

Ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν για την εξάλειψη αντιφάσεων μεταξύ των μελετών οπλισμένου εδάφους.

Issues to be addressed for consistent designs in reinforced soil.

CARR, ROBERT W. Πολιτικός Μηχανικός, Τμηματάρχης Γεωτεχνικών, ΕΟΑΕ.
ΣΑΚΟΥΜΠΕΝΤΑ, ΕΛΕΝΗ Πολιτικός Μηχανικός, Συντονίστρια Γεωτεχνικών, ΕΟΑΕ.
ΧΟΥΣΙΑΔΑΣ, ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ Α. Πολιτικός Μηχανικός, Αναπ. Τμηματάρχης Γεωτεχνικών, ΕΟΑΕ.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Το οπλισμένο έδαφος έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στην Εγνατία Οδό σε τοίχους οπλισμένης γης και οπλισμένα επιχώματα και έχει αποκτηθεί σημαντική εμπειρία από την επισκόπηση μελετών και την επίβλεψη κατά την κατασκευή. Η εμπειρία αυτή έχει οδηγήσει στον εντοπισμό μίας σειράς ζητημάτων που προκαλούν προβλήματα ειδικότερα στο στάδιο της μελέτης. Τα προβλήματα απορρέουν από την έλλειψη ενός εθνικού κώδικα πρακτικής στην Ελλάδα, καθώς και από τις αντιφάσεις που συναντά κανείς στους διαφορετικούς μελετητικούς κώδικες που υπάρχουν, ειδικά όσον αφορά τον αντισεισμικό σχεδιασμό. Επιπλέον, δυσκολίες υπάρχουν και στην έγκριση των σχετικών προϊόντων της αγοράς λόγω της ανεπαρκούς και ανακόλουθης πιστοποίησης.

ABSTRACT: Reinforced soil has been widely used on Egnatia Odos both in retaining walls and in reinforced embankment slopes and considerable experience has been gained in reviewing designs and supervising construction. This experience has enabled a number of issues to be identified which create problems particularly relating to design. These result from the lack of a national code of practice for work in Greece and inconsistencies between various existing design codes and recommendations, particularly with respect to earthquake design. Also, product approval difficulties have occurred because of deficient and inconsistent certification.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τεχνική του οπλισμένου εδάφους έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως στα έργα της Εγνατίας Οδού, τόσο στην κατασκευή τοίχων αντιστήριξης όσο και στα πρανή οπλισμένων επιχωμάτων, ενώ σημαντική σχετική εμπειρία έχει αποκτηθεί μέσα από την επισκόπηση των μελετών και την επίβλεψη της κατασκευής. Η εμπειρία αυτή επέτρεψε τον εντοπισμό μίας σειράς ζητημάτων που προκαλούν προβλήματα ειδικότερα στο στάδιο της μελέτης. Τα προβλήματα απορρέουν από την έλλειψη ενός εθνικού κώδικα πρακτικής στην Ελλάδα, καθώς και από τις αντιφάσεις που συναντά κανείς στους διαφορετικούς μελετητικούς κώδικες που υπάρχουν, ειδικά όσον αφορά τον αντισεισμικό σχεδιασμό. Επιπλέον, δυσκολίες υπάρχουν και στην έγκριση των σχετικών προϊόντων της αγοράς λόγω της ανεπαρκούς και ανακόλουθης πιστοποίησης.

Πρόσφατα εκδόθηκε το Ευρωπαϊκό Πρότυπο EN 14475:2006, με τίτλο «Εκτέλεση ειδικών γεωτεχνικών έργων – Οπλισμένες επιχώσεις». Στην Εισαγωγή του Προτύπου επισημαίνεται ότι για την ανάπτυξη των προτύπων που αφορούν τις οπλισμένες επιχώσεις υιοθετήθηκε μία προσέγγιση δύο σταδίων. Κατά το πρώτο στάδιο, ανατέθηκε από την Τεχνική Επιτροπή 288 στην Ομάδα Εργασίας 9 η σύνταξη προτύπου EN που θα περιλαμβάνει κατευθυντήριες οδηγίες για την Κατασκευή Οπλισμένων Επιχώσεων και στη συνέχεια η δημιουργία δεύτερου προτύπου που θα αφορά τη μελέτη οπλισμένων επιχώσεων. Στην Εισαγωγή αναφέρεται, επίσης, ότι αυτή τη στιγμή οι μελέτες οπλισμένων επιχώσεων εκπονούνται με βάση τα υφιστάμενα εθνικά πρότυπα, όπως είναι το BS 8006 (1995), το NF P 94-220 (1998), κ.ά. Είναι σημαντικό, επομένως, να λάβουμε υπόψη το γεγονός ότι σήμερα δεν υπάρχει ένας ενιαίος

μελετητικός κώδικας τον οποίο μπορεί να ακολουθήσει το σύνολο των Ελλήνων μελετητών.

