

ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΙΓΜΑΤΩΝ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΑΚΑΤΕΡΓΑΣΤΗΣ ΤΕΦΡΑΣ ΓΙΑ ΤΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ ΣΚΛΗΡΟΥ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ

Χ. Γουλόπουλος

Τελειόφοιτος Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ.

Μ. Τζιθιώτης

Τελειόφοιτος Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Πρόκειται για την περιγραφή της προσπάθειας παρασκευής κατάλληλου μίγματος ιπτάμενης τέφρας σε διάφορα ποσοστά και εδαφικού υλικού, το οποίο θα χρησιμοποιηθεί στη κατασκευή φράγματος σκληρού επιχώματος. Επίσης αναφέρονται ονομαστικά όλες οι εργαστηριακές δοκιμές που θα πραγματοποιηθούν καθώς και τα έως τώρα αποτελέσματα αυτών.

Λέξεις κλειδιά : ιπτάμενη τέφρα, φράγματα σκληρού επιχώματος, εργαστηριακές δοκιμές εδάφους

ABSTRACT

It is about the description of the effort to produce a proper mixture of different percentages of fly ash with soil, which will be used for the construction of Hardfill dams. We also describe all the laboratory tests which will be carried out and all the results we have so far.

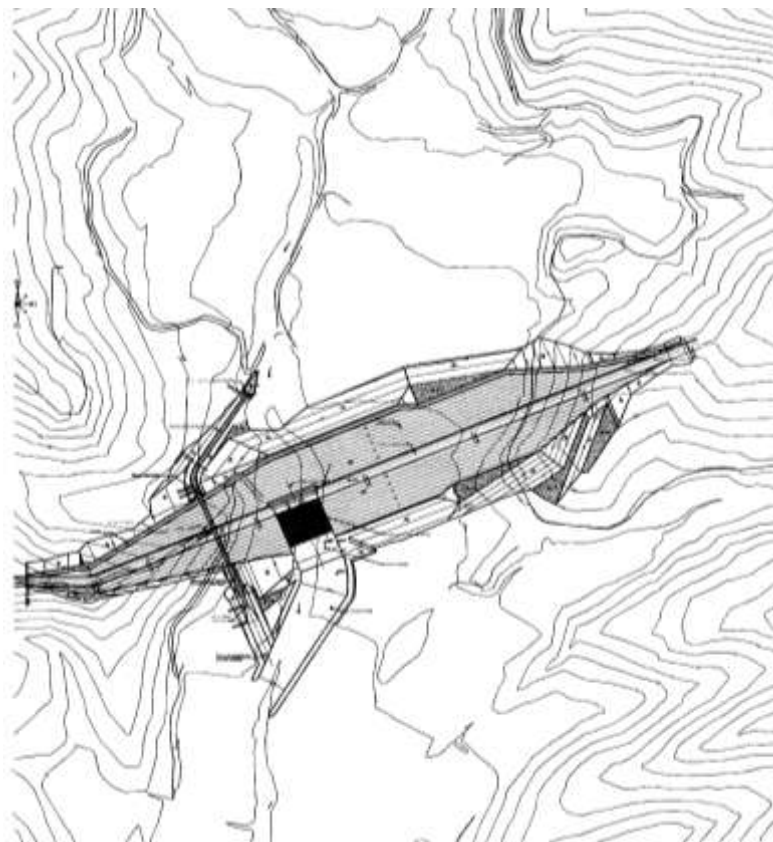
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κατασκευή φραγμάτων από «σκληρό επίχωμα» (hardfill dams), αποτελεί μια σχετικά νέα τεχνολογία, η οποία τα τελευταία χρόνια γνωρίζει ιδιαίτερη ανάπτυξη. Συνήθως το υλικό κατασκευής είναι ύφυγρο μείγμα αποτελούμενο από αδρανή, μικρή ποσότητα τσιμέντου (της τάξης των 60 kg/m³) και ελάχιστη ποσότητα νερού. Αφορμή για την πραγματοποίηση της εν λόγω διπλωματικής εργασίας αποτέλεσε η εκτενής αναφορά των ομιλητών στην συγκεκριμένη τεχνολογία στο πλαίσιο του 1^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Μεγάλων Φραγμάτων τον περασμένο Νοέμβριο στη Λάρισα, την οργάνωση του οποίου ανέλαβε το Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος και το Περιφερειακό Τμήμα Κεντρικής & Δυτικής Θεσσαλίας.

