

Αξιολόγηση παραδοχών προσομοίωσης συμπεριφοράς στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος σε μη-γραμμικές αναλύσεις.

Δ. Κ. Μπάρος
Πολιτικός Μηχανικός

Σ. Η. Δρίτσος
Αναπλ. Καθηγητής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Πανεπιστημίου Πατρών

Λέξεις κλειδιά: αποτίμηση, μη-γραμμική στατική ανάλυση, πλαστική άρθρωση, γωνία στροφής χορδής

ΠΕΡΙΛΗΨΗ: Στην παρούσα εργασία εξετάζονται τα προτεινόμενα από το Σχέδιο του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ) προσομοιώματα συμπεριφοράς των δομικών στοιχείων και η χρήση τους για τη σεισμική αποτίμηση με χρήση της μη-γραμμικής στατικής ανάλυσης (pushover). Οι προτεινόμενες σχέσεις (ΚΑΝ.ΕΠΕ, 2004, 2006) χρησιμοποιούνται για την προσομοίωση των μελών δύο τυπικών κτιρίων. Εξετάζονται πιθανές αποκλίσεις μεταξύ των διατιθέμενων σχέσεων, καθώς και η επιρροή διαφορετικών παραδοχών για τις τιμές του μήκους διάτμησης και του ανηγμένου αξονικού φορτίου στα προσδιοριζόμενα μεγέθη. Τέλος ελέγχεται η επίδραση των ίδιων παραμέτρων στην τελική μορφή της καμπύλης τέμνουσας βάσης – μετατόπισης και στα συμπεράσματα της διαδικασίας αποτίμησης.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι μη-γραμμικές διαδικασίες ανάλυσης, σε συνδυασμό με τη λογική των σταθμών επιτελεσματικότητας, έχουν αντικαταστήσει σε σημαντικό βαθμό τις «κλασικές» γραμμικές μεθόδους, ιδιαίτερα στο πεδίο της αποτίμησης και του ανασχεδιασμού υφιστάμενων κατασκευών. Το γεγονός αυτό αποδίδεται στην αποδοτικότερη διαχείριση του πολύπλοκου, σε σχέση με το σχεδιασμό νέων κατασκευών, προβλήματος και στην ακριβέστερη πρόβλεψη της συμπεριφοράς της κατασκευής που επιτυγχάνεται.

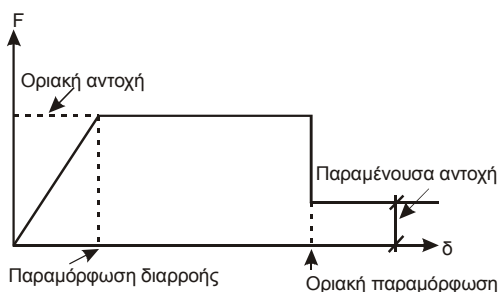
Η μη-γραμμική στατική ανάλυση, γνωστή και ως ανάλυση pushover, τείνει τα τελευταία χρόνια να καθιερωθεί ως η κύρια μέθοδος για την ανάλυση υφιστάμενων κατασκευών με σκοπό την σεισμική αποτίμησή τους. Η μέθοδος αυτή είναι απλούστερη και πιο προσιτή από την ανάλυση με χρονοϊστορίες (μη-γραμμική δυναμική), χωρίς να υστερεί ως προς την ακρίβεια με την οποία προσεγγίζεται η συμπεριφορά της κατασκευής. Στην καθιέρωση της μεθόδου αυτής συνετέλεσε η ανάπτυξη προσομοιωμάτων που επιτρέπουν την ακριβή εκτίμηση της συμπεριφοράς των δομικών μελών μετά τη θεωρητική διαρροή τους μέσα από εύχρηστες σχέσεις. Μέσω των σχέσεων αυτών η ικανότητα κάθε μέλους εκφράζεται ποσοτικά με βάση είτε τη γωνία στροφής πλαστικής άρθρωσης, είτε τη γωνία στροφής χορδής. Αναλυτικές πληροφορίες για τα προσομοιώματα αυτά μπορούν να αναζητηθούν στα σχέδια κανονισμών στα οποία έχουν συμπεριληφθεί και αφορούν κυρίως την αποτίμηση και ανασχεδιασμό υφιστάμενων κατασκευών (ΚΑΝ.ΕΠΕ 2004, 2006, FEMA 356, 2000, ATC-40, 1996).

Στο Σχέδιο του Κανονισμού Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ) διατίθενται δύο εμπειρικές σχέσεις για τον προσδιορισμό της διαθέσιμης γωνίας στροφής χορδής των μελών ενός φορέα (ή του πλαστικού τμήματος αυτής). Σκοπός της παρούσης εργασίας είναι αρχικά να διερευνηθεί εάν υπάρχουν διαφορές στα αποτελέσματα των δύο εξισώσεων και αν το αποτέλεσμα της ανάλυσης επηρεάζεται από την επιλογή της σχέσης που θα χρησιμοποιηθεί για τις ικανότητες των μελών. Στη συνέχεια εξετάζεται η επίδραση των παραδοχών που λαμβάνονται για το μήκος διάτμησης και το αξονικό φορτίο στις ανελαστικές ικανότητες των δομικών στοιχείων που προσδιορίζονται μέσω των

εμπειρικών σχέσεων και στην κρίσιμη μετακίνηση της κατασκευής που προκύπτει από τη μη-γραμμική ανάλυση. Για τις ανωτέρω διερευνήσεις χρησιμοποιούνται δύο κτίρια τα οποία έχουν μορφωθεί και διαστασιολογηθεί με βάση της επικρατούσες πριν το 1985 αντιλήψεις. Το ένα είναι πλαισιακό, με οπλισμό από νευρογάλυβες και το δεύτερο τοιχωματικό, με λείες ράβδους οπλισμού.

2 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΩΝ ΔΟΜΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.

Η συμπεριφορά της κρίσιμης περιοχής ενός δομικού στοιχείου περιγράφεται μέσω ενός διαγράμματος έντασης – παραμόρφωσης. Η μορφή του διαγράμματος είναι τέτοια, ώστε να προσεγγίζει κατά το δυνατόν την περιβάλλουσα των βρόχων υστέρησης κατά την επιβολή ανακυκλιζόμενης έντασης στο υπόψιν μέλος. Για τις ανάγκες της προσομοίωσης τελικώς υιοθετείται ένα πολυγραμμικό διάγραμμα, με αρχικό ελαστικό κλάδο που εκτείνεται για μέλη σκυροδέματος μέχρι τη θεωρητική διαρροή της κρίσιμης διατομής και στη συνέχεια έναν ευθύγραμμο κλάδο που εκφράζει την ανελαστική απόκριση και εκτείνεται μέχρι τη θεωρητική αστοχία του μέλους, η οποία αντιστοιχεί σε απότομη πτώση της φέρουσας ικανότητας μεγαλύτερη του 20% της αρχικής. Ένα τέτοιο διάγραμμα έχει τη μορφή του παρακάτω σχήματος (Σχ. 1).



Σχήμα 1. Θεωρητική καμπύλη εντατικού μεγέθους – παραμόρφωσης (ΚΑΝ.ΕΠΕ, 2004, 2006).

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1, στον ΚΑΝΕΠΕ δεν λαμβάνεται υπόψη πιθανή περαιτέρω αύξηση της αντοχής του μέλους μετά τη διαρροή, σε αντίθεση με άλλα σχέδια κανονισμών (FEMA 356, 2000, ATC-40, 1996), όπου ο μετελαστικός κλάδος δύναται να έχει μη-μηδενική κλίση.

Για μέλη οπλισμένου σκυροδέματος το μέγεθος έντασης που επιλέγεται συνήθως είναι η ροπή M , η οποία μπορεί να είναι η μέγιστη ροπή που αντιστοιχεί στην καμπτική ή τη διατμητική αστοχία στις κρίσιμες περιοχές του. Για την παραμόρφωση υιοθετούνται μεγέθη τα οποία είναι έργο – αντίστοιχα με τη ροπή και επιπλέον λαμβάνουν υπόψη την συνύπαρξη καμπτικών και διατμητικών παραμορφώσεων, καθώς και την εξόλκευση των ράβδων οπλισμού. Στα σχέδια κανονισμών που αναπτύχθηκαν στις Η.Π.Α. (FEMA 356, 2000, ATC-40, 1996) χρησιμοποιείται η γωνία στροφής πλαστικής άρθρωσης θ_{pl} (Σχ. 2(a)), της οποίας η διαθέσιμη τιμή για την κρίσιμη περιοχή ενός μέλους προσδιορίζεται από την Εξίσωση 1.

$$\theta_{pl}^u = \left[\left(\frac{1}{r} \right)_u - \left(\frac{1}{r} \right)_y \right] L_{pl} \quad (1)$$

όπου $(1/r)_u$ και $(1/r)_y$, οι καμπυλότητες στην αστοχία και τη διαρροή αντίστοιχα και L_{pl} το μήκος της πλαστικής άρθρωσης, στο οποίο θεωρείται ότι συγκεντρώνονται οι ανελαστικές παραμορφώσεις και για το οποίο διατίθενται πληθώρα σχέσεων υπολογισμού στη βιβλιογραφία (Φαρδής, 2004).