Ο Ευρωκώδικας 7 (EN 1997-1) απέκτησε το Μάιο 2005 ισχύ εθνικού προτύπου με διάρκεια έως το Μάρτιο 2010. Ο κώδικας πραγματεύεται το πώς προκύπτουν οι χαρακτηριστικές τιμές δράσεων και οι τιμές των γεωτεχνικών παραμέτρων. Ορίζει, επίσης, μερικούς συντελεστές εδαφικών παραμέτρων για οριακή κατάσταση αστοχίας (Παράρτημα Α – κανονιστικό) και περιγράφει τρεις μελετητικές προσεγγίσεις οι οποίες υιοθετούν διαφορετικές κατανομές των μερικών συντελεστών για δράσεις, τα αποτελέσματα των δράσεων και τις ιδιότητες των υλικών (Παράρτημα Β – πληροφοριακό). Είναι σαφές ότι κάθε μελετητικό πρότυπο για οπλισμένο έδαφος θα πρέπει να είναι συμβατό με τον Ευρωκώδικα 7, ωστόσο σήμερα υπάρχουν σημαντικές ανακολουθίες μεταξύ των μελετητικών προσεγγίσεων του οπλισμένου εδάφους και των μερικών συντελεστών ασφαλείας που πρέπει να εφαρμόζονται στις εδαφικές παραμέτρους, τα υλικά και τα φορτία.

Παρά τα όσα αναφέρθηκαν, στα σημεία που ακολουθούν εντοπίζονται ζητήματα που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν κατά την κατάρτιση του προτύπου για τη μελέτη οπλισμένου εδάφους, ώστε να διασφαλίζεται μία συνεπής και οικονομικά συμφέρουσα μελετητική πρακτική.

2. ΘΕΜΑΤΑ ΠΡΟΣ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ

2.1 Μέγιστοι παράμετροι διατμητικής αντοχής έναντι παραμέτρων διατμητικής αντοχής Κρίσιμης Κατάστασης.

Στα πρότυπα BS8006 και FHWA-NFI τόσο για τους τοίχους όσο και για τα πρανή χρησιμοποιούνται οι μέγιστοι παράμετροι διατμητικής αντοχής, ενώ το πρότυπο HA 68/94 για τα πρανή χρησιμοποιεί τιμές κρίσιμης κατάστασης (c_v) όπου c_{cv} «συνήθως ισούται με μηδέν».

2.2 Διάρκεια ζωής σχεδιασμού

Η ονομαστική διάρκεια ζωής σχεδιασμού για τεχνικά αυτοκινητοδρόμων είναι 120 έτη. Το πρότυπο BS 8006 ορίζει αυτή τη διάρκεια ζωής για τους τοίχους αντιστήριξης και τα ακρόβαθρα γεφυρών, ενώ υιοθετεί μόνο 60 έτη για τα επιχώματα αυτοκινητοδρόμων. Ομοίως, το πρότυπο HA 68/94 επισημαίνει ότι η ονομαστική διάρκεια ζωής σχεδιασμού που λαμβάνεται για πρανή οπλισμένων επιχώσεων θα πρέπει να είναι 60 έτη. Η FHWA δίνει ελάχιστη διάρκεια ζωής 75

έτη για μόνιμους τοίχους αντιστήριξης, αλλά υποδεικνύει «υψηλότερο επίπεδο ασφαλείας ή / και μακρύτερη διάρκεια ζωής (ήτοι 100 έτη) για τοίχους που υποστηρίζουν ακρόβαθρα γεφυρών, κλπ... όπου οι συνέπειες της μικρής επιτελεστικότητας ή τυχόν αστοχίας είναι σοβαρότερες.» Η FHWA δεν προχωράει σε συγκεκριμένη υπόδειξη για οπλισμένα πρανή, αλλά σε παράδειγμα σχεδιασμού πρανούς υιοθετεί ελάχιστη διάρκεια ζωής σχεδιασμού τα 75 έτη για κατασκευή νέου επιχώματος.

