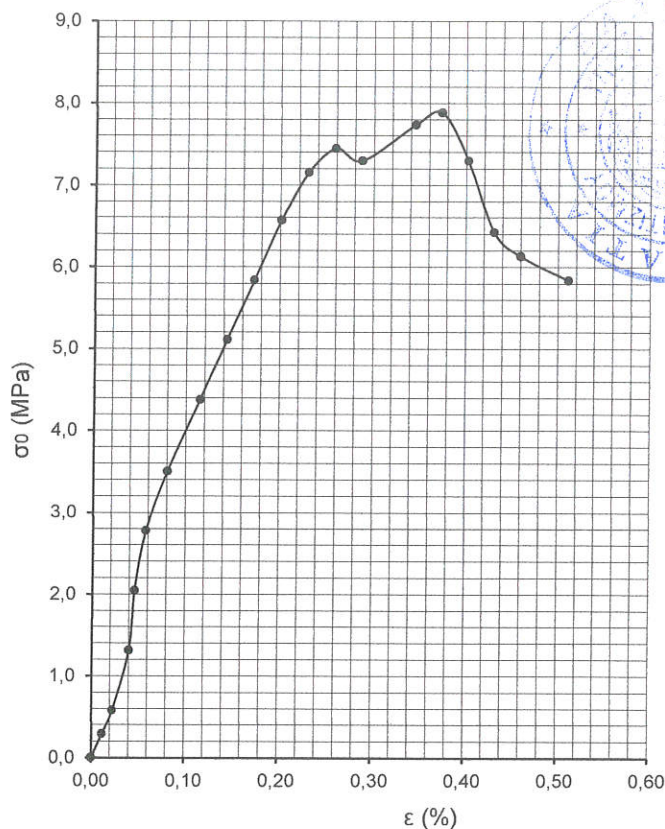


ΔΟΚΙΜΗ ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗΣ ΘΛΙΨΗΣ UNIAXIAL COMPRESSION TEST

Α/Α ΔΟΚΙΜΗΣ - TEST No			
1	ΔΥΝΑΜΗ ΘΡΑΥΣΗΣ FAILURE LOAD	P (kg)	5400
2	ΥΨΟΣ HEIGHT	H (cm)	17,4
3	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ DIAMETER	D (cm)	9,34
4	ΛΟΓΟΣ RATIO	H/D	1,86
5	ΑΝΤΟΧΗ (ΩΣ ΕΧΕΙ) STRENGTH (INITIAL)	σ_0 (MPa)	7,88
6	ΔΙΟΡΘΩΜΕΝΗ ΑΝΤΟΧΗ CORRECTED STRENGTH $\sigma_c = \frac{\sigma_0 * 0,889}{\frac{D}{H} * 0,222 + 0,778}$	σ_c (MPa)	7,81
7	ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ FAILURE STRAIN	ε (%)	0,37
8	ΜΕΤΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ YOUNG MODULUS	E (MPa)	
9	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ POISSON POISSON RATIO	ν	
10	ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ΚΑΤΑ ΜΟΗΣ MOHS HARDNESS		
11	ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ APP. WEIGHT	γ (kN/m ³)	17,93
12	ΥΓΡΑΣΙΑ ΔΟΚΙΜΗΣ MOISTURE OF TEST	(%)	
13	ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ RATE OF SHEAR	(%/min)	0,09



ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ LITHOLOGICAL DESCRIPTION

Καστανός βιογενής πορώδης Τραβερτίνης μέτριας ασθενούς αντοχής

ΑΠΟΨΗ ΔΟΚΙΜΙΟΥ - ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ --- SPECIMEN VIEW - REMARKS



ΕΠΙΞΕΡΓΑΣΙΑ

Δ. Μασαούτη

ΕΛΕΓΧΟΣ

Κ. Πλυτάς

Ημερομηνία / Date: 12/11/20



**"ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑ ΔΟΚΙΜΩΝ
ΓΕΩΠΕΡΕΥΝΑΣ - ΟΤΜ" ΑΕ**
Νάξου 4 Μεταμόρφωση
Τηλ. 210 8625123 - Fax. 210 8663830
e-mail: geoerev@otenet.gr

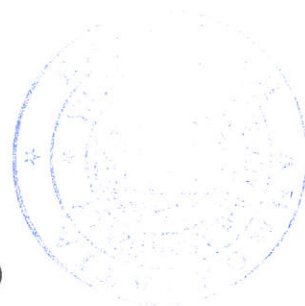
ΑΡ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ / SAMPLE No **538**
ΒΑΘΟΣ (μ) / DEPTH (m)
ΓΕΩΤΡΗΣΙΣ
BOREHOLE **ΜΔ5**
ΕΡΓΟΝ
PROJECT **ΤΕΙΧΗ ΧΑΝΙΩΝ**

ΕΡΓ. ΑΡΙΘ./LAB.No.
20-86
ΑΡ. ΠΡΩΤ
5402

ΣΧ./FIG.



ΣΤΑΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΟΜΑΧΩΝΑ ΜΟCΕΝΙGΟ



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ.....	4
1.1. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....	4
1.2. ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ.....	5
1.3. ΦΟΡΤΙΑ.....	5
2. ΔΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	6
2.1. ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΛΙΚΗΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ.....	6
2.1.1. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ.....	7
2.1.2. ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ.....	9
2.2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΑΝΑΤΡΟΠΗ, ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΚΑΙ ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΕΔΑΦΟΥΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ.....	11
2.2.1. ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ.....	12
2.2.2. ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ.....	15
2.3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΔΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.....	17
3. ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΝΑΛΥΣΗ.....	18
3.1. ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	18
3.1.1. ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ.....	18
3.1.2. ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ.....	19
3.1.3. ΦΟΡΤΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	19
3.1.4. ΣΕΙΣΜΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ.....	20
3.1.5. ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ.....	20
3.1.6. ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	23
3.1.7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ.....	25
3.1.8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	36
3.2. ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΦΟΡΕΑ.....	37
3.2.1. ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ.....	37
3.2.2. ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ.....	38
3.2.3. ΦΟΡΤΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	38
3.2.4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ.....	40
3.2.5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	45
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ.....	46
Α. ΔΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΕΙΧΟΥΣ.....	47
Α.1. ΤΕΥΧΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΟΥΣ ΜΟΝΙΜΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	47

A.2. ΤΕΥΧΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΟΥΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	71
A.3. ΤΕΥΧΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΤΟΙΧΟΥ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΜΟΝΙΜΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	96
A.4. ΤΕΥΧΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΤΟΙΧΟΥ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	105
A.5. ΤΕΥΧΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΟΥΣ ΜΟΝΙΜΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΠΡΟΤΑΣΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ.....	114
A.6. ΤΕΥΧΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΠΡΑΝΟΥΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΠΡΟΤΑΣΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ.....	138
A.7. ΤΕΥΧΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΤΟΙΧΟΥ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΜΟΝΙΜΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΠΡΟΤΑΣΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ.....	167
A.8. ΤΕΥΧΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΤΟΙΧΟΥ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΠΡΟΤΑΣΗΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ.....	179
B. ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΕΙΧΟΥΣ.....	193
B.1. ΤΕΥΧΟΣ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	193
B.2. ΤΕΥΧΟΣ ΣΤΑΤΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΩΝ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΦΟΡΕΑ.....	271
Γ. ΔΙΣΔΙΑΣΤΑΤΕΣ ΕΠΙΛΥΣΕΙΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΩΝ.....	347

1. ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΔΟΧΕΣ

1.1. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Συνοψίζονται οι γεωτεχνικές παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν στο μοντέλο των στατικών αναλύσεων όπως αναφέρονται στην έκθεση αξιολόγησης.

Το πρώτο εδαφικό στρώμα (0-2,60μ) που χαρακτηρίστηκε αμμώδης άργιλος με λεπτούς χάλικες αποτελεί την πρώτη εδαφική στρώση των γεωτεχνικών μοντέλων.

Οι ασβεστολιθικοί όγκοι και οι χάλικες που εντοπίστηκαν στην γεώτρηση μετά τα 6,18 μέτρα δεν λήφθηκαν υπόψιν σαν ξεχωριστή εδαφική στρώση στα γεωτεχνικά μοντέλα και ενσωματώθηκαν στην στρώση της αμμώδους αργίλου (4,00-6,18μ). Η παραδοχή αυτή έγινε διότι οι βελτιωμένες από άποψη αντοχής στρώσεις που αναφέρθηκαν δεν είναι απόλυτο ότι εμφανίζονται σε όλη την έκταση του τείχους οπότε συντηρητικά αγνοήθηκαν. Στην ανάλυση του τοίχου ως στερεό σώμα, δηλαδή στους ελέγχους σε ολίσθηση, ανατροπή και φέρουσας ικανότητας εδάφους, οι εδαφικές στρώσεις κάτω από τα 6,50 μέτρα που αποτελούνται από λίθους και συχνά συνδετικό υλικό ενσωματώθηκαν στην γεωμετρία του τοίχου ως μια εξοχή πλάτους 70 εκ.

Το βραχώδες μαργακικό υπόβαθρο της περιοχής τοποθετήθηκε στον πόδα του τείχους (μετά τα 12,20μ.) όπου εντοπίστηκαν και στρώσεις σκληρής αργίλου (SPT 5/15/22).

Αναφορικά με τις συνθήκες φόρτισης έγιναν οι εξής παραδοχές:

- Λόγω της δημιουργίας στρώσης στεγάνωσης που περιλαμβάνεται στην πρόταση αποκατάστασης του προμαχώνα τα ανώτερα στρώματα θεωρήθηκαν ότι φορτίζονται υπό στραγγιζόμενες συνθήκες.
- Τα κατώτερα στρώματα (από το 6,18μ) εμφανίζουν μικρά ποσοστά συνεκτικών οπότε θεωρείται ότι επίσης φορτίζονται υπό στραγγιζόμενες συνθήκες.

Οι εδαφικές παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν στις γεωτεχνικές αναλύσεις παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

ΣΤΡΩΣΗ	Βάθος από την αρχή της γεώτρησης Γ5 (μ)	Φαινόμενο βάρος (kN/m ³)	Ενεργός συνοχή c (kPa)	Γωνία εσωτερικής τριβής (°)
1	0,00 – 2,60	18,00	0	28
2	2,60 – 12,20	18,00	2,0	35
3	12,20-	25,00	40,00	38

Πίνακας 1. Γεωτεχνικές παράμετροι στρώσεων μοντέλων

Στις δυσδιάστατες αναλύσεις που ακολουθούν το τείχος αντιμετωπίζεται ως στερεό σώμα και εξετάζεται ως τοίχος αντιστήριξης βαρύτητας. Στην τρισδιάστατη ανάλυση εξετάζεται η συμπεριφορά της φέρουσας τοιχοποιίας του τείχους, οι συγκεντρώσεις τάσεων και η πιθανότητα εμφάνισης ρηγματώσεων.

1.2. ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ

Στον Ευρωκώδικα 8 (EN1998-5:2004), και συγκεκριμένα στο παράρτημα 5 συνίσταται η χρήση της απλοποιημένης ψευδοστατικής μεθόδου για την ανάλυση της οριακής κατάστασης αστοχίας των συστημάτων αντιστήριξης. Σύμφωνα με το παράρτημα 5 του EC8 (EC8-5 7.3.2.2) η σεισμική δράση υπεισέρχεται με την εφαρμογή δύο συντελεστών, του οριζόντιου σεισμικού συντελεστή k_h και του κατακόρυφου σεισμικού συντελεστή k_v . Για κατηγορία εδάφους A, ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας II με σεισμική επιτάχυνση εδάφους $A=0,24g$ προκύπτει $a=0,24 \times 1,2 = 0,288$ (Κατηγορία σπουδαιότητας Σ3).

$$K_h = a \frac{S}{r}$$

$$K_v = 0,5 K_h$$

r : Ο συντελεστής αυτός αφορά την δυνατότητα μετακίνησης της βάσης του τοίχου και προκύπτει από τον πίνακα 7.1 του Ευρωκώδικα 8 (EC8, 7.3.2.2, Table 7.1) ανάλογα με τον τύπο του φορέα αντιστήριξης. Ο συντελεστής αυτός λήφθηκε σταθερός σε όλο το ύψος του τοίχου και ίσος με 2, δηλαδή αποδεκτή μετακίνηση $d_r = 300aS = 8,64$ εκατοστά. Στον ΕΑΚ 2000 στο κεφάλαιο 5.3 ο συντελεστής r του Ευρωκώδικα αναφέρεται ως συντελεστής συμπεριφοράς (q_w) και λαμβάνει τις ίδιες τιμές με αυτές του Ευρωκώδικα.

S : Ο συντελεστής αυτός ονομάζεται συντελεστής εδάφους και εξαρτάται από το είδος του εδάφους. Για έδαφος A και φάσμα ελαστικής απόκρισης τύπου 1, από τον πίνακα 3.2 του EC8 (1998-1:2004 3.2.2.2) ο συντελεστής αυτός λήφθηκε ίσος με 1.

Οι σεισμικοί συντελεστές διαμορφώνονται σε:

$$K_h = a \frac{S}{r} = 0,288 \frac{1}{2} = 0,144$$

$$K_v = 0,5 K_h = 0,072$$

Η επαύξηση των ωθήσεων γαιών που προκύπτουν από τους 2 αυτούς συντελεστές μέσω του τύπου των Mononobe-Okabe εισήλθε και στην τρισδιάστατη ανάλυση.

1.3. ΦΟΡΤΙΑ

Μόνιμο φορτίο στην στέψη του τείχους: $1,00 \text{ KN/m}^2$

Κινητό φορτίο στην στέψη του τείχους: $2,00 \text{ KN/m}^2$

2. ΔΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

2.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΟΛΙΚΗΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ

Η ανάλυση της ολικής ευστάθειας του τείχους στην μόνιμη περίπτωση σχεδιασμού πραγματοποιήθηκε με την μέθοδο των λωρίδων μέσω του λογισμικού Έυστάθεια πρανών GEO5 2020 της Fine (Αρ. Αδείας 8747/1) με εφαρμογή του Τρόπου Ανάλυσης 3 (DA-3) του EC7. Σύμφωνα με τον DA-3, εφαρμόζονται επιμέρους συντελεστές στις δράσεις και στις εδαφικές παραμέτρους οι οποίοι φαίνονται στους παρακάτω πίνακες.

Δράση		Σύμβολο	Ομάδα	
			A1	A2
Μόνιμη	Δυσμενής	γ_G	1,35	1,0
	Ευνοϊκή		1,0	1,0
Μεταβλητή	Δυσμενής	γ_Q	1,5	1,3
	Ευνοϊκή		0	0

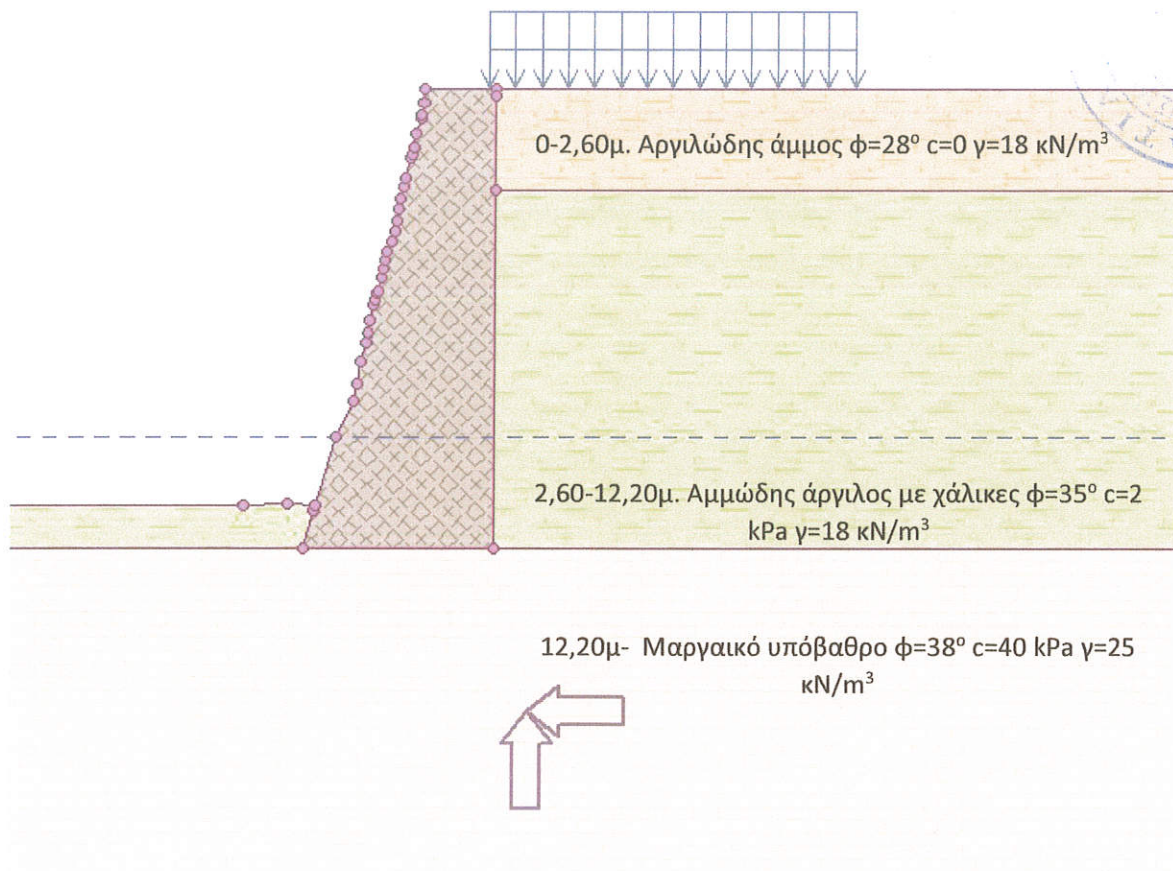
Πίνακας 2. Επιμέρους συντελεστές στις δράσεις

Εδαφική παράμετρος	Σύμβολο	Ομάδα	
		M1	M2
Γωνία διατμητικής αντίστασης	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Ενεργός συνοχή	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Αστράγγιστη διατμητική αντοχή	γ_{cu}	1,0	1,4
Ανεμπόδιστη αντοχή	γ_{qu}	1,0	1,4
Ειδικό βάρος	γ_γ	1,0	1,0

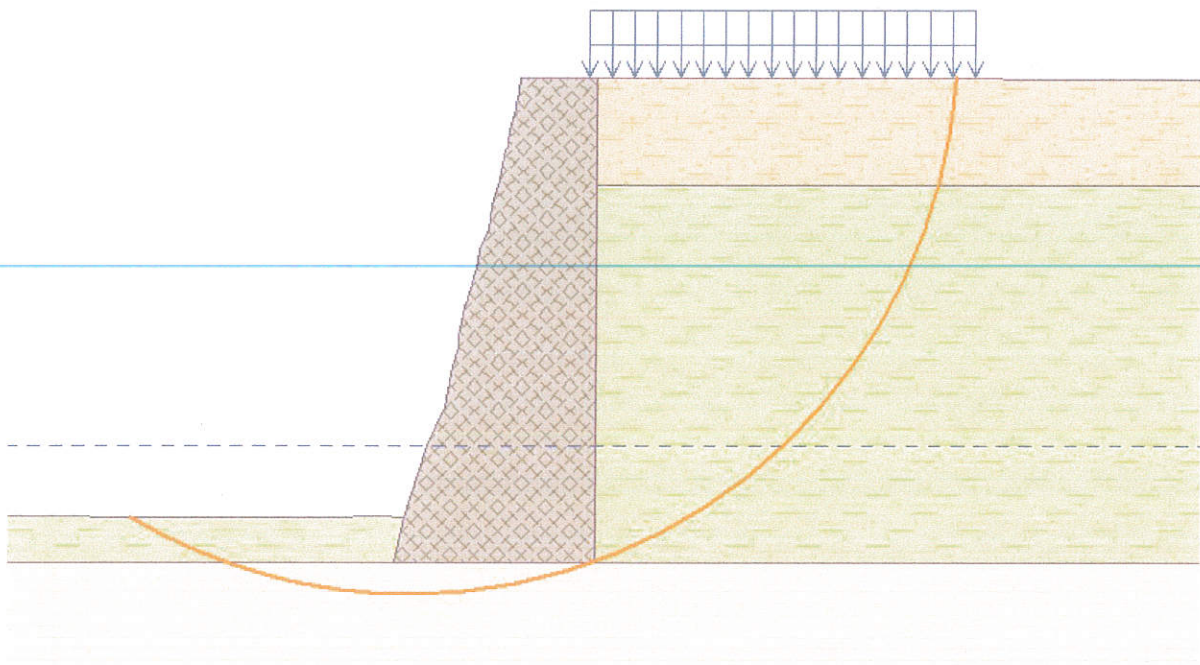
Πίνακας 3. Επιμέρους συντελεστές εδαφικών παραμέτρων

Για την σεισμική περίπτωση σχεδιασμού κατά τον EC8-5 και το Εθνικό Προσάρτημα εφαρμόστηκε ο Τρόπος Ανάλυσης 2 (DA-2*) όπου οι επιμέρους συντελεστές των σεισμικών δράσεων και των εδαφικών παραμέτρων λήφθηκαν ίσοι με την μονάδα. Ο συντελεστής προσομοίωσης λήφθηκε ίσος με $\gamma_m=1.1$. Εξετάστηκαν κυκλικές επιφάνειες αστοχίας με τις μεθόδους Janbu, Spencer και Bishop ώστε να βρεθεί η πιο κρίσιμη.

2.1.1 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ



Εικόνα 1. Δυσδιάστατο μοντέλο του τείχους στην υφιστάμενη κατάσταση, για τον έλεγχο σε ολική ευστάθεια.



