

# 1. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

## 1.1 Ο ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Η φιλοσοφία των επεμβάσεων και η μεθοδολογία προσέγγισης του αντικείμενου είναι θέματα διαφορετικά από τα αντίστοιχα για το σχεδιασμό καινούργιων κατασκευών. Κατά Wyllie (1983), η αντισεισμική ενίσχυση είναι “η συνετή αύξηση της αντοχής και/ή της δυσκαμψίας των κατασκευών για βελτίωση της συμπεριφοράς τους σε ένα μελλοντικό σεισμό”. Ο όρος **σύνεση** μπορεί να χρησιμοποιηθεί ευρύτερα για κάθε είδος επέμβασης και έχει την έννοια, ότι πρέπει να ληφθούν υπόψη ένα πλήθος από παράγοντες, έτσι ώστε η επέμβαση να μην δημιουργεί νέες αδυναμίες στην κατασκευή. Το θέμα είναι ιδιαίτερα σοβαρό στο τεχνικό αντικείμενο του μηχανικού, αλλά δεν εξαντλείται εκεί. Οι κοινωνικές, πολιτιστικές, αρχιτεκτονικές και οικονομικές διαστάσεις του προβλήματος συνθέτουν ένα αντικείμενο πολύπλοκο και σημαντικά δύσκολο.

**Η κοινωνική και πολιτιστική διάσταση** του προβλήματος πηγάζει από το γεγονός της μοναδικότητας της κατασκευής και γίνεται κυρίαρχη σε θέματα πολιτιστικής κληρονομιάς. Γιατί κάθε μνημείο, οσοδήποτε ταπεινό και αν είναι, έχει ένα όνομα. Και το όνομα δεν είναι απλώς το διακριτικό στοιχείο από κάποιο άλλο αλλά είναι η ιστορία, το παρελθόν, το παρόν και το μέλλον. Δεν είναι εύκολο επομένως να εφαρμοστούν κανόνες γενικής ισχύος όπως συνηθίζεται στις νέες κατασκευές.

**Η αρχιτεκτονική διάσταση** του προβλήματος συνίσταται σε θέματα λειτουργικότητας και αισθητικής. Η λύση που θα επιλεγεί πρέπει να μην αλλοιώνει τους λειτουργικούς σκοπούς και την αισθητική της κατασκευής, ενώ συγχρόνως πρέπει να δημιουργεί αίσθημα ασφαλείας στους ενοίκους.

**Από οικονομική άποψη** είναι προφανές ότι η λύση που θα επιλεγεί πρέπει να είναι οικονομικά ωφέλιμη. Οικονομικά κριτήρια για την αναγκαιότητα της επέμβασης μέσω ποσοτικοποιημένων εκφράσεων έχουν κατά καιρούς προταθεί από εγχειρίδια προσωρινών οδηγιών.

Η έκφραση που έχει χρησιμοποιηθεί στις Ελληνικές Οδηγίες για επισκευές μετά από τους σεισμούς της Θεσσαλονίκης του 1978 (Υ.Δ.Ε., 1978) βασίζεται στην αποδοχή της άποψης, ότι η επέμβαση είναι οικονομικά ωφέλιμη, εφόσον κοστίζει λιγότερο από το 80% της απομένουσας αξίας της κατασκευής. Η απομένουσα αξία της κατασκευής εκτιμάται ως το κόστος ανακατασκευής (κατεδάφιση παλαιού και ανέγερση νέου) μειωμένο αναλογικά κατά τα χρόνια ζωής σε σχέση με την κατ' εκτίμηση συνολική διάρκεια ζωής της. Έτσι το οικονομικό

κριτήριο για την απόφαση επέμβασης ανάγεται στην εκτίμηση ενός δείκτη  $\delta$ , που εξαρτάται από τη σχέση του κόστους της επέμβασης προς το κόστος πλήρους ανακατασκευής ως και από την ηλικία της κατασκευής. Για την εκτίμηση του δείκτη  $\delta$  μπορεί να χρησιμοποιηθεί η παρακάτω σχέση:

$$\delta = d_{ef} E_j / (E_j - H_\lambda)$$

όπου:

$d_{ef} = k_e / k_a$  είναι ο δείκτης οικονομικής αποδοτικότητας,

$k_e$  είναι το κόστος επέμβασης,

$k_a$  είναι το κόστος ανακατασκευής συμπεριλαμβανομένου και του κόστους κατεδαφίσεως,

$E_j$  είναι ο εκτιμώμενος χρόνος ζωής της κατασκευής και

$H_\lambda$  είναι η ηλικία της κατασκευής.

Για τιμές  $\delta \leq 0,8$  συνιστάται η λύση της επέμβασης ενώ για τιμές  $\delta > 0,8$  συνιστάται η πλήρης ανακατασκευή. Όμως με βάση τις σημερινές συνθήκες ζωής θα πρέπει ίσως η οριακή τιμή  $\delta = 0,8$  να μειωθεί σε 0,7 ή 0,6. Εξάλλου θα μπορούσε κανείς να παρατηρήσει ότι στην παραπάνω σχέση ο εκτιμώμενος χρόνος ζωής  $E_j$  θεωρείται αναλλοίωτος από την επέμβαση. Αυτό όμως μπορεί να θεωρηθεί μόνο εφόσον η επέμβαση περιορίζεται σε επισκευή, αφού σ' αυτήν την περίπτωση η κατασκευή επαναφέρεται στην προ της βλάβης κατάσταση. Για την περίπτωση όμως ενίσχυσης της κατασκευής, επειδή λογικά θα παραταθεί ο χρόνος ζωής, είναι σκόπιμο ο παρονομαστής της παραπάνω σχέσης ( $E_j - H_\lambda$ ) να αντικατασταθεί από την κατ' εκτίμηση συνολική διάρκεια ζωής της κατασκευής μετά από την επέμβαση. Εάν μάλιστα ο ανασχεδιασμός γίνει σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς ο δείκτης  $\delta$  είναι ίσος προς  $d_{ef}$ .

Στο εγχειρίδιο της UNIDO/UNDP "Post Earthquake Damage Evaluation and Strength Assessment of Buildings under Seismic Conditions" (1985) καθορίζονται όρια του δείκτη οικονομικής αποδοτικότητας  $d_{ef}$ , ανάλογα με τη λειτουργία του κτιρίου.

Αναλυτικότερα ο δείκτης ορίζεται:

$$d_{ef} = \frac{k_1 + k_2 + k_3 + k_4}{k_{ex} + k_d}$$

όπου:

$k_1$  είναι το κόστος επισκευής και ενίσχυσης του φέροντος οργανισμού,

$k_2$  είναι το κόστος επισκευής του οργανισμού πλήρωσης,

$k_3$  είναι το κόστος επισκευής των υπολοίπων μη φερόντων στοιχείων,

$k_4$  είναι το κόστος επεμβάσεων για λειτουργικούς λόγους,

$k_{ex}$  είναι το κόστος ανακατασκευής του κτιρίου και

$k_d$  είναι το κόστος κατεδάφισης του υφισταμένου κτιρίου.

Καθορίζονται επίσης όρια και σχέσεις των μεγεθών  $k_1$  και  $k_1 + k_2$  ανάλογα με την κατασκευαστική μόρφωση και σεισμική ικανότητα του φορέα αφενός και τη μορφή της επέμβασης που επιλέγεται αφετέρου.

**Η τεχνική διάσταση** του προβλήματος, είναι από μόνη της ένα από τα δυσκολότερα θέματα του δομικού μηχανικού.

Οι επιστημονικές γνώσεις του αντικειμένου είναι πολύ φτωχές, ασύγκριτα φτωχότερες από αυτές για το σχεδιασμό νέων κατασκευών, ενώ η αβεβαιότητα της συμπεριφοράς της επισκευασμένης/ενισχυμένης κατασκευής απαιτεί πρόσθετες συντηρητικές παραδοχές.

Τα παραδοσιακά υλικά συχνά δεν προσφέρονται και η εμπειρία των συνεργείων σε νέα υλικά και τεχνολογίες είναι ακόμα μικρή, ενώ πολλές φορές η εμπειρία από φαινομενικά συναφείς οικοδομικές εργασίες είναι αρνητική.

Τα βασικά δεδομένα που εκτιμώνται κατά την αποτίμηση της υπάρχουσας κατάστασης αποδεικνύονται στην εξέλιξη της επέμβασης πολλές φορές λανθασμένα. Έτσι ο μηχανικός θα πρέπει να προτείνει νέες εναλλακτικές λύσεις σε περιορισμένα χρονικά περιθώρια συνεκτιμώντας όλες τις διαστάσεις του προβλήματος που έχουν ήδη αναφερθεί.

Είναι προφανές ότι το αντικείμενο των επισκευών/ενισχύσεων των κατασκευών απαιτεί υψηλό βαθμό κρίσης και σύνεσης και είναι πραγματικά μοναδική πρόκληση για το μηχανικό.

## 1.2 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΗ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΠΕΜΒΑΣΕΙΣ

Στο σχεδιασμό νέων κατασκευών υποχρεωτικά η μελέτη έχει τελειώσει πολύ πιο πριν την έναρξη των εργασιών κατασκευής του έργου. Και προφανώς δεν μπορεί να γίνει διαφορετικά. Αυτός είναι ένας από τους βασικούς λόγους που χρησιμοποιούνται συντελεστές ασφαλείας τόσο για τις δράσεις σχεδιασμού όσο και για τις αντοχές των υλικών. Όμως αυτό δεν ισχύει με τον ίδιο τρόπο σε υφιστάμενες κατασκευές. Η κατασκευή έχει προηγηθεί και επομένως μπορεί να γίνουν ακριβέστερες εκτιμήσεις για τις δράσεις και για τις αντοχές «όπως δομήθηκαν». Εξάλλου μία καλύτερη εκτίμηση των συνοριακών συνθηκών μπορεί να γίνει αφού εκτιμηθούν στοιχεία του εδάφους κ.α. Έτσι από μία ακριβέστερη ανάλυση είναι δυνατόν να προσδιοριστούν κατασκευαστικά ή χονδροειδή σφάλματα στη μόρφωση του φορέα.

Στο διάγραμμα του Σχήματος 1.1 παρουσιάζεται συνοπτικά μία στρατηγική για επεμβάσεις. Αποτελεί βελτίωση αυτής που παρουσιάστηκε στο 10<sup>ο</sup> WCEE (Pilakoutas and Dritsos, 1992 - Δρίτσος, 1994). Κριτήριο για την αποδοχή μιας λύσης επέμβασης παραμένει η εκπλήρωση της γνωστής ανισότητας:

$$S_{rd} \leq R_{rd}$$

δηλαδή τα μεγέθη έντασης επανασχεδιασμού πρέπει να είναι μικρότερα από τα αντίστοιχα μεγέθη αντοχής στα επισκευασμένα/ενισχυμένα μέλη του φορέα.

