

## ΜΕΘΟΔΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΤΥΠΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

ΠΑΤΙΔΗΣ ΗΛΙΑΣ – ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ

### Περίληψη

Το κεφάλαιο χωρίζεται σε δύο επιμέρους τμήματα. Στο πρώτο τμήμα θα αναλύσουμε τη διαδικασία υπολογισμού τη σεισμικής επικινδυνότητας των κτιρίων ενώ στο δεύτερο θα γίνει η ανάλυση κάποιων μεθόδων για τον υπολογισμό του τυπικού κόστους αποκατάστασης αυτών των κτιρίων.

### Εισαγωγή

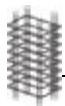
Τα τελευταία χρόνια όλο και πιο συχνά έρχεται σαν θέμα προς συζήτηση τα μέτρα που χρειάζεται να πάρουμε τόσο για να μειώσουμε τον κίνδυνο που διατρέχουμε από έναν ενδεχόμενο σεισμό αλλά και για να ελαττώσουμε τις βλάβες που μπορούν να προκληθούν από αυτούς στα κτίρια.

Πραγματικά μετά τους τελευταίους σεισμούς, με πιο πρόσφατο παράδειγμα αυτούς της Αθήνας τον Σεπτέμβριο του 2000 αλλά και της Τουρκίας, έγινε σαφές ότι είναι αναγκαίο να υπάρξει μία διαδικασία με βάση την οποία τα κτίρια να καταταχθούν σε κάποια κλίμακα επικινδυνότητας και ανάλογα με το κόστος αποκατάστασης τους, αλλά και τη σπουδαιότητά τους, να ακολουθήσει ή όχι η ενδυνάμωση τους. Τέλος η ύπαρξη μίας τέτοιας κατηγοριοποίησης θα μπορούσε να συμβάλει και σε ένα άλλο θέμα που έχει προκύψει που δεν είναι άλλο από τη σκέψη τα κτίρια να μπορούν στο μέλλον να ασφαλιζονται, έναντι βλαβών από σεισμό, από ιδιωτικές εταιρίες, αντιμετώπισής τους.

### 1.1 Γρήγορη εποπτεία κτιρίων για πιθανή σεισμική επικινδυνότητα ( Fema 154-155 )

Μία πιθανή βλάβη των φερόντων στοιχείων μπορεί να οδηγήσει στον υποβιβασμό του στατικού συστήματος του κτιρίου που είναι τα πλαίσια και οι φέροντες τοίχοι. Το μέγεθος της ζημιάς λόγω της σεισμικής κίνησης εξαρτάται από το πόσο καλά το κτίριο έχει μελετηθεί και κατασκευασθεί. Η ακριβής μορφή βλάβης δε μπορεί να προβλεφθεί διότι το κάθε κτίριο υπόκειται στη δική του σεισμική κίνηση, παρόλα αυτά υπάρχουν κάποια γενικά στοιχεία που έχουν παρατηρηθεί σε πολλούς σεισμούς στο παρελθόν πάνω στη συμπεριφορά των κτιριακών συστημάτων, τα οποία συντελούν στη εξακρίβωση της μορφής των βλαβών που μπορεί να υποστεί ένα κτίριο.

Κάθε κτιριακή κατασκευή υπόκειται στο δικό της τρόπο ταλάντωσης που εξαρτάται από το ύψος της και το είδος της. Πολλές φορές τα χαρακτηριστικά της σεισμικής κίνησης ταυτίζονται με αυτά του κτιρίου και προκαλούν το συντονισμό του. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται όταν η συχνότητα του σεισμού ταυτίζεται με τη συχνότητα της κτιριακής κατασκευής και έχει σαν αποτέλεσμα την συνεχή αύξηση του εύρους ταλάντωσης της κατασκευής που οδηγεί σε αύξηση των προκαλούμενων βλαβών. Είναι ,λοιπόν, προφανές



πως τόσο τα χαρακτηριστικά μίας κατασκευής όσο και οι σεισμικές δυνάμεις που ασκούνται σε αυτήν επηρεάζουν άμεσα τη σεισμική της απόκριση.

### 1.1.1 Πως οι σεισμικές δυνάμεις επηρεάζουν τις κτιριακές κατασκευές

Οι κτιριακές κατασκευές υπόκεινται σε οριζόντιες παραμορφώσεις κατά τη σεισμική κίνηση γι' αυτό το λόγο τα περισσότερα κτίρια σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να ανθίστανται στις πλευρικές δυνάμεις. Σε πολλές περιπτώσεις αυτός ο τρόπος σχεδιασμού απαιτεί μεγαλύτερη δυσκαμψία των κτιρίων στοχεύοντας στην ελαχιστοποίηση των προκαλούμενων μετακινήσεων άρα και των προκαλούμενων βλαβών. Βέβαια στατικά συστήματα σχεδιασμένα κατά αυτό τον τρόπο έχουν τη δυνατότητα να ανθίστανται, τις περισσότερες περιπτώσεις, μόνο σε σεισμικές δυνάμεις που ασκούνται παράλληλα σε αυτά. Έτσι, κατασκευή τέτοιου είδους συστημάτων και στις δύο διευθύνσεις του κτιρίου κρίνεται αποτελεσματική κατά τη διάρκεια σεισμικών κινήσεων. Σε κατασκευές από σκυρόδεμα χρησιμοποιούνται διατμητικοί τοίχοι για να παρέχουν αυτήν την πλευρική αντίσταση σαν επιπρόσθετη βοήθεια στα πλαίσιακά συστήματα. Σε ιδανικές συνθήκες οι διατμητικοί τοίχοι θα μπορούσαν να κατασκευάζονται συνεχείς από οπλισμένο σκυρόδεμα, από τα θεμέλια μέχρι το προσδοκούμενο ύψος τους, στη πραγματικότητα όμως συνδέονται ξεχωριστά με το κάθε πλαίσιο και ο ρόλος τους είναι να μετριάσουν τις μετακινήσεις του ενός ορόφου ως προς τον άλλο.

Στην πλειοψηφία τους οι κατασκευές σκυροδέματος βασίζονται στην κατάλληλη μόρφωση και σύνδεση πλαισίων από οπλισμένο σκυρόδεμα και διατμητικών τοίχων. Ακολουθώς παρουσιάζονται τα γενικά χαρακτηριστικά των πλαισίων και των διατμητικών τοίχων όπως και τα προβλήματα στην κατασκευή τους που είναι ικανά να προκαλέσουν υποβιβασμό της σεισμικής απόκρισης του κτιρίου.