Εικόνα 2. Πιθανότερος κύκλος αστοχίας (κατά Bishop) στην υφιστάμενη κατάσταση χωρίς σεισμική επαύξηση

Επαλήθευση ευστάθειας κλίσης (Bishop)

Άθροισμα ενεργών δυνάμεων : $F_a = 1039,70 \text{ kN/m}$

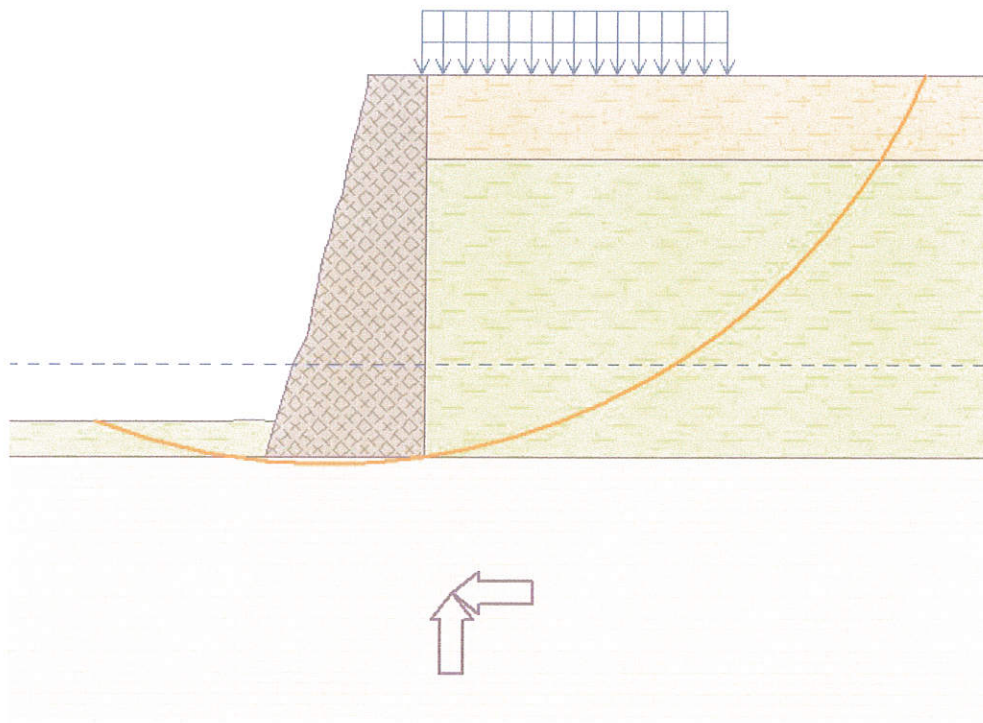
Άθροισμα παθητικών δυνάμεων : $F_p = 1751,18 \text{ kN/m}$

Ροπή ολίσθησης : $M_a = 14701,36 \text{ kNm/m}$

Ροπή αντίστασης : $M_p = 24761,64 \text{ kNm/m}$

Χρησιμοποίηση : 59,4 %

Ευστάθεια πρανών ΔΕΚΤΟ



Εικόνα 3. Πιθανότερος κύκλος αστοχίας (κατά Bishop) στην υφιστάμενη κατάσταση με σεισμική επαύξηση

Επαλήθευση ευστάθειας κλίσης (Bishop)

Άθροισμα ενεργών δυνάμεων : $F_a = 1382,35 \text{ kN/m}$

Άθροισμα παθητικών δυνάμεων : $F_p = 2339,20 \text{ kN/m}$

Ροπή ολίσθησης : $M_a = 29596,17 \text{ kNm/m}$

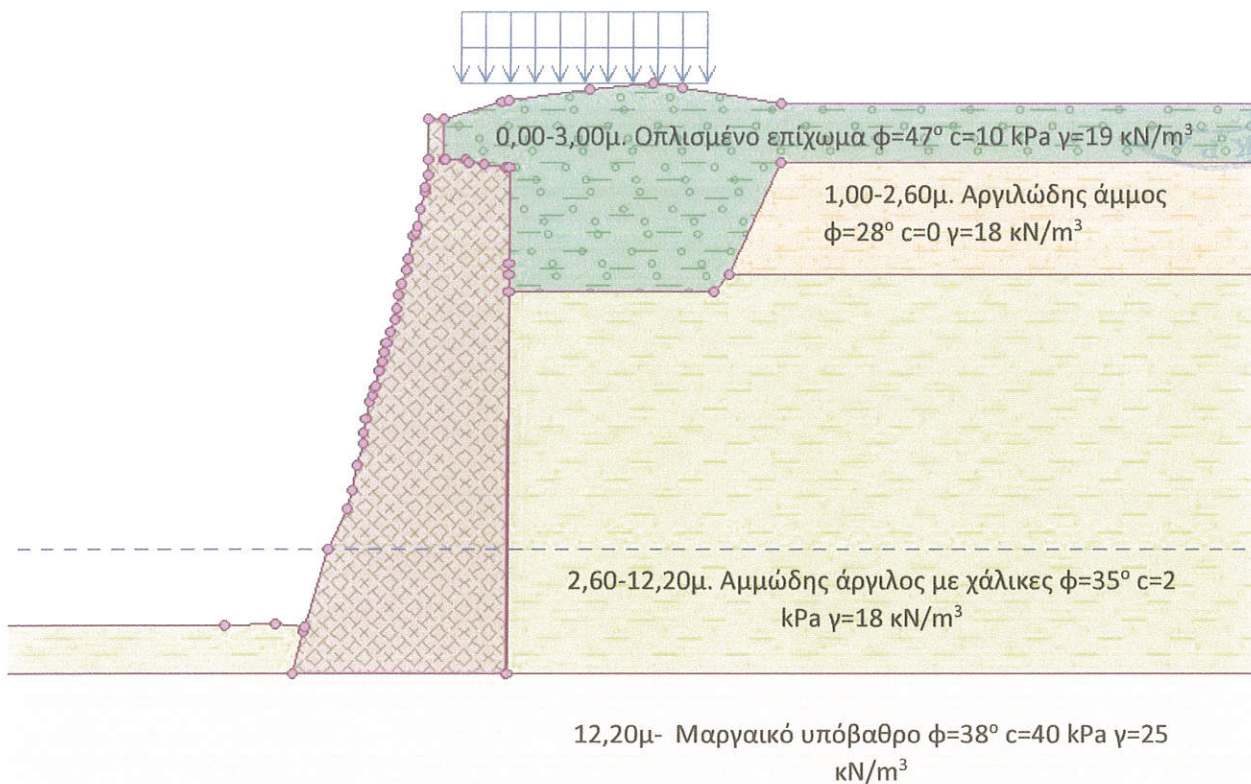
Ροπή αντίστασης : $M_p = 50082,28 \text{ kNm/m}$

Χρησιμοποίηση : 59,1 %

Ευστάθεια πρανών ΔΕΚΤΟ

Τα αποτελέσματα της υφιστάμενης κατάστασης τόσο στην μόνιμη περίπτωση σχεδιασμού όσο και στην σεισμική είναι μακριά από την αστοχία (χρησιμοποίηση δυνάμεων αντίστασης περίπου 60 %).

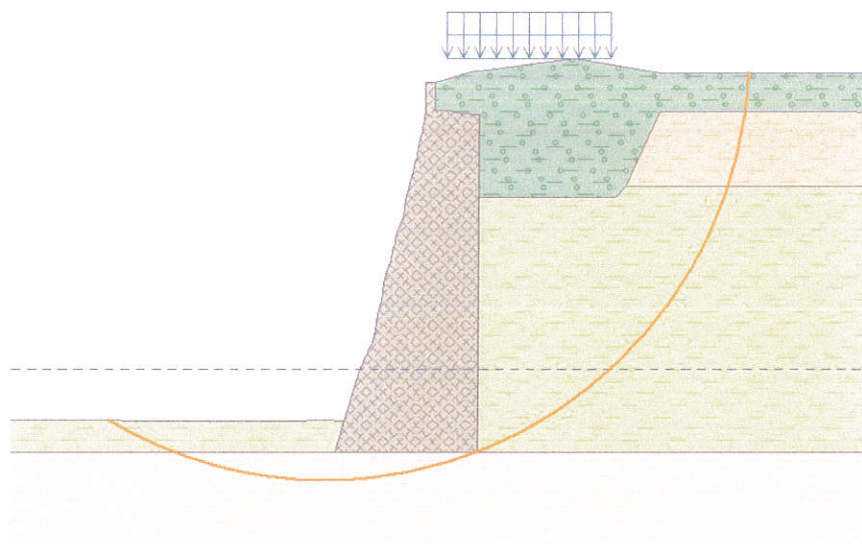
2.1.2. ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ



Εικόνα 4. Δυσδιάστατο μοντέλο του τείχους μετά τις προτεινόμενες επεμβάσεις, για τον έλεγχο σε ολική ευστάθεια.

Όπως φαίνεται και στην εικόνα 6, προτείνεται η εκσκαφή του υφιστάμενου επιχώματος κοντά στην εσωτερική παρειά του τείχους σε βάθος 3,00 μέτρων (από την στάθμη της γεώτρησης) και σε απόσταση 5,00 μ. από το τείχος. Η αποκατάστασή του θα γίνει με οπλισμένο επίχωμα το οποίο περιγράφεται στο κεφάλαιο των επεμβάσεων. Μετά την προσθήκη του παραπέτου, η επίχωση θα γίνει με το ίδιο οπλισμένο επίχωμα.

Η φιλοσοφία σχεδιασμού του οπλισμένου επιχώματος είναι να μην ασκεί ωθήσεις στο τείχος, αλλά να είναι αυτοφερόμενο. Προκειμένου να αντιστοιχηθεί η ικανότητα του επιχώματος να φέρει το βάρος του με ισοδύναμες εδαφικές παραμέτρους ώστε να εισέλθει στα γεωτεχνικά μοντέλα, χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Slide της Rocscience. Προσομοιώθηκε κατακόρυφο επίχωμα το οποίο αποτελούνταν από επίλεκτα θραυστά υλικά, οπλίστηκε με γεώπλεγμα εφελκυστικής αντοχής 50 kN/m και ελέγχθηκε ο συντελεστής ασφαλείας του. Στην συνέχεια προσομοιώθηκε το ίδιο κατακόρυφο πρανές χωρίς τον οπλισμό (γεώπλεγμα) και αναζητήθηκαν οι εδαφικές παράμετροι που θα έδιναν τον ίδιο συντελεστή ασφαλείας με την πρώτη ανάλυση. Οι εδαφικές παράμετροι που τελικά λήφθηκαν για το οπλισμένο επίχωμα ήταν (υπό στραγγιζόμενες συνθήκες) $\phi=47^\circ$ $c=10$ kPa $\gamma=19$ kN/m³.



Εικόνα 5. Πιθανότερος κύκλος αστοχίας (κατά Bishop) στην προτεινόμενη κατάσταση χωρίς σεισμική επαύξηση

Επαλήθευση ευστάθειας κλίσης (Bishop)

Άθροισμα ενεργών δυνάμεων : $F_a = 1282,83 \text{ kN/m}$

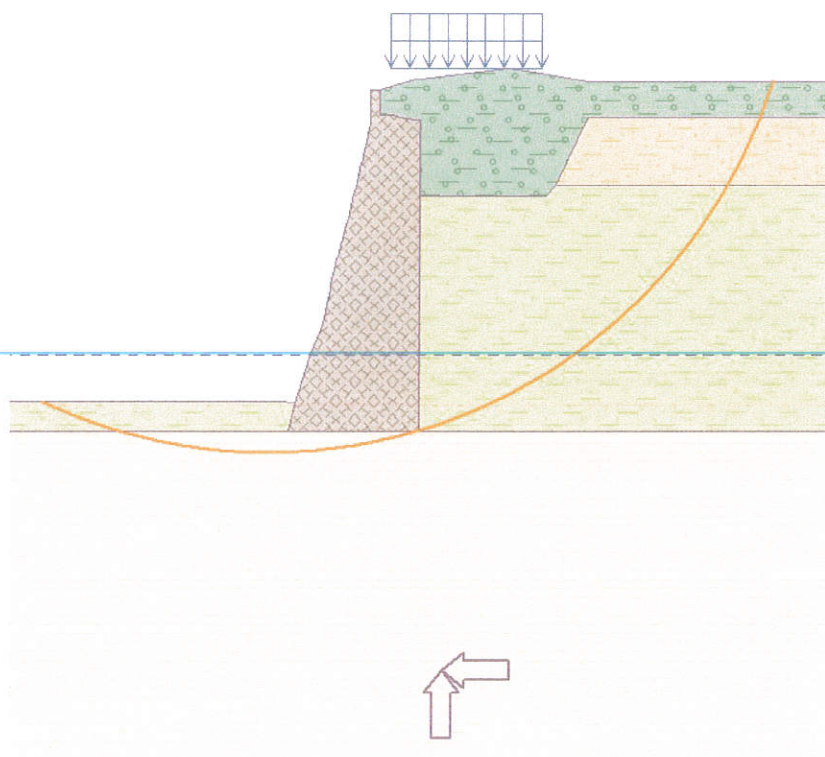
Άθροισμα παθητικών δυνάμεων : $F_p = 2043,64 \text{ kN/m}$

Ροπή ολίσθησης : $M_a = 19819,78 \text{ kNm/m}$

Ροπή αντίστασης : $M_p = 31574,30 \text{ kNm/m}$

Χρησιμοποίηση : 62,8 %

Ευστάθεια πρανών ΔΕΚΤΟ



Εικόνα 6. Πιθανότερος κύκλος αστοχίας (κατά Bishop) στην προτεινόμενη κατάσταση με σεισμική επαύξηση

Επαλήθευση ευστάθειας κλίσης (Bishop)Άθροισμα ενεργών δυνάμεων : $F_s = 1649,63 \text{ kN/m}$ Άθροισμα παθητικών δυνάμεων : $F_p = 2632,54 \text{ kN/m}$ Ροπή ολίσθησης : $M_s = 34510,20 \text{ kNm/m}$ Ροπή αντίστασης : $M_p = 55072,67 \text{ kNm/m}$

Χρησιμοποίηση : 62,7 %

Ευστάθεια πρανών ΔΕΚΤΟ

Η αύξηση στην χρησιμοποίηση των δυνάμεων αντίστασης οφείλεται στο ότι προστέθηκε το βάρος του επιχώματος (του παραπέτου) σύμφωνα με την αρχιτεκτονική πρόταση. Η συνεισφορά του οπλισμένου επιχώματος δεν αντικατοπτρίζεται τόσο στον έλεγχο της ολικής ευστάθειας όσο στους ελέγχους που ακολουθούν στο κεφάλαιο 2.2.

2.2 ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΕ ΑΝΑΤΡΟΠΗ, ΟΛΙΣΘΗΣΗ ΚΑΙ ΦΕΡΟΥΣΑ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑ ΕΔΑΦΟΥΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ

Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε μέσω του λογισμικού 'Τοίχος Βαρύτητας' GEO5 2020 της Fine (Αρ. Αδείας 8747/1). Στον έλεγχο του τείχους σε ολίσθηση, ανατροπή και φέρουσα ικανότητα του εδάφους θεμελίωσης θεωρήθηκε ότι ανάντη του τοίχους η βάση του εκτείνεται κατά 0,80 μέτρα έξω από την θεωρητική γεωμετρία του τείχους. Η παραδοχή έγινε λόγω των ασβεστολιθικών όγκων που βρέθηκαν στην γεώτρηση Γ5 σε βάθος από 6,50μ μέχρι το πέρας της γεώτρησης και κρίθηκε ότι έχουν θετική συνεισφορά στην ικανοποίηση των παραπάνω ελέγχων.

Παραδοχές ανάλυσης τοίχου:

- Υπολογισμός ενεργητικών ωθήσεων γαιών κατά Coulomb
- Υπολογισμός παθητικών ωθήσεων γαιών κατά Caquot-Kerisel
- Σεισμική ανάλυση κατά Mononobe-Okabe
- Επιτρεπόμενη εκκεντρότητα 0,333
- Εφαρμόστηκε ο Τρόπος Ανάλυσης DA-2(σύμφωνα με το εθνικό προσάρτημα) του EC7

Μερικοί συντελεστές δράσεων για την Μόνιμη κατάσταση σχεδιασμού, σύμφωνα με τον DA-2:

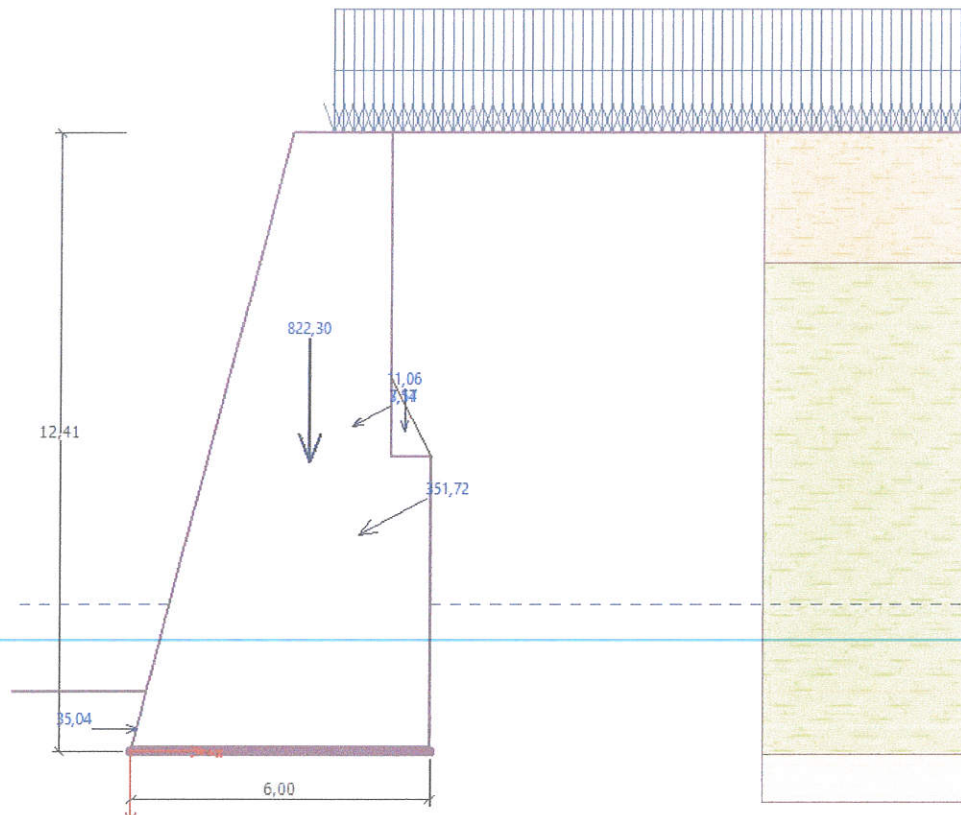
		Δυσμενής	Ευνοϊκός
Μόνιμες δράσεις	γ_G	1,35	1,00
Μεταβλητές δράσεις	γ_Q	1,50	0,00
Φορτίο νερού	γ_W	1,35	
Μερικός συντελεστής ανατροπής	γ_{Rv}	1,40	
Μερικός συντελεστής ανίστ. ολίσθησης	γ_{Rh}	1,10	
Μερικός συντελεστής φέρουσας ικανότητας	γ_{Re}	1,40	
Συντελεστής για τιμή σχεδιασμού	ψ_0	0,70	
Συντελεστής συχνής τιμής	ψ_1	0,50	
Συντελεστής ημι-μόνιμων τιμών	ψ_2	0,30	

Μερικοί συντελεστές δράσεων για την Σεισμική κατάσταση σχεδιασμού, σύμφωνα με τον DA-2:

		Δυσμενής	Ευνοϊκός
Μόνιμες δράσεις	γ_G	1,10	1,00
Μεταβλητές δράσεις	γ_Q	1,10	0,00
Φορτίο νερού	γ_W	1,10	
Μερικός συντελεστής ανατροπής	γ_{Rv}	1,20	
Μερικός συντελεστής ανίστ. ολίσθησης	γ_{Rh}	1,10	
Μερικός συντελεστής φέρουσας ικανότητας	γ_{Re}	1,20	

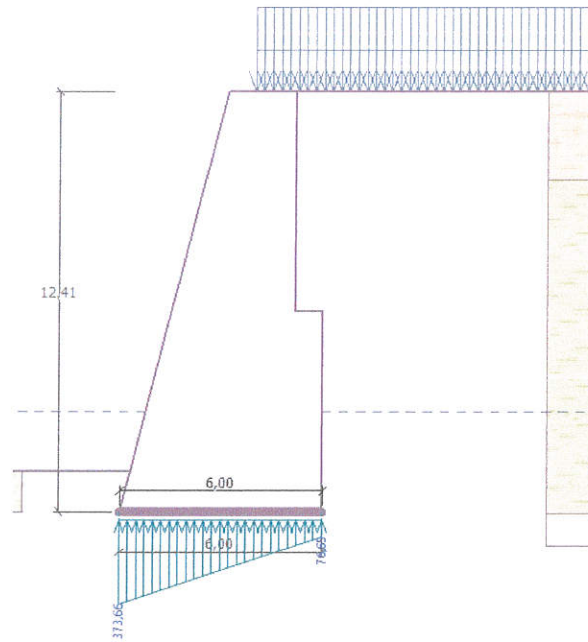
Λόγω του βραχώδους εδάφους στο οποίο θεμελιώνεται το τείχος η επιτρεπόμενη τάση εδάφους λήφθηκε σεπ.= 1.350 kN/m².

