

ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ-ΕΓΧΩΡΙΑ ΚΑΙ ΔΙΕΘΝΗΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑ

Καπετανά Παναγιώτα

Περίληψη

Κατά τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι προσεισμικού ελέγχου κτιρίων, με στόχο την εκτίμηση της επάρκειας του υφιστάμενου κτιριακού δυναμικού, το οποίο έχει δομηθεί με διάφορους κανονισμούς και εντάσσεται σε ποικίλους δομικούς τύπους. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται οι μέθοδοι που έχουν αναπτυχθεί στις ΗΠΑ, στην Ελλάδα, στη Νέα Ζηλανδία, στην Ιαπωνία και στην Ιταλία, όσον αφορά το πρώτο επίπεδο ελέγχου. Τέλος, γίνεται συνοπτική σύγκριση των μεθόδων αυτών και εξάγονται σχετικά συμπεράσματα.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας είναι μια ποιοτική και ποσοτική εκτίμηση για τον έλεγχο υφισταμένων κατασκευών σε συγκεκριμένη σεισμική δράση. Αποτελεί ένα ζήτημα με έντονα οικονομικές και κοινωνικές προεκτάσεις, στη χώρα μας αλλά και διεθνώς, αφού ένας μεγάλος αριθμός των ήδη δομημένων κατασκευών παρουσιάζεται με χαμηλού επιπέδου σεισμική ασφάλεια, σύμφωνα με τις απαιτήσεις των σύγχρονων Αντισεισμικών Κανονισμών.[2]

Η αναβάθμιση του δομικού συστήματος, άρα και η μείωση της σεισμικής διακινδύνευσης που αυτή επιφέρει, μπορεί να γίνει είτε με τη βαθμιαία αντικατάσταση των παλαιών κατασκευών με νέες αντισεισμικές(ο ετήσιος ρυθμός ανανέωσης για την Ελλάδα είναι 1-2%), είτε με την προσεισμική επέμβαση στις υφιστάμενες κατασκευές. Ο πρώτος τρόπος, όντας αργός, δεν παράγει θεαματικά αποτελέσματα, είναι όμως ανεκτού κόστους. Ο δεύτερος τρόπος είναι σε θέση να αναβαθμίσει σχετικά γρήγορα το δομικό πλούτο, όμως, για την πλήρη εφαρμογή του απαιτούνται τεράστια κονδύλια πρακτικώς μη διαθέσιμα ακόμη και από εύρωστες οικονομίες.

Γι' αυτό το λόγο, με στόχο τη διακρίβωση μιας επιθυμητής στάθμης επιτελεστικότητας, η ανάγκη για προσεισμικό έλεγχο του υφιστάμενου κτιριακού αποθέματος κρίνεται επιτακτική, κυρίως για τα κτίρια δημόσιας και κοινωφελούς χρήσης όπως σχολεία, νοσοκομεία, πυροσβεστικούς σταθμούς, εκκλησίες, διοικητικά κτίρια, κ.ά.[2]

Τα τελευταία χρόνια έχουν αναπτυχθεί και χρησιμοποιηθεί σε διάφορες σειсмоγενείς χώρες του κόσμου ημιεμπειρικές μέθοδοι προσεισμικού ελέγχου (rapid screening methods) οι οποίες περιλαμβάνουν **ταχύ οπτικό έλεγχο** των προς αποτίμηση κτιρίων. Οι μέθοδοι αυτές περιλαμβάνουν συνήθως τη συμπλήρωση ειδικών εντύπων σχετικά με τα δομικά και μη δομικά χαρακτηριστικά της κατασκευής και υπολογισμό μιας βαθμολογίας (score) η οποία κατατάσσει την κατασκευή όσον αφορά τη σεισμική της τρωτότητα και επικινδυνότητα. Όσο χαμηλότερη προκύπτει αυτή η Δομική Βαθμολογία τόσο αυξάνεται η πιθανότητα κατάρρευσης υπό το σεισμό σχεδιασμού.[7]

Η ανάπτυξη των μεθόδων αυτών βασίζεται στη στατιστική συσχέτιση των βλαβών και της σεισμικής συμπεριφοράς σε παρελθόντες σεισμούς με τα δομικά χαρακτηριστικά των κατασκευών. Επειδή όμως τα χαρακτηριστικά αυτά διαφέρουν σημαντικά από τόπο σε τόπο, η εφαρμοσιμότητα των μεθόδων αυτών περιορίζεται ουσιαστικά στη γεωγραφική περιοχή για την οποία αναπτύχθηκαν. Επιπλέον, επειδή η εφαρμογή τους απαιτεί λίγο σχετικά χρόνο, οι μέθοδοι αυτές προσφέρονται κατ' εξοχήν για την ταχεία αποτίμηση σημαντικά μεγάλου αριθμού κτιρίων, από μία Δημόσια Αρχή ή για λογαριασμό της, με στόχο την εστίαση της προσοχής στις πλέον τρωτές από αυτές. Τέλος, στο βαθμό που αντικατοπτρίζουν τη φυσική πραγματικότητα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον έλεγχο και τη βαθμονόμηση των λογιστικών μεθόδων σεισμικής αποτίμησης των υφισταμένων κατασκευών.[7]

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι μέθοδοι προσεισμικού ελέγχου που έχουν αναπτυχθεί στην Ελλάδα και διεθνώς και συγκεκριμένα οι μέθοδοι της Αμερικανικής FEMA, η Ελληνική μέθοδος του ΥΠΕΧΩΔΕ-ΟΑΣΠ, οι Νεοζηλανδικές μέθοδοι της New Zealand National Society for Earthquake Engineering, η Ιαπωνική μέθοδος της Japan Building Disaster Prevention Association και η Ιταλική μέθοδος του GNDT.

2. ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

2.1 ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΗΣ FEMA

Στις Η.Π.Α. τα υπάρχοντα κείμενα οδηγιών και συστάσεων για θέματα σεισμικής αποτίμησης περιλαμβάνουν το Εγχειρίδιο FEMA 154 (1988), το οποίο αναθεωρήθηκε το 2001, που αφορά στον *ταχύ οπτικό έλεγχο (rapid visual screening, RVS)* των κτιρίων. Η μέθοδος βασίζεται στη συμπλήρωση ενός σχετικά σύντομου εντύπου, το οποίο διαφοροποιείται με τη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας και το οποίο περιλαμβάνει βασικά στοιχεία για το κτίριο. Το έντυπο συνοδεύεται από ένα συνοπτικό φύλλο αναφοράς που βοηθά το μηχανικό στη συμπλήρωσή του. Το κλειδί στην εφαρμογή αυτής της μεθόδου είναι η κατάταξη του κτιρίου σε έναν από τους 12 βασικούς δομικούς τύπους που ορίζει η μέθοδος, οπότε και παίρνει καταρχήν τη λεγόμενη «βασική βαθμολογία» που κυμαίνεται από 1.0, για άοπλη τοιχοποιία και ζώνη υψηλής σεισμικής επικινδυνότητας, έως 8.5, «άριστα», για ξύλινο πλαίσιο και ζώνη χαμηλής σεισμικής επικινδυνότητας (FEMA 154, 1988). Η βαθμολογία αυτή μειώνεται κατόπιν εφόσον συντρέχουν μια σειρά από δυσμενείς παράγοντες που σχετίζονται κυρίως με τη μορφολογία του κτιρίου (μεγάλο ύψος, μη κανονικότητα καθ' ύψος και σε κάτοψη, μαλακός όροφος, κοντά υποστυλώματα) και το έδαφος θεμελίωσης, ενώ αυξάνεται κατά 2 μονάδες αν έχει σχεδιαστεί με βάση ένα σύγχρονο αντισεισμικό σχεδιασμό. Αν ο τελικός βαθμός είναι μικρότερος του 2 τότε το κτίριο χρίζει περαιτέρω διερεύνησης. Η μέθοδος του Εγχειριδίου FEMA 154 (1988) εφαρμόστηκε σε πάνω από 70000 κτίρια στις Η.Π.Α. κυρίως δημόσια ή υψηλής σπουδαιότητας.[3]

Η φυσική σημασία του τελικού βαθμού x σημαίνει πιθανότητα 10^{-x} βαρείας βλάβης ή κατάρρευσης του κτιρίου υπό το σεισμό σχεδιασμού. Με τη χρήση των βασικών βαθμών και τροποποιητικών συντελεστών της πρώτης έκδοσης του Εγχειριδίου FEMA 154 η εξαγωγή μηδενικής ή αρνητικής βαθμολογίας είναι πιθανή. Γι' αυτό το λόγο η πρώτη έκδοση αναθεωρήθηκε και τα προαναφερθέντα ζητήματα αντιμετωπίστηκαν επιτυχώς. Οι διαφορές των δύο εκδόσεων εντοπίζονται στην αύξηση των δομικών κατηγοριών από 12 σε 15, στην άγνοια ορισμένων χαρακτηριστικών τρωτότητας και στη θεώρηση πρόσθετων νέων και τέλος στην αυξομείωση των βασικών βαθμολογιών και των τροποποιητικών συντελεστών λόγω δυσμενών και ευμενών παραγόντων.[8],[9]

2.2 Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΟΥ ΥΠΕΧΩΔΕ-ΟΑΣΠ

Οι ελληνικοί σεισμοί της τελευταίας εικοσαετίας (Αλκωνίδες 1981, Καλαμάτα 1986, Κοζάνη-Γρεβενά 1995, Αίγιο 1995, Αθήνα 1999) απέδειξαν ότι ένα μεγάλο ποσοστό των υφισταμένων κατασκευών παρουσιάζει σημαντικά χαμηλή σεισμική ικανότητα. Ιδιαίτερα τα κτίρια τα οποία έχουν κατασκευαστεί πριν το 1985 υποφέρουν δυνητικώς από τα ακόλουθα αίτια:

- Η κατά καιρούς έντονη τροποποίηση των σεισμικών δράσεων σχεδιασμού (αλλαγή σεισμικής επικινδυνότητας της περιοχής, διαφορετικός καθορισμός των σεισμικών δράσεων, κ.λ.π)

- Ο πλημμελής προσδιορισμός των εντατικών μεγεθών (χωρίς ουσιώδη πλαισιακή λειτουργία και χωρίς συνεργασία στον τρισδιάστατο χώρο)
- Έλλειψη τοπικής πλαστιμότητας στις κρίσιμες περιοχές
- Ύπαρξη «ασθενών» ορόφων, ισογείων χωρίς τοιχοποιίες πλήρωσης κ.ά.[2],[5]

Στην Ελλάδα, το θέμα του προσεισμικού ελέγχου των δημόσιας και κοινωφελούς χρήσης κτιρίων τέθηκε θεσμικά το 1997, λίγο μετά την εφαρμογή του Ν.Ε.Α.Κ., με την Εγκύκλιο 53 του ΥΠΕΧΩΔΕ με θέμα «Σχεδιασμός Έκτακτης Ανάγκης για κοινωφελή κτίρια σε επίπεδο Νομού». Παράλληλα, τον ίδιο χρόνο, το ΥΠΕΧΩΔΕ ανέθεσε στον ΟΑΣΠ την επεξεργασία σχετικού κανονιστικού πλαισίου. Η επιστημονική ομάδα που συγκροτήθηκε από τον ΟΑΣΠ, αξιοποιώντας την εμπειρία από την εφαρμογή μεθόδων προσεισμικού ελέγχου σε άλλες χώρες, κυρίως στις Η.Π.Α., επεξεργάστηκε και διαμόρφωσε ένα κανονιστικό πλαίσιο αναφοράς το οποίο περιλαμβάνει τρία επίπεδα ελέγχου:

Επίπεδο ελέγχου Α : Πρωτοβάθμιος προσεισμικός έλεγχος ή **Ταχύς Οπτικός Έλεγχος** για την πρώτη καταγραφή και ταχεία αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας των κτιρίων δημόσιας και κοινωφελούς χρήσης

Επίπεδο ελέγχου Β : Δευτεροβάθμιος προσεισμικός έλεγχος για την προσεγγιστική αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας με βάση αναλυτικότερους υπολογισμούς και μη καταστροφικό έλεγχο ποιότητας των υλικών, για όσα κτίρια προκύψει ανεπαρκής σεισμική ικανότητα με βάση τα αποτελέσματα του ΤΟΕ

Επίπεδο ελέγχου Γ : Αναλυτική αποτίμηση της σεισμικής ικανότητας και ενδεχομένως σύνταξη μελέτης αποκατάστασης –ενίσχυσης, για όσα κτίρια προκύψει τοπική ή γενική σεισμική ανεπάρκεια [1]

Ταχύς οπτικός έλεγχος

Το πρώτο επίπεδο ελέγχου είναι βασισμένο εν πολλοίς στο Εγχειρίδιο FEMA 154 (1988) και συνίσταται στον *ταχύ οπτικό έλεγχο* του κτιρίου και στην επί τόπου συμπλήρωση του Δελτίου Προσεισμικού Ελέγχου. Ο έλεγχος διενεργείται από διμελείς επιτροπές μηχανικών ενώ η διαδικασία έχει σχεδιαστεί να είναι απλοποιημένη και τυποποιημένη όσον αφορά τη συλλογή στοιχείων.[1],[3]