2.3 Ορισμός απαιτήσεων οπλισμού κατά τη μελέτη.

Οι τιμές που δίνει το Υπουργείο για οπλισμό πρανών με γεωσυνθετικά υλικά βασίζονται στην οριακή αντοχή. Αυτό θεωρείται ανάρμοστο αφού διαφορετικά προϊόντα με παρόμοια οριακή αντοχή μπορεί να έχουν διαφορετικούς μερικούς και, κατά συνέπεια, διαφορική αντοχή σχεδιασμού. Η προτιμότερη μέθοδος ορισμού των απαιτήσεων οπλισμού είναι αυτή που βασίζεται στην αντοχή σχεδιασμού, μέθοδος που επιτρέπει στον ανάδοχο να επιλέξει οποιοδήποτε προϊόν επιθυμεί και να εφαρμόσει τους μερικούς συντελεστές ασφαλείας που ισχύουν για το συγκεκριμένο προϊόν κι έτσι να επιτύχει την απαιτούμενη αντοχή σχεδιασμού. Βεβαίως, για λόγους συμβατότητας, οι τιμές μονάδας των άρθρων τιμολογίου του ΥΠΕΧΩΔΕ θα έπρεπε να βασίζονται στην αντοχή σχεδιασμού ή θα έπρεπε να διαφέρουν αναλόγως του υλικού κατασκευής του γεωσυνθετικού υλικού.

2.4 Δοκιμές γεωσυνθετικών προϊόντων.

Ο μόνος τρόπος να αποκλειστούν χαμηλής ποιότητας ή μη - εγκεκριμένα προϊόντα είναι η επιλογή γεωσυνθετικών προϊόντων οπλισμού που υπόκεινται σε επαρκείς δοκιμές και διαθέτουν κατάλληλη πιστοποίηση. Οι απαιτήσεις δοκιμών και πιστοποίησης θα πρέπει να είναι σαφείς. Θα πρέπει να ορίζεται σειρά δοκιμών, τις οποίες θα εκπονούν μόνο πλήρως αναγνωρισμένα εργαστήρια, ενώ θα πρέπει τα σχετικά αποτελέσματα να είναι διαθέσιμα. Σήμερα, υπάρχει ανακολουθία ως προς τα στοιχεία που παρέχονται.

2.5 Πιστοποίηση γεωσυνθετικών προϊόντων.

Η ύπαρξη ενός εθνικού πιστοποιητικού θα μπορούσε να καταστήσει περιττό το φάκελο των αποτελεσμάτων εργαστηριακών δοκιμών, ωστόσο είναι περιορισμένος ο αριθμός εθνικών

πιστοποιητικών που υπάρχουν αυτή τη στιγμή, ενώ ακόμα και αυτά που υπάρχουν δεν είναι συγκρίσιμα. Επιπλέον, η έκδοση εθνικών πιστοποιητικών συνήθως αφορά την πιστοποίηση ενός προϊόντος για χρήση μόνο στη χώρα έκδοσής τους με συγκεκριμένη μέθοδο σχεδιασμού. Είναι απαραίτητο να διευκρινιστεί σε ποιο βαθμό αλληλοεξαρτώνται η πιστοποίηση, η μελετητική μέθοδος και οι μελετητικοί κώδικες / οδηγίες που υιοθετούνται. Για παράδειγμα, τα Πιστοποιητικά που εκδίδει το BBA¹ αναφέρονται σε σχεδιασμό που ακολουθεί τα εξής:

- ο Τεχνικό Πρότυπο της HA BD70 *Ενισχυμένα Οπλισμένα Εδάφη για Τοίχους Αντιστήριξης και Ακρόβαθρα*. Αποτελεί το τεύχος του Βρετανικού φορέα αυτοκινητοδρόμων Highways Agency με το οποίο εφαρμόζεται το πρότυπο BS8006 για τοίχους από οπλισμένο έδαφος, και
- ο Advice Note της HA HA69 *Μελετητικές Μέθοδοι για τον Οπλισμό Πρανών Αυτοκινητοδρόμων με Οπλισμένο Έδαφος και Τεχνικές Ήλωσης Εδάφους* για πρανή επιχωμάτων έως 70°.