2.2.1 ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ



Εικόνα 7. Υφιστάμενο τείχος και οι δυνάμεις που δρουν σε αυτό κατά την μόνιμη κατάσταση σχεδιασμού

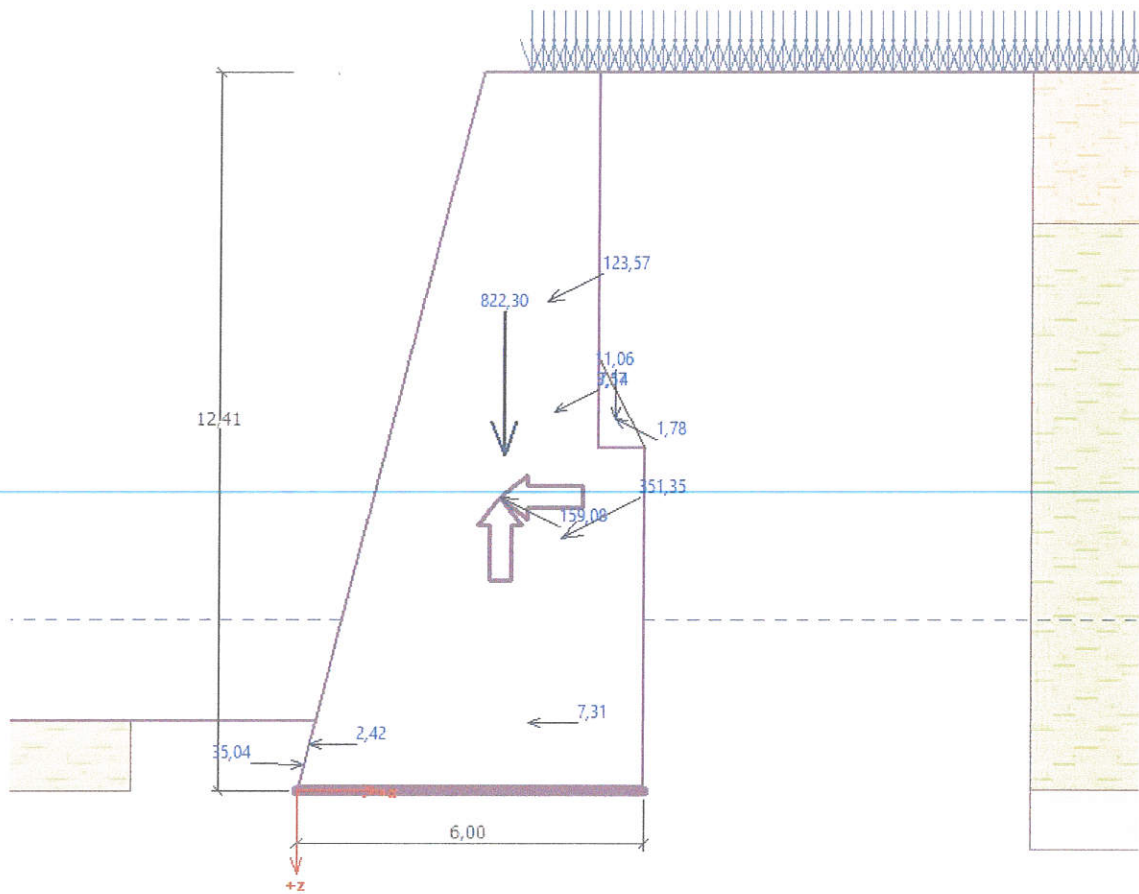
ΑΝΑΤΡΟΠΗ : **ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΟ** (66,5%)
ΟΛΙΣΘΗΣΗ : **ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΟ** (58,8%)



Εικόνα 8. Τάσεις εδάφους στο υφιστάμενο τείχος κατά την μόνιμη κατάσταση σχεδιασμού

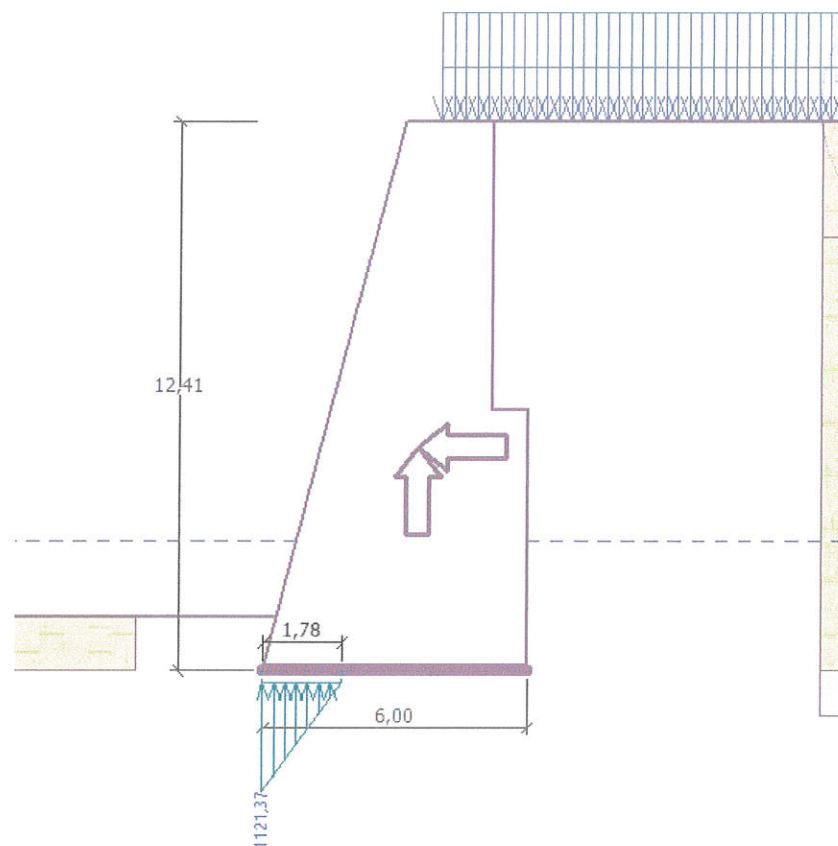
ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑ: **ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΟ** (50,5%)

ΕΔΑΦΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ: **ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΟ** (38,8%)



Εικόνα 9. Υφιστάμενο τείχος και οι δυνάμεις που δρουν σε αυτό κατά την σεισμική κατάσταση σχεδιασμού

ΑΝΑΤΡΟΠΗ : **ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ ΕΝΤΑΞΕΙ** (101,3%)
ΟΛΙΣΘΗΣΗ : **ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΟ** (70,2%)

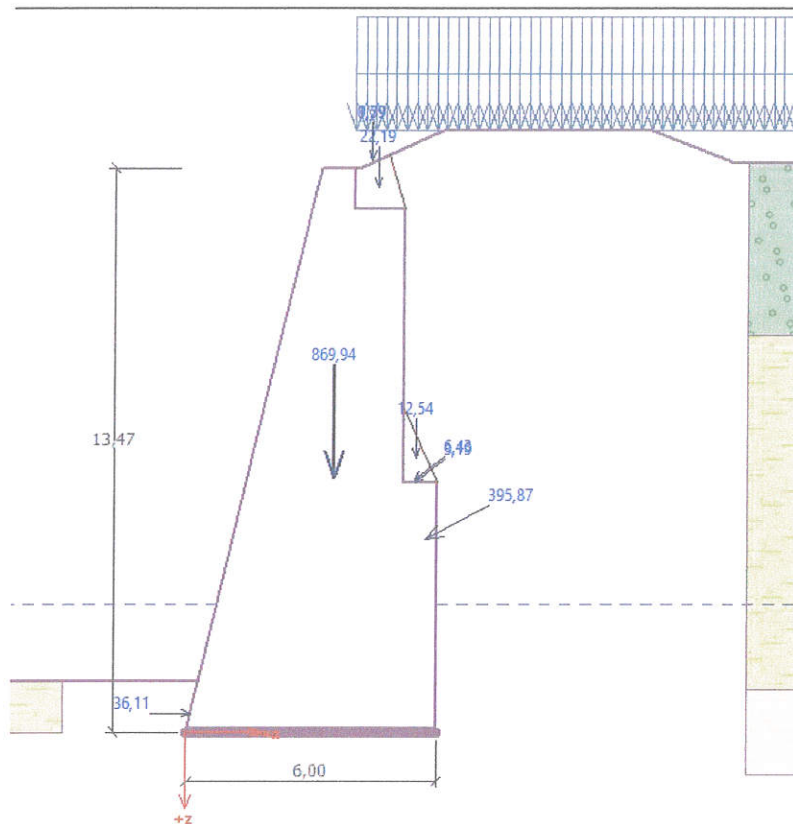


Εικόνα 10. Τάσεις εδάφους στο υφιστάμενο τείχος κατά την σεισμική κατάσταση σχεδιασμού

ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑ: **ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ ΕΝΤΑΞΕΙ** (120,4%)
ΕΔΑΦΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ: **ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΟ** (99,7%)

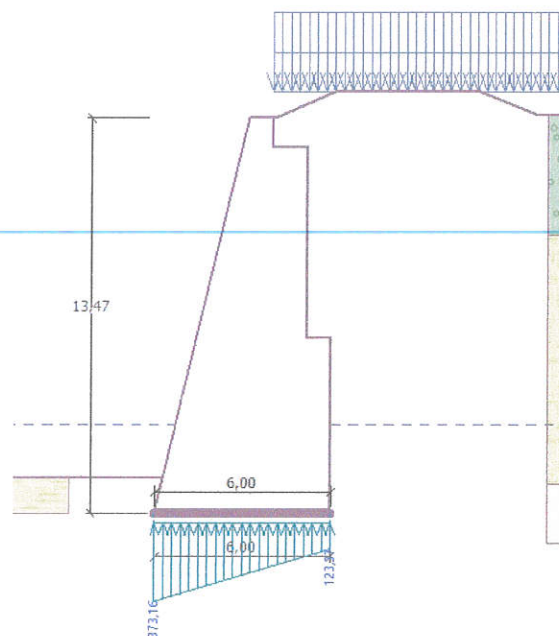
Από τις αναλύσεις προκύπτει οριακή ανεπάρκεια του τείχους σε ανατροπή κατά την σεισμική κατάσταση σχεδιασμού και υπέρβαση κατά 20% των διατάξεων περί εκκεντρότητας.

2.2.2. ΠΡΟΤΑΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ



Εικόνα 11. Διατομή τείχους με τις προτεινόμενες επεμβάσεις και οι δυνάμεις που δρουν σε αυτό κατά την μόνιμη κατάσταση σχεδιασμού

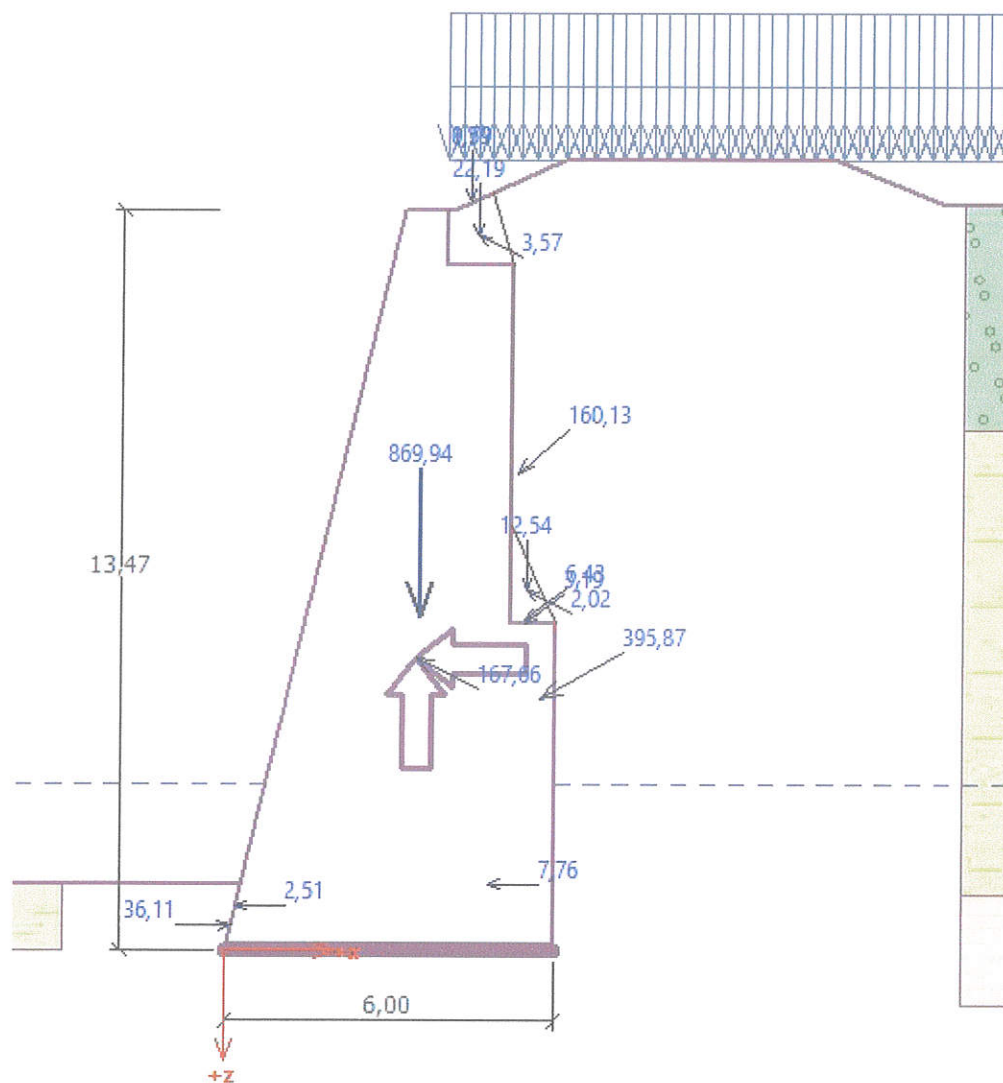
ΑΝΑΤΡΟΠΗ : **ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΟ** (64,2%)
ΟΛΙΣΘΗΣΗ : **ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΟ** (44,4%)



Εικόνα 12. Τάσεις εδάφους κατά την μόνιμη κατάσταση σχεδιασμού

ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑ: **ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΟ** (40,1%)

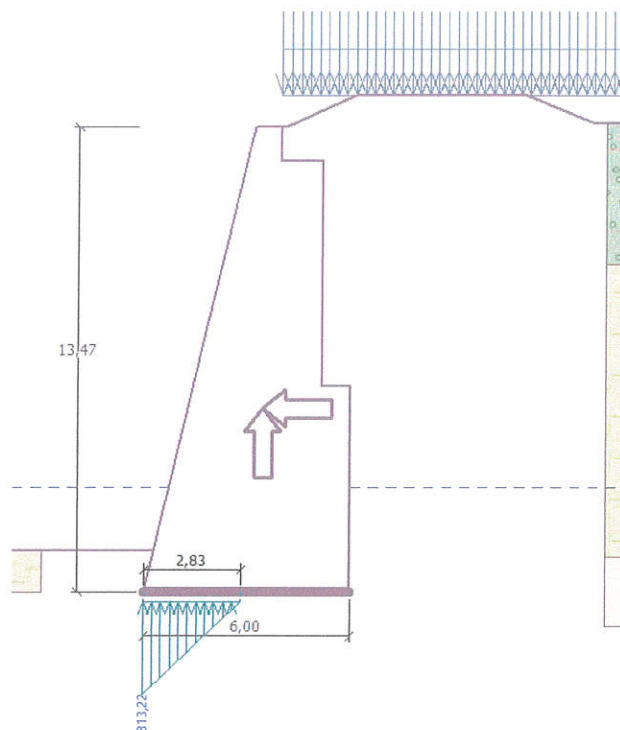
ΕΔΑΦΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ: **ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΟ** (38,7%)



Εικόνα 13. Διατομή τείχους με τις προτεινόμενες επεμβάσεις και οι δυνάμεις που δρουν σε αυτό κατά την σεισμική κατάσταση σχεδιασμού.

ΑΝΑΤΡΟΠΗ: **ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΟ** (92,7%)

ΟΛΙΣΘΗΣΗ: **ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΟ** (65,4%)



Εικόνα 14. Τάσεις εδάφους κατά την σεισμική κατάσταση σχεδιασμού

ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑ: **ΔΕΝ ΕΙΝΑΙ ΕΝΤΑΞΕΙ** (103,0%)

ΕΔΑΦΟΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ: **ΙΚΑΝΟΠΟΙΗΤΙΚΟ** (72,3%)

2.3 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΔΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Στην σεισμική κατάσταση σχεδιασμού της υφιστάμενης κατάστασης του τείχους υπήρξε μικρή υπέρβαση των δυνάμεων ευστάθειας (αστοχία ανατροπής). Η αστοχία βέβαια αυτή προέκυψε με τους σύγχρονους κανονισμούς (EC7-EC8) και τους συντελεστές ασφαλείας που προβλέπουν. Οι υπέρβαση της επιτρεπόμενης εκκεντρότητας αφορά στην γεωμετρία του τείχους και εξαρτάται άμεσα από την θεωρούμενη διατομή, έλεγχος τον οποίο μπορούμε να αγνοήσουμε καθώς δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν αλλαγές στον φορέα. Με την εκσκαφή και την κατασκευή του οπλισμένου επιχώματος παρατηρείται ικανοποίηση του ελέγχου ευστάθειας (92,7%) και οριακή υπέρβαση της εκκεντρότητας (103%).

Στην αντιμετώπιση μιας ενδεχόμενης ανατροπής του τείχους συνεισφέρει το οπλισμένο επίχωμα που κατασκευάζεται στην στέψη του τείχους το οποίο θα κινητοποιήσει μεγάλο όγκο εδαφικού υλικού μέσω του γεωπλέγματος, ο οποίος θα αντισταθεί στην τάση του τείχους για στροφή. Όσον αφορά την φέρουσα ικανότητα του εδάφους, δεν είναι ξεκάθαρο το πλάτος της θεμελίωσης του τείχους ώστε να υπολογιστεί επακριβώς στην ανάλυση. Από τα δεδομένα της γεώτρησης και την φύση του εδάφους θεμελίωσης κρίνεται ότι δεν υπάρχει κίνδυνος υπέρβασης της φέρουσας ικανότητας του εδάφους. Από την ανάλυση δεν προκύπτει ανάγκη ενίσχυσης της βάσης του τοίχου για ανάληψη τέμνουσας δύναμης.

3. ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

3.1 ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

3.1.1. ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ

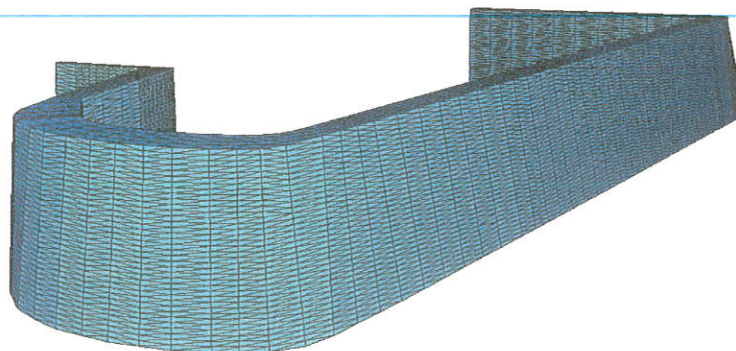
Η μοντελοποίηση ιστορικών κατασκευών από φέρουσα τοιχοποιία αποτελεί ένα σύνθετο πρόβλημα που απαιτεί γνώση εξελιγμένων μεθόδων ανάλυσης και μοντελοποίησης για την επίλυσή του. Μια σειρά από διαφορετικές πρακτικές έχουν δοκιμαστεί τα τελευταία χρόνια με σκοπό την καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς τέτοιων κατασκευών. Από τις μεθόδους αυτή η πιο διαδεδομένη είναι η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων με την θεώρηση της τοιχοποιίας ως ομοιογενούς υλικού (macromodelling). Η μέθοδος αυτή θεωρείται ιδανική καθώς προσφέρει επαρκή ακρίβεια σε σχέση με πιο απλοποιημένες μεθόδους (γραμμικός φορέας) και ταυτόχρονα μικρότερο υπολογιστικό κόστος σε σχέση με πιο αναλυτικές μεθόδους (micromodelling, discrete element analysis). Στην μέθοδο αυτή το γεγονός ότι ένα ανομοιογενές υλικό σαν την τοιχοποιία προσομοιώνεται ως ομοιογενές καθιστά την επιλογή των μηχανικών χαρακτηριστικών μια ιδιαίτερη δύσκολη διαδικασία.

Η προσομοίωση του φέροντος οργανισμού έγινε με τη βοήθεια του λογισμικού SSD της εταιρείας SOFISTIK, με τη χρήση πεπερασμένων στοιχείων.

Λόγω του μεγάλου πάχους των διατομών του τοίχους, το οποίο φτάνει πλάτος 5.3 m στη βάση, επιλέχθηκαν χωρικά πεπερασμένα στοιχεία (solid elements). Η έδραση των τειχών προσομοιώθηκε με τη βοήθεια γραμμικών ελατηρίων. Σύμφωνα με την Γεωτεχνική έκθεση ο δείκτης εδάφους υπολογίστηκε ίσος με $k_s=200.000 \text{ kN/m}^3$. Για τα οριζόντια ελατήρια στη διεπιφάνεια εδάφους-πλάκας πυθμένα υιοθετείται η τιμή $k_{fr}=0,1 \times 200.000=20.000 \text{ kN/m}^3$.



Τρισδιάστατη αποτύπωση προμαχώνα



Προσομοίωμα προμαχώνα στο λογισμικό SOFISTIK

3.1.2. ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ

Οι ιδιότητες της τοιχοποιίας ελήφθησαν από την έκθεση τεκμηρίωσης:

Θλιπτική αντοχή:

$$f_{wc}=2.27 \text{ MPa}$$

Μέτρο Ελαστικότητας:

$$E_{wc}=1000f_{wc}=2.27 \text{ GPa}$$

Εφελκυστική αντοχή:

$$f_{wt}=0.08 \text{ MPa}$$



3.1.3. ΦΟΡΤΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Η κατασκευή φορτίζεται με βάσει την κατανομή των ενεργητικών ωθήσεων γαιών των αναχωμάτων καθ' ύψος.

Οι εδαφικές παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν, με βάση την γεωτεχνική έρευνα, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα.

ΣΤΡΩΣΗ	Βάθος από την αρχή της γεώτρησης Γ5 (μ)	Φαινόμενο βάρος (kN/m ³)	Ενεργός συνοχή c (kPa)	Γωνία εσωτερικής τριβής (°)
1	0,00 – 2,60	18,00	0	28
2	2,60 – 12,20	18,00	2,0	35
3	12,20-	25,00	40,00	38

Οι τιμές των ωθήσεων γαιών για κάθε στρώση, υπολογίστηκαν με βάσει τις ανώτερες παραμέτρους, με εφαρμογή των κατάλληλων συντελεστών ασφαλείας για κάθε συνδυασμό φόρτισης.

Συνολικά λήφθηκαν υπόψιν οι παρακάτω φορτίσεις:

Μόνιμα φορτία G:

Ενεργητικές ωθήσεις γαιών

Υδροστατική πίεση υδροφόρου ορίζοντα

Μόνιμα φορτία επί του επιχώματος (1 kN/m²)

Κινητά φορτία Q:

Κινητά φορτία επί του επιχώματος (2 kN/m²)

Τυχηματικές φορτίσεις E:

Σεισμικό φορτίο

Σεισμικές ωθήσεις γαιών

3.1.4. ΣΕΙΣΜΙΚΟ ΦΟΡΤΙΟ

Στον Ευρωκώδικα 8 (EN1998-5:2004), και συγκεκριμένα στο παράρτημα 5 συνίσταται η χρήση της απλοποιημένης ψευδοστατικής μεθόδου για την ανάλυση της οριακής κατάστασης αστοχίας των συστημάτων αντιστήριξης. Σύμφωνα με το παράρτημα 5 του EC8 (EC8-5 7.3.2.2) η σεισμική δράση υπεισέρχεται με την εφαρμογή δύο συντελεστών, του οριζόντιου σεισμικού συντελεστή k_h και του κατακόρυφου σεισμικού συντελεστή k_v . Για κατηγορία εδάφους A, ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας II με σεισμική επιτάχυνση εδάφους $A=0,24g$ προκύπτει $a=0,24 \times 1,2 = 0,288$ (Κατηγορία σπουδαιότητας Σ3).

$$K_h = a \frac{S}{r}$$

$$K_v = 0,5K_h$$

r : Ο συντελεστής αυτός αφορά την δυνατότητα μετακίνησης της βάσης του τοίχου και προκύπτει από τον πίνακα 7.1 του Ευρωκώδικα 8 (EC8, 7.3.2.2, Table 7.1) ανάλογα με τον τύπο του φορέα αντιστήριξης. Ο συντελεστής αυτός λήφθηκε σταθερός σε όλο το ύψος του τοίχου και ίσος με 2, δηλαδή αποδεκτή μετακίνηση $d_r = 300aS = 8,64$ εκατοστά. Στον ΕΑΚ 2000 στο κεφάλαιο 5.3 ο συντελεστής r του Ευρωκώδικα αναφέρεται ως συντελεστής συμπεριφοράς (q_w) και λαμβάνει τις ίδιες τιμές με αυτές του Ευρωκώδικα.

S : Ο συντελεστής αυτός ονομάζεται συντελεστής εδάφους και εξαρτάται από το είδος του εδάφους. Για έδαφος A και φάσμα ελαστικής απόκρισης τύπου 1, από τον πίνακα 3.2 του EC8 (1998-1:2004 3.2.2.2) ο συντελεστής αυτός λήφθηκε ίσος με 1.