Στόχος αυτού του επιπέδου αποτελεί μία πρώτη ποιοτική εκτίμηση του βαθμού τρωτότητας της κατασκευής σαν σύνολο. Αυτό συντελείται μέσω της ποσοτικοποίησης ορισμένων παραμέτρων σεισμικής τρωτότητας για την οποία χρησιμοποιείται το Δελτίο Προσεισμικού Ελέγχου. Το Δελτίο περιλαμβάνει 5 ενότητες: Στην ενότητα Α συμπληρώνονται στοιχεία σχετικά με την ταυτότητα του κτιρίου (νομός, δήμος, διεύθυνση, χρήση κτιρίου, κ.ά.), στην ενότητα Β τεχνικά στοιχεία του κτιρίου (αριθμός ορόφων, επιφάνεια κάτοψης, έτος κατασκευής κ.ά.), η ενότητα Γ αφορά σε σεισμολογικά και γεωτεχνικά στοιχεία της περιοχής (ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας κατά Ε.Α.Κ.-2000, κατηγορία εδάφους, κ.ά.), στην ενότητα Δ καταγράφεται ο δομικός τύπος του κτιρίου η κατάταξη του οποίου γίνεται με τη βοήθεια σχετικού πίνακα και τέλος στην ενότητα Ε καταγράφονται τα ενδεχόμενα στοιχεία τρωτότητας του κτιρίου (χωρίς αντισεισμικό κανονισμό, μαλακός όροφος, κοντά υποστυλώματα, μη κανονικότητες, κ.ά.).[3]

Έτσι, με βάση τα στοιχεία που συμπληρώνονται στο Δελτίο Προσεισμικού Ελέγχου βαθμολογείται η σεισμική ικανότητα της κατασκευής λαμβάνοντας υπόψη αφ' ενός μεν την αναμενόμενη εδαφική κίνηση, αφ' ετέρου τους κυριότερους συντελεστές δομικής τρωτότητας. Η διαδικασία έχει ως εξής:

Αρχικά κατατάσσεται ο δομικός τύπος της κατασκευής σε μια από τις 17 κατηγορίες που ορίζει ο σχετικός πίνακας. Η κατάταξη αυτή γίνεται ανάλογα με το υλικό κατασκευής (σκυρόδεμα, χάλυβας, τοιχοποιία), το είδος του δομικού συστήματος (πλαισιωτό, δυαδικό), το είδος της κατασκευής (συμβατική, προκατασκευή, διαζωματική τοιχοποιία) και το ισχύον κατά τη φάση της μελέτης κανονιστικό πλαίσιο σχεδιασμού. Με την αντιστοίχιση αυτή η κατασκευή λαμβάνει την Αρχική Βαθμολογία Σεισμικού Κινδύνου (ΑΒΣΚ), η οποία στη συνέχεια τροποποιείται λαμβάνοντας υπόψη ορισμένα βασικά δομικά χαρακτηριστικά, τα οποία διαμορφώνουν τη σεισμική συμπεριφορά όπως η ύπαρξη pilotis, κοντών υποστυλωμάτων και κανονικής διάταξης τοιχοπληρώσεων. Έτσι, σε πρώτο στάδιο η κατασκευή λαμβάνει τη Βασική Βαθμολογία Σεισμικού Κινδύνου (ΒΒΣΚ). Στη διαμόρφωση της τελικής Δομικής Βαθμολογίας (ΔΒ) λαμβάνονται υπόψη επιπλέον δομικά χαρακτηριστικά τα οποία επηρεάζουν την τρωτότητα μιας κατασκευής, η συμμετοχή των οποίων ποσοτικοποιείται με τους Τροποποιητικούς Συντελεστές Συμπεριφοράς (ΤΣΣ) με τιμές ανάλογες του εκτιμώμενου βαθμού επιρροής τους. Συγκεκριμένα λαμβάνονται υπόψη:

- η μορφή και το σχήμα καθ' ύψος και σε κάτοψη της κατασκευής
- οι εν επαφή κατασκευές
- οι τυχόν υπάρχουσες κακοτεχνίες
- οι εδαφικές συνθήκες της περιοχής
- ο βαθμός συντήρησης του κτιρίου και των πιθανών βλαβών από προηγούμενους σεισμούς ή άλλα αίτια

Η τελική τιμή της Δομικής Βαθμολογίας αποτελεί ένα 'οιονεί' κριτήριο του βαθμού επάρκειας της κατασκευής συσχετιζόμενο με την πιθανότητα εμφάνισης 'σημαντικής βλάβης' σε ενδεχόμενο σεισμό. Ως 'σημαντική βλάβη' θα μπορούσε να θεωρηθεί το είδος βλαβών εκείνο του οποίου οι επισκευές θα κόστιζαν ένα σημαντικό ποσοστό της αξίας της όλης κατασκευής. Έτσι τελικά αν ο προκύπτων βαθμός είναι μικρότερος ενός ορίου (π.χ. του 2) το κτίριο θεωρείται ως κατ' αρχήν μη ανταποκρινόμενο στον ΕΑΚ και απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση, διαφορετικά ο έλεγχος ολοκληρώνεται στο πρώτο βήμα.[3],[4]

2.3 ΝΕΟΖΗΛΑΝΔΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΤΗΣ NZSEE

Η NZSEE (New Zealand Society for Earthquake Engineering) έχει αναπτύξει δύο μεθόδους αποτίμησης της σεισμικής ικανότητας των υφισταμένων κατασκευών, τη Μέθοδο της Ταχείας Αποτίμησης (**Rapid Evaluation**) η οποία προτάθηκε το 1996 και τη Μέθοδο Αρχικής Αποτίμησης (**Initial Evaluation Process, IEP**) η οποία προτάθηκε το 2000.

