

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
Σχολή Πολιτικών Μηχανικών
Ηρώων Πολυτεχνείου 9, Ζωγράφου
Ομότιμος Καθηγητής **Γ. Γκαζέτας**
Τηλ. 210 772 4976, 69 44 63 21 85
gazetas@central.ntua.gr



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY
School of Civil Engineering
Heroon Polytechniou 9, Zografou
G. Gazetas, Professor Emeritus
(30) 210 772 4976, (30) 69 44 63 21 85
gazetas@central.ntua.gr

13–4–2021

Προς :

- 1) P&C DEVELOPMENT S.A.**
Λ. Βασιλίσσης Σοφίας 90 –Τ.Κ. 11528
- 2) Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης &Τροφίμων**
Τμήμα Μελετών Κατασκευών
Έργων Αγροτικής Υποδομής
Αχαρνών 381 & Δεστούνη 2-ΤΚ 11143 Αθήνα
- 3) Περιφέρεια Βορείου Αιγαίου**
Περιφερική Ενότητα Χίου
Διεύθυνση Τεχνικών Έργων
Πολυτεχνείου 1-ΤΚ 82100 Χίος

Κοιν:

- 1) Περιφρειάρχη Βορείου Αιγαίου**
Καθ. κ. Κώστα Μουτζούρη
Κουντουριώτη 1, 811 00 Μυτιλήνη

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ της ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ στο ΣΩΜΑ του ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ Κόρης Γεφύρι Χίου:

Η παρούσα Τεχνική Εκθεση αναφέρεται στις συμβατικές μας υποχρεώσεις οι οποίες είχαν διατυπωθεί ως εξής:

1. Έλεγχος της καταλληλότητας και επάρκειας των προγραμματισμένων γεωτεχνικών ερευνητικών εργασιών/μετρήσεων, και πιθανόν πρόταση επιπλέον μετρήσεων.
2. Κριτική αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των γεωτεχνικών ερευνών, ώστε να προκύψει η κατανομή της αντοχής και παραμορφωσιμότητας εντός του σώματος του φράγματος.
3. Αξιολόγηση των συμπερασμάτων από την (άμεση ή έμμεση) επιθεώρηση της υπάρχουσας κατασκευής, και πρόταση δυνητικών επεμβάσεων σε περίπτωση διαπιστώσεως ατελειών.

Σημειώνεται ότι η αντισεισμική ανάλυση του φράγματος για τον έλεγχο της επάρκειάς του σε περίπτωση ισχυρής σεισμικής διέγερσης, τύπου SSE, δέν αποτελεί αντικείμενο της παρούσης. Η ανάλυση αυτή έχει ήδη γίνει στην Μελέτη του Φράγματος, από την κοινοπραξία δηλαδή «Υδρο-Σύστημα» και «Γραφείο Δοξιάδη» (2003). Τα συμπεράσματά μας ως προς την αντισεισμική επάρκεια βασίζονται σ' αυτήν ακριβώς την Μελέτη («Τεύχος Ι: Στατικοί-Δυναμικοί Αντισεισμικοί Υπολογισμοί Φράγματος»). Ο σκοπός της δικής μας διερευνητικής εργασίας είναι να εξακριβωθεί κατά πόσον το σώμα του φράγματος «ώς κατεσκευάσθη» έχει χαρακτηριστικά δυσκαμψίας και αντοχής που πληρούν τις προδιαγραφές του έργου, και εάν όχι εάν τουλάχιστον είναι σε συμφωνία με τις παραδοχές της Μελέτης.

Αναλυτικά οι εργασίες και τα συμπεράσματα των ανωτέρω γεωτεχνικών ερευνών δίνονται παρακάτω.

1. ΠΡΟΤΑΘΕΙΣΕΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Δεδομένου ότι οι εργαστηριακές και επιτόπου δοκιμές κατά την διάρκεια κατασκευής του σώματος του φράγματος (του λεγομένου «σκληρού επιχώματος») ήταν δοκιμές μονοαξονικής φόρτισης σε θλίψη περιορισμένης έκτασης, και δεδομένου του χρονικού διαστήματος (περίπου 10-ετίας) που μεσολάβησε, κρίθηκε απαραίτητη η εκτέλεση μιάς ολοκληρωμένης γεωτεχνικής έρευνας. Σκοπός της έρευνας αυτής ήταν να προσδιορισθούν τα μηχανικά και δυναμικά χαρακτηριστικά τού κατασκευασθέντος σώματος τού φράγματος.

Οι ερευνητικές εργασίες υπαίθρου περιελάμβαναν (με την σειρά εκτελέσεως):

- Μιά ολοκληρωμένη γεωφυσική διασκόπηση με την μέθοδο των επιφανειακών κυμάτων (SASW) κατά μήκος του άξονα από την στέψη του φράγματος.
- Τέσσερες (4) περιστροφικές γεωτρήσεις κατά μήκος του φράγματος σε βάθος μέχρι την θεμελίωση, με συνεχή λήψη πυρήνων για οπτική παρατήρηση και εκτέλεση δοκιμών αντοχής
- Τέσσερες (4) γεωφυσικές διασκοπήσεις με την μέθοδο Cross-Hole
- Οι εργαστηριακές δοκιμές εκτελέστηκαν στο διάστημα από 14/12/2020 μέχρι 14/01/2021.
- Τέσσερες (4) γεωφυσικές διασκοπήσεις με την μέθοδο Up-Hole, στις ίδιες ακριβώς θέσεις των περιστροφικών γεωτρήσεων και των δοκιμών Cross-Hole.
- Την εκτέλεση οκτώ (8) μη δειγματοληπτικών γεωτρήσεων («τυφλών») Γ1β, Γ1γ, Γ2β, Γ2γ, Γ3β, Γ3γ, Γ4β και Γ4γ, οι οποίες χωροθετήθηκαν ανά δυο διαδοχικά σε αποστάσεις 2,00 m και 6,00 m από τις αντίστοιχες δειγματοληπτικές (δηλ. απείχαν μεταξύ τους 4,00 m). Το βάθος των γεωτρήσεων αυτών ήταν το ίδιο με αυτό των αντίστοιχων δειγματοληπτικών.

Κατά τη διάρκεια των εργασιών διάτρησης η γεώτρηση Γ3β μετατράπηκε σε

δειγματοληπτική μεταξύ βάθους 7,30-11,00 m προκειμένου να διερευνηθεί η πιθανότητα παρουσίας εδαφοποιημένης ζώνης, η οποία είχε αντίστοιχα εντοπιστεί στη γεώτρηση Γ3α σε βάθος 8,75-9,15 m.

Οι θέσεις και τα στοιχεία των γεωτρήσεων των γεωτρήσεων (καθώς και ο χρόνος εκτέλεσής τους) στην Τεχνική Έκθεση «ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ» της εταιρείας ΓΕΩΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΕΠΕ (9/2/21) η οποία πραγματοποίησε την εκτέλεση και αξιολόγηση των ανωτέρω γεωτεχνικών ερευνών σε συνεργασία με τον Δρ Πελέκη, επίκουρο καθηγητή του Πανεπιστημίου Πατρών.

2. ΚΡΙΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

2.1 Αποτελέσματα των Γεωφυσικών Μετρήσεων

Από τα επισυναπτόμενα τέσσερα σχήματα κατανομής της ταχύτητας του διατμητικού κύματος συναρτήσει του βάθους στις 4 θέσεις (Σχήμα 1) και της διαδιάστατης κατανομής της ταχύτητας των δοκιμών MASW (Σχήμα 2), συμπεραίνουμε τα ακόλουθα:

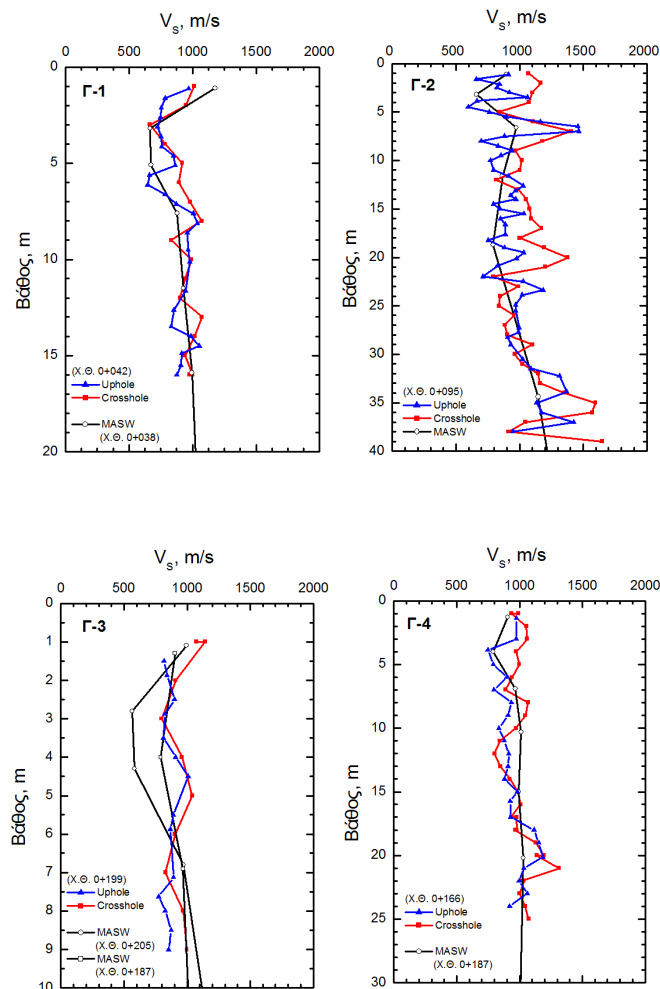
- Η ταχύτητα V_s μεταβάλλεται με το βάθος, κυμαινόμενη από περίπου 700 m/s έως 1150 m/s, με κάποιες εξαιρέσεις όμως (σε ορισμένα λίγα βάθη). Η κατανομή ωστόσο υποδηλώνει υλικό με μή-κοκκώδη συμπεριφορά, γεγονός που είναι φυσικό λόγω της προσθήκης τσιμέντου και συμπύκνωσης του υλικού.
- Η μέση τιμή της ταχύτητας V_s είναι περίπου της τάξεως των 850 m/s. Αυτό αντιστοιχεί σε μέτρο διατμήσεως (μικρών παραμορφώσεων) $G_o \approx 1.5$ GPa, τιμή *συμβιβαστή* με την τιμή $E_{sd} = 2.5$ GPa που χρησιμοποιήθηκε στην Μελέτη του Φράγματος: «ΤΕΥΧΟΣ Ι: ΣΤΑΤΙΚΟΙ–ΔΥΝΑΜΙΚΟΙ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ» της Αναδόχου Μελετητικής Κοινοπραξίας «Υδρο-Σύστημα και Γραφείο Δοξιάδη» (Οκτώβριος 2003).
- Η κρισιμότερη ωστόσο παρατήρηση είναι η συχνή έντονη εναλλαγή καθ' ύψος υψηλών και χαμηλών τιμών της V_s σε διαστήματα έως και 2 μέτρων βάθους. Η εναλλαγή αυτή είναι ιδιαιτέρως έντονη στις διοκιμές Up-Hole, λιγότερο έντονη στις δοκιμές Cross-Hole, και ανεπαίσθητη στην διασκόπηση MASW. Αυτό είναι τελείως λογικό και προδίδει την ύπαρξη ζωνών μικρού πάχους και διαφορετικής σκληρότητας (αντοχής και δυσκαμψίας). Διότι τα κύματα που εκπέμπονται στα Cross-Hole ταξιδεύουν ταχύτερα διαμέσου των σκληρών στρώσεων και «αγνοούν» έτσι τα μαλακότερα στρώματα, υπερεκτιμώντας την σκληρότητά τους.

2.2 Οι Γεωτρήσεις και τα Αποτελέσματα των Εργαστηριακών Δοκιμών

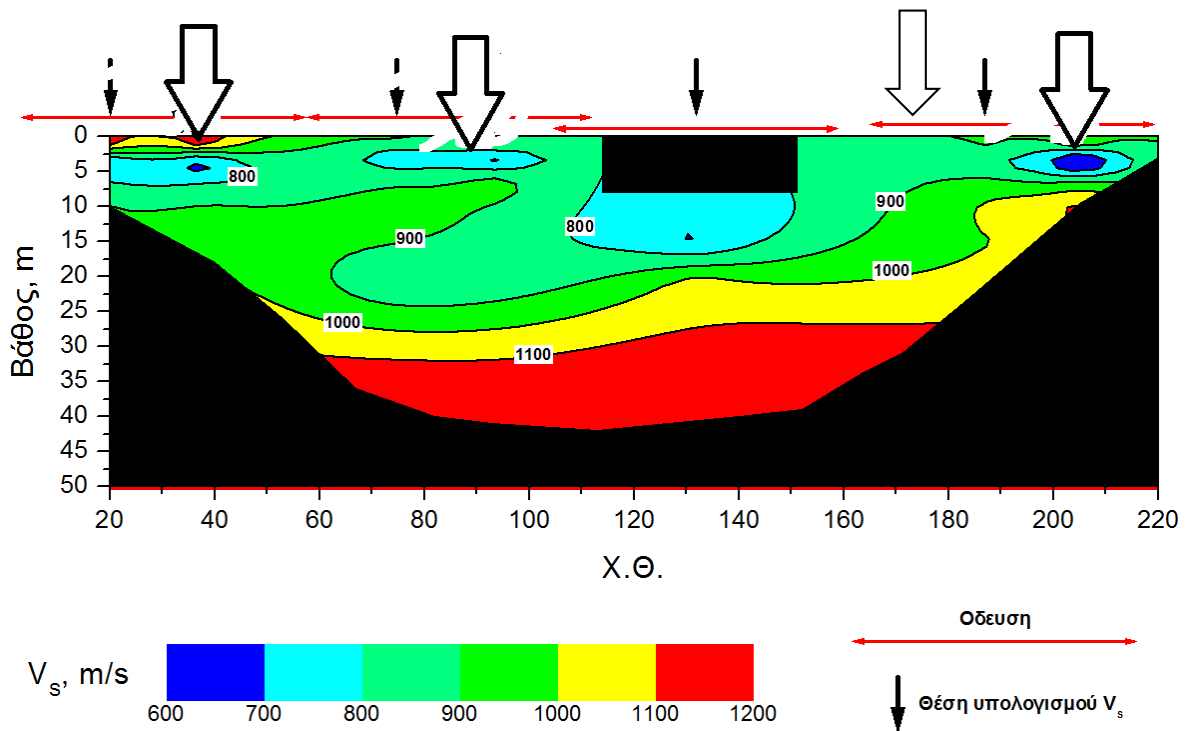
Τα πλήρη δείγματα (πυρήνες) των τεσσάρων γεωτρήσεων δίδονται στο Παράρτημα. Οι εργαστηριακές δοκιμές πυκνότητας και ανεμπόδιστης αντοχής σε επιλεγμένα δοκίμια δίδονται στον επισυναπτόμενο Πινάκα.

