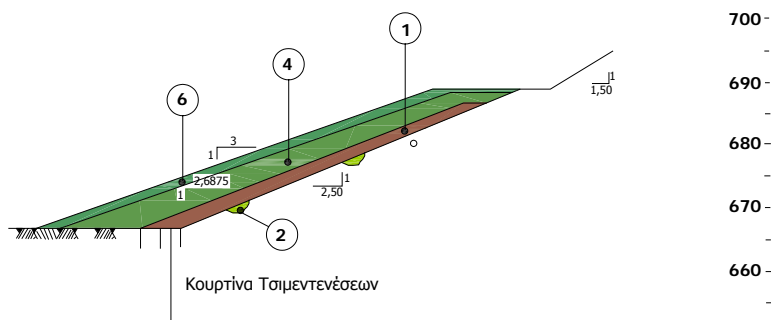
Εξετάστηκαν διάφορες εναλλακτικές λύσεις. Στην περιοχή εκτελέστηκε γεωερευνητικό πρόγραμμα για τον εντοπισμό του υποβάθρου και της περατότητας των χαλαρών αποθέσεων. Από τα ευρήματα των γεωτρήσεων επιβεβαιώθηκε ότι το κάλυμμα των χαλαρών υλικών αποτελείται πιθανότατα από παγετώδεις αποθέσεις οι οποίες απέκοψαν τη ροή στην κύρια κοίτη, αναγκάζοντας τον χειμάρρο να εκτραπεί αριστερότερα.



Σχήμα 2: Γεωλογική τομή δεξιού αντερείσματος φράγματος Λιβαδίου

Τελικά επανασχεδιάστηκε η στεγάνωση της θεμελίωσης με υιοθέτηση της λύσης της κατασκευής στεγανωτικής επένδυσης, η οποία εδράσθηκε στο υπόβαθρο και κάλυψε το σύνολο της διαπερατής περιοχής. Για την κατασκευή της έγιναν :

- Εκσκαφές των χαλαρών με κλίση 2,5:1.
- Διαμόρφωση ομαλής επιφάνειας θεμελίωσης και εξομάλυνση, όπου αυτό ήταν απαραίτητο με υλικά φίλτρου (Ζώνη 2).
- Κατασκευή στεγανωτικής επένδυσης ελάχιστου πάχους 3 μέτρων μέχρι το υψόμετρο 687 (Ζώνη 1).
- Η επιφάνεια της Ζώνης 1 καλύφθηκε από αμμοχάλικα ποταμού (Ζώνη 4) και λιθορριπή προστασίας (Ζώνη 5).



Σχήμα 3: Τυπική διατομή στεγανωτικής επένδυσης δεξιού αντερείσματος

2.4 Συμπεράσματα

Η περίπτωση του φράγματος Λιβαδίου είναι πολύ χαρακτηριστική και η αποπεράτωσή του τελικά ήταν κυριολεκτικά επίτευγμα για την Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Λάρισας. Η συσσώρευση προβλημάτων από διάφορες αιτίες απαίτησαν ουσιαστικά τον επανασχεδιασμό στη διάρκεια της κατασκευής, σημαντικών τμημάτων του έργου.

Κύρια αιτία των προβλημάτων μπορεί να θεωρηθεί η έλλειψη συντονισμού στην μελέτη του έργου. Πράγματι αυτήν ασχολήθηκαν αποσπασματικά διαφορετικοί φορείς (Πανεπιστημιακοί, Εργαστήριο Δημ. Έργων, Ιδιώτες μελετητές) χωρίς τον απαραίτητο κεντρικό διαχειριστή ο οποίος θα έκανε κάθε φορά σύνθεση των αποτελεσμάτων και σχεδιασμό των επόμενων σταδίων.

3. ΦΡΑΓΜΑ ΠΑΝΑΓΙΩΤΙΚΟ

Δημοπρατήθηκε από την Περιφέρεια Θεσσαλίας και κατασκευάστηκε το χρονικό διάστημα 1999 έως 2004. Βρίσκεται ΒΔ του χωριού Αφέτες Μαγνησίας. Θεμελιώθηκε σε υψόμετρο 136 m πάνω σε μεταμορφωμένα πετρώματα γενεοσιοχιστολίθων. Ο τύπος του φράγματος είναι λιθόρριπτο με ανάντη πλάκα σκυροδέματος.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του έργου είναι :

| | |
|-----------------------|--|
| Υψος Φράγματος | 41 m |
| Υψόμετρο στέψης | 177 m |
| Μήκος στέψης | 145 m |
| Ογκος Φράγματος | 294.700 m ³ με κλίση πρανών 1:1,6 |
| Ωφέλιμος όγκος λίμνης | 1.620.000 m ³ |



