



Παθολογία και Τρωτότητα Υφιστάμενων Κτιρίων (204.1)

2018

Γ. Παναγόπουλος και Ε. Κίρτας

σελ. 1.2

1. Η εξέλιξη των κανονισμών σχεδιασμού και των εργαλείων υπολογισμού των κατασκευών στην Ελλάδα

Οι κανονιστικές διατάξεις που αναπτύχθηκαν ιστορικά στην Ελλάδα αφορούσαν ένα μέρος μόνο των τεχνικών έργων, ενώ συχνή ήταν η υιοθέτηση κανονισμών από το εξωτερικό. Πιο συγκεκριμένα, συντάχθηκαν ελληνικά κείμενα που αφορούν

- Τις φορτίσεις τον κατασκευών
- Το σχεδιασμό κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα
- Τον αντισεισμικό σχεδιασμό των κατασκευών

Για όλα τα υπόλοιπα τεχνικά έργα (μεταλλικές κατασκευές, φέρουσα τοιχοποιία, γέφυρες, γεωτεχνικά έργα κτλ) χρησιμοποιούνταν «ξένοι» κανονισμοί, συχνά (όχι όμως πάντα) προσαρμοσμένοι στις ελληνικές συνθήκες, με συνηθέστερους:

- Τους Γερμανικούς κανονισμούς (DIN)
- Τους Ευρωκώδικες

Την τελευταία δεκαετία έχει ξεκινήσει μια διαδικασία αντικατάστασης όλων των εθνικών κανονισμών των χωρών της Ευρωπαϊκής Ένωσης από τους Ευρωκώδικες, είτε με παράλληλη εφαρμογή είτε με πλήρη κατάργηση των εθνικών κειμένων.

Έτος έναρξης	Κανονισμός	Παρατηρήσεις
1945	Κανονισμός Φορτίσεων Β.Δ. 10/1945	Παράλληλη χρήση με τον γερμανικό DIN 1055 για ορισμένους τύπους κατασκευών (πχ γέφυρες, προένταση)
2011	Ευρωκώδικας 1	EN 1991-1.1 Πυκνότητες, ίδιο βάρος και επιβαλλόμενα φορτία EN 1991-1.2 Δράσεις πυρός EN 1991-1.3 Φορτία χιονιού EN 1991-1.4 Ανεμοπίεση EN 1991-1.5 Θερμοκρασιακές δράσεις EN 1991-1.6 Δράσεις κατά την εκτέλεση EN 1991-1.7 Τυχηματικές δράσεις που οφείλονται σε κρούση ή εκρήξεις EN 1991-2 Φορτία κυκλοφορίας γεφυρών EN 1991-3 Δράσεις προκαλούμενες από γερανούς και λοιπά μηχανήματα EN 1991-4 Δράσεις σε σιλό και δεξαμενές

Έτος έναρξης	Κανονισμός	Παρατηρήσεις
1945	Γερμανικοί Κανονισμοί (DIN 1045)	Σεισμός Κορινθίας (1928) Σεισμός Χαλκιδικής (1932)
1954	Βασιλικό Διάταγμα 1954 Περί Κανονισμών δια την μελέτην και εκτέλεσιν οικοδομικών έργων εξ ωπλισμένου σκυροδέματος	Σεισμοί Ιονίων Νησιών (1953) Σεισμός Βόλου (1954)
1991	Κανονισμός για τη μελέτη και κατασκευή έργων από σκυρόδεμα (ΝΕΚΩΣ)	Σεισμός Καλαμάτας (1986)
2000	Ελληνικός Κανονισμός Οπλισμένου Σκυροδέματος (ΕΚΩΣ2000)	Σεισμός Αιγίου (1995) Σεισμός Κοζάνης (1995) Σεισμός Αθηνών (1999)
2011	Ευρωκώδικας 2	EN 1992-1-1 Γενικοί κανόνες και Κανόνες για κτίρια. EN 1992-1-2 Σχεδιασμός για πυρασφάλεια. EN 1992-2 Γέφυρες από οπλισμένο και προεντεταμένο σκυρόδεμα. EN 1992-3 Υδατοδεξαμενές και κατασκευές από υδατοφόρτιση