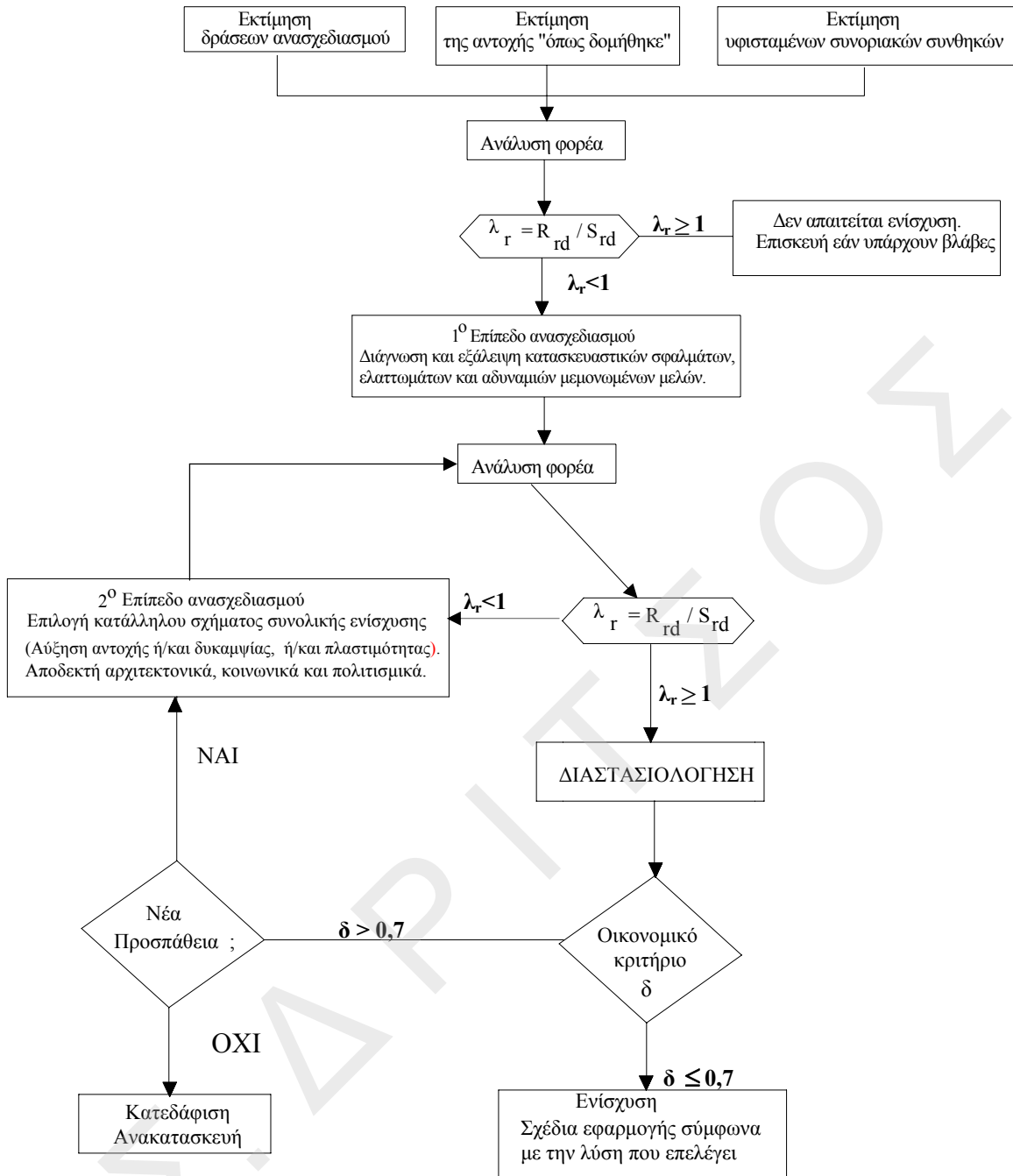
Αυτό σημαίνει ότι η κατασκευή ανασχεδιάζεται έτσι ώστε η διαθέσιμη φέρουσα ικανότητα μετά την επέμβαση να ξεπερνάει την απαιτούμενη από τις κείμενες Κανονιστικές διατάξεις.

Συχνά, μετά από καταστρεπτικούς σεισμούς, ως απαιτούμενη φέρουσα ικανότητα της κατασκευής ορίζεται από την πολιτεία η κατά τον χρόνο ανέγερσης της κατασκευής προβλεπόμενη. Αυτό στην ουσία σημαίνει, ότι η επέμβαση περιορίζεται στην επισκευή. Όμως είναι λογικό, εφόσον επιθυμεί ο ιδιοκτήτης, η απαιτούμενη φέρουσα ικανότητα να μπορεί να επαυξηθεί μέχρι το επίπεδο που προβλέπεται από τον κανονισμό για τις νέες κατασκευές. Στην περίπτωση αυτή πρόκειται προφανώς για ενίσχυση.

Στο Σχήμα 1.1 μπορούν να διακριθούν τα παρακάτω τέσσερα στάδια που συνθέτουν τη συνολική διαδικασία για τον ανασχεδιασμό μιας κατασκευής.

1. Εξέταση της υπάρχουσας κατάστασης και η αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας της κατασκευής.
2. Εξέταση πιθανών σχημάτων επέμβασης και επιλογή λύσης.
3. Αναδιαστασιολόγηση του επισκευασμένου/ενισχυμένου φορέα.
4. Κοστολόγηση της λύσης που επελέγη.

**Η εξέταση της υπάρχουσας κατάστασης** αφορά την αντοχή των υλικών, τη δυσκαμψία και πλαστιμότητα των στοιχείων, τις δράσεις ανασχεδιασμού, τις συνοριακές συνθήκες και τέλος την ερμηνεία της τυχόν παθολογικής εικόνας της κατασκευής. Η αξιολόγηση των βλαβών και ατελειών σε μεμονωμένα στοιχεία, δεν θα ωφελήσει αν τελικά δεν εκτιμηθεί η πιθανότερη παθολογική εικόνα του συνόλου της κατασκευής που θα πρέπει να επιβεβαιωθεί από τα αποτελέσματα μιας ανάλυσης που θα αποτιμά τη σεισμική της ικανότητα. Ανεξάρτητα από την ειδικότερη μέθοδο που θα επιλεγεί για την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας της κατασκευής σύμφωνα με ότι αναφέρεται στη σχετική βιβλιογραφία (FEMA-356, 2000), στο τέλος αυτού του σταδίου αποφασίζεται αν υπάρχει ανάγκη για ενίσχυση του φορέα.



Σχήμα 1.1: Διάγραμμα ροής για τον ανασχεδιασμό υφιστάμενων κατασκευών

**Η εξέταση εναλλακτικών σχημάτων επέμβασης** αποτελεί το δυσκολότερο ίσως τμήμα της όλης διαδικασίας, επειδή σ' αυτό το στάδιο εμπλέκεται ένα πλήθος παραγόντων που δεν είναι εύκολο να ποσοτικοποιηθούν.

Κατ' αρχάς θα πρέπει να έχουν αξιολογηθεί όλες οι παράμετροι που μπορούν να επηρεάσουν την απόφαση προς καθεμία από τις παρακάτω τρεις κρίσιμες δυνατές επιλογές που απεικονίζονται στο σχήμα.

- Επισκευή της κατασκευής
- Ενίσχυση της κατασκευής
- Κατεδάφιση της κατασκευής και ανέγερση νέας

Ως **επισκευή** ορίζεται η διαδικασία επέμβασης σε μία κατασκευή με βλάβες, η οποία αποκαθιστά τα προ της βλάβης χαρακτηριστικά των στοιχείων της και επαναφέρει την κατασκευή στην αρχική της κατάσταση.

Ως **ενίσχυση** ορίζεται η διαδικασία επέμβασης, σε μία κατασκευή, με ή χωρίς βλάβες, η οποία επαυξάνει τη φέρουσα ικανότητα του φορέα σε επίπεδο υψηλότερο από αυτό του αρχικού του σχεδιασμού.

Πάντως μερικές φορές η έννοια “επισκευή” χρησιμοποιείται με ευρύτερη σημασία, συμπεριλαμβάνοντας κάθε εργασία επέμβασης που αφορά επισκευή ή/και ενίσχυση.

Η απόφαση για την κρίσιμη επιλογή, μεταξύ επισκευής, ενίσχυσης και κατεδάφισης/ανακατασκευής είναι προφανώς αποτέλεσμα της διαδικασίας που παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.1. Όμως, για κατασκευές που έχουν υποστεί βλάβες από έναν ισχυρό σεισμό, ανεξάρτητα από το παραπάνω αποτέλεσμα, η εικόνα των βλαβών αποτελεί αδιάψευστο στοιχείο της σεισμικής ικανότητας που επηρεάζει ιδιαίτερα την απόφαση. Σύμφωνα με την επικρατούσα άποψη (Πενέλης, 1999):

- Σε κατασκευές με μικρές βλάβες τοπικού χαρακτήρα, η επέμβαση περιορίζεται στην επισκευή.
- Σε κατασκευές με εκτεταμένες ή βαριές βλάβες, δηλαδή βλάβες γενικού χαρακτήρα, η επέμβαση περιλαμβάνει και την ενίσχυση της κατασκευής.

Είναι προφανές ότι η στρατηγική που παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.1 είναι μια επίπονη διαδικασία που απέχει αρκετά από τη συνήθη εργασία ρουτίνας που χρησιμοποιείται για τον σχεδιασμό των νέων κατασκευών. Το πρώτο επίπεδο ανασχεδιασμού αφορά επεμβάσεις σε μεμονωμένα στοιχεία. Επιδιώκεται έτσι η αποκατάσταση μεμονωμένων αδυναμιών του φορέα χωρίς δραστικές αλλαγές στο στατικό του σύστημα. Για το δεύτερο επίπεδο ανασχεδιασμού, στη φάση σύνταξης των εναλλακτικών σχημάτων ενίσχυσης απαιτείται καλή γνώση όλων των διατιθέμενων μεθόδων που μπορούν να ενισχύσουν την κατασκευή ως σύνολο. Το θέμα αυτό είναι ιδιαίτερα κρίσιμο και θα αναπτυχθεί εκτενώς στην επόμενη ενότητα του Κεφαλαίου.

**Η αναδιαστασιολόγηση του φορέα** αφορά τη διαστασιολόγηση των επισκευασμένων/ενισχυμένων στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος. Η χρήση νέων στοιχείων σε συνεργασία με τα παλαιά δημιουργεί νέα πολυφασικά, σύνθετα στοιχεία, η διαστασιολόγηση των οποίων ξεφεύγει

συχνά από τις συνήθεις διαδικασίες διαστασιολόγησης μονολιθικών στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα. Η αναδιαστασιολόγηση του φορέα καταλήγει πάντα στα σχέδια λεπτομερειών της οριστικής μελέτης επέμβασης.

Η **κοστολόγηση των εργασιών** του σχήματος επέμβασης που επιλέγεται είναι απαραίτητη διαδικασία για να αποφασιστεί, εάν η επιλογή είναι οικονομικά ωφέλιμη. Γιατί, δυστυχώς, έχει παρατηρηθεί συχνά να επιλέγονται λύσεις εξοργιστικά αντιοικονομικές χωρίς ουσιαστικό λόγο.

### **1.3 ΕΜΠΕΙΡΙΚΟΣ ΤΡΟΠΟΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΑΠΟΜΕΝΟΥΣΑΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΚΑΙ ΔΥΣΚΑΜΨΙΑΣ**

Μία ακριβής διαδικασία εκτίμησης της εναπομένουσας φέρουσας ικανότητας μιας κατασκευής που έχει υποστεί βλάβες είναι ιδιαίτερα σύνθετη, ξεφεύγει από τους σκοπούς του παρόντος και μπορεί να αναζητηθεί αλλού (FEMA-356, 2000). Εδώ παρουσιάζεται ένας απλουστευμένος, ταχύς, εμπειρικός τρόπος για την παραπάνω εκτίμηση σύμφωνα με τον EC8-Part 1.4 (1995)\*.

Για την εκτίμηση της απομένουσας αντοχής  $R_{res}$  και δυσκαμψίας  $K_{res}$  σε στοιχεία με βλάβες, σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές  $R_o$  και  $K_o$  των ίδιων στοιχείων χωρίς βλάβες, χρησιμοποιούνται οι συντελεστές  $\gamma_R$  και  $\gamma_k$  που εκφράζουν τα μέτρα της εναπομένουσας αντοχής και της εναπομένουσας δυσκαμψίας αντιστοίχως.

Οι συντελεστές αυτοί ορίζονται ως εξής:

$$\gamma_R = R_{res}/R_o$$

$$\gamma_k = K_{res}/K_o$$

Μία εκτίμηση του μέτρου αντοχής  $\gamma_R$  για υποστυλώματα και τοιχώματα, ανάλογα με την κατάσταση της κατασκευής και τον βαθμό βλάβης του στοιχείου, παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.1 έτσι όπως προτείνεται στον EC8-Part 1.4, (1995).

Στον ίδιο κανονισμό προτείνεται για το μέτρο δυσκαμψίας  $\gamma_k$  η προσέγγιση:

$$\gamma_k = 0.8 \gamma_R$$

Εξάλλου σύμφωνα με τον ίδιο κανονισμό (EC8-Part 1.4, 1995) ο ίδιος Πίνακας (Πιν.1.1) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της απομένουσας αντοχής  $R_{res}$  και δυσκαμψίας  $K_{res}$  και για δοκούς.

\* Μία ανάλογη διαδικασία προτείνεται στο παράρτημα της 330/AZ5β/16.1.01 απόφασης του ΥΠΕΧΩΔΕ που αφορά τα κτίρια που υπέστησαν βλάβες στον σεισμό του 1999.

