

Ο ΕΛΛΗΝΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ (ΚΑΝΕΠΕ) – ΝΕΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΕΙΣΑΓΕΙ ΚΑΙ ΕΛΛΕΙΨΕΙΣ ΤΟΥ.

ΜΠΑΡΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΕΡΓΑΣΙΑ 2

Περίληψη

Η έρευνα που γίνεται τα τελευταία χρόνια στον τομέα των επεμβάσεων σε υφιστάμενα κτίρια έχει δημιουργήσει μια αρκετά μεγάλη βάση δεδομένων, που σταδιακά οργανώνεται σε σχέδια κανονισμών. Σκοπός της εργασίας είναι να παρουσιάσει σύντομα τα νέα δεδομένα που εισάγει το σχέδιο για τον Ελληνικό Κανονισμό Επεμβάσεων καθώς και να διαπιστώσει πιθανές ελλείψεις του. Παρουσιάζονται στοιχεία που αφορούν τη φιλοσοφία του ανασχεδιασμού, την αξιοπιστία των δεδομένων, τις μεθόδους ανάλυσης, τη συμπεριφορά των μελών και επιμέρους θέματα που σχετίζονται άμεσα με τα παραπάνω. Εντοπίζονται οι σημαντικότερες διαφορές με τα υπάρχοντα πλαίσια κανονισμών για την ανάλυση και σχεδιασμό νέων κατασκευών και σημειώνονται πιθανές ελλείψεις. Γενικότερο συμπέρασμα που προκύπτει από τη μελέτη του κειμένου είναι ότι πρόκειται για μία πολύ καλή συστηματοποίηση της γνώσης της περιοχής των επεμβάσεων. Αν και υπάρχουν παραλείψεις και ασάφειες, σημαντικό πρόβλημα είναι η πολυπλοκότητα του κειμένου, που όμως οφείλεται στην ευρύτητα του αντικειμένου που εξετάζει. Παρόλα αυτά θα αποτελέσει έναν χρήσιμο οδηγό για τον ανασχεδιασμό και τις επεμβάσεις που είναι απόλυτα απαραίτητος.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συνεχής έρευνα στην περιοχή των αντισεισμικών κατασκευών, καθώς και τα δεδομένα που προκύπτουν από τη μελέτη των μεγάλων σεισμών των τελευταίων ετών, έχουν οδηγήσει σε σημαντικές αλλαγές στις επικρατούσες αντιλήψεις που αφορούν το σχεδιασμό κτιρίων. Οι νέες απόψεις για το φαινόμενο του σεισμού και την ορθολογικότερη εισαγωγή του στους υπολογισμούς, καθώς και την συμπεριφορά των μελών, άρα και του συνόλου της κατασκευής, ενισχύουν την άποψη ότι ένας σημαντικός αριθμός παλαιότερων κτιρίων κρίνονται ανεπαρκή με βάση τις σύγχρονες αντιλήψεις. Συνεπώς αυξάνονται οι απαιτήσεις για επεμβάσεις σε υφιστάμενα δομήματα, ώστε να πληρούν τις προϋποθέσεις που εισάγει η σύγχρονη γνώση, καθώς η ολοκληρωτική καθαίρεση τους και η ανέγερση νέων κτιρίων είναι για προφανείς λόγους, κοινωνικούς και οικονομικούς, μη - υλοποιήσιμη λύση.

Το πεδίο των ενισχύσεων και επισκευών υπαρχόντων κτιρίων είναι ιδιαίτερα εκτενές και η ολοένα αυξανόμενη έρευνα έχει οδηγήσει στη δημιουργία μιας μεγάλης βάσης δεδομένων που αφορούν στρατηγικές επεμβάσεων, υλικά ενίσχυσης και μεθόδους ανασχεδιασμού. Η διαδικασία επέμβασης σε κάποιο δόμημα απαιτεί από το μηχανικό να συλλέξει στοιχεία από αυτή τη βάση δεδομένων και με οδηγό αυτά να εκτελέσει τους απαιτούμενους υπολογισμούς και εργασίες, επιστρατεύοντας προφανώς και γνώσεις από τους υπάρχοντες αντισεισμικούς κανονισμούς και την εμπειρία του. Η δυσκολία ενός τέτοιου εγχειρήματος είναι προφανής, ενισχύεται δε αν κανείς αναλογιστεί ότι υπάρχει μια πληθώρα επιλογών επέμβασης που καθιστά δύσκολη τη διάκριση της ιδανικής για κάθε περίπτωση, καθώς και ότι τα υλικά και οι μέθοδοι που προτείνονται είναι νέες και σχετικά άγνωστες, με αποτέλεσμα τα ερευνητικά αποτελέσματα να είναι συχνά αντικρουόμενα και να υπάρχουν κενά που συμπληρώνονται από την εμπειρία.

Όλα τα παραπάνω οδηγούν στο συμπέρασμα ότι απαιτείται η συστηματοποίηση της γνώσης του πεδίου των επεμβάσεων, ώστε να υπάρξει μια τυποποιημένη διαδικασία αποτίμησης – ανασχεδιασμού που να διευκολύνει τους μηχανικούς της πράξης. Για το σκοπό αυτό τα τελευταία χρόνια ξεκίνησε από τις Ηνωμένες Πολιτείες μια προσπάθεια οργάνωσης

της υπάρχουσας δεξαμενής γνώσεων σε συστάσεις για τις επεμβάσεις που στη συνέχεια εξελίχθηκαν σε σχέδια κανονισμών (όπως τα πολύ γνωστά ATC- 40 και FEMA-356). Σχέδια κανονισμών που κυριότερο χαρακτηριστικό τους είναι, πέραν φυσικά από την οργάνωση της διαδικασίας αποτίμησης και ανασχεδιασμού μιας κατασκευής, η ευελιξία που παρέχουν στο μελετητή, ώστε να μπορέσει να επιλέξει τη βέλτιστη κάθε φορά λύση.

Στη χώρα μας, που εξαιτίας των συχνών σεισμών και της παλαιότητας των κτιρίων οπλισμένου σκυροδέματος η ανάγκη για αποτελεσματικές επεμβάσεις είναι άμεση, διαμορφώνεται ο Ελληνικός Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝΕΠΕ). Στόχος της παρούσης εργασίας είναι να παρουσιάσει κάποια από τα νέα στοιχεία που εισάγονται μέσα στο κείμενο του ΚΑΝΕΠΕ και αποτελούν προϊόντα της σύγχρονης έρευνας με αποτέλεσμα να διαφοροποιούνται πολλές φορές από την λογική των κανονισμών που αφορούν τον σχεδιασμό νέων κτιρίων. Η παρουσίαση χωρίζεται σε τέσσερις ενότητες που αφορούν τη λογική του ανασχεδιασμού, τη συλλογή των δεδομένων, την ανάλυση και τη συμπεριφορά των μελών και της κατασκευής. Για κάθε ενότητα έγινε μια προσπάθεια να εντοπιστούν οι βασικές διαφορές με τους ισχύοντες κανονισμούς (ΕΑΚ και ΕΚΟΣ), καθώς και πιθανές ελλείψεις και ασάφειες, ώστε να βελτιωθεί το κείμενο και να γίνει ακόμα πιο κατανοητό στους μηχανικούς της πράξης, οι οποίοι άλλωστε θα κληθούν να το εφαρμόσουν σε πραγματικές συνθήκες.

2. ΝΕΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΥ ΕΙΣΑΓΕΙ Ο ΚΑΝΕΠΕ.