#### **Πλαίσια από σκυρόδεμα**

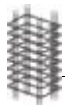
Τα πλαίσια από σκυρόδεμα χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

- α) Μη πλάστιμα από οπλισμένο σκυρόδεμα πλαίσια με οπλισμένη ή άοπλη τοιχοποιία
- β) Πλάστιμα από οπλισμένο σκυρόδεμα πλαίσια με οπλισμένη ή άοπλη τοιχοποιία
- γ) Πλάστιμα χωρίς τοιχοποιία

#### **Τυπικά προβλήματα κατασκευής**

Ορισμένα από τα τυπικά προβλήματα που παρουσιάζουν τα πλαίσια από οπλισμένο σκυρόδεμα είναι:

- α) Σφήνωμα της τοιχοποιίας με τα υποστυλώματα που μπορεί να οδηγήσει σε διατμητική αστοχία του σκυροδέματος.
- β) Η έλλειψη ικανού μήκους αναμονής των ράβδων οπλισμού που θα χρησιμοποιηθούν στο μάτισμα κατά την ανάπτυξη του υποστυλώματος καθ' ύψος, μπορεί να οδηγήσει ακόμη και σε αστοχία του.
- γ) Μη ικανοποιητικός σχεδιασμός των υποστυλωμάτων μπορεί να οδηγήσει σε διατμητική αστοχία πριν την ανάπτυξη πλαστικών αρθρώσεων στα πλαίσια.
- δ) Κακός σχεδιασμός του κόμβου υποστυλώματος- δοκού, μπορεί να οδηγήσει σε αστοχία πριν την ανάπτυξη της διατμητικής αντοχής σχεδιασμού.
- ε) Έλλειψη συνεχούς όπλισης της δοκού μπορεί να οδηγήσει στη δημιουργία πλαστικής άρθρωσης σε μη επιθυμητή θέση.
- στ) Ανεπαρκής ή υπερβολική όπλιση κόμβου οδηγεί σε αστοχία του.
- ζ) Η σχετικά μικρή δυσκαμψία του πλαισίου μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλες βλάβες μη φερόντων στοιχείων.
- η) Σφυροκόπημα από γειτονικά κτίρια κατά τη διάρκεια της σεισμικής κίνησης προκαλεί ανεπιθύμητες βλάβες στα πλαίσια.



## Διατμητικοί τοίχοι

### Τυπικά προβλήματα

Ορισμένα από τα προβλήματα που παρουσιάζουν στη συμπεριφορά τους οι διατμητικοί τοίχοι είναι:

α) Διατμητικές ρωγμές γύρω από τα ανοίγματα κατά τη διάρκεια έντονων σεισμικών φαινομένων

β) Διατμητική αστοχία μπορεί να παρουσιασθεί στις γωνίες των τοίχων κοντά στους κόμβους

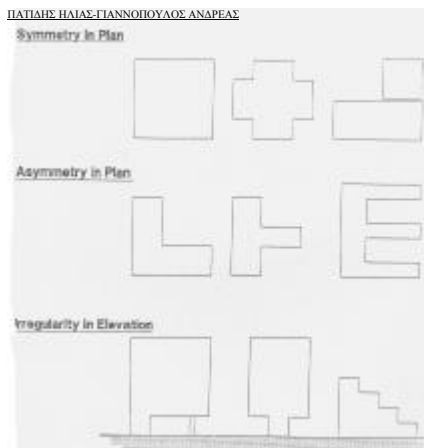
γ) Αστοχία λόγω κάμψης

Η μόρφωση του φέροντα οργανισμού είναι βασικός παράγοντας για τη καλή σεισμική συμπεριφορά του κτιρίου. Κτίρια που έχουν απλό και συμμετρικό σχήμα έχουν και καλύτερη συμπεριφορά στους σεισμούς. Οι λόγοι που γίνεται αυτό είναι:

α) Μη συμμετρικά κτίρια τείνουν να υπόκεινται σε στρόφιξη επιπλέον των οριζόντιων μετακινήσεων λόγω σεισμικών κινήσεων

β) Οι διάφορες 'πτέρυγες' του κτιρίου τείνουν να συμπεριφέρονται σαν ξεχωριστά κτίρια και έχουν σαν αποτέλεσμα την δημιουργία ρωγμών στη σύνδεσή τους

Λέγοντας ασυμμετρία δεν εννοούμε μόνο το σχήμα της κάτοψης αλλά και το ποσοστό οπλισμού δοκών και υποστυλωμάτων, τη θέση της τοιχοποιίας τόσο στη κάτοψη όσο και καθ' ύψος, την ύπαρξη αρμών κ.τ.λ. (σχήμα 1)



Σχήμα 1 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΝΩΜΑΛΙΩΝ ΣΕ ΚΑΤΟΨΗ

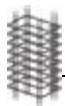
### 1.1.2 Μέθοδος γρήγορης εποπτείας των κτιρίων για πιθανή σεισμική επικινδυνότητα

Παραπάνω παρουσιάστηκαν ορισμένα από τα προβλήματα κατασκευής τόσο των πλαισίων όσο και των διατμητικών τοίχων. Τα περισσότερα από αυτά μπορούν να προκαλέσουν σημαντικά προβλήματα στην σεισμική συμπεριφορά της κατασκευής. Στόχος αυτού του κεφαλαίου είναι να προτείνει μια μέθοδο εντοπισμού και ποσοτικοποίησης αυτών των προβλημάτων με βάση κάποια κοινώς αποδεκτά κριτήρια και η οποία θα ακολουθεί μία καθορισμένη πορεία.

#### Κριτήρια για μια σωστή μέθοδο ελέγχου:

1) Να είναι εφαρμόσιμη σε κάθε είδος κτιρίου.

2) Να μπορεί ποσοτικά να δώσει ένα βαθμό αξιολόγησης. Δηλαδή θα πρέπει να μη περιορίζεται μόνο στο να καταλήγει στο αν το κτίριο περνάει ή όχι τον έλεγχο αλλά και να



έχει ένα σύστημα κατάταξης των κτιρίων θέτοντας με αυτό τον τρόπο κάποιες προτεραιότητες.

- 3) Ο βαθμός να μη κινείται σε αυθαίρετα πλαίσια.
- 4) Να μπορεί να δέχεται επιπρόσθετες πληροφορίες.
- 5) Να γίνεται με βάση ένα καθορισμένο μέγεθος σεισμού σχεδιασμού.
- 6) Το έντυπο ελέγχου πρέπει να έχει χώρο για σκίτσα και σχέδια.
- 7) Τα κριτήρια με βάση τα οποία γίνεται ο έλεγχος πρέπει να είναι ξεκάθαρα και είναι:
  - α) Ηλικία. Η ηλικία δείχνει αν το κτίριο ανήκει σε πριν ή μετά από μία συγκεκριμένη χρονολογία η οποία παίζει σημαντικό ρόλο στο σχεδιασμό και τη κατασκευή των κτιρίων.
  - β) Κατάσταση κτιρίου
  - γ) Χρήση κτιρίου
  - δ) Ποιότητα κατασκευή κτιρίου
  - ε) Περιβάλλοντας χώρος (γειτονικά κτίρια)
  - στ) Κίνδυνοι από μη φέροντα στοιχεία
  - ζ) Προσωπική άποψη του επιθεωρητή
  - η) Κίνδυνοι από ελλιπή στατική ανάλυση

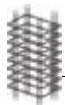
Τα βήματα για τη συλλογή δεδομένων και την εποπτεία κτιρίων είναι:

- α) Τεχνοοικονομική μελέτη
- β) Επιλογή της περιοχής που θα μελετηθεί και καθορισμός της σεισμικής επικινδυνότητας της.
- γ) Δημιουργία χάρτη καταγραφής των αποτελεσμάτων της έρευνας
- δ) Επιλογή συμπληρωματικών δεδομένων
- ε) Εκπαίδευση προσωπικού
- στ) Τελική μελέτη των δεδομένων

Πιο συγκεκριμένα η μέθοδος αυτή αφορά τη μελέτη του κτιρίου από το εξωτερικό του ώστε να μπορούμε γρήγορα να προβλέψουμε αν το κτίριο είναι ικανό να αντισταθεί σε σεισμικές δυνάμεις που πιθανόν να ασκηθούν σε αυτό στη διάρκεια της ζωής του. Είναι φανερό ότι αυτή η μέθοδος δε μπορεί με σιγουριά να προβλέψει τη σεισμική συμπεριφορά του κτιρίου αλλά μόνο να ξεχωρίσει ποια κτίρια έχουν πολλές πιθανότητες να υποστούν ζημιές από το σεισμό. Για αυτήν τη μέθοδο έχουν συνταχθεί κάποια έντυπα αξιολόγησης που ανάλογα με το είδος του κτιρίου μπορούμε γρήγορα να εκτιμήσουμε το βαθμό επικινδυνότητας του.