Στον ΚΑΝΕΠΕ, ως παραμόρφωση στη θεωρητική καμπύλη συμπεριφοράς των μελών χρησιμοποιείται η τιμή της γωνίας στροφής χορδής, δηλαδή της γωνίας μεταξύ της χορδής που συνδέει τα δύο άκρα με την εφαπτομένη στην υπόψη θέση του μέλους στην παραμορφωμένη κατάσταση (Σχήμα 2(β)).



Σχήμα 2. Γωνία στροφής (α) πλαστικής άρθρωσης (β) χορδής

Για την περιγραφή της συμπεριφοράς της κρίσιμης περιοχής ενός δομικού στοιχείου απαιτείται ο προσδιορισμός των τιμών έντασης και παραμόρφωσης που αντιστοιχούν σε δύο χαρακτηριστικά σημεία του διαγράμματος (Σχ. 1). Η ροπή που αντιστοιχεί στη θεωρητική διαρροή M_y μπορεί να υπολογιστεί εύκολα, είτε με χρήση των γνωστών μεθόδων προσδιορισμού της ροπής αντοχής, είτε σε σχέση με την καμπυλότητα (KAN.ΕΠΕ, 2004, 2006). Για την αντίστοιχη στροφή χορδής διατίθενται σχέσεις στη βιβλιογραφία (KAN.ΕΠΕ, 2004, 2006, Φαρδής, 2004).

Τα Σχέδια 1 και 2 του ΚΑΝ.ΕΠΕ επιτρέπουν για τον υπολογισμό της διαθέσιμης τιμής της γωνίας στροφής χορδής την ακόλουθη εμπειρική σχέση (KAN.ΕΠΕ, 2004, 2006):

$$\theta_{um} = \varepsilon_u \cdot 0.016 \cdot (0.3^v) \left[\frac{\max(0.01, \omega')}{\max(0.01, \omega)} f_c \right]^{0.225} (a_s)^{0.35} 25^{\left(a \rho_s \frac{f_{yw}}{f_c} \right)} (1.25^{100 \rho_d}) \quad (2)$$

Στα ίδια Κανονιστικά Σχέδια, αντίστοιχη έκφραση για το πλαστικό τμήμα της μέσης γωνίας στροφής χορδής κατά την αστοχία στοιχείου προκύπτει από τη σχέση (KAN.ΕΠΕ, 2004, 2006):

$$\theta_{um}^{pl} = \varepsilon_p \cdot 0.0145 \cdot (0.25^v) \left[\frac{\max(0.01, \omega')}{\max(0.01, \omega)} \right]^{0.3} (f_c)^{0.2} (a_s)^{0.35} 25^{\left(a \rho_s \frac{f_{yw}}{f_c} \right)} (1.275^{100 \rho_d}) \quad (3)$$

Στις ανωτέρω εξισώσεις:

$a_s = M/Vh = L_s/h$, ο λόγος διάτμησης και L_s το μήκος διάτμησης.

ω, ω' μηχανικό ποσοστό εφελκόμενου και θλιβόμενου οπλισμού

$v = N/bhf_c$ το ανηγμένο αξονικό φορτίο

$\rho_s = A_{sx}/b_w s_h$ γεωμετρικό ποσοστό εγκάρσιου οπλισμού παράλληλα στη διεύθυνση της φόρτισης.

ρ_d γεωμετρικό ποσοστό τυχόν δισδιαγώνιου οπλισμού.

f_{yw}, f_c οι αντοχές χάλυβα συνδετήρων και σκυροδέματος αντίστοιχα (σε MPa).

Οι σχέσεις αυτές αφορούν στοιχεία που έχουν κατασκευασθεί με τις μετά το 1985 αντιλήψεις και με χρήση νευροχαλύβων. Για μέλη παλαιότερων κατασκευών οι τιμές που προκύπτουν από τις Εξισώσεις 2 και 3, στο Σχέδιο 1 (KAN.ΕΠΕ, 2004) πολλαπλασιάζονται επί 0.85, ενώ στο Σχέδιο 2 (KAN.ΕΠΕ, 2006) διαιρούνται με 1.2. Οι συντελεστές ε_u και ε_p αφορούν τη χρήση λείων ράβδων και παίρνουν τιμές 0.575 και 0.375 αντίστοιχα στο Σχέδιο 1 (συμπεριλαμβάνεται το 0.85 για παλαιές κατασκευές) και 0.9 και στις δύο εξισώσεις στο Σχέδιο 2. Τέλος για τοιχώματα το 2^ο μέλος της Εξίσωσης 2 πολλαπλασιάζεται επί 0.625 και το αντίστοιχο της Εξίσωσης 3 επί 0.6 (KAN.ΕΠΕ, 2004, 2006). Βέβαια, δεδομένου ότι το πλαστικό τμήμα της διαθέσιμης μέσης γωνίας στροφής χορδής θ_{um}^{pl} που προκύπτει από την Εξίσωση 3, μπορεί να υπολογιστεί και ως $\theta_{um} - \theta_y$ μέσω της Εξίσωσης 2, ένα πρωταρχικό ερώτημα που πρέπει να απαντηθεί είναι εάν προκύπτουν διαφορές στην εκτίμηση της ανελαστικής ικανότητας των μελών ενός φορέα ανάλογα με την επιλογή της Εξίσωσης 2 ή 3.

Είναι εμφανές ότι με τη χρήση των Εξισώσεων 2 ή 3 είναι δυνατόν να προσδιοριστεί πλήρως το διάγραμμα συμπεριφοράς (το μετελαστικό τμήμα του) για τις κρίσιμες περιοχές όλων των δομικών στοιχείων μιας κατασκευής και να δημιουργηθεί ένα αξιόπιστο προσομοίωμα για τη διεξαγωγή ανελαστικών αναλύσεων. Ιδιαίτερα οι Εξισώσεις 2 και 3 πλεονεκτούν ως προς την Εξίσωση 1, καθώς δεν απαιτείται ο πολυπλοκότερος υπολογισμός των καμπυλοτήτων και το ζητούμενο μέγεθος προκύπτει συναρτήσει των γνωστών γεωμετρικών και μηχανικών χαρακτηριστικών του υπόψιν μέλους και του οπλισμού του.

Παρόλα αυτά, η εφαρμογή των Εξισώσεων 2 και 3 προϋποθέτει να είναι γνωστό το αξονικό φορτίο και το μήκος διάτμησης σε κάθε στοιχείο, δηλαδή τα εντατικά μεγέθη του μέλους, τα οποία προφανώς, κατά τη διάρκεια της μη-γραμμικής στατικής ανάλυσης που εξετάζεται στην εργασία, μεταβάλλονται καθώς αυξάνεται η ένταση. Δεδομένου ότι τα χαρακτηριστικά του προσομοιώματος καθορίζονται πάντα πριν την ανάλυση, γίνονται παραδοχές για τα μεγέθη αυτά. Είναι σύνηθες για το μήκος διάτμησης (L_s) να λαμβάνεται μια σταθερή προσεγγιστική τιμή. Συγκεκριμένα σε δοκούς που συνδέονται και στα δύο άκρα με κατακόρυφα στοιχεία το L_s θεωρείται ίσο με το μισό του καθαρού ανοίγματος της δοκού, ενώ αν συνδέονται με κατακόρυφο στοιχείο μόνο στο ένα άκρο ίσο με το συνολικό καθαρό άνοιγμα. Σε υποστυλώματα, το L_s μπορεί να λαμβάνεται ως το μισό της καθαρής απόστασης δοκών με τις οποίες συνδέεται το υποστύλωμα, ενώ σε τοιχώματα μπορεί να λαμβάνεται σε κάθε όροφο διαφορετικό και ίσο με το μισό της απόστασης της διατομής βάσης ορόφου από την κορυφή του τοιχώματος στο κτίριο. Η προσέγγιση αυτή προτείνεται και από τον ΚΑΝ.ΕΠΕ για ορισμένες περιπτώσεις στοιχείων (ΚΑΝ.ΕΠΕ, 2006). Για το ανηγμένο αξονικό φορτίο (ν) συνήθως χρησιμοποιούνται οι τιμές που αντιστοιχούν στα κατακόρυφα φορτία.