Κατά τη διάρκεια των εργασιών του συνεδρίου ενημερωθήκαμε ότι είχε ήδη δρομολογηθεί η ανέγερση παρόμοιου φράγματος στην περιοχή κοντά στο χωριό Άσος του Νομού Άρτας. Μελετητής του έργου είναι ο κ. Ν. Μουτάφης, Δρ. Πολιτικός Μηχανικός και Λέκτορας του Ε.Μ.Π. Επιπροσθέτως υπήρξε η ιδέα από την κα. Ι. Παπαγιάννη, καθηγήτρια στο τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Α.Π.Θ., να γίνει χρήση ιπτάμενης τέφρας προκειμένου να παραχθεί κατάλληλο μίγμα, που θα αποτελέσει και το υλικό κατασκευής του φράγματος. Αυτό λοιπόν είναι και το ακριβές θέμα της παρούσας διπλωματικής εργασίας αφού μελετάται η σταθεροποίηση εδαφικού υλικού με διάφορα ποσοστά ιπτάμενης τέφρας χωρίς την χρήση τσιμέντου.

Μοναδική πηγή αδρανών για το μίγμα θα αποτελέσουν οι φυσικές αποθέσεις της περιοχής κατάντη του έργου. Για αυτό το λόγο αποφασίστηκε η δειγματοληψία εδαφικού υλικού από τρία διαφορετικά σημεία της ευρύτερης περιοχής ώστε να διαπιστωθεί η ποιότητα και τα

χαρακτηριστικά του σε κάθε περίπτωση. Παρακάτω παρατίθεται το τοπογραφικό σχέδιο της περιοχής, όπου φαίνεται και ο άξονας του φράγματος.(Σχήμα 1)



Σχήμα 1.Τοπογραφία περιοχής και άξονας φράγματος.

ΙΠΤΑΜΕΝΗ ΤΕΦΡΑ

Η ιπτάμενη τέφρα αποτελεί ως γνωστό το κυριότερο στερεό κατάλοιπο της καύσης των στερεών ανθράκων που χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία παραγωγής ενέργειας. Ο λιγνίτης (ο ελληνικός στερεός άνθρακας) αποτελεί την κυριότερη πρώτη ύλη για το συγκεκριμένο σκοπό στη χώρα μας. Από την καύση του προκύπτουν ως υποπροϊόντα σημαντικές ποσότητες τέφρας. Οι ποσότητες αυτές εκτιμώνται σε ετήσια βάση γύρω στους 11,5 – 12 εκατομμύρια τόνους και προέρχεται κυρίως από τους σταθμούς της Δ.Ε.Η. σε Κοζάνη, Πτολεμαΐδα και Μεγαλόπολη. Από το ποσοστό αυτό αξιοποιείται κυρίως στη βιομηχανία παραγωγής τσιμέντου μόνο το 10%, δηλαδή περίπου 1 – 1,1 εκατομμύρια τόνοι.

Σύμφωνα με το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 450 για τα κατασκευαστικά υλικά, η ιπτάμενη τέφρα ορίζεται ως το λεπτόκοκκο υλικό αποτελούμενο κυρίως από σφαιρικά, υαλώδη σωματίδια διαμέτρου 0,5 – 100 μm. Λαμβάνεται από τα ηλεκτροστατικά ή μηχανικά φίλτρα, τα οποία την δεσμεύουν από τα απαέρια των λεβήτων καύσης κονιορτοποιημένου άνθρακα.

Το ευρωπαϊκό πρότυπο EN 197-1 διαχωρίζει τις τέφρες σε δύο κατηγορίες :

- Στις **πυριτικές (V)**, οι οποίες περιέχουν λιγότερο από 10% CaO
- Στις **ασβεστολιθικές (W)**, οι οποίες περιέχουν 10 – 35% CaO

Οι τέφρες της πρώτης κατηγορίας παρουσιάζουν ποζολανικές ιδιότητες ενώ της δεύτερης κατηγορίας ποζολανικές ή/και υδραυλικές ιδιότητες.

Σύμφωνα με το αμερικάνικο πρότυπο ASTM C-618, οι τέφρες διαχωρίζονται σε τρεις κατηγορίες:

- Στις τέφρες τύπου **N**, οι οποίες περιλαμβάνουν ακατέργαστες ποζολάνες με τουλάχιστον 70% SiO_2 (διοξείδιο του πυριτίου), Al_2O_3 (οξείδιο του αργιλίου) και Fe_2O_3 (οξείδιο του σιδήρου).
- Στις τέφρες τύπου **F** που παράγονται από την καύση ανθρακίτη ή βιταμινούχου κάρβουνου με τουλάχιστον 70% SiO_2 , Al_2O_3 και Fe_2O_3 ,
- Στις τέφρες τύπου **C**, που είναι εκείνες που παράγονται από την καύση λιγνίτη και υπό-βιταμινούχου κάρβουνου και περιέχουν τουλάχιστον 50 - 70% SiO_2 , Al_2O_3 και Fe_2O_3 .

