

**ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΣΤΑ ΒΑΘΙΑ ΝΕΡΑ
ΛΑΜΒΑΝΟΝΤΑΣ ΥΠΟΨΗ ΜΗ ΓΡΑΜΜΙΚΕΣ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ
ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ-ΕΔΑΦΟΥΣ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ**

Ειρήνη Αναστασίου*, Ντανιέλα Στάνκοβιτς, Κωνσταντίνος Χατζηιωάννου*,
Απόστολος Κουκουσέλης*, Βανέσσα Κατσαρδή**, Ευριπίδης Μυστακίδης***

*Εργαστήριο Ανάλυσης και Σχεδιασμού Κατασκευών
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Βόλος, GR-38334, Ελλάδα

emistaki@uth.gr; web page: <http://lsad.civ.uth.gr/>

**Εργαστήριο Υδρομηχανικής και Περιβαλλοντικής Τεχνικής
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Βόλος, GR-38334, Ελλάδα

vkatsardi@civ.uth.gr; web page: <http://fluids-lab.civ.uth.gr/>

Περίληψη. Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να εξετάσει την απόκριση μιας υπάρχουσας μεταλλικής εξέδρας πετρελαίου λόγω του φορτίου των κυματισμών. Το φορτίο των κυματισμών θα υπολογισθεί με τη χρήση αρμονικών κυματισμών αλλά και φασματικών μοντέλων. Όσον αφορά την κατασκευή, ιδιαίτερα σημασία θα δοθεί στην παραγόμενες αντιδράσεις βάσεως αλλά και στις μετακινήσεις κορυφής. Η κατασκευή εξετάστηκε με τρία είδη δυναμικών αναλύσεων: (α) γεωμετρικά γραμμική ανάλυση λαμβάνοντας υπόψη τη γραμμική δυσκαμψία του εδάφους (GL-LS), (β) γεωμετρικά γραμμική ανάλυση λαμβάνονται υπόψη τις μη-γραμμικές ιδιότητες του εδάφους (GL-NLS) και (γ), γεωμετρικά μη-γραμμική ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψη τις μη-γραμμικές ιδιότητες του εδάφους (GN-NLS). Κρίνοντας από τα αποτελέσματα της εργασίας είναι εμφανές ότι η μείωση της δυσκαμψίας λόγω της μη-γραμμικότητας που παρουσιάζει το έδαφος είναι ο κύριος παράγοντας που επηρεάζει τη συμπεριφορά της κατασκευής. Επιπλέον, οι διαφορές που οφείλονται στον υπολογισμό του κυματικού φορτίου είναι αδύνατο να αμεληθούν.

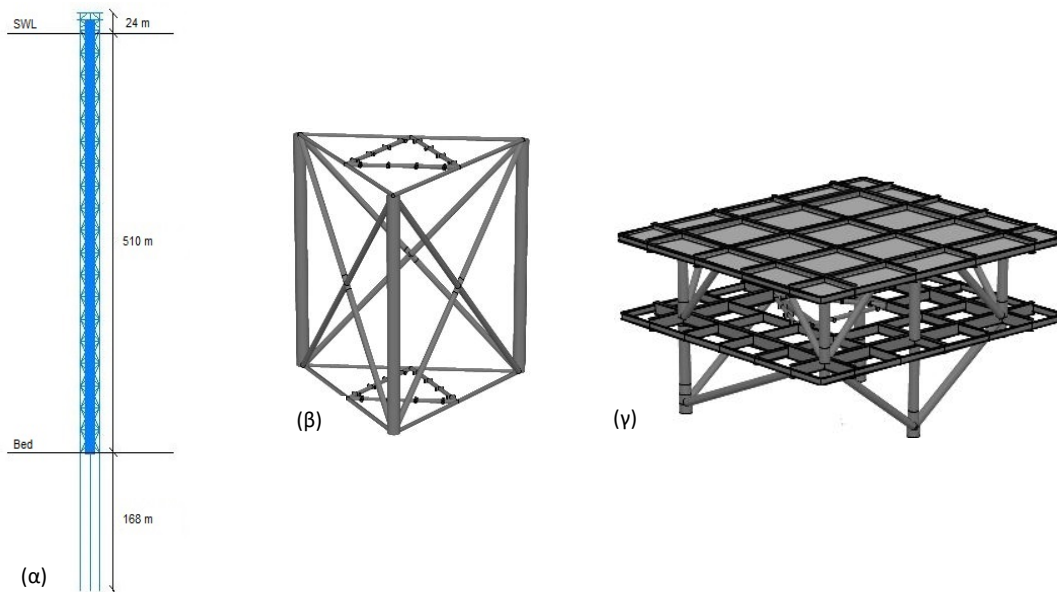
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο κύριος σκοπός της εργασίας είναι η διερεύνηση της δυναμικής απόκρισης μιας μεταλλικής πλατφόρμας πετρελαίου υποβαλλόμενης στα φορτία του κυματισμού. Η εργασία αυτή, μελετά έναν εύκαμπτο πύργο (compliant tower), θεμελιωμένο στα βαθιά νερά. Το φορτίο των κυματισμών προσομοιώνεται ως μία επαναλαμβανόμενη φόρτιση και για το λόγο αυτό κρίνεται απαραίτητη η δυναμική ανάλυση της κατασκευής. Ο υπολογισμός του κυματικού φορτίου υλοποιήθηκε με τη χρήση διάφορων κυματικών θεωριών και αριθμητικών μοντέλων προκειμένου να διερευνηθεί η καταλληλότητά τους. Ειδικότερα, διερευνάται αν οι κοινά χρησιμοποιούμενες μέθοδοι υπολογισμού των κυματικών μεγεθών είναι επαρκείς για τη ρεαλιστική περιγραφή φαινομένου. Στις