### 1.1.3 Επεξηγήσεις για τον τρόπο συμπλήρωσης του σχήματος 2

Αρχικά στο πάνω δεξιά τμήμα του εντύπου συμπληρώνονται η διεύθυνση, ο αριθμός ορόφων, το συνολικό εμβαδόν κάτοψης, η χρήση του κτιρίου, το έτος κατασκευής του και τέλος η ημερομηνία που έγινε ο έλεγχος. Ακριβώς από κάτω τοποθετείται μία φωτογραφία του κτιρίου. Στο πάνω αριστερό τμήμα του εντύπου σχεδιάζεται ένα σκαρίφημα της κάτοψης που περιλαμβάνει και τα γειτονικά κτίρια αλλά και μία ενδεικτική τομή ή όψη του κτιρίου. Αμέσως από κάτω ακολουθεί ένας πίνακας που χωρίζεται σε δύο τμήματα. Το πρώτο τμήμα αναφέρεται στη χρήση του κτιρίου και συγκεκριμένα συμπεριλαμβάνει τη χρήση του, τον αριθμό των ατόμων που ζουν ή εργάζονται σε αυτό, αλλά και την ύπαρξη ή μη κινδύνου πτώσης μη κατασκευαστικών στοιχείων ( ψευδοροφές, έπιπλα κτλ.). Το δεύτερο τμήμα αναφέρεται στο score το οποίο για λόγους δυσμείνειας θεωρούμε ότι αναφέρεται στη ζώνη υψηλής σεισμικότητας και λαμβάνεται από τον πίνακα 2. Η πρώτη γραμμή οριζοντίως συμπληρώνεται με βάση τον τύπο του κτιρίου (πίνακας 1) και η αμέσως επόμενη μας δίνει το βασικό score του τύπου αυτού.



Τα κτίρια κατηγοριοποιούνται ανάλογα με τον στατικό σύστημα που χρησιμοποιούν και είναι : C1 για πλαισιακά συστήματα, C2 για διατμητικούς τοίχους, C3 για πλαισιακά συστήματα που έχουν τοίχους πλήρωσης, RM για οπλισμένη τοιχοποιία και τέλος URM για άοπλη τοιχοποιία.

Τα εδάφη κατηγοριοποιούνται σε τρεις κατηγορίες: SL1 για εδάφη με στρώμα από βράχους σε βάθος μικρότερο από 200 πόδια από το κτίριο, SL2 για εδάφη που έχουν σε βάθος μεγαλύτερο των 200 ποδιών ένα άκαμπτο επίπεδο στρώμα και SL3 για εδάφη που έχουν ένα μαλακό στρώμα άμμου σε βάθος περίπου 30 πόδια από το κτίριο.

Η χρήση του κτιρίου μπορεί να είναι μία από τις εννέα κατηγορίες που ακολουθούν. Ιδιωτική δηλαδή είναι κατοικίες, ξενοδοχεία ή ακόμα και παλαιές κατοικίες. Συνήθως ο αριθμός ατόμων που υπάρχουν σε αυτά είναι 1 άτομα ανά 300 τετραγωνικά πόδια, όταν μιλάμε για κατοικίες, και 1 άτομο ανά 200 τετραγωνικά πόδια όταν μιλάμε για ξενοδοχεία. Μία άλλη κατηγορία είναι η εμπορική που αφορά τις επιχειρήσεις, τα οικονομικά ιδρύματα, τα εστιατόρια, τα parking και τις μικρές αποθήκες. Συνήθως ο αριθμός ατόμων που υπάρχουν σε αυτά είναι 1 άτομα ανά 50 έως 200 τετραγωνικά πόδια. Η κατηγορία των γραφείων αναφέρεται κτίρια όπου στεγάζονται οι διοικήσεις και ο αριθμός ατόμων που υπάρχουν σε αυτά είναι 1 άτομα ανά 100 έως 200 τετραγωνικά πόδια. Στη κατηγορία των βιομηχανιών αναφέρονται τα εργοστάσια, και οι μεγάλες βιομηχανίες. Ο αριθμός ατόμων που υπάρχουν σε αυτά είναι 1 άτομα ανά 200 έως 500 τετραγωνικά πόδια. Στη κατηγορία των κτιρίων όπου συναθροίζονται άνθρωποι αφορά κτίρια που έχουν χωρητικότητα περίπου 300 ατόμων για κάθε δωμάτιό τους (θέατρα, μουσεία, μέγαρα μουσικής, εκκλησίες). Ο αριθμός ατόμων που υπάρχουν σε αυτά είναι 1 άτομα ανά 10 τετραγωνικά πόδια. Στη κατηγορία των σχολείων ο αριθμός ατόμων που υπάρχουν σε αυτά είναι 1 άτομα ανά 50 έως 100 τετραγωνικά πόδια. Η κατηγορία των κυβερνητικών κτιρίων αφορούν κυβερνητικά κτίρια που όμως δεν παίζουν σημαντικό ρόλο σε κρίσιμες περιόδους και ο αριθμός ατόμων που υπάρχουν σε αυτά είναι 1 άτομα ανά 100 έως 200 τετραγωνικά πόδια. Η κατηγορία των κτιρίων που σχεδιάζονται για να παίζουν σημαντικό ρόλο σε κρίσιμες περιόδους αφορά τα κτίρια της αστυνομίας, τα νοσοκομεία, τη πυροσβεστική και τα κτίρια επικοινωνιών. Ο αριθμός ατόμων που υπάρχουν σε αυτά είναι 1 άτομα ανά 100 τετραγωνικά πόδια. Τέλος στη κατηγορία των ιστορικών κτιρίων κατατάσσονται κτίρια που έχουν σημαντική ιστορική αξία για το κοινωνικό σύνολο.

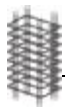
Το βασικό score αναφέρεται στη πιθανότητα πρόκλησης μεγάλης βλάβης του κτιρίου τέτοιας που το κόστος αποκατάστασης της να ανέρχεται στο 60% της αρχικής αξίας του. Αυτό το ποσοστό επιλέχθηκε για τους εξής λόγους:

1) Αν το κτίριο υποστεί βλάβη τέτοια ώστε το κόστος αποκατάστασης να ανέρχεται στο 60% της αρχικής του αξίας τότε από εμπειρία έχει προκύψει ότι είναι συμφέρον να κατεδαφισθεί.

2) Αν το 60% επιλεγεί τότε τα περισσότερα κτίρια που διατρέχουν κίνδυνο κατάρρευσης θα συμπεριληφθούν. Ο τρόπος ποσοτικοποίησης του βασικού score για κάθε κτίριο βασίζεται στη σχέση:

$$\text{Basic score} = -\log_{10} [\text{probability (Damage}^{\geq 60\%})] \quad \text{εξίσωση 1.1}$$

Ακολουθεί μία σειρά από παράγοντες αβεβαιότητας (όπως μεγάλο ύψος κτιρίου, κακή κατάσταση, κατακόρυφες ανωμαλίες, ύπαρξη μαλακού ορόφου, ανωμαλία στη κάτοψη, πιθανότητα σφυροκοπήματος από γειτονικά κτίρια, ύπαρξη κοντών υποστυλωμάτων, αν το έτος κατασκευής του κτιρίου είναι μετά ή πριν το έτος αρχικής αναμόρφωσης των



αντισεισμικών κανονισμών και τέλος το είδος του εδάφους) με βάση τους οποίους αφαιρούνται κάποιοι βαθμοί από το βασικό score και προκύπτει το τελικό score.