Οι τέφρες τύπου F περιέχουν συνήθως λιγότερο από 5% CaO , ενώ οι τέφρες τύπου C αντίστοιχα 10 – 35% CaO . Οι ελληνικές ιπτάμενες τέφρες ανήκουν στις ασβεστολιθικές σύμφωνα με το EN 197-1 και στην κατηγορία C σύμφωνα με το ASTM C-618 λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς τους σε CaO .

Συγκεκριμένα η τέφρα που θα χρησιμοποιηθεί στο πλαίσιο της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας προέρχεται από τον ατμοηλεκτρικό σταθμό της Δ.Ε.Η. στην Πτολεμαΐδα. Πρόκειται για ακατέργαστη τέφρα, η οποία με βάση της Εθνικές Προδιαγραφές κατατάσσεται στην κατηγορία ΕΙΤ 1 (ακατέργαστες τέφρες). Σε γενικές γραμμές το ποσοστό CaO αναμένεται να ξεπεράσει το 20%, ενώ η λεπτότητα της θα κυμαίνεται από 45 – 55% συγκρατούμενο στο κόσκινο των 45 μm . Η ακριβής χημική ανάλυση της τέφρας θα πραγματοποιηθεί εργαστηριακά.

Τα οφέλη από τη χρήση της τέφρας ως συνδετικής κονίας στο μίγμα είναι:

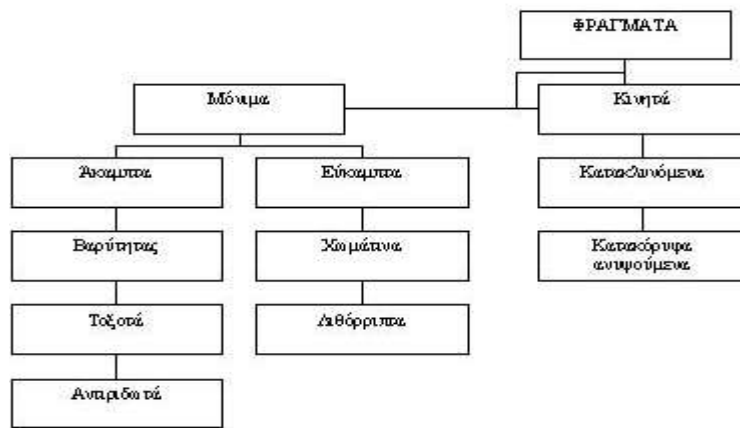
- **Οικονομικά**, λόγω της χαμηλής τιμής της σε σχέση με το τσιμέντο
- **Οικολογικά**, αφού ένα μεγάλο ποσοστό των επιβλαβών συστατικών της π.χ. βαρέα μέταλλα) που θα κατέληγαν στο περιβάλλον με την υγειονομική ταφή της, δεσμεύονται μέσα στα προϊόντα ενυδάτωσης του μίγματος.
- **Τεχνικά**, αφού το μίγμα θα διαθέτει την απαιτούμενη αντοχή περιορίζοντας παράλληλα την τάση του για ρηγμάτωση.

Η τέφρα λόγω του μικρού ειδικού βάρους της μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή επιχωμάτων πάνω σε συμπιεστά εδάφη αφού επιφέρει σημαντική μείωση των φορτίων που μεταβιβάζονται στην επιφάνεια έδρασής τους.

ΦΡΑΓΜΑΤΑ

Τα φράγματα είναι από τα πρώτα τεχνολογικά επιτεύγματα του ανθρώπου, αφού οι πρώτες κατασκευές ανάγονται στα προϊστορικά χρόνια. Το παλαιότερο φράγμα που αναφέρεται στην ιστορία είναι αυτό από την 4^η χιλιετία π.χ. στην Γιάβα της Ιορδανίας για συλλογή πόσιμου νερού.

Πρόκειται για έργα δαπανηρά, τα οποία όμως παρουσιάζουν μεγάλα οικονομικά οφέλη. Από κατασκευαστικής πλευράς κατατάσσονται σύμφωνα με το ακόλουθο διάγραμμα:



Η κατασκευή ενός φράγματος, ανάλογα με το σκοπό που θα εξυπηρετήσει, μελετάται και βρίσκεται τόσο ο καλύτερος τύπος φράγματος όσο και οι απαιτούμενες διαστάσεις του. Κάθε φράγμα έχει τη δική του λειτουργία, τους δικούς του φυσικούς παράγοντες και το δικό του φυσικό περιβάλλον, που παίζει σπουδαίο ρόλο για τη θεμελίωση του.

