

ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ – ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΚΤΙΡΙΩΝ Ο.Σ.

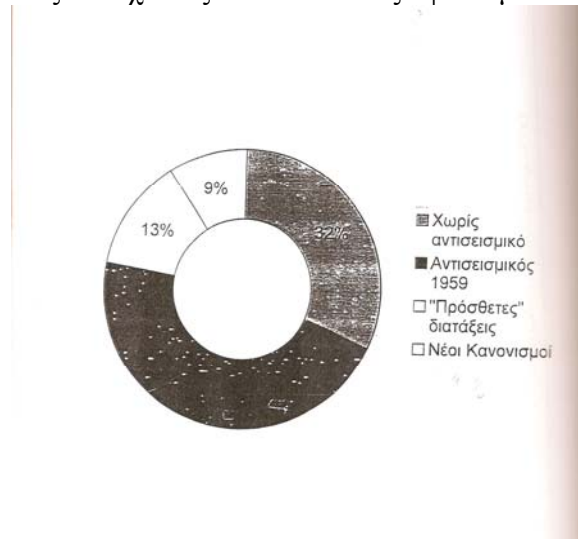
ΑΠΟΣΤΟΛΟΠΟΥΛΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ

Περίληψη

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η διαδικασία επιλογής της στρατηγικής επέμβασης, δηλαδή της βασικής προσέγγισης που υιοθετείται για την βελτίωση της σεισμικής συμπεριφοράς μιας κατασκευής ή διαφορετικά για τη μείωση της διακινδύνευσης σε αποδεκτά όρια. Δίνονται ορισμοί και σε στάδια δίδεται η διαδικασία επιλογής της στρατηγικής επέμβασης, η οποία θα οδηγήσει και στην κατάλληλη μέθοδο επέμβασης .

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα αποτελούν την πλειονότητα των κατασκευών που μελετήθηκαν και οικοδομήθηκαν από τη δεκαετία του 1970 έως και σήμερα. Στο διάστημα αυτό έχουν πραγματοποιηθεί στη χώρα μας μεγάλοι σεισμοί, οι οποίοι δεν έχουν αφήσει αλώβητες τις κατασκευές αυτές. Ταυτόχρονα, όμως, η ίδια η κατασκευή “γερνάει” και το πέρασμα του χρόνου, όπως και στους ανθρώπους, δημιουργεί πληθώρα προβλημάτων με κυριότερο τη μη ικανή ανάληψη των σεισμικών δράσεων στα χρόνια που έρχονται και τελικά τη διακινδύνευση της ανθρώπινης ζωής. Γεννάται, λοιπόν, το εξής εύλογο ερώτημα πως πρέπει να αντιμετωπιστούν και να προστατευθούν αυτές οι κατασκευές, ώστε να εκπληρώσουν τον αρχικό σκοπό τους, την ασφαλή στέγαση. Στο σημείο αυτό, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 1, θα πρέπει να συνυπολογιστεί η αλλαγή του Αντισεισμικού Κανονισμού με την προσθήκη νέων άρθρων (καθώς τις τελευταίες δεκαετίες έχουν γίνει μεγάλα βήματα στο γνωστικό πεδίο της σεισμικής συμπεριφοράς των κατασκευών που και πάλι είναι ελλιπές) . Διαπιστώνονται επομένως οι προεκτάσεις του μείζονος αυτού προβλήματος , το οποίο απασχολεί τον επιστημονικό κόσμο τις τελευταίες δεκαετίες, και οδήγησε στην αύξηση του ενδιαφέροντος γύρω από τις Ενισχύσεις και Επισκευές υφιστάμενων κατασκευών.