**TABLE 4-1: BUILDING IDENTIFIERS**

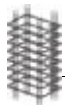
Building Identifier	General Description
W	Wood buildings of all types
S1	Steel moment resisting frames
S2	Bridged steel frames
S3	Light metal buildings
S4	Steel frames with cast-in-place concrete shear walls
C1	Concrete moment resisting frames
C2	Concrete shear wall buildings
C3/S3	Concrete or steel frame buildings with unreinforced masonry infill walls
PCI	Thin slab buildings
PC2	Precast concrete frame buildings
RM	Reinforced masonry
URM	Unreinforced masonry

**Πίνακας 1** ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΚΤΙΡΙΩΝ

OCCUPANCY		STRUCTURAL SCORES AND MODIFIERS												
Residential	No. Perceps	BUILDING TYPE	W	S1	S2	S3	S4	C1	C2	C3/S3	PCI	PC2	RM	URM
Office	0-10	Basic Score	4.5	4.5	3.0	5.5	3.5	2.0	3.0	1.5	2.0	1.5	3.0	1.0
Commercial	11-100	PCI Risk	N/A	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	-0.5	N/A	-0.5	-1.0	-0.5
Industrial	100+	Poor Condition	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
Pub. Assem.		Vert. Irregularity	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-1.0	-0.5	-0.5	-1.0	-1.0	-0.5	-0.5
School		Soft Story	-1.0	-2.5	-2.0	-1.0	-2.0	-2.0	-2.0	-1.0	-1.0	-2.0	-2.0	-1.0
Govt. Bldg.		Torsion	-1.0	-2.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Emer. Serv.		Plan Irregularity	-1.0	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
Historic Bldg.		Founding	N/A	-0.5	-0.5	N/A	-0.5	-0.5	N/A	N/A	N/A	-0.5	N/A	N/A
		Large Heavy Cladding	N/A	-2.0	N/A	N/A	-1.0	N/A	N/A	N/A	-1.0	N/A	N/A	N/A
		Soft Columns	N/A	N/A	N/A	N/A	-1.0	-1.0	-1.0	N/A	-1.0	N/A	N/A	N/A
		Post Seismic Year	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	-2.0	N/A	-2.0	-2.0	-2.0	N/A
		SL2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3
		SL3	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2	-0.2
		SL3 & 8 to 20 stories	N/A	-0.5	-0.5	N/A	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	N/A	-0.5	-0.5	-0.5
		FINAL SCORE												

**Σχήμα 2** ΕΝΤΥΠΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΒΑΘΜΟΥ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΚΤΙΡΙΟΥ





Σε αυτές τις δώδεκα κατηγορίες κτιρίων που αναφέρονται στον πίνακα 2, δίνεται ένα βασικό score που εξαρτάται από τις σεισμικές δυνάμεις που πιθανόν θα ασκηθούν σε αυτά. Αυτό το βασικό score δείχνει τη πιθανότητα ενός κτιρίου των κατηγοριών αυτών να υποστεί μεγάλες βλάβες. Λέγοντας μεγάλες βλάβες εννοούμε να είναι τέτοιες που το κόστος αποκατάστασης τους να ανέρχεται στο 60% και πλέον της αξίας του κτιρίου. Αυτό το ποσοστό χρησιμοποιείται διότι μία τέτοια βλάβη μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα να συμφέρει η κατεδάφιση του κτιρίου παρά η αποκατάστασή του. Οι βασικοί βαθμοί φαίνονται στο σχήμα 2.

		Βασικό Score		
		low	medium	high
		(1.0)	(3.0)	(6.0)
W	WOOD FRAME	0.5	0.0	4.5
SI	STEEL MRF	3.5	2.0	4.5
BS	BRACED STEEL FRAME	2.5	2.0	4.0
BF	LIGHT WOOD	3.5	0.0	3.5
SB	STEEL FRAME W/ CONC. KERELIN	4.5	4.0	3.5
CI	RC MRF	4.0	3.0	3.0
CB	RC W/ WALL	4.0	2.5	3.0
CM	CONC. SHELL	3.0	3.0	3.5
PC1	TILT UP	3.5	3.5	2.0
PC2	PC FRAME	3.5	3.0	1.5
KB	REINFORCED MASONRY	4.0	3.0	3.0
UM	UNREINFORCED MASONRY	2.5	2.0	1.0

**Πίνακας 2** ΒΑΣΙΚΟΙ ΒΑΘΜΟΙ ΚΤΙΡΙΩΝ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥΣ

Αυτό το βασικό score κυμαίνεται από το 1 έως το 8,5 ανάλογα με το είδος του κτιρίου και τη περιοχή μελέτης. Όσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός αυτός τόσο καλύτερη είναι η συμπεριφορά του εν λόγω κτιρίου σε σεισμικές κινήσεις.

Όπως αναφέρθηκε ανωτέρω υπάρχουν σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη συμπεριφορά ενός κτιρίου όπως το ακανόνιστο σχήμα, η διάβρωση των δομικών στοιχείων του κτιρίου, η εδαφική κατάσταση, η ύπαρξη μεγάλων ανοιγμάτων στη τοιχοποιία. Για να συμπεριληφθούν αυτοί οι παράγοντες στο βασικό score έχουν συνταχθεί κάποιοι συντελεστές που υπεισέρχονται σε αυτό το βαθμό και οδηγούν στη τελική βαθμολογία της κατάστασης του κτιρίου (score). Όσο πιο μεγάλο το S τόσο καλύτερη η κατάσταση του κτιρίου. Αν το είναι  $S < 2$  τότε το κτίριο η συμπεριφορά του κτιρίου κρίνεται αβέβαιη.

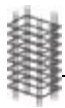
### Αιτίες για να κριθεί ένα κτίριο αβέβαιο

- 1) Τα υλικά κατασκευής ή η ίδια η κατασκευή δε πληρούν τις απαιτούμενες προδιαγραφές.
- 2) Το κτίριο μπορεί να παρουσιάζει κατασκευαστικές ιδιομορφίες.
- 3) Ο τρόπος κατασκευής δε μπορεί να καθορισθεί μόνο από το εξωτερικό του.
- 4) Το κτίριο μπορεί να αποτελείται από πλήθος άλλων μικρότερων κατασκευών ή να έχει υποστεί ανακατασκευές.

Σε περίπτωση που δεν μπορούν να συλλεχθούν αυτά τα στοιχεία, τότε υπεισέρχεται η βοήθεια κάποιων πινάκων 3, 4, 5.

### Χρήση των πινάκων

Αν δεν μπορούμε να αναγνωρίσουμε τα υλικά κατασκευής ή τα συστήματα κατασκευής του υπό επίβλεψη κτιρίου θα πρέπει να γίνει μία προσπάθεια να καθορίσουμε την αρχική χρήση του και το έτος κατασκευής του. Βασίζόμενοι σε αυτά τα δύο στοιχεία συμβουλευόμαστε το κατάλληλο τμήμα για τους περισσότερους τύπους κατασκευών.



Κατόπιν επιθεωρούμε το κτίριο ξανά για να διαπιστώσουμε αν η αρχική μας εκτίμηση ήταν σωστή. Αν και πάλι δεν μπορούμε να κατατάξουμε το κτίριο τότε δίνουμε σε αυτό το κατώτερο βασικό score για τους τύπους των κτιρίων που αναφέρονται παρακάτω.