Εικόνα 5: Φράγμα Παναγιώτικο

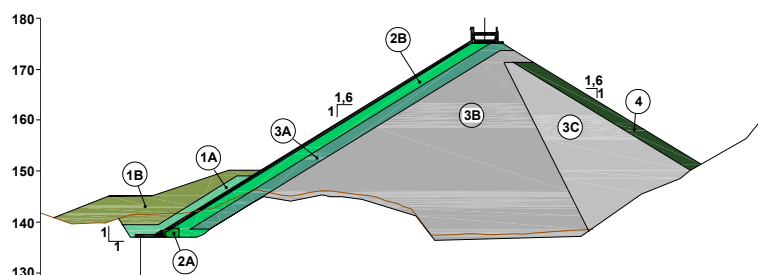
Ο αγωγός εκτροπής είναι από χάλυβα διαμέτρου Φ 1600mm και μήκους 241 m. Οι δύο υδροληψίες είναι και αυτές χαλύβδινες διαμέτρου Φ 400mm και καταλήγουν στο κτίριο ελέγχου κατάντη του πόδα του φράγματος.

Το πρόφραγμα είναι 16 περίπου μέτρα ύψους με στέψη στο υψομ. 152 m.

Πρέπει επίσης να αναφέρουμε και στην περίπτωση του Παναγιώτικου το πρόβλημα της Υδρολογίας. Τα υδρολογικά δεδομένα ήταν υποτιμημένα αφού κατά την διάρκεια της κατασκευής το πρόφραγμα υπερπηδήθηκε δύο φορές χωρίς όμως σοβαρές επιπτώσεις λόγω του τύπου του φράγματος.

Ο Υπερχειλιστής κατασκευάστηκε στο δεξιό αντέρεισμα και οδηγούσε σε παρακείμενο ρέμα στην κοίτη του οποίου κατασκευάστηκε η λεκάνη αποτόνωσης. Η ευρύτερη περιοχή του δεξιού πρανούς της λεκάνης αποτόνωσης ήταν και η Συμβατική θέση του λατομείου το οποίο θα έδινε το υλικό για την κατασκευή του Φράγματος. Οι εκσκαφές του λατομείου διευκόλυναν και την κατασκευή της λεκάνης αποτόνωσης.

Κατά τη διάρκεια της κατασκευής οι φορείς του έργου βρέθηκαν μπροστά σε νέα δεδομένα, όπως περιγράφεται παρακάτω, τα οποία αναγκαστικά απαιτούσαν λύσεις.



| | | | |
|----|--|----|---|
| 1A | Αδιαπέρατο υλικό δανειοθαλάμου | 3A | Επιλεγμένο υλικό βράχου λατομείου ή προϊόντων εκσκαφής |
| 1B | Τυχαία βραχώδη υλικά από εκσκαφές ή αμμοχάλικα ποταμού | 3B | Λιθορριπή από ελαφρά αποσαθρωμένο μέχρι υγρή βράχο λατομείου ή προϊόντων εκσκαφής |
| 2A | Ειδικό θραυστό υλικό φίλτρου από εγκεκριμένο λατομείο | 3C | Λιθορριπή από ελαφρά αποσαθρωμένο μέχρι υγρή βράχο λατομείου ή προϊόντων εκσκαφής |
| 2B | Θραυστό υλικό φίλτρου από εγκεκριμένο λατομείο | 4 | Υπερμεγέθη υγρή τεμάχια βράχου λατομείου ή προϊόντων εκσκαφής |

Σχήμα 4: Τομή φράγματος Παναγιώτικο και πίνακας υλικών

3.1 Υλικό λιθορριπής

Το Συμβατικά προβλεπόμενο λατομείο βρισκόταν στην περιοχή των εκσκαφών της λεκάνης αποτόνωσης του εκχειλιστή και απεδείχθη ακατάλληλο για την παραγωγή υλικού για το φράγμα λόγω της παραγωγής μεγάλου ποσοστού λεπτόκοκκων υλικών, άνω του προδιαγραφόμενου 5% διερχ. στο Νο 200. Οι όγκοι γνευσίου από τους οποίους είχε γίνει η δειγματοληψία κατά την διάρκεια της μελέτης ήταν μεμονωμένοι όγκοι σε θρυμματισμένο υλικό και εντοπίζονταν κυρίως στα χαμηλότερα υψόμετρα κοντά στην λεκάνη αποτόνωσης. Τελικά μετά από εκτεταμένους καθαρισμούς, αφού η περιοχή ήταν πυκνά δασωμένη, ο χώρος του λατομείου απεδείχθη ότι ήταν οριακά κάτω από μία εκτεταμένη επώθηση ασβεστολίθων και μαρμάρων πάνω σε μεταμορφωμένα πετρώματα. Η ανώτερη παγγίνα του λατομείου μάλιστα (ύψους 20 m) ήταν όλη μέσα στον μυλωνίτη του ρήγματος.