Σχήμα 1: Εκτίμηση ποσοστού υφισταμένων Ελληνικών κτιρίων ανά Αντισεισμικό Κανονισμό εφαρμογής [2]

2. ΟΡΙΣΜΟΙ

- Με τον όρο **επισκευή** ορίζεται ως η επαναφορά βλαβέντος δομικού στοιχείου ή κτίσματος στην κατάσταση προ της βλάβης. Είναι φανερό ότι το ίδιο ή ανάλογο αίτιο (π.χ. σεισμός) θα προκαλέσει κατά τεκμήριο την ίδια ή ανάλογη βλάβη. Έτσι σε περίπτωση εκτεταμένων ή σοβαρών βλαβών είναι φρόνιμο η επέμβαση να περιλαμβάνει και ενίσχυση της

κατασκευής, ενώ σε περιορισμένες ή μικρές βλάβες αρκεί συνήθως η επισκευή.[4]

- Με τον όρο **ενίσχυση** ορίζεται ως το σύνολο των μέτρων αναβάθμισης των μηχανικών χαρακτηριστικών (αντοχή, δυσκαμψία, πλαστιμότητα κλπ.) δομικού στοιχείου ή κτίσματος μέχρις ενός επιθυμητού ή απαιτητού επιπέδου. Σημειώνεται ότι η ενίσχυση προχωρά πέραν της επισκευής τυχόν βλαβών, είναι όμως δυνατή και η προληπτική ενίσχυση χωρίς την παρουσία βλαβών.[4]

3. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Αρχικό στάδιο οποιασδήποτε ενέργειας αποτελεί πάντα η αξιολόγηση της υφιστάμενης κατασκευής. Ο Μηχανικός θα πρέπει για αρχή να συγκεντρώσει τα κατασκευαστικά και στατικά σχέδια της κατασκευής (όσο αυτό είναι δυνατόν καθώς σε παλιές κατασκευές τις περισσότερες φορές δεν υπάρχουν). Έπειτα γίνεται η αποτύπωση του φέροντα οργανισμού, η καταγραφή πιθανών βλαβών από σεισμό ή άλλη αιτία. Συγκεκριμένα λαμβάνονται υπόψη πιθανές κακοτεχνίες, ο βαθμός συντήρησης του κτιρίου, προβλήματα σεισμικής υπερκαταπόνησης της κατασκευής (κοντά υποστύλωματα, pilotis).[7] Ακολουθεί η εκτίμηση των μηχανικών χαρακτηριστικών των δομικών υλικών της κατασκευής. Η διαδικασία αυτή δεν είναι πάντα εύκολη. Γίνονται μετρήσεις της κατάστασής τους άμεσα με τη βοήθεια υπερηχητικών, μαγνητικών ή ραδιογραφικών μεθόδων κυρίως για τη διάταξη του σπλισμού ή και έμμεσα στο εργαστήριο με αποκοπτόμενα δείγματα. [1,3]

Όλοι αυτοί οι έλεγχοι βοηθούν στη σεισμική αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας της κατασκευής, στον υπολογισμό της παθολογικής εικόνας της κατασκευής (όπως άλλωστε συμβαίνει και με τους ασθενείς). Η σεισμική αποτίμηση αποτελεί το πρώτο βήμα της ολοκληρωμένης διαδικασίας μελέτης ενός υφιστάμενου κτιρίου με σκοπό την αντισεισμική ενίσχυσή του. Συγχρόνως πρόκειται πιθανόν για το πλέον σημαντικό βήμα, καθώς όπως γίνεται αντιληπτό επιλογή της οποιασδήποτε επέμβασης βασίζεται και καθοδηγείται από τα αποτελέσματα της αποτίμησης. Συνεπώς είναι ιδιαίτερα κρίσιμη η ακριβής προσέγγιση και ποσοτικοποίηση τόσο της ικανότητας του φορέα και των μελών του, όσο και των απαιτήσεων που διαμορφώνονται ανάλογα με τη σεισμική απειλή και την αναμενόμενη χρήση της κατασκευής.

Οι προτεινόμενες μέθοδοι αναλυτικής αποτίμησης της κατασκευής διακρίνονται στις ελαστικές, οι οποίες είναι οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται και για την ανάλυση νέων κτιρίων, με κατάλληλες τροποποιήσεις ώστε να ληφθούν υπόψη οι ιδιαιτερότητες των υφιστάμενων κατασκευών, και στις ανελαστικές, οι οποίες αν και είναι πιο απαιτητικές όσον αφορά τους υπολογισμούς, οδηγούν σε ακριβέστερα αποτελέσματα μέσω της λεπτομερούς προσομοίωσης της συμπεριφοράς των δομικών μελών και της ορθολογικότερης αντιμετώπισης της σεισμικής απειλής.