Απ' την διαδικασία της δειγματοληψίας και την οπτική εικόνα των δειγμάτων (πυρήνων) συμπεραίνονται τα εξής:

- Κατέστη δυνατή η συνεχής λήψη δειγμάτων (πυρήνων) χωρίς απώλειες, ενδεικτικό συνοχής του υλικού κατασκευής του επιχώματος. Αυτό είναι ένα σημαντικό θετικό στοιχείο του κατασκευασθέντος φράγματος. Ωστόσο, υπάρχει σαφής ανομοιο-εταμορφία με το βάθος. Κατά θέσεις φαίνεται ότι η συγκόλληση με τσιμέντο δεν είναι ισχυρή, το δε υλικό έχει την εικόνα κοκκώδους εδάφους με διάσταση κόκκων που ίσως (ελάχιστα, πάντως) να υπερβαίνουν τα 6 cm της συμβατικής υποχρέωσης.



ΣΧΗΜΑ 1. ΣΥΓΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΦΥΣΙΚΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ (Πελέκης 2021 και ΓΕΩΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΕΠΕ 2021).



ΣΧΗΜΑ 2. ΔΙΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ MASW (Πελέκης 2020).

- Σε μερικές θέσεις το υλικό εμφανίζεται κερματισμένο. Σύμφωνα και με την Εκθεση της ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ ΕΠΕ του 2018 (η οποία σκιαγραφείται παρακάτω), οι εμφανίσεις αυτές του υλικού δέν πρέπει να μας ανησυχούν εφόσον το υλικό αποτελείται από σκληρές και ανθεκτικές κροκάλες συνδεδεμένες με υλικό μικρότερης ασφαλώς αντοχής.
- Από τις μετρήσεις της θλιπτικής αντοχής, f_c , σε 45 δείγματα από τις 4 γεωτρήσεις (βλέπε τον παρακάτω Πίνακα) επιβεβαιώνεται ποιοτικά η εικόνα της ανομοιομορφίας όπως καθαρά παρουσιάζετα στις φωτογραφίες των πυρήνων. Οι τιμές της f_c κυμαίνονται από 4.5 MPa (μέγιστο) έως 0.8 MPa (ελάχιστο). Οι μικρότερες τιμές βρίσκονται σε βάθη που αντιστοιχούν περίπου στα βάθη των θέσεων όπου η φωτογραφική εμφάνιση του δείγματος (πυρήνα) είναι ενός κοκκώδους πιθανόν μή-συνδεδεμένου υλικού. Είναι επομένως αρκετά σαφές ότι η διαφοροποίηση των τιμών της f_c πρέπει να αποδοθεί σε αποκλίσεις από τα απαιτούμενα συμβατικώς: δηλαδή, είτε στην κοκκομετρία, είτε στην αυξημένη υγρασία κατά την τοποθέτηση, είτε και στην διάστρωση-συμπύκνωση στρώσεων σε πάχος > 30 cm. Π.χ., στην γεώτρηση Γ1α, στο βάθος 9.40 – 9.70 μέτρα, η πολύ μικρή τιμή $f_c = 0.9$ MPa αντιστοιχεί σε ποσοστό υγρασίας 11.4 % — μία από τις υψηλότερες μετρηθείσες τιμές, μεγαλύτερη των ορίων της προδιαγραφής.
- Οι τιμές της θλιπτικής αντοχής f_c στα άνω 3 – 4 μέτρα, τα οποία κατασκευάσθηκαν προσφάτως (από την εργολαβία της P&C DEVELOPMENT) δίδουν τιμές συστηματικά

μεγαλύτερες της προδιαγραφείσης τιμής των 2.5 MPa, με μέσον όρο άνω των 3 MPa.

