

Γ Ε Ω Β Ι Δ Α

Γεώργιος Α. Γκαμάνης
Πολιτικός Μηχανικός ΑΠΘ, M.Sc.
SKYTECH® Δομικά Συστήματα Μεταλλικών Κατασκευών
Θεσσαλονίκη, Ελλάδα
e-mail: gamanis@otenet.gr

Ξενοφών Μ. Πειστικός
Πολιτικός Μηχανικός ΑΠΘ
Θεσσαλονίκη, Ελλάδα
e-mail: peistikos@otenet.gr

1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το παρόν άρθρο αναφέρεται στη δομική χρήση μιας καινοτόμου γεώβιδας (screw pile) που κατασκευάζεται από ένα ενιαίο τμήμα σωλήνα. Το κάτω μέρος της προαναφερθείσας γεώβιδας, το οποίο διαμορφώνεται για διείσδυση και αγκύρωση στο έδαφος, περιλαμβάνει ένα οξύληκτο κωνοειδές μέρος που σχηματίζεται με συμπίεση, σφυρηλάτηση και ταυτόχρονη περιστροφή, του άκρου του σωλήνα που φέρει δύο διαμήκεις τομές. Σαν αποτέλεσμα της μεθόδου συμπίεσης, το οξύληκτο κωνοειδές μέρος αποκτά σπειροειδή διατομή που σχηματίζεται από δύο Αρχιμήδειες σπείρες που βρίσκονται η μια μέσα στην άλλη. Κατ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται ένα υψηλής αντοχής οξύληκτο κωνοειδές μέρος. Ο τρόπος κατασκευής της γεώβιδας: (α) αξιοποιεί το σύνολο του υλικού του ενιαίου τμήματος του σωλήνα, (β) μπορεί να εφαρμοστεί σε ενιαία τμήματα σωλήνα που έχουν σχετικά μικρό ή και σχετικά μεγάλο ως προς τη διάμετρο πάχος, (γ) υλοποιείται με μηχανήματα-συσσκευές χαμηλού κόστους, (δ) έχει ελάχιστο εργατικό κόστος και (ε) καταναλώνει ελάχιστη ενέργεια. Η βελτιωμένη γεώβιδα που προκύπτει με την παραπάνω μέθοδο, είναι κατάλληλη για θεμελίωση κατασκευών τόσο σε κανονικά όσο και σε σκληρά εδάφη.

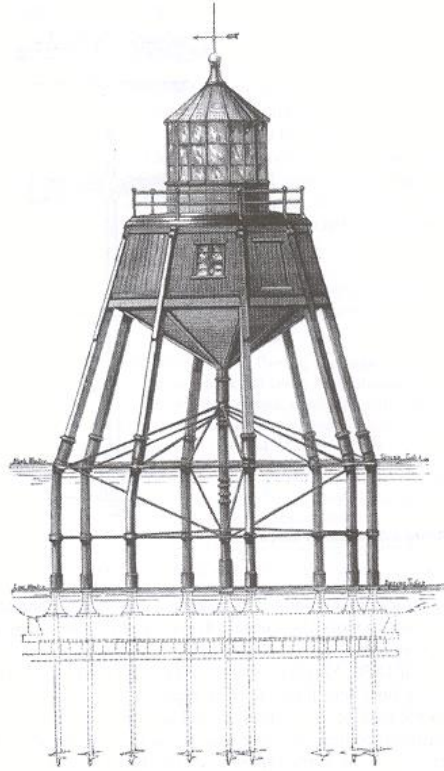
Στο τέλος του άρθρου δίνεται ένα παράδειγμα εφαρμογής της παραπάνω γεώβιδας στη θεμελίωση μιας εγκατάστασης φωτοβολταϊκών γεννητριών εγκατεστημένης ισχύος 3,8 MW.