Κατάσταση κτιρίου	Βαθμός βλάβης			
	A	B	C	D
καλή	0,95	0,75	0,45	0,15
κακή	0,85	0,65	0,35	0,00

Πίνακας 1.1: Τιμές του μέτρου απομένουσας αντοχής  $r_R$  για υποστυλώματα και τοιχώματα ανάλογα με το βαθμό βλάβης

Για μία ποιοτική εκτίμηση του βαθμού βλάβης του συνόλου μιας κατασκευής μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας γενικός δείκτης ( $r_g$ ) ο οποίος θα λαμβάνει υπόψη του τα μέτρα απομένουσας αντοχής ( $r_R$ ) των κατακόρυφων φερόντων στοιχείων του φορέα. Στον EC8-Part 1.4 (1995) προτείνεται η παρακάτω σχέση:

$$r_g = \frac{\sum_{i=1}^n (V_{Ro,i} \cdot r_{R,i})}{\sum_{i=1}^n V_{Ro,i}}$$

όπου:

- i είναι ο δείκτης που προσδιορίζει το κατακόρυφο φέρων στοιχείο του φορέα,
- $r_R$  είναι το μέτρο απομένουσας αντοχής του στοιχείου (Πιν.1.1) και
- $V_{Ro}$  είναι η τέμνουσα σχεδιασμού που αναλαμβάνεται από το σκυρόδεμα. Σύμφωνα με τον Ελληνικό Κανονισμό Σκυροδέματος (ΥΠΕΧΩΔΕ, 1995)  $V_{Ro} = V_{cd}$ .

Αν και η αντικατάσταση του  $V_{Ro}$  με το  $V_{Rd3}$  ( $=V_{wd} + V_{cd}$ ) στην παραπάνω σχέση δίνει πιο πραγματικά αποτελέσματα, η σχέση χρησιμοποιεί το  $V_{Ro}$  επειδή ο προσδιορισμός του είναι πολύ ταχύς και με λιγότερες αβεβαιότητες, αφού δεν προαπαιτείται η εκτίμηση του υφιστάμενου οπλισμού διάτμησης.

Για την τελική αξιολόγηση της φέρουσας ικανότητας της κατασκευής, σε συνδυασμό με τον καθορισμό προτεραιοτήτων για πιθανή επέμβαση, χρησιμοποιείται ένας τροποποιημένος γενικός δείκτης βλάβης  $r_f$  που δίνεται από την παρακάτω σχέση:  $r_f = r_g \cdot K_R / \gamma_1$

όπου:

- $K_R$  είναι ο συντελεστής που λαμβάνει υπόψη του την κανονικότητα του κτιρίου όπως αυτή ορίζεται στον EC8-Part 1.2 (1994).  
Για κανονικά κτίρια λαμβάνεται  $K_R = 1,0$  ενώ για μη-κανονικά  $K_R = 0,8$  και
- $\gamma_1$  είναι ο συντελεστής σπουδαιότητας της κατασκευής όπως ορίζεται στον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (Ο.Α.Σ.Π., 1999).

Σύμφωνα με τον EC8-Part 1.4 (1995):

Για τιμές  $r_f \geq 0,80$  η αντοχή του κτιρίου θεωρείται επαρκής.

Όταν  $0,80 > r_f \geq 0,50$  η αντοχή του κτιρίου θεωρείται μετρίως ανεπαρκής.



Όταν  $0,50 > r_f$  το κτίριο θεωρείται ότι έχει σοβαρή ανεπάρκεια αντοχής.

#### 1.4 ΕΝΙΣΧΥΣΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΩΣ ΣΥΝΟΛΟΥ

Η διάγνωση ότι μία κατασκευή δεν θα μπορέσει να αντισταθεί σ' έναν μελλοντικό αναμενόμενο σεισμό μας οδηγεί αναπόφευκτα στην αναζήτηση της λύσης με την οποία θα την ενισχύσουμε.

Αυτή η αναζήτηση μπορεί να γίνει σε δύο κατευθύνσεις. Στην πρώτη κατεύθυνση θα αναζητηθεί η λύση με την οποία η κατασκευή ενισχύεται ως σύνολο έτσι ώστε να μειωθεί η ένταση στα αδύναμα στοιχεία της κατασκευής σε επίπεδα χαμηλότερα από τα ανεκτά όρια αντοχής τους. Στη δεύτερη κατεύθυνση θα αναζητηθεί η λύση με την οποία ενισχύονται τα αδύναμα στοιχεία της κατασκευής προσδίδοντας πρόσθετη αντοχή ή άλλα ελλείποντα χαρακτηριστικά σε μεμονωμένα στοιχεία. Η πρώτη κατεύθυνση ακολουθείται συνήθως όταν τα αδύναμα στοιχεία της κατασκευής είναι πολλά και επομένως χρειάζεται μία συνολική αντιμετώπιση του θέματος, ενώ η δεύτερη κατεύθυνση ακολουθείται όταν αξιολογείται ότι πρέπει να εξαλειφθούν μόνο κάποιες τοπικές αδυναμίες της κατασκευής.

Στην παρούσα ενότητα θα αναπτυχθούν τα σχετικά με την ενίσχυση των κατασκευών όταν ακολουθείται η πρώτη κατεύθυνση, δηλαδή όταν στόχος της επέμβασης είναι η ενίσχυση της συνολικής αντίστασης, της κατασκευής. Οι μέθοδοι ενίσχυσης μεμονωμένων στοιχείων οπλισμένου σκυροδέματος όπως υποστλωμάτων, δοκών, τοιχωμάτων, θεμελίων, κλπ., που αφορούν τη δεύτερη κατεύθυνση, θα αναπτυχθούν στο Κεφάλαιο 3.

Ειδικότερα, στη συνέχεια αναπτύσσονται θέματα που αφορούν την αποτελεσματικότητα, τα χαρακτηριστικά και τα ειδικότερα προβλήματα που συνοδεύουν κάθε μέθοδο και επιμέρους τεχνική που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ενισχυθεί συνολικά η αντισεισμική αντίσταση μίας κατασκευής από οπλισμένο σκυρόδεμα. Δίνεται ιδιαίτερη σημασία στις ιδιαιτερότητες κάθε μεθόδου και τεχνικής επισημαίνοντας τα κατά περίπτωση πλεονεκτήματα τους, ως και τις δυσκολίες εφαρμογής τους.

Αξίζει να παρατηρηθεί ότι σ' όλες τις μεθόδους που αναπτύσσονται παρακάτω προβλέπεται η προσθήκη νέων στοιχείων γιατί μόνο με την παρεμβολή τους μπορούν να μειωθούν οι εντάσεις στα αδύναμα στοιχεία της προϋπάρχουσας κατασκευής. Ως εκ τούτου χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή για την κατανόηση της αλληλεπίδρασης των νέων στοιχείων με τα παλαιά και για την αξιολόγηση πιθανής αύξησης της έντασης σε ορισμένα σημεία της κατασκευής.

Η ενότητα αυτή διατάσσεται σε δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος αναπτύσσονται οι στρατηγικές αντισεισμικής ενίσχυσης των κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος και προσδιορίζουμε τις μεθόδους που μπορεί να χρησιμοποιηθούν, ενώ στο δεύτερο αναλύουμε τις μεθόδους

συνολικής ενίσχυσης και περιγράφουμε τις εναλλακτικές τεχνικές εφαρμογής κάθε μεθόδου.

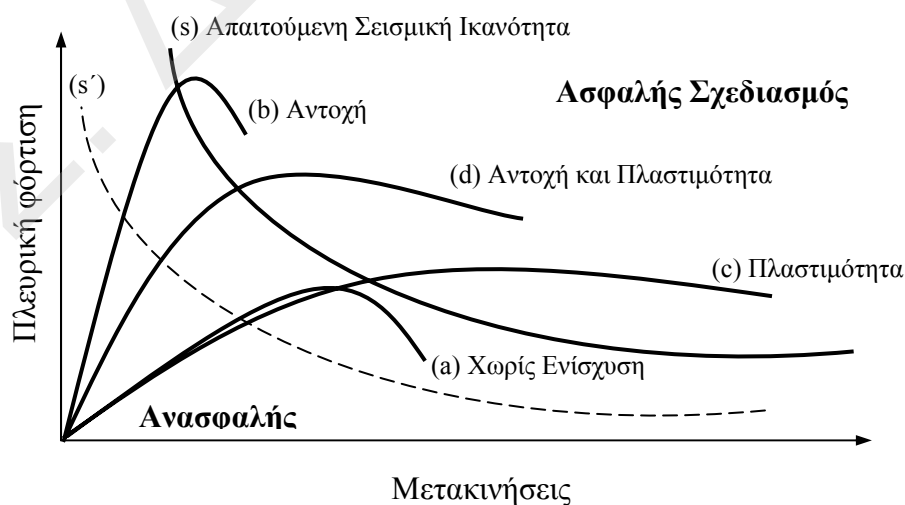
### 1.4.1 Στρατηγικές και μέθοδοι συνολικής ενίσχυσης κατασκευών

Ας θεωρήσουμε ότι η σεισμική δράση είναι ουσιαστικά μία εξωτερικά επιβεβλημένη δυναμική μετακίνηση που εισάγει στην κατασκευή μία ποσότητα κινητικής ενέργειας. Η ενέργεια αυτή κατά την ταλάντωση της κατασκευής, μετατρέπεται από κινητική σε ενέργεια παραμόρφωσης και αντίστροφα. Μπορούμε επομένως να υποθέσουμε ότι το μέγεθος της μέγιστης ενέργειας παραμόρφωσης που μπορεί να αναπτυχθεί σε μία κατασκευή, αποτελεί ένα μέτρο της σεισμικής της αντίστασης.

Με βάση τα παραπάνω μία καμπύλη υπερβολικής μορφής (s) έχει χαραχθεί στο Σχήμα 1.2 και αναπαριστά την απαιτούμενη σεισμική ικανότητα της κατασκευής. Ως εκ τούτου, η καμπύλη αυτή υποδηλώνει το όριο μεταξύ της ασφαλούς και της ανασφαλούς επιλογής της λύσης ενίσχυσης. Δηλαδή μία κατασκευή θεωρείται ασφαλής μόνο εφόσον η καμπύλη που αναπαριστά τη συμπεριφορά της επεκτείνεται στην περιοχή πάνω από την καμπύλη (s) που απεικονίζει τον ασφαλή σχεδιασμό. Διαφορετικά απαιτείται ενίσχυση της κατασκευής (Dritsos, 1995).

Είναι ως εκ τούτου προφανές ότι μπορούμε να επιλέξουμε μία ασφαλή λύση ενίσχυσης της κατασκευής είτε αυξάνοντας την αντοχή και τη δυσκαμψία της είτε αυξάνοντας την ικανότητά της για μεγάλες ανελαστικές παραμορφώσεις.

Επίσης ως ενίσχυση θα μπορούσε να θεωρηθεί και κάθε διαδικασία με την οποία μειώνεται η εισαγόμενη σεισμική δράση στην κατασκευή και επομένως μειώνεται η απαιτούμενη σεισμική της ικανότητα.



Σχήμα 1.2: Στρατηγικές ενίσχυσης

Διακρίνουμε λοιπόν τέσσερις στρατηγικές αντισεισμικής ενίσχυσης ανάλογα με την επιδιωκόμενη σεισμική συμπεριφορά της κατασκευής:

- Αύξηση δυσκαμψίας και αντοχής της κατασκευής
- Αύξηση πλαστιμότητας της κατασκευής
- Αύξηση δυσκαμψίας, αντοχής και πλαστιμότητας της κατασκευής
- Μείωση εισαγόμενης σεισμικής δράσης στην κατασκευή (π.χ. σεισμική μόνωση)

Στο Σχήμα 1.2 παρουσιάζονται ποιοτικά διαγράμματα Πλευρικών Δυνάμεων-Μετακινήσεων, για τις τρεις βασικές στρατηγικές που αντιστοιχούν σε τρεις κατηγορίες μεθόδων αντισεισμικής ενίσχυσης.

Η καμπύλη (a) αναπαριστά τη συμπεριφορά της κατασκευής πριν την ενίσχυση.

Η καμπύλη (b) αναπαριστά τη συμπεριφορά της κατασκευής μετά την ενίσχυση της, όταν επιτυγχάνεται η αύξηση της πλευρικής αντίστασης και της δυσκαμψίας του φορέα.