- Η τελική κρίση ως προς την επάρκεια των αντοχών σε θλίψη και εφελκυσμό γίνεται μετά την εξέταση τής αντισεισμικής Μελέτης του φράγματος από την έχουσα την μελετητική ευθύνη ομάδα (Κ/Ξ) «Υδρο-Σύστημα» και «Γραφείο Δοξιάδη» (2003).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΩΝ ΜΟΝΑΞΟΝΙΚΗΣ ΘΛΙΨΗΣ ΠΥΡΗΝΩΝ ΣΚΛΗΡΟΥ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ											
ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΒΑΘΟΣ (m)	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ D (mm)	ΜΗΚΟΣ H (mm)	ΥΓΡΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ γ (kN/m ³)	ΞΗΡΗ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ γ_d (kN/m ³)	ΥΓΡΑΣΙΑ (%)	ΔΥΝΑΜΗ ΘΡΑΥΣΗΣ (kN)	ΑΝΤΟΧΗ ΩΣ ΕΧΕΙ (MPa)	ΛΟΓΟΣ H/D	L1 ASTM C42	ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΗ ΑΝΤΟΧΗ (MPa)
Γ1α	1,70-1,90	85,60	141,1	21,80	19,70	10,7	24,20	4,2	1,65	0,97	4,1
Γ1α	2,50-2,80	85,00	117,0	22,41	21,00	6,7	17,15	3,0	1,38	0,95	2,8
Γ1α	6,20-6,50	85,00	182,0	23,39	22,15	5,6	17,79	3,1	2,14	1,01	3,1
Γ1α	7,60-7,80	85,00	130,5	23,65	22,43	5,5	12,03	2,1	1,54	0,96	2,0
Γ1α	9,40-9,70	85,00	148,0	20,79	18,66	11,4	5,27	0,9	1,74	0,98	0,9
Γ1α	10,60-10,80	85,10	111,8	21,80	20,00	8,8	10,50	1,8	1,31	0,94	1,7
Γ1α	13,20-13,40	85,00	174,5	22,99	21,64	6,2	11,94	2,1	2,05	1,00	2,1
Γ1α	16,20-16,50	85,00	152,5	22,61	21,07	7,3	13,93	2,5	1,79	0,99	2,5
Γ2α	2,00-2,30	85,00	180,5	22,44	21,22	5,7	18,60	3,3	2,12	1,01	3,3
Γ2α	3,30-3,50	85,00	142,5	21,80	20,10	8,5	21,20	3,7	1,68	0,97	3,6
Γ2α	4,00-4,30	85,00	180,5	23,06	21,97	5,0	6,79	1,2	2,12	1,01	1,2
Γ2α	5,10-5,40	85,00	151,8	21,70	19,80	9,8	13,70	2,7	1,79	0,99	2,7
Γ2α	6,10-6,40	85,10	181,0	22,47	21,20	6,0	8,86	1,6	2,13	1,01	1,6
Γ2α	7,00-7,30	85,00	179,5	22,72	21,69	4,8	10,44	1,8	2,11	1,01	1,8
Γ2α	8,30-8,60	85,00	146,0	22,28	20,97	6,2	7,01	1,2	1,72	0,98	1,2
Γ2α	10,00-10,20	85,00	126,0	22,34	21,20	5,4	8,62	1,5	1,48	0,96	1,4
Γ2α	12,40-12,70	85,05	164,5	22,51	21,57	4,4	13,82	2,4	1,93	1,00	2,4
Γ2α	13,00-13,30	85,00	180,0	21,40	19,30	11,2	7,50	1,3	2,12	1,01	1,3
Γ2α	15,00-15,30	85,00	157,5	22,71	21,62	5,0	5,91	1,0	1,85	0,99	1,0
Γ2α	17,40-17,60	85,00	182,0	23,77	22,84	4,1	8,40	1,5	2,14	1,01	1,5
Γ2α	18,80-19,10	85,00	180,5	22,75	21,79	4,4	10,16	1,8	2,12	1,01	1,8
Γ2α	20,30-20,70	85,00	180,0	22,39	21,32	5,0	11,05	1,9	2,12	1,01	1,9
Γ2α	21,10-21,30	85,30	134,6	23,00	21,10	8,9	27,20	4,7	1,58	0,96	4,5
Γ2α	22,70-23,00	85,00	180,5	22,81	21,52	6,0	14,43	2,5	2,12	1,01	2,5
Γ2α	26,40-26,70	85,00	161,8	21,70	19,80	9,5	15,50	2,0	1,90	0,99	2,0
Γ2α	27,60-28,00	85,00	180,0	22,18	20,93	6,0	5,48	1,0	2,12	1,01	1,0
Γ2α	30,80-31,00	71,45	149,0	22,60	21,41	5,6	3,27	0,8	2,09	1,00	0,8
Γ2α	34,60-34,80	71,13	142,5	21,31	20,02	6,5	5,60	1,4	2,00	1,00	1,4
Γ3α	2,00-2,30	85,00	149,0	22,13	20,62	7,3	13,93	2,5	1,75	0,98	2,5
Γ3α	3,80-4,00	85,00	138,5	22,62	21,05	7,4	14,21	2,5	1,63	0,97	2,4
Γ3α	6,50-6,70	85,10	114,4	22,90	21,10	8,3	12,20	2,1	1,34	0,94	2,0
Γ3α	7,70-8,00	85,00	166,0	21,63	19,94	8,5	5,16	0,9	1,95	1,00	0,9
Γ3β	7,90-8,20	71,30	149,7	21,20	19,20	10,4	3,70	0,9	2,10	1,01	0,9
Γ4α	2,40-2,80	85,00	142,5	22,84	21,53	6,1	17,87	3,1	1,68	0,97	3,0
Γ4α	3,00-3,30	85,00	161,0	22,12	20,80	6,3	22,12	3,9	1,89	0,99	3,9
Γ4α	4,60-4,90	85,30	131,0	20,60	18,60	10,8	11,00	1,9	1,54	0,96	1,8
Γ4α	5,30-5,60	85,00	135,0	22,22	20,64	7,7	8,18	1,4	1,59	0,97	1,4
Γ4α	7,20-7,60	85,00	150,5	22,06	20,44	7,9	10,75	1,9	1,77	0,98	1,9
Γ4α	8,80-9,20	85,00	136,5	22,51	20,90	7,7	10,85	1,9	1,61	0,97	1,8
Γ4α	14,90-15,20	85,00	114,5	22,35	20,75	7,7	7,81	1,4	1,35	0,95	1,3
Γ4α	17,00-17,40	85,00	139,0	22,67	21,04	7,8	11,90	2,1	1,64	0,97	2,0
Γ4α	20,00-20,30	85,00	87,0	23,57	22,26	5,9	28,76	5,1	1,02	0,87	4,4
Γ4α	21,00-21,30	85,40	179,7	23,40	21,80	7,2	13,70	2,4	2,10	1,01	2,4
Γ4α	22,60-22,90	85,00	119,5	22,75	21,24	7,1	11,16	2,0	1,41	0,95	1,9
Γ4α	24,00-24,20	71,10	138,8	20,70	18,70	10,7	9,50	2,4	1,95	1,00	2,4

2.3 Αποτελέσματα Επιτόπου Μετρήσεων Διαπερατότητας

Ενας περιορισμένος αριθμός δοκιμών διαπερατότητας MAAG κυρίως στην γεώτρηση Γ2α έδωσε τις ακόλουθες τιμές του συντελεστή διαπερατότητας του «σκληρού επιχώματος»:

<u>Γεώτρηση</u>	<u>Βάθος Δοκιμής</u>	<u>Τύπος Δοκιμής</u>	<u>k (m/s)</u>	<u>k (cm/s)</u>
Γ1α	4.80-6.90	MAAG	2.5×10^{-6}	2.5×10^{-4}
Γ2α	12.00-14.50	MAAG	6.1×10^{-7}	6.1×10^{-5}
	25.00-25.60	MAAG	1.7×10^{-8}	1.7×10^{-6}
	30.30-32.00	MAAG	7.1×10^{-8}	7.1×10^{-6}
	35.60-40.00	MAAG	4.5×10^{-7}	4.5×10^{-5}

Οι τιμές για βάθη των 12 μέτρων και άνω εμπίπτουν χονδροειδώς στην περιοχή $10^{-6} < k < 10^{-4}$ cm/s, που δείχνουν ότι το υλικό του σώματος του φράγματος έχει μικρή έως πολύ μικρή διαπερατότητα. Οι τιμές αυτές είναι χονδροειδώς συμβιβαστές με την γενικώς μεν καλή συγκόλληση του υλικού του φράγματος, αλλά και με την ύπαρξη κατά θέσεις ισχυρότερα συγκολλημένου υλικού. Επομένως, τα συμπεράσματα από τις προαναφερθείσες μετρήσεις των κατανομών συναρτήσει του βάθους των f_c και V_s ενισχύονται περαιτέρω από τις μετρήσεις του συντελεστή διαπερατότητας.

2.4 Αποτελέσματα των Δοκιμών Πυκνότητας και Αντοχής Προγενέστερης Έρευνας της ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ ΕΠΕ, 2018

Μία γεώτρηση στο μέσον περίπου του φράγματος εκτελέσθηκε στα πλαίσια του πρώτου συνολικού ελέγχου της καταστάσεως του φράγματος. Τα αποτελέσματα έχουν αποτυπωθεί στην «Τελική Έκθεση Τεχνικού Συμβούλου» (Φελέκος/Ρούσσο, Αύγουστος 2018) στην οποία και παραπέμπουμε για περισσότερες πληροφορίες. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων της πυκνότητας και της μονο-αξονικής θλιπτικής αντοχής, δοκιμών καλής συνοχής με εμφάνιση βραχώδους υλικού. Ο παρακάτω Πίνακας (6.1 της Έκθεσης Φελέκου-Ρούσου) οδηγεί στο συμπέρασμα ότι στα καλώς (μόνον) συμπυκνωμένα τμήματα του σώματος έχουν αντοχές που κατά μέσον όρο υπερβαίνουν αρκετά τα 2.5 MPa. Μάλιστα δε, μόνον δύο τιμές είναι αρκετά χαμηλότερες (1.80 και 1.82 MPa) της απαιτηθείσας τιμής των προδιαγραφών.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΝΑΦΕΡΟΜΕΝΟΣ ΣΤΗΝ ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΓΣ2 ΤΟΥ 2018 (ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΕΩΝ ΕΠΕ)