Οι σεισμικοί συντελεστές διαμορφώνονται σε:

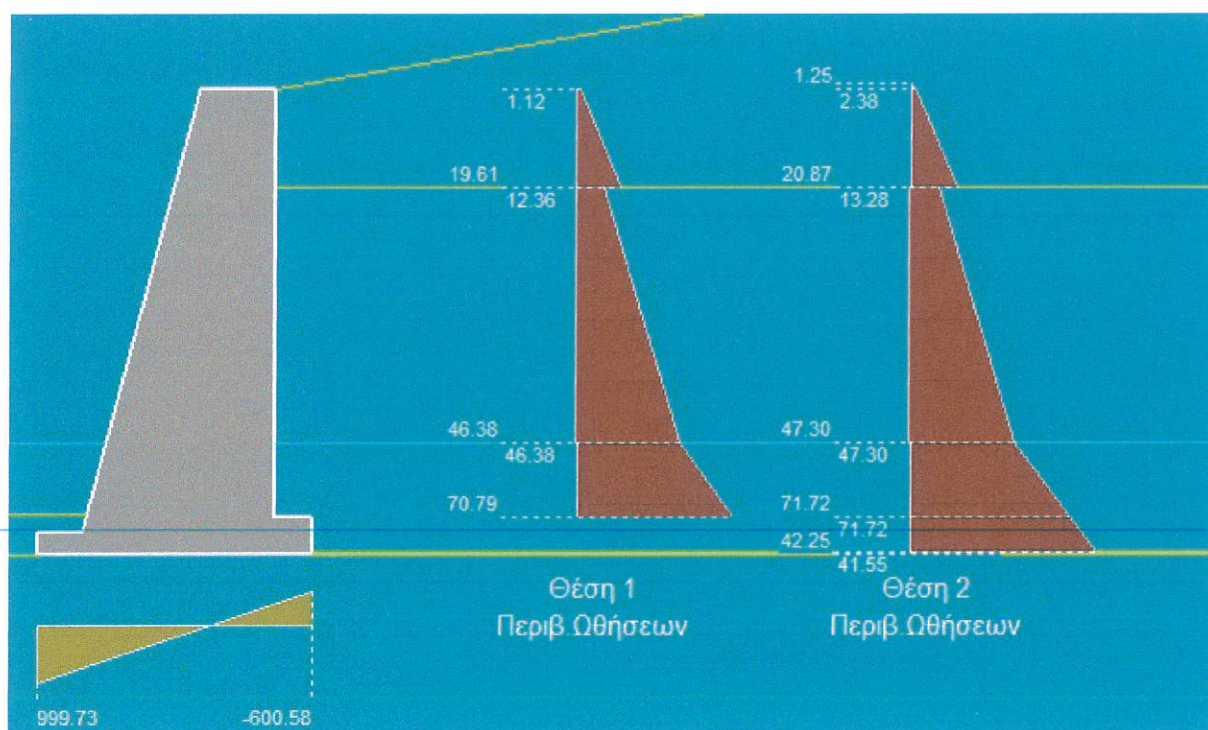
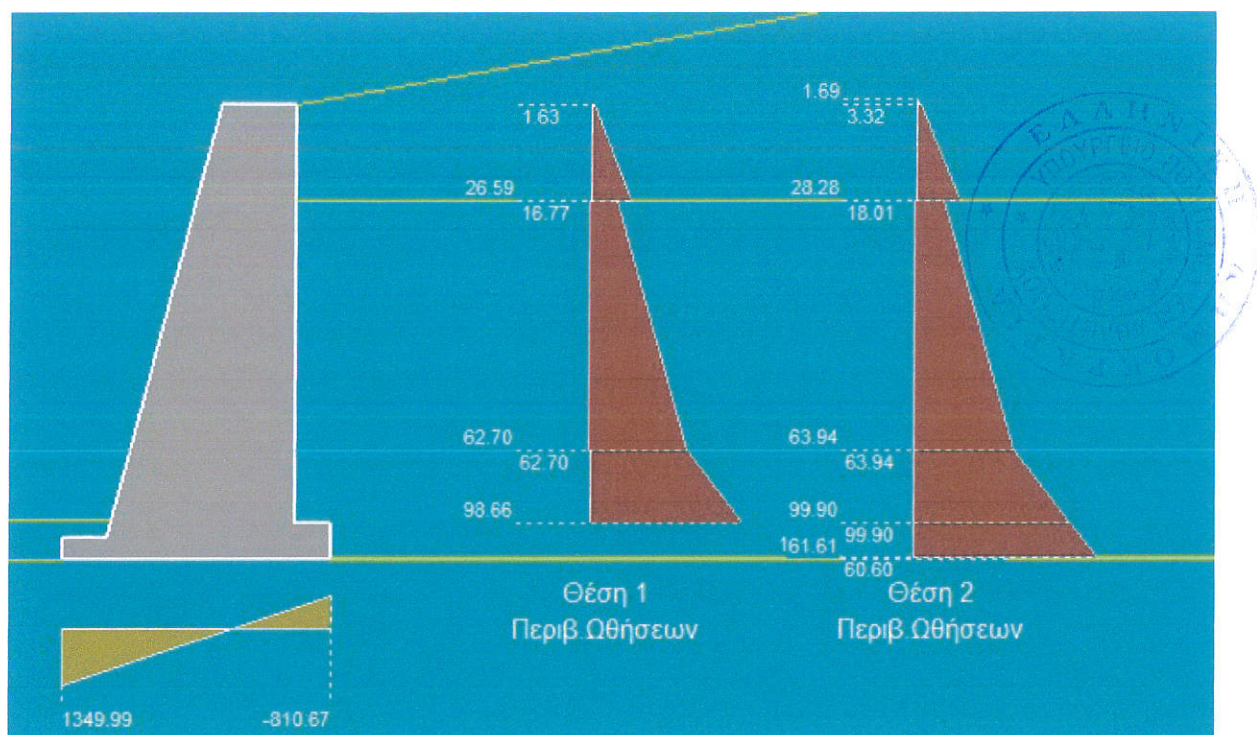
$$K_h = a \frac{S}{r} = 0,288 \frac{1}{2} = 0,144$$

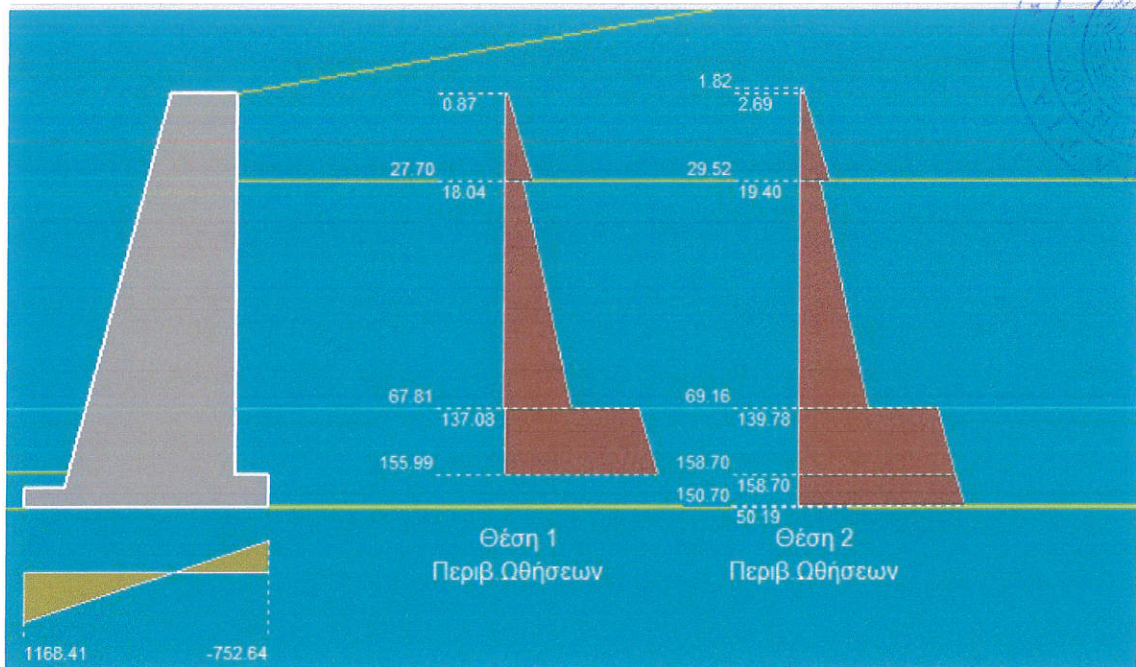
$$K_v = 0,5K_h = 0,072$$

Η επαύξηση των ωθήσεων γαιών που προκύπτουν από τους 2 αυτούς συντελεστές μέσω του τύπου των Monopobe-Okabe εισήλθε στην τρισδιάστατη ανάλυση.

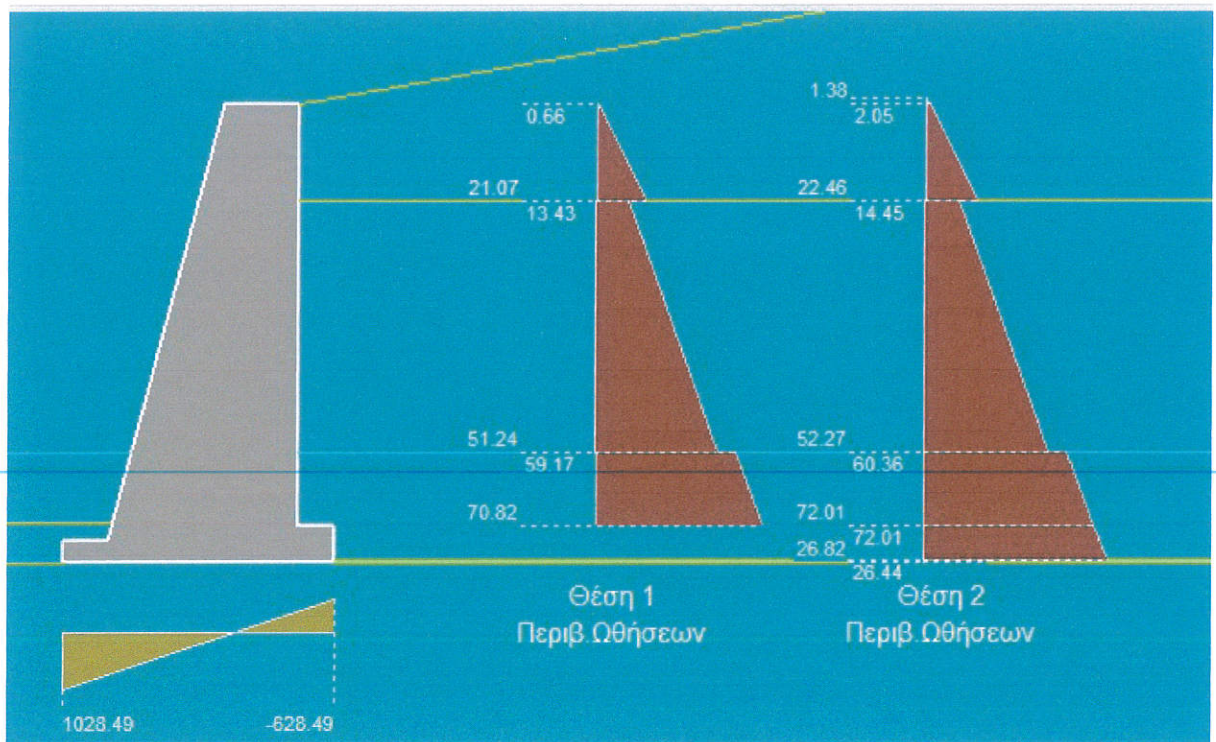
3.1.5. ΣΥΝΔΥΑΣΜΟΙ ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ

Παρακάτω παρουσιάζονται τα φορτία της κατασκευής. Οι φορτίσεις αυτές είναι για το συνολικό ύψος της κατασκευής. Επειδή η προσομοίωση της παρούσας μελέτης έγινε από την γραμμή εδάφους και άνω, ενώ ο παρακάτω υπολογισμός των ωθήσεων έγινε μέχρι τη στάθμη θεμελίωσης (υψομετρική διαφορά 1.20 m), η μέγιστη τιμή ωθήσεων στην βάση είναι μικρότερη από αυτή που αναγράφονται στα παρακάτω διαγράμματα. Η τελική μέγιστη τιμή αναγράφεται στον τίτλο κάθε εικόνας.





G + 0.3Q + E Μέγιστη τιμή 156.52 στο +1.20 (γραμμή εδάφους)



G + 0.3Q + 0.3E Μέγιστη τιμή 70.66 στο +1.20 (γραμμή εδάφους)

Όσον αφορά τους συνδυασμούς των προαναφερθέντων δράσεων η λογική εφαρμογής έχει ως εξής:

Όλες οι φορτίσεις ωθήσεων γαιών ($1.35G+1.5Q$) εφαρμόζονται ως έχει με συντελεστή 1.00, καθώς οι συντελεστές δράσεων έχουν ήδη συνυπολογιστεί στις τιμές που παρουσιάστηκαν παραπάνω.

Για τη σεισμική φόρτιση εφαρμόζονται τα εξής:

- Στους τοίχους κάθετα στο κύριο σεισμικό φορτίο (E) εφαρμόζεται η φόρτιση $G+0.3Q+E$
- Στους τοίχους κάθετα στο δευτερεύων σεισμικό φορτίο ($0.3E$) εφαρμόζεται η φόρτιση $G+0.3Q+0.3E$
- Στους υπόλοιπους τοίχους, εφόσον δεν δρα σεισμικό φορτίο, εφαρμόζεται η φόρτιση $G+Q$

Οι άνω φορτίσεις δρουν αθροιστικά στην κατασκευή με συντελεστή 1.00 (οι συντελεστές δράσεων έχουν ήδη εισαχθεί στην φόρτιση που παρουσιάστηκε).

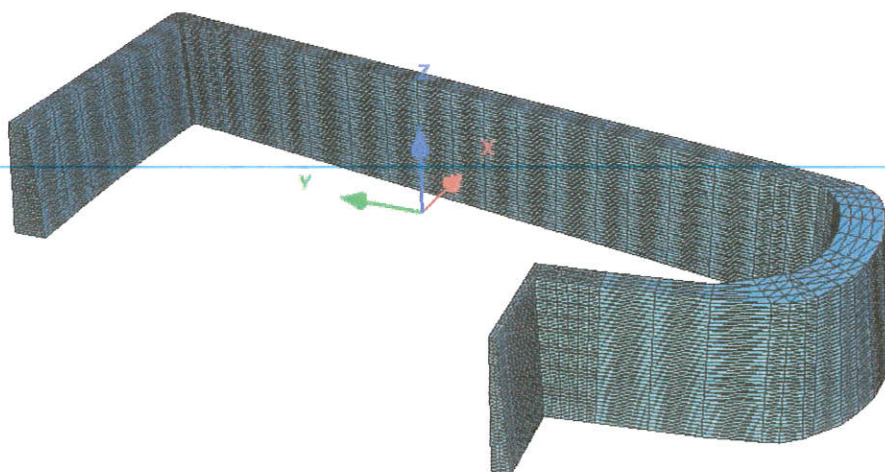
Τα φορτία και οι συνδυασμοί τους παρουσιάζονται αναλυτικά στο τεύχος υπολογισμού.

Η κατασκευή αναλύεται με στατική γραμμική ανάλυση.

3.1.6. ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Παρότι η ανάλυση που επιλέχθηκε για την εφαρμογή του σεισμικού φορτίου είναι η ψευδοστατική ανάλυση, εκτελέστηκε μια συμπληρωματική ιδιομορφική ανάλυση για τη περαιτέρω διερεύνηση της συμπεριφοράς της κατασκευής. Λόγω του μεγάλου αριθμού πεπερασμένων στοιχείων, το λογισμικό δεν ήταν σε θέση να εκτελέσει την ιδιομορφική ανάλυση λόγω όγκου δεδομένων. Για αυτό το λόγο επιλέχτηκε ένα προσομοίωμα με ίδιες ακριβώς παραδοχές και μεγαλύτερο μέγεθος πεπερασμένων στοιχείων.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται παρακάτω



Προσομοίωμα κατασκευής με μικρότερο μέγεθος πεπερασμένων στοιχείων



Eigenfrequencies

Using Lanczos Method

Iterationsvectors

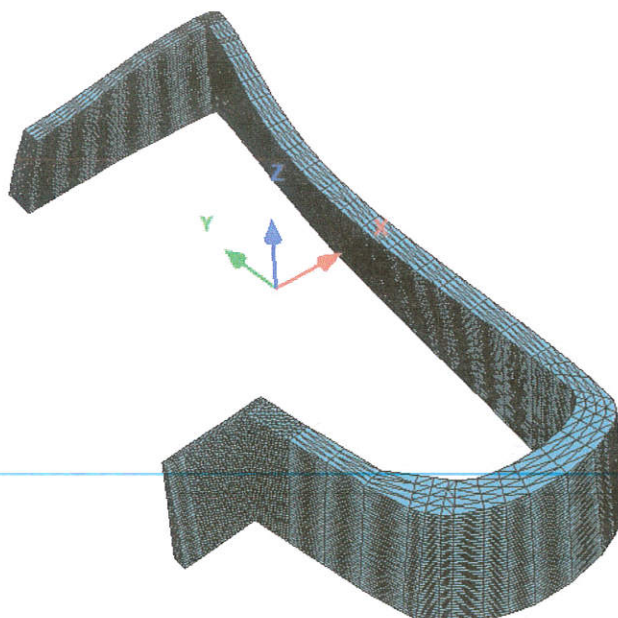
No.	LC	Eigenvalue [1/Sec ²]	Relativ error	frequency [Hertz]	Period [sec]	modal damping
1	2001	2.77254E+02	1.27E-01	2.650	0.377347	0.00000
2	2002	4.91526E+02	3.25E-01	3.529	0.283404	0.00000
3	2003	7.33728E+02	2.97E-01	4.311	0.231960	0.00000
4	2004	1.13967E+03	4.35E-01	5.373	0.186119	0.00000
5	2005	2.64425E+03	8.11E-01	8.184	0.122188	0.00000
6	2006	1.48992E+04	1.72E+00	19.427	0.051475	0.00000

Πίνακας 6 πρώτων ιδιομορφών

Modal masses - activated mass

No.	LC	frequency [Hertz]	effective modal Mass			factor		
			X[t]	Y[t]	Z[t]	X[%]	Y[%]	Z[%]
1	2001	2.650	38009	30	4	83.94	0.18	0.08
2	2002	3.529	1468	176	0	3.24	1.05	0.00
3	2003	4.311	190	65	0	0.42	0.39	0.00
4	2004	5.373	98	34	2	0.22	0.21	0.04
5	2005	8.184	42	11	0	0.09	0.06	0.01
6	2006	19.427	7	1	1	0.02	0.01	0.03
sum			39813	316	8	87.92	1.89	0.16

Συμμετοχή μαζών 6 πρώτων ιδιομορφών



1^η δεσπόζουσα ιδιομορφή κατά X, T= 0.377 s, f= 2.65 Hz, Ενεργοποίηση μάζας κατά X:
83.94%

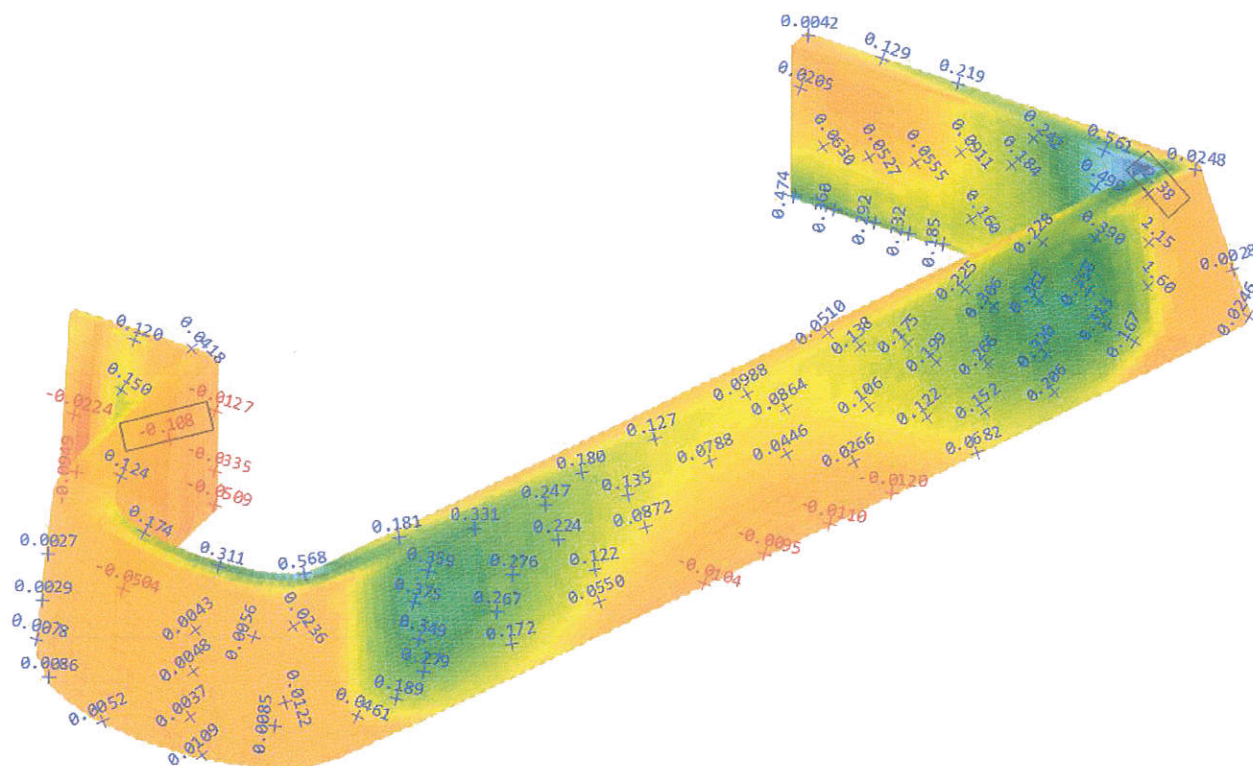
Παρατηρείται ότι υπάρχει μόνο μια δεσπόζουσα ιδιομορφή για τη κατασκευή κατά τη διεύθυνση X (κάθετα στη διαμήκη πλευρά). Οι ιδιομορφές των υπόλοιπων διευθύνσεων δεν ενεργοποιούν σημαντικό ποσοστό μάζας. Όσον αφορά την 1^η δεσπόζουσα ιδιομορφή η μορφή της φαίνεται να ακολουθεί ομοιόμορφη κατανομή καθ' ύψος του τοίχου. Συνεπώς η

εφαρμογή του σεισμικού φορτίου ως ομοιόμορφου στατικού, ανταποκρίνεται στην πραγματική ιδιομορφική απόκριση της κατασκευής.