**TABLE 4-1- BUILDINGS**

ORIGINAL OCCUPANCY	1	2	STORY HEIGHT			
			1-2	3-5	6-9	10+
Residential	W	W	55	54		
	URM	URM	55	55		
Commercial	W	W	5	21	24	
	54	57	55	25	25	
	55	55	55	25	25	
	54	55	54	25	25	
	55	55	55	25	25	
	URM	URM	URM	25	25	
Industrial	W	W				
	51	52				
	51	52				
	52					
	52	53				
	51	51				
	URM	URM				

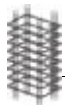
**Πίνακας 3** ΚΤΙΡΙΑ ΠΡΙΝ ΤΟ 1930

**TABLE 4-2- BUILDINGS CONSTRUCTION TYPES**

ORIGINAL OCCUPANCY	1	2	STORY HEIGHT			
			1-2	3-5	6-9	10+
Residential	W	W	57	57		
	URM	URM	53	53		
Commercial	W	W				
	51	51	51	51	51	
	52	52	52	52	52	
	52	52	52	52	52	
	52	52	52	52	52	
	52	52	52	52	52	
	URM	URM	URM			
Industrial	51	51				
	51	51				
	51	51				
	51	51				
	51	51				
	URM	URM				

**Πίνακας 4** ΚΤΙΡΙΑ ΜΕΤΑΞΥ 1945-1960





Πίνακας 5 ΚΤΙΡΙΑ ΜΕΤΑΞΥ 1945 ΚΑΙ 1960

( Σε εκείνη τη περίοδο κτίρια από μη οπλισμένη τοιχοποιία δεν επιτρέπονταν να κτιστούν στη California και σε άλλες περιοχές υψηλού κινδύνου)

### Συμπεράσματα

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε πως ο καθορισμός του βαθμού επικινδυνότητας ( βασικό score), όπως και η συμπλήρωση των παραπάνω εντύπων που παρατέθηκαν, αποτελούν μία πρώτη καλή προσέγγιση για το αν το κτίριο θα πρέπει να ενισχυθεί ή όχι. Ανάλογοι τρόποι με κατάλληλες διαφοροποιήσεις θα ήταν ευεργετικό να επεξεργαστούν σε επίπεδο κανονισμών και στον Ελληνικό χώρο καθ' ότι θα αποτελούσαν σημαντική πρόληψη στις δυσμενείς επιδράσεις που μπορεί να έχει ένας σεισμός στα κτίρια, αλλά και σε όσους ζουν και εργάζονται σε αυτά. Οι διαφοροποιήσεις που είναι απαραίτητο να γίνουν μπορούν να περιορισθούν μόνο στην μετατροπή των πινάκων 3, 4, 5 όπου γίνεται η κατάταξη των κτιρίων ανάλογα με το έτος ανοικοδόμησής τους. Πιο συγκεκριμένα στον Ελληνικό χώρο αυτή η κατάταξη θα πρέπει να γίνεται σε τρεις κατηγορίες που είναι: Πριν το 1960, μεταξύ 1960 και 1985 και μετά το 1985. Οι χρονολογίες αυτές επιλέχθηκαν με γνώμονα τις σημαντικές αλλαγές που έγιναν στο κανονισμό του τρόπου δόμησης των κτιρίων.

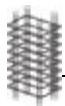
Έχοντας, λοιπόν, εμπειρικά καθορίσει το βαθμό επικινδυνότητας των κτιρίων μέσω εποπτείας και χρησιμοποιώντας το προαναφερθέν έντυπο, το επόμενο βήμα είναι να ορίσουμε μία ή περισσότερες μεθόδους για τον υπολογισμό του τυπικού κόστους αποκατάστασης των κτιρίων.

### 1.2 Μέθοδοι για τον υπολογισμό του τυπικού κόστους αποκατάστασης (Fema 156)

Τόσο η μέθοδος γρήγορης εποπτείας όσο και οι μέθοδοι υπολογισμού του κόστους αποκατάστασης που θα αναφερθούν παρακάτω είναι εμπειρικές και αποτελούν μία πρώτη καλή προσέγγιση πριν γίνει διεξοδικότερη ανάλυση σχετικά με την αποτίμηση υφιστάμενων κατασκευών βλαμμένων ή μη από σεισμό. Ωστόσο επειδή αποτελούν τη βάση για την περαιτέρω αποκατάστασή τους είναι αναγκαίο να θεμελιώνονται πάνω σε αξιόπιστα κριτήρια.

Κριτήρια για τη δημιουργία μίας σωστής μεθόδου υπολογισμού του κόστους αποκατάστασης:

- 1) Αξιόπιστος προσδιορισμός των πηγών από όπου θα αντληθούν τα δεδομένα.



- 2) Χρησιμοποίηση των είδη συλλεγμένων δεδομένων από προηγούμενες μελέτες.
- 3) Προσθήκη νέων δεδομένων στις υφιστάμενες μελέτες.
- 4) Καλή ποιότητα επιλεγμένων στοιχείων.
- 5) Εισαγωγή των σημερινών κοστών (υλικών αποκατάστασης, μισθολόγια κτλ.) στα δεδομένα που έχουμε συλλέξει..

Υπάρχουν τρεις μέθοδοι προσδιορισμού του τυπικού κόστους αποκατάστασης ενός κτιρίου και είναι:

- 1) Στη πρώτη μέθοδο χρειάζεται η γνώση της κατηγορίας που ανήκει το κτίριο, το μέγεθος του σε κάτοψη, και για ποια χρονική περίοδο θα υπολογιστεί το κόστος αποκατάστασης του. Τα τυπικά κόστη που υπολογίζονται με τη μέθοδο αυτή είναι ικανοποιητικά μόνο σε βαθμό προμελέτης
- 2) Κατά τη δεύτερη μέθοδο εκτός από τα στοιχεία που χρειάζονται για τη μέθοδο 1, επιπλέον πρέπει να ξέρουμε τη σεισμικότητα της περιοχής και την επιθυμητή συμπεριφορά που θέλουμε να έχει το κτίριο υπό ιδανικές συνθήκες. Αυτή η μέθοδος καταλήγει σε πιο ακριβή αποτελέσματα.
- 3) Τέλος η τρίτη μέθοδος χρειάζεται όλα τα ανωτέρω στοιχεία αλλά ακόμα πρέπει να έχουμε πληροφορίες για τον αριθμό ορόφων του κτιρίου, τη χρονολογία κατασκευής του, τη χρήση του και σε τι κατάσταση βρίσκεται όταν διεξάγεται η μελέτη.

### 1.2.1 Μέθοδος 1

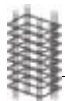
Το τυπικό κόστος αποκατάστασης υπολογίζεται με βάση τον τύπο:  
 $C = C1 * C2 * CL * CT$  (εξίσωση 2) όπου: C \$/sq.ft, C1 από τον πίνακα 6 ανάλογα με τη κατηγορία του κτιρίου, C2 από το πίνακα 7 ανάλογα με το συνολικό εμβαδόν του κτιρίου, CL ανάλογα με τη τοποθεσία και την περιοχή που βρίσκεται το κτίριο, CT ανάλογα με τη χρονολογία κατασκευής του κτιρίου από το πίνακα 8.