Τα σημαντικότερα σύγχρονα φράγματα στην Ελλάδα και το εξωτερικό, σχεδιάζονται κυρίως με στόχο την εγκατάσταση υδροηλεκτρικού σταθμού και τα μικρότερα για τη συλλογή πόσιμου νερού, τις αρδεύσεις την αποτροπή πλημμύρων από χείμαρρους κ.τ.λ. Τα γνωστότερα ελληνικά φράγματα είναι αυτά που σχετίζονται με :

- **Υδροηλεκτρικά έργα:** Λούρου (1954), Λάδωνα (1955), Ταυρωπού (1959), Κρεμαστών (1965), Καστρακίου (1969), Πολυφύτου (1974), Πουρναρίου (1981), Στράτου (1988), κ.α.
- **Συλλογή πόσιμου νερού:** Μαραθώνα (1931), Μόρνου (1979), κ.α.
- **Αρδεύσεις:** Λευκώγια Δράμας (1972), Απολακκιάς Ρόδου (1978), Λειβαδιού Αστυπάλαιας (1978), Χαβρία Χαλκιδικής (1982), κ.α.

Ένας από τους τύπους φραγμάτων που παρουσιάζει κατασκευαστικά και οικονομικά πλεονεκτήματα είναι τα φράγματα τύπου 'αναχώματος' (embankment dam). Ως τέτοια προσδιορίζονται τα φράγματα που κατασκευάζονται από φυσικά υλικά τα οποία προήρθαν από εκσκαφή σε γειτονική περιοχή του εργοταξίου. Οι δυο βασικές κατηγορίες αυτού του τύπου φράγματος είναι : α) τα χωμάτινα β) τα λιθόρριπα.

Τα βασικά τους πλεονεκτήματα σε σχέση με τους υπόλοιπους τύπους φραγμάτων είναι τα εξής :

- Η καταλληλότητα τους να τοποθετούνται σε μεγάλες κοιλάδες και σε σχετικά απότομα φαράγγια.
- Η προσαρμοστικότητα τους σε ευρύ φάσμα συνθηκών θεμελίωσης.
- Η χρήση φυσικών υλικών, ελαχιστοποιώντας την ανάγκη για μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων επεξεργασμένου υλικού ή τσιμέντου στο εργοτάξιο.
- Η διαδικασία κατασκευής είναι μηχανοποιημένη και αποτελεσματικά συνεχής.
- Το κόστος ανά μονάδα του υλικού παρουσιάζει μικρότερη αύξηση σε σχέση με αυτό του τσιμέντου .
- Όταν κατασκευαστεί κατάλληλα μπορεί να παραλάβει ένα μεγάλο βαθμό παραμόρφωσης χωρίς τον κίνδυνο ρηγμάτωσης και πιθανής αστοχίας .

ΣΥΜΜΕΤΡΙΚΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ RCC ΣΥΜΠΛΗΓΟΥΣ ΕΠΙΧΩΣΗΣ
(FACE SYMMETRICAL HARDFILL DAMS - FSHD)

Όταν οι συνθήκες θεμελίωσης δεν είναι ιδεώδεις ή τα σεισμικά φορτία είναι πολύ μεγάλα, το σύνηθες τριγωνικό σχήμα των φραγμάτων βαρύτητας με κατακόρυφο ανάντη μέτωπο δεν είναι το ιδανικό. Σε τέτοιες συνθήκες μια εναλλακτική λύση είναι η συμμετρική διατομή φράγματος RCC με όμοια ανάντη και κατόντη μορφή, στην οποία η περιεκτικότητα σε συγκολλητικά υλικά (cementitious materials) μπορεί να επιλεγεί ανάλογα με τους διαθέσιμους τύπους αδρανών, οι δε απαιτούμενες μέγιστες αντοχές και μέτρο ελαστικότητας του σώματος του φράγματος ανάλογα με τις συνθήκες θεμελίωσης.

Η πρώτη πρόταση συμμετρικής διατομής σε φράγμα από RCC έγινε το 1970. Η σκέψη ήταν να μελετηθεί ένα τύπος διατομής ανάμεσα στην διατομή φράγματος βαρύτητας και στην διατομή χωμάτινου φράγματος, με χρήση υλικών μεταξύ σκυροδέματος και επίχωσης.