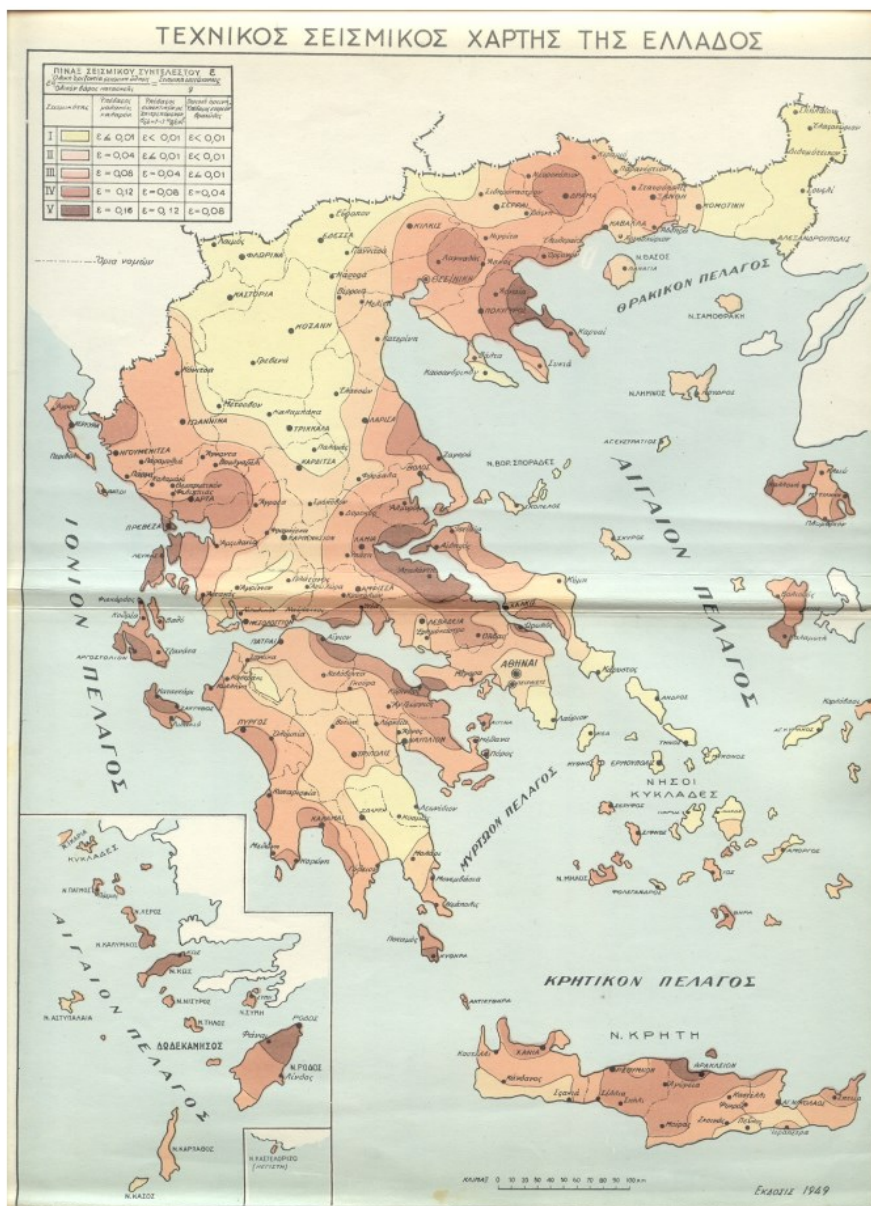
Έτος έναρξης	Κανονισμός	Παρατηρήσεις
1945	Γερμανικοί Κανονισμοί (DIN 4114)	
1995	Σύσταση χρήσης του Ευρωκώδικα 3 και υιοθέτησή του ως εθνικό κείμενο εφαρμογής	Χρήση σε συνδυασμό με τον ελληνικό αντισεισμικό κανονισμό (NEAK, ΕΑΚ2000)
2011	Ευρωκώδικας 3	Πλήθος επιμέρους κειμένων