2.1 ΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ – ΣΤΑΘΜΕΣ ΕΠΙΤΕΛΕΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ - ΑΝΑΣΧΕΔΑΣΜΟΥ

Δεδομένου ότι οι επεμβάσεις αναφέρονται σε υφιστάμενα κτίρια, η χρήση του όρου «σχεδιασμός» που αφορά τις νέες κατασκευές δεν θα ήταν απόλυτα σωστή. Συνεπώς εισάγεται η έννοια του ανασχεδιασμού, η οποία σε απόλυτη αντιστοιχία με το σχεδιασμό νέων κτιρίων, περιγράφει τη διαδικασία υπολογισμού των απαιτούμενων επεμβάσεων ώστε το κτίριο να ικανοποιεί τις απαιτήσεις που ορίζονται. Η διαδικασία αυτή ακολουθεί προφανώς την σεισμική αποτίμηση, που αποτελεί την έλεγχο της κατασκευής στην αρχική κατάστασή της και έχει στόχο να εντοπίσει το βαθμό της ανεπάρκειας του κτιρίου και τις αιτίες της. Επομένως ακόμα και οι βασικές έννοιες που εισάγονται από τον ΚΑΝΕΠΕ φαίνεται να είναι νέες. Δεν είναι όμως άγνωστες καθώς ουσιαστικά πρόκειται για μια προσαρμογή της έννοιας του σχεδιασμού στο πρόβλημα της επισκευής – ενίσχυσης υπαρχόντων δομημάτων.

Η μεγαλύτερη διαφοροποίηση του ΚΑΝΕΠΕ σε σχέση με τους υπάρχοντες κανονισμούς όσον αφορά τον ανασχεδιασμό έχει να κάνει με τη λογική του, στην οποία για πρώτη φορά σε πλαίσιο κανονισμού, εισάγονται και εφαρμόζονται οι στάθμες και οι στόχοι επιτελεστικότητας. Γίνεται δηλαδή μια πρώτη εφαρμογή του σχεδιασμού με βάση την επιτελεστικότητα, που ανταποκρίνεται καλύτερα σε σχέση με τις ισχύουσες λογικές στην ιδιαίτερη φύση του προβλήματος της επισκευής – ενίσχυσης υφιστάμενου δομήματος.

Οι στάθμες επιτελεστικότητας (Σ.Ε.) περιγράφουν μια περιοριστική κατάσταση βλαβών που μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητική για την υπόψη κατασκευή και τις υπάρχουσες συνθήκες. Η περιγραφή βασίζεται στις βλάβες, την απειλή για τη ζωή των ενοίκων και τη λειτουργικότητα κατά το σεισμό. Συνεπώς η στάθμη επιτελεστικότητας μπορεί να οριστεί ως μια επιθυμητή συμπεριφορά της κατασκευής που επιλέγεται από το μελετητή.

Οι Σ.Ε. διακρίνονται σε Σ.Ε. φέροντος και μη-φέροντος οργανισμού οι οποίες ορίζονται αναλυτικά στον ΚΑΝΕΠΕ. Συγκεκριμένα για τον φέροντα οργανισμό διακρίνονται τρεις στάθμες. Η Α - «Άμεση χρήση μετά το σεισμό» όπου καμιά λειτουργία του κτιρίου δεν

διακόπτεται κατά τη διάρκεια και μετά το σεισμό, ενώ οι βλάβες περιορίζονται σε τριχοειδείς ρωγμές. Η Β – «Προστασία ζωής ενοίκων» όπου υπάρχουν επισκευάσιμες βλάβες αλλά δεν προκαλούνται τραυματισμοί ούτε υπάρχουν θύματα. Τέλος η Γ – «Αποφυγή οιωνεί κατάρρευσης» όπου προκαλούνται εκτεταμένες βλάβες, ο φέρον οργανισμός διατηρεί την ικανότητα να φέρει τα κατακόρυφα φορτία, αλλά δεν υπάρχει περιθώριο ασφάλειας έναντι μερικής ή ολικής κατάρρευσης. Απόλυτα αντίστοιχα ορίζονται και οι τέσσερις Σ.Ε. μη-φέροντος οργανισμού οι οποίες είναι α - «σχεδόν πλήρης λειτουργικότητα κατά το σεισμό», αβ - «Άμεση χρήση μετά το σεισμό», β - «Προστασία ζωής και παρουσίας ενοίκων» και γ - «Αποφυγή οιωνεί κατάρρευσης».

Για να μπορέσουν Σ.Ε. να χρησιμοποιηθούν στον ανασχεδιασμό απαιτείται ο καθορισμός της σεισμικής κίνησης που θα «προκαλεί» αυτές τις επιθυμητές συμπεριφορές του κτιρίου. Στον ΕΑΚ ο σεισμός εκφράζεται από το σεισμό σχεδιασμού, που δίνεται μέσω του αντίστοιχου φάσματος και έχει πιθανότητα υπέρβασης 10% στη ζωή του κτιρίου (50 έτη). Στον ΚΑΝΕΠΕ για τις ανάγκες του ανασχεδιασμού, πέραν από το σεισμό σχεδιασμού του ΕΑΚ, ορίζεται και ένας μικρότερος σεισμός, ο σεισμός λειτουργικότητας με πιθανότητα υπέρβασης 50% στη ζωή της κατασκευής. Στο σημείο αυτό σημειώνεται ότι η μεταβολή της πιθανότητας υπέρβασης του σεισμού σχεδιασμού εισάγεται και στον ΕΑΚ μέσω του συντελεστή σπουδαιότητας γ.

Ο συνδυασμός μιας Σ.Ε. με κάποιον από τους δύο σεισμούς δίνει το στόχο αποτίμησης ή ανασχεδιασμού για τον φέροντα ή μη-φέροντα οργανισμό, που εκφράζει την επιθυμητή συμπεριφορά της κατασκευής για δεδομένο σεισμό σχεδιασμού. Από το συνδυασμό ενός στόχου για το φέροντα και ενός για το μη-φέροντα οργανισμό προκύπτει ο συνδυασμένος στόχος που αναφέρεται σε ολόκληρη την κατασκευή και επηρεάζει σημαντικά τη διαδικασία ανασχεδιασμού και την επιλογή επέμβασης. Τα παραπάνω παρουσιάζονται στους πίνακες που ακολουθούν.

Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών	Στάθμη επιτελεσματικότητας Φέροντος οργανισμού		
	Σχεδόν πλήρης λειτουργικότητα κατά το σεισμό	Προστασία ζωής και παρουσίας των ενοίκων	Οιωνεί κατάρρευση
10%	A1	B1	Γ1
50%	A2	B2	Γ2