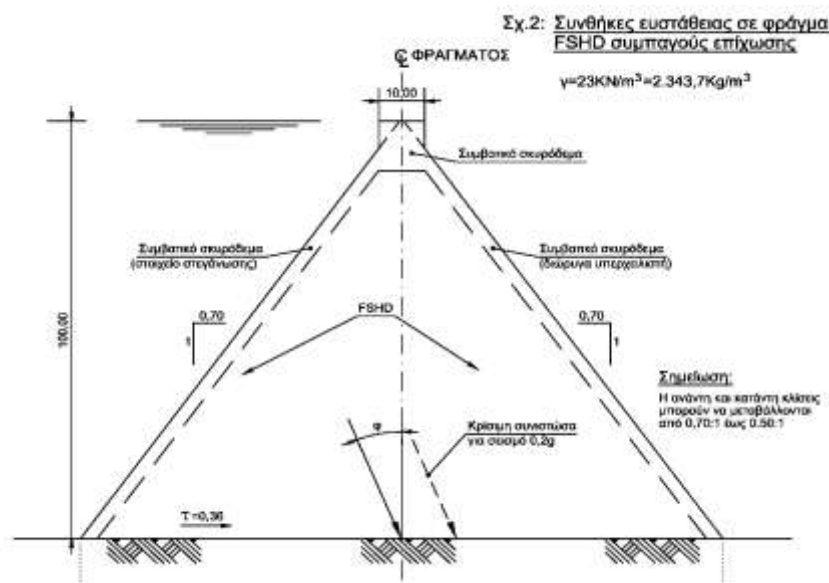
Η αύξηση του όγκου του σώματος του φράγματος δεν επηρεάζει την οικονομικότητα της κατασκευής καθώς η τιμή μονάδας του FSHD είναι σημαντικά κατώτερη από εκείνη της κλασσικής διατομής βαρύτητας του RCC, λόγω των χαλαρότερων προδιαγραφών.

Τα πλεονεκτήματα του τύπου αυτού του φράγματος έναντι του κλασσικού τύπου φράγματος RCC είναι τα ακόλουθα:

- 1) Η ανάντη στρώση του FSHD που απαιτείται για στεγανότητα είναι αναπόσπαστο μέρος του φράγματος. Αυτή η στρώση τοποθετείται επάνω στη συμπαγή επίχωση μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής της. Η κατασκευή της μπορεί να γίνει με την ίδια τεχνολογία που χρησιμοποιείται για CFRD (concrete face rockfill dam).
- 2) Δεν απαιτούνται αρμοί συστολής λόγω της μικρής περιεκτικότητας σε τσιμέντο. Για το FSHD αρκεί μια ποσότητα τσιμέντου 50 Kg/m^3 .
- 3) Δεν απαιτείται ξυλότυπος εφ' όσον οι κλίσεις των ανάντη και κατόντη όψεων δεν υπερβαίνουν το 0,7 προς 1 (H:V).
- 4) Δεν απαιτείται δαπανηρή επεξεργασία των επιφανειών των στρώσεων, ακόμη και στην περίπτωση που το τσιμέντο έχει πήξει (cold joints).
- 5) Μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως αδρανή, αλλουβιακά υλικά με μεγάλο μέγεθος μέγιστου κόκκου ή θραυστό υλικό από μαλακό βράχο με ελάχιστη επεξεργασία διαχωρισμού, καθώς η αποδεκτή κοκκομετρική περιοχή είναι μεγάλη. Ακόμη και άργιλοι με χαμηλή πλαστικότητα (silts) μπορούν να γίνουν αποδεκτές.
- 6) Η μικρή περιεκτικότητα σε τσιμέντο είναι το βασικό χαρακτηριστικό των φραγμάτων από συμπαγή επίχωση. Διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι με περιεκτικότητα 50 kg/m^3 σε τσιμέντο, μπορούν να επιτευχθούν αντοχές 5 Mpa σε 90 ημέρες.
- 7) Το συμμετρικό τριγωνικό σχήμα έχει το μεγάλο πλεονέκτημα, ότι οι εσωτερικές τάσεις και τα φορτία στη θεμελίωση δεν μεταβάλλονται σημαντικά με τη μεταβολή των συνθηκών φόρτισης (πλήρης ή κενός ταμιευτήρας).
- 8) Σεισμική επιτάχυνση 0,2g δεν προκαλεί τάσεις εφελκυσμού. Συμβατικό φράγμα βαρύτητας με κατακόρυφη ανάντη όψη, σε τέτοια περίπτωση δυναμικής φόρτισης θα ανέπτυξε σημαντικές εφελκυστικές τάσεις στην ανάντη όψη.
- 9) Οι θλιπτικές τάσεις σε ένα φράγμα τύπου FSHD είναι σημαντικά μειωμένες σε σύγκριση με εκείνες ενός φράγματος συμβατικής διατομής βαρύτητας (ανάντη όψη 1,4 Mpa αντί 2,4 Mpa).