Η καμπύλη (c) αναπαριστά τη συμπεριφορά της κατασκευής μετά την ενίσχυση της, όταν επιτυγχάνεται η αύξηση της πλαστιμότητας του φορέα.

Η καμπύλη (d) αναπαριστά τη συμπεριφορά της κατασκευής μετά την ενίσχυση της, όταν συγχρόνως επιτυγχάνεται η αύξηση της πλευρικής αντίστασης, της δυσκαμψίας και της πλαστιμότητας του φορέα.

Η καμπύλη (s') αναπαριστά την απαιτούμενη σεισμική ικανότητα της κατασκευής μετά την ενίσχυσή της, όταν επιτυγχάνεται μείωση της εισαγόμενης σεισμικής έντασης του φορέα.

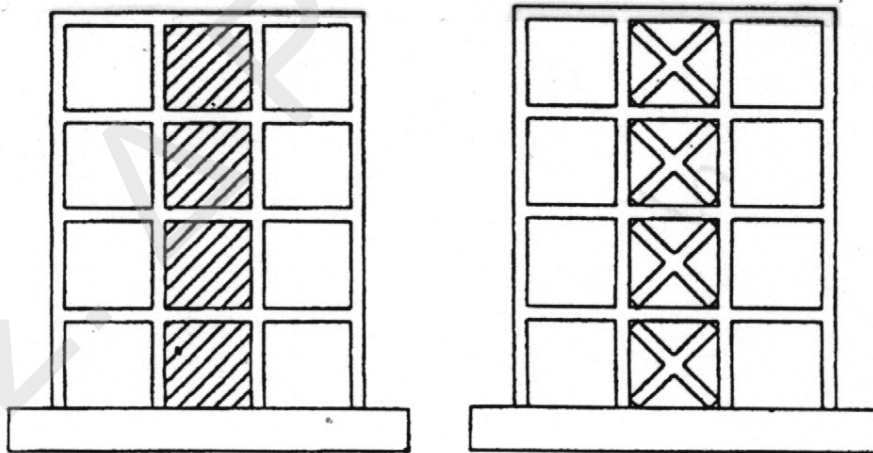
Η επιλογή της καταλληλότερης μεθόδου και της επιμέρους κατασκευαστικής τεχνικής που θα ακολουθηθεί δεν είναι πάντα εύκολη. Αρχικά χρειάζεται να αξιολογηθούν όλες οι εναλλακτικές διαδικασίες λαμβάνοντας υπόψη τις τοπικές συνθήκες του έργου και ακόμη νομικούς, πολεοδομικούς, και άλλους τυχόν περιορισμούς.

Στη συνέχεια θα πρέπει να αξιολογηθούν άλλοι σημαντικοί παράγοντες όπως το κόστος και η διάρκεια της επέμβασης, το μέγεθος της ενόχλησης των ενοίκων, και η διαθεσιμότητα κατάλληλου εξειδικευμένου προσωπικού.

Διάφορες μέθοδοι και τεχνικές χρησιμοποιούνται σήμερα στην πράξη για την αντισεισμική ενίσχυση μίας κατασκευής ως σύνολο. Ειδικότερα όσον αφορά τις κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα, θα μπορούσε κανείς να διακρίνει έξι κύριες μεθόδους επέμβασης, ανάλογα με το είδος των πρόσθετων στοιχείων που χρησιμοποιείται σε κάθε μέθοδο (Δρίτσος, 1994 - C.E.B. Bul.162, 1983 - FEMA-356, 2000). Εξάλλου ένα πλήθος εναλλακτικές τεχνικές μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα πλαίσια κάθε μίας από αυτές τις μεθόδους.

Οι μέθοδοι αυτές είναι:

- Κατασκευή τοιχωμάτων εντός των πλαισίων του φέροντα οργανισμού της κατασκευής (Σχ.1.3α).  
Στοχεύει σε μεγάλη αύξηση της δυσκαμψίας και της αντοχής της κατασκευής.
- Κατασκευή δικτυωτών συστημάτων εντός των πλαισίων του φέροντα οργανισμού της κατασκευής (Σχ.1.3β).  
Στοχεύει σε μέτρια αύξηση της αντοχής και κυρίως σε αύξηση της δυσκαμψίας και της πλαστιμότητας της κατασκευής.
- Κατασκευή πλευρικών τοιχωμάτων από οπλισμένο σκυρόδεμα σε συνέχεια και σύνδεση με υπάρχοντα υποστυλώματα της κατασκευής.  
Στοχεύει στη βελτίωση της πλαστιμότητας της κατασκευής και σε μερική αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας.
- Κατασκευή μανδύων σε κατακόρυφα στοιχεία της κατασκευής.  
Στοχεύει βασικά στην αύξηση της πλαστιμότητας της κατασκευής.
- Προσθήκη νέων κατακόρυφων στοιχείων στην κατασκευή.  
Στοχεύει σε μεγάλη αύξηση της δυσκαμψίας, αντοχής και πλαστιμότητας της κατασκευής.
- Ενσωμάτωση στην κατασκευή συστημάτων απορρόφησης ενέργειας, ιζώδους ή υστερητικής συμπεριφοράς.  
Στοχεύει στη μείωση της εισαγόμενης σεισμικής έντασης της κατασκευής.



Σχήμα 1.3: (α) Τοιχώματα εντός πλαισίων  
(β) Δικτυωτά συστήματα

Όπως μπορεί να παρατηρηθεί, σε όλες τις παραπάνω μεθόδους προβλέπεται η προσθήκη νέων στοιχείων που προσαρμόζονται πάνω στην υφιστάμενη κατασκευή. Απαιτούνται ως εκ τούτου ειδικοί έλεγχοι

στις θέσεις αλληλεπίδρασης που θα επιβεβαιώνουν τις ικανότητες των συνδέσεων για τη μεταφορά δυνάμεων μεταξύ των νέων στοιχείων και της υφισταμένης κατασκευής.

Πρέπει πάντως να επισημανθεί ιδιαίτερα ότι αυτού του είδους οι επεμβάσεις αλλάζουν ριζικά το αρχικό στατικό σύστημα της κατασκευής και γι' αυτό θα πρέπει να αποφασίζονται με σύνεση. Απαιτείται πλέον ένας εξολοκλήρου νέος σχεδιασμός της κατασκευής που πιθανότατα θα απαιτήσει εκτεταμένες επεμβάσεις σε πολλές περιοχές της κατασκευής, όπως π.χ. στη θεμελίωση.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, θα μπορούσε κανείς, ανάλογα με τον κύριο επιδιωκόμενο στόχο, να ταξινομήσει τις μεθόδους αντισεισμικής ενίσχυσης των κατασκευών ως εξής:

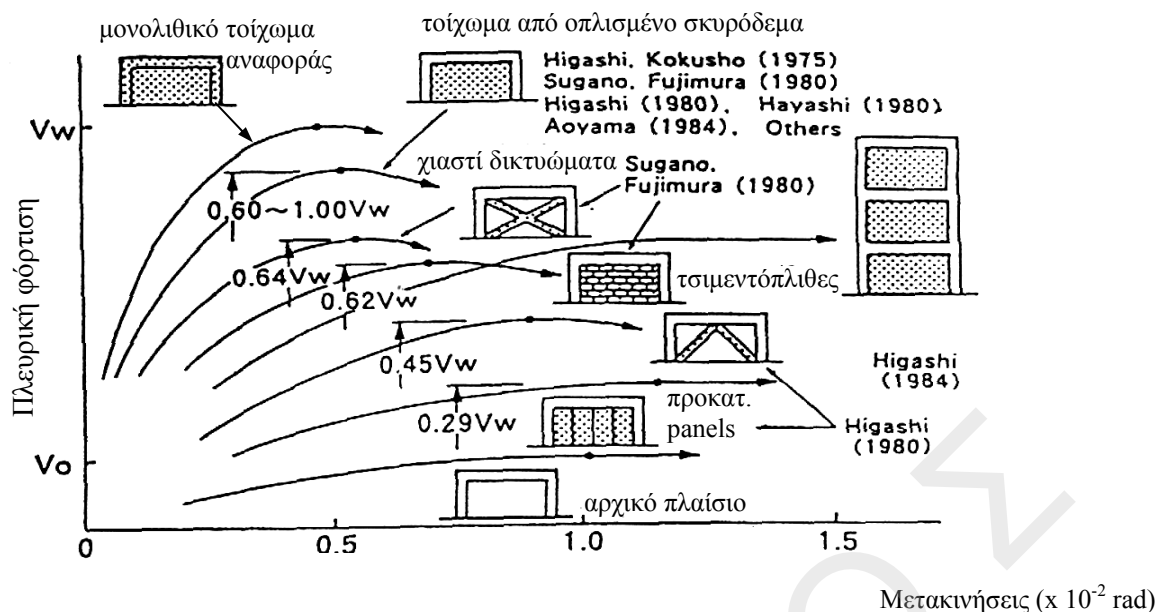
α) Αν ο κύριος επιδιωκόμενος στόχος είναι η αύξηση της δυσκαμψίας και της αντοχής της κατασκευής, τότε η πλέον αποτελεσματική μέθοδος είναι η κατασκευή τοιχωμάτων εντός των πλαισίων του φορέα, ακολουθεί η μέθοδος της προσθήκης δικτυωτών συστημάτων και στη συνέχεια είναι η μέθοδος της προσθήκης τοιχωμάτων κατ' επέκταση υφισταμένων υποστυλωμάτων της κατασκευής.

β) Αν ο κύριος επιδιωκόμενος στόχος είναι η αύξηση της πλαστιμότητας της κατασκευής, τότε η πλέον αποτελεσματική μέθοδος είναι η κατασκευή μανδύων σε ένα πλήθος επιλεγμένων υποστυλωμάτων της κατασκευής, και ακολουθεί η μέθοδος της προσθήκης τοιχωμάτων σε συνέχεια υποστυλωμάτων.

γ) Αν ο επιδιωκόμενος στόχος είναι η σύγχρονη αύξηση αντοχής, δυσκαμψίας και πλαστιμότητας της κατασκευής τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί οποιαδήποτε από τις μεθόδους αντισεισμικής ενίσχυσης που ήδη έχουν αναφερθεί και η επιλογή της ειδικότερης τεχνικής θα γίνει λαμβάνοντας υπόψη τον επιθυμητό βαθμό αύξησης του μεγέθους καθενός από τα παραπάνω χαρακτηριστικά. Στην περίπτωση που η απαιτούμενες αυξήσεις είναι ιδιαίτερα υψηλές και για τα τρία χαρακτηριστικά, η λύση πιθανότητα θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει και την προσθήκη νέων κατακόρυφων στοιχείων.

Τέλος πρέπει να επισημανθεί ότι συχνά είναι σκόπιμο να χρησιμοποιηθεί ένας συνδυασμός μεθόδων ή επί μέρους τεχνικών έτσι ώστε να προκύψει η βέλτιστη τεchnοοικονομική λύση.

Στο Σχήμα 1.4 παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα από πειραματικές έρευνες που έγιναν στην Ιαπωνία (Sugano, 1996) και αφορούν μία σειρά από μεθόδους και τεχνικές που διερευνήθηκαν για την ενίσχυση δίστυλων πλαισίων από οπλισμένο σκυρόδεμα.



Σχήμα 1.4: Αποτελεσματικότητα διάφορων μεθόδων ενίσχυσης

Συγκριτικά αποτελέσματα από πειραματικές έρευνες διαφορετικών ερευνητών για διάφορες μεθόδους αντισεισμικής ενίσχυσης πλαισίων οπλισμένου σκυροδέματος, με προσθήκη νέων στοιχείων εντός των πλαισίων, παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.2 (CEB. Bul.162, 1983). Εύκολα μπορεί να παρατηρηθεί ότι μεγάλες αυξήσεις αντοχής και δυσκαμψίας συνοδεύονται συνήθως από μικρές ανελαστικές παραμορφώσεις της κατασκευής, και το αντίστροφο ισχύει για μικρές αυξήσεις αντοχής.

ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ	Αντοχή		Δυσκαμψία		Πλαστιμότητα	
	$V_u' / V_{u,m}$	$V_u' / V_{u,f}$	$K' / K_m$	$K' / K_f$	$\mu' / \mu_m$	$\mu' / \mu_f$
Τοιχώματα από έγχυτο σκυρόδεμα	0,50~1,0	3,5~5,5	0,75~1,0	12,5~25,5	0,85~0,95	0,90
Προκατ. τοιχώματα	0,20~0,80	1,20~4,20	0,15~0,85	3,5~20,5	0,70~3,95	0,70~3,80
Οπλισμένη τοιχοποιία	0,60	3,50	0,35	7,30	0,50	—
Μεταλλικά πλαίσια και δικτυώματα	0,35~0,65	1,70~3,70	0,05~0,30	1,60~6,50	0,50~4,35	1,45~4,25

Πίνακας 1.2: Ενίσχυση πλαισίων οπλισμένου σκυροδέματος

$V_u'$ ,  $K'$  και  $\mu'$  είναι αντιστοίχως η τέμνουσα αντοχής, η ελαστική δυσκαμψία και η πλαστιμότητα του ενισχυμένου πλαισίου.

$V_u$ ,  $K$  και  $\mu$  είναι αντιστοίχως η τέμνουσα αντοχής, η ελαστική δυσκαμψία και η πλαστιμότητα των πλαισίων αναφοράς.

Ο δείκτης  $f$  υποδηλώνει το αρχικό πλαίσιο.

Ο δείκτης  $m$  υποδηλώνει ένα πλαίσιο αναφοράς όπου το τοίχωμα έχει σκυροδετηθεί συγχρόνως (δηλαδή έχει μονολιθική σύνδεση) με το πλαίσιο.

#### **1.4.2 Περιγραφή μεθόδων και τεχνικών εφαρμογής**

Όπως ήδη αναφέρθηκε, μπορούμε να διακρίνουμε έξι κύριες μεθόδους συνολικής ενίσχυσης μιας κατασκευής:

- (α) Κατασκευή τοιχωμάτων εντός πλαισίων.
- (β) Προσθήκη δικτυωτών συστημάτων εντός πλαισίων.
- (γ) Κατασκευή πλευρικών τοιχωμάτων σε συνέχεια υποστυλωμάτων.
- (δ) Κατασκευή μανδύων σε κατακόρυφα στοιχεία της κατασκευής.
- (ε) Προσθήκη νέων κατακόρυφων στοιχείων στην κατασκευή.
- (στ) Ενσωμάτωση στην κατασκευή συστημάτων απορρόφησης ενέργειας (π.χ. σεισμική μόνωση).

Στη συνέχεια αναπτύσσονται οι τεχνικές και οι διαδικασίες εφαρμογής των τριών πρώτων μεθόδων. Η τέταρτη μέθοδος, που αφορά τους μανδύες, χρησιμοποιείται κυρίως ως μέθοδος ενίσχυσης μεμονωμένων στοιχείων (υποστυλωμάτων ή τοιχωμάτων) και για το λόγο αυτόν η ανάπτυξη του σχετικού αντικείμενου θα γίνει στο σχετικό κεφάλαιο (Κεφ.3).

Οι δύο τελευταίες μέθοδοι, δημιουργούν ισχυρότατη μεταβολή του στατικού συστήματος της κατασκευής και δεν αποτελούν συνήθεις επιλογές στην πράξη. Εφαρμόζονται σε περιπτώσεις που απαιτείται ισχυρή ενίσχυση της κατασκευής ή υπάρχουν ειδικοί λόγοι και δεν θα αναπτυχθούν περαιτέρω.

##### **1.4.2.1 Κατασκευή τοιχωμάτων εντός πλαισίων**

Η προσθήκη νέων τοιχωμάτων εντός υφισταμένων πλαισίων της κατασκευής θεωρείται η πλέον αποτελεσματική μέθοδος για την αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας του φορέα. Η μέθοδος εφαρμόζεται επίσης για να διορθωθούν σφάλματα σχεδιασμού που σχετίζονται με τη μόρφωση του φορέα και ειδικότερα όταν διαπιστώνεται ασυμμετρία κατανομής δυσκαμψίας καθ' ύψος ή εκκεντρότητες δυσκαμψίας σε κάτοψη.

Είναι προφανές ότι ο καθορισμός του απαραίτητου πλήθους και της σωστής θέσης των τοιχωμάτων αποτελεί κρίσιμο στοιχείο αποτελεσματικότητας της μεθόδου. Στη μόρφωση του νέου φορέα,

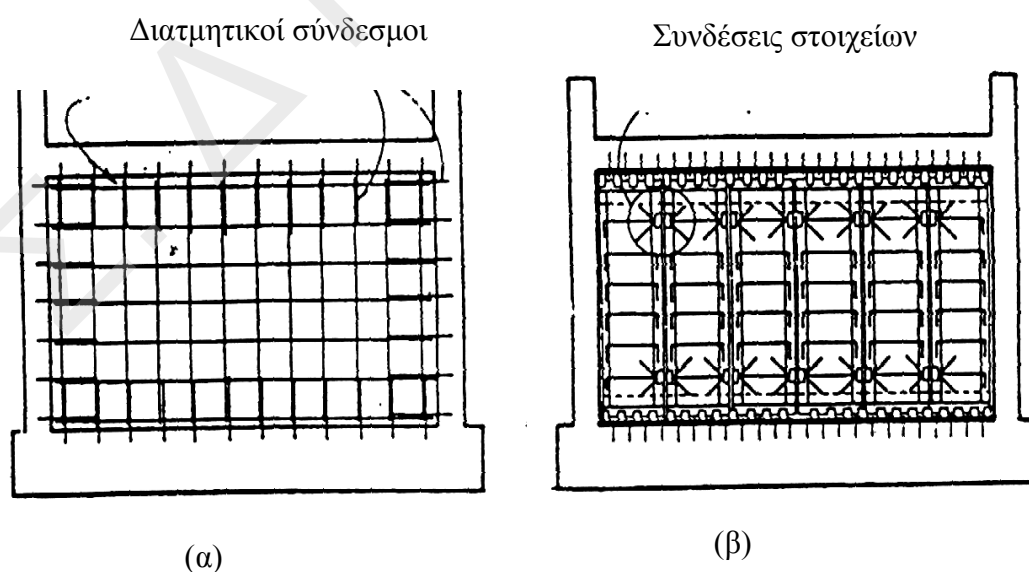
λαμβάνονται οπωσδήποτε υπόψη οι περιορισμοί που προβλέπονται στον αντισεισμικό κανονισμό για την αποφυγή απότομης μεταβολής της δυσκαμψίας καθ' ύψος της κατασκευής. Σε συνήθη έργα ο μηχανικός συχνά αποφασίζει για τα παραπάνω κυρίως με βάση την εμπειρία του και με αρκετές απλουστεύσεις στο προσομοίωμα ανάλυσης του φορέα. Σε περιπτώσεις όμως ειδικών απαιτήσεων η απόφαση πρέπει να βασίζεται σε μία ακριβέστερη αναλυτική εκτίμηση της σεισμικής συμπεριφοράς του φορέα λαμβάνοντας υπόψη τη συμβολή των υφισταμένων μη φερόντων στοιχείων της κατασκευής (π.χ. τοιχοπληρώσεων) και στοιχείων που συνήθως αγνοούνται κατά την ανάλυση (π.χ. κλιμακοστασίων).

**Οι τεχνικές προσθήκης τοιχωμάτων** που χρησιμοποιούνται σήμερα στην πράξη μπορούν να διακριθούν σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με τον τύπο του τοιχώματος που χρησιμοποιείται:

- Τοιχώματα από οπλισμένο σκυρόδεμα κατασκευαζόμενα στον τόπο του έργου
- Προκατασκευασμένα τοιχώματα (panels)
- Τοιχοποιία από συμπαγείς οπτόπλινθους ή τσιμεντοπλίνθους

#### **Τοιχώματα από έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα**

Τοιχώματα από έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα κατασκευάζονται σε κατάλληλα επιλεγμένα πλαίσια του φέροντος οργανισμού της κατασκευής και συνδέονται κατά μήκος της περιμέτρου τους με τα υπάρχοντα υποστυλώματα και τις δοκούς (Σχ. 1.5α) (Sugano, 1996).



Σχήμα 1.5: Τεχνικές κατασκευής τοιχωμάτων εντός πλαισίων

(α) Με έγχυτο σκυρόδεμα και περιμετρική σύνδεση

(β) Με προκατασκευασμένα τοιχώματα χωρίς πλευρική σύνδεση



Στις περιπτώσεις που επιδιώκεται μία περισσότερο πλάστιμη συμπεριφορά της κατασκευής, η σύνδεση γίνεται μόνο στις δοκούς, δηλαδή στο πάνω και κάτω μέρος του τοιχώματος, ενώ στα πλάγια, μεταξύ του τοιχώματος και των υποστυλωμάτων δεν γίνεται σύνδεση και αφήνεται ένα μικρό κενό.

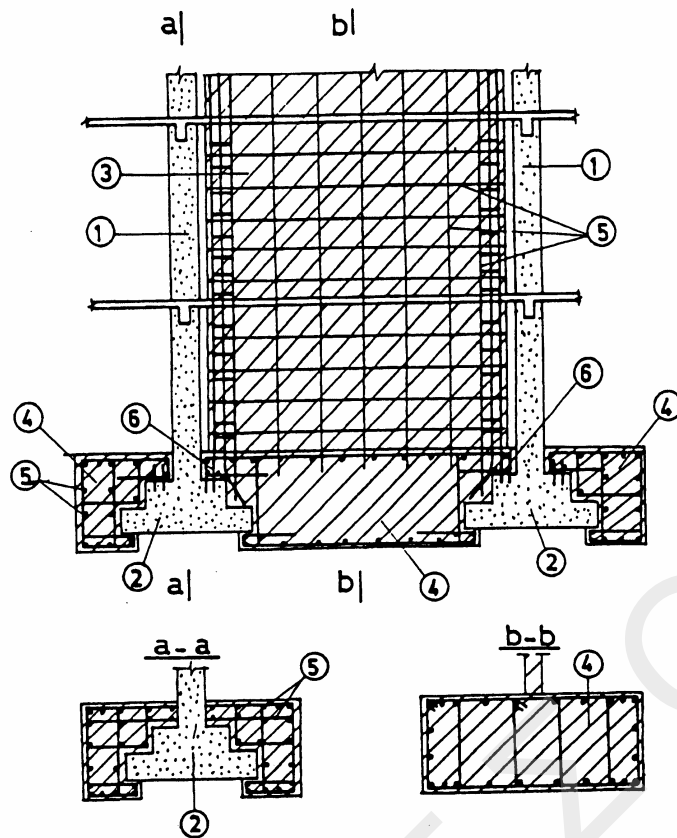
Η θεμελίωση των νέων τοιχωμάτων συνδέεται πάντοτε με την υπάρχουσα θεμελίωση, ακόμα και στην περίπτωση που τα τοιχώματα δεν συνδέονται με τα υποστυλώματα του πλαισίου. Στο Σχήμα 1.6 παρουσιάζονται οι κατασκευαστικές λεπτομέρειες της θεμελίωσης από μία εφαρμογή της μεθόδου (UNIDO/UNDP, 1983).

Είναι άξιο προσοχής ότι στη συνήθη περίπτωση σύνδεσης των νέων τοιχωμάτων με τα υποστυλώματα, τα τελευταία αποτελούν πλέον τα άκρα ενός νέου τοιχώματος όπου προφανώς αναμένεται ιδιαίτερα αυξημένη ένταση. Ως εκ τούτου τις περισσότερες φορές τα άκρα του νέου τοιχώματος επεκτείνονται σε ένα μανδύα γύρω από τα υποστυλώματα, ενισχύοντας έτσι και αυτήν την περιοχή.

**Κρίσιμο σημείο εφαρμογής της μεθόδου** είναι η εξασφάλιση της μεταφοράς των οριζοντίων δράσεων στα νέα τοιχώματα. Απαιτείται δηλαδή έλεγχος στις στάθμες των ορόφων ότι οι δοκοί που συντρέχουν στο τοίχωμα (με διεύθυνση τον ισχυρό άξονα του τοιχώματος) έχουν επαρκή διαμήκη οπλισμό για τη μεταφορά των οριζοντίων δράσεων του ορόφου. Αν ο οπλισμός αυτός είναι ανεπαρκής η ενίσχυση περιλαμβάνει και την προσθήκη νέων οριζοντίων στοιχείων σύνδεσης.