Οι ανωτέρω προσεγγίσεις σχετίζονται με την μορφή των διαγραμμάτων των εντατικών μεγεθών των μελών, αλλά δεν είναι σίγουρα αντιπροσωπευτικές, ιδιαίτερα για την περίπτωση των μη-γραμμικών αναλύσεων όπου είναι γνωστό ότι τόσο το αξονικό φορτίο όσο και το μήκος διάτμησης δεν έχουν σταθερές τιμές. Συνεπώς είναι σκόπιμη και γίνεται στη συνέχεια μια διερεύνηση της επιρροής της παραδοχής που γίνεται για το μήκος διάτμησης και το αξονικό φορτίο στις τιμές που προκύπτουν από τις Εξισώσεις 2 και 3, αλλά και στο αποτέλεσμα της μη-γραμμικής στατικής ανάλυσης, δηλαδή στην καμπύλη τέμνουσας βάσης – μετατόπισης που προκύπτει. Σημειώνεται ότι ο σωστός υπολογισμός των θ_{um} , θ_{um}^{pl} προϋποθέτει μια θαμυστική διαδικασία, βάση της οποίας οι ικανότητες των μελών επαναπροσδιορίζονται σύμφωνα με τα εντατικά μεγέθη σε κάθε βήμα φόρτισης (Bardakis & Dritsos, 2006). Η διαδικασία αυτή όμως αυξάνει σημαντικά τον υπολογιστικό φόρτο, ενώ δεν είναι δυνατόν να εφαρμοσθεί από τα περισσότερα προγράμματα που κυκλοφορούν σήμερα στην αγορά, όπως και το SAP 2000 που χρησιμοποιήθηκε στη συγκεκριμένη εργασία για τις αναλύσεις. Συνεπώς, παραδοχές όπως αυτές που αναφέρθηκαν είναι συχνά επιβεβλημένες.

3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΩΝ ΚΤΙΡΙΩΝ ΠΟΥ ΑΝΑΛΥΘΗΚΑΝ.

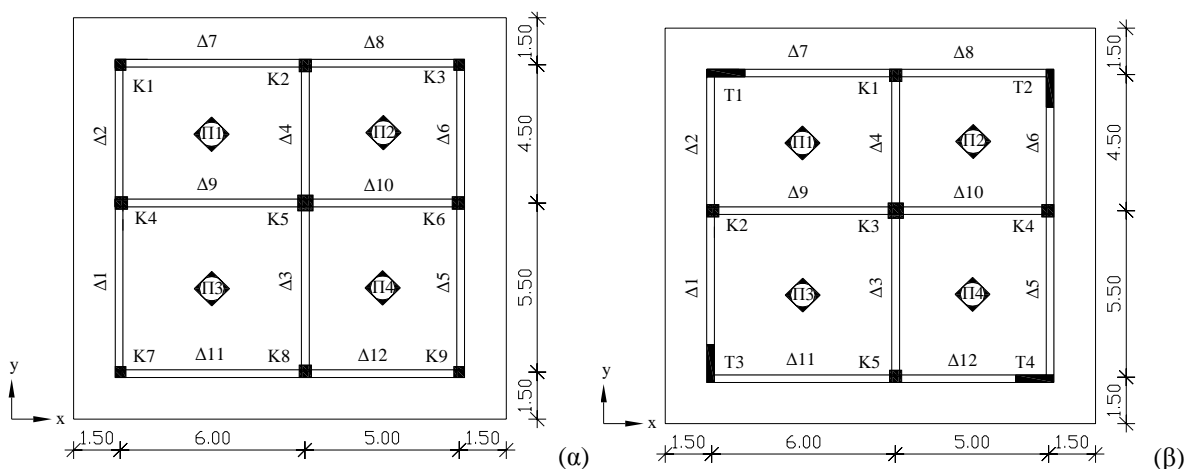
3.1 Γεωμετρία και υλικά.

Για τη διερεύνηση της επιρροής των παραδοχών που αναφέρθηκαν προηγουμένως στις προσδιοριζόμενες ικανότητες των μελών αλλά και στο αποτέλεσμα της αποτίμησης, συγκεκριμένα στην καμπύλη τέμνουσας βάσης – μετατόπισης που προκύπτει από τη μη-γραμμική στατική ανάλυση, πραγματοποιήθηκαν αναλύσεις σε δύο κτίρια, τα οποία διαστασιολογήθηκαν με βάση τις επικρατούσες πριν το 1985 αντιλήψεις. Πρόκειται για ένα πλασιακό διώροφο κτίριο (FR) με οπλισμό από νευρογάλυβες και ένα τριώροφο τοιχωματικό (SW) με οπλισμό από λείες ράβδους, με διαστάσεις κάτοψης 11.00×10.00 m και ύψος ορόφου 3.20 m. Τυπικοί ξυλότυποι παρουσιάζονται στο Σχήμα 3, ενώ στον Πίνακα 1 περιλαμβάνονται στοιχεία για τις διαστάσεις και τους οπλισμούς των μελών.

Οι συνδετήρες είναι Φ8/200 σε όλα τα υποστυλώματα, καλά αγκυρωμένοι με ημικυκλικά άγκιστρα, και Φ8/300 στις δοκούς με επαρκή αγκύρωση.

Οι πλάκες έχουν πάχος $h_f = 150\text{mm}$ και είναι οπλισμένες σε δύο διευθύνσεις με Φ8/150. Τα μόνιμα και ωφέλιμα φορτία των πλακών ελήφθησαν με βάση τους ισχύοντες Κανονισμούς Φορτίσεων. Περιμετρικά σε κάθε όροφο θεωρήθηκε ότι υπάρχει μπατική τοιχοποιία και εσωτερικά, κάτω από κάθε εσωτερική δοκό, δρομική τοιχοποιία. Προκειμένου να ληφθεί υπόψη η μείωση των φορτίων των τοιχοπληρώσεων λόγω των ανοιγμάτων, τα φαινόμενα βάρη τους ελήφθησαν μειωμένα κατά 50% και 35% αντίστοιχα.

Για τα υλικά θεωρήθηκε σκυρόδεμα κατηγορίας C16/20 και χάλυβας κατηγορίας S400 για το κτίριο FR και S220 για το κτίριο SW.



Σχήμα 3. Τυπικοί ξυλότυποι (α) Κτίριο FR (β) Κτίριο SW.

Πίνακας 1. Διαστάσεις και οπλισμοί των μελών των κτιρίων.

Μέλη	Διαστάσεις (mm)	Οπλισμοί
Κτίριο FR		
K1,K3,K7,K9	300/300	4Φ20
K2,K4,K6,K8	350/350	4Φ18
K5	450/450	8Φ16
Κτίριο SW		
K1,K2,K4,K5	350/350	4Φ20
K3	450/450	8Φ18
T1,T4	200/1000	4Φ20+4Φ20+6Φ10 (κορμός)
T2,T3	1000/200	4Φ20+4Φ20+6Φ10 (κορμός)
Δοκοί		
Δ1,Δ2,Δ5,Δ6,Δ7,Δ8,Δ10,Δ12	200/500	4Φ14+2Φ14 (στήριξη)
Δ3,Δ4,Δ9,Δ10	200/600	4Φ16+2Φ18 (στήριξη)

3.2 Προσομοίωση και παραδοχές.

Για την ανάλυση των δύο κτιρίων χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα SAP 2000. Για την προσομοίωση των μελών χρησιμοποιήθηκε το γραμμικό στοιχείο δύο κόμβων, 6 βαθμών ελευθερίας που συμπεριλαμβάνεται στη βιβλιοθήκη στοιχείων του προγράμματος. Ως συνεργαζόμενο πλάτος πλάκας σε κάθε πλευρά των δοκών ελήφθη το ένα τέταρτο του ανοίγματος της δοκού, ή το μισό της απόστασης μέχρι την πρώτη παράλληλη δοκό, όποιο ήταν μικρότερο. Η ενεργός τιμή της δυσκαμψίας προέκυψε από την Εξίσωση 4 (KAN.ΕΠΕ, 2004, 2006):

$$K = M_y L_s / 3\theta_y \quad (4)$$

όπου για το μήκος διάτμησης χρησιμοποιήθηκαν οι προσεγγιστικές τιμές που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Αξίζει να σημειωθεί ότι η Εξίσωση 4 έχει παρατηρηθεί (Bardakis & Dritsos, 2006) ότι δίνει μικρές τιμές δυσκαμψίας, οι οποίες ιδιαίτερα στις δοκούς κυμαίνονται μεταξύ 5 και 15% της αρηγμάτωτης διατομής, τιμή που διαφέρει σημαντικά από το 25% που προτείνεται σε άλλους κανονισμούς (FEMA 356, 2000, ATC-40, 1996).