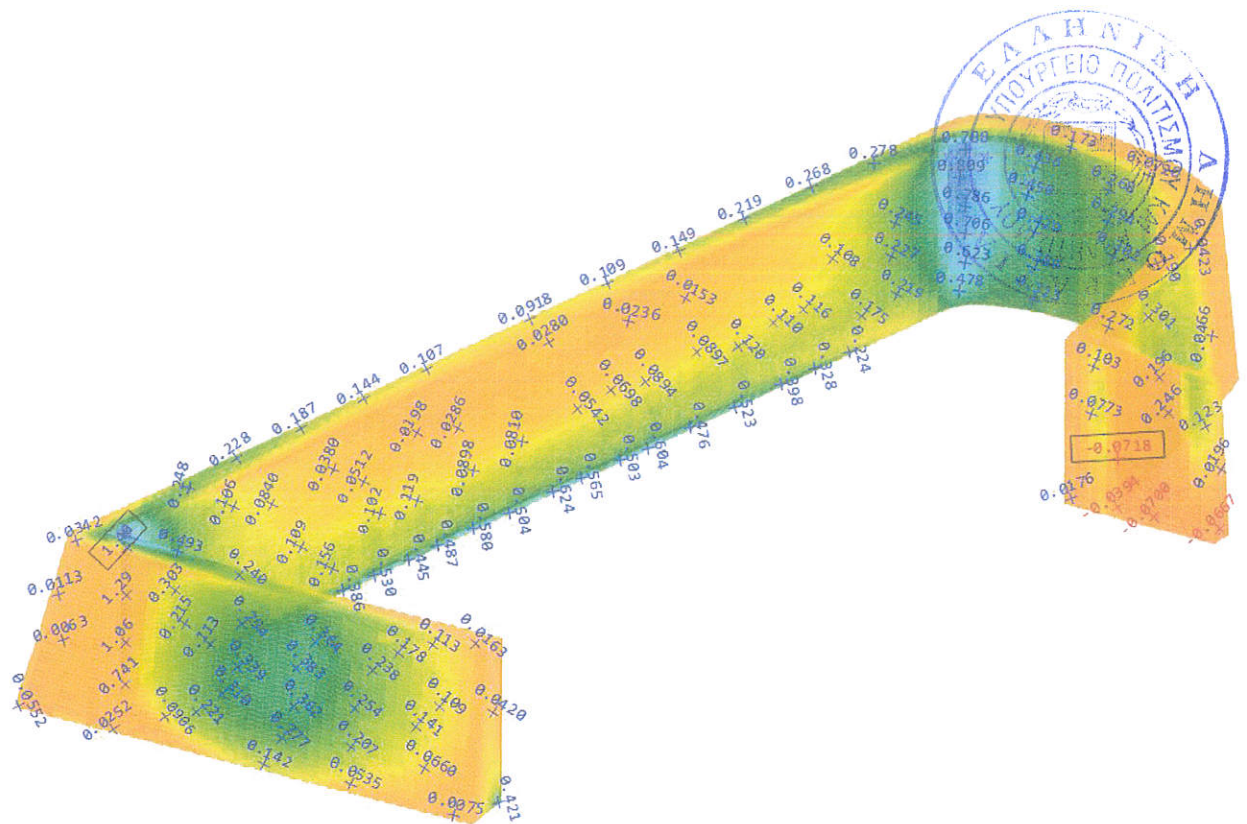


3.1.7. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των κύριων τάσεων σ_i για τον υφιστάμενο φορέα. Η εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας θεωρήθηκε ίση με 0.08 MPa. Οι πράσινες και μπλε περιοχές απεικονίζουν την υπέρβαση της εφελκυστικής αντοχής της τοιχοποιίας, συνεπώς την πιθανή ρηγμάτωση της διατομής.

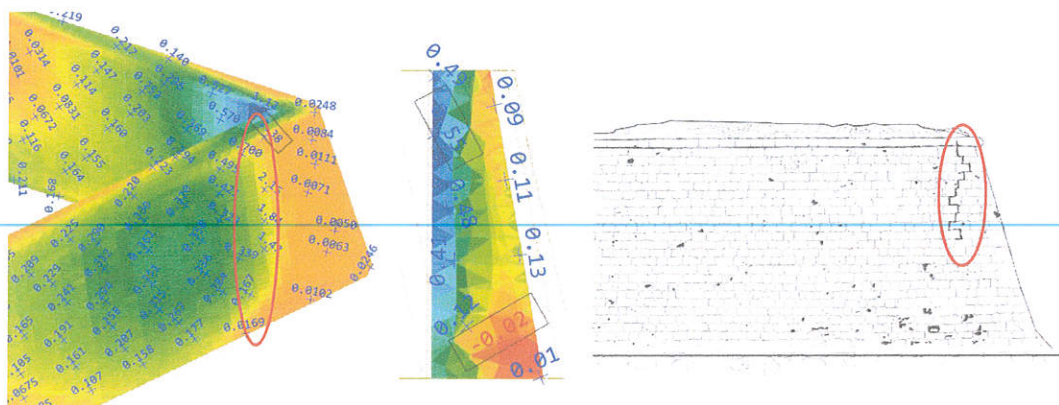


Κύριες τάσεις σ_i για σεισμό κάθετα στη διαμήκη πλευρά $G+0.3Q+Ex+0.3Ey$

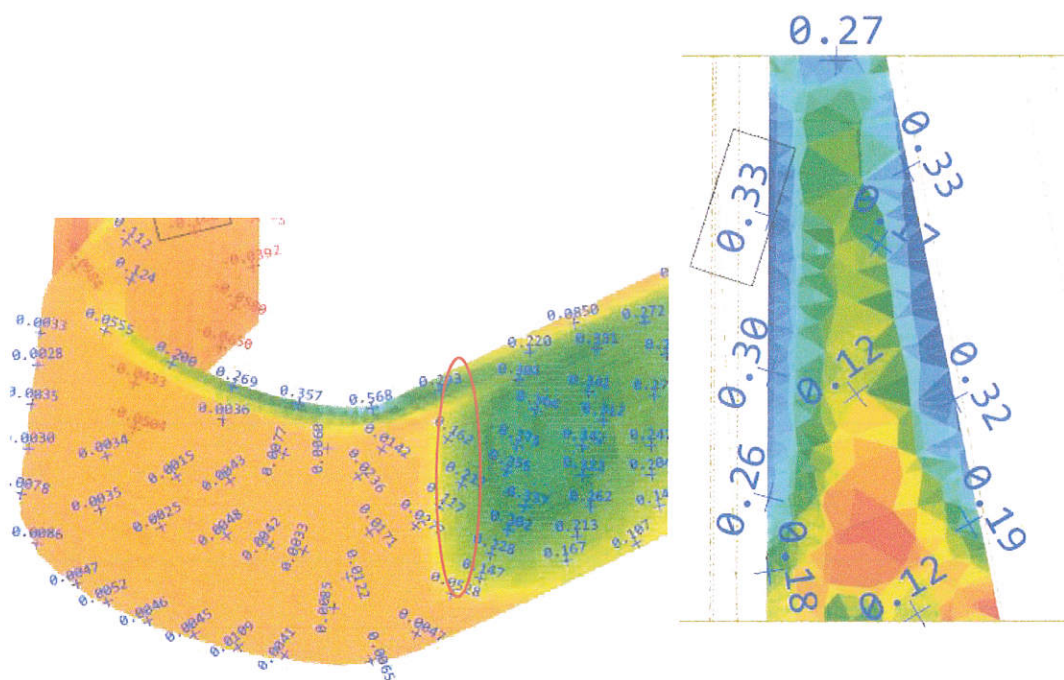
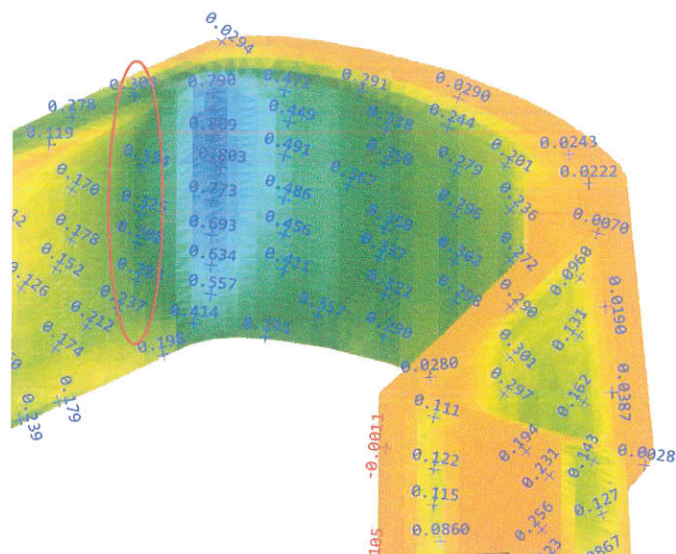


Κύριες τάσεις σ_1 για σεισμό κάθετα στη διαμήκη πλευρά $G+0.3Q+Ex+0.3Ey$

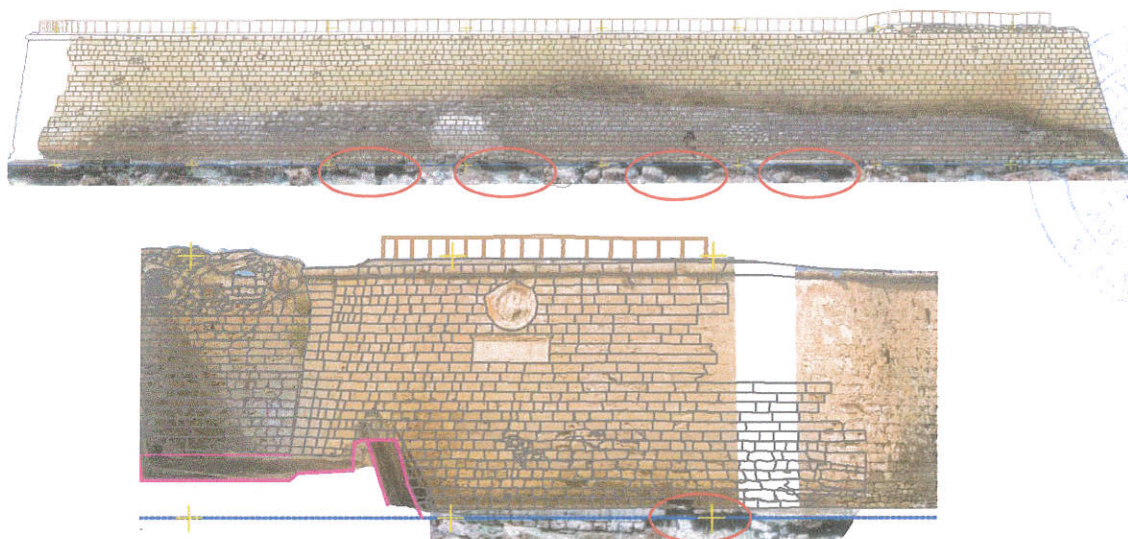
Όπως παρατηρείται υπάρχουν αρκετές περιοχές υπέρβασης της εφελκυστικής αντοχής. Οι σημαντικότερες είναι στις εσωτερικές γωνίες των τειχών. Η υπέρβαση αυτή γίνεται μόνο στην εσωτερική πλευρά του τοίχου συνεπώς δεν είναι δυνατόν να διαπιστωθεί η ύπαρξη της εν λόγω παθολογίας. Στην βορειοανατολική γωνία είναι πιθανόν η ρωγμή που παρατηρήθηκε να είναι αποτέλεσμα της συγκέντρωσης τάσεων που παρατηρήθηκαν στην εσωτερική παρειά.



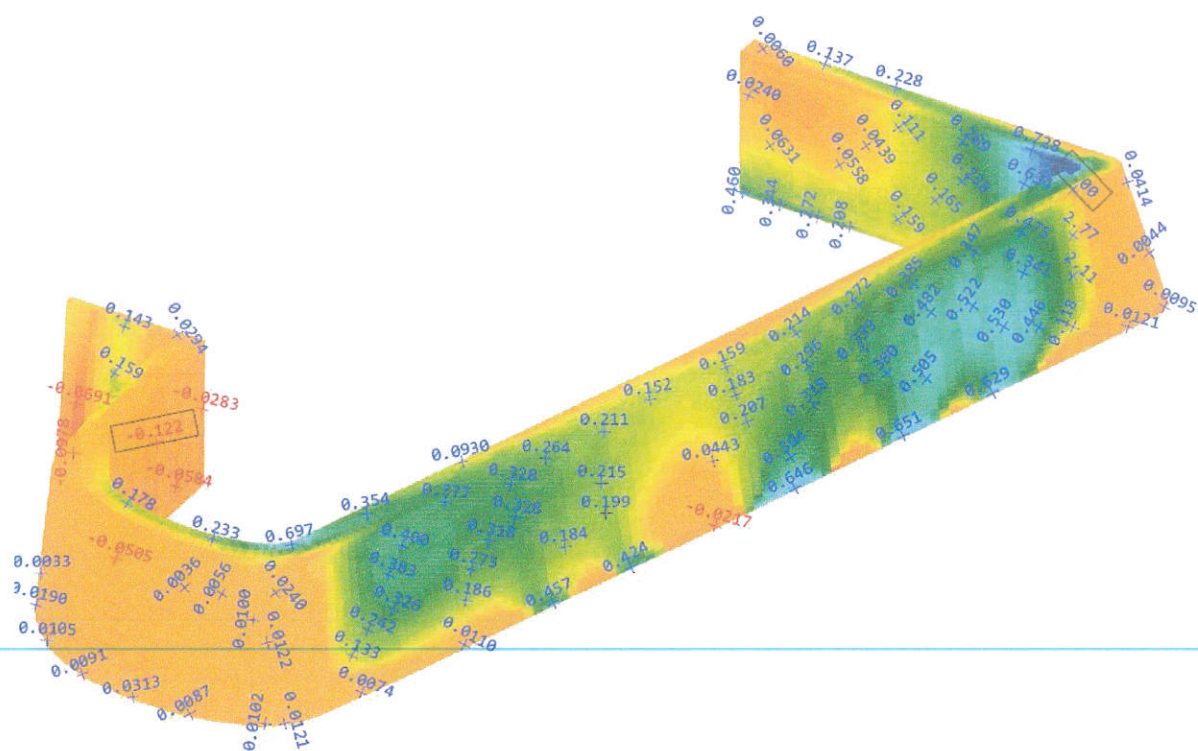
Στην νοτιοανατολική πλευρά βλέπουμε μια περιοχή όπου η υπέρβαση της εφελκυστικής αντοχής γίνεται στο ίδιο σημείο και στις δύο πλευρές της διατομής. Η συγκέντρωση αυτή μπορεί να ταυτιστεί με την διαμπερή ρωγμή που εντοπίστηκε στην περιοχή αυτή.



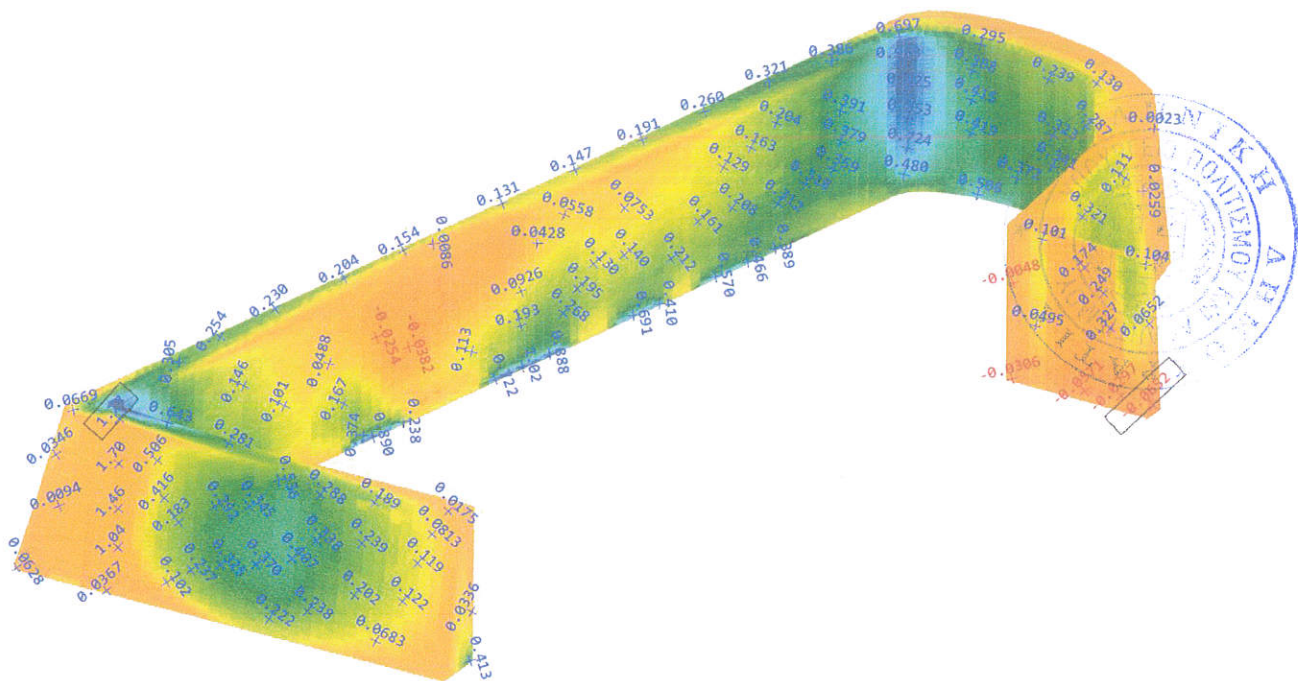
Για την διερεύνηση και την εξακρίβωση της παθολογίας, εφαρμόστηκε μια συμπληρωματική ανάλυση με την εφαρμογή υποχώρησης του εδάφους σε σημεία όπου παρατηρήθηκε υποσκαφή των τειχών από την ροή της θάλασσας. Η υποσκαφή προσομοιώθηκε με την υιοθέτηση μικρότερων τιμών δυσκαμψίας των ελατηρίων στις συγκεκριμένες περιοχές, συγκεκριμένα το 1/10 των αρχικών.



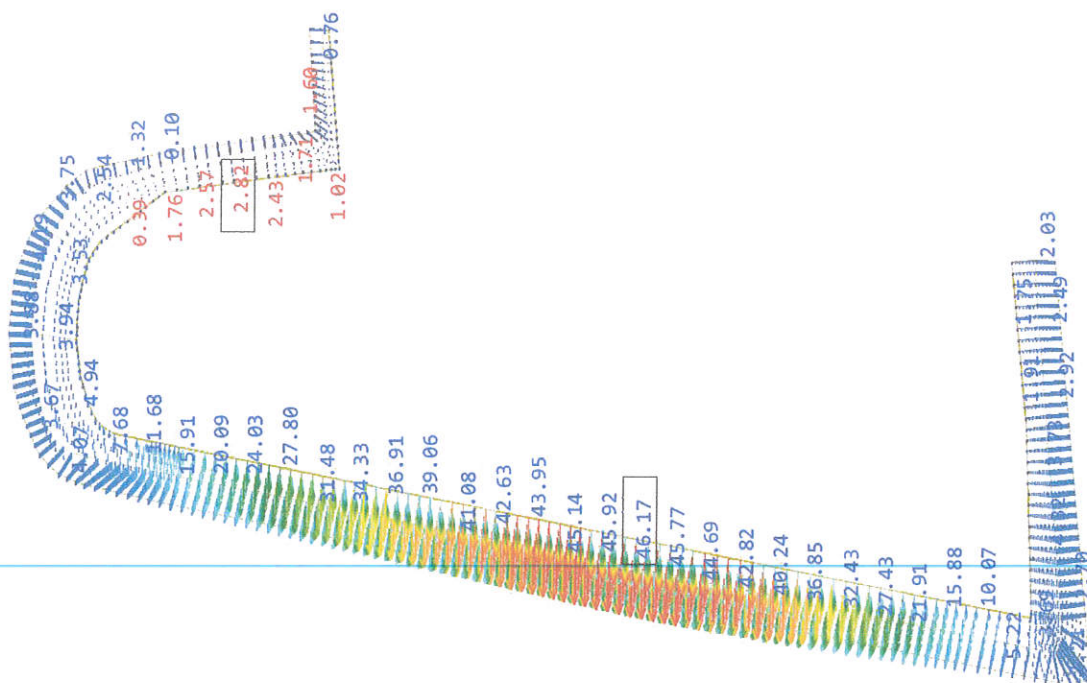
Περιοχές υποσκαφών τειχών, όπου προσομοιώθηκαν



Κύριες τάσεις σ_1 για σεισμό κάθετα στη διαμήκη πλευρά $G+0.3Q+Ex+0.3Ey$



Κύριες τάσεις σ_1 για σεισμό κάθετα στη διαμήκη πλευρά $G+0.3Q+Ex+0.3Ey$



Μέγιστες μετακινήσεις για σεισμό κάθετα στη διαμήκη πλευρά $Ex+0.3Ey$

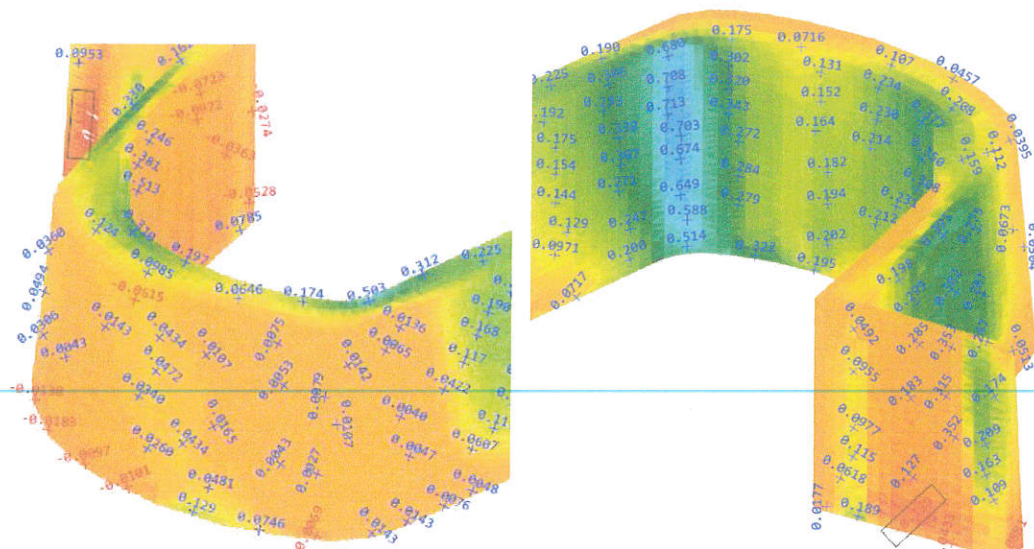
Όπως παρατηρείται η γενικότερη συμπεριφορά του φορέα δεν διαφοροποιείται σημαντικά. Η βασική διαφορά είναι η δημιουργία περιοχών συγκέντρωσης τάσεων στις θέσεις των υποσκαφών. Στις θέσεις αυτές παρατηρείται αποκόλληση λίθινων τεμαχίων, καθώς και τοπική επαναδόμηση τμημάτων του τείχους, πιθανόν λόγω παλαιότερης βλάβης.



Τοπικές επαναδομήσεις

Με βάση τις παρατηρήσεις αυτές συμπεραίνεται ότι οι υποσκαφές αυτές επηρεάζουν μέχρι στιγμής μόνο τοπικά την ευστάθεια του φορέα. Περαιτέρω συνέχιση του φαινομένου αυτού αναμένεται να επηρεάσει σε μεγαλύτερο βαθμό τον φορέα.

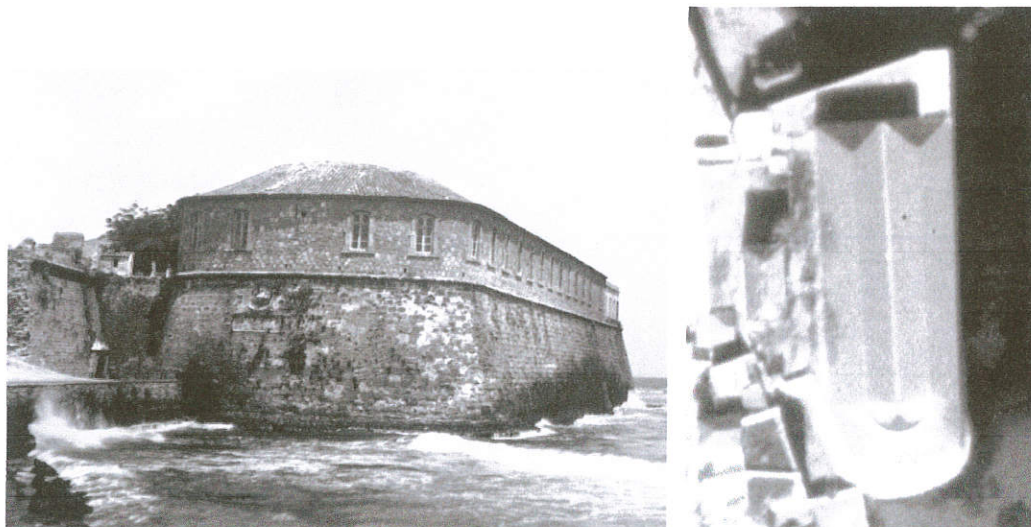
Όσον αφορά τη διαμπερή ρωγμή της νότιας πλευράς, οι μέχρι τώρα αναλύσεις ανέδειξαν υπέρβαση εφελκυστικών τάσεων μόνο στην εσωτερική παρειά.