- 10) Οι παραπάνω τιμές προέκυψαν από τη μελέτη δύο τύπων διατομών, μιας με κατακόρυφη ανάντη όψη και συμβατικό RCC και άλλης με συμμετρικές ανάντη και κατάντη όψεις, δηλαδή τύπου FSHD. Το ύψος των διατομών είναι περίπου 100 m. Η κατάντη κλίση του συμβατικού RCC ήταν 0,8 προς 1. Στην περίπτωση του FSHD οι δύο κλίσεις ανάντη και κατάντη ήταν 0,7 προς 1. Η μέση διατμητική τάση μειώθηκε στο FSHD από 0,63 MPa σε 0,36 MPa. Η γωνία 'φ' για διάφορες παραδοχές ανώσεως κυμάνθηκε από 14° έως 22° αντί 27° έως 42° στο συμβατικό RCC .
- 11) Η κατακόρυφη φόρτιση στην επιφάνεια θεμελίωσης είναι πρακτικά ομοιόμορφη και αμετάβλητη για όλες τις στάθμες του ταμιευτήρα. Αυτή είναι μία βασική διαφορά από την συμβατική διατομή βαρύτητας και πλεονεκτική για θεμελιώσεις σε βράχο χαμηλού μέτρου ελαστικότητας.
- 12) Επομένως όπου η επιφάνεια θεμελίωσης αποτελείται από μαλακό βράχο, ο τύπος διατομής FSHD επιτρέπει την κατασκευή ενός φράγματος βαρύτητας, ενώ ένα φράγμα με συμβατική διατομή δεν θα ήταν κατάλληλο.
- 13) Στον τύπο FSHD η στεγανότητα εξασφαλίζεται από την ανάντη πλάκα και όσο περισσότερο πορώδες είναι το σώμα του φράγματος τόσο καλύτερη είναι και η συμπεριφορά του. Η μέθοδος κατασκευής άλλωστε συναρτάται με τη σχετική υδατοπερατότητα. Αυτό σημαίνει ότι ακόμη και ο διαχωρισμός των αδρανών (segregation) είναι επιτρεπτός.
- 14) Η παραμορφωσιμότητα του σκυροδέματος (RCC) μπορεί να είναι χαμηλότερη από εκείνη της βραχομάζας επί της οποίας εδράζεται. Χαμηλή ακαμψία (stiffness) των υλικών του FSHD είναι πλεονεκτικότερη στη περίπτωση μη ικανοποιητικών συνθηκών θεμελίωσης. Το φράγμα προσαρμόζεται στις συνθήκες θεμελίωσης εύκολα.
- 15) Οι θερμικές τάσεις στο FSHD είναι μικρότερες από ότι στα συμβατικά φράγματα RCC και έτσι δεν απαιτούνται αρμοί συστολής. Χαμηλή περιεκτικότητα σε τσιμέντο σημαίνει μικρή άνοδο θερμοκρασίας.
- 16) Μια ελάχιστη θλιπτική αντοχή είναι η μόνη απαίτηση για το υλικό συμπαγούς επίχωσης.
- 17) Η τοποθέτηση της συμπαγούς επίχωσης RCC μπορεί να γίνει κατά παρόμοιο τρόπο με το κλασικό RCC. Το πάχος των στρώσεων είναι συνήθως 300mm μετά τη συμύκνωση.

Παρακάτω δίνεται μια τομή ενός συμμετρικού φράγματος σκληρού επιχώματος :



Σύμφωνα με την προκαταρκτική μελέτη για την κατασκευή του φράγματος σκληρού επιχώματος (Hardfill dam), ορίζεται ως άνω όριο κόκκων εδαφικού υλικού τα 76mm.

Οι φυσικές αποθέσεις της ευρύτερης περιοχής κατάντη του έργου θα αποτελέσουν την πηγή αδρανών. Η μόνη επεξεργασία που είναι δυνατό να υποστεί το υλικό είναι το πλύσιμο. Συνολικά υπολογίζεται ότι για την κατασκευή του φράγματος θα χρειαστούν περίπου 400.000 m³ αδρανών. Η έδραση του φράγματος θα γίνει από την μια άκρη σε ψαμμίτη ενώ από την άλλη σε φλύσχη.

