

ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗ ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ (PUSHOVER) ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΟΥ ΚΤΗΡΙΟΥ

ΜΠΟΥΡΣΙΑΝΗΣ ΧΑΡΗΣ

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία θα παρουσιαστούν τα βασικά σημεία στα οποία βασίζεται η ανελαστική μέθοδος αποτίμησης ή ανασχεδιασμού, Pushover. Η μέθοδος έχει ως στόχο να αναδείξει κατά πολύ καλή προσέγγιση, την απόκριση μίας κατασκευής κατά τη διάρκεια ενός σεισμού, κατά κύριο λόγο, καθώς δίνει τη δυνατότητα στον μελετητή μηχανικό να έχει πλήρη γνώση της συμπεριφοράς της σε κάθε χρονική στιγμή. Παρουσιάζονται επίσης τα σημεία εκείνα τα οποία χρήζουν προσοχής όσον αφορά το πεδίο χρήσης της καθώς και αδυναμίες οι οποίες έχουν εντοπιστεί.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Πρώτο βήμα για την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας ενός κτηρίου είναι η προσομοίωση του φορέα στο υπολογιστικό πρόγραμμα που είναι διαθέσιμο. Με τον όρο ‘φορέας’ νοείται το στατικό σύστημα που αναλαμβάνει τις κύριες δράσεις που ενεργούν και καταπονούν το κτήριο. Το στατικό σύστημα μπορεί να αποτελείται μόνο από τα κύρια στοιχεία ή σε συνδυασμό με τα δευτερεύοντα (βλ. ΚΑΝ.ΕΠΕ §5.1.2).

Ανάλογα τώρα με τα διαθέσιμα δεδομένα αλλά και την εγκυρότητά τους ορίζονται τρεις στάθμες αξιοπιστίας δεδομένων (βλ. ΚΑΝ.ΕΠΕ §3.6.2): υψηλή, ικανοποιητική, ανεκτή. Στη συνέχεια με βάση τα υπάρχοντα σχέδια της στατικής μελέτης, ορίζονται οι διατομές των δομικών στοιχείων με τον αντίστοιχο οπλισμό, ποιότητα υλικών (σκυροδέματος, χάλυβα οπλισμού, δομικού χάλυβα κλπ.).

Επόμενο βήμα είναι ο καθορισμός των κατακόρυφων φορτίσεων οι οποίες δρουν στην κατασκευή. Οι φορτίσεις αυτές θα ενταχθούν ως ομοιόμορφα κατανεμημένες ανά τρέχον μέτρο στις δοκούς, προερχόμενες από τις επιφάνειες επιρροής των πλακών, λόγω μη προσομοίωσης των τελευταίων. Τυχόν συγκεντρωμένες δράσεις (δυνάμεις, ροπές) εισάγονται στις θέσεις που ενεργούν δημιουργώντας αντίστοιχους κόμβους. Παρακάτω παρατίθεται πίνακας με τυπικές παραδοχές (υλικά, φορτίσεις, συντελεστές ασφάλειας κλπ.)

Αν θέλουμε να λάβουμε υπόψη την αλληλεπίδραση εδάφους-θεμελίωσης γίνεται χρήση ελαστικών ελατηρίων (οριζόντιας μετακίνησης, κατακόρυφης μετακίνησης, στροφής) τα οποία χαρακτηρίζονται από ανάλογες δυσκαμψίες, καθώς επίσης εισάγεται και ο αντίστοιχος δείκτης συμπίεστικότητας του εδάφους. Τέλος, οι πλάκες διαμορφώνονται ως διαφράγματα με τρεις βαθμούς ελευθερίας (δύο οριζόντιας μετάθεσης και ενός στροφής).

Επιπλέον παράμετροι που πρέπει να συνεκτιμηθούν στην προσομοίωση του φορέα είναι τα φαινόμενα στρέψης, η μορφολογία του δομήματος, αν χαρακτηρίζεται δηλαδή ως κανονικό ή μη (καθ’ ύψος, σε κάτοψη), οι επιρροές 2^{ης} τάξης (στατικές και δυναμικές) καθώς επίσης να ληφθούν υπόψη οι ανάλογες παραδοχές για τις δυσκαμψίες και τις αντιστάσεις των δομικών στοιχείων.