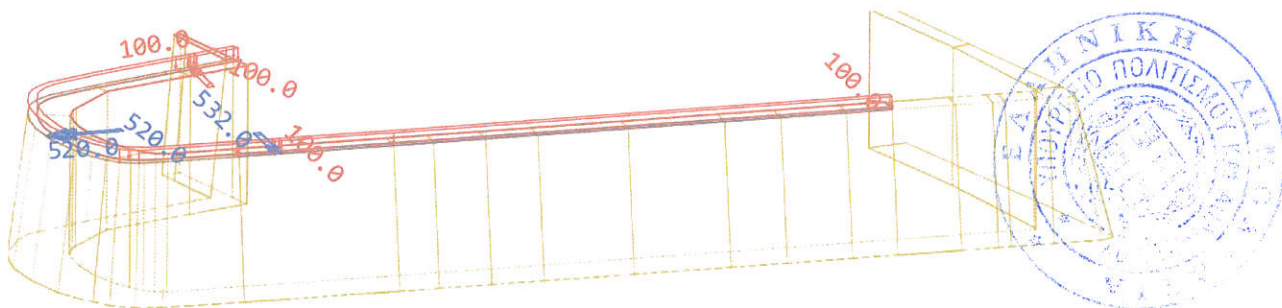
Κύριες τάσεις σι τάσεις για σεισμό κάθετα στη διαμήκη πλευρά G+0.3Q+0.3Ex-Ey



Στην προσπάθεια απόδοσης της παθολογίας αυτής λήφθηκε υπόψιν το ιστορικό του προμαχώνα. Στις αρχές του 20^{ου} αιώνα έγινε η κατασκευή του κτιρίου της Κρητικής Χωροφυλακής, το οποίο εδράστηκε επί των υφισταμένων τειχών. Παρακάτω φαίνεται το κτίριο της χωροφυλακής σε φωτογραφία και αεροφωτογραφία της δεκαετίας του 40.



Εκτελέστηκε μια συμπληρωματική ανάλυση για την διερεύνηση της συμπεριφοράς του φορέα εκείνης της περιόδου. Η γεωμετρία και οι συνδυασμοί φορτίσεων του φορέα παράμεινε ίδια, ενώ η επιρροή του κτιρίου προσομοιώθηκε με την προσθήκη κατακόρυφων φορτίων στους τοίχους και στις επιχώσεις των τειχών (με συνέπεια την αύξηση των ωθήσεων γαιών). Επιπρόσθετα εφαρμόστηκαν οριζόντια φορτία από την πλευρική ώθηση της στέγης οροφής του κτιρίου. Οι επιβαλλόμενες φορτίσεις παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα (επιφανειακή φόρτιση σε kN/m^2).



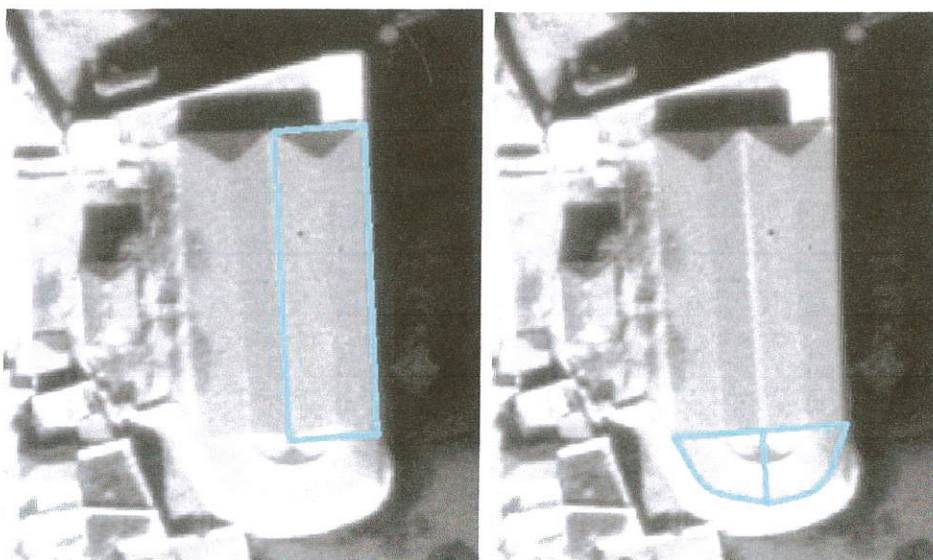
Οι φορτίσεις υπολογίστηκαν ως εξής:

Θεωρήθηκε ύψος λιθοδομής 5 m. Για ειδικό βάρος 20 kN/m^3 , προκύπτει συνολικό κατακόρυφο φορτίο $5 \times 20 = 100 \text{ kN/m}^2$.

Όσον αφορά την πλευρική ώθηση της στέγης, επιλέχθηκε το εξής μόνιμο φορτίο:

Μόνιμα φορτία $g = 0.5$ (επικάλυψη) + 0.15 (βάρος πλαισίου στέγης) + 1.5 (άνεμος) + 0.06 (χιόνι) = 2.21 kN/m^2 .

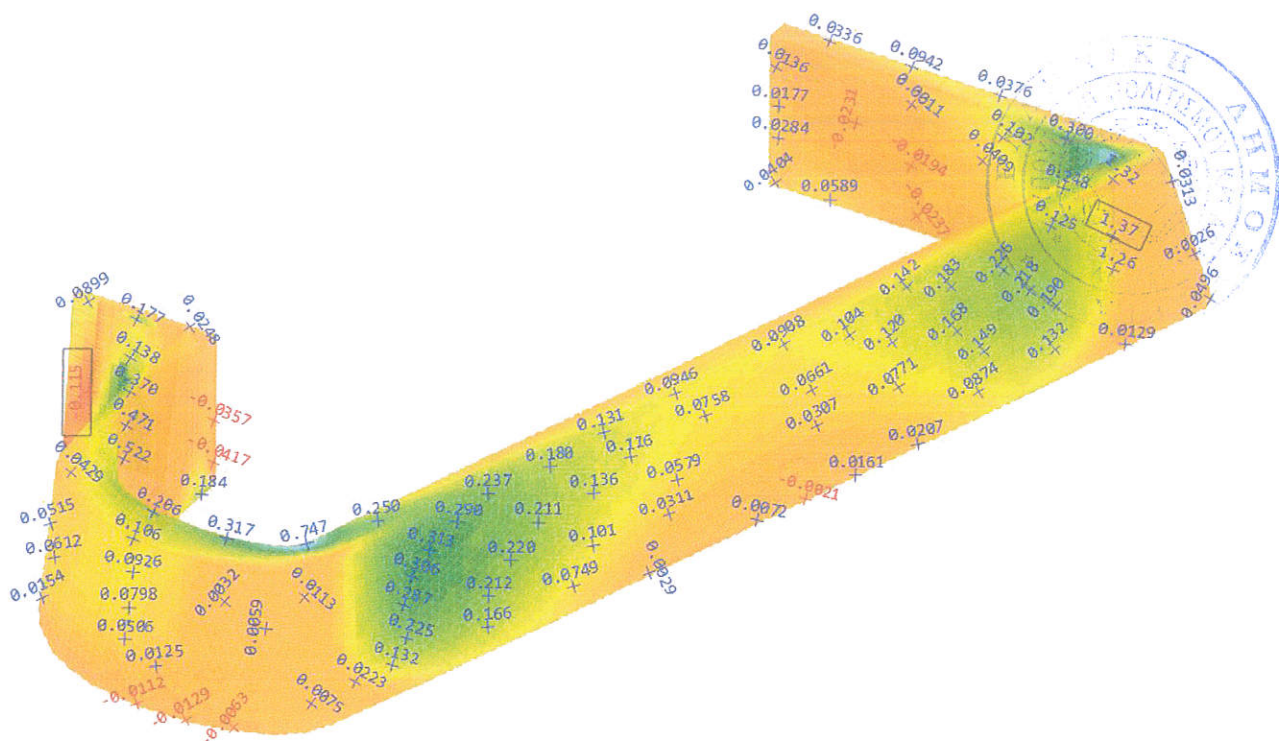
Η οριζόντια συνιστώσα του φορτίου της στέγης κατανέμεται σαν οριζόντιο κατανεμημένο φορτίο.



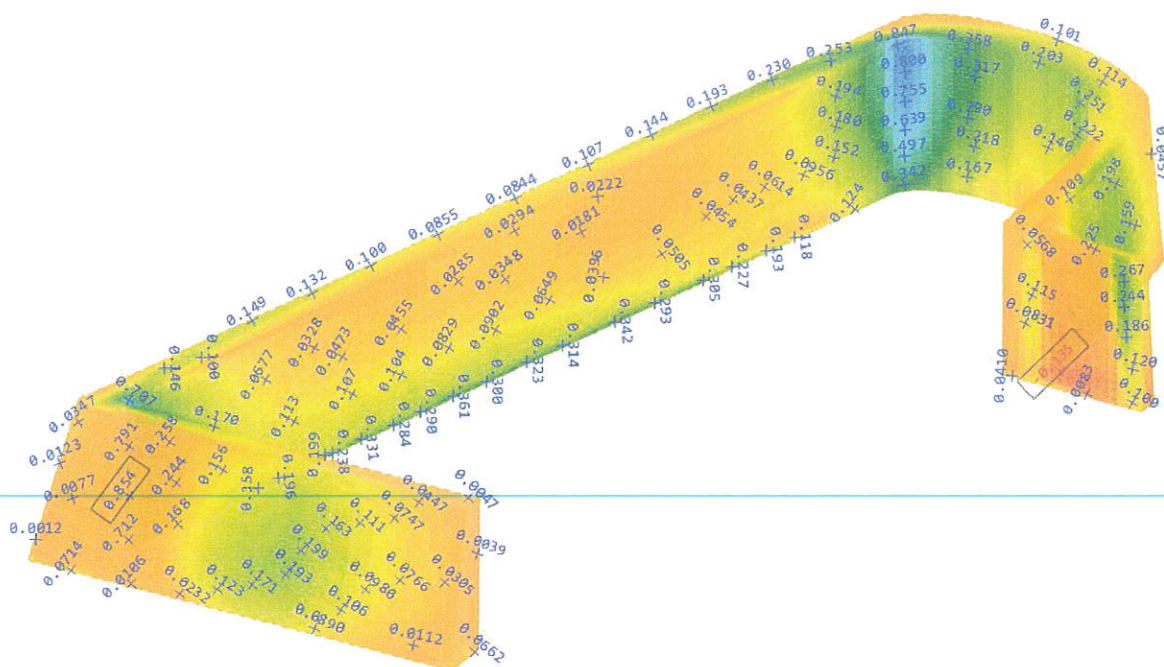
Περιοχή στέγης που κατανέμει φορτίο στον ανατολικό και νότιο τοίχο αντίστοιχα

Στο νότιο τοίχο η οριζόντια ώθηση του ημικυκλικού τμήματος της στέγης θεωρείται ότι κατανέμεται με τρεις οριζόντιες δοκούς στους κατακόρυφους τοίχους.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται παρακάτω.

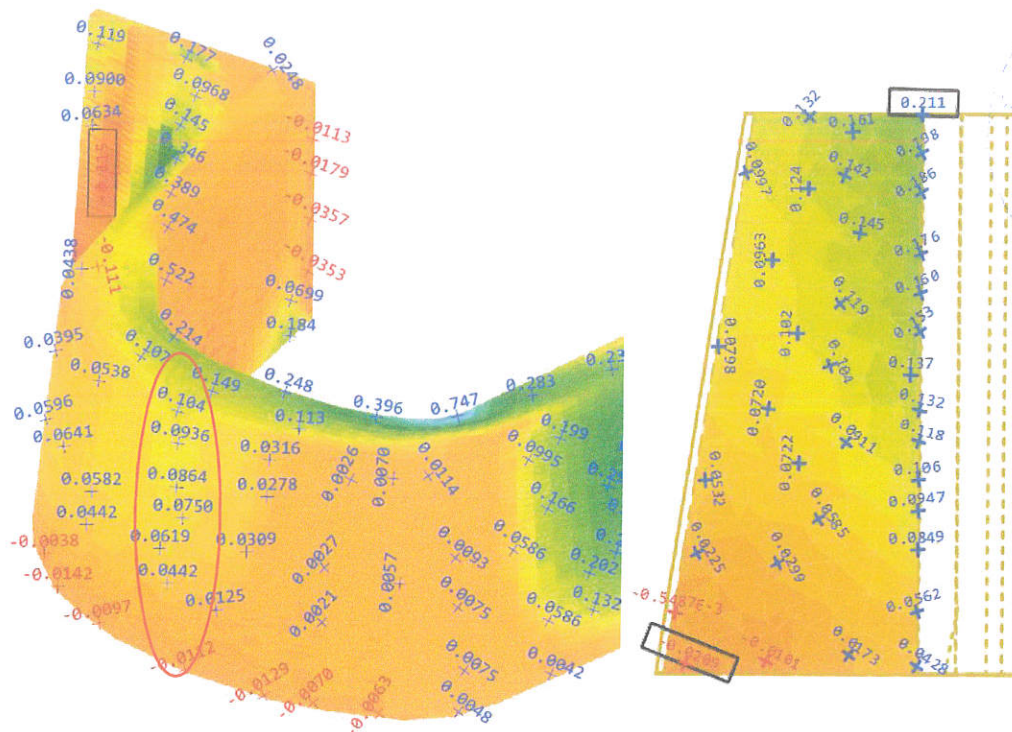


Κύριες τάσεις σ_1 για σεισμό παράλληλα στη διαμήκη πλευρά $G+0.3Q+0.3Ex-Ey$

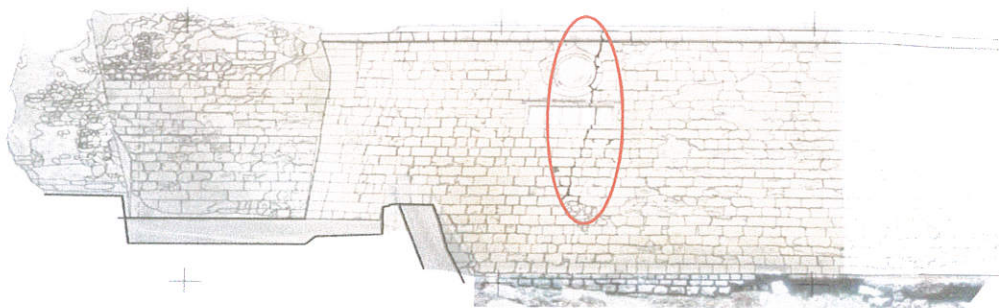


Κύριες τάσεις σ_2 για σεισμό παράλληλα στη διαμήκη πλευρά $G+0.3Q+0.3Ex-Ey$

Παρότι η συνολική εικόνα δεν μεταβλήθηκε παρατηρήθηκε αύξησης των εφελκυστικών τάσεων στην εξωτερική παρειά της νότιας πλευράς. Οι τιμές των τάσεων υπερβαίνουν την εφελκυστική αντοχή της τοιχοποιίας, σε περιοχή που ταυτίζεται με αυτή των ρηγματώσεων.

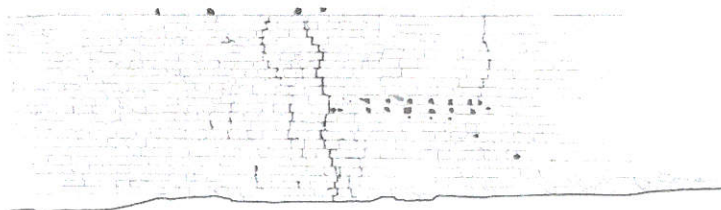


Περιοχή υπέρβασης της εφελκυστικής αντοχής (0.08 MPa)



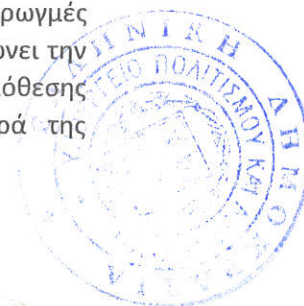
Ρηγμάτωση νότιου τοίχου προμαχώνα

Τέλος διερευνήθηκε η ρωγμή της δυτικής όψης του τοίχου.



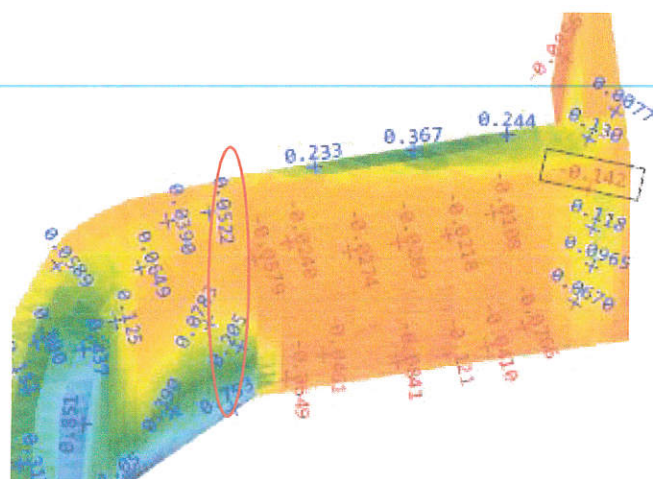
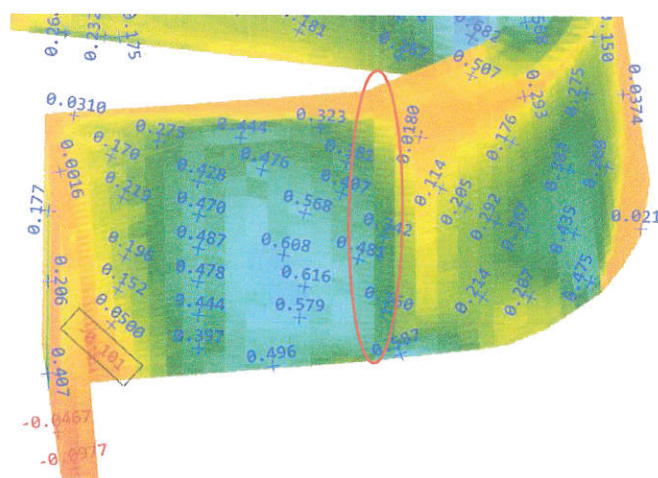
Θέση ρηγμάτωσης δυτικής όψης

Η διαφορά της συγκεκριμένης ρωγμής με τις υπόλοιπες, είναι ότι συνεχίζει σε όλο το ύψος του τείχους και φτάνει μέχρι το έδαφος, σε αντίθεση με τις υπόλοιπες κατακόρυφες ρωγμές του τείχους που βρίσκονται στο ανώτερο τμήμα αυτού. Η διαδρομή αυτή υποδηλώνει την πιθανότητα εκδήλωσης τοπικής καθίζησης των τειχών. Για την εξακρίβωση της υπόθεσης αυτής διενεργήθηκε μια ανάλυση με εφαρμογή καθίζησης στην μια πλευρά της κατακόρυφης ρωγμής.



Επιβολή καθίζησης περιοχής ενδιαφέροντος.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται παρακάτω



Κύριες τάσεις σ_1 για καθίζηση δυτικής πλευράς. Υπέρβαση εφελκυστικής τάσης και στις δύο πλευρές της διατομής.

Παρατηρείται υπέρβαση της εφελκυστικής αντοχής και στις δύο πλευρές της διατομής στην εν λόγω περιοχή, κάτι που ενισχύει την υπόθεση για υποχώρηση του εδάφους του τμήματος αυτού των τειχών.

Το τελικό τεύχος στατικών υπολογισμών του υφιστάμενου φορέα περιλαμβάνει τις εξής φορτίσεις:

- Μόνιμα και κινητά φορτία ($1.35G+1.5Q$)
- Σεισμική φόρτιση σε συνδυασμό με σεισμική ώθηση γαιών
($G+0.3Q\pm E_i+0.3\pm E_j$)
- Καθίζηση δυτικής πλευράς ($G+W$)

Οι τρεις παραπάνω φορτίσεις εξετάζονται ξεχωριστά και δεν επαλληλίζονται μεταξύ τους. Η φόρτιση από το κτίριο της Χωροφυλακής δεν συμπεριλήφθη στο τεύχος υπολογισμών καθώς αποτελεί παροδική δράση που δεν είναι πλέον σε ισχύ, στον υφιστάμενο φορέα. Η εφαρμογή των φορτίων αυτών είχε διερευνητικό σκοπό, για την ερμηνεία των ρηγματώσεων της νότιας πλευράς.

3.1.8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα μελέτη επιχείρησε να δώσει ερμηνεία στην υπάρχουσα παθολογία της κατασκευής και με τον τρόπο αυτό να αποδώσει την επάρκεια της.

Οι σημαντικότερες ρωγμές ερμηνεύθηκαν με την εφαρμογή διαφορετικών σεναρίων ανάλυσης, λαμβάνοντας υπόψιν τα αποτελέσματα των διερευνητικών εργασιών καθώς και το ιστορικό του κτιρίου. Ο προμαχώνας έχει υποστεί μια σειρά από επεμβάσεις τους αιώνες ύπαρξής τους, συνεπώς η ακριβής ερμηνεία της παθολογίας ήταν ιδιαίτερως δύσκολη. Παρόλο αυτά επετεύχθη μια ικανοποιητική ποιοτική εκτίμηση της συμπεριφοράς του.

Συνοψίζοντας η κατασκευή έχει παρουσιάσει μια σειρά από βλάβες που οφείλονται σε σεισμικές ωθήσεις, ωθήσεις γαιών, καθιζήσεις, υποσκαφές θεμελίων, καθώς και ωθήσεις από παλαιότερα κτίσματα.

Οι ζημιές αυτές αν και εμφανείς, παρουσιάζουν τοπικό χαρακτήρα και δεν έχουν διαταράξει έως τώρα την συνολική ευστάθεια του φορέα. Παρόλο αυτά πρέπει να δοθεί έμφαση στην αποκατάσταση των βλαβών και στην περαιτέρω βελτίωση της συμπεριφοράς του φορέα. Τα κύρια σημεία που πρέπει να δοθεί σημασία είναι:

- Αποκατάσταση ρωγμών
- Αποκατάσταση ελλειπόντων λίθων και αποδιοργανωμένων περιοχών
- Προστασία βάσης τείχους από υποσκαφές που προκαλούν οι κυματισμοί
- Διερεύνηση της δυτικής πλευράς, ώστε να διαπιστωθεί αν υπάρχει υποχώρηση του εδάφους σε εξέλιξη, ή αν το αίτιο εκδήλωσης τη ρωγμής έχει παρέλθει. Θα γίνει εκσκαφή στη βάση της δυτικής πλευράς του τείχους και σε περίπτωση που εντοπιστούν υποσκαφές θα αποκατασταθεί η διατομή του τείχους.