Προφανώς στο τέλος αυτού του σταδίου λαμβάνεται η απόφαση της επέμβασης ή μη, αφού έχει προαποφασιστεί η στάθμη επιτελεστικότητας, δηλαδή της επιθυμητής συμπεριφοράς της κατασκευής σε συνάρτηση με το σεισμό σχεδιασμού.

4. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ – ΕΠΙΣΚΕΥΗΣ

Οι στόχοι μιας οποιαδήποτε επέμβασης, δηλαδή όλων των παραπάνω ενεργειών (ενίσχυση, επισκευή), σε ένα υφιστάμενο κτίριο είναι ίδιοι με αυτούς που τίθενται και κατά το σχεδιασμό μιας νέας κατασκευής για τη σεισμική δράση και είναι οι εξής :

- η διασφάλιση έναντι κατάρρευσης σε ένα νέο πολύ ισχυρό σεισμό στο μέλλον
- ο περιορισμός των βλαβών σε ανεκτά επίπεδα σε σειμούς μέτριας έντασης
- και η μη επανεμφάνιση βλαβών σε σειμούς με μικρό χρόνο επανάληψης

Με ποιο τρόπο όμως ο Μηχανικός μπορεί να γνωρίζει τα όρια μεταξύ ενίσχυσης και επισκευής, καθώς μια λεπτή γραμμή τις χωρίζει, και μπορεί να οδηγήσει σε μη αναγκαίες

επεμβάσεις στην κατασκευή ή ακόμα και σε αποτυχία προστασίας των ενοίκων και της κατασκευής λόγω ελλειπών μέτρων.

Σύμφωνα με τη μέθοδο της UNIDO/UNDP (1985) η λήψη της απόφασης για επισκευή ή ενίσχυση καθώς και ο τύπος ή ο βαθμός της ενίσχυσης δίνεται από τα εξής κριτήρια:

1) Ο δείκτης σεισμικής ικανότητας της κατασκευής, ο οποίος εκφράζεται ως ο λόγος της διαθέσιμης φέρουσας ικανότητας προ του σεισμού προς την απαιτούμενη από τον κανονισμό

$$R_{C1} = V_C/V_R \quad (1)$$

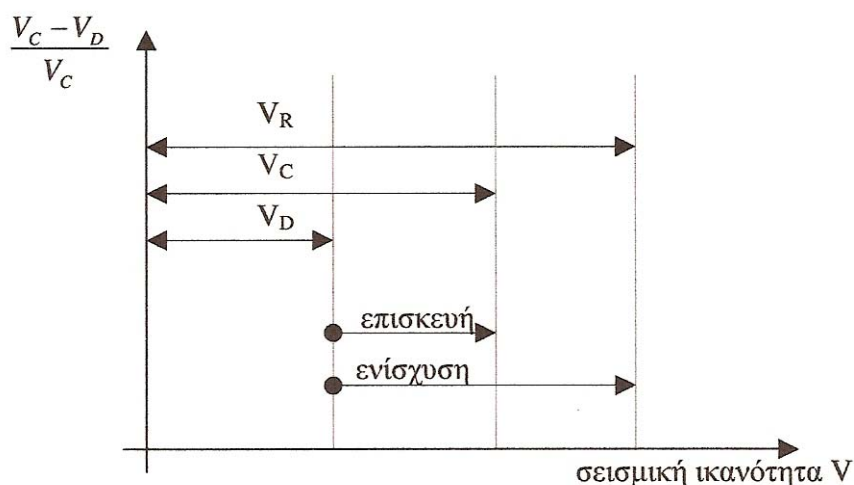
2) είτε ως ο λόγος της απομένουσας σεισμικής ικανότητας μετά την εκδήλωση των βλαβών προς τη διαθέσιμη προ του σεισμού

$$R_{C2} = V_D/V_C \quad (2)$$

3) Η διάταξη του φέροντος οργανισμού

4) Η ευκαμψία της κατασκευής για σεισμική φόρτιση αυτή που υπαγορεύει ο κανονισμός και