1. ΥΛΙΚΑ

ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ C20/25 , S500
ΧΑΛΥΒΑΣ FE 275 (Eurocode EC3)

2. ΦΟΡΤΙΑ (EC1)

Ίδιο βάρος σκυροδέματος	25.00 KN/m ³
Ίδιο βάρος χάλυβα	78.50 KN/m ³
Επικάλυψη	0.80 KN/m ²
Κινητό φορτίο στέγης	2.00 KN/m ²

3. ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΦΟΡΤΙΩΝ

Μόνιμα φορτία	$\gamma_g = 1.35$ KN/m ²
Κινητά φορτία	$\gamma_q = 1.50$ KN/m ²

4. ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας	I
Συντελεστής εδαφικής επιτάχυνσης	$\alpha = .16$
Σπουδαιότητα κτηρίου	$\Sigma 2$
Συντελεστής σπουδαιότητας	$\gamma_1 = 1$
Κατηγορία εδάφους	B
Συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς	$q_x = 3.5$
	$q_\psi = 3.5$
Συντελεστής θεμελίωσης	$\theta = 1$
Συντελεστής φασματικής ενίσχυσης	$\beta_o = 2.5$
Συντελεστής συνδυασμού δράσεων	$\psi_2 = 0.3$
Χαρακτηριστικές περιόδους	$T_1 = , T_2 =$
Ποσοστό κρίσιμης απόσβεσης	4%

5. ΕΔΑΦΟΣ

Επιτρεπόμενη τάση εδάφους	0.25 Mpa
Κατηγορία εδάφους	B

6. ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ

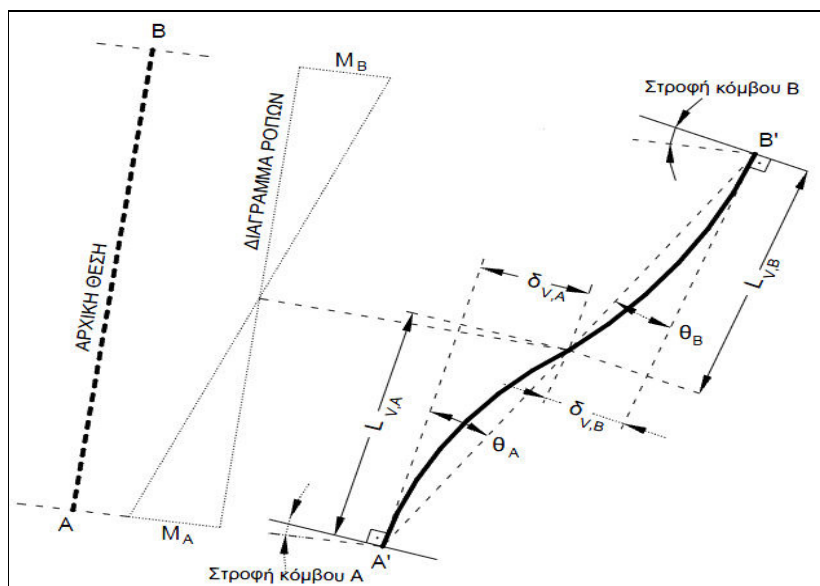
ΦΟΡΤΙΣΕΩΝ	EC1 (ENV 1991)
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑΤΟΣ	ΦΕΚ 1329/B/ 6-11-2000
ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ	EC3 (ENV 1993) ΦΕΚ
383B/24.5.96 ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ	ΦΕΚ 2184/B/20-12-1999

Πίνακας 1: Παραδοχές

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΑΝΕΛΑΣΤΙΚΗΣ ΣΤΑΤΙΚΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ (PUSHOVER)