Συνάγεται ότι όταν υιοθετείται το Πιστοποιητικό του BBA, ο μελετητής δεσμεύεται ως προς τη μελετητική μέθοδο και τα μελετητικά πρότυπα που θα ακολουθήσει.

2.6 Συντελεστές Αλληλεπίδρασης.

Οι συντελεστές αλληλεπίδρασης για γεωπλέγματα σε εξόλκευση και ολίσθηση συνήθως λαμβάνονται με τιμή 0.8 περίπου, ωστόσο η τιμή αυτή ποικίλλει από μελετητή σε μελετητή (Η εξ' ορισμού τιμή στο λογισμικό πρόγραμμα ReSSA είναι 0.8 και στις δύο περιπτώσεις). Τα Πιστοποιητικά BBA δίνουν τιμή για συνήθη σχεδιασμό (συντηρητική) 0.6 σε εξόλκευση (συνάφεια) και άμεση ολίσθηση για γεωπλέγματα από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE) και πολυεστέρα σε συμπυκνωμένη κοκκώδη επίχωση, και τιμή 0.7 σε άμεση ολίσθηση για γεωσυνθετικό από πολυεστέρα / πολυπροπυλένιο. Υψηλότερες τιμές μπορούν να επιβεβαιωθούν μέσω της εκπόνησης δοκιμών. Το πιστοποιητικό που εκδίδει το Χόνγκ Κόνγκ για το ίδιο υλικό από πολυαιθυλένιο (HDPE) σε συμπυκνωμένη κοκκώδη επίχωση δίνει συντελεστές 0,8 και 0,9 σε εξόλκευση και ολίσθηση, αντιστοίχως. Οι διαφορές μεταξύ των τιμών που προβλέπονται από τα πιστοποιητικά και αυτών που χρησιμοποιούνται στις μελέτες, είναι κάτι που θεωρείται μάλλον προβληματικό.

¹ British Board of Agrément

2.7 Μέγιστη κατακόρυφη απόσταση μεταξύ των οπλισμών.

Η FHWA επισημαίνει ότι για πρανή με ή χωρίς περιέλιξη του οπλισμού στην όψη, οι αποστάσεις μεταξύ των στοιχείων του οπλισμού δεν θα πρέπει να ξεπερνούν τα 0.4m (απόσταση μεταξύ του κύριου και του δευτερεύοντος - εάν υπάρχει - οπλισμού) και 0.8m για συστήματα με δύσκαμπτη όψη. Το πρότυπο BS 8006 δίνει μέγιστη κατακόρυφη απόσταση 1.0m για οπλισμένα πρανή. Η μέγιστη κατακόρυφη απόσταση πρέπει να καθορίζεται για τις διάφορες εφαρμογές οπλισμένου εδάφους και διατάξεις οπλισμένων πρανών ή τοίχων, κατά περίπτωση.

2.8 Αντισεισμικός σχεδιασμός.

Έχει διαπιστωθεί ότι η συμπεριφορά του οπλισμένου εδάφους όταν ασκείται σεισμική φόρτιση είναι ικανοποιητική [π.χ. ο σεισμός του Hyogo-ken Nanbu (Kobe) το 1995]. Ωστόσο, υπάρχει μία σειρά ζητημάτων που πρέπει να αντιμετωπιστούν και ανακολουθιών που πρέπει να επιλυθούν:

2.8.1 Κώδικας Σχεδιασμού.

Ο αντισεισμικός σχεδιασμός αποτελεί σημαντικό ζήτημα στις ΗΠΑ και την Ιαπωνία, και το οπλισμένο έδαφος χρησιμοποιείται ευρέως στις χώρες αυτές. Ωστόσο, καμία από τις δύο δεν διαθέτει έναν εθνικό κώδικα που να καλύπτει συγκεκριμένα τα τεχνικά από οπλισμένο έδαφος. Οι εθνικοί κώδικες, από την άλλη μεριά, της Αγγλίας (BS 8006) και του Χόνγκ Κόνγκ (Geoguide 6) (9) για το οπλισμένο έδαφος δεν καλύπτουν τον αντισεισμικό σχεδιασμό. Στην Ελλάδα, οι τοίχοι αντιστήριξης από οπλισμένο έδαφος πρέπει να συμμορφώνονται με τον ΕΑΚ 2000, εκτός εάν υπάρχει επαρκής τεχνική τεκμηρίωση για το αντίθετο. Θα πρέπει επίσης να λαμβάνεται υπόψη ο Ευρωκώδικας 8 για το σχεδιασμό αντισεισμικών κατασκευών αν και το Παράρτημα που θα καλύπτει την εφαρμογή του συγκεκριμένα στην Ελλάδα υπάρχει μόνο ως προσχέδιο. Οι δύο αυτοί κώδικες δεν καλύπτουν ούτε αναφέρονται συγκεκριμένα στο οπλισμένο έδαφος.