2.3.1 Μέθοδος Ταχείας Αποτίμησης (Rapid Evaluation)

Η μέθοδος της Ταχείας Αποτίμησης βασίζεται σε πολύ μεγάλο βαθμό στη μέθοδο του Ταχύ Οπτικού Ελέγχου κατά το Εγχειρίδιο FEMA 154 (1988). Λόγω όμως ύπαρξης λίγων ποσοτικοποιημένων δεδομένων για τη σχετική συμπεριφορά των κτιρίων διάφορων δομικών τύπων και χαρακτηριστικών, όσα δεδομένα ήταν διαθέσιμα, συμπεριλαμβανομένων και αυτών από άλλες χώρες, αναθεωρήθηκαν και τροποποιήθηκαν προκειμένου να αντιστοιχούν καλύτερα στα Νεοζηλανδικά δεδομένα.[12]

Για την αποτίμηση του κτιρίου χρησιμοποιείται ειδικό έντυπο μαζί με ένα βοηθητικό επεξηγηματικό φύλλο αναφοράς. Παρόμοια με τη διαδικασία που ακολουθείται και κατά το Εγχειρίδιο FEMA 154 (1988), η κατασκευή κατατάσσεται σε μια από τις 10 κατηγορίες δομικών τύπων και λαμβάνει μια βασική βαθμολογία ανάλογα με τον τύπο της και τη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας στην οποία ανήκει. Στη συνέχεια, η βασική βαθμολογία τροποποιείται λαμβάνοντας υπόψη διάφορα χαρακτηριστικά σεισμικής τρωτότητας, τη

χρονολογία κατασκευής του κτιρίου (με ή χωρίς αντισεισμικό σχεδιασμό) και τον τύπο εδάφους. Η απαίτηση για λεπτομερέστερη διερεύνηση ή όχι προκύπτει με τη βοήθεια σχετικού διαγράμματος του εντύπου και είναι συνάρτηση της τελικής δομικής βαθμολογίας και της συνολικής επιφάνειας του κτιρίου.

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, όσο πιο πολλά και σημαντικά χαρακτηριστικά σεισμικής τρωτότητας διαθέτει η κατασκευή, τόσο μεγαλύτερη βαθμολογία παίρνει. Δηλαδή, η λογική της μεθόδου αυτής είναι να δίνει υψηλές θετικές βαθμολογίες για επιζήμια προς την κατασκευή χαρακτηριστικά (ζώνη υψηλής και μέσης σεισμικής επικινδυνότητας, μαλακός όροφος, στρέψη, χαμηλής αντοχής έδαφος), χαμηλές για λιγότερο επιζήμια (ακανονικότητες, κακή κατάσταση, κοντά υποστυλώματα) και αρνητικές για ευεργετικά στοιχεία (αντισεισμικός σχεδιασμός, έδαφος υψηλής αντοχής). Επομένως, όσο μικρότερη δομική βαθμολογία και επιφάνεια έχει ένα κτίριο τόσο μεγαλύτερη είναι η πιθανότητα να αποκλειστεί της απαίτησης για περαιτέρω διερεύνηση.[12]

2.3.2 Μέθοδος Αρχικής Αποτίμησης (Initial Evaluation Process)

Η Μέθοδος Αρχικής Αποτίμησης (Initial Evaluation Process, IEP) είναι ένας χονδροειδής οπτικός έλεγχος κτιρίων στον οποίο χρησιμοποιούνται όσο το δυνατόν λιγότερα μέσα. Αυτός ο έλεγχος ακολουθείται από μια λεπτομερέστερη διερεύνηση εκείνων των κτιρίων τα οποία κρίθηκαν στην Αρχική Αποτίμηση ανασφαλή έναντι σεισμού. Έτσι, σκοπός της μεθόδου είναι η αναγνώριση σε έναν ικανοποιητικό βαθμό των κτιρίων τα οποία έχουν μειωμένη σεισμική ικανότητα. Παράλληλα, στόχος είναι να μην υποβληθούν απαράδεκτα πολλά κτίρια σε λεπτομερέστερο έλεγχο τα οποία στη συνέχεια κρίνονται ασφαλή. Για ένα τυπικό πολυόροφο κτίριο απαιτούνται από δύο έως τέσσερις ώρες οπτικού ελέγχου, ενώ η αποτίμηση του κτιριακού αποθέματος διενεργείται από έμπειρους μηχανικούς ειδικευμένους στον αντισεισμικό σχεδιασμό και ειδικά εκπαιδευμένους στην εφαρμογή της Μεθόδου.[10]

Η διαδικασία περιλαμβάνει τη διεξαγωγή μιας αρχικής εκτίμησης της συμπεριφοράς των υφισταμένων κτιρίων έναντι της απαιτούμενης για ένα νέο κτίριο, η οποία είναι το «ποσοστό επί της πρότυπης για ένα νέο κτίριο» (“percentage new building standard”, %NBS). Το ισχύον πρότυπο για νέα κτίρια είναι το NZS4203 : 1992.[10]

Το πρώτο βήμα είναι η επισκόπηση των προς αποτίμηση κτιρίων και η συλλογή δεδομένων σχετικών με τα χαρακτηριστικά τους, επαρκών για την εφαρμογή της μεθόδου. Το δεύτερο βήμα είναι η εφαρμογή της Μεθόδου Αρχικής Αποτίμησης (IEP) στα υποψήφια κτίρια. Για κάθε κτίριο υπολογίζεται ένας Βαθμός Δομικής Συμπεριφοράς (Structural Performance Score, SPS). Ο ΒΔΣ είναι ουσιαστικά η εκτιμώμενη δομική συμπεριφορά του κτιρίου, έχοντας λάβει υπόψη όλες τις διαθέσιμες πληροφορίες, συγκρινόμενη με τις απαιτήσεις για ένα νέο κτίριο, εκφρασμένη σαν ένα ποσοστό. Για τον υπολογισμό του ΒΔΣ υπάρχουν ενδιάμεσα βήματα τα οποία παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω.[10]

1^ο βήμα : Υπολογισμός του βασικού ποσοστού επί της πρότυπης συμπεριφοράς ενός νέου κτιρίου (%NBS)_b (baseline percentage new building standard) για τη διαμήκη και εγκάρσια διεύθυνση. Ο συντελεστής αυτός εκφράζει την εκτιμώμενη σεισμική συμπεριφορά του κτιρίου (αντοχή) λαμβάνοντας υπόψη την πλαστιμότητα, τη σεισμική ζώνη και την κατηγορία του κτιρίου ανάλογα με τη χρήση του.

2^ο βήμα : Προσδιορισμός του λόγου επιτελεστικότητας PAR (Performance Achievement Ratio) για τη διαμήκη και εγκάρσια διεύθυνση. Ο λόγος επιτελεστικότητας εκφράζει τη σχέση της σεισμικής συμπεριφοράς ενός υφισταμένου κτιρίου, όπως αυτό επιθεωρείται, με ένα «ορθά» σχεδιασμένο και κατασκευασμένο κτίριο του ίδιου τύπου και της ίδιας περιοχής. Στον προσδιορισμό του συντελεστή αυτού λαμβάνονται υπόψη πιθανά στοιχεία τρωτότητας της κατασκευής όπως

ακανονικότητα σε κάτοψη και καθ' ύψος, κοντά υποστυλώματα, κρούση με γειτονικά κτίρια και τέλος ενδεχόμενο καθίζησης και ρευστοποίησης του εδάφους.