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΟΚΙΜΩΝ ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗΣ ΘΛΙΨΗΣ
ΕΠΙ ΠΥΡΗΝΩΝ ΣΚΛΗΡΟΥ ΕΠΙΧΩΜΑΤΟΣ (ΓΕΩΤΡΗΣΗ ΓΣ2)

Α/Α	ΒΑΘΟΣ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ D (cm)	ΥΨΟΣ H (cm)	ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ γ (t/m ³)	ΑΝΤΟΧΗ ΠΥΡΗΝΑ F _π (MPa)	H/D	L1 ASTM C42	ΑΝΤΟΧΗ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ 15/30 cm F _π xL1 (MPa)
1*	1.7 - 1.8	10.00	13.20	2.386	13.40	1.32	0.930	12.46
2	3.7 - 4.0	10.00	15.00	2.077	1.90	1.50	0.960	1.82
3	6.0 - 6.2	10.00	18.20	2.367	3.80	1.82	0.980	3.72
4	7.6 - 7.8	10.00	15.00	2.136	2.90	1.50	0.960	2.78
5	9.0 - 9.2	10.00	11.70	2.207	3.20	1.17	0.900	2.88
6	12.0 - 12.3	10.00	23.20	2.230	3.30	2.32	1.050	3.47
7	14.30 - 14.70	8.50	16.70	2.038	1.80	1.96	1.000	1.80
8	15.7 - 15.9	8.50	14.40	2.272	6.80	1.69	0.980	6.66
9	16.2 - 16.3	8.50	10.90	2.182	7.20	1.28	0.930	6.70
10	18.6 - 18.9	8.50	21.20	2.236	4.20	2.49	1.050	4.41
11	19.7 - 19.9	8.50	15.60	2.286	5.10	1.84	0.980	5.00
12	20.7 - 20.9	8.50	13.10	2.164	5.50	1.54	0.960	5.28
13	21.4 - 21.7	8.50	16.60	2.161	5.80	1.95	1.000	5.80
14	23.4 - 23.6	8.50	18.20	2.265	6.00	2.14	1.010	6.06
15	25.8 - 26.0	7.10	11.80	2.225	6.10	1.66	0.970	5.92
16	26.5 - 26.7	7.10	14.20	2.086	2.40	2.00	1.000	2.40
17	28.7 - 28.9	7.20	13.50	2.008	2.60	1.88	0.990	2.57
18	31.0 - 31.2	7.20	10.30	2.184	7.00	1.43	0.950	6.65
19	32.5 - 32.8	7.20	15.70	2.096	3.50	2.18	1.010	3.54
20	33.0 - 33.1	7.10	10.00	2.148	5.60	1.41	0.950	5.32

* το με α/α 1 δεν λαμβάνεται υπ' όψη

Αριθμός δοκιμών N =	19	19
X _{min} =	2.008	1.800
X _{max} =	2.367	6.696
X _m =	2.177	4.357
s =	0.091	1.702

Ωστόσο, η πυρηνοληψία της γέωτρησης αυτής δείχνει ότι μεγάλα τμήματά της αποτελούνται από ασύνδετες ως επί το πλείστον κροκάλες, γεγονός όμως που κατά πάσαν πιθανότητα οφείλεται και στον ατελή τρόπο λήψεως των δειγμάτων (πυρήνων).

3. Η ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

Από την Μελέτη του φράγματος από την κοινοπραξία «Υδρο-Σύστημα Σύμβουλοι Μηχανικοί ΕΠΕ» και «Γραφείο Δοξιάδη Σύμβουλοι για Ανάπτυξη και Οικιστική ΑΕ» (2003) προκύπτει, ως αναμένεται, ότι η δυσμενέστερη κατάσταση του φράγματος είναι η σεισμική διέγερση τύπου SSE (Safe Shutdown Earthquake), η οποία αντιστοιχεί περίπου σε περίοδο «επαναφοράς» 2000 ετών. Η περίοδος αυτή επιβάλλεται από τις διεθνείς συστάσεις για την Ασφάλεια Μεγάλων Φραγμάτων (της ICOLD). Από τις αναλύσεις Σεισμικής Επικινδυνότητας της συγκεκριμένης περιοχής προέκυψε τιμή εδαφικής επιτάχυνσης $A = 0.36 g$. Σημειώνεται ότι τιμή αυτή αντιστοιχεί στην υψηλότερη τιμή του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού (ΕΑΚ) στην ελληνική επικράτεια (όχι στην Χίο), και θεωρώ ότι είναι επαρκώς-συντηρητική, δεδομένης της σεισμικής προ-ιστορίας της Χίου. Ως υπολογιστικό φάσμα αποκρίσεως, ωστόσο, δεν χρησιμοποιήθηκε το αντίστοιχο φάσμα του ΕΑΚ, αλλά το φάσμα Newmark-Hall (σε τεταρτο-λογαριθμική γραφική παράσταση) το οποίο για την υπολογισθείσα ιδιοπερίοδο του φράγματος δίνει τιμή περίπου $S_a = 0.68 g$ για απόσβεση 7%. Η αντίστοιχη τιμή κατά ΕΑΚ για απόσβεση 5 % θα ήταν ίση με 0.9 g, δηλαδή για την ίδια απόσβεση $S_a = 0.9 g \times \sqrt{10/(5 + \xi)} = 0.9 \times \sqrt{10/12} \approx 0.82 g$ — τιμή μεγαλύτερη κατά 15 % της τιμής της Μελέτης. Τονίζεται ότι σκοπός μας εδώ δεν είναι η κριτική της Μελέτης του έργου, απλώς επισημαίνεται το γεγονός της μικρής απόκλισης της από τον τότε ισχύοντα αντισεισμικό κανονισμό.

Η δυναμική ανάλυση πραγματοποιήθηκε για δι-διάστατη επίπεδη διατομή, με θεώρηση επίπεδης παραμόρφωσης, χρησιμοποιώντας έναν (μή-ονομαζόμενον) αριθμητικό κώδικα πεπερασμένων στοιχείων. Υπό την (εύλογη) παραδοχή γραμμικώς-ελαστικού υλικού, και υποθεθείσα απόσβεση 7 %, η ιδιομορφική φασματική σύνθεση έδωσε τα εξής αποτελέσματα:

Για τον σεισμό SSE και υδροδυναμικές πιέσεις πλήρους ταμιευτήρα τα κρισιμότερα σημειακά αποτελέσματα της Μελέτης έχουν ως εξής:

- Μέγιστη κατακόρυφη **θλιπτική** τάση
 $\sigma_y = 0.81 \text{ MPa}$
 αναπτυσσόμενη στην βάση του φράγματος, εντός των 2/3 περίπου της κεντρικής περιοχής.
- Μέγιστη κατακόρυφη **εφελκυστική** τάση
 $\sigma_y \approx 0.13 \text{ MPa}$
 αναπτυσσόμενη στις δύο παρειές (ανάντη και κατάντη) στα ανώτερα 2/3 περίπου των πρανών. Οι τάσεις αυτές στις συγκεκριμένες θέσεις είναι δυνητικά οι πιό επικίνδυνες εφόσον θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε ρηγμάτωση της εξωτερικής επιφάνειας και, στην(σχεδόν απίθανη) περίπτωση αστοχίας του μανδύα στεγάνωσης, σε είσοδο του νερού εντός των ρωγμών με δυσμενείς ενδεχομένως συνέπειες.
- Αλλά **απολύτως μέγιστη εφελκυστική** τάση είναι η οριζόντια
 $\sigma_x \approx 0.17 \text{ MPa}$

αναπτυσσόμενη στις δύο κάτω γωνίες (ανάντη και κατάντη) του φράγματος. Οι τάσεις στις θέσεις αυτές επί κατακορύφου επιπέδου είναι εντελώς υποθετικές, λόγω της προσομοίωσης της γεωμετρίας του φράγματος ως κατά προσέγγιση τραπέζιο. Στην πραγματικότητα, στην μεν ανάντη παρειά στην θέση αυτή βρίσκεται η πλίνθος, ή δε κατάντη παρειά κείται υψηλότερα της ανάντη και είναι και εγκιβωτισμένη.