κυματικές θεωρίες περιλαμβάνονται οι αρμονικοί κυματισμοί: Airy, Stokes 2^{ης} τάξης και Stokes 5^{ης} τάξης ενώ στην κατηγορία των φασματικών μοντέλων εντάσσονται η γραμμική θεωρία πρώτης τάξης (LRWT), η κυματική θεωρία 2^{ης} τάξης των Sharma & Dean (SD) και το πλήρως μη γραμμικό μοντέλο των Bateman, Swan & Taylor (BST). Ως κυματικό μοντέλο αναφοράς, επιλέχθηκε το BST γιατί είναι ένα πλήρες μη γραμμικό μοντέλο που λαμβάνει υπόψη την διασπορά της ενέργειας στο συχνοτικό περιεχόμενο του φάσματος αλλά και στο χώρο. Πρέπει να σημειωθεί ότι κατά την διάρκεια των αναλύσεων, το φορτίο του ανέμου αμελήθηκε. Το μέγεθος της κατασκευής καθώς και η ευκαμψία που παρουσιάζει το στατικό της σύστημα, θέτουν αναγκαία την εξέταση της αλληλεπίδρασης κυματικού φορτίου-κατασκευής με τη χρήση μη γραμμικών αναλύσεων. Για το λόγο αυτό διεξάγονται τρία διαφορετικά είδη δυναμικών αναλύσεων για κάθε κυματικό σενάριο που εξετάζεται. Αρχικά, η απόκριση της κατασκευής εξετάζεται με την χρήση γεωμετρικά γραμμικής ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψη τις γραμμικές ιδιότητες του εδάφους (GL-LS), έπειτα με την χρήση γεωμετρικά γραμμικής ανάλυσης λαμβάνοντας υπόψη τις μη-γραμμικές ιδιότητες του εδάφους (GL-NLS) και τέλος με την χρήση γεωμετρικά μη γραμμικής ανάλυσης όπου λαμβάνονται υπόψη οι μη-γραμμικές ιδιότητες του εδάφους (GN-NLS). Η απόκριση της κατασκευής μέσω των παραπάνω δυναμικών αναλύσεων εξετάζεται σε όρους τεμνουσών βάσης, ροπών ανατροπής και μετακινήσεων κορυφής.