Πίνακας 1 Στόχοι αποτίμησης – ανασχεδιασμού φέροντος οργανισμού

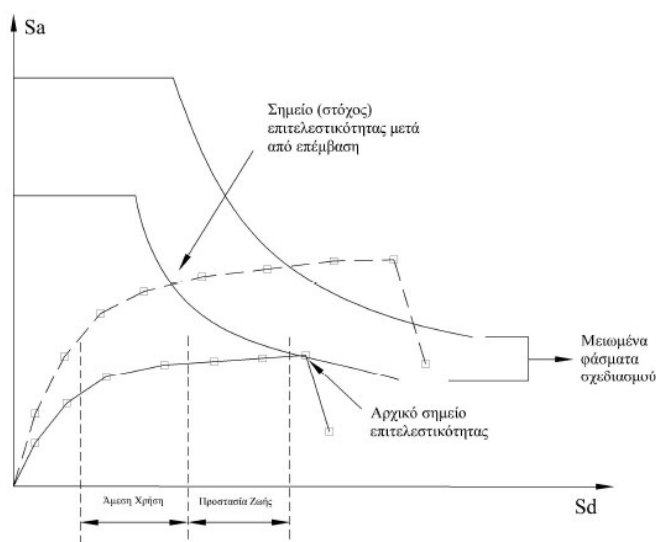
Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών	Στάθμη επιτελεσματικότητας Μη-Φέροντος οργανισμού			
	Σχεδόν πλήρης λειτουργικότητα κατά το σεισμό	Άμεση χρήση μετά το σεισμό	Προστασία ζωής και παρουσίας των ενοίκων	Οιωνεί κατάρρευση
10%	α1	αβ1	β1	γ1
50%	α2	αβ2	β2	γ2

Πίνακας 2 Στόχοι αποτίμησης – ανασχεδιασμού μη φέροντος οργανισμού

	Στάθμη επιτελεστικότητας Φέροντος οργανισμού		
Στάθμη επιτελεστικότητας Μη-Φέροντος οργανισμού	Σχεδόν πλήρης λειτουργικότητα κατά τον σεισμό	Προστασία ζωής και περιουσίας των ενοίκων	Οιονεί κατάρρευση
Σχεδόν πλήρης λειτουργικότητα κατά τον σεισμό	Σχεδόν πλήρης λειτουργικότητα Ai - ai	(*)	(*)
Άμεση χρήση μετά τον σεισμό	Άμεση χρήση Ai - αβι	Bi - αβι	(*)
Προστασία ζωής και περιουσίας των ενοίκων	Ai - βι	Προστασία ζωής Bi - βι	Γι - βι
Οιονεί κατάρρευση	(*)	Bi - γι	Γι - γι

Πίνακας 3 Συνδυασμένοι στόχοι αποτίμησης – ανασχεδιασμού κτιρίου

Με βάση όσα αναφέρθηκαν ο μελετητής καλείται πλέον να περιγράψει την επιθυμητή συμπεριφορά του υπό μελέτη δομήματος για έναν ή δύο σεισμούς, η οποία στη συνέχεια καθορίζει και την διαδικασία που θα ακολουθηθεί κατά τον ανασχεδιασμό. Η επιλογή στόχου έχει να κάνει με κριτήρια κοινωνικά και οικονομικά (σπουδαιότητα κτιρίου, επιθυμητό κόστος και έκταση επέμβασης). Με βάση τη στοχευόμενη Σ.Ε. επιλέγεται μέθοδος ανάλυσης και δείκτης συμπεριφοράς q , ενώ η βασική ανίσωση ασφαλείας τροποποιείται κατάλληλα ώστε να ελέγχεται αν ικανοποιούνται συγκεκριμένα κριτήρια. Επιπλέον, δεδομένου ότι οι Σ.Ε. αποτελούν καταστάσεις βλαβών των μελών, αντιστοιχούν σε περιοχές της καμπύλης συμπεριφοράς της κατασκευής. Άρα από το συνδυασμό της καμπύλης αυτής με τη στοχευόμενη Σ.Ε. μπορεί να γίνει μια πρώτη ποσοτική εκτίμηση της επιθυμητής συμπεριφοράς του κτιρίου και να ληφθούν αποφάσεις σχετικά με την επέμβαση που απαιτείται.



Σχήμα 1 Χρήση Σ.Ε. στην επιλογή επέμβασης

Συνοψίζοντας τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι στον ΚΑΝΕΠΕ εισάγεται μια νέα λογική για το σχεδιασμό που βασίζεται στην επιτελεστικότητα. Γενικά αν και φαίνεται πιο πολύπλοκη, η λογική αυτή οδηγεί σε μια πιο ευέλικτη διαδικασία, η οποία στην περίπτωση του ανασχεδιασμού είναι απαραίτητη. Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι τα νέα κτίρια ουσιαστικά σχεδιάζονται για στόχο επιτελεστικότητας B1 (βλ. πίνακα 1) με βάση τους ισχύοντες κανονισμούς (ΕΑΚ και ΕΚΟΣ).

2.2 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ – ΣΤΑΘΜΗ ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (Σ.Α.Δ.)

Το πρώτο βήμα κάθε προσπάθειας αποτίμησης και ανασχεδιασμού ενός υφιστάμενου κτιρίου είναι η συλλογή των δεδομένων που αφορούν τα χαρακτηριστικά του. Σε αντίθεση με την περίπτωση μιας νέας κατασκευής, όπου ο μελετητής καθορίζει στοιχεία όπως η γεωμετρία του φορέα και προδιαγράφει τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν, στα υφιστάμενα κτίρια πρέπει να προσδιοριστούν αυτά τα χαρακτηριστικά, καθώς στη συνέχεια εισάγονται στους υπολογισμούς. Ο προσδιορισμός αυτός γίνεται με βάση την παλαιά μελέτη (εάν υπάρχει), αποτύπωση του φορέα και δοκιμές για τα υλικά που αποσκοπούν στην επιβεβαίωση της εφαρμογής της (ή στον προσδιορισμό των ζητούμενων χαρακτηριστικών εάν δεν υπάρχει).

Το ερώτημα που τίθεται είναι πόσο αξιόπιστα είναι τα δεδομένα που συλλέγει κάθε φορά ο μελετητής. Είναι προφανές πως, ιδιαίτερα όσον αφορά τις ιδιότητες των υλικών, οι μετρήσεις έχουν πολλές φορές σημαντική διασπορά, ενώ είναι αδύνατο να γίνουν σε όλα τα επιμέρους στοιχεία της κατασκευής. Για την αξιολόγηση της επάρκειας των πληροφοριών που συλλέγονται για το κτίριο, ο ΚΑΝΕΠΕ εισάγει την έννοια της Στάθμης Αξιοπιστίας Δεδομένων (Σ.Α.Δ.). Η Σ.Α.Δ., δεδομένου ότι αφορά επιμέρους στοιχεία που προσδιορίζονται ανεξάρτητα μετά από έρευνα, δεν είναι απαραίτητα ενιαία για όλο το κτίριο.

Στον ΚΑΝΕΠΕ διακρίνονται τέσσερις κατηγορίες Σ.Α.Δ. που εκφράζουν διαφορετική ακρίβεια για το υπόψη χαρακτηριστικό. «Υψηλή» Σ.Α.Δ. σημαίνει πως δεν υπάρχουν αμφιβολίες για τις τιμές που προσδιορίζονται, ενώ στην περίπτωση της «Ικανοποιητικής» στάθμης δεν απαιτούνται πρόσθετες ρυθμίσεις. Παραμετρικές επιλύσεις πιθανόν να απαιτηθούν αν η Σ.Α.Δ. κρίνεται «Επαρκής». Τέλος η «Χαμηλή» Σ.Α.Δ. συνίσταται για δευτερεύοντα στοιχεία ή όταν οι χρησιμοποιούμενες τιμές αιτιολογούνται από την μέχρι τώρα συμπεριφορά του κτιρίου.