Οι Μελετητές συγκρίνουν τις ανωτέρω τιμές με τις οριακές, υπολογιζόμενες ως εξής: Αν και η προδιαγραφείσα θλιπτική αντοχή είναι $f_c = 2.5 \text{ MPa}$, η μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή λαμβάνεται από την υπόθεση εδαφικού υλικού με $\phi = 40^\circ$ και $c = 0.28 \text{ MPa}$. Για το βάθος των 42m προκύπτει οριακή τιμή περίπου ίση με 1.2 MPa. Με αυτήν την τιμή γίνεται ο έλεγχος της αντισεισμικής ευστάθειας έναντι θλίψης. Συγκεκριμένα, ο συντελεστής ασφαλείας είναι:

$$F_s = 1.2 / 0.81 = 1.48$$

ο οποίος προφανώς κρίνεται επαρκής.

Δεδομένου ότι μετρήσεις της εφελκυστικής αντοχής δεν συνηθίζονται, οι Μελετητές έλαβαν ως οριακή δυναμική τιμή την

$$f_t = (1.2 / 10) \times 1.5 = 0.18 \text{ MPa}$$

όπου το 1.5 λαμβάνει υπόψιν είτε την δυναμική «επαύξηση» της στατικής αντοχής, είτε την ενισχυμένη αντοχή στις ζώνες 2 m από τις παρειές του φράγματος. Άρα ο υπολογιζόμενος συντελεστής ασφαλείας είναι, για μεν τις παρειές του φράγματος:

$$F_s = 0.18 / 0.13 \approx 1.38$$

για δε τις (υποθετικές) κάτω γωνίες

$$F_s = 0.18 / 0.17 \approx 1.04$$

Και οι δύο θεωρούνται στην προαναφερθείσα Μελέτη (2003) ως ικανοποιητικές τιμές.

Ένα ερώτημα που ανακύπτει είναι κατά πόσον η 2-διάστατη ανάλυση της Μελέτης είναι ρεαλιστική, δεδομένου ότι το φράγμα κείται σε σχετικώς στενή κοιλάδα. Και πόσο επηρεάζει η τυχόν μή-γραμμική συμπεριφορά του υλικού την απόκριση του φράγματος. Προς τούτο, παραθέτω σε Παράρτημα τα αποτελέσματα μιάς 3-Διάστατης σεισμικής ανελαστικής ανάλυσης ενός εξιδανικευμένου φράγματος ύψους 55 m, κατασκευασμένου σε τραπεζοειδή κοιλάδα και υποβαλλόμενο σε εξίσου (με την εδώ) ισχυρή σεισμική διέγερση (Ντακούλας 2021). Το φράγμα γενικώς ανταποκρίνεται ικανοποιητικά, με μόνες προβληματικές περιοχές τις δύο γωνίες στο μεσαίο τμήμα των παρειών (ανάντη και κατάντη) του φράγματος, και στα αντερίσματα.

Τα αποτελέσματα της Μελέτης του Φράγματος του 2003, αλλά και της ανωτέρω δικής μας έρευνας λαμβάνονται υπόψιν καθοριστικά στο τελικό Συμπέρασμα της δικής μας διερεύνησης.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑ ΤΟΥ ΣΩΜΑΤΟΣ ΤΟΥ ΦΡΑΓΜΑΤΟΣ

Με βάση τα ανωτέρω ευρήματα και την θεώρηση όλων των Τεχνικών Εκθέσεων σχετικών με την κατασκευή και μελέτη του Φράγματος Κόρης Γεφύρι, διατυπώνουμε τα εξής συμπεράσματα:

1) Η στατική ευστάθεια του φράγματος είναι αναμφισβήτητη. Ομοίως, σεισμική διέγερση από επεισόδιο με πιθανότητα υπερβάσεως 10 % σε 50 έτη (ήτοι, περίοδο «επαναφοράς» 500 ετών περίπου), αντιμετωπίζεται από το φράγμα χωρίς διακινδύνευση της ασφάλειάς του. Κρίσιμη για την ασφάλεια του φράγματος είναι η ισχυρή σεισμική διέγερση τύπου SSE, που έχει πιθανότητα υπερβάσεως περίπου 2 % σε 50 έτη (περίοδο «επαναφοράς» 2000 ετών περίπου). Η ασφάλεια αυτή εξαρτάται από πολλές παραμέτρους που περιλαμβάνουν κυρίως:

- την ικανή αντοχή (σε θλίψη και εφελκυσμό) του υλικού σε κάθε σημείο του σώματος του φράγματος
- την επιτυχή διαπερατότητα (δηλαδή με ελάχιστες διαρροές) του συστήματος του ανάντη μανδύα στεγανότητας
- την επιτυχή διαπερατότητα (με ελάχιστες διαρροές) του συστήματος των τοιμεντενέσεων στην θεμελίωση (στην βάση και στα αντερείσματα) του φράγματος
- την ταχεία απαγωγή (αποστράγγιση) των όποιων μικρο-διαρροών από τον μανδύα ή την θεμελίωση.

2) Ο βασικός σκοπός της παρούσης έρευνας είναι να απαντηθούν τα ερωτήματα που αφορούν τις δύο πρώτες μόνον από τις ανωτέρω προϋποθέσεις: ως προς την αντοχή του σώματος και την διαπερατότητα του μανδύα. Για τον σκοπό αυτόν έγινε η διεξοδική γεωτεχνική έρευνα, τα κυριότερα ευρήματα της οποίας είναι τα ακόλουθα:

- Αφενός μεν η εμφάνιση των δειγμάτων της πυρηνοληψίας, αφετέρου δε η κατανομή συναρτήσει του βάθους της μονο-αξονικής θλιπτικής αντοχής f_c και της ταχύτητας του διατμητικού κύματος V_s δείχνουν ανομοιομορφία, η οποία πιθανόν οφείλεται σε μειονεκτική διάστρωση-συμπύκνωση, ή σε πλεονάζουσα υγρασία, ή σε ελλειπή αναλογικά ποσότητα τσιμέντου.
- Η θλιπτική αντοχή είναι κατά μέσον όρο ίση με 1.7 MPa, τιμή μικρότερη των 2.5 MPa που ήταν η απαίτηση των προδιαγραφών. Οι ελάχιστες μετρηθείσες τιμές είναι 0.8 MPa (μία μόνον μέτρηση) και 0.9 MPa (τρεις μετρήσεις). Αντιστοίχως, η V_s κατα μέσον όρο είναι περί τα 900 m/s ενδεικτική πολύ σκληρού υλικού. Με ελάχιστες εξαιρέσεις, η μικρότερη μετρηθείσα τιμή είναι της τάξεως των 700 m/s. Επομένως, το σώμα του φράγματος δεν πληροί την προδιαγραφείσα θλιπτική αντοχή των 2.5 MPa.