2.8.2 Παραμόρφωση τοίχου / επιχώματος που επηρεάζει το συντελεστή σεισμικής επιβάρυνσης.

Στον ΕΑΚ και τον Ευρωκώδικα 8 η τιμή σχεδιασμού του οριζόντιου συντελεστή σεισμικής επιβάρυνσης για τους τοίχους αντιστήριξης κυμαίνεται μεταξύ 0.5 και 1.0 x το συντελεστή επιτάχυνσης, α , ανάλογα με την ελευθερία κίνησης του τοίχου (300α mm για 0.5 x α και άκαμπτος για 1.0 x α). Ο Αυστραλιακός κώδικας AS 4678-2002 για τοίχους αντιστήριξης και η FHWA για τοίχους από οπλισμένο έδαφος υιοθετούν τιμή $\alpha_h = \alpha/2$ με την προϋπόθεση ότι οι αποδεκτές μετατοπίσεις δεν ξεπερνούν τα 250α mm. Για παράδειγμα, για $\alpha=0.24$ (ζώνη 2 στην Ελλάδα), $250\alpha = 60\text{mm}$. Ο μελετητής οφείλει λοιπόν να εκτιμήσει την επιτρεπτή μετατόπιση του τοίχου κατά τη διάρκεια του σεισμού, προκειμένου να αποφασίσει για την κατάλληλη τιμή του σεισμικού συντελεστή. Δεν υπάρχουν οδηγίες σχετικά με το ποιές παραμορφώσεις είναι αποδεκτές έτσι ώστε να μπορεί να υιοθετηθεί τιμή 0.5 x α για τον οριζόντιο συντελεστή σεισμικής επιβάρυνσης.

2.8.3 Ενίσχυση επιτάχυνσης σχεδιασμού.

Η FHWA εφαρμόζει για την ενίσχυση την ακόλουθη εξίσωση για τοίχους:

$$\alpha_{mh} = (1.45 - \alpha_h) \alpha_h \quad (1)$$

η οποία αυξάνει την επιτάχυνση σχεδιασμού για τιμές $\alpha_h < 0.45$ (ουσιαστικά, για όλες τις περιπτώσεις). Το πρότυπο AS 4678-2002 χρησιμοποιεί την ίδια εξίσωση μόνο για μεταλλικό οπλισμό με επανεπίχωση από κοκκώδες υλικό. Ο ΕΑΚ δεν χρησιμοποιεί την προαναφερθείσα εξίσωση.

2.8.4 Άσκηση οριζόντιων δυναμικών ωθήσεων και οριζόντιων αδρανειακών δυνάμεων.

Η σεισμική φόρτιση θεωρείται ότι αποτελείται από δύο συνιστώσες, της οριζόντιας δυναμικής ώθησης, η οποία (μαζί με τη στατική φόρτιση) ορίζεται με τη μέθοδο των Mononobe-Okabe, και της αδρανειακής δύναμης, την οποία ασκεί το ενεργό τμήμα του οπλισμένου εδάφους. Η FHWA προτείνει 50% μείωση της δυναμικής ώθησης δεδομένου ότι η ώθηση και η αδρανειακή δύναμη είναι απίθανο να φτάσουν σε οριακές τιμές ταυτόχρονα. Η Bautechnik, η γερμανική μελετητική μέθοδος, επίσης εφαρμόζει 50% της δυναμικής συνιστώσας. Ωστόσο, το πρότυπο AS 4678 δημιουργεί σύγχυση στο ζήτημα αυτό, αφού προτείνει τη μείωση της αδρανειακής δύναμης κατά 50% (Παράγραφος I15) ενώ σε ακόλουθη