5) Η πλαστιμότητα της κατασκευής πριν από οποιαδήποτε ενίσχυση.[4,5]



Σχήμα 2: Γραφική παράσταση των εννοιών V_R , V_C , V_D [4]

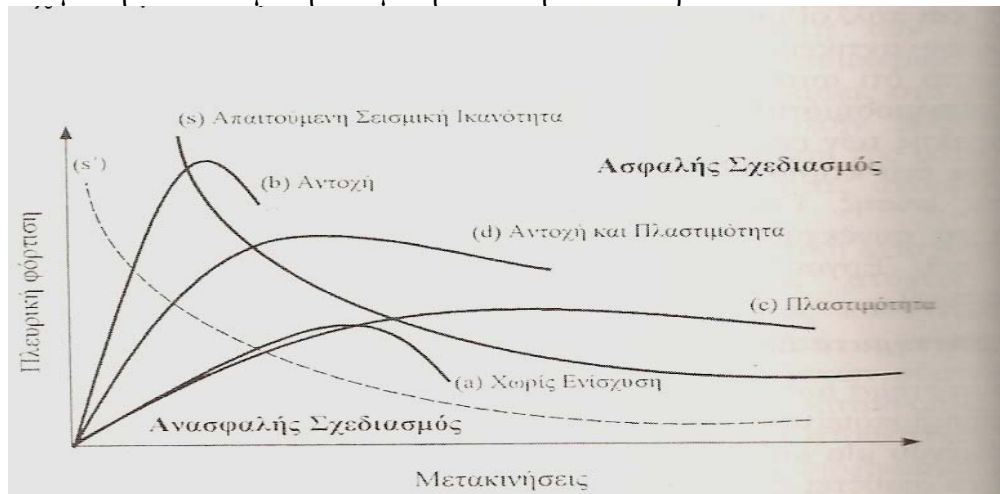
Έτσι ο Μηχανικός, έχοντας και τα αποτελέσματα των στατικών αναλύσεων, έχει στα χέρια του αρκετά στοιχεία για να επιλέξει την κατάλληλη στρατηγική επέμβασης στο υπο μελέτη κτίριο.

5. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Οι στρατηγικές που μπορούν να ακολουθηθούν μπορεί να είναι καθαρά τεχνικής φύσεως ή και διαχειριστικής. Στην πρώτη κατηγορία περιλαμβάνονται επιλογές όπως η αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας του κτιρίου, η αύξηση της ικανότητας παραμόρφωσης και η μείωση της σεισμικής απαίτησης. Αντίστοιχα στη δεύτερη κατηγορία ανήκει η πιθανή αλλαγή χρήσης, η προοδευτική εφαρμογή των επεμβάσεων και ίσως η λήψη προσωρινών μέτρων ενίσχυσης.

Διαπιστώνεται πόσο μεγάλο εύρος έχουν οι τεχνικές και διαχειριστικές στρατηγικές και πώς μπορούν να συνδυαστούν για το βέλτιστο αποτέλεσμα. Οι τεχνικές στρατηγικές αποτελούν προσεγγίσεις που στοχεύουν στη μεταβολή των βασικών παραμέτρων της σεισμικής απαίτησης και της συμπεριφοράς του κτιρίου. Τέτοιες στρατηγικές περιλαμβάνουν επεμβάσεις στο φέροντα οργανισμό για την διόρθωση τυχόν ατελειών και κακοτεχνιών, για την αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας της κατασκευής, στην αύξηση της απορρόφησης σεισμικής ενέργειας. Μπορούμε να χαράξουμε μια καμπύλη που να υποδηλώνει το όριο μεταξύ ασφαλούς και της ανασφαλούς σχεδίασης. Μια κατασκευή θεωρείται ασφαλής όταν η καμπύλη που αναπαριστά τη συμπεριφορά της επεκτείνεται πάνω από την καμπύλη (s) που απεικονίζει την ασφαλή σχεδίαση. Διαφορετικά απαιτείται

ενίσχυση. Στο σχήμα 2 φαίνεται η βελτίωση που προσφέρει η κάθε τεχνική στρατηγική σε σχέση πάντα με την απαιτούμενη σεισμική ικανότητα του κτιρίου.