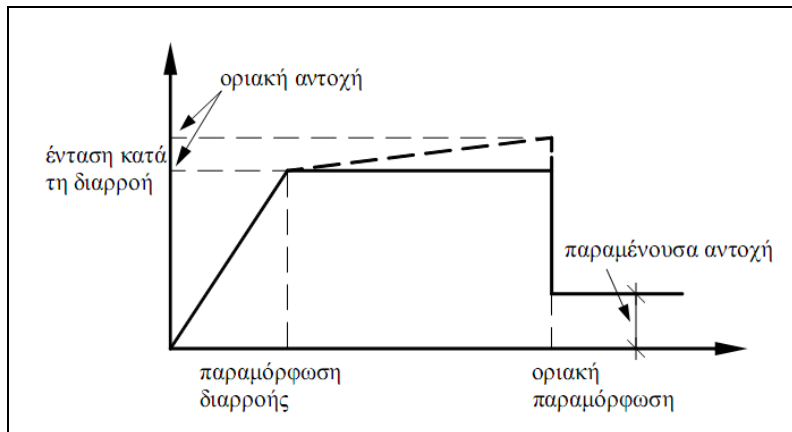
Κύριος στόχος της στατικής ανελαστικής ανάλυσης είναι η εκτίμηση του μεγέθους των ανελαστικών παραμορφώσεων που θα αναπτυχθούν στα δομικά στοιχεία της κατασκευής, όταν αυτή υπόκειται στη σεισμική δράση για την οποία γίνεται η αποτίμηση ή ο ανασχεδιασμός. Τα μεγέθη αυτά των ανελαστικών παραμορφώσεων συγκρίνονται με τις επιτρεπόμενες τιμές που προσδιορίζονται με βάση τη στοχευόμενη στάθμη επιτελεσματικότητας και τις ικανότητες των μελών.

Στη στατική ανελαστική ανάλυση χρησιμοποιείται ένα προσομοίωμα του φορέα το οποίο λαμβάνει υπόψη ανελαστικούς νόμους φορτίου-παραμόρφωσης για τα επιμέρους δομικά στοιχεία του κτηρίου. Ειδικότερα για το σκυρόδεμα, λόγω του ότι οι καμπτικές και οι διατμητικές παραμορφώσεις συνυπάρχουν, χρησιμοποιείται ο ανελαστικός νόμος ροπής κάμψης – γωνία στροφής χορδής ($M-\theta$).