Έτος έναρξης	Κανονισμός	Παρατηρήσεις
1928-1939	<ul style="list-style-type: none"> Περί Αντισεισμικού Κανονισμού Λουτρακίου-Κορίνθου (1928) Περί του Αντισεισμικού Οικοδομικού Κανονισμού της σεισμοπλήκτου περιοχής Λουτρακίου-Κορίνθου (1931) Περί συμπληρώσεως Αντισεισμικού Κανονισμού Κορίνθου-Λουτρακίου (1935) Κανονισμός Στατικών Μελετών και Αντισεισμικός κανονισμός (1939) 	<p>Σεισμός Κορινθίας (1928)</p> <p>Σεισμός Χαλκιδικής (1932)</p>
1941-1947	<ul style="list-style-type: none"> Περί επεκτάσεως του Αντισεισμικού Οικοδομικού Κανονισμού εις την περιοχή Λαρίσης (1941) Περί τροποποιήσεως του από 2-10-1931 Διατάγματος «περί Αντισεισμικού Κανονισμού» (1947) 	Σεισμός Λαρίσης (1941)
1959	Βασιλικό Διάταγμα 1959 Περί Αντισεισμικού Κανονισμού Οικοδομικών Έργων	<p>Σεισμοί Ιονίων Νησιών (1953)</p> <p>Σεισμός Βόλου (1954)</p>
1984	Τροποποίηση και συμπλήρωση του Β.Δ. 1959	<p>Σεισμός Θεσσαλονίκης (1978)</p> <p>Σεισμός Αλκυωνίδων (1981)</p>
1995	Νέος Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (NEAK)	<p>Σεισμός Καλαμάτας (1986)</p> <p>Σεισμός Πύργου (1993)</p> <p>Σεισμός Αιγίου (1995)</p>

Έτος έναρξης	Κανονισμός	Παρατηρήσεις
2000	Ελληνικός Αντισεισμικός Κανονισμός (ΕΑΚ2000) Τροποποιήσεις το 2003-4 με αλλαγή του χάρτη σεισμικής επικινδυνότητας	Σεισμός Αθηνών (1999) Σεισμός Λευκάδας (2003)
2011	Ευρωκώδικας 8	EN 1998-1 Γενικοί κανόνες και κανόνες για κτίρια EN 1998-2 Γέφυρες EN 1998-3 Επισκευή-Ενίσχυση κτιρίων EN 1998-4 Σιλό, δεξαμενές, αγωγοί EN 1998-5 Θεμελιώσεις, αντιστηρίξεις και γεωτεχνικά θέματα EN 1998-6 Πύργοι, ιστοί, καμινάδες