Σχήμα 3: Τεχνικές στρατηγικές ενίσχυσης [1]

Κατά το παρελθόν η στρατηγική που ακολουθήθηκε από τους περισσότερους μηχανικούς ήταν η ικανοποίηση των απαιτήσεων του εκάστοτε κανονισμού. Αυτό όμως δεν αποτελεί στρατηγική επέμβασης αλλά κριτήριο από τη στιγμή που η ενισχυμένη κατασκευή έπρεπε να φέρει με ασφάλεια ποσοστό των σεισμικών φορτίων που προέβλεπε ο ισχύων κανονισμός για τις νέες κατασκευές.

Όπως αναφέρθηκε εκτός των τεχνικών στρατηγικών υπάρχει και ένα μεγάλο πλήθος διαχειριστικών στρατηγικών που θα πρέπει να ληφθούν ταυτόχρονα υπόψη με τις τεχνικές. Οι διαχειριστικές αυτές στρατηγικές περιλαμβάνουν θέματα όπως: την απόφαση να υλοποιηθούν οι επεμβάσεις ενώ η κατασκευή παραμένει σε χρήση ή να εκκενωθεί (π.χ. νοσοκομεία όπου πιθανή εκκένωση να δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα), να κατεδαφιστεί το υπάρχον κτίριο και να αντικατασταθεί με άλλο, να γίνουν οι επεμβάσεις στο εξωτερικό μόνο του κτιρίου για την όσο το δυνατόν λιγότερη ενόχληση των ενοίκων και την μη αλλοίωση των χαρακτηριστικών της. [1]

Μεγάλο είναι και το θέμα του κόστους των επεμβάσεων και μέχρι πού είναι τα όρια του επιτρεπτού και οικονομικού για τον ιδιοκτήτη. Γενικότερα το κόστος των εργασιών ενίσχυσης/επισκευής θα πρέπει να βρίσκεται σε μια λογική σχέση με το κόστος της αρχικής επένδυσης και με την αναμενόμενη υπόλοιπη "ζωή" της κατασκευής. Συχνά το κόστος αυτών κάθε αυτών των επεμβάσεων είναι πολύ μικρότερο από το κόστος της ανωμαλίας που συνεπάγονται οι εργασίες (διακοπή λειτουργίας, κόστος εξοπλισμού και εγκαταστάσεων για τις εργασίες). Στη χώρα μας δεν υπάρχουν στοιχεία κόστους για τις επεμβάσεις όμως το κόστος μιας συμφέρουσας επέμβασης βρίσκεται στο 15% με 35% του αρχικού ολικού κόστους της κατασκευής. [6]