3.2 ΜΕΛΕΤΗ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΟΥ ΦΟΡΕΑ

Με βάσει τα συμπεράσματα από τις στατικές αναλύσεις αποφασίστηκαν μια σειρά από επεμβάσεις στο φέροντα οργανισμό των τειχών για την βελτίωση της συμπεριφοράς αυτού. Οι βασικές επεμβάσεις για την αποκατάσταση του φορέα στην αρχική του κατάσταση είναι:

- Επισκευή ρηγματώσεων τείχους
- Αποκατάσταση ύφαλων καταπτώσεων και υποσκαφών τείχους.

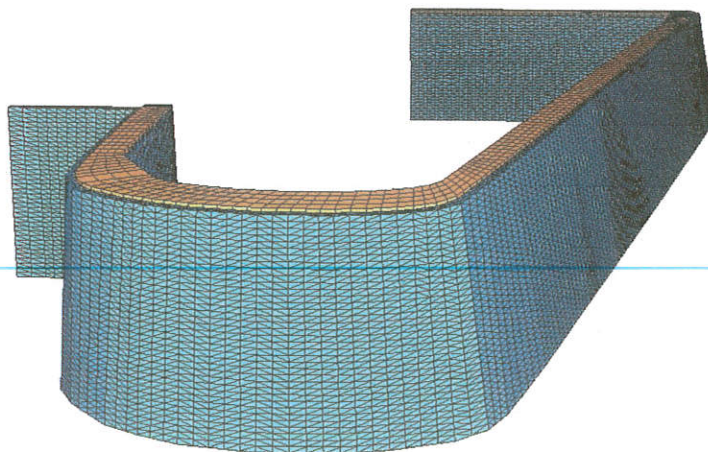
Για περαιτέρω βελτίωση της συμπεριφοράς του φορέα θα γίνει:

- Κατασκευή διαζώματος από οπλισμένο σκυρόδεμα με ανοξείδωτο οπλισμό
- Κατασκευή οπλισμένου επιχώματος σε ύψος 3 m από τη στέψη του τείχους. Το οπλισμένο επίχωμα θα έχει μεγαλύτερη ευστάθεια από τις υφιστάμενες επιχώσεις με αποτέλεσμα την μείωση των ωθήσεων στο ανώτερο τμήμα του τείχους.

3.2.1. ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ

Η προσομοίωση του φέροντος οργανισμού έγινε με τη βοήθεια του λογισμικού SSD της εταιρείας SOFISTIK, με τη χρήση πεπερασμένων στοιχείων. Οι επεμβάσεις προσομοιώθηκαν με τον εξής τρόπο:

- Η αποκατάσταση των υποσκαφών αποδόθηκε με αύξηση των ελατηριακών σταθερών της βάσης του τείχους. Συγκεκριμένα στα σημεία των υποσκαφών η δυσκαμψία των ελατηρίων επανήλθε από τα 20.000 στα 200.000, δηλαδή ίση με τα υπόλοιπα σημεία της βάσης. Με αυτό τον τρόπο προσομοιώθηκε η αποκατάσταση της διάβρωσης της βάσης και η προστασία της με το διάζωμα και την ύφαλη λιθορριπή.
- Προσομοιώθηκε το διάζωμα οπλισμένου σκυροδέματος στην κορυφή του τείχους. Η προσομοίωση έγινε με επιφανειακά στοιχεία πάχους 35 cm από οπλισμένο σκυρόδεμα C30/37. Θεωρήθηκε πλήρης σύνδεση αυτού με το τείχος.



Προσομοίωμα ενισχυμένου φορέα στο λογισμικό SOFISTIK. Διάζωμα οπλισμένου σκυροδέματος στην κορυφή.

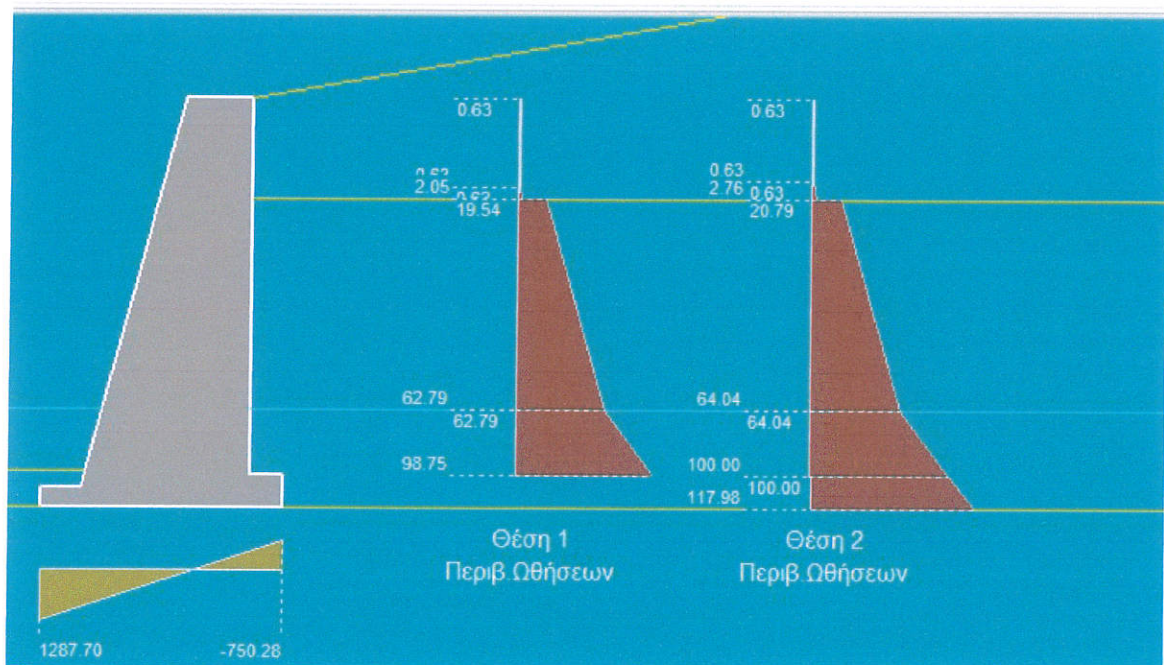
3.2.2. ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΙΑΣ

Πέραν των εργασιών αποκατάστασης των ρωγμών δεν θα γίνει περαιτέρω επέμβαση βελτίωσης των μηχανικών χαρακτηριστικών της τοιχοποιίας. Συνεπώς οι ιδιότητες της διατηρούνται ίδιες με τον υφιστάμενο φορέα

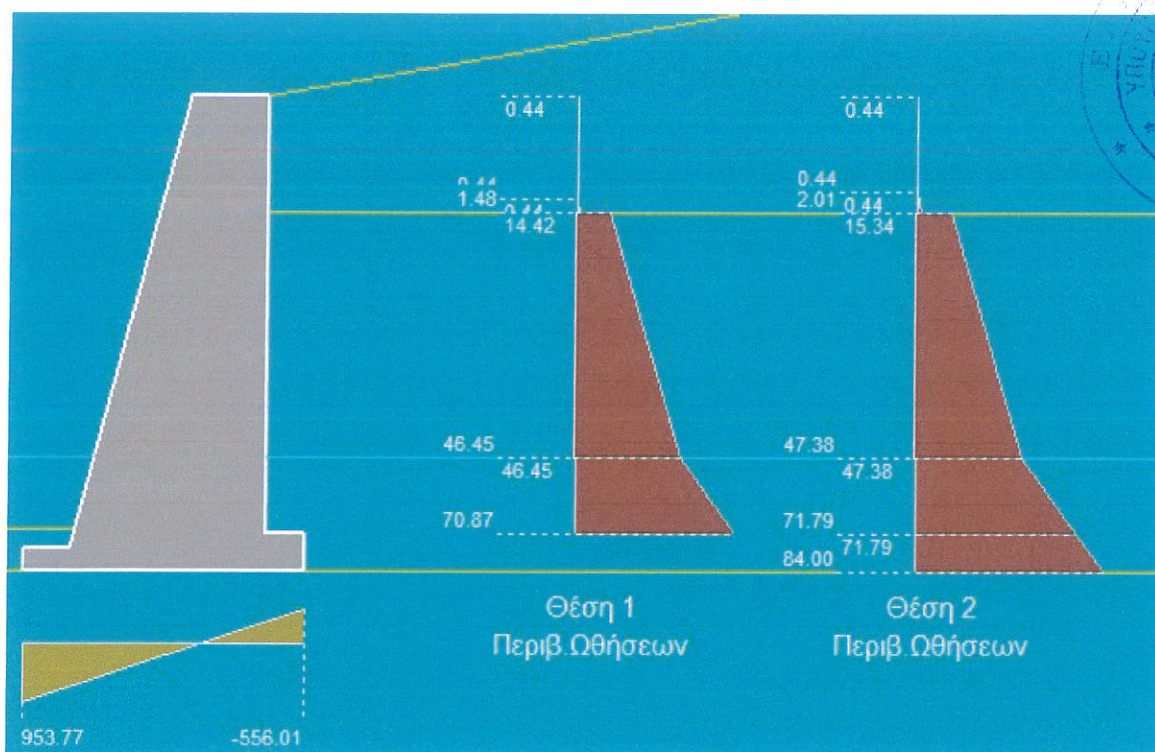


3.2.3. ΦΟΡΤΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

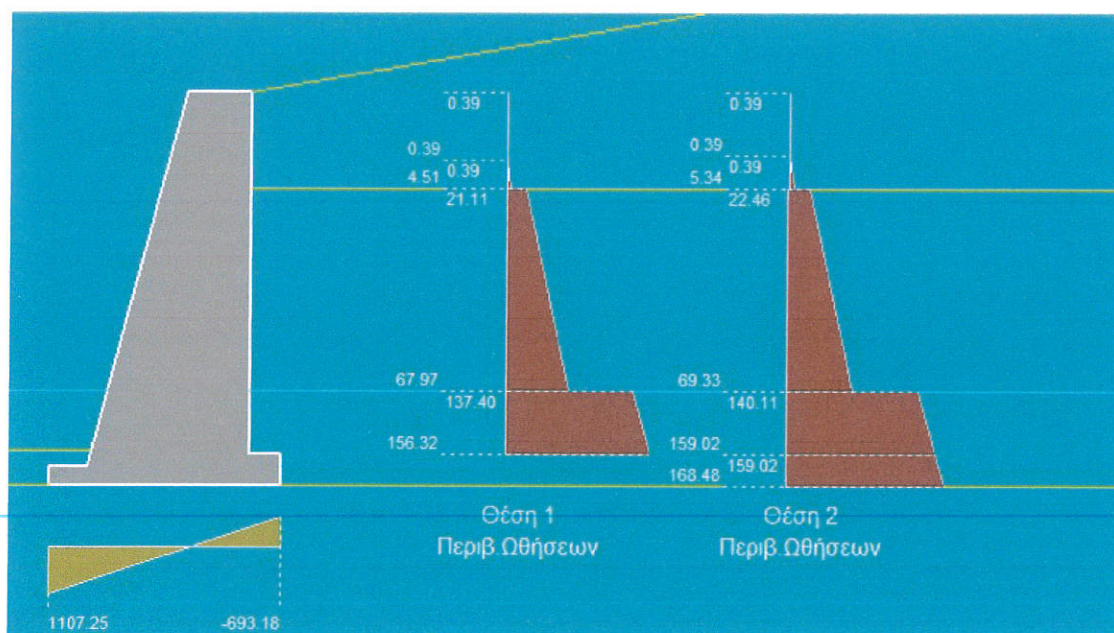
Η εφαρμογή του οπλισμένου επιχώματος σε ύψος 3m από τη κορυφή της στέψης του τείχους έχει ως αποτέλεσμα την μείωση των ωθήσεων γαιών για το συγκεκριμένο τμήμα. Οι νέες ωθήσεις που λαμβάνονται υπόψιν είναι οι παρακάτω. Οι συνδυασμοί των φορτίσεων αυτών παραμένουν ίδιοι με αυτούς της μελέτης υφιστάμενης κατάστασης.



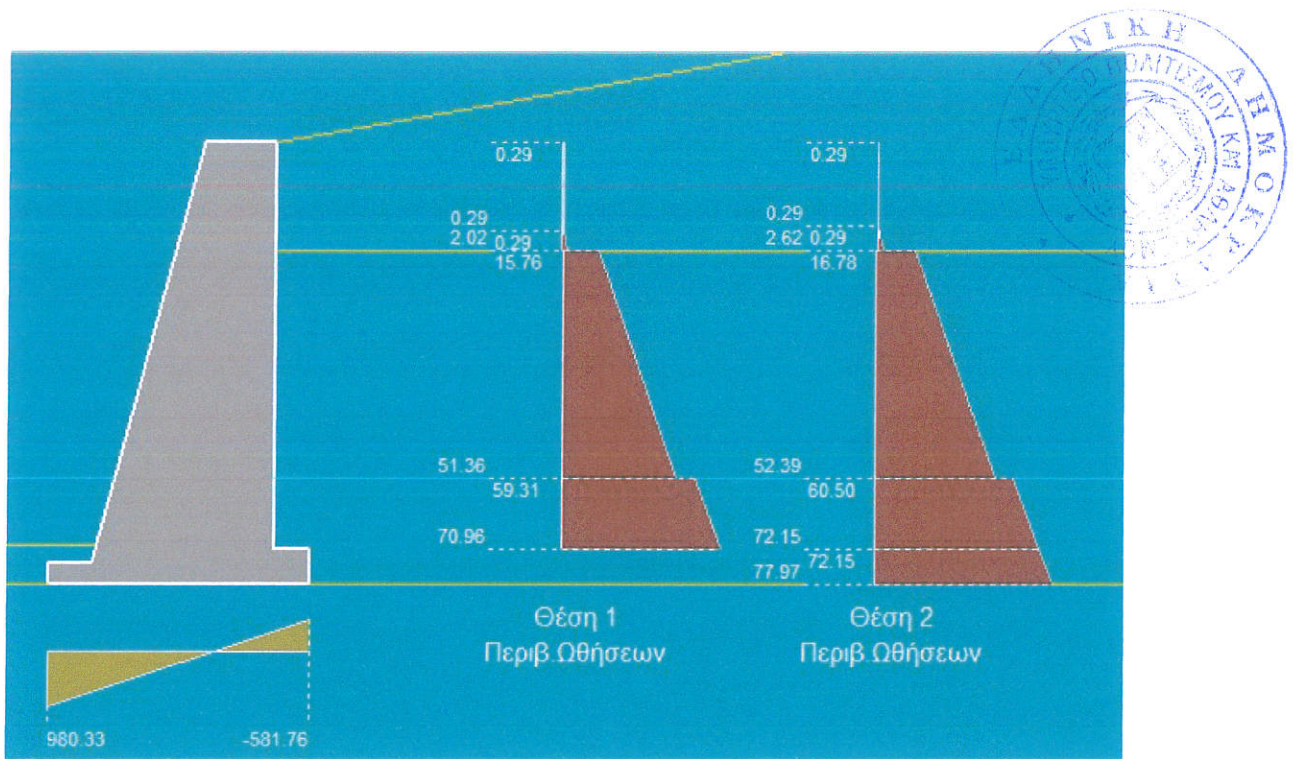
1.35G+1.5Q μέγιστη τιμή 96.40 στο +1.20 (γραμμή εδάφους)



G+Q Μέγιστη τιμή 69.35 στο +1.20 (γραμμή εδάφους)



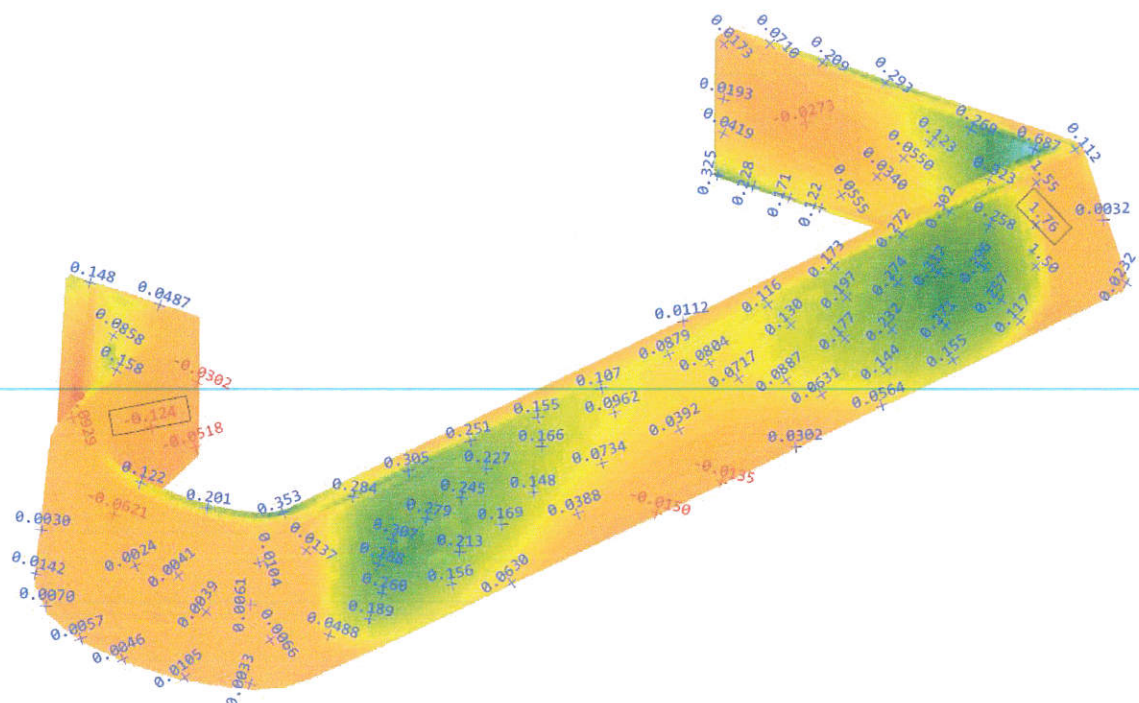
G+0.3Q+E Μέγιστη τιμή 157.13 στο +1.20 (γραμμή εδάφους)



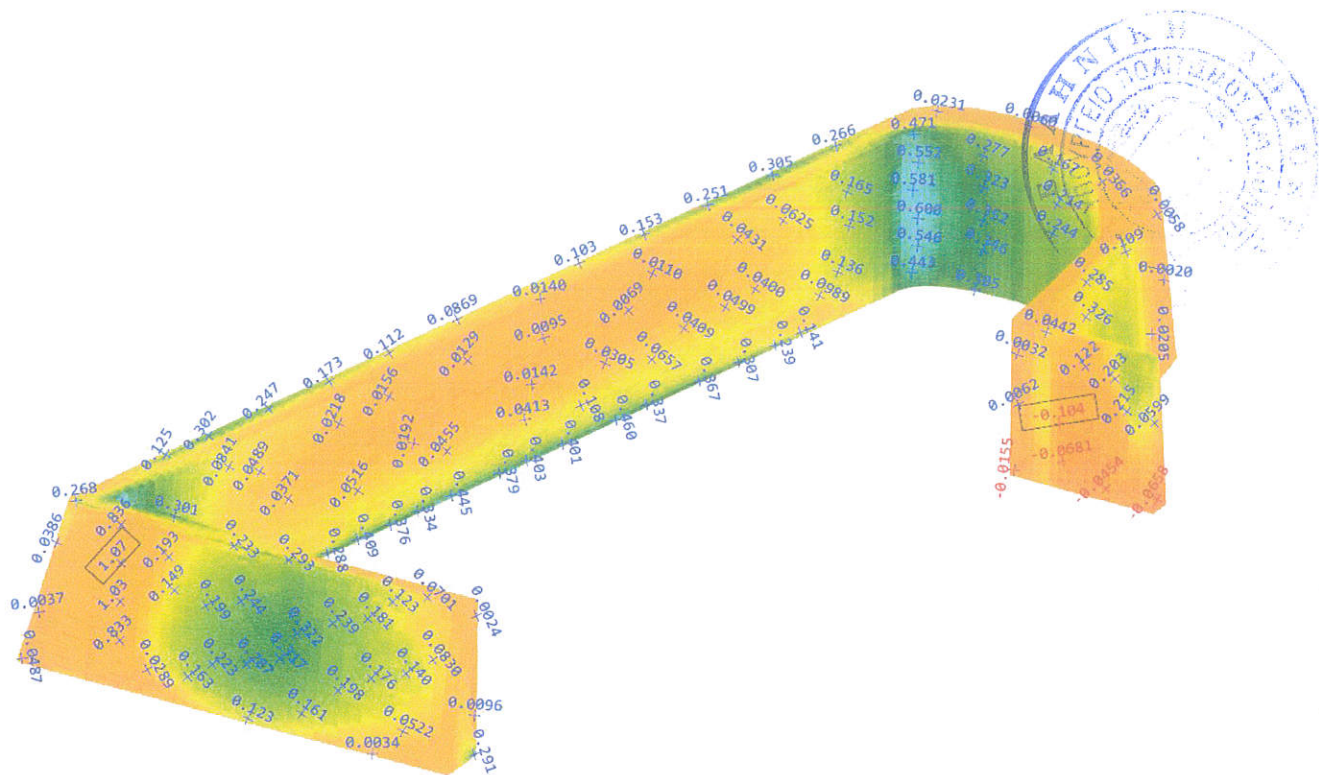
G+0.3Q+0.3E Μέγιστη τιμή 67.72 στο +1.20 (γραμμή εδάφους)

3.2.4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ

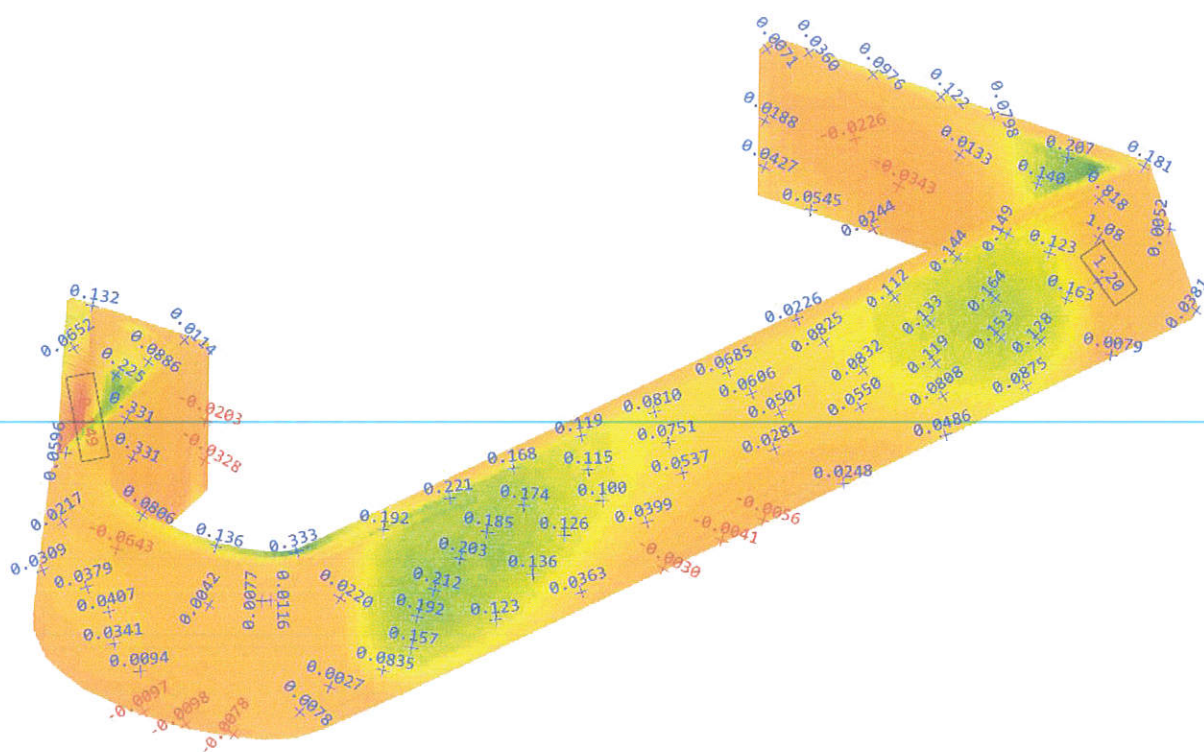
Παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των κατακόρυφων κύριων τάσεων για τον υφιστάμενο φορέα.