Για τον καθορισμό της κατηγορίας Σ.Α.Δ. εισάγονται συγκεκριμένα κριτήρια. Συγκεκριμένα όσον αφορά τα μηχανικά χαρακτηριστικά των υλικών τα κριτήρια σχετίζονται με τις ελάχιστες απαιτήσεις για τη διερεύνησή τους. Αναλυτικά, για το σκυρόδεμα ορίζεται ένας ελάχιστος αριθμός πυρήνων που είναι 3 για μικρά κτίρια και 3 ανά δύο ορόφους σε μεγαλύτερα (οποσδήποτε 3 στον κρίσιμο όροφο). «Ικανοποιητική» θεωρείται η Σ.Α.Δ. αν, εκτός από τους ελάχιστους πυρήνες, εφαρμόζονται έμμεσες μέθοδοι μέτρησης στο 30% των κατακόρυφων και στο 15% των οριζόντιων στοιχείων κάθε ορόφου. Η παραπάνω έρευνα αυξημένη κατά 50% ή η ύπαρξη φακέλου μελέτης σημαίνει «υψηλή» Σ.Α.Δ. Αντίθετα εφαρμογή έμμεσων μεθόδων στα μισά από τα στοιχεία που αναφέρονται παραπάνω σημαίνει «επαρκή» Σ.Α.Δ. Αντίστοιχα για το χάλυβα «υψηλή» Σ.Α.Δ. εξασφαλίζεται με εργαστηριακή δοκιμή σε 3 δείγματα περίπου της ίδιας διαμέτρου από τον κρίσιμο όροφο. Αν η κατάταξη γίνεται με οπτική αναγνώριση η Σ.Α.Δ. λαμβάνεται ως «ικανοποιητική», που είναι και η χαμηλότερη στάθμη που γίνεται δεκτή. Με αντίστοιχο τρόπο, για τις εδαφικές παραμέτρους ορίζεται «υψηλή» ή «ικανοποιητική» στάθμη εάν γίνεται εδαφοτεχνική έρευνα και ανάλογα με την έκτασή της. Αν επιλεγούν τιμές από τη βιβλιογραφία τότε η Σ.Α.Δ. είναι «επαρκής».

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα κριτήρια καθορισμού της κατηγορίας Σ.Α.Δ. για τα γεωμετρικά δεδομένα. Στον κανονισμό δίνονται μέσω ενός πίνακα που αξιολογεί κάθε στοιχείο ανάλογα με την προέλευσή του. Στον πίνακα συμπεριλαμβάνονται δεδομένα που αφορούν το είδος και τη γεωμετρία της ανωδομής, της θεμελίωσης και των τοιχοπληρώσεων, τα ίδια βάρη των επιστρώσεων κλπ. και στοιχεία για τη διάταξη των οπλισμών. Τμήμα του εκτενούς αυτού πίνακα παρουσιάζεται παρακάτω.

ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΟΥ	ΔΕΔΟΜΕΝΑ							
	ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΦΟΡΕΑ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ				ΕΙΔΟΣ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΦΟΡΕΑ ΑΝΩΔΟΜΗΣ			
	Ανεπαρκής	Επαρκής	Ικανοποιητική	Υψηλή	Ανεπαρκής	Επαρκής	Ικανοποιητική	Υψηλή
Αρχική μελέτη αποδεδειγμένα εφαρμοσμένη				•				•
Αρχική μελέτη με μικρές διαπιστωμένες τροποποιήσεις				•				•
Κείμενο ή υπόμνημα σε σχέδιο αρχικής μελέτης								
Αξιόπιστη μέτρηση			•				•	
Έμμεσος προσδιορισμός		•				•		
Κρίση μηχανικού		•	•			•	•	
Απουσία δεδομένων	•				•			

Πίνακας 4 Κριτήρια καθορισμού Σ.Α.Δ. γεωμετρικών δεδομένων

Δεδομένου ότι οι Σ.Α. καθορίζουν την ακρίβεια δεδομένων που υπεισέρχονται στους υπολογισμούς, είναι λογικό να επηρεάζουν τη διαδικασία αποτίμησης – ανασχεδιασμού. Συγκεκριμένα όπως είναι αναμενόμενο η Σ.Α. των μηχανικών χαρακτηριστικών των υλικών επηρεάζει τους συντελεστές ασφάλειας γ_m , οι οποίοι είναι μικρότεροι για μεγαλύτερες στάθμες. Συγκεκριμένα λαμβάνεται $\gamma_c=1.35, 1.50, 1.65$ και $\gamma_s=1.05, 1.10, 1.25$ για Σ.Α. «υψηλή», «ικανοποιητική» και «επαρκή» αντίστοιχα. Στην ίδια λογική στηρίζεται και τροποποίηση του γ_g ανάλογα με τη Σ.Α. γεωμετρικών δεδομένων (1.20, 1.35, 1.50). Τέλος οι ανελαστικές μέθοδοι ανάλυσης που απαιτούν υψηλή ακρίβεια στα δεδομένα δεν επιτρέπεται να εφαρμόζονται για χαμηλές Σ.Α. (η ανελαστική δυναμική απαιτεί τουλάχιστον «ικανοποιητική»).

2.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ.

Ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα της διαδικασίας αποτίμησης και ανασχεδιασμού ενός υφιστάμενου κτιρίου είναι η προσομοίωση και η ανάλυση της κατασκευής, τόσο πριν οποιαδήποτε επέμβαση ώστε να αξιολογηθεί η αρχική της συμπεριφορά έναντι σεισμού, όσο και μετά από την ενίσχυση για να διερευνηθεί η αποδοτικότητά της. Από όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως γίνεται εύκολα κατανοητό πως στην προσομοίωση και ανάλυση της κατασκευής υπεισέρχονται μία σειρά από παράγοντες, οι οποίοι καθιστούν τη διαδικασία δυσκολότερη από τις συνηθισμένες περιπτώσεις των νέων κτιρίων. Επιπλέον, ζητούμενο είναι η όσο το δυνατόν ακριβέστερη προσέγγιση της συμπεριφοράς μιας πραγματικής κατασκευής, συνεπώς η χρήση ακριβέστερων προσομοιωμάτων και πολυπλοκότερων μεθόδων, όπως π.χ. οι ανελαστικές, πολλές φορές είναι επιβεβλημένη. Τα παραπάνω αποτυπώνονται στο κείμενο του ΚΑΝΕΠΕ μέσω του ορισμού νέων παραμέτρων και του εμπλουτισμού των διαθέσιμων για την ανάλυση μεθόδων.

2.3.1 Βασικοί ορισμοί.

Η ιδιαίτερη φύση του προβλήματος της ανάλυσης μιας υφιστάμενης κατασκευής και η εισαγωγή νέων μεθόδων καθιστούν απαραίτητο τόσο τον ορισμό κάποιων νέων μεγεθών – παραμέτρων, όσο και την προσαρμογή κάποιων γνωστών, που είτε εισάγονται στους υπολογισμούς, είτε χρησιμοποιούνται ως κριτήρια για την επιλογή της κατάλληλης μεθόδου. Η περιγραφή των παραμέτρων αυτών, δεδομένου ότι πρόκειται για νέα στοιχεία έχει ξεχωριστό ενδιαφέρον, είναι δε απαραίτητη για την καλύτερη κατανόηση των μεθόδων ανάλυσης του κανονισμού.