Ένας τρόπος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί γι' αυτήν τη σύνδεση είναι ο εξής:

Αρχικά νέες οριζόντιες διαμήκεις ράβδοι οπλισμού αγκυρώνονται στο νέο τοίχωμα στις στάθμες των ορόφων με διεύθυνση τον ισχυρό άξονα του τοιχώματος. Στη συνέχεια οι οπλισμοί αυτοί συγκολλούνται επάνω σε ισχυρές μεταλλικές πλάκες που έχουν αγκυρωθεί πάνω στις δοκούς, που συντρέχουν στο τοίχωμα και έχουν την ίδια ως άνω διεύθυνση. Τελικά οι οπλισμοί καλύπτονται με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα μετά από κατάλληλη προεργασία (εκτράχυνση και καθαρισμό) της επιφάνειας της δοκού.



1. Υφιστάμενα υποστυλώματα, 2. Υφιστάμενα θεμέλια, 3. Νέο τοίχωμα, 4. Νέο οπλισμένο σκυρόδεμα, 5. Πρόσθετοι οπλισμοί, 6. Πρόσθετα στοιχεία για την αγκύρωση των νέων οπλισμών.

Σχήμα 1.6: Παράδειγμα θεμελίωσης νέου τοιχώματος εντός υφισταμένου πλαισίου

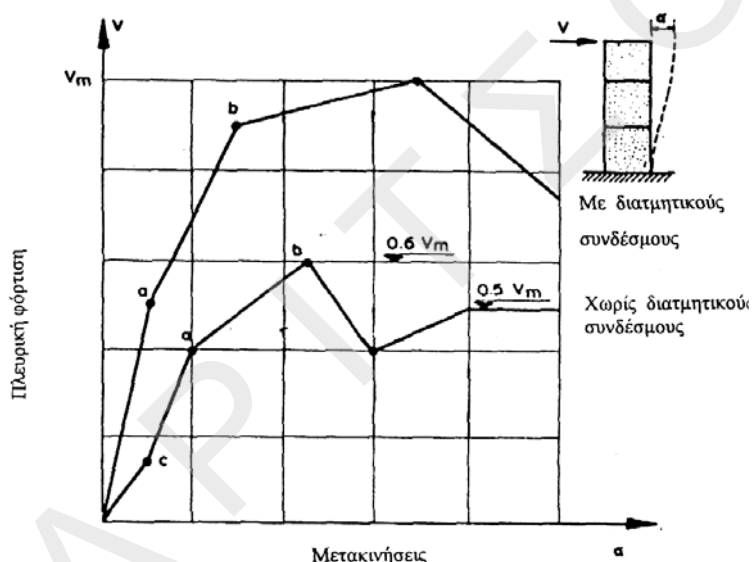
Ιδιαίτερα σημαντικός είναι ο έλεγχος που απαιτείται για την επάρκεια της αγκύρωσης των νέων ράβδων οπλισμού στον υφιστάμενο φορέα. Επίσης ειδικά μέτρα λαμβάνονται πάντοτε για την εξασφάλιση της συνέχειας στις διεπιφάνειες παλαιού και νέου σκυροδέματος με κατάλληλους διατμητικούς συνδέσμους. Συνήθως χρησιμοποιούνται μηχανικά ή χημικά χαλύβδινα βλήτρα αφού προηγουμένως εκτραχυνθεί και καθαριστεί η επιφάνεια των παλαιών στοιχείων.

Ο έλεγχος που γίνεται στις διεπιφάνειες πρέπει να εξασφαλίζει ότι η διατμητική ένταση που αναπτύσσεται σ' αυτές τις διατομές μπορεί να αναληφθεί μέσω των μηχανισμών ανάληψης φορτίου που θα αναπτύξει η σύνδεση. Η εκτίμηση του διατμητικού φορτίου της διεπιφάνειας συνήθως γίνεται θεωρώντας μονολιθική σύνδεση του νέου τοιχώματος με το πλαίσιο, δηλαδή αγνοείται η ολίσθηση μεταξύ των δύο στοιχείων. Ο προσδιορισμός του μέγιστου διατμητικού φορτίου που μπορεί να μεταφέρει η σύνδεση, γίνεται με βάση τα αναφερόμενα στο Κεφάλαιο 4 "Προσομοιώματα συμπεριφοράς για την αναδιαστασιολόγηση". Πάντως

πρόσφατα πειραματικά αποτελέσματα δείχνουν ότι ακόμα και όταν οι σύνδεσμοι μεταξύ τοιχώματος και περιβάλλοντος πλαισίου είναι λίγιοι, και επαρκούν απλώς και μόνο να διατηρούν το τοίχωμα στη θέση του, η συνεισφορά του τοιχώματος εξακολουθεί να είναι σημαντική.

Από μία εκτεταμένη θεωρητική και πειραματική, ερευνά για το θέμα (Liauw and Lee, 1977 - Liauw, 1979 - Liauw and Kwan, 1982) έχουν προκύψει τα παρακάτω χρήσιμα συμπεράσματα για την αποτελεσματικότητα των διατμητικών συνδέσμων στη σύνδεση τοιχωμάτων και περιμετρικών πλαισίων.

- Η αντοχή και η δυσκαμψία των τοιχοπληρωμένων πλαισίων είναι μεγαλύτερη στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται διατμητικοί σύνδεσμοι. Στο Σχήμα 1.7 (CEB. Bul. 162, 1983) παρουσιάζονται αποτελέσματα που επιβεβαιώνουν την παραπάνω παρατήρηση.



Σχήμα 1.7: Αποτελεσματικότητα διατμητικών συνδέσμων στη σύνδεση νέων τοιχωμάτων με τα υπάρχοντα πλαίσια

- Η συγκέντρωση τάσεων στις γωνίες ως και οι καμπτικές ροπές και οι διατμητικές δυνάμεις των μελών των περιμετρικών πλαισίων, είναι μικρότερες στις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται διατμητικοί σύνδεσμοι.
- Η ύπαρξη ανοιγμάτων στα τοιχοπληρωμένα πλαίσια μειώνει δραστικά την αποτελεσματικότητα της μεθόδου όταν δεν χρησιμοποιούνται διατμητικοί σύνδεσμοι. Η αντοχή και η δυσκαμψία που επιτυγχάνεται είναι ιδιαίτερα μικρές συγκρινόμενες με αυτές του αντίστοιχου μονολιθικού τοιχώματος. Αντιθέτως, όταν χρησιμοποιούνται διατμητικοί σύνδεσμοι, η ύπαρξη των ανοιγμάτων έχει μικρότερη επίδραση στη μείωση της αντοχής και της δυσκαμψίας

και είναι ανάλογη με αυτή που παρατηρείται στην αντίστοιχη περίπτωση για μονολιθικά τοιχώματα.

**Δύο προβλήματα** που αφορούν τη σύνδεση των τοιχωμάτων με τα περιβάλλοντα πλαίσια απαιτούν ιδιαίτερη προσοχή.

Το πρώτο πρόβλημα οφείλεται στα αποτελέσματα της συστολής ξήρανσης του νέου σκυροδέματος, και εκδηλώνεται με ρηγμάτωση της διεπιφάνειας, εκεί όπου το υψηλότερο τμήμα του τοιχώματος εφάπτεται στον πυθμένα της δοκού του πλαισίου. Εδώ η συστολή ξήρανσης αντιμετωπίζεται συνήθως με σκυρόδεμα ειδικής σύνθεσης, όπου έχουν χρησιμοποιηθεί ειδικά πρόσμικτα.

Εναλλακτικά, πολλές φορές το τοίχωμα σκυροδετείται μέχρι ύψος 20cm περίπου χαμηλότερα από τον πυθμένα της δοκού και μετά πάροδο ικανού χρόνου από την ημέρα σκυροδέτησης, συμπληρώνεται το υπόλοιπο (δηλαδή το τμήμα του τοιχώματος κοντά στον πυθμένα της δοκού) με εποξειδικό ή πολυεστερικό κονίαμα. Μερικές φορές ανάλογα με τις ειδικές συνθήκες του έργου το τοίχωμα μπορεί να σκυροδετηθεί μέχρι ύψος 5-7 mm χαμηλότερα από τον πυθμένα της δοκού, οπότε πλέον το κενό συμπληρώνεται με ρητινοειδή κόλλα χρησιμοποιώντας την τεχνική των ρητινενέσεων.

Το δεύτερο πρόβλημα αφορά μόνο την περίπτωση των έγχυτων τοιχωμάτων και ειδικότερα τη δυσκολία σκυροδέτησης του υψηλότερου τμήματος του τοιχώματος λόγω ανεπαρκούς πρόσβασης από την κορυφή. Γι' αυτό η χρήση του εκτοξευόμενου σκυροδέματος, αποτελεί έναν πρόσθετο λόγο προτίμησης.

Μερικές φορές η ενίσχυση με πρόσθετα τοιχώματα μπορεί να γίνει **εξωτερικά του φορέα**. Συχνά αυτό οφείλεται σε λειτουργικούς λόγους, όπως π.χ. σε περιπτώσεις που στα επιλεγμένα πλαίσια του φορέα προϋπάρχουν τοιχοπληρώσεις των οποίων η διατήρηση κρίνεται απαραίτητη. Όμως σ' αυτήν την περίπτωση απαιτούνται πρόσθετα μέτρα εξασφάλισης της μεταφοράς δυνάμεων μεταξύ των νέων τοιχωμάτων και του υφισταμένου φορέα. Επίσης, στην περίπτωση που απαιτείται η διατήρηση των τοιχοπληρώσεων η ενίσχυση μπορεί να γίνει με τη μορφή μονόπλευρων ή αμφίπλευρων μανδύων από εκτοξευόμενο σκυρόδεμα, αποφεύγοντας έτσι τη χρήση ξυλοτύπου.

### **Προκατασκευασμένα τοιχώματα (panels)**

Η τεχνική της προσθήκης προκατασκευασμένων τοιχωμάτων (panels) εντός πλαισίων της κατασκευής έχει αρκετά κατασκευαστικά πλεονεκτήματα και είναι οικονομικότερη λύση συγκρινόμενη με αυτήν της προσθήκης νέων τοιχωμάτων από έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα. Όμως η προσφορά τους στη συνολική δυσκαμψία και αντοχή

του φορέα είναι μικρότερη, όπως μπορεί να παρατηρηθεί στο Σχήμα 1.4 και στον Πίνακα 1.2.

Η τεχνική μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καλυφθεί το σύνολο του ανοίγματος του πλαισίου ή τμήμα του. Τα προκατασκευασμένα στοιχεία μπορεί να συνδέονται μεταξύ τους και με τα υποστυλώματα του πλαισίου ή όχι (Σχ.1.5β). Η σύνδεση με το περιβάλλον πλαίσιο γίνεται με ειδικές τεχνικές ακύρωσης, που επιδρούν σημαντικά στην αποτελεσματικότητα της τεχνικής. Πολλές φορές πάντως, όταν επιδιώκεται μία περισσότερο πλάστιμη συμπεριφορά του φορέα, η σύνδεση γίνεται μόνο με τις δοκούς και δεν υπάρχει επαφή με τα υποστυλώματα.

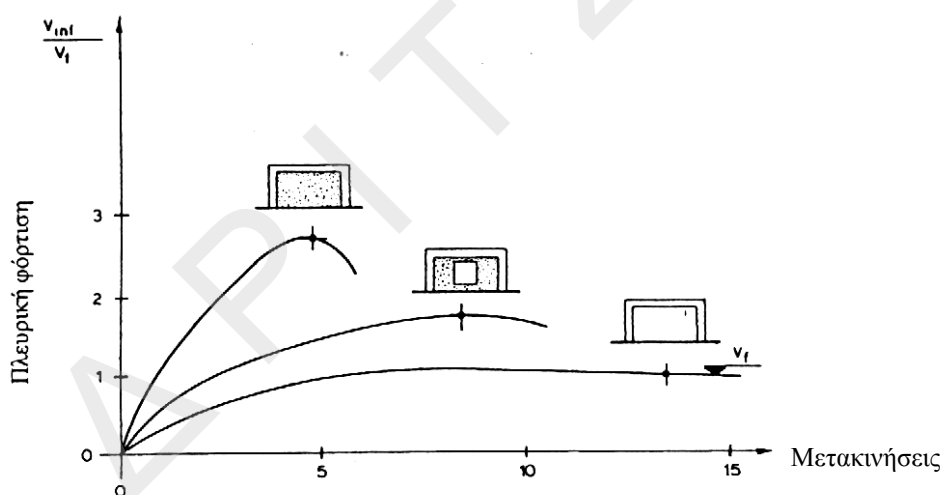
Η παραπάνω τεχνική είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στις ανεπτυγμένες βιομηχανικά χώρες.