Λέξεις κλειδιά: Γεώβιδα· θεμελίωση· οξύληκτο κωνοειδές μέρος· σπειροειδής διατομή · συμπίεση-σφυρηλάτηση με ταυτόχρονη περιστροφή.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

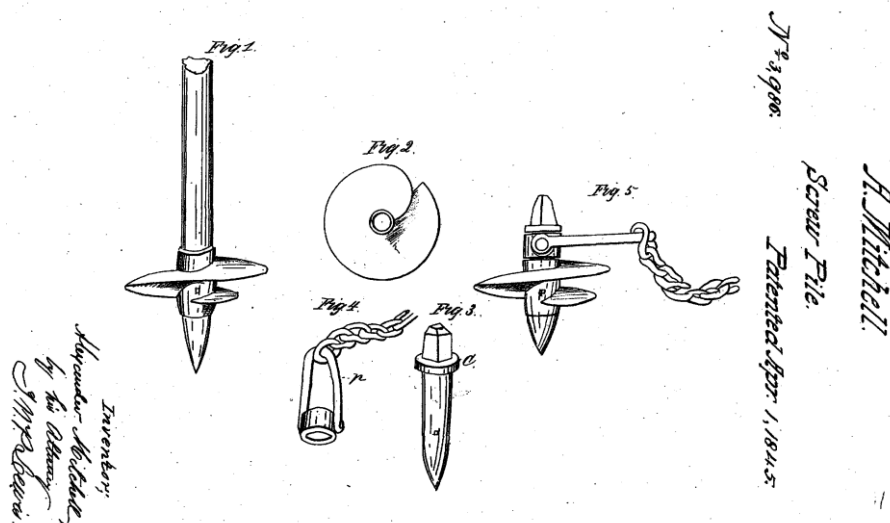
Οι γεώβιδες (screw piles) ανήκουν στη κατηγορία των βαθιών θεμελιώσεων ή αγκυρώσεων. Παρέχουν μια ευέλικτη και αποτελεσματική εναλλακτική λύση, αντί άλλων συμβατικών τρόπων βαθιάς θεμελίωσης, σε μεγάλη ποικιλία εφαρμογών. Χρησιμοποιούνται στο χώρο των κατασκευών εδώ και πάνω από 200 χρόνια.

Η πρώτη καταγεγραμμένη χρήση γεώβιδας έγινε από τον Ιρλανδό μηχανικό Alexander Mitchell το 1836 σε αγκυροβόλια και κατόπιν στη θεμελίωση του φάρου Maplin Sands Lighthouse (Σχ. 1) στις βόρειες ξέρες των εκβολών του ποταμού Τάμεση το 1838. Το 1843 κατασκευάστηκε ο πρώτος φάρος με γεώβιδες στο Black Rock Harbor του Connecticut (US) από τον Capt. William H. Swift που χρησιμοποίησε τη τεχνολογία γεώβιδας του Mitchell. Τις δεκαετίες του 1840 και 1850 κατασκευάστηκαν με γεώβιδες πάνω από 100 θεμελιώσεις φάρων κατά μήκος της Ανατολικής Ακτής, των ακτών της Φλόριντα και του Κόλπου του Μεξικού.



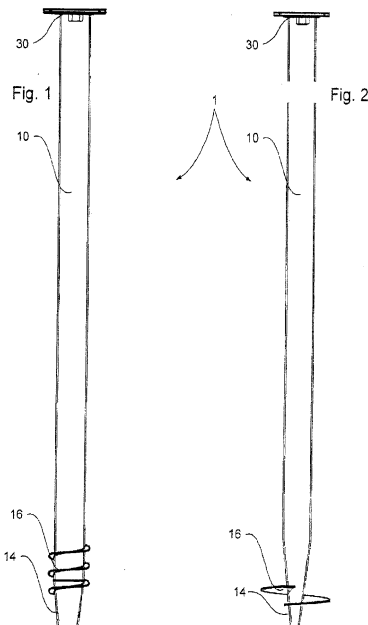
Σχ. 1: Maplin Sands Lighthouse 1841–1932 (μελετήθηκε από τον James Walker).

Οι πρώτες γεώβιδες κατασκευάζονταν από ξύλινους πασσάλους στο κάτω μέρος των οποίων ήταν στερεωμένα οξύληκτα τεμάχια από χυτοσίδηρο. Τα τεμάχια αυτά είχαν μορφή κοίλου άξονα με κωνοειδή απόληξη και έφεραν έναν έλικα γύρω από τον κοίλο άξονα (Σχ. 2), [1].