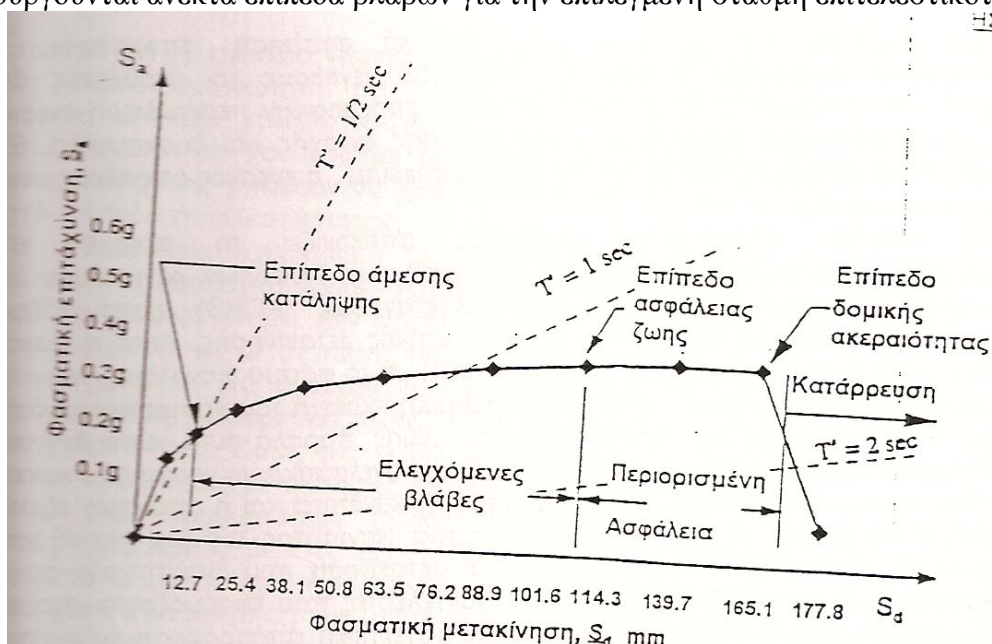
Αν και πολλοί Μηχανικοί που ασχολούνται με το θέμα των Ενισχύσεων/Επισκευών θεωρούν ότι οι διαχειριστικές στρατηγικές δεν αποτελούν αντικείμενο της άμεσης αρμοδιότητάς τους, πρέπει να γίνει κατανοητό ότι ενδέχεται να έχουν μεγάλη επίδραση στην εφαρμοσιμότητα και το κόστος του συνολικού εγχειρήματος. Αποδεικνύεται ότι η βέλτιστη λύση για ένα κτίριο στη φάση ανασχεδιασμού σχετίζεται με τη συνδυασμένη λήψη αποφάσεων τεχνικής και διαχειριστικής φύσεως. Για το λόγο αυτό θα πρέπει να συνεκτιμώνται από το Μηχανικό και επισημαίνονται στον Κύριο του έργου προκειμένου να επιλεγεί η καταλληλότερη στρατηγική επέμβασης. [1]

6. ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΟΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ

Είναι οι παράγοντες εκείνοι που επηρεάζουν άμεσα τη δυνατότητα υλοποίησης μιας στρατηγικής ή ενός συστήματος επεμβάσεων. Μερικοί τέτοιοι περιορισμοί μπορούν να επιβληθούν από πολεοδομικές διατάξεις, απαιτήσεις διατήρησης του ιστορικού χαρακτήρα της κατασκευής, χρονικοί περιορισμοί σχετικά με την αποπεράτωση του έργου, επιπτώσεις των επεμβάσεων στη λειτουργικότητα του κτιρίου. Οι σχεδιαστικοί αυτοί περιορισμοί πρέπει να λαμβάνονται υπόψη από το Μηχανικό καθώς ουσιαστικά δείχνουν την πιθανή πορεία επέμβασης στην κατασκευή.

7. ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Το σύστημα των επεμβάσεων είναι η συγκεκριμένη μέθοδος επεμβάσεων που χρησιμοποιείται για τη στρατηγική που έχει επιλεγεί. Προκειμένου μια κατασκευή να επιδείξει αξιόπιστη σεισμική συμπεριφορά πρέπει να διαθέτει ένα πλήρες σύστημα ανάλυσης των σεισμικών δράσεων, το οποίο να περιορίζει τις μετακινήσεις ώστε να δημιουργούνται ανεκτά επίπεδα βλαβών για την επιλεγμένη στάθμη επιτελεστικότητας.



Σχήμα 4: Τυπική καμπύλη φασματικής ικανότητας [2]

Οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν την απόδοση της κατασκευής ως προς την ανάληψη σεισμικών φορτίων είναι: η μάζα, η δυσκαμψία, η ικανότητα παραμόρφωσης των στοιχείων του φέροντος και του μη φέροντος οργανισμού και η σεισμική διέγερση στην οποία υποβάλλεται η κατασκευή.