3) Με βάση λοιπόν τις προδιαγραφές του έργου θα είμαστε επιφυλακτικοί ή και αρνητικοί ως προς την αντισεισμική ικανότητα του φράγματος. Όμως, η αντισεισμική Μελέτη στην οποία βασίστηκε η κατασκευή του φράγματος («Υδρο-Σύστημα» - «Γραφείο Δοξιάδη», Εκθεση 2003): (ι) χρησιμοποίησε την τιμή **1.2 MPa** και όχι την 2.5 MPa ως επιτρεπόμενη οριακή θλιπτική αντοχή, και (ii) υπολόγισε την αναπτυσσόμενη μέγιστη τάση ίση με **0.81 MPa**, δηλαδή 3 φορές μικρότερη της προδιαγραφής. Αυτό είναι αποτέλεσμα του γεγονότος ότι η αύξηση των θλιπτικών τάσεων λόγω του σεισμού SSE δεν είναι σημαντική.

Ετσι λοιπόν, η μεν οριακή τιμή 1.2 MPa είναι μικρότερη της μέσης μετρηθείσης «πραγματικής» μέσης αντοχής (1.7 MPa), η δε υπολογισθείσα τιμή 0.81 MPa είναι ίση με την απολύτως ελάχιστη μετρηθείσα 0.8 MPa.

Επομένως το φράγμα θα μπορούσε σύμφωνα με την προαναφερθείσα Μελέτη (του 2003) να θεωρηθεί ότι οριακά δεν κινδυνεύει σε θλιπτική επιπόνηση, ακόμη και στον σεισμό SSE.

4) Ο εφελκυσμός είναι ασφαλώς δυνητικά η πιό επικίνδυνη επιπόνηση. Σύμφωνα όμως με την Μελέτη (2003) η εφελκυστική μέγιστη τάση στις παρειές του φράγματος δεν υπερβαίνει την υπολογιζόμενη αντοχή στην περιοχή αυτήν. Και τούτο διότι δύο ενισχυμένες ζώνες (λωρίδες) παράλληλες στις παρειές των πρηνών (ανάντη και κατάντη) του φράγματος, πλάτους 2 m, έχουν κατασκευασθεί πιό ενισχυμένες από το υπόλοιπο σώμα του φράγματος: τσιμέντο περί τα 90 % αντί του 60 %, καλύτερη κοκκομετρική διαβάθμιση, μικρότερο ποσοστό υγρασίας. Αρα η αντοχή σ' αυτές τις ζώνες θα είναι σαφώς μεγαλύτερη (επί συντελεστή 1.5, όπως ελήφθη στην Μελέτη) οδηγώντας σε ασφάλεια έναντι ρηγματώσεως λόγω εφελκυσμού ($F_s = 0.18 / 0.13 \approx 1.38$) στις παρειές των πρηνών, και σε οριακή ενδεχομένως ασφάλεια στις γωνίες του φράγματος, η οποία ωστόσο δεν προβληματίζει λόγω της ύπαρξης της πλίνθου (ανάντη) και του εγκιβωτισμού (κατάντη). Δεδομένου δε ότι στις Προδιαγραφές του έργου δεν υπήρχε όριο για την εφελκυστική αντοχή, συμπεραίνεται ότι ως προς τον εφελκυσμό τηρούνται οι απαιτήσεις ασφαλείας.

5. Η ΚΟΥΡΤΙΝΑ ΤΣΙΜΕΝΤΕΝΕΣΕΩΝ

Αν και ο έλεγχος των τσιμεντενέσεων δεν είναι μέρος της συμβάσεώς μας, η σημασία της ύπαρξης πρακτικώς αδιαπέρατης θεμελίωσης είναι καιρία, ώστε να είναι απαραίτητη μία εξονυχιστική διερεύνηση της, η οποία πάντως δεν είναι αντικείμενο της παρούσης έρευνας.

6. ΠΡΟΤΑΣΗ

Κατόπιν των ανωτέρω προτείνονται τα ακόλουθα:

(α) Το υλικό του σώματος του φράγματος δεν ικανοποιεί την προδιαγραφή ως προς την θλιπτική αντοχή, πλήν της θλιπτικής αντοχής f_c στα άνω 3 – 4 μέτρα, τα οποία κατασκευάστηκαν προσφάτως (από την εργολαβία της P&C DEVELOPMENT) τα οποία δίδουν τιμές συστηματικά μεγαλύτερες της προδιαγραφείσης τιμής των 2.5 MPa.

Ωστόσο σύμφωνα με την αντισεισμική Μελέτη, το φράγμα διαθέτει επαρκείς συντελεστές ασφαλείας έναντι θλίψης. Επιπλέον, ως προς την (κατά πολύ) κρισιμότερη ενατική κατάσταση

του εφελκυσμού, η επάρκεια του φράγματος είναι συμβιβαστή με τις προδιαγραφές, σύμφωνα πάντα και με τις αναλύσεις της Μελέτης. Επομένως, το φράγμα μπορεί να θεωρηθεί ασφαλές και άρα να διατηρηθεί, η δε κατασκευή του να ολοκληρωθεί, με τις παρακάτω όμως προϋποθέσεις (β – ε).

(β) Η εξασφάλιση έναντι διαρροών επιβάλλει την άμεση απομάκρυνση (ξήλωμα) του τμήματος του μανδύα που είχε κατασκευασθεί προ δεκαετίας από τον αρχικό κατασκευαστή. Η απομάκρυνση αναφέρεται όχι μόνον στην πλάκα ΩΣ, αλλά και στις σωληνώσεις αποστραγγίσεως. Κατασκευή νέου μανδύα στην θέση του.

(γ) Η ήδη μελετηθείσα ενοργάνωση του φράγματος να συμπληρωθεί με πιεζόμετρα, μετρητές οριζοντίων μετακινήσεων στην στέψη, και επιταχυνσιογράφους. Συστηματική καταγραφή και αξιολόγηση των μετρήσεων θα γίνεται από ειδικά επιφορτισμένη προς τούτο ομάδα. Κατά την πλήρωση του ταμιευτήρα οι μετρήσεις θα λαμβάνονται στην αρχή μεν σε εβδομαδιαία βάση, αργότερα δε όταν η στάθμη πλησιάζει προς το ήμισυ του τελικού ύψους (από 15 έως 20 μέτρα) ανά τριήμερο. Προτού συνεχισθεί η περαιτέρω πλήρωση του ταμιευτήρα (πάνω από τα 20 περίπου μέτρα), πρέπει να γίνει συστηματική ανάλυση όλων των μέχρι τότε καταγραφών προς επαλήθευση (ή μή) των υπολογισμών της Μελέτης. Είναι δυνατόν να αποφασισθεί (ή μή) η συνέχιση της πλήρωσης σε μεγαλύτερο ύψος. Οι αναλύσεις αυτές πρέπει να γίνουν με τα σημερινά δεδομένα και σύγχρονους κώδικες.

(δ) Εξη επιταχυνσιογράφοι να τοποθετηθούν ως εξής:

- δύο στην επιφάνεια του εδάφους, κατόντη του φράγματος
- από ένας στο φυσικό έδαφος των δύο αντερεισμάτων, κοντά στην άκρη του φράγματος
- δύο στην στέψη του φράγματος σε απόσταση 10 m, αριστερά και δεξιά από το μέσον της στέψης.