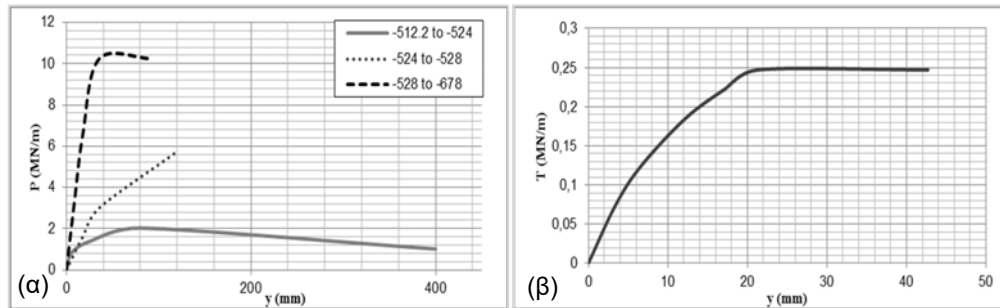
2. ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΜΑ

Η υπό μελέτη κατασκευή είναι μια μεταλλική εξέδρα πετρελαίου τύπου εύκαμπτου πύργου (compliant tower), έχει ύψος 534m, εκ των οποίων τα 24m βρίσκονται πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας και τα 510m είναι βυθισμένα. Ο μεταλλικός κορμός της κατασκευής αποτελείται από 19 όμοια τμήματα (typical bays) που απεικονίζονται στο Σχ. 1(β) . Η γεωμετρία της κατασκευής παραπέμπει σε αυτήν ενός ισόπλευρου τριγώνου. Στο εσωτερικό της κατασκευής είναι τοποθετημένα 24 κατακόρυφα στοιχεία (conductors). Στην κορυφή της κατασκευής υπάρχουν δυο καταστρώματα εκ των οποίων το πρώτο βρίσκεται σε υψόμετρο +16m και το δεύτερο σε υψόμετρο +24m πάνω από την στάθμη της θάλασσας Σχ. 1(γ).



Σχήμα 1: (α) Προσομοίωμα της κατασκευής, (β) τυπικό τμήμα του κορμού του πύργου, (γ) κατάστρωμα.

Η θεμελίωση της κατασκευής αποτελείται από τρεις πασσάλους μήκους 168m. Η προσομοίωση του εδαφικού προφίλ πραγματοποιήθηκε με την χρήση μη γραμμικών ελατηρίων ομοιόμορφα κατανεμημένων κατά μήκος των πασσάλων. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η αντοχή του εδάφους στην οριζόντια διεύθυνση. Η αύξηση του βάθους οδηγεί στην εμφάνιση πιο δύσκαμπτων εδαφικών στρώσεων με χαμηλότερη δυνατότητα παραμόρφωσης και μεγαλύτερη αντίσταση (Σχ. 2α). Αντίθετα, στην κατακόρυφη διεύθυνση, η καμπύλη αντίδρασης-μετακίνησης παραμένει αναλλοίωτη.



Σχήμα 2: Καμπύλη απόκρισης εδάφους (α) στην οριζόντια διεύθυνση (P-Y), (β) στην κατακόρυφη διεύθυνση (T-Z) (Χατζηγιωάννου, 2015)

3. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Οι περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής και τα χαρακτηριστικά του κύματος έχουν δοθεί από τους αρχικούς μελετητές και αναγράφονται στον Πιν. 1. Για τους φασματικούς κυματισμούς χρησιμοποιούνται φάσματα κατανομής της ενέργειας στις σχετικές συχνότητες και κατευθύνσεις. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιείται το φάσμα *JONSWAP* (Joint North Sea Wave Project) [1] στο οποίο η κατανομή της ενέργειας στις κατευθύνσεις γίνεται με την χρήση της κατανομής Mitsuyasu [2]. Σε ότι αφορά τα κυματικά χαρακτηριστικά, το σημαντικό ύψος κύματος της περιοχής είναι $H_s = 6.077$ m, ενώ το μέγιστο κυματικό ύψος υπολογίστηκε ως $H_{max} \cong 1.85H_s = 11.21$ m βασιζόμενο στον κανονισμό *DNV 2000* [3]. Η σχετική περίοδος του κύματος υπολογίστηκε από κοιλία σε κοιλία ως $T_{tr-tr} = 12.5$ s. Προκειμένου να συμπεριληφθεί η κατευθυντικότητα του θαλάσσιου πεδίου στους μονοχρωματικούς κυματισμούς, χρησιμοποιήθηκε ένας μειωτικός συντελεστής Φ , που εφαρμόζεται ομοιόμορφα στα μεγέθη της ταχύτητας και της επιτάχυνσης που υπολογίστηκαν με την χρήση αρμονικών θεωριών [3]. Ο όρος s χρησιμοποιείται για τη περιγραφή βραχυκόρυφων κυματισμών με το κατευθυντικό φάσμα Mitsuyasu, που αντιστοιχεί σε τυπική απόκλιση κανονικής κατανομής $\sigma_\theta = 30^\circ$.