Για την προσομοίωση της ανελαστικής συμπεριφοράς των μελών χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο συγκεντρωμένης ανελαστικότητας (plastic hinge) του SAP 2000. Σύμφωνα με αυτό, οι ανελαστικές παραμορφώσεις συγκεντρώνονται σε σημεία (πλαστικές αρθρώσεις) του γραμμικού

μέλους. Η συμπεριφορά αυτών των σημειακών αρθρώσεων περιγράφεται από το μεταλαστικό τμήμα του διαγράμματος συμπεριφοράς (Σχ. 1), καθώς η παραμόρφωσή τους αρχίζει μετά τη θεωρητική διαρροή του μέλους. Κατά την ελαστική φάση απόκρισης η παραμόρφωση κατανέμεται στο γραμμικό στοιχείο (CSI, 2004).

Τέλος, για την αυξανόμενη οριζόντια φόρτιση επιλέχθηκε και στα δύο κτίρια η κατανομή σύμφωνα με το σχήμα της κύριας για κάθε διεύθυνση ιδιομορφής, αφού τα ποσοστά συμμετοχής της μάζας ξεπερνούσαν σε κάθε περίπτωση το 75% (85% για την διεύθυνση x και 87% για τη διεύθυνση y στο FR, 78% και για τις δύο διευθύνσεις στο SW).

4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ.

4.1 Εμπειρικές σχέσεις ΚΑΝ.ΕΠΕ για θ_{um} , θ_{um}^{pl} .

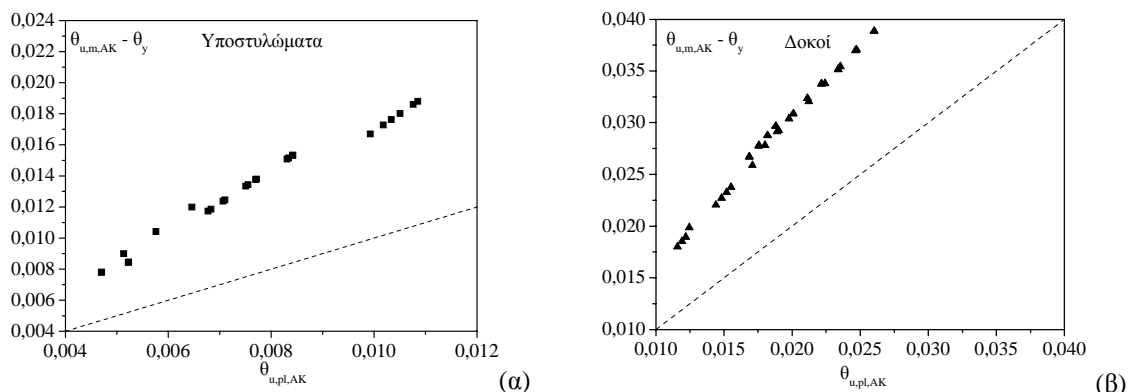
Όπως αναφέρθηκε στα προηγούμενα, η χρήση των συντελεστών ε_u και ε_p του Σχεδίου 1 (ΚΑΝ.ΕΠΕ, 2004) στις Εξισώσεις 2 και 3 για στοιχεία με λείες ράβδους παρατηρήθηκε (Μπάρος, 2006) ότι οδηγεί σε σημαντικές αποκλίσεις στις προσδιοριζόμενες διαθέσιμες τιμές της γωνίας στροφής χορδής θ_{um} , πιο συγκεκριμένα στο πλαστικό τμήμα αυτής θ_{um}^{pl} . Το συμπέρασμα αυτό επιβεβαιώνεται από την εφαρμογή στο κτίριο SW. Στα διαγράμματα που ακολουθούν (Σχ. 4) παρουσιάζονται ενδεικτικά αποτελέσματα από την εφαρμογή των Εξισώσεων 2 και 3 με τους αρχικούς συντελεστές σε 54 κρίσιμες περιοχές υποστυλωμάτων (φόρτιση κατά τις δύο διευθύνσεις, ίδιες σε κορυφή και βάση) και 48 κρίσιμες περιοχές δοκών (12 δοκοί ενός ορόφου, 2 κρίσιμες περιοχές, θετική – αρνητική κάμψη). Σημειώνεται ότι οι τιμές αφορούν την κρίσιμη θ_{um}^{pl} , η οποία αντιστοιχεί στην οριακή τιμή για την οποία ικανοποιείται το κριτήριο επιτελεστικότητας για αντίστοιχη στάθμη «Αποφυγή Κατάρρευσης» και ορίζεται ως εξής (ΚΑΝ.ΕΠΕ, 2004, 2006):

$$\theta_{um}^{pl,A.K.} = \frac{\theta_{um}^{pl}}{\gamma_{Rd}} \quad (5)$$

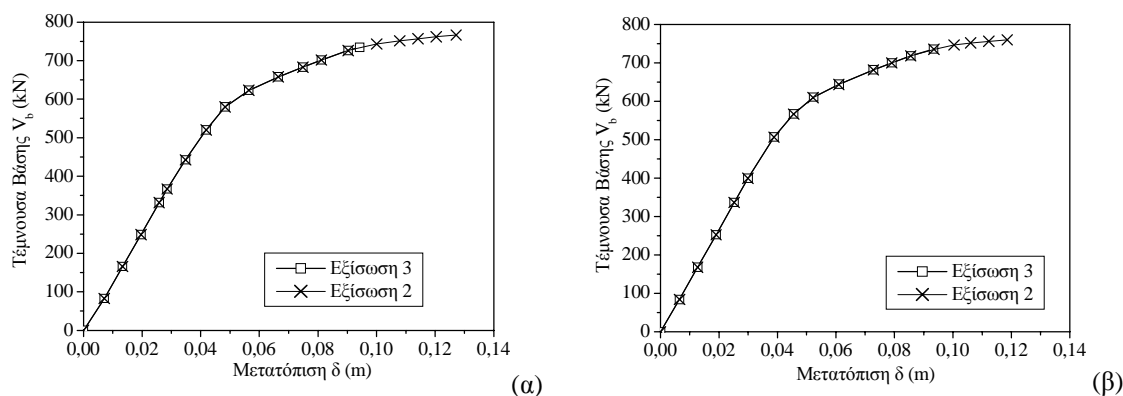
όπου $\gamma_{Rd} = 1.8$ ή 1.5 για τις Εξισώσεις 3 και 2 αντίστοιχα, και $\gamma_{Rd} = 1$ για τις δοκούς που θεωρήθηκαν δευτερεύοντα στοιχεία (ΚΑΝ.ΕΠΕ, 2006). Σε όλες τις περιπτώσεις, στις εξισώσεις ελήφθη για το L_s η προσεγγιστική τιμή που χρησιμοποιείται και στον προσδιορισμό της ενεργού δυσκαμψίας (ΚΑΝ.ΕΠΕ, 2006), ενώ στα υποστυλώματα το ν υπολογίστηκε με βάση τα κατακόρυφα φορτία.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 4, η χρήση της Εξίσωσης 2 δίνει συστηματικά μεγαλύτερες τιμές. Ο μέσος όρος της διαφοράς, όπως αυτή εκφράζεται από το πηλίκο $[(\theta_{um} - \theta_y) - \theta_{um}^{pl}] / (\theta_{um} - \theta_y)$ είναι 35% για τις δοκούς και 41% για τα υποστυλώματα (αυξημένος λόγω του διαφορετικού συντελεστή προσομοιώματος), όπου παρατηρήθηκε ότι η διαφορά ελαττώνεται με την αύξηση του αξονικού φορτίου. Οποσδήποτε οι διαφορές αυτές δείχνουν σημαντικές και είναι εύλογο να αναμένεται ότι θα επηρεάσουν τα αποτελέσματα της ανάλυσης και θα μεταβάλλουν το συμπέρασμα της αποτίμησης.

Στα διαγράμματα του Σχήματος 5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της μη-γραμμικής στατικής ανάλυσης για το κτίριο SW, μέχρι το βήμα στο οποίο η παραμόρφωση κάποιου μέλους ξεπερνά την κρίσιμη τιμή που ορίζεται στην Εξίσωση 5. Είναι εμφανές ότι η προσομοίωση της συμπεριφοράς των μελών με χρήση της Εξίσωσης 2 και των μειωτικών συντελεστών ε_u και ε_p του Σχεδίου 1 (ΚΑΝ.ΕΠΕ, 2004) «αυξάνει» την τιμή της κρίσιμης μετακίνησης της κατασκευής περισσότερο από 20% (από 9.34 cm σε 12.72 cm στη διεύθυνση x και από 9.43cm σε 11.86 cm στη διεύθυνση y). Διαφορές τέτοιας τάξης θα μπορούσαν να αλλάξουν το συμπέρασμα της αποτίμησης, καθώς είναι δυνατόν να «μεταφερθεί» π.χ. η στοχευόμενη μετακίνηση εντός των ορίων της καμπύλης συμπεριφοράς, ώστε να τηρούνται τα κριτήρια επιτελεστικότητας. Συνεπώς δεν θα ήταν συνετό να συμπεριληφθούν και οι δύο εξισώσεις με αυτή τη μορφή στον Κανονισμό.