Η εγκατάσταση, παρακολούθηση και αξιολόγηση των καταγραφών των εν λόγω οργάνων πρέπει να γίνεται από ειδικά επιφορτισμένη προς τούτο σεισμολογική ομάδα.

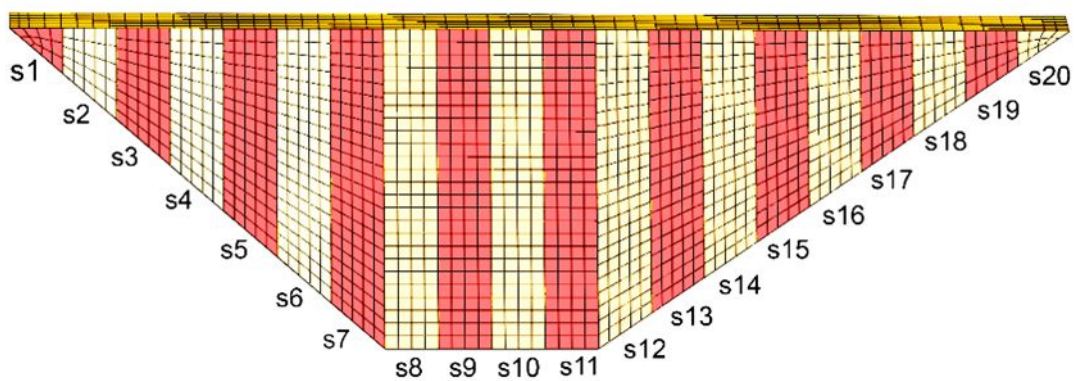
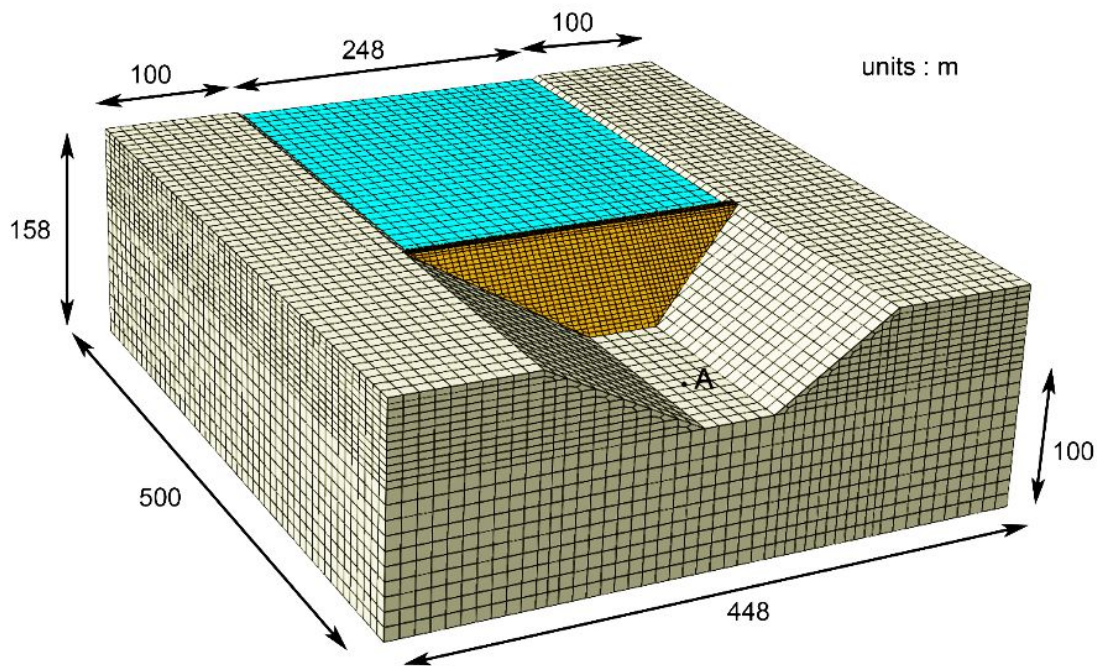
Σε περίπτωση δε οποιουδήποτε σημαντικού σεισμικού επεισοδίου (όχι κατ' ανάγκην καταστρεπτικού) πρέπει να γίνεται ανάλυση βάσει των καταγραφών προς επιβεβαίωση της Μελέτης.

(ε) Να ελεγχθεί η απόδοση και επάρκεια των κουρτίνων τσιμεντενέσεων.

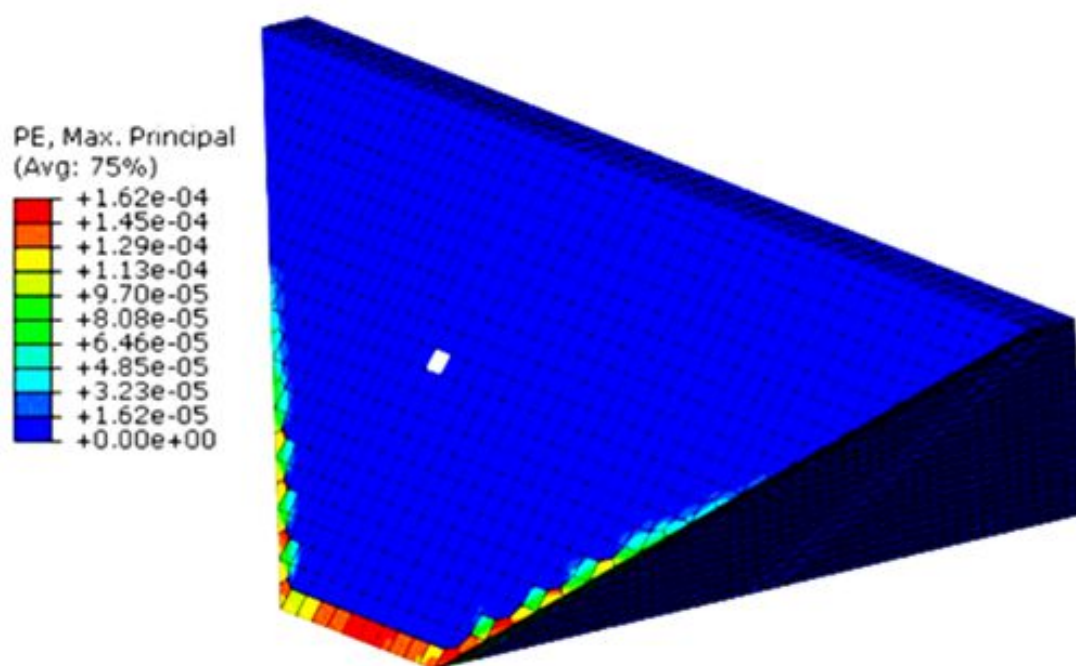
Γ. Γκαζέτας
12/4/2021

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Αποτελέσματα 3-Διάστατης δυναμικής ανάλυσης εξιδανικευμένου φράγματος ύψους 55 m σε τραπεζοειδή κοιλάδα, με πλήρη ταμιευτήρα (Ντακούλας, 2021).



ΣΧΗΜΑ Π1. Τριδιάστατο προσομοίωμα του φράγματος και κατά μήκος τομή



ΣΧΗΜΑ Π2. Συγκέντρωση μεγίστων παραμορφώσεων στο σώμα του φράγματος. Δείχνεται η ανάντη όψη και ημι-τομή του φράγματος.