Τα προκατασκευασμένα τοιχώματα μπορεί να είναι είτε **συμπαγή από οπλισμένο σκυρόδεμα** είτε **τύπου “σάντουιτς”** με εξωτερικούς φλοιούς από οπλισμένο σκυρόδεμα ή ενισχυμένα μεταλλικά φύλλα, και εσωτερικό γέμισμα είναι κάποιο υλικό με μονωτικές ιδιότητες. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται εξωτερικά μεταλλικά φύλλα, απαιτείται ιδιαίτερη μέριμνα για προστασία από οξείδωση και φωτιά. Απαιτούνται ως εκ τούτου εξειδικευμένες μονάδες παραγωγής και έμπειρα συνεργεία, στοιχεία εν ελλείψει μέχρι προσφάτως στον ελληνικό χώρο. Πάντως τα τελευταία χρόνια έχει αρχίσει να αναπτύσσεται μία έντονη δραστηριότητα στην παραγωγή τέτοιων στοιχείων που αν και στις περισσότερες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται κυρίως ως διαχωριστικά λειτουργικά στοιχεία, στην πραγματικότητα μπορούν να προσφέρουν σημαντικά στην αντισεισμική ενίσχυση της κατασκευής. Η έμφαση στην παραγωγή τέτοιου είδους τοιχωμάτων φαίνεται να είναι ο τύπος “σάντουιτς”. Στην Ελλάδα υπάρχει ήδη ένας αριθμός μονάδων παραγωγής που εξειδικεύεται σε τέτοιου είδους τοιχώματα, και μάλιστα σήμερα βρίσκονται στο στάδιο της βιομηχανικής έρευνας πρωτοποριακές λύσεις που συνδυάζουν υψηλές αντοχές, μεγάλη διάρκεια στο χρόνο και ανταγωνιστικό κόστος.

### **Τοιχώματα από οπλισμένη ή άοπλη τοιχοποιία**

Η τοιχοπλήρωση των φανωμάτων των πλαισίων μιας κατασκευής που υλοποιείται με την κατασκευή οπλισμένης ή άοπλης τοιχοποιίας από συμπαγή τούβλα ή τσιμεντόπλινθους επαρκούς αντοχής, είναι μία δημοφιλής πρακτική. Είναι λιγότερο αποτελεσματική από τις προηγούμενες αλλά αρκετά οικονομική και συμβάλλει σημαντικά στην κατανάλωση της σεισμικής ενέργειας που εισάγεται στην κατασκευή. Στην περίπτωση της οπλισμένης τοιχοποιίας, οι οπλισμοί αγκυρώνονται στο περιμετρικό πλαίσιο με ειδικές ρητίνες αγκύρωσης ή με ειδικά αγκύρια και ηλεκτροσυγκόλληση των οπλισμών.

Βασικό μειονέκτημα της τεχνικής είναι ότι στη συνήθη αναλυτική εργασία ρουτίνας των μελετητών εφαρμογής, οι αβεβαιότητες των χαρακτηριστικών της τοιχοπλήρωσης καθώς επίσης και των χαρακτηριστικών της σύνδεσης στις διεπιφάνειες τοιχοπλήρωσης-πλαισίου δεν επιτρέπουν μία αξιόπιστη πρόβλεψη της συμπεριφοράς του φορέα στον ίδιο βαθμό αξιοπιστίας που ισχύει για τα αποτελέσματα της ανάλυσης στο γυμνό φορέα οπλισμένου σκυροδέματος. Αυτός είναι εξάλλου ένας από τους λόγους για τον οποίο, στην ανάλυση συνήθων έργων αγνοείται η συνεισφορά των τοιχοπληρώσεων στη σεισμική αντίσταση μίας κατασκευής με φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα. Ως εκ τούτου η χρησιμοποίηση της τεχνικής γίνεται στην πράξη με εμπειρικό τρόπο για να εξισορροπηθούν υφιστάμενες έντονες ασυμμετρίες κατανομής των τοιχοπληρώσεων ή και άλλων δύσκαμπτων στοιχείων της κατασκευής όπως π.χ. κλιμακοστασίων, σε κάτοψη ή καθ' ύψος της κατασκευής. Αναλυτικά προσομοιώματα για το συνυπολογισμό της τοιχοποιίας στο φέροντα οργανισμό της κατασκευής παρουσιάζονται συνοπτικά στο εγχειρίδιο του ΟΑΣΠ (2000).



Σχήμα 1.8: Ενίσχυση πλαισίων Ο.Σ. με τοιχοπληρώσεις

Στο Σχήμα 1.8 παρουσιάζονται αποτελέσματα από μία πειραματική έρευνα που έγινε στο Ε.Μ.Π. και παρουσιάζεται στο CEB Bul. 162 (1983). Εύκολα μπορεί να παρατηρηθεί ότι η αποτελεσματικότητα της τεχνικής μειώνεται ιδιαίτερα όταν λόγοι λειτουργικοί επιβάλλουν την ύπαρξη ανοιγμάτων.

Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι είναι μειονέκτημα της τεχνικής το μεγάλο ίδιο βάρος της τοιχοποιίας, που όμως στις περιπτώσεις ισογείων μαλακών ορόφων, όπου αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται συχνότερα, αντιμετωπίζεται χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα.

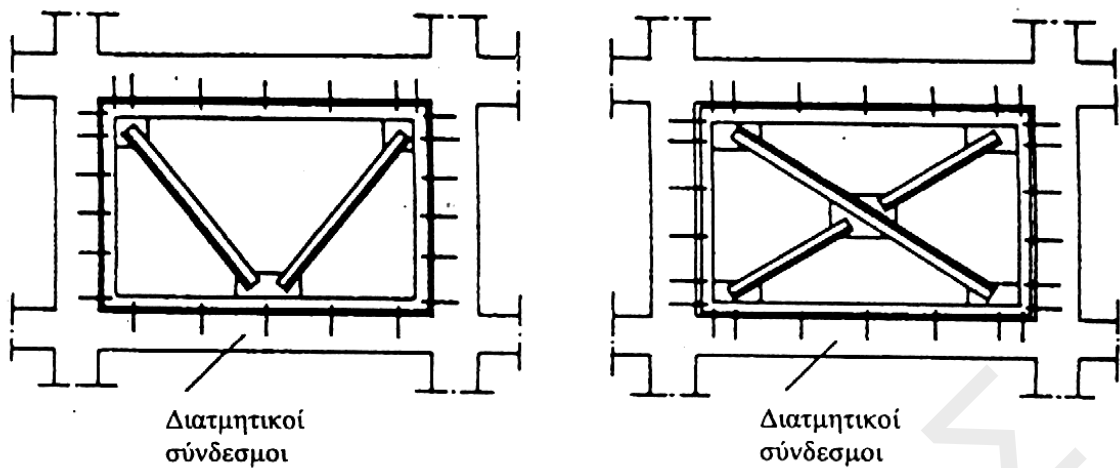
#### 1.4.2.2 Προσθήκη δικτυωτών συστημάτων εντός πλαισίων

Η μέθοδος της κατασκευής δικτυωτών συστημάτων εντός των πλαισίων του φέροντος οργανισμού μίας κατασκευής οπλισμένου σκυροδέματος μπορεί να προσφέρει ιδιαίτερα σημαντική αύξηση στην αντοχή και στη δυσκαμψία της κατασκευής ενώ συγχρόνως μπορεί να συνεισφέρει και στην πλαστιμότητα της (βλ. Σχ.1.4). Τα συστήματα αυτά συνήθως είναι μεταλλικά και σπανίως είναι από οπλισμένο σκυρόδεμα. Ως εκ τούτου η ανάπτυξη που ακολουθεί αφορά την πρώτη περίπτωση. Εξάλλου η δυνατότητα ανελαστικής παραμόρφωσης των μεταλλικών στοιχείων προσφέρει ένα σημαντικό παράγοντα απορρόφησης σεισμικής ενέργειας.

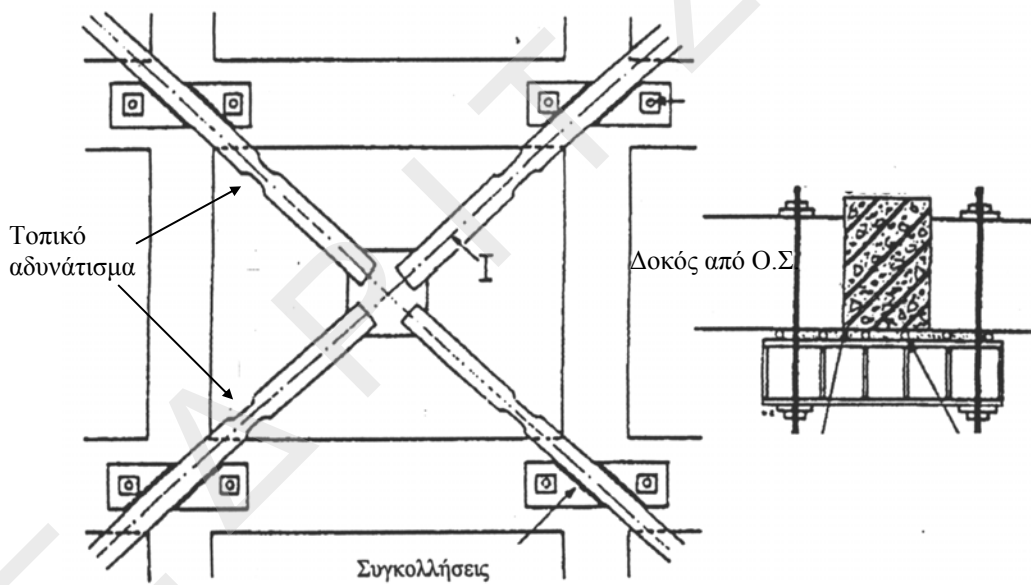
Χρησιμοποιείται με παρόμοιο τρόπο όπως στις μεταλλικές κατασκευές και εφαρμόζεται εύκολα σε βιομηχανικούς χώρους και σε ισόγειους μαλακούς ορόφους κτιρίων. Έχει το πλεονέκτημα του μικρού ιδίου βάρους και της ταχύτητας κατασκευής ενώ δεν εμποδίζεται ο φωτισμός των χώρων. Πολλές φορές η εφαρμογή γίνεται εξωτερικά των πλαισιωμάτων της κατασκευής για κατασκευαστική διευκόλυνση, ιδιαίτερα στις περιπτώσεις που προϋπάρχουν τοιχοπληρώσεις εντός των πλαισίων. Διάφορες διατάξεις δικτυωμάτων έχουν χρησιμοποιηθεί στην πράξη όπως π.χ. με σχήμα Κ, ρόμβου ή χιαστί διαγωνίων που είναι και η πλέον συνήθης διάταξη (Σχ.1.9) (CEB Bul. 162, 1983).

Σε μερικές περιπτώσεις η επαφή στο φέροντα οργανισμό της κατασκευής γίνεται με συνεχή σύνδεση ενός μεταλλικού πλαισίου επί του οποίου συνδέονται οι ράβδοι του δικτυώματος (Σχ.1.9). Σε άλλες περιπτώσεις οι ράβδοι του δικτυώματος προσαρμόζονται με ειδικές διατάξεις, απευθείας επάνω στο φέροντα οργανισμό (Σχ.1.10) (CEB Bul. 162, 1983).

Η μέθοδος έχει τύχει ευρείας εφαρμογής ιδιαίτερα στην Ιαπωνία και στις Η.Π.Α., όπου έχει γίνει εκτεταμένη θεωρητική και πειραματική διερεύνηση της αποτελεσματικότητας της μεθόδου στην ενίσχυση της σεισμικής αντίστασης κατασκευών Ο.Σ. Στην Ελλάδα, η έλλειψη εξειδικευμένων συνεργείων και η κατά παράδοση προτίμηση των στοιχείων από οπλισμένο σκυρόδεμα, έχει οδηγήσει σε σπάνια εφαρμογή της μεθόδου. Όμως με βάση την υφιστάμενη δομημένη κατάσταση και τις διαπιστωμένες απαιτήσεις ενίσχυσης, μπορεί να προβλεφθεί η ευρεία εφαρμογή της.