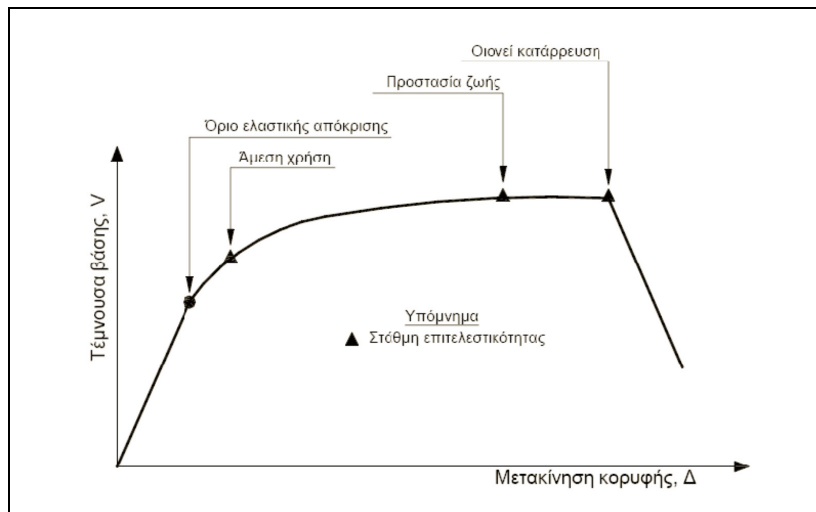
Σχήμα 1: Ορισμός στροφής χορδής θ

Το προσομοίωμα φορτίζεται με οριζόντια φορτία διαφορετικών κατανομών καθ' ύψος, τα οποία αυξάνουν μονότονα και αναπαριστούν τις αδρανειακές δυνάμεις που εμφανίζονται στα επίπεδα των ορόφων κατά τη διάρκεια ενός σεισμού. Η ανάλυση διενεργείται μέχρι να σημειωθεί αστοχία του φορέα. Η συνήθης μορφή αστοχίας είναι η αστοχία σε κάμψη μίας κρίσιμης διατομής (ο ικανοτικός σχεδιασμός που επιβάλλουν οι σύγχρονοι αντισεισμικοί κανονισμοί εξασφαλίζει ότι η καμπτική αστοχία προηγείται πάντοτε της διατμητικής) ή η μετατροπή του φορέα σε μηχανισμό, τοπικά ή συνολικά. Σε κάθε περιοχή που αναμένεται να εμφανιστεί ανελαστική συμπεριφορά λαμβάνεται υπόψη η σχέση φορτίου - παραμόρφωσης μέσω πλήρων καμπυλών μονότονης φόρτισης μέχρι την αστοχία. Οι καμπύλες αυτές περιλαμβάνουν την φάση εξασθένισης του στοιχείου, καθώς και την παραμένουσα αντοχή του και έχουν την παρακάτω μορφή:



Σχήμα 2: Σκελετικό διάγραμμα Συμπεριφοράς

Από την ανάλυση του προσομοιώματος κατασκευάζεται η καμπύλη αντίστασης της κατασκευής, η οποία εκφράζει τη σχέση μεταξύ της τέμνουσας βάσης, V_B του κτηρίου και της μετατόπισης κορυφής, δ . Με βάση αυτή την καμπύλη γίνονται όλοι οι απαιτούμενοι έλεγχοι ικανοποίησης των κριτηρίων επιτελεστικότητας. Για τον προσδιορισμό της στοχευόμενης μετακίνησης ωστόσο, απαιτείται η αντικατάσταση της καμπύλης αντίστασης από μία εξιδανικευμένη διγραμμική καμπύλη από την οποία προσδιορίζεται η ισοδύναμη πλευρική δυσκαμψία, K_E και η αντίστοιχη τέμνουσα διαρροής, V_y . Η στοχευόμενη μετατόπιση της κατασκευής υπολογίζεται για δεδομένη περίοδο επαναφοράς του σεισμού κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ (βλ. Κεφάλαιο 5 §5.7.4). Αφού υπολογιστεί η αναμενόμενη μετακίνηση της κορυφής της κατασκευής, σημειώνεται πάνω στην καμπύλη το αντίστοιχο σημείο επιτελεστικότητας και συγκρίνεται με την επιθυμητή στάθμη για τη συγκεκριμένη σεισμική διέγερση.



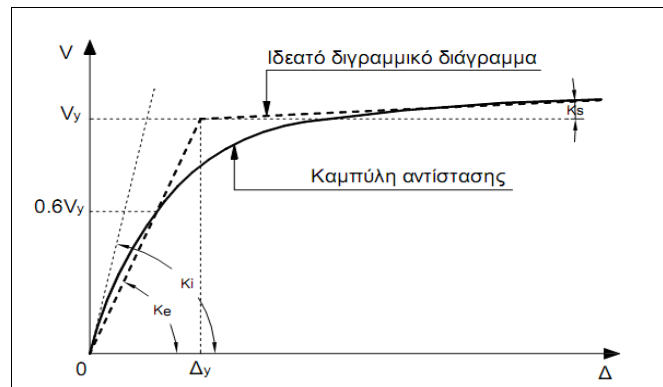
Σχήμα 3: Ορισμός σταθμών επιτελεστικότητας στην καμπύλη αντίστασης

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΣΤΟΧΕΥΟΜΕΝΗΣ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΗΣ

Ο υπολογισμός της στοχευόμενης μετακίνησης βασίζεται στη θεωρία του ισοδύναμου μονοβάθμιου συστήματος. Στη συνέχεια αναφέρονται τα βήματα εφαρμογής της μεθόδου.

Βήμα 1: Διγραμμικοποίηση της καμπύλης αντίστασης (βλ. ΚΑΝ.ΕΠΕ §5.7.3.4)

- Κατασκευάζεται ο μετελαστικός κλάδος με δυσκαμψία η οποία επιλέγεται αυθαίρετα κατά την κρίση του μηχανικού και θεωρώντας ότι η αντίστοιχη ευθεία, διέρχεται από το σημείο όπου η καμπύλη αντίστασης έχει γίνει περίπου οριζόντια.
- Προσδιορίζεται η ισοδύναμη ελαστική αντίσταση K_e , ως η κλίση της ευθείας που ενώνει την αρχή των αξόνων με το σημείο της καμπύλης αντίστασης, που αντιστοιχεί σε τέμνουσα ίση με το 60% της τέμνουσας διαρροής, V_y .
- Τελικά, η τέμνουσα διαρροής αντιστοιχεί στο σημείο τομής των δύο προηγούμενων ευθειών, που αντιστοιχούν στον ελαστικό και τον μετελαστικό κλάδο αντίστοιχα.