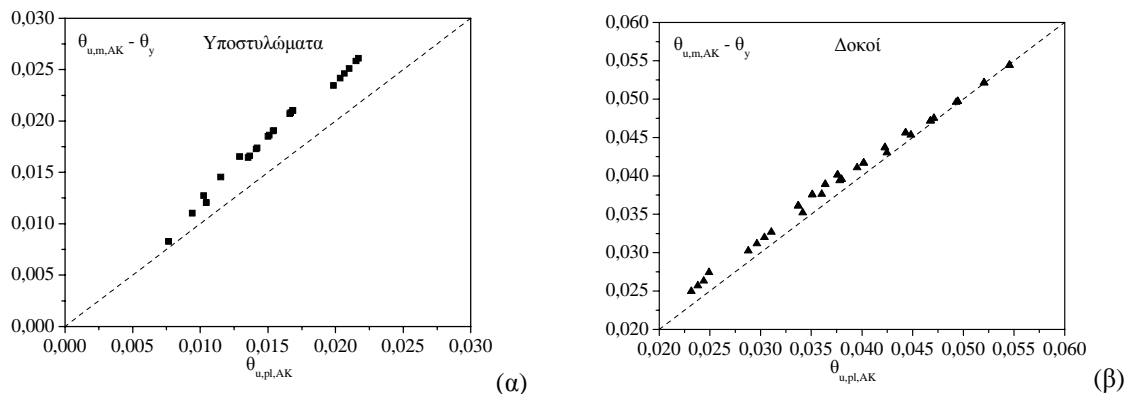
Σχήμα 4. Κρίσιμες τιμές θ_{um}^{pl} των μελών του κτιρίου SW (KAN.ΕΠΕ1, 2004) (α) Υποστυλώματα (β) Δοκοί



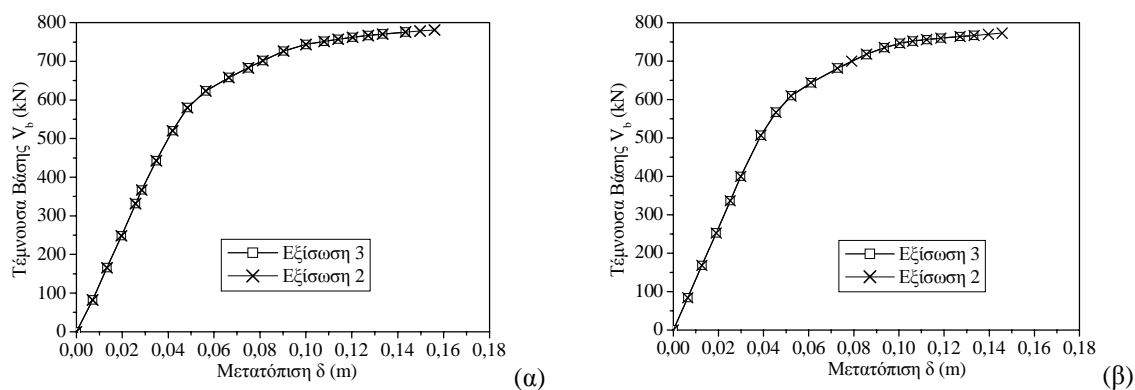
Σχήμα 5. Διαγράμματα Τέμνουσας Βάσης – Μετατόπισης. Κτίριο SW, αρχικές εξισώσεις (KAN.ΕΠΕ1, 2004) (α) Διεύθυνση +x (β) Διεύθυνση +y.

Σημειώνεται πάντως ότι τα αντίστοιχα αποτελέσματα για το κτίριο FR, όπου χρησιμοποιείται νευροχάλυβας, πρακτικά ταυτίζονται (Μπάρος, 2006). Ως εκ τούτου η διαφορά στα αποτελέσματα θα πρέπει να αποδοθεί κυρίως στην τιμή του συντελεστή ε που αφορά τις λείες ράβδους. Στο Σχέδιο 2 (KAN.ΕΠΕ, 2006) ο συντελεστής είναι ενιαίος και για τις δύο εξισώσεις. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 6, για το ίδιο δείγμα μελών του κτιρίου SW, οι διαφορές στις τιμές θ_{um}^{pl} που υπολογίζονται με χρήση των Εξισώσεων 2 και 3 προκύπτουν σημαντικά μειωμένες. Πιο συγκεκριμένα, ο μέσος όρος της διαφοράς των τιμών εκφρασμένος από τον ίδιο λόγο με προηγούμενος είναι μόλις 4% για τις δοκούς και 17% για τα υποστυλώματα, τιμές αντίστοιχες με αυτές που υπολογίστηκαν για τα μέλη του κτιρίου FR (Μπάρος, 2006). Προφανώς οι διαφορές στις δοκούς είναι αμελητέες, ενώ στα υποστυλώματα θα μπορούσαν να θεωρηθούν αποδεκτές, ωστόσο απαιτείται διερεύνηση της επιρροής τους στο αποτέλεσμα της ανάλυσης.

Από τα αποτελέσματα της μη-γραμμικής στατικής ανάλυσης (Σχ. 7) διαπιστώνεται ότι εξακολουθεί να υπάρχει μια διαφορά στην κρίσιμη μετατόπιση, η οποία προκύπτει με χρήση της Εξίσωσης 2 για την προσομοίωση της συμπεριφοράς των μελών αυξημένη κατά 8.3 και 8.6% για φόρτιση κατά τη διεύθυνση x και y αντίστοιχα. Διαφορές τέτοιας τάξης δεν αναμένεται να επηρεάσουν το αποτέλεσμα της αποτίμησης. Η παρατήρηση αυτή ενισχύεται και από τις καμπύλες που προέκυψαν για το κτίριο FR, οι οποίες ταυτίζονται (Μπάρος, 2006). Παρόλα αυτά, πιθανόν απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση για τη διαμόρφωση μιας σαφέστερης εικόνας. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι με χρήση των αναθεωρημένων συντελεστών για λείες ράβδους (KAN.ΕΠΕ, 2006) προκύπτουν αυξημένες τιμές για τα μεγέθη θ_{um} και θ_{um}^{pl} σε σχέση με τις αρχικές. Η αύξηση είναι 26% για τα θ_{um} και 50% για τα θ_{um}^{pl} .



Σχήμα 6. Κρίσιμες τιμές θ_{uml}^{pl} των μελών του κτιρίου SW (KAN.EΠΕ2, 2006) (α) Υποστυλώματα (β) Δοκοί

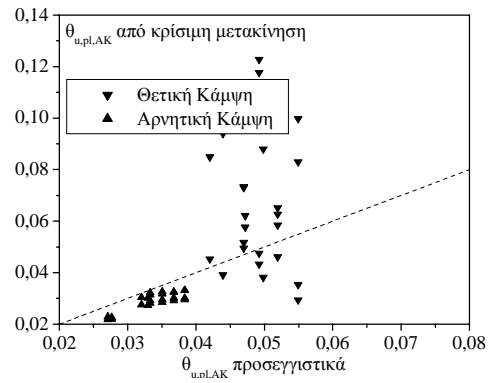
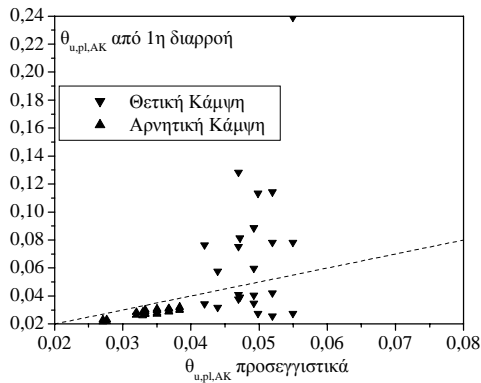


Σχήμα 7. Διαγράμματα Τέμνουσας Βάσης – Μετατόπισης. Κτίριο SW, αναθεωρημένες εξισώσεις (KAN.EΠΕ2, 2006) (α) Διεύθυνση +x (β) Διεύθυνση +y.