BUILDING GROUP	BUILDING TYPE	GROUP MEAN COST (\$/sq. ft.)
1	UBM	13.29
2	W1, W2	12.98
3	FC1, FM1	14.02
4	CF, CE	20.02
5	S1	18.88
6	S2, S3	7.23
7	SB	24.01
8	C2, FC2, FM2, SC	17.31

**Πίνακας 6** ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΑΘΕΡΑΣ C1

Area (Sq. Ft.)	BUILDING GROUP							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Small	1.01	0.97	1.10	1.00	1.15	1.18	1.04	1.11
Medium	1.00	1.02	1.07	1.06	1.14	1.17	1.05	1.09
Large	0.99	1.28	0.92	1.01	1.04	0.90	0.95	1.02
Very Large	0.80	0.91	0.97	0.86	0.93	0.81	0.97	0.83

**Πίνακας 7** ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΑΘΕΡΑΣ C2



ΥΨΟΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ				
	C10	C15	C20	C25	C30
1002	1.02	1.03	1.04	1.05	1.07
1003	1.03	1.04	1.05	1.06	1.08
1007	1.07	1.08	1.09	1.10	1.12
1007	1.07	1.08	1.10	1.11	1.13
1007	1.07	1.08	1.10	1.11	1.13
1007	1.07	1.08	1.10	1.11	1.13
1007	1.07	1.08	1.10	1.11	1.13
2007	1.07	1.10	1.12	1.13	1.15
2003	1.03	1.10	1.12	1.13	1.15
2005	1.07	1.10	1.12	1.13	1.15
2002	1.02	1.10	1.12	1.13	1.15
2005	1.07	1.10	1.12	1.13	1.15

**Πίνακας 8** ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΑΘΕΡΑΣ CT

Ακολούθως περιγράφονται τα βήματα συμπλήρωσης των αντίστοιχων αριθμημένων τμημάτων του εντύπου:

Βήμα1: Προσδιορισμός τύπου κτιρίου και με τη βοήθεια του πίνακα 7 προκύπτει το C1  
 Βήμα2: Χαρακτηρισμός μεγέθους κάτοψης του κτιρίου με βάση τις ακόλουθες τιμές εμβαδού:

Μικρό  $\leq 10.000$  sq. ft

Μεσαίο  $10.000 \leq b \leq 50.000$  sq. ft

Μεγάλο  $50.000 \leq b \leq 100.000$  sq. ft

Πολύ μεγάλο  $b \geq 100.000$  sq. ft

και με τη βοήθεια του πίνακα 8 προκύπτει το C2.

Βήμα 3: Συγκρίνει την αξία του δολαρίου στο Missouri σε σχέση με την αξία που έχει σε άλλες περιοχές και προκύπτει το CL.

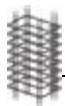
Βήμα 4: Από τον πίνακα 8 προκύπτει το CT.

Βήμα 5: Υπολογισμός του βαθμού αβεβαιότητας από το πίνακα 9. Αυτός ο βαθμός εξαρτάται από τον αριθμό των κτιρίων που έχει μελετήσει ο επιθεωρητής και την εμπειρία που έχει στον υπολογισμό του τυπικού κόστους αποκατάστασης. Ο επιθεωρητής πρέπει να επιλέξει το επιθυμητό επίπεδο βεβαιότητας (90%, 75%, 50%) και για αυτό το επίπεδο ανάλογα με τον αριθμό των κτιρίων να λάβει τους παράγοντες Ccr1 και Ccr2 που αντιπροσωπεύουν το κατώτερο και ανώτερο όριο διακύμανσης μεταξύ τυπικού και πραγματικού ορίου αποκατάστασης.

NUMBER OF BUILDINGS	CONFIDENCE LIMITS					
	90%		75%		50%	
	Ccr1	Ccr2	Ccr1	Ccr2	Ccr1	Ccr2
1	0.15	0.27	0.27	0.29	0.40	0.49
2	0.27	0.23	0.23	0.27	0.27	0.40
3	0.24	0.24	0.24	0.27	0.27	0.29
10	0.24	0.24	0.27	0.27	0.27	0.29
20	0.24	0.24	0.27	0.27	0.27	0.29
100	0.24	0.24	0.27	0.27	0.27	0.29
1000	0.24	0.24	0.27	0.27	0.27	0.29

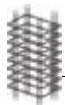
**Πίνακας 9** ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ

Το έντυπο της μεθόδου 1 είναι το παρακάτω:



COST ESTIMATION OPTION 1							
<b>1. GROUP MEAN COST</b>							
⊗ Group:							
<input type="checkbox"/> URM	<input type="checkbox"/> S1						
<input type="checkbox"/> W1, W2	<input type="checkbox"/> S2, S3						
<input type="checkbox"/> PC1, RM1	<input type="checkbox"/> S8						
<input type="checkbox"/> C1, C3	<input type="checkbox"/> C2, PC2, RM2, S4						
⊗ Cost Coefficient $C_1$ from Table 4.3.2.	$C_1 = \text{ } / \text{sq. ft.}$						
<b>2. AREA ADJUSTMENT FACTOR</b>							
⊗ Area							
<input type="checkbox"/> Small							
<input type="checkbox"/> Medium							
<input type="checkbox"/> Large							
<input type="checkbox"/> Very Large							
⊗ Cost Adjustment Factor $C_2$ from Table 4.3.3	$C_2 = \text{ }$						
<b>3. LOCATION ADJUSTMENT FACTOR</b>							
⊗ City / State _____							
⊗ Cost Adjustment Factor $C_3$ from Table 4.3.4 or 4.3.5	$C_3 = \text{ }$						
<b>4. TIME ADJUSTMENT FACTOR</b>							
⊗ Year _____							
⊗ Inflation Rate _____ %							
⊗ Cost Adjustment Factor $C_4$ from Table 4.3.6	$C_4 = \text{ }$						
<b>TYPICAL STRUCTURAL COST.</b> ( $C = C_1 \times C_2 \times C_3 \times C_4$ )		$C = \text{ } / \text{sq. ft.}$					
<b>5. DESIRED CONFIDENCE LEVEL</b>							
⊗ Confidence Percentages:							
<input type="checkbox"/> Very Narrow (80%)	<input type="checkbox"/> Narrow (75%)	<input type="checkbox"/> Moderate (50%)					
⊗ Number of Buildings in Group:							
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 100	<input type="checkbox"/> 500	<input type="checkbox"/> 1000 or more
⊗ Confidence Range Coefficients $C_{90}$ , $C_{50}$ from Table 4.3.7		$C_{90} = \text{ }$					
		$C_{50} = \text{ }$					
<b>TYPICAL STRUCTURAL COSTS</b>							
Lower Bound = $C \times C_{90}$							
Mean = $C$							
Upper Bound = $C \times C_{50}$							

Σχήμα 3 ΕΝΤΥΠΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ 1



### 1.2.2 Μέθοδος 2

Το τυπικό κόστος αποκατάστασης υπολογίζεται με βάση τον τύπο:  
 $C = C1 * C2 * C3 * CL * CT$  (εξίσωση 3) όπου  $C$  \$/sq. ft,  $C1$  από το πίνακα 6 ανάλογα με τη κατηγορία του κτιρίου,  $C2$  από το πίνακα 7 ανάλογα με το συνολικό εμβαδόν του κτιρίου,  $C3$  συντελεστής της σεισμικής συμπεριφοράς που θέλουμε να αποκτήσει το κτίριο από το πίνακα 10,  $CL$  ανάλογα με τη τοποθεσία του κτιρίου,  $CT$  ανάλογα με τη χρονολογία κατασκευής του από το πίνακα 8.

Ακολούθως περιγράφονται τα βήματα συμπλήρωσης των αντίστοιχων αριθμημένων τμημάτων του εντύπου:

Βήμα1: Προσδιορισμός τύπου κτιρίου και με τη βοήθεια του πίνακα 6 προκύπτει το  $C1$

Βήμα2:Χαρακτηρισμός μεγέθους κάτοψης του κτιρίου με βάση τις ακόλουθες τιμές εμβαδού:

Μικρό  $\leq 10.000$  sq. ft

Μεσαίο  $10.000 \leq b \leq 50.000$  sq. ft

Μεγάλο  $50.000 \leq b \leq 100.000$  sq. ft

Πολύ μεγάλο  $b \geq 100.000$  sq. ft

και με τη βοήθεια του πίνακα 7 προκύπτει το  $C2$ .