3^ο βήμα : Υπολογισμός του Βαθμού Δομικής Συμπεριφοράς SPS (Structural Performance Score). Ο ΒΔΣ προκύπτει ως το γινόμενο του βασικού ποσοστού επί της πρότυπης συμπεριφοράς ενός νέου κτιρίου και του λόγου επιτελεστικότητας. Δηλαδή, με τον πρώτο συντελεστή λαμβάνεται υπόψη η ιδανική σεισμική συμπεριφορά του κτιρίου της αυτής πλαστιμότητας, σεισμικής ζώνης και κατηγορίας ενώ με το δεύτερο συντελεστή λαμβάνονται υπόψη όλα τα ενδεχόμενα χαρακτηριστικά τρωτότητας της κατασκευής.

4^ο βήμα : Εάν η βαθμολογία που προκύπτει είναι μικρότερη ή ίση του 33 τότε οδηγούμαστε στην εκτίμηση ότι το κτίριο στερείται ασφάλειας έναντι σεισμού στο πλαίσιο του Κανονισμού (Building Act), επομένως απαιτείται λεπτομερέστερος έλεγχος. Ένας βαθμός μεγαλύτερος του 33 σημαίνει ότι το κτίριο είναι εκτός των απαιτήσεων του Κανονισμού, επομένως δεν απαιτείται από το νόμο να ληφθούν μέτρα, παρόλο που μπορεί να προτείνεται.

5^ο βήμα : Βαθμολόγηση του κτιρίου από A+ έως E ανάλογα με τη δομική του βαθμολογία [10]

2.4 ΙΑΠΩΝΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΗΣ JBDPA

Στην Ιαπωνία το μεγαλύτερο ποσοστό των υφισταμένων κτιρίων έχουν κατασκευαστεί σύμφωνα με τις απαιτήσεις του Ιαπωνικού Κώδικα (Japanese Building Code) του 1950 και πριν την αναθεώρησή του το 1980. Η αναθεώρηση του αντισεισμικού κανονισμού οδήγησε σε κατασκευές με ικανοποιητικότερη σεισμική συμπεριφορά. Συγχρόνως όμως, δημιουργήθηκαν ερωτηματικά σχετικά με τη σεισμική συμπεριφορά των υφισταμένων κτιρίων.[6]

Έτσι, με αφορμή τον καταστροφικό σεισμό του Tokachioki το 1968, αναπτύχθηκαν πολλές μέθοδοι για τη σεισμική αποτίμηση υφισταμένων κτιρίων (Hirosawa 1973, Architectural Institute of Japan 1975, Hirosawa et al 1975, Okada and Brestler 1976), ενώ το 1977 συντάχθηκε ένα ενοποιημένο «Πρότυπο Αξιολόγησης Σεισμικής Ικανότητας Υφισταμένων Κτιρίων Οπλισμένου Σκυροδέματος» (Standard for Seismic Capacity Evaluation of Existing Reinforced Concrete Buildings) υπό την εποπτεία του Υπουργείου Κατασκευών.[6]

Η διαδικασία σεισμικής αποτίμησης αναφέρεται στην Ιαπωνία ως «screening» ή «sifting» και περιλαμβάνει τρία συνολικά επίπεδα ελέγχου. Σύμφωνα με τον Κανονισμό για τη Σεισμική Αποτίμηση (JBDPA 1990a, 2001a), η σεισμική συμπεριφορά ενός κτιρίου αποτιμάται με σύγκριση του σεισμικού δείκτη I_s (seismic index of structure) και του δείκτη σεισμικής αξιολόγησης I_{so} (seismic judgment index of structure), ο οποίος εκφράζει την απαιτούμενη σεισμική ικανότητα του κτιρίου.

• Αν $I_s > I_{so}$ το κτίριο μπορεί να λαμβάνεται ότι θα έχει ικανοποιητική σεισμική συμπεριφορά σε μία υποθετική σεισμική δράση και θα είναι **ασφαλές**.

• Αν $I_s < I_{so}$ το κτίριο θεωρείται ότι θα έχει αβέβαιη σεισμική συμπεριφορά σε μια υποθετική σεισμική δράση και θα είναι **αβέβαιο**. [6]

Στο πρώτο επίπεδο ο υπολογισμός του δείκτη I_s είναι απλός και το αποτέλεσμα του πιο αμφίβολο ενώ στο τρίτο επίπεδο πιο περίπλοκος και το αποτέλεσμα πιο αξιόπιστο. Επισημαίνεται ότι ο υπολογισμός του σεισμικού δείκτη I_s πραγματοποιείται στο δεύτερο και στο τρίτο επίπεδο ελέγχου μόνο εάν έχει προκύψει στο προηγούμενο επίπεδο μικρότερος του δείκτη σεισμικής αξιολόγησης I_{so} . Ο σεισμικός δείκτης I_s υπολογίζεται για κάθε όροφο και για κάθε κύρια διεύθυνση του κτιρίου ως το γινόμενο τριών δεικτών:

$$I_s = E_o \times S_D \times T$$

όπου, E_o : βασικός δομικός δείκτης σεισμικής ικανότητας ο οποίος προκύπτει από το γινόμενο του δείκτη αντοχής C , του δείκτη πλαστιμότητας F και του συντελεστή ορόφου φ ($E_o = \varphi \times C \times F$)

S_D : επιμέρους σεισμικός δείκτης που λαμβάνει υπόψη τη δομική μορφολογία του κτιρίου (κανονικότητα σχήματος, κατανομή ακαμψίας και μάζας)

T : επιμέρους σεισμικός δείκτης που λαμβάνει υπόψη τις φθορές και τη γενικότερη κατάσταση του κτιρίου (υπολογίζεται με επί τόπου αυτοψίες) [11]

Ο συντελεστής απαιτούμενης σεισμικής ικανότητας I_{s0} υπολογίζεται από τη σχέση:

$$I_{s0} = E_s \times Z \times G \times U$$

όπου, E_s : βασικός δείκτης αξιολόγησης της σεισμικής συμπεριφοράς ($E_s = 0,8$ για το πρώτο επίπεδο διαδικασίας του ελέγχου και $E_s = 0,6$ για το δεύτερο και τρίτο επίπεδο)