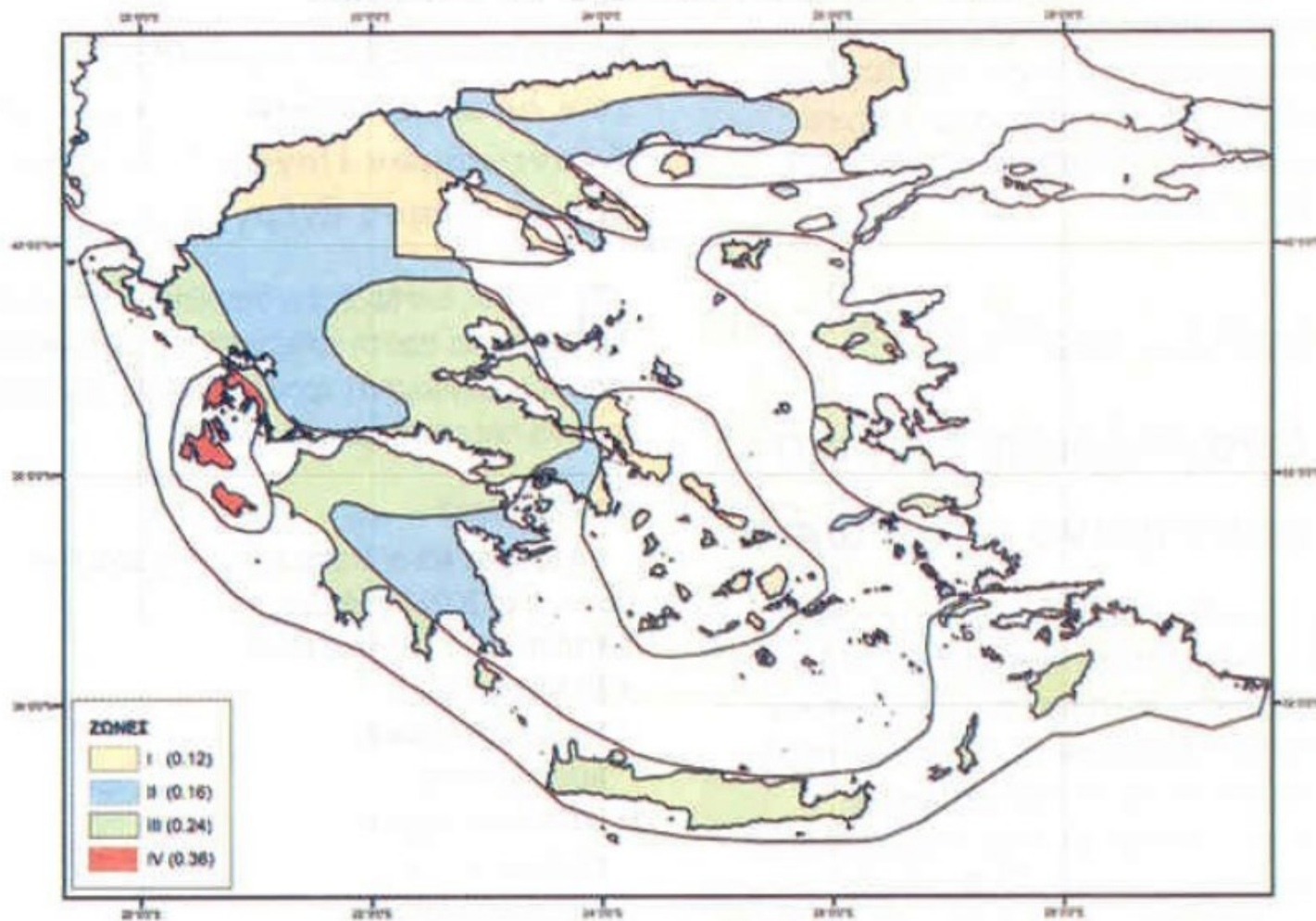
Κανονιστικές διατάξεις αντισεισμικού σχεδιασμού