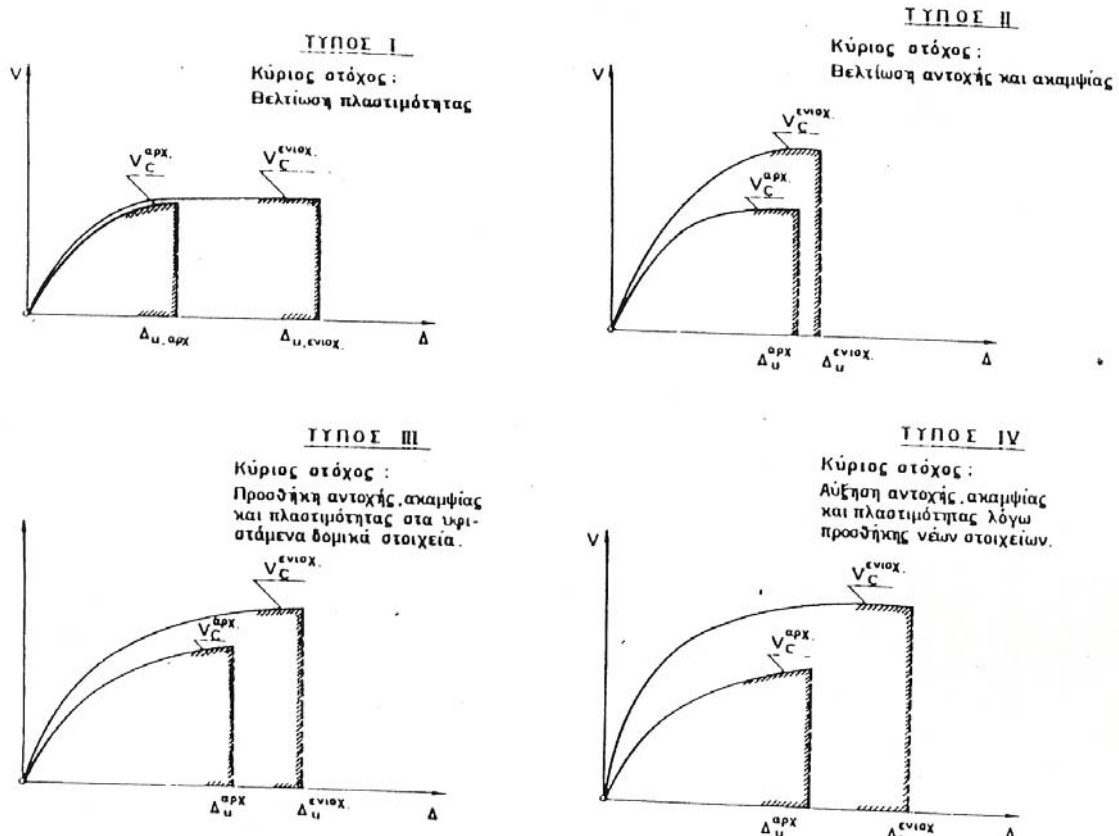
Διακρίνονται λοιπόν 4 τύποι ενίσχυσης ανάλογα με τη σοβαρότητα της επεμβάσεως:

Τύπος I Βελτίωση της πλαστιμότητας και της ικανότητας απορρόφησης σεισμικής ενέργειας με ενίσχυση υφισταμένων κτιρίων

Τύπος II Αύξηση της αντοχής και της ακαμψίας με ενίσχυση υφισταμένων στοιχείων

Τύπος III Αύξηση της αντοχής, της ακαμψίας και πλαστιμότητας με ενίσχυση υφισταμένων στοιχείων

Τύπος IV Αύξηση της αντοχής, της ακαμψίας και πλαστιμότητας με την προσθήκη νέων στοιχείων



Σχήμα 5: Γραφική παράσταση των τύπων επεμβάσεων [5]

8. ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Οι μέθοδοι της αντισεισμικής ενίσχυσης μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα με τον επιδιωκόμενο στόχο ως εξής :

- 1) Για αύξηση της δυσκαμψίας και της αντοχής της κατασκευής τότε η πλέον αποτελεσματική μέθοδος είναι η προσθήκη τοιχωμάτων εντός των πλαισίων του φορέα. Επίσης η μέθοδος της προσθήκης τοιχωμάτων κατ' επέκταση υφιστάμενων υποστλωμάτων και η χρήση σύνθετων υλικών.
- 2) Για αύξηση της πλαστιμότητας ενδείκνυται η μέθοδος της κατασκευής μανδύων σε πλήθος επιλεγμένων υποστλωμάτων καθώς και η χρήση σύνθετων υλικών.
- 3) Για αύξηση δυσκαμψίας, αντοχής και πλαστιμότητας μπορεί να εφαρμοσθεί κατά γενικό κανόνα οποιαδήποτε μέθοδος λαμβάνοντας υπόψη το βαθμό αύξησης του καθενός χαρακτηριστικού της κατασκευής.