παράγραφο (Παράγραφος I17) τη μείωση (συνήθως 50%) του φορτίου των εξωτερικών δυναμικών εδαφικών ωθήσεων. Ο ΕΑΚ δεν προτείνει τη μείωση καμίας εκ των δύο δυνάμεων, και έτσι προκύπτει η παραδοχή ότι και οι δύο εφαρμόζονται ταυτόχρονα χωρίς καμία μείωση. Αυτή είναι και η συνήθης ελληνική πρακτική για τη μελέτη τοίχων αντιστήριξης. Η κατακόρυφη επιτάχυνση σχεδιασμού, α_v , λαμβάνεται με τιμή μηδέν από την FHWA και το πρότυπο AS 4678, ενώ ο ΕΑΚ προτείνει τιμή 0.3 α , η οποία για $\alpha_h = 0.5\alpha$ δίνει $\alpha_v = 0.6 \alpha_h$.

2.8.5 Επιτάχυνση σχεδιασμού για επιχώματα.

Στον ΕΑΚ, ο συντελεστής επιτάχυνσης σχεδιασμού που ασκείται στο επίχωμα λαμβάνεται ως η μέση τιμή του συντελεστή που εφαρμόζεται στη βάση του επιχώματος, 0.5 α , και στην στέψη, 0.5 α x $\beta(T)$, όπου $\beta(T)$ είναι η φασματική επιτάχυνση, η οποία συντηρητικά λαμβάνεται με τιμή 2.5, δίνοντας επιτάχυνση σχεδιασμού 0.875 α . Η τιμή αυτή είναι συγκρίσιμη με τον οριζόντιο σεισμικό συντελεστή 0.5 α που προτείνεται από την FHWA και άλλες μελετητικές μεθόδους.

2.8.6 Συντελεστές ασφάλειας.

Η FHWA επισημαίνει ότι οι επιτρεπόμενοι ελάχιστοι δυναμικοί συντελεστές ασφάλειας για σχεδιασμό τοίχου θεωρείται ότι ισοδυναμούν με το 75% των στατικών συντελεστών ασφάλειας σε όλες τις μορφές αστοχίας. Δεν γίνεται σαφές, εντούτοις, κατά πόσο αυτό ισχύει και στο σχεδιασμό πρανών. Για εξόλκευση, ωστόσο, ο συντελεστής τριβής μειώνεται στο 80% της στατικής τιμής. Δίνεται συντελεστής ασφάλειας 1.5 υπό στατική φόρτιση σε εξόλκευση για κοκκώδες υλικό με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο συντελεστής ασφάλειας στα 1.875. Στις σημειώσεις του προγράμματος ReSlope (Leshchinsky) (12) ο συντελεστής ασφάλειας αυξάνεται κατά 20% δίνοντας τιμή 1.8.

2.8.7 Συντελεστής μείωσης λόγω ερπυσμού για οπλισμό με γεωσυνθετικά υλικά.

Οι σημειώσεις του προγράμματος ReSlope και η FHWA (σελ. 116) επισημαίνουν ότι ο συντελεστής μείωσης λόγω ερπυσμού μπορεί να ληφθεί ίσος με τη μονάδα λόγω του ότι το ασκούμενο ψευδο-στατικό φορτίο είναι μικρής διάρκειας. Η FHWA στην παράγραφο που αφορά τη μελέτη τοίχων (σ. 116) δεν προτείνει απομείωση λόγω ερπυσμού για τον υπολογισμό