σελ. 1.9

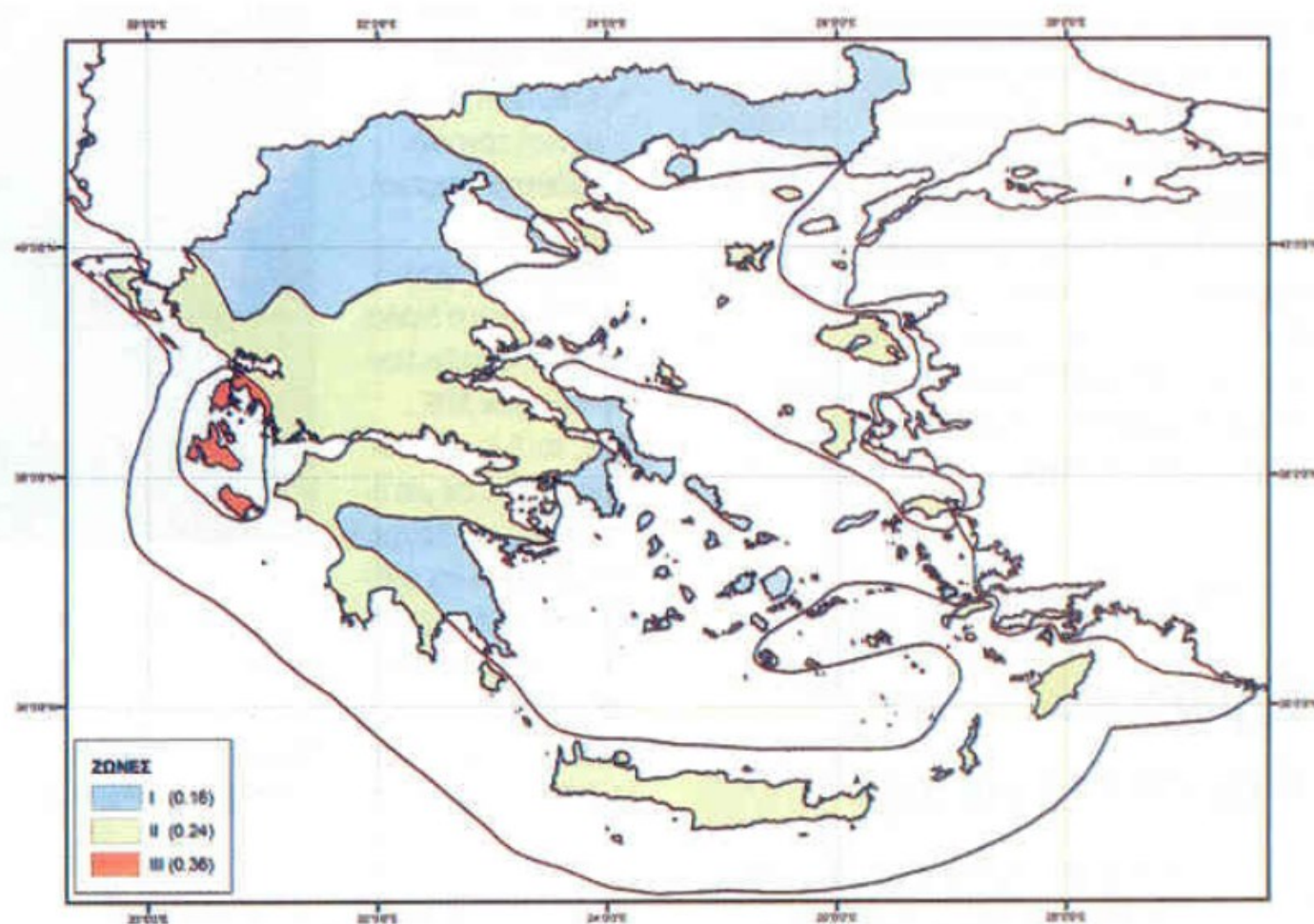


ΠΙΝΑΞ ΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΟΥ ϵ			
$\epsilon = \frac{\text{Όλικη οριζόντια σεισμική ώθηση}}{\text{Όλικον βάρος κατασκευής}} = \frac{\text{Σεισμική επιτάχυνσις}}{g}$			
Σεισμικότης	Υπόδατος μαλακόν, χαλαρόν.	Υπόδατος συνεκτικόν με επιπεριλαμβανόν $\delta \delta = 1-3 \text{ kg/cm}^2$	Περιοχή όρεινή, Υπόδατος στερεόν βραχώδες
I	$\epsilon \leq 0,01$	$\epsilon < 0,01$	$\epsilon < 0,01$
II	$\epsilon = 0,04$	$\epsilon \leq 0,01$	$\epsilon < 0,01$
III	$\epsilon = 0,08$	$\epsilon = 0,04$	$\epsilon \leq 0,01$
IV	$\epsilon = 0,12$	$\epsilon = 0,08$	$\epsilon = 0,04$
V	$\epsilon = 0,16$	$\epsilon = 0,12$	$\epsilon = 0,08$

Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας 1930
(Πηγή: Αντισεισμικά Κατασκευαί, Α. Ρουσόπουλου, 1949, Εκδόσεις Τ.Ε.Ε.)



Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας, ΝΕΑΚ 1995, ΕΑΚ 2000



Χάρτης σεισμικής επικινδυνότητας, ΕΑΚ 2000 (τροποποίηση 2004)
και Εθνικό Προσάρτημα του EN1998-1



Έτος έναρξης	Κανονισμός	Παρατηρήσεις
2011	Ευρωκώδικας 8 EN 1998-3 Επισκευή-Ενίσχυση κτιρίων	
2012	Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)	Τροποποιήσεις το 2013 και το 2017

Η συντριπτική πλειοψηφία των κτιριακών κατασκευών στον ελληνικό χώρο από το 2^ο μισό του 20^{ου} αιώνα και μετά αφορά κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα.

Διακρίνονται 4 βασικές περίοδοι ως προς την ποιότητα του σχεδιασμού και κατ'έκταση την τρωτότητα των κατασκευών.