Στην παρούσα εργασία γίνεται απλή αναφορά των μεθόδων επέμβασης και όχι λεπτομερειακή ανάλυσή τους. Μετά την απόφαση της στρατηγικής που θα ακολουθηθεί και της αντίστοιχης μεθόδου επέμβασης στην κατασκευή γίνεται εκ νέου διαστασιολόγησή της. Θα πρέπει να ακολουθούνται οι διαδικασίες σχεδιασμού σύνθετων μελών λαμβάνοντας υπόψη τους μηχανισμούς μεταφοράς δυνάμεων μεταξύ των διεπιφανειών ή ακόμα και μονολιθικές προσεγγίσεις για την κατασκευή με τους αντίστοιχους διορθωτικούς συντελεστές .

9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Έγινε αντιληπτή η πολυπλοκότητα του θέματος των ενισχύσεων/επισκευών μιας κατασκευής και η μέγιστη σημασία για την προστασία της ζωής και των ανθρώπων. Απαιτείται λοιπόν μια στρατηγική, η οποία να περιλαμβάνει όλες τις παραμέτρους του ζητήματος αυτού, οικονομικές, κοινωνικές, πολιτιστικές και κυρίως γνωστικές καθώς οι γνώσεις για το αντικείμενο είναι λίγες και όχι καλά τεκμηριωμένες (γίνονται συνεχώς αλλαγές και

τροποποιήσεις σε ήδη γνωστά θέματα) και τα υλικά των επεμβάσεων συνεχώς βελτιώνονται χωρίς όμως το αντίστοιχο γνωστικό υπόβαθρο. Στην παραπάνω εργασία έγινε προσπάθεια αναγνώρισης των δυσκολιών που προκύπτουν σε μια επέμβαση σε ένα υφιστάμενο κτίριο και τη σημασία της κρίσεως του Μηχανικού καθώς πρέπει να διαχειριστεί ένα τόσο δύσκολο ζήτημα. Στρατηγικές επέμβασης δεν μπορούν να μπου σε καλούπια καθώς οι απαιτήσεις της κάθε κατασκευής είναι διαφορετικές και σύνθετες , όμως ο Μηχανικός έχει ένα μικρό βοήθημα γύρω από τη διαδικασία εύρεσης της κατάλληλης μεθόδου επέμβασης και τους πιθανούς περιορισμούς που θα πρέπει α λαμβάνει υπόψη του.

10.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Κων/νος Σπυράκος, “Ενίσχυση κατασκευών για σεισμικά φορτία” Β΄ Έκδοση, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Αθήνα 2004
- [2] Ημερίδα “Επεμβάσεις & προσθήκες σε υφιστάμενα κτίρια” Αγρίνιο, 11 Δεκεμβρίου 2004, Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδος, Τμήμα Νομού Αιτωλ/νίας, Αριθμός Ταξινόμησης 140
- [3] Θ.Π.Τάσιος, "Επισκευές μετά το σεισμό", Πρακτικά Συνεδρίου "Σεισμοί και Κατασκευές", Ο.Α.Σ.Π., Αθήνα, 1984.
- [4] “Συστάσεις για Προσεισμικές και Μετασεισμικές Επεμβάσεις σε κτίρια” Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Ο.Α.Σ.Π., Αθήνα Απρίλιος 2001
- [5] Γ.Γ.Πενέλης, “ Ενισχύσεις – Επισκευές μετά τον σεισμό”
- [6] Μ.Π. Χρονόπουλος, "Επισκευές μετά το σεισμό", Πρακτικά Συνεδρίου "Σεισμοί και Κατασκευές", Ο.Α.Σ.Π., Αθήνα, 1984.
- [7] Α. Καραμπίνης, Μ. Φωτοπούλου, Ι. Αβραμόπουλος, “Εφαρμογή του Προσεισμικού Ελέγχου σε Κατασκευές με Βλάβες από Σεισμό”