Βάθος θάλασσας	$d=510$ m
Φάσμα σχεδιασμού, $S_{\eta\eta}(\omega)$	<i>JONSWAP</i>
Αυξητικός συντελεστής κορυφής	$\gamma=3.3$
Περίοδος κορυφής φάσματος	$T_p=14.53$ s
Σημαντικό ύψος κύματος	$H_s=6.077$ m
Μέγιστο ύψος κύματος	$H_{max}=11.21$ m
Περίοδος μονοχρωματικού κύματος	$T_{tr-tr}=12.5$ s
<i>Mitsuyasu</i> παράμετρος εξάπλωσης \cos^{2s}	$s=7$
Φυσική παράμετρος διασποράς	$\sigma_\theta=30^\circ$
Μειωτικός συντελεστής ταχύτητας	$\Phi=0.875$

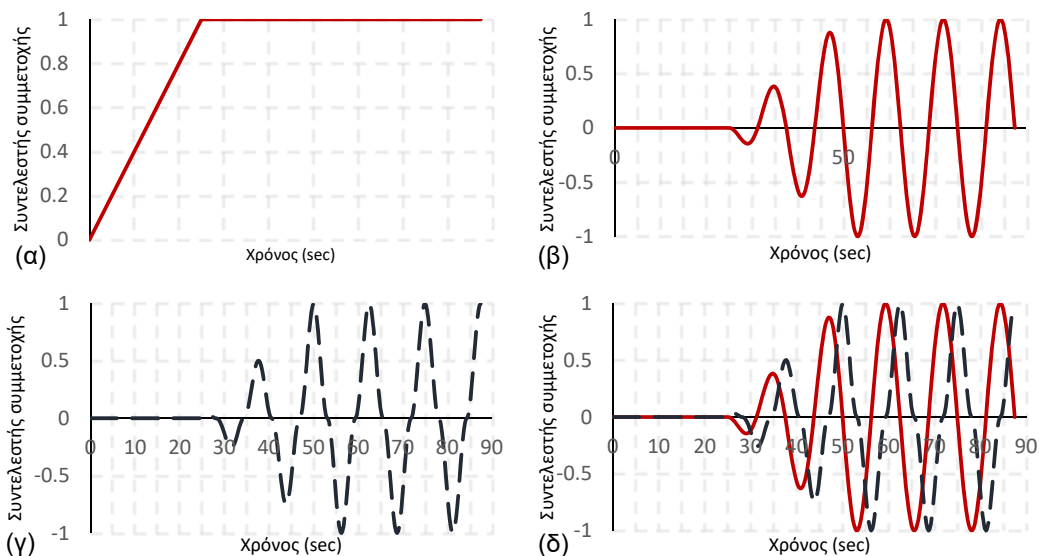
Πίνακας 1: Περιβαλλοντολογικές συνθήκες.

4. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΦΟΡΤΙΩΝ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Λόγω του μεγάλου αριθμού των μελών που απαρτίζουν την κατασκευή (~2000 πεπερασμένα στοιχεία), αλλά και της πολυπλοκότητάς της, ο υπολογισμός των φορτίων σε κάθε μέλος της κατασκευής υλοποιήθηκε με την χρήση μιας πλατφόρμας προγραμματισμένης σε γλώσσα Visual Basic. Ο εν λόγω κώδικας δημιουργήθηκε με αφορμή την διεξαγωγή της στατικής ανάλυσης της κατασκευής ([4,5]). Λεπτομερή περιγραφή του κώδικα μπορεί να βρεθεί στο [2] αλλά για λόγους σαφήνειας, η λειτουργία του κώδικα περιγράφεται παρακάτω. Αρχικά, τα κυματικά φορτία υπολογιστήκαν με την χρήση της εξίσωσης του Morison [3]

$$F_x = F_m + F_d = \frac{1}{4}\pi\rho C_m D^2 \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{2} C_d u |u| \quad (1)$$