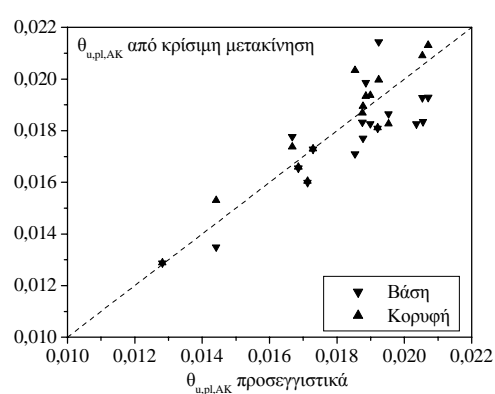
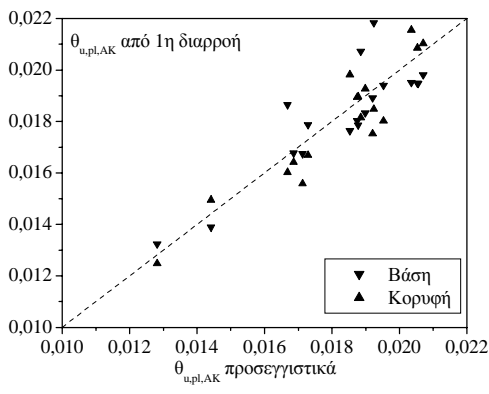
4.2 Παραδοχές για τα L_s , ν .

Η δεύτερη διερεύνηση αφορά τις παραδοχές για τα άγνωστα μεγέθη L_s και ν που λαμβάνονται κατά τον προσδιορισμό των παραμέτρων που διέπουν την συμπεριφορά των δομικών μελών μετά τη διαρροή. Συγκεκριμένα, όπως έχει ήδη σχολιασθεί, λόγω των περιορισμών που επιβάλλονται από το πρόγραμμα ανάλυσης SAP 2000 που χρησιμοποιήθηκε, δεν είναι δυνατόν να εφαρμοσθεί μια επαναληπτική διαδικασία προσδιορισμού των μεγεθών θ_{uml} , θ_{uml}^{pl} με χρήση των εντατικών μεγεθών που υπολογίζονται σε κάθε βήμα της ανάλυσης. Αντίθετα, είναι σύνηθες η διαδικασία αυτή να γίνεται εξωτερικά, δηλαδή οι τιμές των θ_{uml} , θ_{uml}^{pl} να επαναπροσδιορίζονται με βάση τα εντατικά μεγέθη που προκύπτουν σε κάποια χαρακτηριστικά βήματα μιας αρχικής μη-γραμμικής ανάλυσης, στην οποία η συμπεριφορά των μελών έχει καθοριστεί με βάση τις αρχικές παραδοχές που γίνονται για τα L_s , ν .

Στόχος της διερεύνησης είναι να διαπιστωθεί πόσο επηρεάζεται το αποτέλεσμα της αποτίμησης από την διαδικασία προσδιορισμού των εντατικών μεγεθών που χρησιμοποιούνται στην Εξίσωση 3. Για κάθε κτίριο εξετάζονται τρία διαφορετικά σενάρια για την εκτίμηση των L_s και ν , που απαιτούνται για τον υπολογισμό των θ_{uml}^{pl} : (α) Το απλούστερο, όπου χρησιμοποιούνται οι σταθερές, προσεγγιστικές τιμές που αναφέρθηκαν ανωτέρω, οι οποίες προτείνονται και από τον ΚΑΝ.ΕΠΕ σε ορισμένες περιπτώσεις στοιχείων (ΚΑΝ.ΕΠΕ, 2006), και στη συνέχεια θα ονομάζεται προσεγγιστική παραδοχή, (β) εκτίμηση με βάση τα εντατικά μεγέθη που αντιστοιχούν στο βήμα της 1^{ης} διαρροής (στο εξής παραδοχή 1^{ης} διαρροής), και τέλος (γ) εκτίμηση με βάση τα εντατικά μεγέθη που αντιστοιχούν στην κρίσιμη μετακίνηση (στο εξής παραδοχή κρίσιμης μετακίνησης) της πρώτης ανάλυσης. Εξετάζονται οι διαφορές στις τιμές τις κρίσιμης θ_{uml}^{pl} και πως αυτές επηρεάζουν το αποτέλεσμα της μη-γραμμικής στατικής ανάλυσης.



Σχήμα 8. Κρίσιμες θ_{um}^{pl} των δοκών του FR με παραδοχή (α) 1^{ης} διαρροής (β) Κρίσιμης μετακίνησης



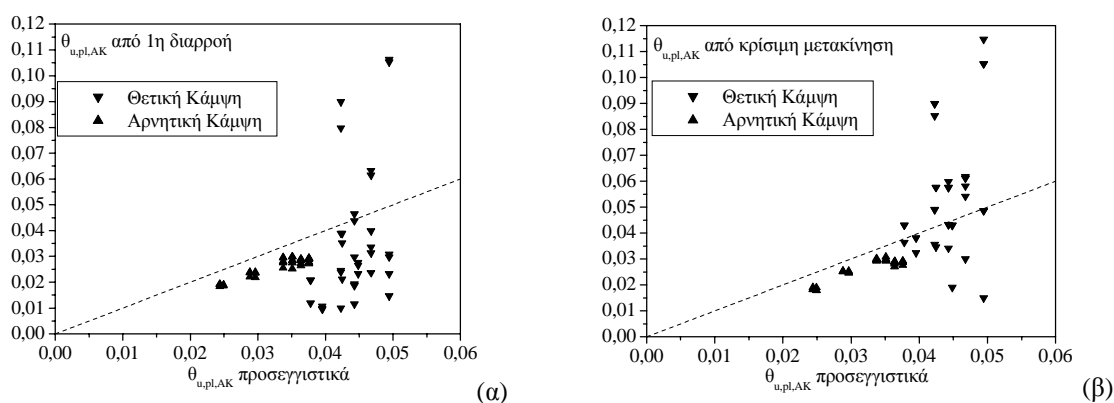
Σχήμα 9. Κρίσιμες θ_{um}^{pl} των υποστυλωμάτων του FR με παραδοχή (α) 1^{ης} διαρροής (β) Κρίσιμης μετακίνησης

Τα αποτελέσματα για τα μέλη του κτιρίου FR (Σχ. 8, 9) αφορούν 48 κρίσιμες περιοχές δοκών (24 δοκοί με δύο κρίσιμες περιοχές, για κάμψη που αντιστοιχεί σε φόρτιση κατά τις διευθύνσεις +x, +y) και 36 κρίσιμες περιοχές υποστυλωμάτων (βάση και κορυφή 18 υποστυλωμάτων για φόρτιση κατά την διεύθυνση +x). Παρατηρείται ότι οι σημαντικότερες αποκλίσεις αφορούν τις δοκούς στην περίπτωση της θετικής κάμψης. Στην περίπτωση αυτή, η τιμή της διαφοράς όπως εκφράζεται από το λόγο $(\theta_{um}^{pl}(\text{διαρροή ή κρίσιμη}) - \theta_{um}^{pl}(\text{αρχικό})) / \theta_{um}^{pl}(\text{διαρροή ή κρίσιμη})$ έχει μέσο όρο, για παραδοχή 1^{ης} διαρροής, 44% για τις δοκούς του ισογείου και -58% για αυτές του ορόφου. Το γεγονός αυτό αποδίδεται στο L_s , όπου στις περιοχές αυτές έχει πολύ αυξημένες (έως και 95%) και πολύ μειωμένες (έως και 74%) τιμές αντίστοιχα, σε σχέση με την αρχική προσέγγιση. Το γεγονός αυτό οφείλεται στους συνδυασμούς υψηλών τιμών ροπής με μικρή τέμνουσα και το αντίστροφο, που προκύπτουν λόγω της αλλαγής προσήμου της έντασης κατά την επιβολή της οριζόντιας φόρτισης. Για την παραδοχή κρίσιμης μετακίνησης οι αντίστοιχες μέσες τιμές προκύπτουν μειωμένες (38% και -12% αντίστοιχα). Σε κάθε περίπτωση, πέραν από τις αποκλίσεις παρατηρείται και σημαντική διασπορά των τιμών (η τυπική απόκλιση της διαφοράς φτάνει το 20%), γεγονός που, σε συνδυασμό με τα προηγούμενα σχόλια, υποδηλώνει ότι πιθανόν για ακραίες τιμές του L_s τα αποτελέσματα της Εξίσωσης 3 δεν είναι αντιπροσωπευτικά. Συνεπώς είναι σκόπιμο να υπάρξει ένας περιορισμός στις τιμές του L_s που θα χρησιμοποιούνται, καθώς σε ακραίες περιπτώσεις η αρχική προσέγγιση φαίνεται να οδηγεί σε πιο αντιπροσωπευτικές τιμές θ_{um}^{pl} . Πάντως οι διαφορές αυτές δεν αναμένεται να επηρεάσουν το αποτέλεσμα της ανάλυσης, καθώς οι δοκοί συνήθως θεωρούνται κρίσιμες σε αρνητική κάμψη.