Για την κατασκευή του επιχώματος χρησιμοποιήθηκαν τελικά υλικά λιθορριπής από νέα θέση. Λόγω του αυξημένου ποσοστού λεπτοκόκκων της λιθορριπής, στο ανάχωμα ενσωματώθηκαν οριζόντιες στραγγιστήριες ζώνες σε θέσεις εντός του ορίου διακύμανσης της λίμνης.



Εικόνα 6: Το φράγμα Παναγιώτικο στη φάση κατασκευής.

3.2 Εκσκαφές εκχειλιστή

Η ανεύρεση νέας ισοδύναμης Συμβατικά θέσης λατομείου ήταν ίσως τελικά το πιο εύκολο αντιμετωπίσιμο πρόβλημα. Το δύσκολο ήταν η προσαρμογή των εκσκαφών στην θέση του Συμβατικού λατομείου και των μέτρων προστασίας έτσι ώστε να γίνει δυνατή η εκσκαφή της λεκάνης αποτόνωσης του Υπερχειλιστή λόγω των συνεχών καταπτώσεων. Οι εκσκαφές της διώρυγας αποτόνωσης απαίτησαν τελικά την εφαρμογή ενισχυμένων μέτρων προστασίας.

Αυτό δεν ήταν το μοναδικό πρόβλημα αφού και το κεκλιμένο τμήμα της διώρυγας του υπερχειλιστή διερχόταν ουσιαστικά από την ίδια διαταραγμένη ζώνη. Παρόλο ότι οι εργασίες των εκσκαφών συνεχίστηκαν με μεγάλη προσοχή και αναπροσαρμογή των μέτρων προστασίας, ένα κανονικό ρήγμα κάθετο περίπου στο επίπεδο της επώθησης, δημιούργησε τις συνθήκες για την κατάρρευση των πρανών και του δαπέδου τμήματος της κεκλιμένης διώρυγας.

Στο σημείο αυτό πρέπει να αναφερθεί ότι στην μελέτη προβλεπόταν η εκτέλεση μιας γεώτρησης στην θέση του έργου εισόδου του εκχειλιστή, η οποία θα εκτελείτο κατά την φάση κατασκευής του έργου.

Για την αποκατάστασή της ολίσθησης απαιτήθηκε ειδική μελέτη και σοβαρά μέτρα προστασίας των πρανών και του δαπέδου του υπερχειλιστή. Έτσι, μετά τον καθαρισμό της κατάπτωσης, τοποθετήθηκαν προεντεταμένες αγκυρώσεις στο τελικό πρανές εκσκαφής και σε συνδυασμό με πρόσθετα μέτρα, εξασφαλίστηκε η ευστάθεια.



Εικόνες 7 και 8: Αστοχία κατά την εκσκαφή του εκχειλιστή και τελικά μέτρα προστασίας

3.3 Συμπεριφορά του φράγματος μετά την πλήρωση του ταμιευτήρα

Μετά την έμφραξη και κατά την πλήρωση της λίμνης εμφανίσθηκαν διαρροές νερού από το φράγμα ή και τα αντερείσματα, οι οποίες σχετίζονται αναλογικά με την στάθμη της λίμνης. Για τη μέτρηση τους, στον κατάντι πόδα κατασκευάσθηκε μικρός εκχειλιστής. Η ποσότητα του νερού δεν είναι σημαντική, μεταβάλλεται από 8 έως 17lit/sec και καλύπτει τις απαιτήσεις της οικολογικής παροχής που επιβάλλεται από τους περιβαλλοντικούς όρους, χωρίς να επηρεάζει την ασφαλή λειτουργία του έργου.



Εικόνα 9: Μέτρηση διαρροών στα κατάντη

Παρ' όλα αυτά χρειάζεται να παρακολουθείται το έργο από τον τελικό χρήστη, να γίνεται αξιολόγηση των μετρήσεων παραμορφώσεων, στάθμης φρεάτων στα αντερείσματα και ποσότητας νερού διαρροών. Επίσης στο έργο αυτό, όπως εξάλλου και σε κάθε άλλο μεγάλο φράγμα πρέπει να γίνονται οι συντηρήσεις που απαιτούνται ώστε να διατηρείται σε ασφαλή κατάσταση.

Επίσης απαιτείται η σύνταξη της μελέτης πλημμυρικού κύματος θραύσεως του φράγματος, δεδομένου ότι κατάντη του έργου βρίσκονται αρκετά ανεπτυγμένες οικιστικά περιοχές.