όπου F_m και F_d η αδρανειακή και η συρτική φόρτιση, ρ η πυκνότητα του νερού... κλπ. Ο κώδικας δέχεται ως δεδομένα την περίοδο του κύματος, το μέγιστο ύψος κύματος, το βάθος της θάλασσας, την γωνία πρόσπτωσης του κύματος, τον συρτικό και αδρανειακό συντελεστή C_d και C_m αντίστοιχα, ένα χρονικό βήμα και τις συντεταγμένες (x,y) του σημείου της κατασκευής, το οποίο ο κυματισμός θα συναντήσει πρώτο. Σε περίπτωση που ζητείται η χρήση θεωρίας μονοχρωματικών κυματισμών, οι χρονοϊστορίες της ταχύτητας και της επιτάχυνσης υπολογίζονται ξεκινώντας από την χρονική στιγμή που το κύμα προσκρούει στην κατασκευή, με το χρονικό βήμα που έχει δοθεί για το επιθυμητό χρονικό διάστημα. Στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε συνολικό χρονικό διάστημα φόρτισης ίσο με πέντε κυματικές περιόδους. Αντίθετα, οι αντίστοιχες χρονοϊστορίες ενός φασματικού κυματισμού έχουν υπολογιστεί με εξωτερικούς κώδικες και χρησιμοποιούνται μετέπειτα ως δεδομένα. Ο υπολογισμός των φορτίων γίνεται πάλι με χρήση της εξίσωσης του Morison. Η εξίσωση του Morison εφαρμόζεται σε όλα τα στοιχεία της κατασκευής που είναι βυθισμένα με ιδιαίτερη προσοχή σε κάποιο κεκλιμένο στοιχείο ώστε να γίνει σωστός υπολογισμός της ταχύτητας. Η τελική δύναμη του στοιχείου βρίσκεται ολοκληρώνοντας την εξίσωση κατά μήκος του στοιχείου.



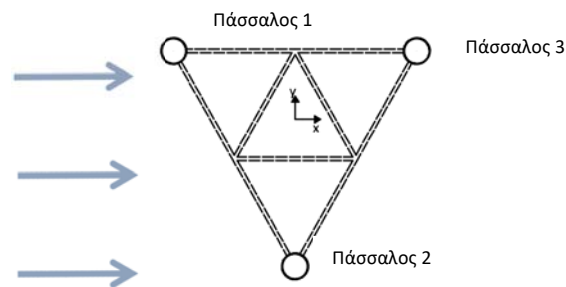
Σχήμα 3: (α) Χρονοϊστορία του βάρους (β) Χρονοϊστορία της φάσης της F_m , (γ) Χρονοϊστορία της φάσης της F_d , (δ) Διαφορά φάσης μεταξύ της F_d και της F_m .

Το ίδιο βάρος της κατασκευής υπολογίζεται για κάθε στοιχείο της κατασκευής χωριστά με την βοήθεια αντίστοιχου κώδικα. Η δύναμη του βάρους έχει τοποθετηθεί ως

συγκεντρωμένη στους κόμβους κάθε στοιχείου, ενώ η δύναμη της άνωσης υπολογίζεται ως το βάρος του νερού που εκτοπίζεται για κάθε στοιχείο. Όσον αφορά το κομμάτι της αριθμητικής επίλυσης της κατασκευής, επιλέχθηκε η ομαλή εισαγωγή των φορτίων. Ο κυματισμός έχει προσομοιωθεί με τέτοιο τρόπο, ώστε για το διάστημα 0 έως 25 s να μην συμμετέχει στην ανάλυση και στη συνέχεια εφαρμόζεται σταδιακά στην κατασκευή με έναν αυξητικό συντελεστή (50 έως 87.5 s) έως την πλήρη εφαρμογή του (Σχ. 3α). Στα υπόλοιπα διαγράμματα του Σχ. 3, παρουσιάζονται για την κυματική θεωρία Airy ο τρόπος με τον οποίο δημιουργήθηκαν οι χρονοϊστορίες της F_d και της F_m συνιστώσας της φόρτισης, για την θέση $(x,y)=(0,0)$. Με την ίδια λογική εφαρμόστηκαν όλες οι υπόλοιπες χρονοϊστορίες για τα υπόλοιπα στοιχεία της κατασκευής αλλά και για κάθε κυματική θεωρία ή κυματικό μοντέλο.

5. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ

Η απόκριση της κατασκευής εξετάστηκε για την δυσμενέστερη γωνία πρόσπτωσης του κυματισμού. Αυτή εμφανίζεται, όταν το κύμα προσπίπτει υπό μηδενική γωνία σε σχέση με τον άξονα x, όπως φαίνεται στο Σχ. 4.

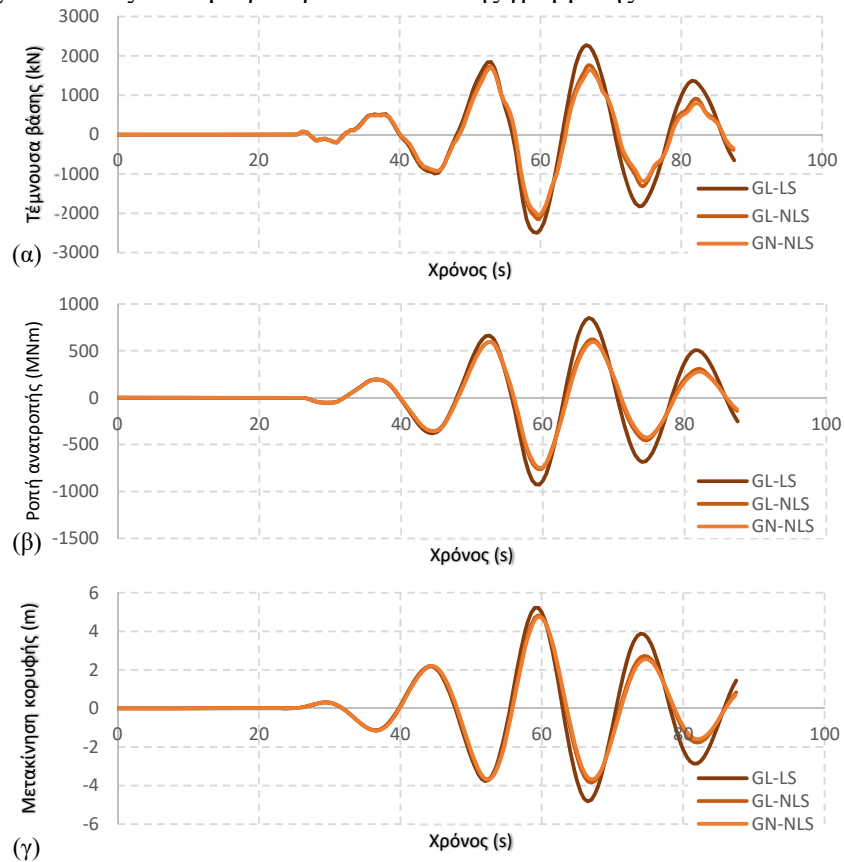


Σχήμα 4: Κάτοψη θεμελίωσης

Τα μεγέθη τα οποία εξετάστηκαν είναι η τέμνουσα βάσης, η ροπή ανατροπής και οι μετακινήσεις της κατασκευής. Στο Σχ. 5 παρουσιάζονται τα προαναφερθέντα μεγέθη για τις τρεις δυναμικές αναλύσεις που διεξάχθηκαν, GL-LS, GL-NLS, GN-NLS. Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα αφορούν το φασματικό μοντέλο αναφοράς (BST). Συγκρίνοντας αρχικά τη γραμμική ανάλυση με την μη-γραμμική ανάλυση, η τέμνουσα βάσης παρουσιάζει μια μείωση της τάξης 14%, η ροπή ανατροπής μειώθηκε αντίστοιχα κατά 18% και οι μετακινήσεις μειώνονται κατά 8%. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα της μη γραμμικής ανάλυσης με την γεωμετρικά μη γραμμική ανάλυση, παρατηρείται μια μείωση της τάξης 5% για τέμνουσα βάσης, 3% για την ροπή ανατροπής και 3% για τις μετακινήσεις.