Z : δείκτης ζώνης που λαμβάνει υπόψη τις μικροζωνικές συνθήκες ($0,7 < Z \leq 1,0$)

G : δείκτης εδάφους που λαμβάνει υπόψη την επίδραση των εδαφικών συνθηκών ($G=1,0$ για κανονικό έδαφος, $G=1,1$ για γκρεμό, λόφο, κλπ)

U : δείκτης για τη σπουδαιότητα του κτιρίου ($U=1$ για γενικής χρήσης κτίρια)[6]

Πρώτο επίπεδο της διαδικασίας του ελέγχου

1. Υπολογισμός του E_o

Για τον υπολογισμό του δείκτη E_o κάθε κατακόρυφο μέλος ενός κτιρίου πρέπει να κατατάσσεται σε μια από τις τρεις κατηγορίες του Πίνακα 3. Ο δείκτης E_o υπολογίζεται από τις παρακάτω εξισώσεις:

-Για κτίριο χωρίς κοντά υποστυλώματα

$$E_o = [(n+1)/(n+I)] (C_w + a_1 C_c) F_w$$

-Για κτίριο με κοντά υποστυλώματα

$$E_o = [(n+1)/(n+I)] (C_{sc} + a_2 C_w + a_3 C_c) F_{sc}$$

όπου, n : αριθμός ορόφων κτιρίου

I : αριθμός ορόφου που εξετάζεται

C_w : δείκτης αντοχής τοιχείων

C_c : δείκτης αντοχής υποστυλωμάτων

C_{sc} : δείκτης αντοχής κοντών υποστυλωμάτων

a_1 : μειωτικός συντελεστής της ανηγμένης παραμόρφωσης κατά την οριακή αντοχή των υποστυλωμάτων σε σχέση με αυτή στην οποία αστοχούν ψαθυρά τα τοιχεία, $a_1 = 0,7$ (αν $C_w = 0$ $a_1 = 1$).

a_2 : μειωτικός συντελεστής της ανηγμένης παραμόρφωσης κατά την οριακή αντοχή των τοιχείων σε σχέση με αυτή στην οποία αστοχούν ψαθυρά τα κοντά υποστυλώματα, $a_2 = 0$.

a_3 : μειωτικός συντελεστής της ανηγμένης παραμόρφωσης κατά την οριακή αντοχή των υποστυλωμάτων σε σχέση με αυτή στην οποία αστοχούν ψαθυρά τα κοντά υποστυλώματα, $a_3 = 0,5$

F_w : δείκτης πλαστιμότητας τοιχείων, $F_w = 1,0$ (αν $C_w = 0$, $F_w = F_c = 1,0$)

F_c : δείκτης πλαστιμότητας υποστυλωμάτων, $F_c = 1,0$

F_{sc} : δείκτης πλαστιμότητας κοντών υποστυλωμάτων, $F_{sc} = 0,8$

- $C_w = (f_c/200)(30A_{w1}+20A_{w2}+10A_{w3})/W$
- $C_c = (f_c/200)(10A_{c1}+7A_{c2})/W$
- $C_{sc} = (f_c/200) 15A_{sc}/W$

όπου, f_c : θλιπτική αντοχή σκυροδέματος (kgf/cm^2)

A_{w1} : άθροισμα των εμβαδών των διατομών των τοιχείων των ενισχυμένων στα άκρα με δύο κρυφά υποστυλώματα στη διεύθυνση υπολογισμού στον όροφο υπολογισμού, (cm^2)

A_{w2} : άθροισμα των εμβαδών των διατομών των τοιχείων των ενισχυμένων στα άκρα με ένα κρυφό υποστύλωμα, (cm^2)

A_{w3} : άθροισμα των εμβαδών των διατομών των τοιχείων χωρίς υποστυλώματα, (cm^2)

A_{c1} : άθροισμα των εμβαδών των διατομών των υποστυλωμάτων στα οποία το καθαρό ύψος προς τη διάσταση του υποστυλώματος είναι μικρότερο του 6, (cm^2)

A_{c2} : άθροισμα των εμβαδών των διατομών των υποστυλωμάτων στα οποία το καθαρό ύψος προς τη διάσταση του υποστυλώματος είναι μεγαλύτερο του 6, (cm^2)

A_{sc} : άθροισμα των εμβαδών των διατομών των κοντών υποστυλωμάτων, (cm^2)

W : βάρος του κτιρίου πάνω από τον υπό εξέταση όροφο

Τέλος, ο δείκτης πλαστιμότητας F λαμβάνεται για κάθε κατακόρυφο μέλος από πίνακες.[6]

2. Προσδιορισμός του δείκτη S_D

Ο υπολογισμός του δείκτη S_D γίνεται με τη βοήθεια της παρακάτω εξίσωσης:

$S_D = q_a \times q_b \times \dots \times q_k$, όπου

$q_i = [1-(1-G_i)R_i]$ $i=a, b, c, d, e, f, g, i, j, k$

$q_i = [1.2-(1-G_i)R_i]$ $i=h$

Ο συντελεστής G_i αντιπροσωπεύει το βαθμό ορισμένων χαρακτηριστικών του κτιρίου όπως η κανονικότητα της κάτοησης, η κανονικότητα καθ' ύψος, η ύπαρξη pilotis, κ.ά. ενώ η τιμή του R_i εκφράζει το βαθμό που θα επηρεαστεί η σεισμική συμπεριφορά του κτιρίου λόγω των συγκεκριμένων χαρακτηριστικών. Οι δύο συντελεστές λαμβάνονται και για τα τρία επίπεδα ελέγχου από πίνακες.[6]

3. Προσδιορισμός του δείκτη T

Η τιμή του δείκτη T λαμβάνεται από πίνακες και καθορίζεται με επί τόπου αυτοψίες. Η μικρότερη τιμή που διαπιστώνεται για κάποια κατάσταση λαμβάνεται για ολόκληρο το κτίριο.[6]