Πρόκειται για ένα σχετικά μικρό φράγμα, το οποίο κατασκευάζεται κυρίως για τις αρδευτικές ανάγκες της περιοχής. Το τελικό ύψος του θα κυμαίνεται μεταξύ των 55 – 60m ενώ το ειδικό του βάρος θα είναι περίπου 2,2 gr/cm³. Η επιθυμητή αντοχή του μίγματος τέφρας και αδρανών υπολογίζεται στα 4 - 5 MPa. Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι η μέγιστη κατακόρυφη τάση ενός φράγματος ύψους 100m δεν ξεπερνά το 1,5 MPa είναι εύκολα αντιληπτό ότι μια τέτοια τιμή μονοαξονικής θλίψης εξασφαλίζει συντελεστή ασφαλείας κοντά στο 3.

Το υλικό θα τοποθετηθεί σε στρώσεις των 0,3 m, χωρίς διακοπή εργασιών και αφού πραγματοποιηθεί συμπίκνωση με τα κατάλληλα τεχνικά μέσα. Σημαντική παράμετρος, η οποία θα εξετασθεί διεξοδικά, κατά τους εργαστηριακούς ελέγχους, είναι η διαπερατότητα του μίγματος αφού δεν προβλέπεται η κατασκευή ανάντη πλάκας σκυροδέματος μικρής διαπερατότητας. Αντί αυτής θα τοποθετηθεί γεωμεμβράνη μέτριας διαπερατότητας, της οποίας το τμήμα που θα βρίσκεται πάνω από το νερό θα καλυφθεί με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα λόγω της ευπάθειάς της.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ

Αρχικά θα μελετήσουμε τα χαρακτηριστικά του εδαφικού υλικού ως σημείο αναφοράς ώστε μετά την προσθήκη Ι.Τ. να σημειώσουμε τη μεταβολή τους. Οι εξής εργαστηριακοί έλεγχοι θα διεξαχθούν :

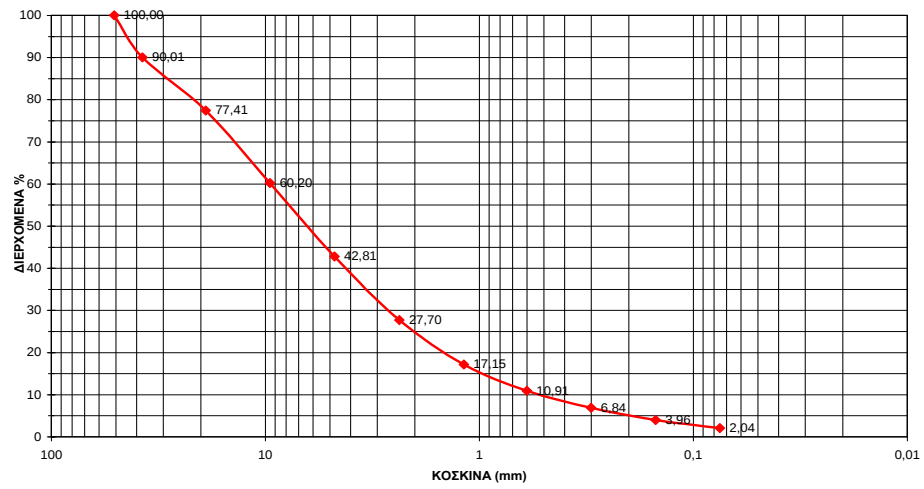
1. κοκκομετρική ανάλυση με κόσκινα (ASTM D421-D422)
2. κοκκομετρική ανάλυση με υδρόμετρο (ASTM D421-D422)
3. όρια Atteberg (ASTM D4318)
4. δοκιμή CBR (ASTM D1883-87)
5. Modified Proctor (ASTM D698-78)
6. χημική ανάλυση
7. ποσοστό οργανικών
8. αντοχή σε (ανεμπόδιστη) θλίψη (ASTM D2166-85)
9. αντοχή σε εφελκυσμό (ASTM D3080-90)
10. πυκνότητα εδάφους

Επίσης θα διεξαχθούν και εργαστηριακοί έλεγχοι για τη τέφρα ώστε να γίνει η κατάταξη της. Για την τέφρα θα γίνουν οι εξής έλεγχοι :