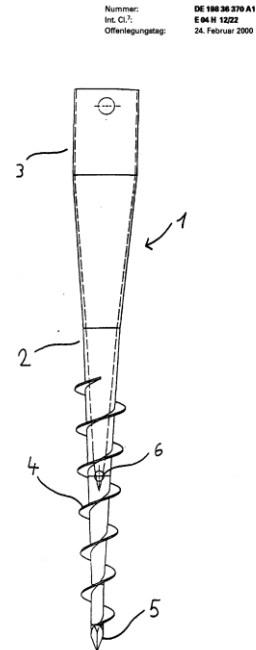
Σχ. 2: Γεώβιδα του Mitchell (Patent No. 3986, United States Patent Office, 1845).

Οι γεώβιδες σήμερα κατασκευάζονται συνήθως από ένα ενιαίο τμήμα σωλήνα με συμπίεση ή σφυρηλάτηση του άκρου του. Κατόπιν γίνεται συγκόλληση ενός έλικα γύρω από το οξύληκτο κωνοειδές μέρος. Τα έγγραφα US2011/0250977A1 (Σχ. 3), [2] και DE 19836370A1 (Σχ. 4), [3] αποκαλύπτουν δύο γεώβιδες που κατασκευάζονται με αυτές τις μεθόδους.



Σχ. 3: Γεώβιδα του Reisch (US2011/0250977A1)

Fig. 1



Σχ. 4: Γεώβιδα του Krinner (DE19836370A1)

Οι γεώβιδες αυτές, παρά το γεγονός ότι χρησιμοποιήθηκαν με επιτυχία στη πράξη, έχουν τα παρακάτω μειονεκτήματα:

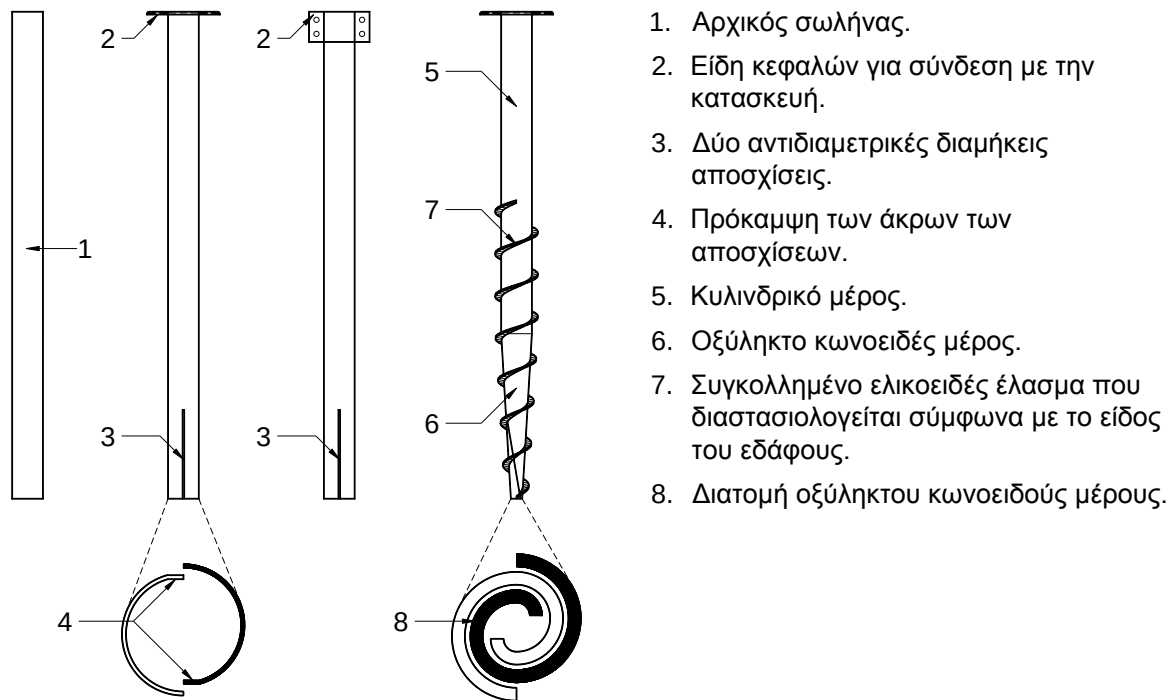
- Οι μέθοδοι κατασκευής τους δεν επιτρέπουν τη χρήση λεπτότοιχων ως προς τη διάμετρο σωλήνων, διότι υπάρχει κίνδυνος αστοχίας από ύβωση, ως εκ τούτου χρησιμοποιούνται σωλήνες μεγαλύτερου πάχους από το απαιτούμενο, με αποτέλεσμα να έχουμε σπατάλη υλικού.
- Σε περίπτωση που έχουμε σωλήνες μεγαλύτερης διαμέτρου, είναι σχεδόν αδύνατο να έχουμε οξύληκτο κωνοειδές μέρος στο κάτω μέρος της γεώβιδας με τη χρήση της κανονικής μεθόδου του εγγράφου US2011/0250977A1. Επί πλέον, ξοδεύεται μεγάλη ποσότητα ενέργειας για τον σχηματισμό του οξύληκτου μέρους με τη χρήση της μεθόδου του εγγράφου DE19836370A1.
- Τα μηχανήματα-συσκευές για την υλοποίηση των μεθόδων των εγγράφων US2011/0250977A1 και DE19836370A1, είναι βαρέως τύπου και έχουν υψηλό κόστος κατασκευής.