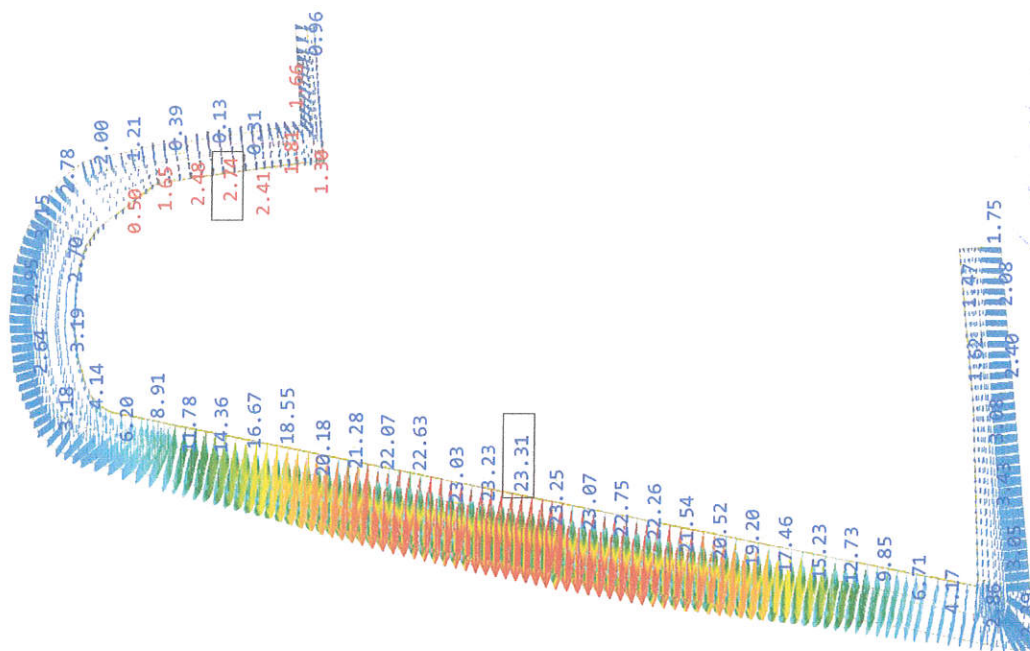
Κύριες τάσεις σ_i για σεισμό κάθετο στη διαμήκη πλευρά G+0.3Q+Ex+0.3Ey



Κύριες τάσεις σ_1 για σεισμό κάθετο στη διαμήκη πλευρά $G+0.3Q+Ex+0.3Ey$



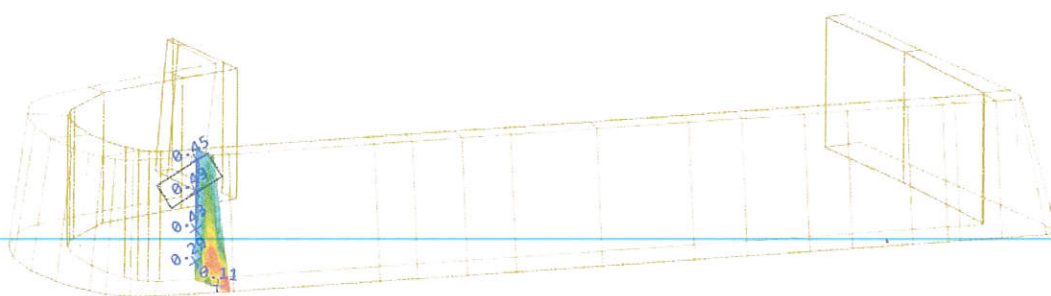
Κύριες τάσεις σ_1 για σεισμό παράλληλο στη διαμήκη πλευρά $G+0.3Q+0.3Ex+Ey$

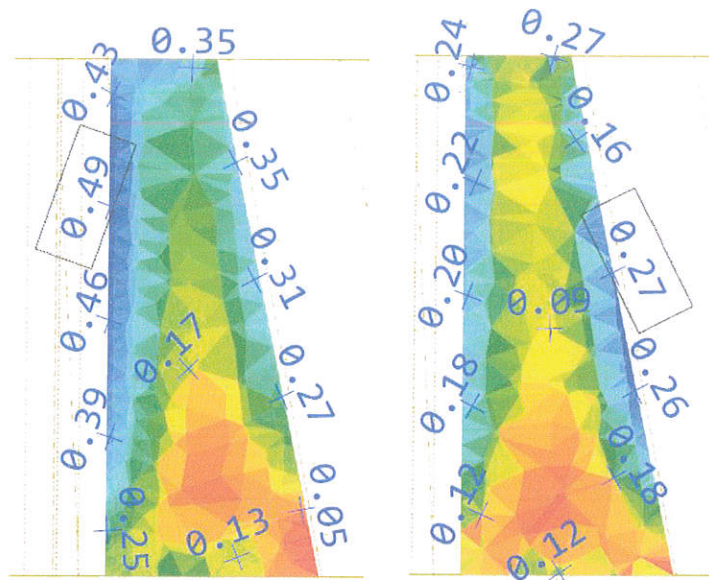


Μέγιστες μετακινήσεις για σεισμό κάθετα στη διαμήκη πλευρά $G+0.3Q+Ex+0.3Ey$

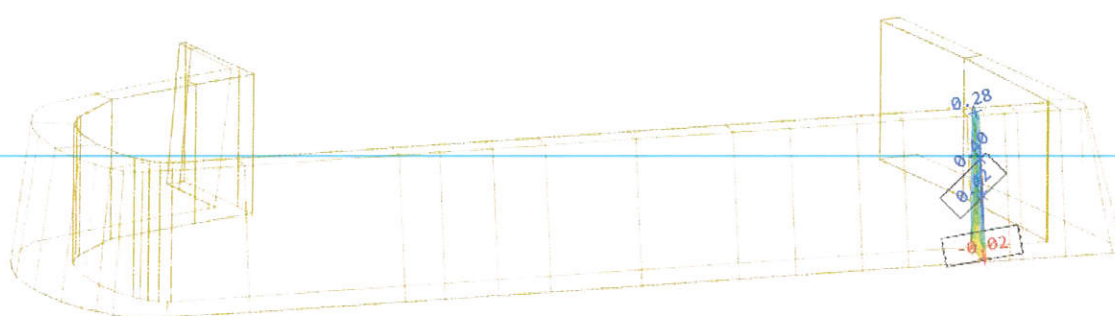
Όπως παρατηρείται υπάρχει σημαντική μείωση των τάσεων στον φορέα, αν και συνεχίζουν να υπάρχουν περιοχές υπέρβασης της εφελκυστικής αντοχής.

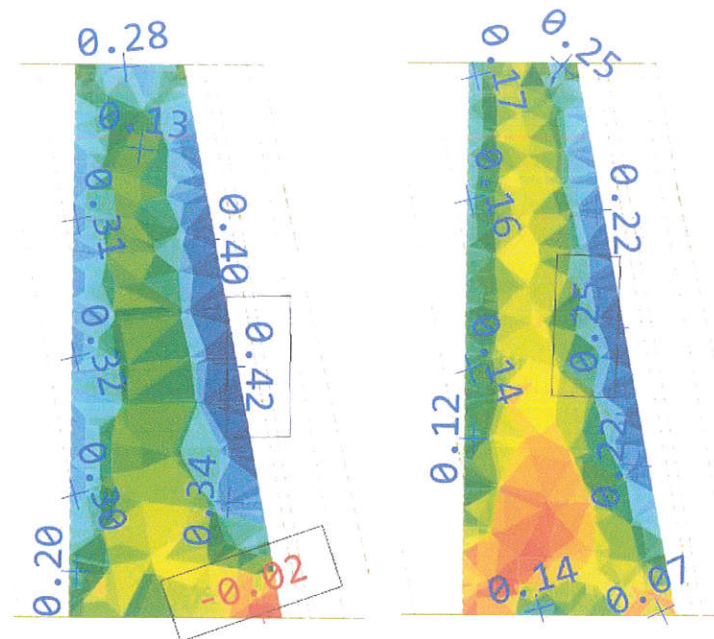
Πέραν των γενικών εικόνων τάσεων, μια πληρέστερη εικόνα για την συνεισφορά των επεμβάσεων μπορεί να δοθεί από τις τομές στα κύρια σημεία υπέρβασης των εφελκυστικών τάσεων.



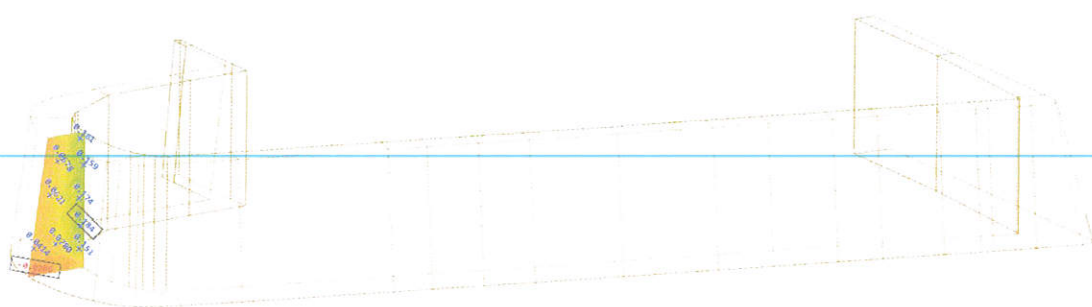


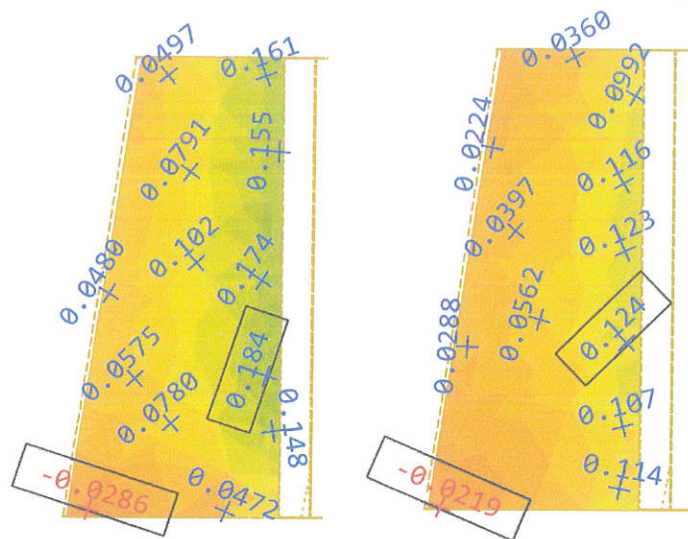
Τομή Α. Τομή κύριων τάσεων σ_1 στον υφιστάμενο (αριστερά) και τον ενισχυμένο φορέα (δεξιά)





Τομή Β. Τομή κύριων τάσεων σ_1 στον υφιστάμενο (αριστερά) και τον ενισχυμένο φορέα (δεξιά)





Τομή Γ. Τομή κύριων τάσεων σ₁ υφιστάμενο (αριστερά) και τον ενισχυμένο φορέα (δεξιά)

Παρατηρείται σημαντική μείωση τάσεων στις κρίσιμες τομές η οποία φτάνει έως και 50% σε ορισμένα σημεία. Στον ενισχυμένο φορέα είναι ότι, παρόλο που στις εξωτερικές παρειές η εφελκυστική τάση υπερβαίνεται, στο εσωτερικό της διατομής οι τάσεις οριακά υπερβαίνουν τα $f_t=0.08$ MPa. Αυτό σημαίνει ότι στις εν λόγω περιοχές οι πιθανές μικρορρηγματώσεις δεν θα είναι διαμπερείς, αλλά θα επικεντρώνονται στις εξωτερικές στρώσεις και συνεπώς θα είναι εύκολα επισκευάσιμες.

Ιδιαίτερα ευεργετική είναι η επίδραση των ενισχύσεων όσον αφορά τις μέγιστες μετακινήσεις του φορέα με μείωση αυτών από 46.17 mm σε 23.31 mm. Οι μειώσεις αυτές οφείλονται τόσο στην επίδραση του διαζώματος όσο και στην βελτίωση της θεμελίωσης του φορέα. Η μείωση μετακινήσεων είναι βελτίωση ιδιαιτέρως ευεργετική για φορείς από ψαθυρά υλικά όπως είναι η φέρουσα τοιχοποιία.

Όσον αφορά τη βάση του τείχους, η συμπεριφορά βελτιώθηκε σημαντικά λόγω της επισκευής των υποσκαφών, με σημαντική μείωση των τάσεων εφελκυσμού.

Περαιτέρω μείωση των τάσεων θα απαιτούσε ακόμα πιο εκτεταμένες παρεμβάσεις που θα αλλοίωναν τον αρχιτεκτονικό χαρακτήρα του μνημείου. Για αυτό το λόγο πρέπει να γίνει αποδεκτό ότι σε περίπτωση σεισμικής φόρτισης ο φορέας θα φέρει περιορισμένες μικρορρηγματώσεις, χωρίς όμως να τίθεται σε κίνδυνο η ολική ευστάθειά του φορέα.

3.2.5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας, εφαρμόστηκαν μια σειρά από επεμβάσεις οι οποίες είχαν σαν στόχο κυρίως την επισκευή υφισταμένων βλαβών και την προστασία του προμαχώνα από περαιτέρω διάβρωση-φθορά.

Οι ενισχύσεις που εφαρμόστηκαν ήταν περιορισμένες, για αυτό το λόγο ο ενισχυμένος φορέας αναμένεται να παρουσιάσει μικρορρηγματώσεις σε περίπτωση σεισμού, οι οποίες όμως αναμένεται να έχουν τοπική επίδραση, συνεπώς δεν θα επηρεαστεί η συνολική ευστάθεια αυτού.

6.ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΣΤΕΡΕΩΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ

Με βάση την ερμηνεία της παρατηρούμενης παθολογίας και τις στατικές αναλύσεις που προηγήθηκαν προτείνονται οι παρακάτω εργασίες αποκατάστασης και προστασίας.



1. ΥΦΑΛΟΣ ΚΥΜΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΜΝΗΜΕΙΟΥ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΥΣ.

Για την προστασία του τείχους από τους κυματισμούς προτείνεται μία ύψαλη λιθορριπή προστασίας. Η πρόταση που γίνεται για την προστασία του προμαχώνα μπορεί να ενταχθεί σε ευρύτερη ακτομηχανική μελέτη που εκπονεί ο Δήμος για την περιοχή του Κούμ Καπί.

Η μελέτη του Δήμου προβλέπει και μέτρα προστασίας του παραλιακού μετώπου των καταστημάτων. Συζητήσαμε με τον μελετητή των λιμενικών κο Ρομπογιαννάκη και τον Πρόεδρο του Λιμενικού Ταμείου Χανίων κο Μανόλη Κοσσυφάκη οι οποίοι θεωρούν ότι η πρόταση μας, με κατάλληλη προσαρμογή, μπορεί να ενταχθεί μέσα στην συνολική λύση της περιοχής, η οποία θα σχεδιαστεί με παρόμοιες ύφαλες κατασκευές και αναπλήρωση της ακτής με άμμο.

Η λιθορριπή όπως σχεδιάστηκε θα έχει στέψη 0,30 μ κάτω από την στάθμη ηρεμίας, πλάτος 10,0 μ και θα απέχει 3,0 μέτρα από το μνημείο.

Η εργασία θα γίνει σύμφωνα με τις προδιαγραφές των λιμενικών έργων. Θα γίνει εκσκαφή του αμμόδους πυθμένα σε βάθος 0,5 μέτρα, θα διαστρωθεί αμμοχάλικο εξομάλυνσης και μη υφαντό γαιούφασμα. Στην συνέχεια το γεώφασμα θα προστατευτεί από στρώση αμμοχάλικου και θα γίνει η τοποθέτηση του πρίσματος από φυσικούς ογκολίθους σύμφωνα με το σχετικό σχέδιο της μελέτης.

Η κατασκευή αυτή θα ενταχθεί στον ευρύτερο σχεδιασμό και θα λάβει τις σχετικές αδειοδοτήσεις στα πλαίσια της εκπονούμενης από τον Δήμο ακτομηχανικής μελέτης και μελέτης προστασίας της ακτής. Σαν έργο θα υλοποιηθεί επίσης από το Λιμενικό Ταμείο Χανίων.

Υπό την έννοια αυτή δεν αποτελεί μέρος των προς υλοποίηση εργασιών στα πλαίσια της παρούσας μελέτης.

2. ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΦΑΛΩΝ ΚΑΤΑΠΤΩΣΕΩΝ, ΥΠΟΣΚΑΦΩΝ ΚΑΙ ΣΠΗΛΑΙΩΣΕΩΝ ΤΟΥ ΤΕΙΧΟΥΣ.

Η αποκατάσταση θα γίνει με ύφαλα σκυροδέματα με τελική λίθινη επένδυση. Αναλυτικά θα γίνουν τα παρακάτω:

1. καθαρισμός πυθμένα, συλλογή όλων των λίθων που προέρχονται από το τείχος και αποξήλωση των σκυροδεμάτων προγενέστερων επεμβάσεων.
2. καθαρισμός και κοπή των λίθων που προέρχονται από το τείχος με βάθος περίπου 30 εκ. για την επανατοποθέτηση τους στην πιθανή αρχική τους θέση
3. τοποθέτηση ξυλοτύπων και πλήρωση των κενών με ύφαλα σκυροδέματα σε βάθος έως 30 εκ. από την επιφάνεια του τείχους.
4. επαναδόμηση της όψης με τους αυτόχθονες λίθους, τοποθέτηση σωληνίσκων για την πλήρωση των κενών με τσινεντένεμα μετά την επαναδόμηση μεταξύ της επιδερμικής λιθοδομής και του ύφαλου σκυροδέματος πιθανές ανοξείδωτες μεταλλικές αγκυρώσεις.



4. ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΜΕ ΟΠΛΙΣΜΕΝΑ ΕΠΙΧΩΜΑΤΑ -ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΗΣ ΣΤΕΨΗΣ ΤΩΝ ΤΟΙΧΩΝ

Οι εργασίες που αφορούν την αποκατάσταση των ερευνητικών τομών και των επιχωμάτων μέχρι την το ύψος του cordone καθώς και την ενίσχυση της στέψης του μνημείου είναι οι παρακάτω:

1. Αποξήλωση παλαιών κιγκλιδωμάτων και καθαίρεση του υφιστάμενου στηθαίου από σκυρόδεμα με ήπια μέσα.
2. Επιφανειακή καθαίρεση υπολειμμάτων λιθοδομών της στέψης του τοίχου, πλην του cordone και εκτράχυνση επιφανειών
3. Κατασκευή διαζώματος οπλισμένου σκυροδέματος ποιότητας C20/25 με ανοξείδωτο οπλισμό. Στήριξη και του cordone επί του διαζώματος με την σποραδική χρήση βλήτρων από ανοξείδωτο χάλυβα. Σύνδεση του διαζώματος με το δικτυωτό του οπλισμένου επιχώματος για πρόσθετη ασφάλεια του τοίχου.
4. Εκβάθυνση μέχρι τα 3,0 μ και διαπλάτυνση των ερευνητικών σκαμμάτων κατά μήκος της ανατολικής-νότιας και τμήματος της δυτικής όψης. Επανακατασκευή των επιχωμάτων μέχρι την στάθμη του cordone η της στεγανής μεμβράνης.
5. Τα επιχώματα αυτά θα κατασκευαστούν οπλισμένα με το δικτυωτό κατάλληλα προστατευμένο από την διάβρωση πλέγμα ενδεικτικού τύπου GREENTERRAMESH της Maccaferri. Θα κατασκευαστούν σε στρώσεις με ύψος περίπου 50 εκατοστών με επιλεγμένα θραυστά υλικά μεταβατικού επιχώματος και με συμπίεση ανά στρώση με μικρό δονητικό οδοστρωτήρα. Έχει εφαρμογή η σχετική Εθνική Προδιαγραφή ΕΛΟΤ 1501-11-02-05-00:2009 Έργα αντιστηρίζεως από οπλισμένη γη, καθώς και οι οδηγίες του προμηθευτή.
6. Ανακατασκευή του παραπέτου από επιχρισμένη λιθοδομή
7. Ανακατασκευή του προστατευτικού επιχώματος (bancheta) από κατάλληλα συμπυκνωμένο οπλισμένο επίχωμα ενδεικτικού τύπου GREENTERRAMESH^R της Maccaferri. Επιφανειακό τελείωμα με σταθεροποιημένο χαλίκι η σταθεροποιημένο υλικό που να επιτρέπει την χαμηλή βλάστηση.

5. ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΔΙΗΘΟΥΜΕΝΩΝ ΟΜΒΡΙΩΝ

Πέραν του συστήματος επιφανειακής απορροής των ομβρίων είναι απαραίτητη και η παρεμπόδιση διείσδυσης των ομβρίων κατάντη προς το επίχωμα. Η εργασία αυτή είναι ζωτική όχι μόνο για την μείωση των ωθήσεων της επίχωσης προς τους περιμετρικούς τοίχους αλλά και για τον περιορισμό της παρασιτικής αυτοφυούς βλάστησης. Το σύστημα περιλαμβάνει την διαμόρφωση κατάλληλων κλίσεων σε ένα επίπεδο χαμηλότερο κατά 0,5 μέτρου περίπου από το επίπεδο της χαμηλής τελικής διαμόρφωσης του περιβάλλοντα χώρου. Την τοποθέτηση στεγανής ελαστομερούς μεμβράνης πάχους 1,5 χλστ σε στρώσεις άμμου και ενός δικτύου διάτρητων σωλήνων συλλογής και διοχέτευσης των διηθούμενων ομβρίων προς το δίκτυο απορροής. Τα παραπάνω φαίνονται στο σχετικό σχέδιο της μελέτης.

20-3-24
Αθήνα
Ο Προϊστάμενος της ΔΑΒΜΜ
Θεμιστοκλής Βλαχούλης
Αρχιτέκτων Μηχανικός με Α' βαθμό

Σύμβουλοι Πολιτικοί Μηχανικοί ΑΡΗΣ Χ.
Μονοπρόσωπη Ιδιωτική Κεφαλαιουχική Εταιρεία
ΔΑΣΚΑΛΟΓΙΑΝΝΗ 6, ΡΕΘΥΜΝΟ 74100
ΤΗΛ: 6973995888
ΑΦΜ: 800515600 ΔΟΥ ΡΕΘΥΜΝΟΥ
e-mail: chatzidakisaris@gmail.com