Σχήμα 4: Διγραμμικοποίηση καμπύλης αντίστασης

Βήμα 2: Προσδιορισμός της ενεργούς θεμελιώδους ιδιοπεριόδου, T_e .

Η ισοδύναμη κυριαρχούσα ιδιοπερίοδος για ελαστική δυσκαμψία της κατασκευής K_e , υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση (βλ. ΚΑΝ.ΕΠΕ §5.7.3.5):

$$T_e = T \sqrt{\frac{K_0}{K_e}}$$

όπου T η ελαστική κυριαρχούσα ιδιοπερίοδος στη θεωρούμενη διεύθυνση που υπολογίζεται με βάση μια ελαστική δυναμική ανάλυση, K_0 η αντίστοιχη ελαστική πλευρική δυσκαμψία, ενώ η ισοδύναμη πλευρική δυσκαμψία K_e υπολογίζεται ως ανωτέρω.

Βήμα 3: Εύρεση της στοχευόμενης μετακίνησης, δ_e .

Για δεδομένο ελαστικό φάσμα σχεδιασμού, η στοχευόμενη μετακίνηση υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση (βλ. ΚΑΝ.ΕΠΕ §5.7.4.2):

$$\delta_e = C_0 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot \frac{T_e^2}{4\pi^2} \cdot S_e(T)$$

Οι τιμές των παραπάνω συντελεστών αναφέρονται στην αντίστοιχη ανωτέρω παράγραφο.

ΠΛΑΣΤΙΚΕΣ ΑΡΘΡΩΣΕΙΣ

Κύριος στόχος σε μια κατασκευή είναι ο προσδιορισμός του τρόπου και των θέσεων εκδήλωσης ανελαστικών παραμορφώσεων και η εκτίμηση του μεγέθους τους συγκριτικά με τις αποδεκτές τιμές. Η απορρόφηση της σεισμικής ενέργειας εξασφαλίζεται κυρίως μέσω των πλαστικών αρθρώσεων. Για την εφαρμογή των ανελαστικών αναλύσεων, θα πρέπει να καθορίσουμε τα μέλη, καθώς και τα σημεία τους στα οποία ενδέχεται να εμφανιστούν πλαστικές αρθρώσεις. Πρόκειται για το σύνολο των μελών της κατασκευής – υποστυλώματα, τοιχώματα και δοκοί – στα σημεία αρχής και τέλους. Ειδικότερα, για τα υποστυλώματα ορίζεται κρίσιμη η αλληλεπίδραση σε διαξονική κάμψη κατά τις δύο διευθύνσεις και αξονική δύναμη και για τις δοκούς αλληλεπίδραση μόνο σε καμπτική ροπή περί τον άξονα 3-3. Στη λογική αυτή, απαιτείται ο προσδιορισμός διαφορετικών πλαστικών αρθρώσεων, που θα εφαρμοστούν στα άκρα των στοιχείων για κάθε δοκό, ανάλογα με την ροπή διαρροής της. Αντίστοιχα, οι πλαστικές αρθρώσεις των υποστυλωμάτων θα πρέπει να οριστούν για κάθε ένα χωριστά, ώστε να περιέχουν τις τιμές των αξονικών δυνάμεων οι οποίες θα ληφθούν κατά το δυσμενέστερο από τον στατικό συνδυασμό $1.35G + 1.50Q$.