2.5 ΙΤΑΛΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΤΟΥ GNDDT

Δύο ξεχωριστές τεχνικές για την προσεισμική βαθμολόγηση των κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα και από τοιχοποιία έχουν αναπτυχθεί στην Ιταλία μετά το 1984. Ο συντονισμός για την ανάπτυξη των τεχνικών αυτών έγινε από το «GRUPPO NATIONALE PER LA DIFESA DAI TERREMOTI» (GNDDT). Η τεχνική για τα κτίρια από τοιχοποιία είναι καλύτερα τεκμηριωμένη γιατί έχει στηριχθεί σε μεγαλύτερα «δείγματα». Εφαρμόστηκε σε δύο περιοχές της Ιταλίας: στη μεσαιωνική πόλη Gubbio της Umbria και στην περιοχή του Friuli, οι οποίες είχαν πληγεί από σεισμούς και έτσι υπήρχαν διαθέσιμα στοιχεία τόσο για τις βλάβες αλλά και για την τρωτότητα των κτιρίων. Η τεχνική για τα κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα έχει περιορισμένη τεκμηρίωση και έχει εφαρμοστεί στην περιφέρεια της Emilia-Romana σε πάνω από 60 δημόσια κτίρια, ως επί το πλείστον σχολεία.[6]

Αποτίμηση τρωτότητας σε κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία

Κάθε στοιχείο κατατάσσεται σε μία από τις τέσσερις κατηγορίες και λαμβάνει την αντίστοιχη βαθμολόγηση όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα. Από αυτές στην κατηγορία Α κατατάσσονται τα στοιχεία που συμμορφώνονται με τις απαιτήσεις του Ιταλικού Αντισεισμικού Κανονισμού, ενώ στη D τα μη ασφαλή. Τα στοιχεία που λαμβάνονται υπόψη σε μία επιθεώρηση έχουν εν μέρει περιγραφική φύση (όπως το είδος των τοίχων και οι εδαφικές συνθήκες). Για την κατάταξη ενός στοιχείου σε μια από τις τέσσερις κατηγορίες, η μέθοδος παρέχει πρόσθετες λεπτομερείς και σαφείς οδηγίες, ώστε να αποφεύγεται η υποκειμενική κατάταξη από τους ελέγχοντες. Όπως φαίνεται, για κάθε εξεταζόμενο στοιχείο υπάρχει επίσης και ένας συντελεστής βαρύτητας. Οι σημειούμενοι με (*) συντελεστές καθορίζονται από τον ελέγχοντα, ενώ οι υπόλοιποι είναι προκαθορισμένοι. Ο τελικός δείκτης τρωτότητας προκύπτει ως άθροισμα της επιμέρους τιμής κάθε στοιχείου πολλαπλασιασμένης επί τον αντίστοιχο συντελεστή βαρύτητας (τελευταία προς συμπλήρωση στήλη του Πίνακα). Σημειώνεται ότι η αντισεισμική ποιότητα κάθε ανεξάρτητου στοιχείου (και του όλου κτιρίου) αυξάνεται όσο μικρότερη είναι η τιμή των δεικτών τρωτότητας. Η μεθοδολογία εφαρμόστηκε εκτενώς σε διάφορες περιοχές της Ιταλίας για την αποτίμηση του σεισμικού κινδύνου καθώς και για τη μελέτη διαφόρων μέτρων μείωσης της τρωτότητας των κατασκευών.[6]

Πίνακας 1: Βαθμολογίες των στοιχείων ανάλογα με την κατηγορία τους και συντελεστές βαρύτητας [6]

Στοιχείο	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ				Συντελεστής βαρύτητας	Διαβαθμισμένη παράμετρος	
	A	B	C	D			
1. Σύνδεση τοιχοποιιών	0	5	20	45	1,0		
2. Είδος τοιχοποιίας	0	5	25	45	0,25		
3. Τύπος εδάφους	0	5	25	45	0,75		
4. Ολική διατμητική αντίσταση τοιχοποιιών	0	5	25	45	1,50		
5. Οριζόντια κανονικότητα	0	5	25	45	0,50		
6. Κανονικότητα καθ' ύψος	0	5	25	45	(*)		
7. Οριζόντια διαφράγματα	0	5	15	45	(*)		
8. Στέγη	0	15	25	45	(*)		
9. Κατασκευαστικές λεπτομέρειες	0	0	25	45	0,25		
10. Γενική κατάσταση συντήρησης	0	5	25	45	1,0		
Συνολική τιμή (δείκτης τρωτότητας)							

Αποτίμηση τρωτότητας υφισταμένων κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα

Κατά τη μέθοδο αυτή εφαρμόζονται τρία στάδια ελέγχου με αυξανόμενη λεπτομέρεια, που κυμαίνονται από μία απλή διαδικασία κατηγοριοποίησης/ταξινόμησης για τον καθορισμό κινδύνου για τις ζωές και τις περιουσίες, έως τις καλούμενες αποτιμήσεις τρωτότητας Επιπέδου I και Επιπέδου II.[6]

Η μέθοδος GNDT, για την αποτίμηση κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα, χρησιμοποιεί ένα καθορισμένο έντυπο συλλογής στοιχείων στο οποίο περιλαμβάνονται τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά στοιχεία. Επιπρόσθετα του βασικού εντύπου πρέπει να συμπληρωθούν άλλα δύο έντυπα με περιγραφές της κάτοψης κάθε ορόφου και καθορισμό των δομικών στοιχείων όταν αυτά αποκλίνουν σημαντικά από τα αντίστοιχα του υπερκείμενου ή υποκείμενου ορόφου.[6]

Αναφορικά με τα γενικά δομικά χαρακτηριστικά (ενότητες 1 και 2 του βασικού εντύπου), είναι ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι περιλαμβάνονται παράμετροι που αφορούν την ύπαρξη *pilotis* καθώς και την επαφή με τα γειτονικά κτίρια. Στις ενότητες 4 και 5 του εντύπου, καθώς και σε συμπληρωματικούς πίνακες, γίνεται καταγραφή πιθανών μη κανονικοτήτων του δομικού συστήματος. Όλες οι αιτίες μη κανονικότητας πρέπει να περιγραφούν λεπτομερώς (π.χ. με σχεδίαση διατομών, καθώς και με συντεταγμένες αρχής και τέλους των στοιχείων), ενώ οι τυπικοί όροφοι αρκεί να περιγραφούν μία μόνο φορά.[6]

Για τη διαχείριση των συλλεχθέντων πληροφοριών έχει αναπτυχθεί κατάλληλο πρόγραμμα H/Y για τη δημιουργία βάσης δεδομένων. Μετά την εισαγωγή των στοιχείων το πρόγραμμα παράγει μία γραφική απεικόνιση του κτιρίου, καθώς και των κατόψεων κάθε ορόφου. Έτσι, επιτυγχάνεται ευκολότερος εντοπισμός και διόρθωση λανθασμένων δεδομένων, ενώ παράλληλα δίνεται η δυνατότητα σε διάφορους ελεγκτές να έχουν μία εύληπτη γραφική απεικόνιση του εξεταζόμενου κτιρίου. Τέλος, κατά την περιγραφή της μεθόδου στην περιοχή Emilia-Romana βρέθηκε ότι μία ομάδα δύο ατόμων, από τους οποίους ο ένας είναι μηχανικός ή αρχιτέκτονας, χρειάζεται περίπου μία ημέρα για την ολοκλήρωση της επιθεώρησης ενός κτιρίου.[6]