Εξετάζοντας τον πίνακα παρατηρεί κανείς πως τα μεγέθη που προκύπτουν χρησιμοποιώντας μονοχρωματικούς κυματισμούς διαφορετικής τάξης μη γραμμικότητας δεν παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές. Στην συνέχεια όμως, ελέγχοντας τα μεγέθη που προκύπτουν από τις διάφορες αναλύσεις (γραμμική, μη γραμμική και γεωμετρικά μη γραμμική), είναι εμφανές πως η χρήση μονοχρωματικών κυματισμών υποεκτιμά τα εντατικά μεγέθη και τις μετακινήσεις της κατασκευής σε σχέση με το μοντέλο αναφοράς (BST). Πράγματι, αυτό συμβαίνει ακόμα και στην περίπτωση του μη γραμμικού αρμονικού κυματισμού Stokes 5^{ης}, όπου η υποεκτίμηση είναι της τάξεως του 20%. Αντίθετα, τα μοντέλα LRWT και SD, μη κανονικών κυματισμών, παρουσιάζουν μια συνεχή υπερεκτίμηση των εντατικών μεγεθών σε σύγκριση με το μοντέλο αναφοράς, της

τάξεως του 20% στην περίπτωση του LRWT και περίπου 10% στην περίπτωση του μοντέλου SD. Τέλος, στο Πίνακα 2 παρατηρείται ότι ανεξάρτητα της κυματικής θεωρίας/μοντέλου που χρησιμοποιείται, τα εντατικά μεγέθη που προκύπτουν από τις μη γραμμικές αναλύσεις είναι μικρότερα από αυτά της γραμμικής.



Σχήμα 5: (α) Τέμνουσας, (β) Ροπής ανατροπής, (γ) Μετακινήσεων κορυφής για το κυματικό μοντέλο BST

Στον πίνακα 2 εμφανίζονται οι μέγιστες τιμές των μεγεθών για το αντίστοιχο κυματικό μοντέλο.

H=11.21	GL-LS			GL-NLS			GN-NLS		
	Αντίδραση βάσης (kN)	Ροπή ανατροπής (MNm)	Μετακίνηση κορυφής (m)	Αντίδραση βάσης (kN)	Ροπή ανατροπής (MNm)	Μετακίνηση κορυφής (m)	Αντίδραση βάσης (kN)	Ροπή ανατροπής (MNm)	Μετακίνηση κορυφής (m)
Airy	2032	721	4.00	1690	581	3.53	1614	571	3.48
Stokes 2 nd	2032	721	4.00	1690	581	3.53	1614	571	3.48
Stokes 5 th	2070	737	4.09	1719	593	3.61	1646	583	3.56
LRWT	3192	1154	6.44	2670	929	6.04	2545	917	5.99
SD	2499	927	5.22	2152	764	4.82	2052	749	4.75
BST	2867	1041	5.81	2384	842	5.38	2272	829	5.31

Πίνακας 2: Μέγιστες τιμές των μεγεθών για κάθε κυματικό μοντέλο/θεωρία

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα έρευνα αποσκοπεί στο να εξετάσει τον τρόπο με τον οποίο οι διάφορες κυματικές θεωρίες και οι παραδοχές ανάλυσης επηρεάζουν τα εντατικά μεγέθη και μετακινήσεις που αναπτύσσονται στην κατασκευή. Για τον λόγο αυτό, πραγματοποιήθηκαν γραμμικές (GL-LS) αλλά και μη γραμμικές αναλύσεις (L-NLS &

GN-NLS) για την εξέταση της συμπεριφοράς της κατασκευής. Επιπλέον, το κυματικό φαινόμενο περιγράφηκε με μεγάλη ακρίβεια με την χρήση ενός τρισδιάστατου πλήρως μη γραμμικού μοντέλου μη κανονικών κυματισμών, το BST.

Αρχικά, αναζητώντας την πιο αξιόπιστη κυματική θεωρία/μοντέλο βάσει των αποτελεσμάτων που εξήχθησαν για τα εντατικά μεγέθη της κατασκευής και για την απόκριση της θεμελίωσης, είναι εμφανές πως οι μονοχρωματικοί κυματισμοί αδυνατούν να περιγράψουν πλήρως το φαινόμενο, υποεκτιμώντας τα αναπτυσσόμενα μεγέθη. Ακόμα και η θεωρία Stokes 5^{ης} φαίνεται να είναι ανεπαρκής παρόλο που διατηρεί τους πέντε πρώτους μη γραμμικούς όρους. Σε αντίθεση, τα κυματικά μοντέλα LRWT και SD οδήγησαν σε μια υπερεκτίμηση των μεγεθών, με το δεύτερο μοντέλο να έχει τις μικρότερες αποκλίσεις, καθώς μπορεί και λαμβάνει υπόψη μη γραμμικές αλληλεπιδράσεις συχνοτήτων έως και 2^{ης} τάξης. Επιπρόσθετα, γίνεται εμφανές ότι οι φασματικοί κυματισμοί παράγουν φορτία μεγαλύτερα από αυτά των μονοχρωματικών κυματισμών.