Για την αποτίμηση μιας κατασκευής μεγάλης σημασία έχει η αξιολόγηση της διαθέσιμης αντοχής των μελών της, ιδιαίτερα δε των κρίσιμων. Επιπλέον για την επιλογή μεθόδου ανάλυσης είναι απαραίτητη μια πρώτη αναγνώριση των σημείων του κτιρίου όπου υπάρχουν οι σημαντικότερες αδυναμίες, συνεπώς αναμένονται και οι μεγαλύτερες βλάβες. Για το σκοπό αυτό εισάγεται ο δείκτης διαθέσιμης αντοχής μέλους που ορίζεται ως:

$$\lambda = S/R_m \quad [1]$$

όπου S ένταση καμπτική ή διατμητική και R_m αντοχή. Υπολογισμός του λ γίνεται και για τους δύο τύπους έντασης, οπότε το κρίσιμο μέγεθος είναι αυτό για το οποίο προκύπτει το μέγιστο λ . Αντίστοιχα ο κρίσιμος λόγος λ για έναν όροφο είναι ο μέγιστος λόγος ενός επιμέρους στοιχείου. Με βάση το δείκτη διαθέσιμης αντοχής μέλους ορίζεται και ο μέσος δείκτης διαθέσιμης αντοχής για τον όροφο ως εξής:

$$\bar{\lambda}_k = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i V_{si}}{\sum_{i=1}^n V_{si}} \quad [2]$$

Όπου λ_i , V_{si} ο δείκτης διαθέσιμης αντοχής και η δρώσα τέμνουσα για το μέλος i .

Το λ που παρουσιάστηκε παραπάνω εισάγεται και στον ορισμό της μορφολογικής κανονικότητας, που διαφοροποιείται αρκετά σε σχέση με τον ΕΑΚ. Μορφολογικά κανονικό θεωρείται στον ΚΑΝΕΠΕ το κτίριο αν κανένας επιμέρους φορέας ανάληψης σεισμικών δράσεων δεν διακόπτεται καθ' ύψος, ούτε συνεχίζει σε διαφορετικό φάτνωμα, ούτε στον γειτονικό όροφο σε εκτός επιπέδου εσοχή. Επιπλέον δεν πρέπει να υπάρχει καμπτικώς ή στρεπτικώς ασθενής όροφος. Καμπτικώς ασθενής είναι ένας όροφος του οποίου το λ_k σε κάποιον όροφο υπερβαίνει το 125% του λ_k κάποιου γειτονικού. Ως στρεπτικώς ασθενής ορίζεται ένας όροφος όταν το πηλίκο του κρίσιμου λ στοιχείου που βρίσκεται στη μια πλευρά του ορόφου, προς το αντίστοιχο λ στοιχείου που βρίσκεται στην απέναντι πλευρά υπερβαίνει το 1.5. Θυμίζεται ότι σύμφωνα με τον ΕΑΚ κανονικό θεωρείται ένα κτίριο όταν η αύξηση ή μείωση της σχετικής δυσκαμψίας και της μάζας ενός ορόφου δεν υπερβαίνουν το 35% και το 50% αντίστοιχα καθώς και όταν τα πατώματα λειτουργούν ως απαραμόρφωτα διαφράγματα.

Βασικό μέγεθος που εισάγεται στις ελαστικές κυρίως αναλύσεις είναι ο δείκτης συμπεριφοράς q του κτιρίου. Αν και ο βασικός ορισμός του που σχετίζεται με το μ_δ δεν αλλάζει, στην περίπτωση των υφιστάμενων κτιρίων η τιμή του είναι άγνωστη και, για να χρησιμοποιηθούν οι ελαστικές μέθοδοι πρέπει να προσδιοριστεί. Για το λόγο αυτό στον ΚΑΝΕΠΕ δίνονται πίνακες που επιτρέπουν έναν εμπειρικό, προσεγγιστικό προσδιορισμό του q με βάση κάποια χαρακτηριστικά του κτιρίου. Θυμίζεται ότι η τιμή του q που θα χρησιμοποιηθεί τελικά εξαρτάται και από τη Σ.Α.Δ.

ΚΡΙΤΗΡΙΟ	ΠΛΑΣΤΙΜΟΤΗΤΑ ΥΠΟΣΤΥΛΩΜΑΤΩΝ			ΙΚΑΝΟΤΗΤΕΣ ΑΠΛΗΤΗΣΗΣ						ΚΑΝΟΝΙΚΟΤΗΤΑ			ΥΠΕΡΑΝΤΟΧΕΣ	
	1			2			3			4			5	
ΕΛΕΓΧΟΣ	$\mu_{1/r} \approx \frac{\alpha \omega_{vd} + 0.035}{30 \epsilon_{yd} (v_d + \omega_{vd})} \frac{b}{b_0}$			$\frac{\sum M_{Rc}}{\sum M_{Rb}}$			$\frac{V_{Rc}}{V_{Rb}}$			Κακή	Μέτρια	Καλή	Όχι	Ναι
ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ «βι»	100	200	300	50	100	150	(*)	50	100	-100	100	200	50	250

Πίνακας 5 Προσεγγιστικός υπολογισμός του q (λαμβάνεται: $q = (\sum_{i=1}^5 \beta_i / 1000) \cdot q \geq 1$)

Η προσέγγιση της τιμής του q για την εφαρμογή ελαστικών μεθόδων μπορεί να αποφευχθεί εάν χρησιμοποιηθούν οι τοπικοί δείκτες συμπεριφοράς m . Η έννοια του τοπικού δείκτη συμπεριφοράς m εισάγεται για πρώτη φορά στον ΚΑΝΕΠΕ και χρησιμοποιείται για να εκφράσει την ικανότητα του μέλους να απορροφά ενέργεια μέσω ανελαστικής

παραμόρφωσης, όπως το q εκφράζει την αντίστοιχη ικανότητα για το κτίριο συνολικά. Ορίζεται και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$m = \delta_d / \delta_y \quad [3]$$

όπου τόσο η παραμόρφωση σχεδιασμού όσο και η παραμόρφωση διαρροής προσδιορίζονται από κατάλληλες σχέσεις. Συνεπώς αντί οι σεισμικές δυνάμεις να μειώνονται με διαίρεση δια q , είναι δυνατόν η ένταση που προκύπτει στο μέλος από ανάλυση για το σεισμικό συνδυασμό να διαιρείται με το m του μέλους, του οποίου η τιμή μπορεί εύκολα να προσδιοριστεί με ακρίβεια.

Ένα τελευταίο σημείο που πρέπει να αποσαφηνιστεί πριν την σύντομη παρουσίαση των μεθόδων ανάλυσης είναι ο σεισμός σχεδιασμού. Έχει ήδη ειπωθεί ότι ο σεισμός σχεδιασμού εξαρτάται από το στόχο αποτίμησης ή ανασχεδιασμού και μπορεί να είναι ένας από τους δύο προτεινόμενους από τον κανονισμό με πιθανότητα υπέρβασης 10% και 50% στη διάρκεια ζωής. Για τον πρώτο χρησιμοποιείται η δράση που πρόβλεπει ο ΕΑΚ ενώ για τον δεύτερο το 60% αυτής. Τέλος είναι δυνατόν να γίνει μια επέκταση της ζωής του κτιρίου με χρήση του συντελεστή γ_1 .

2.3.2 Μέθοδοι ανάλυσης.

Δεδομένης της ανάγκης για όσο το δυνατόν καλύτερη προσέγγιση της πραγματικής συμπεριφοράς της κατασκευής, ο ΚΑΝΕΠΕ διαθέτει μία μεγαλύτερη γκάμα μεθόδων για την ανάλυσή της. Συγκεκριμένα είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί στατική ή δυναμική ελαστική ανάλυση (με χρήση q ή m), καθώς και στατική ή δυναμική ανελαστική ανάλυση. Για κάθε μέθοδο ανάλυσης, το κείμενο του κανονισμού περιλαμβάνει λεπτομερή παρουσίαση. Παρακάτω γίνεται μια σύντομη παράθεση των στοιχείων που θεωρήθηκαν καινοφανή.