Βήμα 3: Καθορισμός του παράγοντα  $C3$  με βάση το πίνακα 10 ανάλογα με τη σεισμικότητα της τοποθεσίας του κτιρίου και το επίπεδο επιτελεσματικότητας του (ασφάλεια ζωής, περιορισμός βλαβών και άμεση χρήση μετά το σεισμό).

Βήμα 4:Συγκρίνει την αξία του δολαρίου στο Missouri σε σχέση με την αξία που έχει σε άλλες περιοχές και προκύπτει το  $CL$ .

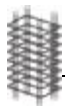
Βήμα 5:Από τον πίνακα 8 προκύπτει το  $CT$ .

Βήμα 6:Υπολογισμός του βαθμού αβεβαιότητας από το πίνακα 9. Αυτός ο βαθμός εξαρτάται από τον αριθμό των κτιρίων που έχει μελετήσει ο επιθεωρητής και την εμπειρία που έχει στον υπολογισμό του τυπικού κόστους αποκατάστασης. Ο επιθεωρητής πρέπει να επιλέξει το επιθυμητό επίπεδο βεβαιότητας (90%,75%,50%) και για αυτό το επίπεδο ανάλογα με τον αριθμό των κτιρίων να λάβει τους παράγοντες  $C_{c1}$  και  $C_{c2}$  που αντιπροσωπεύουν το κατώτερο και ανώτερο όριο διακύμανσης μεταξύ τυπικού και πραγματικού ορίου αποκατάστασης.

SEISMICITY	PERFORMANCE OBJECTIVE		
	LIFE SAFETY	DAMAGE CONTROL	IMMEDIATE OCCUPANCY
Low	0.61	0.71	1.21
Moderate	0.70	0.85	1.40
High	0.83	1.08	1.68
Very High	1.18	1.43	2.08

**Πίνακας 10** ΠΙΝΑΚΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΤΟΥ  $C3$

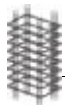
Το έντυπο της μεθόδου 2 είναι το παρακάτω:



COST ESTIMATION OPTION 2		
<b>1. GROUP MEAN COST</b>		
⊗ Group:		
<input type="checkbox"/> URM	<input type="checkbox"/> S1	
<input type="checkbox"/> W1, W2	<input type="checkbox"/> S2, S5	
<input type="checkbox"/> PC1, RM1	<input type="checkbox"/> S5	
<input type="checkbox"/> C1, C3	<input type="checkbox"/> C2, PC2, RM2, S4	
⊗ Cost Coefficient $C_1$ from Table 4.3.2.		$C_1 =$
<b>2. AREA ADJUSTMENT FACTOR</b>		
⊗ Area		
<input type="checkbox"/> Less than 10K sq. ft.	<input type="checkbox"/> 10K - 50K sq. ft.	
<input type="checkbox"/> 50K - 100K sq. ft.	<input type="checkbox"/> 10K - 50K sq. ft.	
⊗ Cost Adjustment Factor $C_2$ from Table 4.3.3		$C_2 =$
<b>3. SEISMICITY/PERFORMANCE OBJECTIVE FACTOR ADJUSTMENT</b>		
⊗ SEISMICITY		
<input type="checkbox"/> Low (NEHRP 1 or 2)	<input type="checkbox"/> Moderate (NEHRP 3 or 4)	
<input type="checkbox"/> High (NEHRP 5 or 6)	<input type="checkbox"/> Very High (NEHRP 7)	
⊗ PERFORMANCE OBJECTIVE		
<input type="checkbox"/> Life Safety	<input type="checkbox"/> Damage Control	<input type="checkbox"/> Immediate Occupancy
⊗ Cost Adjustment Factor $C_3$ from Table 4.4.2		$C_3 =$
<b>4. LOCATION ADJUSTMENT FACTOR</b>		
⊗ City / State _____		
⊗ Cost Adjustment Factor $C_4$ from Table 4.3.4 or Table 4.3.5		$C_4 =$
<b>5. TIME ADJUSTMENT FACTOR</b>		
⊗ Year _____		
⊗ Inflation Rate _____ %		
⊗ Cost Adjustment Factor $C_5$ from Table 4.3.5		$C_5 =$
TYPICAL STRUCTURAL COST ( $C = C_1 \times C_2 \times C_3 \times C_4 \times C_5$ )		
		$C =$
<b>6. CONFIDENCE RANGE</b>		
⊗ Confidence Percentage:		
<input type="checkbox"/> Very Narrow (90%)	<input type="checkbox"/> Narrow (75%)	<input type="checkbox"/> Moderate (50%)
⊗ Number of Buildings in Group:		
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 5
<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 50	<input type="checkbox"/> 100
<input type="checkbox"/> 500	<input type="checkbox"/> 1000 or more	
⊗ Confidence Range Coefficients $C_{low}$ and $C_{high}$ from Table 4.4.3		$C_{low} =$
		$C_{high} =$
TYPICAL STRUCTURAL COST		
Lower Bound = $C \times C_{low}$		
Mean = $C$		
Upper Bound = $C \times C_{high}$		

Σχήμα 4 ΕΝΤΥΠΟ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΥΠΙΚΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΑΠΟΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΜΕΘΟΔΟ 2





### 1.2.3 Μέθοδος 3

Οι μέθοδοι 1 και 2 αναπτύχθηκαν με στόχο ο επιθεωρητής να καταλήγει στον υπολογισμό του τυπικού κόστους μέσω της χρήσης πινάκων. Οι εξισώσεις που χρησιμοποιήθηκαν συμπεριλάμβαναν και κάποιους συντελεστές που είχαν σαν στόχο να μετριάσουν τις διαφορές που υπάρχουν σε διαφορετικές περιοχές. Οι μέθοδοι 1 και 2 είναι λιγότερο στατιστικοί σε σχέση με τη μέθοδο 3. Όταν το τυπικό κόστος καθορίζεται με βάση την εμπειρία του επιθεωρητή, ο οποίος μπορεί να ανατρέξει στα αρχικά δεδομένα και να ελέγξει τα αποτελέσματα, τότε η μέθοδος 3 δίνει περισσότερο ακριβή αποτελέσματα σε σχέση με τις άλλες δύο μεθόδους.

Το τυπικό κόστος αποκατάστασης υπολογίζεται με βάση τον τύπο:

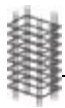
$$C = Cc \cdot (\text{Area})^{x1} (\text{αριθμός ορόφων})^{x3} (\text{ηλικία})^{x2} X4 \cdot X5 \cdot X6 \text{ (εξίσωση 4)}$$

όπου  $C_c$  είναι μία σταθερά που βασίζεται σε στατιστικά δεδομένα,  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  είναι μία στατιστική μεταβλητή που εξαρτάται από τη κατηγορία του κτιρίου,  $X_4$  είναι μία στατιστική μεταβλητή που εξαρτάται από τη συμπεριφορά που θέλουμε να έχει το κτίριο κατά τη διάρκεια σεισμού,  $X_5$  είναι μία στατιστική μεταβλητή που εξαρτάται από τη κατηγορία του κτιρίου και το είδος χρήσης του και  $X_6$  είναι μία στατιστική μεταβλητή που εξαρτάται από το παράγοντα αν θα κατοικείται το κτίριο ή όχι κατά την αποκατάστασή του μετά το σεισμό.