Σχήμα 1.9: Μεταλλικά δικτυώματα εντός πλαισίων



Σχήμα 1.10: Κατασκευαστικές λεπτομέρειες σύνδεσης μεταλλικών δικτυωμάτων

**Κρίσιμα σημεία εφαρμογής της μεθόδου είναι :**

α) Οι κατασκευαστικές διατάξεις σύνδεσης των μεταλλικών στοιχείων με το φέροντα οργανισμό της κατασκευής. Στο Σχήμα 1.9 απεικονίζονται σχετικές διατάξεις από τη βιβλιογραφία (CEB Bul. 162, 1983).



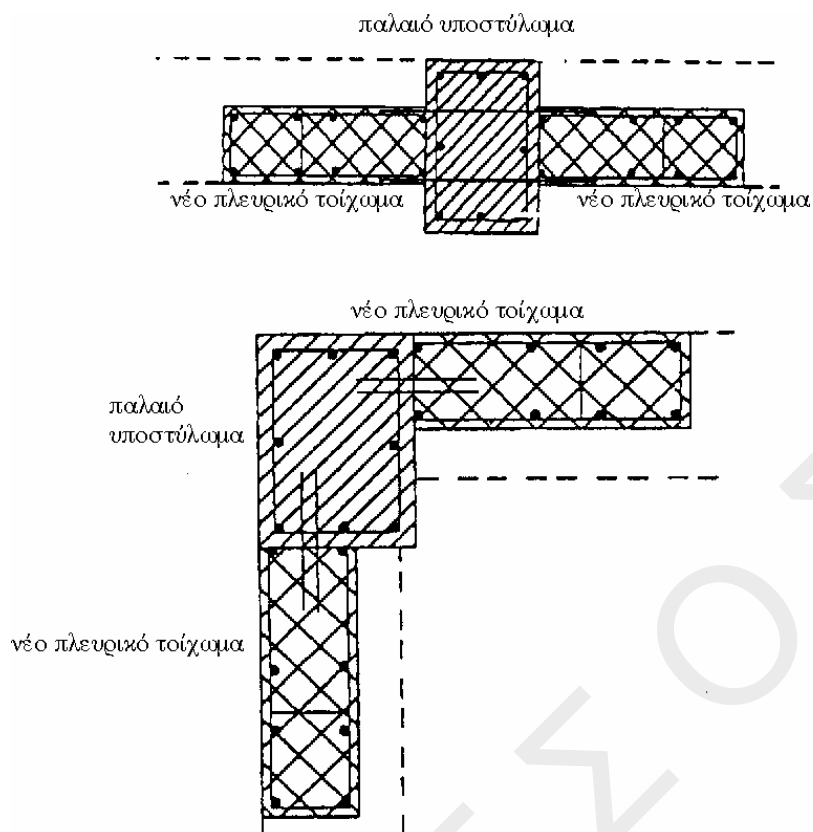
β) Ο λυγισμός των μεταλλικών ράβδων των δικτυωμάτων. Όπως προκύπτει από τα αποτελέσματα μίας πειραματικής διερεύνησης της μεθόδου για ανακυκλιζόμενες δράσεις, ο λυγισμός των ράβδων αποτελεί κρίσιμο παράγοντα αποτελεσματικότητας της μεθόδου. Στην περίπτωση χιαστί διαγωνίων μπορούν να θεωρηθούν συνθήκες αμφίπακτου στύλου. Για τη μείωση των κινδύνων λυγισμού των μεταλλικών ράβδων, στην περίπτωση των χιαστί διαγωνίων, έχει προταθεί (CEB Bul. 162, 1983) ένα τοπικό “αδυνάτισμα” της διατομής κοντά στα σημεία σύνδεσης με τα πλαίσια (Σχ.1.10), που μειώνει τον κίνδυνο λυγισμού από εκκεντρότητες φορτίου.

γ) Η ανακατανομή της έντασης στο φορέα. Νέα εντατικά μεγέθη εισάγονται πλέον στο φορέα ιδιαίτερα στα στοιχεία του περιβάλλοντος πλαισίου. Επαρκής αντοχή των κόμβων (δοκών-υποστυλωμάτων Ο.Σ.) είναι απαραίτητη, επειδή αποτελούν τις περιοχές αλληλεπίδρασης του παλαιού φορέα με τα νέα στοιχεία. Πιθανή ανεπάρκεια των κόμβων συνεπάγεται την τροποποίηση της κατασκευαστικής διάταξης σύνδεσης των μεταλλικών στοιχείων στο φέροντα οργανισμό της κατασκευής, έτσι ώστε να περιλαμβάνονται στην ενίσχυση και οι κόμβοι.

#### **1.4.2.3 Κατασκευή πλευρικών τοιχωμάτων σε συνέχεια υποστυλωμάτων**

Η προσθήκη τοιχωμάτων οπλισμένου σκυροδέματος σε συνέχεια και σύνδεση με τα υπάρχοντα υποστυλώματα της κατασκευής, αποτελεί μία αποτελεσματική μέθοδο αύξησης της πλαστιμότητας της κατασκευής με παράλληλη μέτρια αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας της (βλ. Σχ.1.4). Εφαρμόζεται σε κατάλληλα επιλεγμένες θέσεις του φορέα συνδυαζόμενη συνήθως με την ενίσχυση μεμονωμένων υποστυλωμάτων που έχουν ανεπαρκή αντοχή ή/και πλαστιμότητα.

Η προσθήκη του τοιχώματος γίνεται προς την επιδιωκόμενη διεύθυνση αύξησης της αντίστασης της κατασκευής. Πολλές φορές σε γωνιακά υποστυλώματα, γίνεται προσθήκη τοιχωμάτων σε δυο διευθύνσεις (Σχ.1.11) (Dritsos, 1995). Τα τοιχώματα κατασκευάζονται συνήθως από έγχυτο σκυρόδεμα ή μπορούν να χρησιμοποιηθούν και προκατασκευασμένα στοιχεία. Σκόπιμο είναι να προηγείται αποφόρτιση και υποστύλωση πλακών και δοκών, έτσι ώστε, μετά την επέμβαση, τα νέα στοιχεία να παραλάβουν μέρος των κατακόρυφων φορτίων.



Σχήμα 1.11: Προσθήκη τοιχωμάτων σε συνέχεια υποστυλωμάτων

Η μέθοδος αυτή έχει τύχει ευρείας εφαρμογής στην Ελλάδα, κυρίως επειδή δεν απαιτεί ιδιαίτερα εξειδικευμένο προσωπικό. Επιπλέον οι αβεβαιότητες των προσομοιωμάτων ανάλυσης είναι πολύ μικρότερες απ' ότι στις μεθόδους που αναφέρθηκαν στις προηγούμενες υποενότητες, του παρόντος Κεφαλαίου.

**Κρίσιμα σημεία εφαρμογής της μεθόδου** είναι η σύνδεση των παλαιών και των νέων στοιχείων και η ανακατανομή της έντασης στη γειτονία της επέμβασης. Ειδικότερα:

α) Η σύνδεση των παλαιών και των νέων στοιχείων γίνεται μετά από εκτράχυνση της επιφανείας επαφής των παλαιών στοιχείων και χρήση διατμητικών συνδέσμων όπως αυτά αναλυτικότερα αναφέρθηκαν προηγουμένως στη μέθοδο κατασκευής τοιχωμάτων εντός πλαισίων. Εξάλλου προβλήματα όπως τα σχετιζόμενα με τη συστολή ξήρανσης του νέου σκυροδέματος και τη δυσκολία σκυροδέτησης αντιμετωπίζονται με τους ίδιους τρόπους που ήδη αναφέρθηκαν στην παραπάνω περίπτωση (τοιχώματα εντός πλαισίων).

β) Πέραν από το γενικότερο θέμα της ανακατανομής της έντασης στο σύνολο του φορέα, αξίζει ιδιαίτερη προσοχή η περιοχή σύνδεσης των νέων στοιχείων με τις γειτονικές δοκούς. Η καμπτική ένταση στις

δημιουργούμενες νέες παρειές στήριξης των δοκών είναι πολύ υψηλότερη από την προηγούμενη (πριν την επέμβαση). Ως εκ τούτου είναι απαραίτητη επαρκής αντοχή ή πλαστιμότητα της περιοχής για την αντιμετώπιση της έντασης.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Α.Π.Θ., (1978)  
“Επισκευή Ζημιών από Σεισμό σε Κτίρια”, Θεσσαλονίκη.
- Δρίτσος Σ., (1994)  
“Επισκευές και Ενισχύσεις Κατασκευών από Οπλισμένο Σκυρόδεμα”, Εκδόσεις Παν.Πατρών, Πάτρα.
- ΟΑΣΠ, (1999)  
Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας, “Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (Ε.Α.Κ.-2000)”, ΦΕΚ 2184/Β/20.12.99.
- ΟΑΣΠ, (2000)  
Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας, “Συστάσεις για Προσεισμικές και Μετασεισμικές Επεμβάσεις σε Κτίρια”, Έκθεση Ομάδας Εργασίας (υπό έκδοση).
- Πενέλης Γ., (1999)  
“Ενίσχυση-Επισκευή μετά από Σεισμό”, Εισήγηση στο 13<sup>ο</sup> Ελληνικό Συνέδριο Σκυροδέματος, Ρέθυμνο.
- Υ.Δ.Ε., (1978)  
“Κατευθυντήριες Προδιαγραφές και Οδηγίες για Επισκευές Κτιρίων με Βλάβες από Σεισμό”.
- ΥΠΕΧΩΔΕ, (1995)  
Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων “Κανονισμός για την Μελέτη και την Κατασκευή Έργων από Σκυρόδεμα”, Αθήνα.
- CEB Bulletin No 162, (1983)  
“Assessment of Concrete Structures and Design Procedures for Upgrading”, Paris.
- CEN Tech. Com., 250/SC8 Eurocode 8-Part 1.2, (1994)  
“Design Provisions for Earthquake Resistance of Structures: General Rules for Buildings” ENV 1998-1-2, Brussels.
- CEN Tech. Com., 250/SC8 Eurocode 8-Part 1.4, (1995)  
“Design Provisions for Earthquake Resistance of Structures: Strengthening and Repair of Buildings”, prENV 1998-1-4, Brussels.
- Dritsos S., (1995)  
“Seismic Strengthening of Existing Reinforced Concrete Buildings in Greece”, Journal of Structural Engineering Vol. 22(1), 11-22.

- FEMA-356, (2000)  
*Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Washington D.C..*
- Liauw T., Lee S., (1977)  
*“On the Behaviour and the Analysis of Multistorey Infilled Frames Subject to Lateral Loading”, Proc. of the Inst. of Civil Eng., Vol. 63(2), 641-656, London.*
- Liauw T., (1979)  
*“Tests on Multistorey Infilled Frames Subjected to Dynamic Lateral Loading”, ACI Journal, Vol. 76(4), 551-569.*
- Liauw T., Kwan K., (1982)  
*“Non- Linear Analysis on Multistorey Infilled Frames”, Proc. of the Inst. of Civil Eng., Vol. 73(2), 441-454, London.*
- Pilakoutas K., Dritsos S., (1992)  
*“Design of Structural Repair Schemes of RC Structures”, Proc. of the 10<sup>th</sup> World Conference on Earthquake Engineering, Ed. Balkema, Vol. 9, 5183-5186, Madrid.*
- Sugano S., (1996)  
*“State-of-the-Art in Technics for Rehabilitation of Buildings”, CD Proc. of the 11<sup>th</sup> World Conference in Earthquake Engineering, Paper No 2175, Acapulco.*
- UNIDO/UNDP, (1983)  
*“Repair and Strengthening of Reinforced Concrete, Stone and Brick-Masonry Buildings”, Project RER/79/015 :Building Construction Under Seismic Conditions in the Balkan Region, UNIDO, Vol. 5, Vienna.*
- UNIDO/UNDP, (1985)  
*“Post-Earthquake Damage Evaluation and Strength Assessment of Buildings under Seismic Conditions”, Project RER/79/015 :Building Construction Under Seismic Conditions in the Balkan Region, UNIDO, Vol. 4, Vienna.*
- Wyllie L., (1983)  
*“Seismic Strengthening Procedures for Existing Structures”, IABSE Symposium, Final Report, Strengthening of Building Structures- Diagnosis and Therapy, 363-370, Venice.*