Η ελαστική στατική ανάλυση είναι η γνωστή από τον ΕΑΚ ισοδύναμη στατική μέθοδος, με αυστηρότερες προϋποθέσεις εφαρμογής, αλλά και διαφορές στη διαδικασία. Αναλυτικά, σύμφωνα με τον ΚΑΝΕΠΕ για να εφαρμοστεί η ελαστική στατική ανάλυση θα πρέπει για όλα τα στοιχεία του κτιρίου να ισχύει $\lambda > 2.5$ ή αν $\lambda < 2.5$ για ένα ή περισσότερα στοιχεία, να μπορεί το κτίριο να χαρακτηριστεί μορφολογικά κανονικό. Επιπλέον ο λόγος της οριζόντιας διάστασης σε έναν όροφο προς την αντίστοιχη διάσταση σε έναν γειτονικό δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1.4. Το κτίριο δεν θα πρέπει να παρουσιάζει έντονα ασύμμετρη κατανομή της δυσκαμψίας σε κάτοψη και ασύμμετρη κατανομή της μάζας ή της δυσκαμψίας σε καθ' ύψος τομή.

Όσον αφορά τη διαδικασία ανάλυσης ενδιαφέρον παρουσιάζει η περίπτωση που λαμβάνονται υπόψη οι τοιχοπληρώσεις, οπότε και απαιτούνται δύο αναλύσεις, μία με θεώρηση δυστένιας - δυστημσίας για τη μέγιστη αντοχή των τοιχοπληρώσεων και μία για σχετικό βέλος ορόφου συμβατό με τις μετακινήσεις. Προφανώς λαμβάνονται υπόψη τα δυσμενέστερα αποτελέσματα. Ο ΚΑΝΕΠΕ διαφοροποιείται και ως προς τον τύπο της ιδιοπεριόδου, που υπολογίζεται από τη σχέση $T_0 = C_t h_n^\beta$, με $C_t = 0.052$ και $\beta = 0.90$ για κτίρια σκυροδέματος, και ως προς την τέμνουσα βάσης στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται τοπικοί δείκτες συμπεριφοράς m , οπότε και δίνεται η σχέση $V = C_1 C_m \Phi_e W$, όπου ο συντελεστής $C_1 = \delta_{inel} / \delta_{el}$ και προσδιορίζεται εύκολα. Τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της μεθόδου είναι ίδια με την περίπτωση του ΕΑΚ, ενώ όπου απαιτείται η χρήση εξισώσεων, όπως π.χ. στον προσδιορισμό της κατανομής των φορτίων του σεισμού καθ' ύψος, χρησιμοποιούνται οι σχέσεις του ΕΑΚ.

Η ελαστική δυναμική ανάλυση είναι η γνωστή φασματική δυναμική ανάλυση του ΕΑΚ, η οποία εφαρμόζεται με μικρές διαφορές. Συγκεκριμένα μοναδική προϋπόθεση για την εφαρμογή της (στον ΕΑΚ δεν υπάρχουν) είναι για όλα τα στοιχεία του κτιρίου να ισχύει $\lambda > 2.5$ ή αν $\lambda < 2.5$ για ένα ή περισσότερα στοιχεία, να μπορεί το κτίριο να χαρακτηριστεί

μορφολογικά κανονικό. Όσον αφορά τη διαδικασία, είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν αντί του q οι δείκτες m . Στην περίπτωση αυτή απαιτείται κατάλληλη αύξηση των εντάσεων και παραμορφώσεων μέσω πολλαπλασιασμού των τιμών με το συντελεστή C_1 , ώστε να ληφθεί υπόψη η ανελαστική συμπεριφορά των μελών.

Η ανελαστική στατική ανάλυση, γνωστή και ως ανάλυση pushover, είναι μία μέθοδος που εξαιτίας των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών και πλεονεκτημάτων της, γνωρίζει τα τελευταία χρόνια ευρεία εφαρμογή στην αποτίμηση και των ανασχεδιασμό υφιστάμενων κτιρίων. Αν και δεν είναι μια νέα μέθοδος, δεν έχει συμπεριληφθεί ξανά σε ελληνικό κανονισμό, με αποτέλεσμα να είναι σχετικά άγνωστη στην πλειοψηφία των μηχανικών της πράξης, που θα κληθούν να την εφαρμόσουν. Η αναλυτική παρουσίασή της είναι αδύνατη στα πλαίσια αυτής της εργασίας. Εν συντομία αναφέρεται ότι η ανελαστική στατική ανάλυση είναι μία μέθοδος που σκοπεύει στην εκτίμηση των ανελαστικών παραμορφώσεων (βλαβών) που θα προκαλέσει στο κτίριο ο σεισμός σχεδιασμού, ώστε να μπορούν να συγκριθούν με τις μέγιστες επιτρεπόμενες.

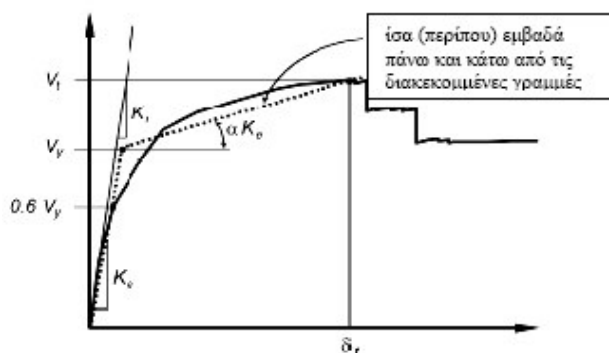
Βασικά χαρακτηριστικά της μεθόδου είναι η εισαγωγή στο προσομοίωμα των μη γραμμικών χαρακτηριστικών της καμπύλης έντασης – παραμόρφωσης των μελών και η εφαρμογή οριζόντιας φόρτισης κατανεμημένης ανάλογα με τις αδρανειακές δυνάμεις, η οποία αυξάνεται μονότονα (ανεξάρτητα με το χρόνο) μέχρι κάποιο δομικό στοιχείο να αστοχήσει, ή καλύτερα μέχρι κάποια τιμή της μετατόπισης κορυφής συμβατής με το σεισμό σχεδιασμού. Κυριότερο εξαγόμενο της μεθόδου είναι η καμπύλη συμπεριφοράς της κατασκευής, η οποία προκύπτει από τα ζεύγη τιμών τέμνουσας βάσης – μετατόπισης σημείου ελέγχου (συνήθως στην κορυφή) για κάθε βήμα, και αποτελεί τη βάση της διαδικασίας λήψης αποφάσεων και ανασχεδιασμού.

Προϋπόθεση για την εφαρμογή της στατικής ανελαστικής ανάλυσης είναι να μην είναι σημαντική η επιρροή των ανώτερων ιδιόμορφων στη συμπεριφορά της κατασκευής. Αυτό γιατί η κατανομή του οριζόντιου φορτίου καθ' ύψος συνήθως γίνεται με βάση την κύρια ιδιομορφή, οπότε το ποσοστό συμμετοχής της πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερο. Αν πάλι η επιρροή των ανώτερων ιδιόμορφων είναι σημαντική, η στατική ανελαστική ανάλυση μπορεί πάλι να εφαρμόζεται παράλληλα με μια ελαστική δυναμική. Στην τελευταία αυτή περίπτωση απαιτείται να ικανοποιούνται τα κριτήρια ελέγχου και για τις δύο αναλύσεις, με μία αύξηση της τάξης του 33% στις παραμέτρους της δυναμικής. Όσο για την κατανομή του φορτίου για την οποία έγινε λόγος παραπάνω, για μεγαλύτερη ακρίβεια των αποτελεσμάτων γίνονται δύο αναλύσεις, όπου κάθε φορά επιλέγεται μια κατανομή από τις ακόλουθες δύο ομάδες. Η πρώτη περιλαμβάνει κατανομή με βάση την κύρια ιδιομορφή, με βάση της μάζας (σύμφωνα με τον ΕΑΚ) και με βάση τις τέμνουσες ορόφου. Η δεύτερη περιλαμβάνει ομοίμορφη ανάλογα με τη μάζα κάθε στάθμης ή αναπροσαρμοζόμενη ανάλογα με τις παραμορφώσεις.