ΣΕΙΣΜΟΙ	ΟΛΟΓΟΝΟΜΙΑ	ΒΛΑΒΕΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ*							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Q	181 Φ	1.2	13.6	39.9	102.4	147.0	63.0	28.2	
Y1		0.25	0.71	0.76	0.74	0.32	0.11	0.04	0.06
X5		0.62	0.58	0.40	0.25	0.18	0.10	0.40	0.14
Z1		0.29	0.68	0.98	0.40	0.23	0.31	0.60	0.58
ΣΕΙΣΜΟΙ ΕΠΙΣΤΡΑΤΗ	1	0.21	0.48	0.51	0.28	0.22	0.04	0.47	0.41
	2	0.46	0.01	0.71	0.46	0.42	0.22	0.10	0.04
	3	0.19	0.32	0.49	0.32	0.27	0.21	0.01	0.02
	4	0.17	0.11	0.23	0.23	0.22	0.01	0.26	0.02
	5	0.60	0.45	0.45	0.49	0.28	0.08	0.47	0.40
	6	0.17	0.23	0.03	0.16	0.14	0.09	0.10	0.17
	7	0.16	0.14	0.08	0.01	0.26	0.44	0.41	0.42
	8	0.30	0.03	0.01	0.02	0.00	0.00	0.01	0.01
	9	0.40	0.19	0.30	0.17	0.24	0.21	0.10	0.02
	10	0.22	0.31	0.10	0.03	0.20	0.01	0.06	0.24
ΣΕΙΣΜΟΙ ΕΠΙΣΤΡΑΤΗ	11	0.01	0.26	0.22	0.38	0.00	0.12	0.20	0.45
	12	0.09	0.12	0.15	0.13	0.04	0.24	0.00	0.00
	13	0.07	0.02	0.01	0.23	0.15	0.04	0.10	0.02
	14	0.11	0.01	0.03	0.00	0.41	0.01	0.06	0.00
	15	0.41	0.00	0.12	0.26	0.25	0.11	0.04	0.09
	16	0.04	0.01	0.00	0.00	0.26	0.00	0.00	0.01
	17	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
	18	0.02	0.16	0.01	0.01	0.01	0.22	0.00	0.10
	19	0.07	0.27	0.01	0.11	0.01	0.22	0.00	0.10
	20	0.00	0.10	0.00	0.01	0.11	0.00	0.00	0.00
ΣΕΙΣΜΟΙ ΕΠΙΣΤΡΑΤΗ	21	0.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	22	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	23	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Πίνακας 11 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΑΘΕΡΑΣ X4

Οι τιμές των  $C_c$  αλλά και των μεταβλητών  $x_1$  έως  $x_3$  και  $X_5$  και  $X_6$  δίνονται στον πίνακα 11. Τέλος στον πίνακα 12 φαίνονται τα επίπεδα εμπιστοσύνης  $C_{cr1}$  και  $C_{cr2}$  όμοια δηλαδή με τις μεθόδους 1 και 2.



CLASS	DESCRIPTION
A	Asbestos
B	Lead-containing
C	Radon-Induced
D	Mercury (SF <sub>6</sub> cooling)
E	Vol. Radio
F	Fluoride
G	Radon

**Πίνακας 11<sup>α</sup>** ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΡΗΣΗΣ

CLASS	DESCRIPTION
H	Controlled Areas
I	Controlled Temperature
J	Building Material

**Πίνακας 11<sup>α</sup>** ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

ASBESTOS	INFORMATION OBJECTIVES		
	DISAPPEARANCE	DAMAGE CONTROL	NUMERATE OCCURANCE
Low	1	2	3
Medium	2	3	4
High	3	4	5
Very High	4	5	6

**Πίνακας 12** ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ

EMPIRICAL DATA	C1	C2	CL	CT
1	0.15	0.15	0.15	0.15
2	0.25	0.25	0.25	0.25
3	0.35	0.35	0.35	0.35
4	0.45	0.45	0.45	0.45
5	0.55	0.55	0.55	0.55
6	0.65	0.65	0.65	0.65
7	0.75	0.75	0.75	0.75
8	0.85	0.85	0.85	0.85
9	0.95	0.95	0.95	0.95
10	1.05	1.05	1.05	1.05

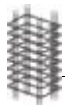
**Πίνακας 13** ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΕΜΠΙΣΤΟΣΥΝΗΣ

## Συμπεράσματα

Είναι φανερό ότι σημαντικό ρόλο για την αποκατάσταση ενός κτιρίου πέραν της κατάστασής του παίζει και το κόστος των εργασιών αποκατάστασης. Οι τρεις μέθοδοι που προτείνουν οι Αμερικάνοι είναι πολύ εύχρηστες ακόμη και για ακριβή προσδιορισμό του κόστους αποκατάστασης γι' αυτόν τον λόγο θα ήταν συνετό να υιοθετηθούν σε επίπεδο προτάσεων από τους Ελληνικούς κανονισμούς.

Κατ' αρχάς σε όλες τις μεθόδους απαιτείται μετατροπή των χρηματικών μονάδων και των μονάδων μέτρησης μήκους και εμβαδού. Πιο συγκεκριμένα για την μέθοδο 1 θα πρέπει να γίνει καθορισμός ανάλογων με τις Η.Π.Α τύπων κτιρίων προσαρμοσμένων στα Ελληνικά δεδομένα, αλλά και παρόμοια προσαρμογή των συντελεστών C1, C2, CL, CT ως εξής:

- Ο C1 θα προσδιορίζει τους τύπους των κτιρίων που επικρατούν στα ελληνικά δεδομένα (από τοιχοποιία, από σκελετό σκυροδέματος, ξύλινες, μεταλλικές, προκατασκευές)
- Ο C2 με κατάλληλη τροποποίηση των μονάδων σε τετραγωνικά μέτρα θα χαρακτηρίζει το μέγεθος της κάτοψης του κτιρίου
- Το βήμα 3 καλό θα ήταν να παραλειφθεί καθότι δεν υπάρχουν σύμφωνα με τα νέα οικονομικά δεδομένα διαφορές στην αξία του νομίσματος από περιοχή σε περιοχή τόσο στον Ελλαδικό χώρο όσο και σε πολλές χώρες της Ευρώπης που υπάρχουν στην Ευρωπαϊκή Ένωση
- Τα βήματα 4 και 5 καλό θα ήταν να παραμείνουν ως έχουν



Η μέθοδος 2 χαρακτηρίζεται από τους ίδιους ακριβώς συντελεστές με αυτούς της μεθόδου 1 οπότε ισχύουν ακριβώς τα ίδια, με εξαίρεση την προσθήκη του συντελεστή σεισμικότητας που καλό είναι να λαμβάνεται υπόψιν ανάλογα με τις ζώνες σεισμικότητας που χωρίζεται βάσει των κανονισμών ο Ελλαδικός χώρος.

Τέλος η μέθοδος 3 καλό θα ήταν να ληφθεί αυτούσια με ελάχιστες τροποποιήσεις καθώς από τις τρεις μεθόδους δίνει το πιο ακριβές αποτέλεσμα στον υπολογισμό του κόστους αποκατάστασης διότι βασίζεται σε στατιστικές μεταβλητές.

### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

**FEMA 154** Μέθοδος γρήγορης εποπτείας σε κτίρια για πιθανή σεισμική επικινδυνότητα

**FEMA 155** Μέθοδος γρήγορης εποπτείας σε κτίρια για πιθανή σεισμική επικινδυνότητα (συμπληρωματικό έγγραφο)

**FEMA 156** Τυπικά κόστη για σεισμική αποκατάσταση υφιστάμενων κτιρίων