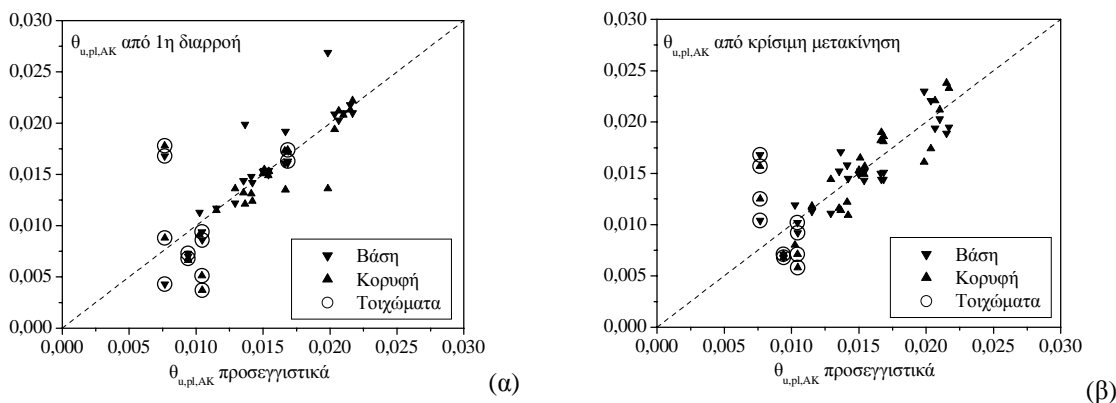
Για τις δοκούς σε αρνητική κάμψη η αρχική προσέγγιση δίνει συστηματικά μεγαλύτερες τιμές θ_{um}^{pl} . Συγκεκριμένα η μέση τιμή της διαφοράς προκύπτει -21% για παραδοχή 1^{ης} διαρροής και -17% για παραδοχή κρίσιμης μετακίνησης. Η διαφορά αυτή είναι πιθανόν να επηρεάσει το αποτέλεσμα της αποτίμησης. Ωστόσο, στο κτίριο FR κρίσιμα είναι τα υποστυλώματα, όπου οι

διαφορές είναι σημαντικά μειωμένες. Στα υποστυλώματα η αρχική προσέγγιση δίνει μεγαλύτερες τιμές του θ_{um}^{pl} στη βάση, με μέση τιμή της διαφοράς μόλις -0.5% και -3.5% για 1^η διαρροή και κρίσιμη μετακίνηση αντίστοιχα, ενώ στην κορυφή μόνο η παραδοχή της κρίσιμης μετακίνησης οδηγεί σε αύξηση των τιμών του θ_{um}^{pl} σε σχέση με τις αρχικές (1.8%). Σε κάθε περίπτωση οι διαφορές είναι μικρές και δεν αναμένεται να επηρεάσουν το αποτέλεσμα της αποτίμησης.

Για τα μέλη του κτιρίου SW, τα αποτελέσματα είναι αντίστοιχα, όπως φαίνεται και από τα σχήματα που ακολουθούν (Σχ. 10, 11). Στην περίπτωση αυτή το δείγμα περιλαμβάνει 72 κρίσιμες περιοχές δοκών και 54 κρίσιμες περιοχές υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων, που επιλέχθηκαν με αντίστοιχο τρόπο με το κτίριο FR. Παρατηρήθηκε ότι η διαφορά στις τιμές των θ_{um}^{pl} εκφρασμένη από τον ίδιο λόγο με προηγούμενος για τις δοκούς σε αρνητική κάμψη είναι αυξημένη, με μέση τιμή -27% και -23% για παραδοχή 1^{ης} διαρροής και κρίσιμης μετακίνησης αντίστοιχα. Επιπλέον ο μέσος όρος της διαφοράς για τα κατακόρυφα στοιχεία, συγκεκριμένα τις διατομές βάσης, δεν είναι αντιπροσωπευτικός για τα τοιχώματα του 1^{ου} και 2^{ου} ορόφου, όπου οι τιμές των θ_{um}^{pl} προκύπτουν έως και 33% μειωμένες για παραδοχή 1^{ης} διαρροής και 38% για παραδοχή κρίσιμης μετακίνησης.

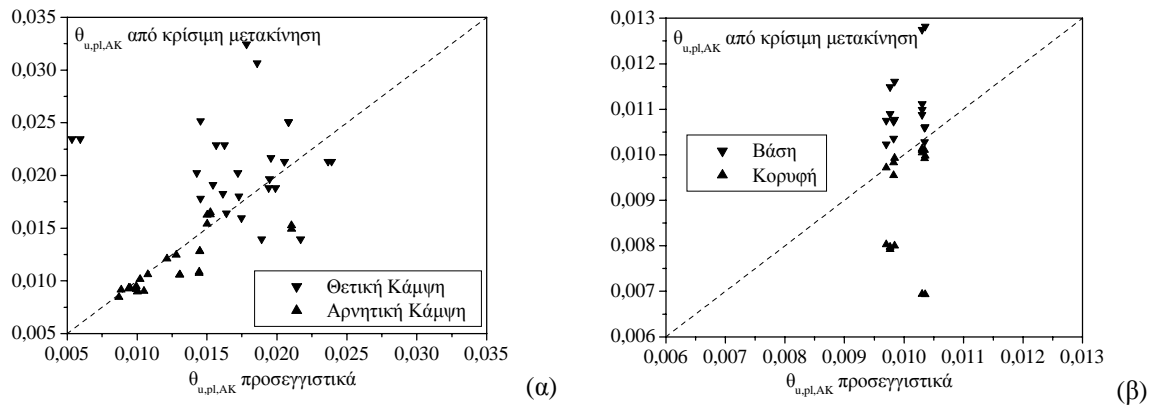


Σχήμα 10. Κρίσιμες θ_{um}^{pl} των δοκών του SW με παραδοχή (α) 1^{ης} διαρροής (β) Κρίσιμης μετακίνησης

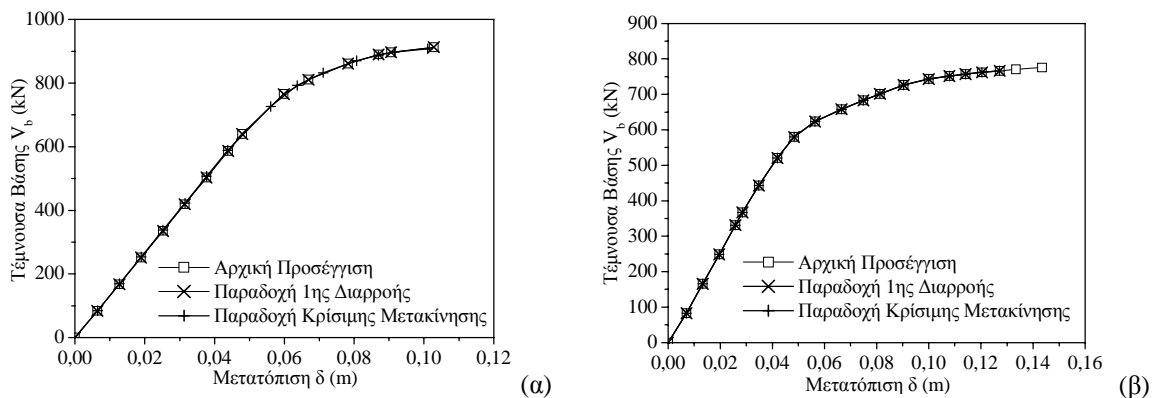


Σχήμα 11. Κρίσιμες θ_{um}^{pl} των υποστυλωμάτων και τοιχωμάτων του SW με παραδοχή (α) 1^{ης} διαρροής (β) Κρίσιμης μετακίνησης.

Αντίστοιχα συμπεράσματα σχετικά με τις παραδοχές για τα μεγέθη L_s και ν και τον τρόπο που επηρεάζουν τις προσδιοριζόμενες τιμές των θ_{um}^{pl} , ιδιαίτερα όσον αφορά τις δοκούς, εξάγονται από το Σχήμα 12 (Μπάρος, 2006), το οποίο αφορά αντίστοιχη διερεύνηση σε ένα δείγμα 52 κρίσιμων περιοχών δοκών και 32 κρίσιμων περιοχών υποστυλωμάτων ενός πραγματικού κτιρίου, το οποίο χαρακτηριζόταν από ισχυρά υποστυλώματα και ιδιαίτερα ασθενείς δοκούς.