3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση τα όσα παρουσιάστηκαν παραπάνω για τις μεθόδους προσεισμικού ελέγχου που έχουν αναπτυχθεί στη χώρα μας και διεθνώς συμπεραίνουμε τα εξής:

1. Η ανάγκη για σεισμική αποτίμηση των υφισταμένων κατασκευών πηγάζει κυρίως από το γεγονός ότι το υφιστάμενο κτιριακό απόθεμα δεν παρουσιάζει το αυτό επίπεδο σεισμικής ασφάλειας ακόμη και στο αυτό οικοδομικό τετράγωνο.
2. Ο προσεισμικός έλεγχος, λόγω της ιδιαίτερης σημασίας του σαν μέτρο πρόληψης, βρίσκει εφαρμογή σε κτίρια σημαντικά ως προς τη λειτουργία τους καθώς και σε κτίρια ιδιαίτερης πολιτιστικής σημασίας.
3. Αφορμή για τη σύσταση μελλοντικών προγραμμάτων διενέργειας προσεισμικού ελέγχου αποτελεί, συνήθως, η εμφάνιση κάποιου καταστροφικού σεισμού στο κοντινό παρελθόν.
4. Το γενικό πλαίσιο όλων των μεθόδων περιλαμβάνει εντοπισμό, από τα κτίρια πρώτης προτεραιότητας, των κατά τεκμήριο ασφαλέστερων κτιρίων ώστε να εξαιρεθούν από περαιτέρω ελέγχους, ενώ όσα προκύπτουν επισφαλή, ελέγχονται σε μεγαλύτερο βάθος και κατατάσσονται σε πίνακα προτεραιότητας επέμβασης.
5. Η συλλογή και καταγραφή των στοιχείων δομικής τρωτότητας γίνεται με τη βοήθεια ειδικών εντύπων σε όλες τις χώρες πλην της Ιαπωνίας.
6. Η Αμερικανική, η Ελληνική και οι Νεοζηλανδικές μέθοδοι είναι σχετικά απλές, γρήγορες και μικρού κόστους, ενώ προϊόν και των τεσσάρων είναι μια Δομική Βαθμολογία. Η

Ιαπωνική και η Ιταλική μέθοδος προϋποθέτουν συλλογή στοιχείων μεγάλου όγκου, περιλαμβάνουν περίπλοκους υπολογισμούς και απαιτούν αρκετό χρόνο, ενώ προϊόντα τους είναι ο σεισμικός δείκτης I_s και ο δείκτης τρωτότητας V αντίστοιχα.

7. Τέλος, στοιχεία όπως ακανονικότητες καθ' ύψος και σε κάτοψη, ύπαρξη pilotis, κοντών υποστυλωμάτων και ενδεχόμενη κρούση με γειτονικά κτίρια λαμβάνονται υπόψη στις μεθόδους σεισμικής αποτίμησης όλων των χωρών.

Το θέμα του προσεισμικού ελέγχου συνδέεται με το επίπεδο της επιστημονικής γνώσης και τεχνολογίας, με πολιτικές προτεραιότητας διάθεσης των οικονομικών πόρων αλλά και με την διοικητική και οργανωτική ικανότητα που διαθέτει μια χώρα. Η επιστήμη και η τεχνολογία έχουν εξελιχθεί προσφέροντας δυνατότητες ενίσχυσης της σεισμικής ικανότητας των παλαιότερων κατασκευών, όμως το οικονομικό και κοινωνικό κόστος μια τέτοιας γενικευμένης επιχείρησης είναι απαγορευτικό. Ωστόσο, μια οργανωμένη κοινωνία οφείλει να ενεργεί επιδιώκοντας την πρόληψη και όχι την εκ των υστέρων εμβολωματική θεραπεία, γι' αυτό κάθε προσπάθεια προς την κατεύθυνση αυτή πρέπει να ενισχύεται ανάλογα με τα πολιτικά, κοινωνικά και οικονομικά δεδομένα της εκάστοτε χώρας.

4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. «Πρωτοβάθμιος Προσεισμικός Έλεγχος Κτιρίων Δημόσιας και Κοινωφελούς Χρήσης», ΥΠΕΧΩΔΕ-ΟΑΣΠ
2. «Αποτίμηση Σεισμικής Συμπεριφοράς Κατασκευών από Ωπλισμένο Σκυρόδεμα– Τρωτότητα και Διακινδύνευση», Α.Ι.Καραμπίνης
3. «Αξιολόγηση Μεθόδων Πρωτοβάθμιου Προσεισμικού Ελέγχου με Κριτήριο τη Συμπεριφορά των Κτιρίων σε Συγκεκριμένους Σεισμούς», Κ.Χ. Στυλιανίδης, Α.Ι. Κάππος, Γ.Γ. Πενέλης
4. «Βαθμονόμηση της Α' Φάσης του Προσεισμικού Ελέγχου (Ταχύς Οπτικός Έλεγχος)», Α.Ι.Καραμπίνης
5. «Εφαρμογή του Προσεισμικού Ελέγχου σε Κατασκευές με Βλάβες από Σεισμό», Α.Ι. Καραμπίνης
6. «Εκτίμηση Σεισμικής Τρωτότητας Κτιρίων», Ο.Ε. Τ.Ε.Ε. – Τελική Έκθεση
7. «Προσεισμικός Έλεγχος Υφιστάμενων Κατασκευών Ο/Σ», Μ.Φαρδής, Μονογραφία
8. FEMA 1988. “Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook”(FEMA-154). ATC, Redwood City, California
9. FEMA 2001. “Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook”(FEMA-154), 2nd Edition. ATC, Redwood City, California
10. “An Initial Evaluation Process for Identifying Buildings Not Safe in Earthquake”, New Zealand Society for Earthquake Engineering, Draft 8, August 2000
11. “Seismic Rehabilitation of School Buildings in Japan”, Yoshiaki Nakano, Journal of Japanese Association for Earthquake Engineering, Vol.4, No.3 (Special Issue), 2004
12. “The Assessment and Improvement of the Structural Performance of Earthquake Risk Buildings”, Draft for General Release for the Building Industry Authority by the New Zealand National Society for Earthquake Engineering, June 1996