Παρακάτω περιγράφεται μια γεώβιδα της οποίας ο τρόπος κατασκευής δεν έχει τα παραπάνω μειονεκτήματα.

3. ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ

Η καινοτόμος γεώβιδα κατασκευάζεται από ένα ενιαίο τμήμα σωλήνα που φέρει στο άκρο του δύο διαμήκεις αποσχίσεις σε αντιδιαμετρικές θέσεις. Το άκρο του σωλήνα, που διαμορφώνεται για διείδυση και αγκύρωση στο έδαφος, περιλαμβάνει ένα οξύληκτο κωνοειδές μέρος που σχηματίζεται με συμπίεση, σφυρηλάτηση και ταυτόχρονη περιστροφή [4]. Σαν αποτέλεσμα της μεθόδου συμπίεσης, το οξύληκτο κωνοειδές μέρος αποκτά σπειροειδή

διατομή που σχηματίζεται από δύο Αρχιμήδειες σπείρες που βρίσκονται η μια μέσα στην άλλη. Κατ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται ένα υψηλής αντοχής οξύληκτο κωνοειδές μέρος. Στη συνέχεια στερεώνεται ένας έλικας, συνήθως με συγκόλληση, γύρω από το άκρο του σωλήνα (Σχ. 5).



Σχ. 5: Τμήματα και στάδια κατασκευής της καινοτόμου γεώβιδας.

Η συμπίεση του άκρου του ενιαίου σωλήνα γίνεται με τη χρήση ενός μηχανήματος-συσκευής, περιλαμβάνει δε ταυτόχρονη περιστροφή του άκρου και πραγματοποιείται μεταξύ δύο στοιχείων μορφής τα οποία εκτελούν μια γρήγορη παλινδρομική κίνηση.

Οι δύο διαμήκεις τομές του άκρου του ενιαίου σωλήνα ουσιαστικά δεν περιλαμβάνουν αφαίρεση υλικού με αποτέλεσμα να έχουμε σχεδόν 100% αξιοποίηση του υλικού του σωλήνα. Επιπλέον, η επιφάνεια της διατομής ακόμη και στην αιχμή του οξύληκτου κωνοειδούς μέρους, είναι ίση με την επιφάνεια της διατομής του αρχικού σωλήνα. Κατ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή αντοχή του οξύληκτου κωνοειδούς μέρους χωρίς προσθήκη ειδικών εξαρτημάτων.

4. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΚΑΙΝΟΤΟΜΟΥ ΓΕΩΒΙΔΑΣ

Πλεονεκτήματα της καινοτόμου γεώβιδας, η οποία κατασκευάζεται από ένα ενιαίο τμήμα σωλήνα, είναι ότι:

- υλοποιείται με μηχανήματα-συσκευές χαμηλού κόστους,
- καταναλώνει ελάχιστη ενέργεια,
- αξιοποιεί το σύνολο του υλικού του σωλήνα,
- μπορεί να εφαρμοσθεί σε σωλήνες που έχουν τόσο σχετικά μικρό όσο και σχετικά μεγάλο ως προς τη διάμετρο πάχος,
- απαιτεί ελάχιστο εργατικό κόστος,
- μπορεί να χρησιμοποιηθεί για θεμελίωση κατασκευών τόσο σε κανονικά όσο και σε σκληρά εδάφη.

5. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Στο εδάφιο αυτό παρουσιάζεται ένα παράδειγμα εφαρμογής της καινοτόμου γεώβιδας στη θεμελίωση φωτοβολταϊκών πλαισίων εγκατεστημένης ισχύος 3,8 MW στην Αλεξανδρούπολη. Η γεωτεχνική έρευνα έγινε το 2011 από τη ΓΕΩΓΝΩΣΗ Α.Ε. και περιελάμβανε τη διάνοιξη 14 ερευνητικών σκαμμάτων με βάθη κυμαινόμενα μεταξύ 1,60 και 2,20 m καθώς και 11 δοκιμαστικές φορτίσεις γεώβιδων σε εφελκυσμό, μέχρι πλήρους εξόλκευσης, σύμφωνα με την προδιαγραφή NFP 94-242-1. Η φωτογραφία 1 δείχνει τη μήκους 1,20 m γεώβίδα που χρησιμοποιήθηκε τελικά για τη θεμελίωση των φωτοβολταϊκών πλαισίων.



Φωτ. 1: Γεώβίδα συνολικού μήκους 1,20 m, (a) όψη, (b) κεφαλή, (c) συναρμογή κυλινδρικού και κωνοειδούς τμήματος, (d) κωνοειδές τμήμα, (e) ρύγχος και περύγιο, (f) απόληξη ρύγχους, διαμέτρου 25 mm, όπου διακρίνονται οι δύο Αρχιμήδειες σπείρες.

Το έδαφος του εκτάσεως 88 στρεμμάτων γηπέδου προέκυψε ανομοιογενές, αποτελούμενο κατά τόπους από στιφρές ή αμμώδεις αργίλους και αργιλώδη αμμοχάλικα. Για τους σκοπούς της έρευνας το γήπεδο χωρίστηκε σε 5 περιοχές (Α, Β1, Β2, C και D), για κάθε μία από τις οποίες έγινε μία αρχική υπολογιστική εκτίμηση της φέρουσας ικανότητας γεώβιδων με μήκη 1,20 και 1,50 m όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

	Περιοχή Α	Περιοχή Β1	Περιοχή Β2	Περιοχή C	Περιοχή D
L=1,20m: Θλίψη $estR_{c,k}$ (kN)	43,65	-	-	-	-
L=1,20m: Εφελκυσμός $estR_{c,k}$ (kN)	36,73	-	-	-	-
L=1,50m: Θλίψη $estR_{c,k}$ (kN)	-	32,76	41,89	33,00	28,91
L=1,50m: Εφελκυσμός $estR_{c,k}$ (kN)	-	28,61	33,51	28,85	25,45

Πίν. 1: Υπολογιστική φέρουσα ικανότητα γεώβιδων (απόσπασμα γεωτεχνικής έρευνας).