της εφελκυστικής αντοχής του οπλισμού σε δυναμικά φορτία, αφού αυτά εφαρμόζονται μόνο για μικρή χρονική περίοδο. Απαιτείται όμως απομείωση για το στατικό κομμάτι της φόρτισης. Παρόλα αυτά το ευρέως χρησιμοποιούμενο λογισμικό για τοίχους οπλισμένης γης MSEW, στο οποίο γίνεται αναφορά στο FHWA, δεν έχει τη δυνατότητα διαχωρισμού μεταξύ των φορτίσεων και έτσι, η απομείωση είτε εφαρμόζεται συνολικά, είτε όχι. Στη μελέτη οπλισμένων επιχωμάτων, η φόρτιση που θεωρείται κατά τη διάρκεια του σεισμού είναι ουσιαστικά το αδρανειακό φορτίο. Το λογισμικό ReSlope όμως προτείνει την εκτέλεση στατικών αναλύσεων με τον πλήρη συντελεστή ερπυσμού. Η υιοθέτηση μερικού συντελεστή ασφαλείας για τον ερπυσμό ίσο με τη μονάδα για σεισμική φόρτιση συνεπάγεται ότι ο ερπυσμός δεν αποτελεί ένα φαινόμενο υποβάθμισης, δηλ. η μείωση της αντοχής λόγω ερπυσμού δεν αποτελεί σταδιακή υποβάθμιση καθ' όλη της διάρκεια ζωής σχεδιασμού, αλλά εμφανίζεται για σχετικά μικρή χρονική περίοδο προς το τέλος της ζωής του τεχνικού. Κανένας εθνικός κώδικας δεν περιλαμβάνει σχετικές οδηγίες. Ορισμένοι μελετητές χρησιμοποιούν την πλήρη τιμή του συντελεστή μείωσης, η οποία για υλικά από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE) μπορεί να είναι >2.5. Παρόλο που το ζήτημα αυτό αποτελεί θέμα προς έρευνα, ενδεχομένως να μην είναι σωστό να δίνεται μία ενιαία τιμή τόσο για υλικά από πολυεστέρα όσο και από πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE) υπό συνθήκες σεισμικής φόρτισης. Ο πολυεστέρας διατηρεί περισσότερο την αντοχή του προς το τέλος της διάρκειας ζωής σχεδιασμού απ' ό,τι το HDPE, το οποίο εμφανίζει εντονότερη υποβάθμιση. Ωστόσο, αυτό αντισταθμίζεται από το ότι η αύξηση της αντοχής του HDPE κάτω από συνθήκες ταχείας φόρτισης (π.χ. σεισμικής φόρτισης) είναι μεγαλύτερη σε σχέση με του πολυεστέρα.

2.8.8 Κινητό φορτίο

Υπάρχουν ασάφειες ως προς το ποια τιμή κινητού φορτίου πρέπει, εάν αυτό είναι απαραίτητο, να εφαρμοστεί κατά τον αντισεισμικό σχεδιασμό.

3. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στο βαθμό που γνωρίζουν οι συγγραφείς της παρούσας εισήγησης, δεν έχει καθοριστεί ένα χρονοδιάγραμμα ανάπτυξης μελετητικού προτύπου για τις οπλισμένες επιχώσεις, αν και είναι πιθανό η διαδικασία να διαρκέσει αρκετά

χρόνια. Ωστόσο, θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμο για τους μελετητές που ασχολούνται με το οπλισμένο έδαφος στην Ελλάδα να συσταθεί επιτροπή για την έκδοση οδηγιών που θα ακολουθούνται τουλάχιστον μέχρι την έκδοση σχετικού προτύπου, οι οποίες θα λαμβάνουν υπόψη τους τα ζητήματα που παρουσιάστηκαν εδώ.

4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AS 4678 2002, Αυστραλιακό Πρότυπο, Τεχνικά Αντιστήριξης, Φορέας: Standards Australia.
- BS8006:1995, Κώδικας πρακτικής για Ενισχυμένα/οπλισμένα εδάφη και άλλες επιχώσεις, Φορέας: British Standards Institution.
- Deutsches Institut für Bautechnik, Πιστοποιητικό Έγκρισης Z 20.1-102.
- FHWA-NFI-00-043, Οδηγίες Σχεδιασμού & Κατασκευής Μηχανικά Σταθεροποιημένων Τοίχων από Γη και Πρανών από Οπλισμένο Έδαφος, Φορέας: U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration, Μάρτιος 2001.
- Geoguide 6, Οδηγία για το Σχεδιασμό Τεχνικών από Οπλισμένες Επιχώσεις και Πρανών, Geotechnical Engineering Office, Hong Kong.
- HA 68/94, Μελετητικές Μέθοδοι για τον Οπλισμό Υψηλών Πρανών με τη χρήση Οπλισμένου Εδάφους και Ήλωσης Εδάφους, Φορέας: UK Highways Agency.
- EAK 2000, Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός 2000.
- Ευρωκώδικας 7 (EN 1997-1), Γεωτεχνικός Σχεδιασμός.
- Ευρωκώδικας 8 (Προσχέδιο Προτύπου), Αντισεισμικός σχεδιασμός κατασκευών, DD ENV 1998-5:1996, Μέρος 5. Θεμελιώσεις, τεχνικά αντιστήριξης και γεωτεχνικά ζητήματα.
- Σημειώσεις λογισμικού προγράμματος ReSSA (Leshchinsky).