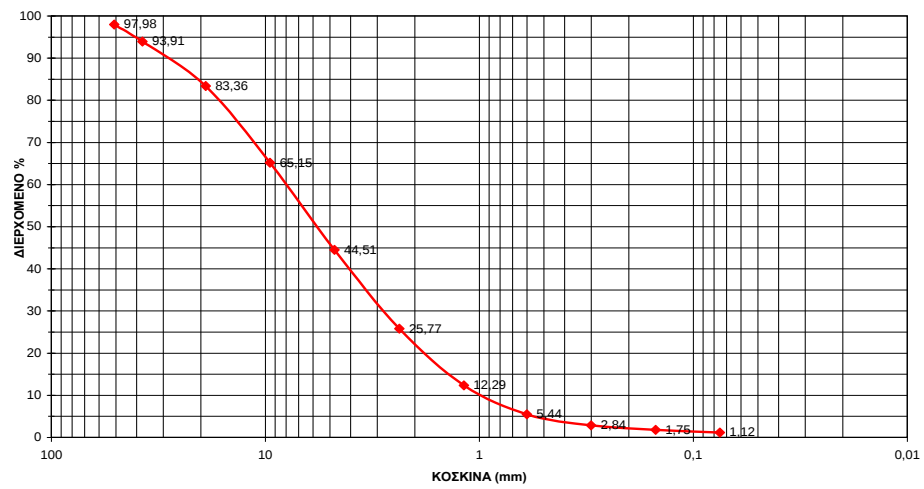
1. χημική σύσταση
2. λεπτότητα
3. δραστικότητα τέφρας με pozzalanicity index

Μέχρι σήμερα έχει ολοκληρωθεί μόνο η κοκκομετρική ανάλυση του δείγματος. Μετά από τετραμερισμό τα δείγματα τοποθετήθηκαν σε φούρνο στους 105 C° για 24 ώρες και τοποθετήθηκαν στα κόσκινα για κοκκομετρική ανάλυση. Τα κόσκινα που χρησιμοποιήθηκαν είναι τα εξής : 3in, 2in, 1κ 1/2in, 3/4in, 3/8in, N_o 4, N_o 8, N_o 16, N_o 30, N_o 50, N_o 100, N_o 200(ASTM).Οι κοκκομετρικές καμπύλες των τριών εκσκαφών παρατίθενται παρακάτω:

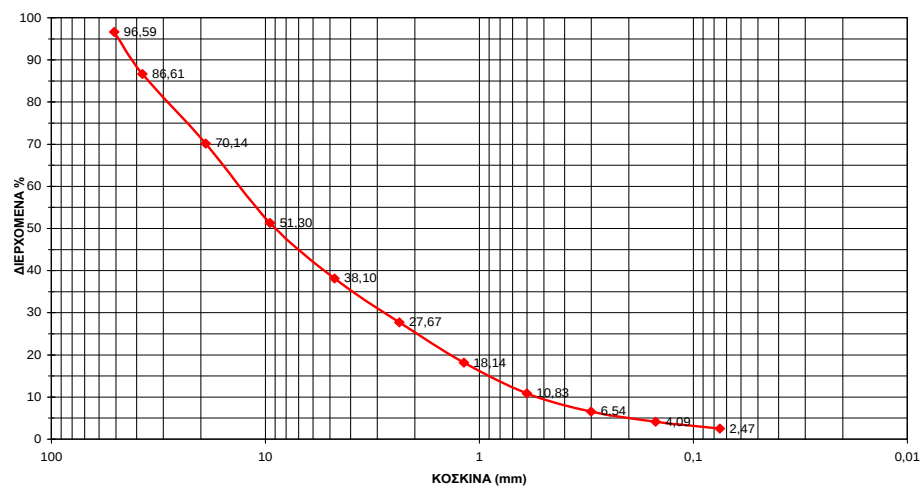
ΔΕΙΓΜΑ 1



ΔΕΙΓΜΑ 5-6



ΔΕΙΓΜΑ 7-8



ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- 1) Ν. Μουτάφης, Μελέτη φράγματος σκληρού επιχώματος περιοχής Άσσου, Ν. Άρτας
- 2) Πρακτικά 1^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Μεγάλων Φραγμάτων. ΤΕΕ & Περιφερειακό Τμήμα Κεντρικής και Δυτικής Θεσσαλίας, Λάρισα, 13-15 Νοεμβρίου 2008.
- 3) Πρακτικά ημερίδας για τη «Βελτίωση Εδάφους Με Χημικά Πρόσθετα» στα πλαίσια του προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών Α.Π.Θ «Προστασία Περιβάλλοντος και Βιώσιμη Ανάπτυξη», Θεσσαλονίκη, 10 Οκτωβρίου 2000.
- 4) Ιστοσελίδα, www.flyash.gr
- 5) Ιστοσελίδα, www.evipar.org
- 6) Ιστοσελίδα, www.ecotec.gr
- 7) K.H.Head, Manual of soil laboratory testing
- 8) Joseph E. Bowles, Engineering of soils and their measurement
- 9) P.Novak, A.I.B Moffat, Hydraulic structures
- 10) Ι.Στεφανάκος, Συμμετρικά φράγματα RCC συμπαγούς επίχωσης
- 11) J. Linard The safest dam