- Περίοδος προ του 1959
 - Απουσία αντισεισμικού κανονισμού
- Περίοδος 1959 – 1984
 - Βασιλικά διατάγματα 1954 (για Ο/Σ) και 1959 για σεισμό
- Περίοδος 1984 - 1994
 - Β.Δ. 1954 (για Ο/Σ) και Πρόσθετα Άρθρα 1984 για σεισμό
- Περίοδος από το 1994 έως σήμερα
 - (Ν)ΕΚΩΣ και (Ν)ΕΑΚ και στη συνέχεια Ευρωκώδικες 2 & 8

Περίοδος προ του 1959

- Υλικά: Σκυρόδεμα εργοταξιακό κατηγορίας B120 ή B160 με ποτάμια αδρανή, οπλισμοί από λείο χάλυβα κατηγορίας St I.
- Υπολογιστική διαδικασία:
 - Εφαρμογή ξένων κανονισμών (συνήθως γερμανικών),
 - Ανάλυση και διαστασιολόγηση με τη μέθοδο των επιτρεπόμενων τάσεων και μόνον έναντι κατακόρυφων φορτίων.
 - **Απουσία αντισεισμικού υπολογισμού**
- Χαρακτηριστικά φερόντων οργανισμών
 - Αμιγώς πλαισιακές κατασκευές (απουσία τοιχωμάτων)
 - Πλάκες μικρού πάχους (8 - 10cm), πρόβολοι μικρού ανοίγματος
 - Δοκοί σε πυκνό κάνναβο, συνήθως κάτω από όλες τις τοιχοποιίες του υπερκείμενου ορόφου, με μικρά πάχη κορμού και συχνά με τριγωνικές ενισχύσεις στις στηρίξεις.
 - Στύλοι με πυκνό κάνναβο, μικρών και συνήθως τετραγωνικών διατομών με ποσοστό διαμήκων ράβδων ~8‰ και μόνον περιμετρικούς συνδετήρες (συνήθως $\varnothing 6/250\text{mm}$).
 - Θεμελιώσεις επιφανειακές, όλων των τύπων, ανάλογα με την αντοχή του εδάφους.
 - Τοιχοποιίες πλήρωσης πυκνές, καλά δομημένες με μικρές διάτρητες πλίνθους, διαζώματα και επιμελημένη σφήνωση στις δοκούς οροφής (τελευταία στρώση σε λοξή διάταξη)

Περίοδος 1959-1984

- Υλικά: Σκυρόδεμα εργοταξιακό B160, οπλισμοί από λείο χάλυβα St I που σταδιακά αντικαταστάθηκαν από B225 και νευροχάλυβα StIII για τις διαμήκεις ράβδους (συνδετήρες St I)
- Υπολογιστική διαδικασία:
 - Ψευδοστατική εφαρμογή και ορθογωνική καθ' ύψος κατανομή των οριζόντιων σεισμικών δυνάμεων σχεδιασμού
 - Σεισμικοί συντελεστές $\varepsilon=0.04-0.16$, ανάλογα με τη σεισμικότητα της περιοχής (ζώνες I, II, III) και την επικινδυνότητα του εδάφους θεμελίωσης
 - Απουσία Η/Υ. Χρήση του «μοντέλου του μονώροφου» κατά το οποίο η διαφραγματική λειτουργία των πλακών επιτρέπει την κατανομή της σεισμικής τέμνουσας κάθε ορόφου στα κατακόρυφα στοιχεία (στύλοι, τοιχώματα) ανάλογα με τη δυσκαμψία τους.
 - Απαλλαγή από αντισεισμικό υπολογισμό αρκεί ο φέρων οργανισμός να διέθετε σε κάθε όροφο κατάλληλα τοποθετημένα τοιχώματα με άθροισμα εμβαδών διατομής ανά διεύθυνση τουλάχιστον ίσο προς το $1/800$ ή $1/500$ του αθροίσματος των εμβαδών κατόψεων των υπερκείμενων ορόφων σε περιοχές σεισμικότητας I και II ή III αντίστοιχα.
- Χαρακτηριστικά φερόντων οργανισμών
 - Διαφοροποίηση στη χρήση των τοιχωμάτων στη βόρεια (δίδυμα συστήματα) και νότια (πλαισιακοί φορείς) Ελλάδα
 - Καθιέρωση της χρήσης της πιλοτής