Σχήμα 12. Κρίσιμες θ_{um}^{pl} των μελών πραγματικού κτιρίου (α) Δοκοί (β) Υποστulώματα (Μπάρος, 2006).



Σχήμα 13. Διαγράμματα Τέμνουσας Βάσης – Μετατόπισης για διαφορετικές παραδοχές για τα L_s , ν (α) Κτίριο FR (β) Κτίριο SW.

Στο Σχήμα 13 παρουσιάζονται ενδεικτικά οι καμπύλες τέμνουσας βάσης - μετατόπισης από την ανάλυση κατά τη διεύθυνση +x. Για το κτίριο FR οι τρεις καμπύλες ταυτίζονται, γεγονός που αποδίδεται στις αμελητέες διαφορές στις τιμές των θ_{um}^{pl} των υποστulωμάτων, όπως προσδιορίστηκαν με διαφορετικές παραδοχές. Συνεπώς, σε κτίρια με χαρακτηριστικά ανάλογα του FR μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προσομοίωση της συμπεριφοράς των δομικών μελών η αρχική προσέγγιση για τα μεγέθη L_s και ν . Αντίθετα στο κτίριο SW, για τις παραδοχές 1^{ης} διαρροής και κρίσιμης μετακίνησης, παρατηρήθηκε μία μείωση της μέγιστης μετακίνησης κατά 11%. Συνεπώς η προηγούμενη διαπίστωση δεν φαίνεται να ισχύει πλήρως για τοιχωματικά κτίρια και μεγαλύτερο αριθμό ορόφων, όπου κρίνεται απαραίτητο να γίνει λεπτομερέστερη διερεύνηση. Για την τελευταία αυτή περίπτωση η παραδοχή 1^{ης} διαρροής οδηγεί σε «συντηρητικά» αποτελέσματα.

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.

- Στο αρχικό Σχέδιο 1 του ΚΑΝ.ΕΠΕ (ΚΑΝ.ΕΠΕ, 2004), η υιοθέτηση διαφορετικών μειωτικών συντελεστών στις Εξισώσεις 2 και 3 όταν απευθύνονται σε στοιχεία με λείες ράβδους, οδήγησε σε σημαντικά μεγαλύτερες τιμές για την κρίσιμη τιμή του πλαστικού τμήματος της διαθέσιμης γωνίας στροφής χορδής θ_{um}^{pl} όταν εκτιμήθηκε από την Εξίσωση 2 σε σχέση με την Εξίσωση 3. Στις εφαρμογές που εξετάστηκαν οι διαφορές προέκυψαν τις τάξεις του 35% για τις δοκούς και 41% για τα υποστulώματα, που οδήγησαν σε διαφορετικές τιμές για την κρίσιμη μετακίνηση της κατασκευής της τάξεως του 20%.
- Στο αναθεωρημένο Σχέδιο 2 του ΚΑΝ.ΕΠΕ (ΚΑΝ.ΕΠΕ, 2006), η εκτίμηση της διαθέσιμης τιμής θ_{um}^{pl} μέσω των Εξισώσεων 2 και 3 συγκλίνει σημαντικά. Αυτό οφείλεται στην υιοθέτηση

ενιαίου μειωτικού συντελεστή για λείες ράβδους και για τις δύο εξισώσεις. Οι διαφορές στις εφαρμογές που εξετάστηκαν περιορίζονται σε 4% για τις δοκούς και 17% για τα υποστυλώματα. Σε κάθε περίπτωση οι αναθεωρημένες σχέσεις δίνουν σημαντικά αυξημένες τιμές για την κρίσιμη γωνία στροφής χορδής σε σχέση με τις αρχικές.

- Στην περίπτωση της αρνητικής κάμψης των δοκών, οι τιμές του θ_{um}^{pl} που προσδιορίζονται με παραδοχή κατανομής εντατικών μεγεθών έτσι όπως προκύπτουν στη φάση 1^{ης} διαρροής ή στη φάση της κρίσιμης μετακίνησης είναι συστηματικά μικρότερες (έως και 27%), σε σχέση με αυτές που προκύπτουν με βάση την αρχική προσεγγιστική θεώρηση για σταθερές τιμές L_s και ν .
- Σε δοκούς, για θετική κάμψη, οι διαφορές στις θ_{um}^{pl} που προσδιορίστηκαν με τις τρεις εναλλακτικές παραδοχές για τα L_s και ν έχουν μεγάλη διασπορά. Στην περίπτωση αυτή οι παραδοχές 1^{ης} διαρροής και κρίσιμης μετακίνησης, όπου για το L_s προέκυψαν ακραίες τιμές, δεν είναι αντιπροσωπευτικές. Εκτιμάται ότι η αξιοπιστία των Εξισώσεων 2 και 3 για ακραίες τιμές του L_s είναι αμφίβολη.
- Στα υποστυλώματα η αρχική προσέγγιση των L_s και ν είναι επαρκής για τον προσδιορισμό των απαιτούμενων τιμών θ_{um}^{pl} . Σε τοιχώματα η αρχική προσέγγιση οδηγεί σε τιμές θ_{um}^{pl} μέχρι και 38% αυξημένες σε σχέση με τον προσδιορισμό μέσω των παραδοχών 1^{ης} διαρροής και κρίσιμης μετακίνησης και δεν μπορεί να θεωρηθεί αποδεκτή.
- Με βάση τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν, εξετάζοντας τις τρεις δυνατές παραδοχές για την κατανομή των εντατικών μεγεθών στα μέλη του φορέα, θα μπορούσε να εκτιμηθεί ότι:
(α) Για πλαίσια κτίρια, με μέσες διαστάσεις κάτοψης και μικρό αριθμό ορόφων, ο προσδιορισμός της συμπεριφοράς των δομικών μελών δεν έχει ουσιαστική εξάρτηση από την παραδοχή. Ως εκ τούτου, για να αποτιμηθεί η σεισμική ικανότητά τους με μη-γραμμικές στατικές αναλύσεις μπορεί να γίνεται χρήση των προσεγγιστικών σταθερών τιμών του L_s , που προτείνει και ο ΚΑΝ.ΕΠΕ για ορισμένες περιπτώσεις στοιχείων, και του ν από τα κατακόρυφα φορτία. (β) Για τοιχωματικά κτίρια ή μεγαλύτερο αριθμό ορόφων, οι ανωτέρω παραδοχές φαίνεται να επηρεάζουν σημαντικά τα αποτελέσματα για τον προσδιορισμό της ανελαστικής ικανότητας των κατακορύφων στοιχείων, ιδίως των τοιχωμάτων. Στην περίπτωση αυτή η χρήση των μεγεθών που προκύπτουν από το βήμα της 1^{ης} διαρροής μιας αρχικής ανάλυσης φαίνεται να οδηγεί σε μια μάλλον συντηρητική εκτίμηση. Χωρίς αμφιβολία απαιτείται ο έλεγχος ενός μεγαλύτερου δείγματος τυπολογίας κτιρίων, με έμφαση στα τοιχωματικά, ώστε να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2004. *Κανονισμός Επεμβάσεων – Σχέδιο 1*. Οργανισμός Αντισεισμικής Προστασίας. Αθήνα. (Αδημοσίευτο Κείμενο).
- ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2006. *Κανονισμός Επεμβάσεων – Σχέδιο 2*. Οργανισμός Αντισεισμικής Προστασίας. Αθήνα. (Αδημοσίευτο Κείμενο).
- Μπάρος, Δ.Κ. 2006. *Στρατηγικές Ενίσχυσης Υφισταμένων Κατασκευών από Οπλισμένο Σκυρόδεμα*. Διατριβή Διπλώματος Ειδίκευσης. Πανεπιστήμιο Πατρών. Πάτρα.
- Φαρδής, Μ.Ν. 2004. *Αντισεισμικός Σχεδιασμός Κτιρίων από Οπλισμένο Σκυρόδεμα*. Πανεπιστήμιο Πατρών. Πάτρα.
- American Society of Civil Engineers (ASCE) for the Federal Emergency Management Agency (FEMA). 2000. *FEMA 356: Pre-Standard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings*. FEMA. Washington D.C.
- Applied Technology Council (ATC). 1996. *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*. ATC (Report No ATC-40). Redwood City, California.
- Bardakis, V.G. & Dritsos S.E. 2006. Evaluating Assumptions for Seismic Assessment of Existing Buildings. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. (submitted).
- Computers and Structures Inc. (CSI). 2004. *CSI Analysis Reference Manual for SAP, ETABS and SAFE*. CSI. Berkeley, California.