Παρατηρώντας τα διαγράμματα των αποκρίσεων της κατασκευής για τις αναλύσεις GL-LS και L-NLS, παρατηρείται ότι τα μειωμένα εντατικά μεγέθη που παρουσιάζονται οφείλονται κυρίως στην μη γραμμική συμπεριφορά του εδάφους. Οι μη γραμμικές ιδιότητες του εδάφους οδηγούν στην αύξηση της ιδιοπεριόδου λόγω της μείωσης της δυσκαμψίας της κατασκευής, με αποτέλεσμα την μετατόπιση της κορυφής του φάσματος απόκρισης και την μείωση των αναπτυσσόμενων μεγεθών.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Hasselmann K, Barnett TP, Bouws E, Carlson H, Cartwright DE, Enke K, et al., “*Measurements of wind-wave growth and swell decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP)*”, 1973, Deutsches Hydrographisches Institut.
- [2] Mitsuyasu, H., Tasai, F., Suhara, T., Mizuno, S., Ohkusu, M., Honda, T., and Rikiishi, K., “*Observations of the directional spectrum of ocean Waves Using a Cloverleaf buoy*”, Journal of Physical Oceanography, 1975, Vol. 5, No. 4, pp. 750–760.
- [3] DNV. *Classification notes, “Environmental Conditions and Environmental Loads*”, no. 30.5, Technical report, 2000.
- [4] API SPECIFICATION 4F, “*Specification for Drilling and Well Servicing Structures*”, ed. 3rd, 2008.
- [5] Morison JR, Johnson JW, Schaaf SA, “*The force exerted by surface waves on piles*”, Journal of Petroleum Technology, Vol. 2, No. 5 1950, pp. 149-154.
- [6] Chatziioannou K, Katsardi V, Koukouselis A, Mistakidis E. “*The effect of nonlinear wave-structure and soil-structure interactions in the design of an offshore structure*”, Marine Structures, 2017, Vol. 52, No. 1, pp. 126–52.
- [7] Chatziioannou K, Katsardi V, Mistakidis E. “*The importance of accurate calculation of the nonlinear extreme wave kinematics in the design of offshore platforms*”, Procc. Towards Green Marine Technology and Transport, London, 2015, pp. 203-213.

DYNAMIC INTERACTION OF A COMPLIANT TOWER IN DEEP WATERS CONSIDERING THE NONLINEAR WAVE-SOIL-STRUTURE INTERACTION

Eirini Anastasiou *, **Daniela Stankovic***, **Konstantinos Chatziioannou***, **Apostolos Koukouselis***, **Vanessa Katsardi****, **Euripidis Mistakidis***

Laboratory of Structural Analysis and Design,
Department of Civil Engineering, University of Thessaly, Volos, Greece

email: emistaki@uth.gr; web page: <http://lsad.civ.uth.gr/>

** Laboratory of Hydromechanics & Environmental Engineering,
Department of Civil Engineering University of Thessaly,
Volos, GR-38334, Greece

email: vkatsardi@civ.uth.gr; web page: <http://fluids-lab.civ.uth.gr/>

Abstract. The main objective of the present work is to examine the dynamic response of an existent offshore platform under the effect of the wave loading. The wave loading will be computed with various wave models/theories while the main interest as far as the structure is regarded are the base reactions and the peak displacements. Furthermore, the difference that are accompanied in the case of most complex nonlinear analyses were examined. In detail, three different types of analysis were considered: (a) linear analysis for both the structure and the soil (GL-LS), (b) geometrically linear analysis, considering the nonlinear soil properties (L-NL) and (c), geometrically nonlinear analysis with nonlinear soil properties (GN-LNS). Judging from the outcomes of these analyses, it was identified that the nonlinear properties of the soil and the reduction into stiffness due to plastification alter the generated results significantly. In addition, the differences that arise due to the methodology that was employed for the calculation of the wave loading cannot be omitted.