Το έργο Παναγιώτικο πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για την ύδρευση των Νότιο-Ανατολικών περιοχών του Πηλίου.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εμφάνιση προβλημάτων για τα οποία δεν υπάρχει πρόβλεψη στην μελέτη του έργου είναι φαινόμενο που συναντάται συχνά στην φάση κατασκευής των φραγμάτων. Η ανάγκη επίλυσης των είναι πάντα επείγουσα δεδομένου ότι η κατασκευή προχωρά με ρυθμούς που δεν επιτρέπουν την σε βάθος ανάλυση των καταστάσεων.

Συχνά ο μη ικανοποιητικός συντονισμός των φορέων και παραγόντων που εμπλέκονται στις διάφορες φάσεις υλοποίησης του φράγματος, από την επιλογή της θέσης μέχρι την

λειτουργία, αποτελεί την κύρια αιτία των αστοχιών, ενώ συχνά πολλές εκ των υστέρων αποφάσεις είναι αποτέλεσμα προσπάθειας διατήρησης ισορροπιών.

Το στάδιο της μελέτης είναι αναμφισβήτητο αυτό κατά το οποίο πρέπει να σχεδιαστούν σωστά όλες οι σημαντικές παράμετροι του έργου και παρουσιάζει ίσως τις μεγαλύτερες δυσκολίες και ιδιαιτερότητες. Είναι πολύ εύκολο να οδηγηθούμε σε λάθος συμπεράσματα ακόμη και από τυχαίους παράγοντες, όπως π.χ. είναι η θέση μιας γεώτρησης που αν κατασκευαζόταν λίγα μέτρα μακρύτερα θα μας έδινε άλλο αποτέλεσμα.

Η προσπάθεια οικονομίας τόσο στην φάση της μελέτης όσο και της κατασκευής, παρ' ότι δεν πρέπει ποτέ να την παραβλέπουμε, ίσως φέρνει ακριβώς τα αντίθετα αποτελέσματα. Συνήθως οι μεγαλύτερες υπερβάσεις γίνονται στην προσπάθεια να κάνουμε οικονομία, όπως π.χ. η μη εκτέλεση των αναγκαίων ερευνητικών εργασιών, η υποδιαστασιολόγηση Μέτρων Προστασίας κλπ είναι δυνατόν να οδηγήσουν τελικά σε πολύ πιο δαπανηρές κατασκευαστικές αστοχίες

Το μέγεθος της απόκλισης που παρουσιάζουν συχνά τα υδρολογικά δεδομένα γίνεται φανερό στην φάση της πλήρωσης των ταμιευτήρων. Γενικά φαίνεται ότι υπάρχει υποεκτίμηση των πλημμυρικών παροχών και ενώ σε κανονικές συνθήκες ο ρυθμός ανόδου της στάθμης της λίμνης θα έπρεπε να είναι λίγο πολύ ο προβλεπόμενος από τα υδρολογικά δεδομένα στην πραγματικότητα για τα τρία έργα που παρουσιάζονται στο άρθρο, η εισροή υδάτων είναι σημαντικά μεγαλύτερη από την προβλεπόμενη με αποτέλεσμα ο χρόνος πλήρωσης της λίμνης να είναι τελικά πολύ μικρότερος από τον αναμενόμενο.

Τελικά όλα τα παραπάνω ίσως μπορούν να συνοψισθούν στην ανάγκη εμπειρίας των εμπλεκόμενων φορέων, ιδιοκτήτη, μελετητών, κατασκευαστή, επίβλεψης, και χρήστη, ενώ σοβαρή είναι και η απαίτηση να παρακολουθείται και να συντηρείται το έργο στη φάση λειτουργίας του.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. R.Fell,P. MacGregor, D. Stapledon, G. Bell, 1995, *GEOTECHNICAL ENGINNERING OF DAMS*, A.A. Balkema Publishers
2. ΔΕΗ/ΔΑΥΕ/ΚΕΨΕ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ Εκθέσεις Τεχνικού Συμβούλου στη διάρκεια κατασκευής των έργων.

Logga, Livadi, Panagiotiko Dams in Thessaly Area . Geological Problems during construction.

Yiannis Thanopoulos

Civil Engineer Phd , Public Power Corporation of Greece / DYHP

P. Douvlis

Geologist , Public Power Corporation of Greece / DYHP

ABSTRACT: A presentation of problems during the construction of three dams in the region of Thessaly is given in this article and an attempt is made to analyze the various causes (Design inefficiencies, “Hidden” geology features etc). Dealing with the problems in the construction phase had important consequences in schedule and cost.