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΩΘΗΣΗΣ

Η ανάλυση πλευρικής ώθησης περιλαμβάνει δύο φάσεις φόρτισης. Κατά την πρώτη φάση, λαμβάνονται υπόψη οι αρχικές φορτικές συνθήκες $G+0.3Q$, ανάλογες της σεισμικής δράσης και ακολουθείται μια στατική μη-γραμμική ανάλυση υπό μηδενικές αρχικές συνθήκες. Στη φάση αυτή η κατασκευή πρέπει να βρίσκεται στην ελαστική περιοχή, διαφορετικά αστοχεί υπό τα ίδια βάρη της. Η επόμενη φάση συνεχίζει από το τέλος της πρώτης και περιλαμβάνει τη σταδιακή εξώθηση της κατασκευής, δηλαδή τη σταδιακή επιβολή οριζόντιων σεισμικών φορτίων σε κάθε όροφο του κτηρίου. Η καθ' ύψος κατανομή φόρτισης επιλέγεται τριγωνική ανάλογη της πρώτης ιδιομορφής με μέγιστη τιμή μονάδα στην κορυφή του τελευταίου ορόφου και σταδιακή μείωση προς τους χαμηλότερους ορόφους. Τα φορτία αυτά σημειώνουν μονότονη αύξηση και πρακτικά αναπαριστούν τις εμφανιζόμενες αδρανειακές δυνάμεις ανά όροφο κατά τη διάρκεια ενός σεισμού. Απαραίτητη είναι η επιλογή ενός κόμβου ελέγχου στον οποίο προσδίδεται μία μέγιστη μετακίνηση. Η αύξηση της φόρτισης συνεχίζεται μέχρι η παραμόρφωση στον εκλεγμένο κόμβο ελέγχου να φτάσει τη μετακίνηση αυτή. Πρόκειται για μια προαποφασισμένη ακραία τιμή η οποία δεν πρόκειται να αναληφθεί από την κατασκευή, αλλά αποσκοπεί στην ανάδειξη της πορείας της αστοχίας. Η παραπάνω φόρτιση εφαρμόζεται στα κέντρα μάζας κάθε ορόφου με σταδιακή αύξηση του φορτίου καθ' ύψος ανάλογη με το ύψος του ορόφου. Η μέθοδος φόρτισης - αποφόρτισης που χρησιμοποιείται είναι αυτή της αποφόρτισης όλης της κατασκευής. Πρακτικά, αυτό σημαίνει ότι όταν μια πλαστική άρθρωση φτάσει σε κάποιο τμήμα του διαγράμματος $M-\theta$ με αρνητική κλίση, η πλευρική φόρτιση της κατασκευής συνεχίζεται έως ότου η επιπρόσθετη παραμόρφωση να αποκτήσει αρνητική τιμή. Εφόσον τώρα η παραμόρφωση αντιστραφεί, η κατασκευή αποφορτίζεται, δηλαδή σημειώνεται μείωση της κατανομής της πλευρικής παραμόρφωσης. Η μείωση εξακολουθεί μέχρι την πλήρη αποφόρτιση της εν λόγω πλαστικής άρθρωσης. Στη συνέχεια, η κατασκευή επαναφορτίζεται και κάποιο άλλο τμήμα της αναλαμβάνει το ποσοστό της φόρτισης που αφαιρέθηκε από τη συγκεκριμένη πλαστική άρθρωση.

ΑΔΥΝΑΜΙΕΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

- Λαμβάνει υπόψη μόνο την οριζόντια συνιστώσα του σεισμού.
- Αγνοεί την κινητική ενέργεια και την απόσβεση της σεισμικής φόρτισης.

- Αγνοεί τη διάρκεια της σεισμικής φόρτισης και τη συσσώρευση της σεισμικής ενέργειας.
- Η σταδιακή μεταβολή της δυσκαμψίας, των ιδιομορφικών χαρακτηριστικών, των ιδιοπεριόδων και της αντίστοιχης φασματικής απόκρισης δεν μπορούν να ενταχθούν στην ανάλυση.