Έχει ήδη αναφερθεί ότι ο σεισμός που επιλέχθηκε για την ανάλυση εισάγεται στη διαδικασία της στατικής ανελαστικής ανάλυσης μέσω μιας στοχευόμενης μετακίνησης δ_i . Η αύξηση του φορτίου σταματά όταν η μετακίνηση του κόμβου ελέγχου φτάσει το 150% της τιμής δ_i η οποία εξαρτάται από το σεισμό, άρα και τη στοχευόμενη στάθμη επιτελεστικότητας. Μάλιστα η «θέση» του δ_i στην καμπύλη συμπεριφοράς της κατασκευής αποτελεί μια πρώτη ένδειξη της ικανοποίησης ή μη των απαιτήσεων. Το δ_i προσδιορίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$\delta_i = C_0 C_1 C_2 C_3 (T_e^2 / 4\pi^2) \Phi_e \quad [4]$$

όπου για όλους τους συντελεστές δίνονται τιμές στον ΚΑΝΕΠΕ ενώ το T_e υπολογίζεται από τη διγραμμικοποίηση της καμπύλης συμπεριφοράς, η οποία φαίνεται στο παρακάτω σχήμα και μεταξύ άλλων δίνει το σημείο διαρροής και το σημείο αστοχίας για όλο το κτίριο.



Σχήμα 2 Διγραμμικοποίηση καμπύλης συμπεριφοράς κτιρίου

Από την προηγούμενη καμπύλη ορίζεται η ισοδύναμη πλευρική δυσκαμψία K_e , που είναι η επιβατική δυσκαμψία που αντιστοιχεί σε δύναμη ίση με το 60% της πρώτης διαρροής. Με βάση το K_e προκύπτει $T_e = T_0 \sqrt{K_0 / K_e}$.

Η παρουσίαση της στατικής ανελαστικής ανάλυσης που προηγήθηκε, περιορίστηκε σε κάποια βασικά σημεία της μεθόδου. Μέσα από τη σύντομη αυτή παρουσίαση όμως αναδεικνύονται τα πλεονεκτήματα της μεθόδου για την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό υφιστάμενων κτιρίων, από τα οποία ως σημαντικότερα αξίζει να αναφερθούν η αναλυτικότερη προσομοίωση της συμπεριφοράς και των βλαβών της κατασκευής και η δυνατότητα να αναλυθεί χωρίς να απαιτείται η εκτίμηση κάποιου άγνωστου δείκτη συμπεριφοράς.

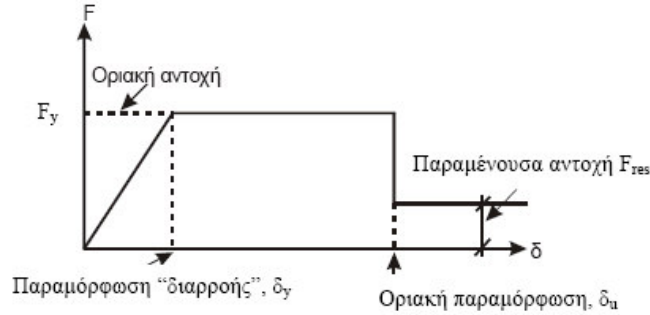
Η τελευταία μέθοδος που παρουσιάζεται στον ΚΑΝΕΠΕ είναι και η πιο εξεζητημένη ανελαστική δυναμική ανάλυση. Εξαιτίας της πολυπλοκότητας της μεθόδου και των αβεβαιοτήτων που οφείλει να αντιμετωπίσει ο μελετητής, απαιτείται να έχει εμπειρία χρήσης τέτοιων μεθόδων. Επιπλέον η Σ.Α.Δ. θα πρέπει να είναι τουλάχιστον «ικανοποιητική». Τέλος όσον αφορά την εφαρμογή και τις παραδοχές της μεθόδου ισχύουν όσα αναφέρθηκαν για τη στατική ανελαστική ανάλυση, με τη διαφορά ότι ο σεισμός εισάγεται στο προσομοίωμα μέσω επιταχυνσιογραφημάτων.

2.4 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΜΕΛΩΝ.

Έχει ήδη γίνει η περιγραφή των μεθόδων ανάλυσης που διατίθενται στον ΚΑΝΕΠΕ για την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό κατασκευών. Από τα χαρακτηριστικά τους αλλά και την ιδιαίτερη φύση του προβλήματος της ανάλυσης ενός υφιστάμενου κτιρίου γίνεται σαφές ότι απαιτείται μια όσο το δυνατόν ακριβέστερη προσομοίωση της πλήρους (ελαστικής και ανελαστικής) συμπεριφοράς των μελών.

Ο ΚΑΝΕΠΕ αφιερώνει ένα εκτενές κεφάλαιο στην παρουσίαση και τον ορισμό της συμπεριφοράς των μελών πριν και μετά τη διαρροή τους, καθώς και στον ορισμό όλων των βασικών μεγεθών που απαιτούνται. Ακολουθεί μία σύντομη παρουσίαση των σημαντικότερων από αυτά τα στοιχεία.

Η συμπεριφορά ενός δομικού στοιχείου ή μιας κρίσιμης περιοχής του περιγράφεται μέσω ενός διαγράμματος έντασης (τέμνουσας ή ροπής) – παραμόρφωσης (διατμητικής ή καμπυλότητας ή στροφής χορδής). Η πραγματική καμπύλη προσεγγίζεται με το πολυγραμμικό διάγραμμα που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα (σχ. 3). Επομένως για προσδιορισμό της συμπεριφοράς ενός στοιχείου απαιτείται ο υπολογισμός της έντασης στη διαρροή και της παραμόρφωσης στη διαρροή και την αστοχία. Για την τιμή της παραμένουσας αντοχής συνήθως γίνεται μια εκτίμηση με βάση τη μέγιστη και τα χαρακτηριστικά του μέλους.



Σχήμα 3 Πολυγραμμική παράσταση σχέσης έντασης – παραμόρφωσης.

Συνήθως ως ένταση χρησιμοποιείται ροπή M (αν κρίσιμη είναι η διάτμηση χρησιμοποιείται η ροπή M_{Vu} τη στιγμή της διατμητικής αστοχίας) και ως παραμόρφωση καμπυλότητα $(1/r)$ ή στροφή χορδής θ . Επομένως η ένταση διαρροής μπορεί εύκολα να προσδιοριστεί από τη διαδικασία υπολογισμού M_{Rd} του ΕΚΟΣ 2000. Για τις παραμορφώσεις ο ΚΑΝΕΠΕ δίνει αναλυτικές σχέσεις, κάποιες από τις οποίες παρουσιάζονται ενδεικτικά παρακάτω.