Περίοδος 1984-1994

□ Υπολογιστική διαδικασία:

- Η ανάλυση του φέροντος οργανισμού υπό τη ψευδοστατική σεισμική φόρτιση για κτίρια με περισσότερους από 3 ορόφους επιβλήθηκε να γίνεται σε χωρικό πολυώροφο προσομοίωμα του φέροντος οργανισμού
- Θεσπίσθηκε πληθώρα κατασκευαστικών διατάξεων με στόχο την εξασφάλιση επαρκούς πλαστιμότητας στις κρίσιμες περιοχές των δομικών στοιχείων
- Εισαγωγή της χρήσης του ικανοτικού σχεδιασμού για την αποφυγή πρώιμης αστοχίας στύλων
- Παρέμεινε η μέθοδος των επιτρεπόμενων τάσεων, οι τιμές των σεισμικών συντελεστών καθώς και η δυνατότητα απαλλαγής από τον αντισεισμικό υπολογισμό για κτίρια με επαρκή τοιχώματα
- Εισαγωγή του συντελεστή σπουδαιότητας

Μεγάλο άλμα στην ποιότητα και στην αξιοπιστία του αντισεισμικού σχεδιασμού των κατασκευών

Περίοδος 1995-σήμερα – Ριζική αλλαγή της φιλοσοφίας σχεδιασμού

- Υλικά
 - Σκυροδέματα κατηγοριών C, σύμφωνα με τον κανονισμό τεχνολογίας σκυροδέματος και νευροχάλυβας οπλισμού αρχικά S400-S500 και στη συνέχεια B500
- Υπολογιστική διαδικασία:
 - Εισαγωγή της μεθόδου των οριακών καταστάσεων
 - Καταργείται η έννοια του σταθερού σεισμικού συντελεστή και εισάγεται το πιθανοτικό φάσμα σεισμικών επιταχύνσεων σχεδιασμού
 - Χρήση δυναμικής φασματικής μεθόδου με επαλληλία ιδιομορφών. Η «ισοδύναμη» στατική μέθοδος επιτρέπεται μόνο σε ορισμένες κατηγορίες κτιρίων
 - Εισάγονται στον υπολογισμό οι έννοιες της πλαστιμότητας και της απορρόφησης της σεισμικής ενέργειας. Μείωση των σεισμικών επιταχύνσεων σχεδιασμού (συντελεστής συμπεριφοράς q), με παράλληλη όμως αποδοχή τοπικών και εύκολα επισκευάσιμων βλαβών στο φέροντα οργανισμό.
 - Πλήρης ικανοτικός σχεδιασμός

Σύγχρονοι κανονισμοί σχεδιασμού και διαστασιολόγησης των κατασκευών, αντίστοιχοι με αυτούς που χρησιμοποιούνται διεθνώς

Μια ματιά στο (προσεχές;) μέλλον...

- Φιλοσοφία σχεδιασμού
 - Σχεδιασμός με βάση την επιτελεστικότητα ή επίδοση (seismic performance) του κτιρίου. Εισαγωγή διακριτών σταθμών επιτελεστικότητας και εκπλήρωση κριτηρίων/στόχων για διαφορετικά επίπεδα της σεισμικής δράσης
 - Σχεδιασμός με βάση τις μετακινήσεις. Μετάβαση από ελέγχους δυνάμεων σε ελέγχους παραμορφώσεων
- Υπολογιστική διαδικασία:
 - Χρήση ανελαστικών μεθόδων ανάλυσης των κατασκευών (στατικών ή δυναμικών)
 - Προσομοίωση των βλαβών στον φέροντα οργανισμό και στα στοιχεία πλήρωσης
 - Απαίτηση σημαντικής υπολογιστικής ισχύος

Έτος έναρξης	Κανονισμός
2019	Κανονισμός για αποτίμηση και δομητικές επεμβάσεις τοιχοποιίας (ΚΑΔΕΤ)
2021 (?)	Νέα γενιά Ευρωκωδίκων