ΠΕΔΙΟ ΧΡΗΣΗΣ

- Σε κατασκευές στις οποίες η επιρροή των ανώτερων ιδιομορφών είναι σημαντική, παρατηρείται απώλεια ακρίβειας. Για το λόγο αυτό προτείνεται εφαρμογή της μεθόδου σε συνδυασμό με μία συμπληρωματική ελαστική δυναμική ανάλυση.
- Δομήματα που χαρακτηρίζονται από μη-κανονικότητες στο χώρο (σε κάτοψη, καθ' ύψος) καθώς και εκείνα που παρουσιάζουν έντονα στρεπτικά φαινόμενα, προσομοιώνονται δύσκολα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μέθοδος Pushover τελεί υπό συνεχή αναθεώρηση, ενώ στους σύγχρονους κανονισμούς επί του παρόντος χρησιμοποιείται η μέθοδος με βάση τις μετακινήσεις. Πολλά έχουν ειπωθεί για την ακρίβεια και τη χρησιμότητα της Pushover στον αντισεισμικό ανασχεδιασμό ή αποτίμηση των κατασκευών. Αυτό που ουσιαστικά μπορεί να παράσχει στον μελετητή είναι μια προσεγγιστική εκτίμηση των απαιτούμενων παραμορφώσεων των κρίσιμων διατομών της κατασκευής, να αποκαλύψει πιθανές αδυναμίες του φορέα, να ανιχνεύσει περιοχές του φορέα οι οποίες παρουσιάζουν μεγάλες απαιτήσεις σε παραμορφώσεις και να αξιολογήσει την ευστάθεια του δομικού συστήματος στο σύνολο του. Η Pushover δεν μπορεί να εκτιμήσει με ακρίβεια τη δυναμική συμπεριφορά της κατασκευής, ιδιαίτερα όταν είναι σημαντική η συνεισφορά των ανώτερων ιδιομορφών στη σεισμική απόκριση του φορέα. Τα αποτελέσματα της Pushover εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη μορφή του προφίλ των οριζόντιων σεισμικών φορτίων που επιβάλλονται.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ΚΑΝ.ΕΠΕ 2013, Κανονισμός Επεμβάσεων
- [2] Ευρωκώδικας 8
- [3] Manual SAP 2000
- [4] Λατσός Λεωνίδας – Τουσμάνης Αριστείδης «Συγκριτική μελέτη μεθόδων ενίσχυσης πλαισιακών φορέων με ή χωρίς μαλακό όροφο μέσω ανελαστικών στατικών αναλύσεων», 18^ο Φοιτητικό Συνέδριο: Ενισχύσεις – Επισκευές κατασκευών
- [5] Υπομονάδα 'Υπερωθητική', Στατική υπερωθητική ανάλυση με βάση τους ΕΚ8.1, ΕΚ8.3 και ΚΑΝ.ΕΠΕ, Εγχειρίδιο θεωρητικής τεκμηρίωσης & οδηγός χρήσης, ΡΑΦ
- [6] Using SAP2000 Software Package in Earthquake Engineering (Part II: Pushover)
- [7] Στατική Ανελαστική Ανάλυση, Μέθοδος ελέγχου μετατοπίσεων, Μέθοδος Pushover, ΛΗ Λογισμική
- [8] Μαθήματα Στατικής V, Πλαστική ανάλυση ραβδωτών φορέων, Σύγχρονες μέθοδοι (Μέρος II), Μ. Παπαδρακάκης, Καθηγητής ΕΜΠ
- [9] SAP2000, Integrated Finite Elements Analysis and Design of Structures, Detailed tutorial including pushover analysis
- [10] Δημοσθένης Ταλασλίδης - Ηλίας Μπουγαΐδης – Ιωάννης Ντινόπουλος, Αριθμητικές μέθοδοι ανάλυσης κατασκευών Ι Τεύχος Α, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Α.Π.Θ. ΤΟΜΕΑΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΤΑΤΙΚΗΣ & ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

- [11] Αποτίμηση φέρουσας ικανότητας υφιστάμενου κτηρίου οπλισμένου σκυροδέματος και ενισχύσεις, Σπύρου Δανάη
- [12] Αποτίμηση ανελαστικής συμπεριφοράς κτηρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα, Ηλίας Παναγιώτης
- [13] «Συγκριτική μελέτη Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού και EC8 για πολυώροφα μεταλλικά κτήρια», Δημητριάς Δημήτρης
- [14] Ελαστική και ανελαστική ανάλυση φορέα από οπλισμένο σκυρόδεμα ενισχυμένου με μεταλλικά υποστυλώματα, Χατζηκυριάκος Ευάγγελος