Για την καμπυλότητα στη διαρροή δίνονται οι ακόλουθες δύο σχέσεις που καλύπτουν τις περιπτώσεις τις διαρροής λόγω εφελκόμενου οπλισμού (εξ. 5) ή μη-γραμμικότητας σκυροδέματος (εξ. 6).

$$(1/r)_y = \frac{f_y}{E_s(1 - \xi_y)d} \quad [5]$$

$$(1/r)_y = \frac{\varepsilon_c}{\xi_y d} \approx \frac{1.8f_c}{E_c \xi_y d} \quad [6]$$

όπου ξ_y είναι το ύψος της θλιβόμενης ζώνης ανηγμένο στο στατικό ύψος για το οποίο επίσης δίνονται σχέσεις υπολογισμού. Από την $(1/r)_y$ προσδιορίζεται η θ_y με χρήση εξισώσεων όπως οι ακόλουθες, στις οποίες λαμβάνονται υπόψη οι μέσες διατμητικές παραμορφώσεις (2^{05} όρος) και η εξόγκωση των οπλισμών (3^{05} όρος). Η πρώτη σχέση (εξ. 7) αναφέρεται σε δοκούς και υποστυλώματα και η δεύτερη (εξ. 8) σε τοιχώματα.

$$\theta_y = (1/r)_y \frac{L_s + aVz}{3} + 0.00135 \left(1 + 1.5 \frac{h}{L_s} \right) + \frac{\varepsilon_y}{d - d_1} \frac{d_b f_y}{6\sqrt{f_c}} \quad [7]$$

$$\theta_y = (1/r)_y \frac{L_s + aVz}{3} + 0.002 \left(1 - 0.135 \frac{L_s}{h} \right) + \frac{\varepsilon_y}{d - d_1} \frac{d_b f_y}{6\sqrt{f_c}} \quad [8]$$

Ο προσδιορισμός της καμπυλότητας αστοχίας είναι πιο σύνθετος, καθώς λαμβάνεται υπόψη αν η αστοχία οφείλεται θραύση του εφελκόμενου οπλισμού ή αστοχία του σκυροδέματος σε θλίψη, πριν ή μετά την αποφλοιώση του απερίσφικτου τμήματος της διατομής. Προκύπτει με αυτόν τον τρόπο μια σειρά από αρκετά πολύπλοκες σχέσεις, ενώ ο μηχανικός οφείλει να εξετάσει ουσιαστικά τέσσερις περιπτώσεις. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχουν οι δύο σχέσεις που παρουσιάζονται παρακάτω, οι οποίες είναι ημιεμπειρικές και δίνουν αρκετά ακριβείς τιμές για την στροφή χορδής στην αστοχία και την πλαστική γωνία στροφής. Στις εξισώσεις αυτές χρησιμοποιούνται μόνο γνωστά στοιχεία της υπόψη διατομής, ενώ ο μελετητής απαλλάσσεται από την χρήση του ιδεατού μεγέθους του μήκους πλαστικής άρθρωσης.

$$\theta_{um} = 0.016 \cdot (0.3^v) \left[\frac{\max(0.01, \omega')}{\max(0.01, \omega)} f_c \right]^{-0.225} (a_s)^{0.35} 25^{\left(\frac{f_{yw}}{f_c} \right)^{0.25}} (1.25^{100\rho_d}) \quad [9]$$

$$\theta_{um}^{pl} = \theta_u - \theta_y = 0.0145 (0.25^v) \left[\frac{\max(0.01, \omega')}{\max(0.01, \omega)} \right]^{-0.3} (f_c)^{0.2} (a_s)^{0.35} 25^{\left(\frac{f_{yw}}{f_c} \right)^{0.25}} (1.27^3)^{100\rho_d} \quad [10]$$

Από όσα αναφέρθηκαν, είναι εμφανές ότι μέσω των αναλυτικών εξισώσεων δίνεται στον μηχανικό η δυνατότητα να περιγράψει και να εισάγει στο προσομοίωμα της κατασκευής τη συμπεριφορά των επιμέρους στοιχείων της, τόσο κατά την ελαστική όσο και κατά την ανελαστική φάση της απόκρισής τους.

3. ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ – ΕΛΛΕΙΨΕΙΣ ΤΟΥ ΚΑΝΕΠΕ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.

Από την επιλεκτική παρουσίαση τμημάτων του ΚΑΝΕΠΕ που προηγήθηκε, μπορούν να γίνουν κάποιες παρατηρήσεις που αφορούν το κείμενο και να εξαχθούν κάποια συμπεράσματα. Οι παρατηρήσεις αυτές αφορούν κυρίως ελλείψεις του κειμένου που διαπιστώθηκαν και οι οποίες είναι λογικό να υπάρχουν, καθώς το κείμενο δεν βρίσκεται ακόμα στην τελική μορφή του, ενώ το αντικείμενο που πραγματεύεται είναι εξαιρετικά ευρύ και δύσκολο.

Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά τις Σ.Α.Δ., αν και ορίζονται επαρκώς για επιμέρους κατηγορίες δεδομένων, δεν προτείνεται κάποιος τρόπος για την εξαγωγή της συνολικής στάθμης που να χαρακτηρίζει την αξιοπιστία όλων των δεδομένων για το κτίριο. Επιπλέον δεν συνδέονται οι Σ.Α. που αφορούν τα δεδομένα των οπλισμών με κατάλληλους συντελεστές γ_{Rd} για τις αντοχές των μελών, τις οποίες και επηρεάζουν. Για τις Σ.Ε. η σημαντικότερη παρατήρηση αφορά τους στόχους αποτίμησης - ανασχεδιασμού για τα μη-φέροντα στοιχεία, που αν και ορίζονται, δεν ελέγχονται με κανένα τρόπο (ο έλεγχος για τα φέροντα γίνεται με τη βασική ανίσωση ασφαλείας). Χρήσιμος μπορεί να είναι και ο ορισμός της Σ.Ε. για όλο το κτίριο, ενώ σημαντική προσθήκη θα μπορούσε να είναι αυτή των πινάκων με περιγραφή της κατάστασης των μελών στα πρότυπα του FEMA 356. Τέλος όσον αφορά την ανάλυση και τη συμπεριφορά των μελών, η παρουσίαση στον ΚΑΝΕΠΕ είναι αρκετά λεπτομερής, αλλά σε κάποια σημεία υπάρχουν έννοιες που δεν είναι σαφώς ορισμένες (π.χ. κριτήρια ελέγχου για ομοιόμορφη κατανομή μάζας και δυσκαμψίας στις προϋποθέσεις της ελαστικής στατικής ανάλυσης).

Το γενικότερο συμπέρασμα που προκύπτει για το κείμενο του ΚΑΝΕΠΕ, είναι πως είναι αρκετά αναλυτικό και αποτελεί μια ιδιαίτερα εύχρηστη και οργανωμένη συλλογή γνώσεων για την αποτίμηση, τον ανασχεδιασμό και τις επεμβάσεις σε υφιστάμενα κτίρια. Αναμένεται να αποτελέσει χρήσιμο βοήθημα για τους μηχανικούς που θα κληθούν να τον εφαρμόσουν, αν και λόγω της πολυπλοκότητας του αντικειμένου στερείται της απλότητας που χαρακτηρίζει άλλους κανονισμούς.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ο.Α.Σ.Π., Ομάδα μελέτης για τη σύνταξη κανονισμού επεμβάσεων σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα, «ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ (ΚΑΝΕΠΕ) – Σχέδιο Κειμένου - 1», Φεβρουάριος 2004