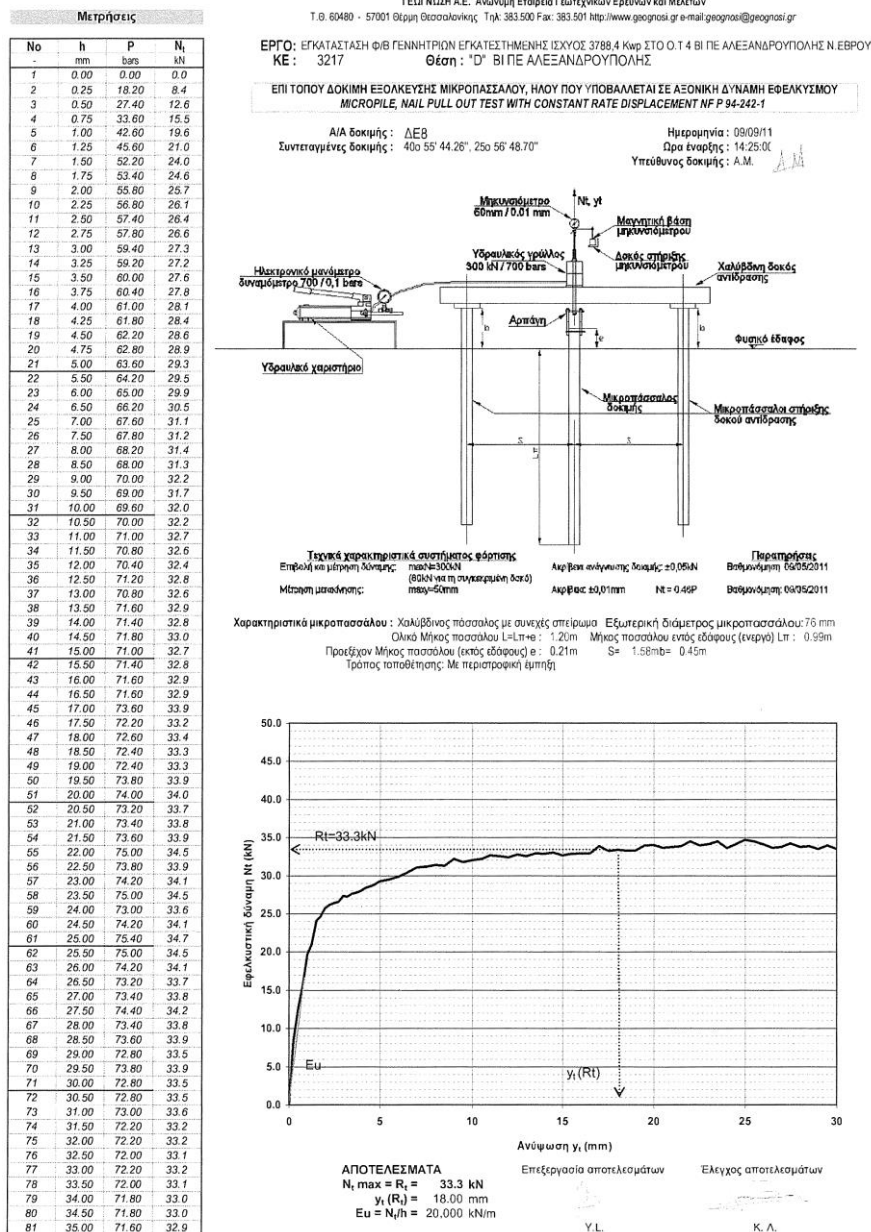
Στη συνέχεια εκτελέστηκαν οι 11 δοκιμαστικές φορτίσεις τα αποτελέσματα των οποίων παρουσιάζονται στον πίνακα 2, ενώ στο σχήμα 6 παρουσιάζεται, ως αντιπροσωπευτικό, το πλήρες φύλλο της δοκιμής ΔΕ8 όπου απεικονίζεται και η διάταξη των δοκιμών. Όλες οι γεώβιδες είχαν μήκος 1.20 m, πλην εκείνων των δοκιμών ΔΕ7 και ΔΕ9 που είχαν μήκος 1,50 m. Ως ενεργό μήκος χαρακτηρίζεται το εντός του εδάφους μήκος της γεώβιδας.

A/A Δοκ. Φόρτισης	Περιοχή	maxN=R _i (kN)	h (R _i) (mm)	E _u =N _i /h (kN/m)	Ενεργό μήκος πασσάλου L _π
ΔΕ1	A	27,0	17,0	16.000	0,90
ΔΕ2	A	42,0	13,0	18.500	1,02
ΔΕ3	B1	29,5	10,0	19.791	0,77
ΔΕ4	B1	44,0	16,0	12.000	1,10
ΔΕ6	B2	50,7	4,0	29.000	1,10
ΔΕ7	B2	43,5	19,0	24.000	1,06
ΔΕ8	D	33,3	18,0	20.000	0,99
ΔΕ9	B2	40,0	10,5	20.000	1,35
ΔΕ11	D	45,6	7,0	28.000	1,01
ΔΕ13	D	26,2	15,0	16.000	0,96
*ΔΕ10	D	19,0	0,25	76.000	0,73

Σημείωση: Όλοι οι δοκιμασθέντες μικροπασσάλους (εδαφόβιδες) τοποθετήθηκαν με περιστροφική έμπηξη εντός του εδάφους, πλην του ΔΕ10, στον οποίο προηγήθηκε, προδιάτρηση και εν συνεχεία τοποθέτηση με περιστροφή.

Πίν. 2: Αποτελέσματα δοκιμαστικών φορτίσεων γεωβιδών (απόσπασμα γεωτεχνικής έρευνας).

5-3



Σχ. 6 – Πλήρες φύλλο της δοκιμαστικής φόρτισης ΔΕ8 (απόσπασμα γεωτεχνικής έρευνας).

Από τα αποτελέσματα των δοκιμών για γεώβιδα μήκους 1,20 m και σύμφωνα με τον Ευρωκώδικα 7 για αριθμό δοκιμών $n = 10$, προέκυψαν οι παρακάτω τιμές σχεδιασμού:

Θλιπτική αντοχή σχεδιασμού: $R_{cd} = 35,17 \text{ kN}$ ($> \max F_c = 13,50 \text{ kN}$)

Εφελκυστική αντοχή σχεδιασμού: $R_{td} = 27,47 \text{ kN}$ ($> \max F_t = 22,10 \text{ kN}$)

όπου F_c , F_t τα μέγιστα φορτία ανά γεώβιδα όπως αυτά προέκυψαν από τη στατική μελέτη.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός αυτού του άρθρου ήταν να κάνει γνωστή μια καινοτόμο γεώβιδα που κατασκευάζεται από ενιαίο σωλήνα. Η μέθοδος κατασκευής της εν λόγω γεώβιδας:

- παρέχει μέγιστη αξιοποίηση του υλικού του ενιαίου σωλήνα,
- μπορεί να εφαρμοστεί σε σωλήνες μικρού και μεγάλου πάχους,
- υλοποιείται με μηχανήματα-συσκευές χαμηλού κόστους,
- καταναλώνει ελάχιστη ενέργεια,
- έχει ελάχιστο εργατικό κόστος,
- παρέχει μια βελτιωμένη γεώβιδα που είναι κατάλληλη για θεμελίωση κατασκευών τόσο σε κανονικά όσο και σε σκληρά εδάφη.

Η γεώβιδα αυτή έχει δοκιμαστεί σε ποικίλες εφαρμογές με μεγάλη επιτυχία.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] MITCHELL, ALEXANDER “Patent No. US3986”, *United States Patent Office*, 1845.
- [2] REISCH, STEPHAN “Patent Application No. US2011/0250977A1”, *United States Patent Office*, 2011.
- [3] KRINNER, KLAUS “Offenlegungsschrift DE19836370A1”, *Deutsches Patent- und Markenamt*, 2000.
- [4] ΓΕΩΠΝΑΣ, ΧΡΗΣΤΟΣ “Δίπλωμα Ευρεσιτεχνίας υπ’ αριθμόν 1008021”, *Οργανισμός Βιομηχανικής Ιδιοκτησίας*, 2013.
- [5] ΓΕΩΓΝΩΣΗ Α.Ε. “Οριστική Γεωτεχνική Μελέτη Θεμελίωσης Εγκατάστασης Φ/Β Γεννητριών Ισχύος 3,8 MW στην Αλεξανδρούπολη”, 2011.

SCREW PILE

George A. Gamanis

Civil Engineer (AUPh), M.Sc.
SKYTECH® Metal Structural Systems
Thessaloniki, Greece
e-mail: gamanis@otenet.gr

Xenophon M. Peistikos

Civil Engineer (AUPh)
Thessaloniki, Greece
e-mail: peistikos@otenet.gr

ABSTRACT

This paper addresses the structural use of a novel screw pile which is produced from a single piece of pipe having two opposite longitudinal slits at its lower end. The screw pile, which is configured for penetrating and anchoring into the ground, comprises a sharp conical end which is shaped by axial compression and radial forging. As a result of this process, the sharp conical end acquires a spiral cross-section, consisting of two Archimedean spirals. In this way a high strength conical end is obtained. This method for producing a screw pile: (a) utilizes all of the pipe material, (b) can be used for both thin and thick pipes, (c) is realized with low-cost equipment, (d) requires low labor cost, and (e) consumes a low amount of electric energy. The improved screw pile is suitable for foundations to both loose and hard soils.

An example of a successful practical application concerning the foundation of a 3,8 MW photovoltaic power station is included.

Keywords: *Screw pile; foundation; sharp conical end; spiral cross-section; axial compression and radial forging.*