

Αποτίμηση υφιστάμενων κτηρίων Φέρουσας Τοιχοποιίας

Η αποτίμηση των κτηρίων από φέρουσα τοιχοποιία αφορά τη μελέτη και τον ολοκληρωμένο έλεγχο επάρκειας των επιμέρους δομικών μελών τους, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του ΕΚ8-3 και του ΚΑΔΕΤ.

Οι βασικές έννοιες της αποτίμησης υφιστάμενων κτηρίων

Η διαδικασία και τα κριτήρια της αποτίμησης της φέρουσας ικανότητας που προτείνονται στον ΕΚ8-3 και τον ΚΑΔΕΤ αποτελούν ένα σύνολο κανόνων, με την τήρηση των οποίων θεωρείται ότι ικανοποιούνται οι βασικές συνθήκες επάρκειας ενός κτηρίου. Βασικές αρχές του Κανονισμού, οι οποίες θα παρουσιαστούν αναλυτικά και στη συνέχεια, αποτελούν οι στάθμες επιτελεστικότητας και οι στόχοι αποτίμησης, οι στάθμες αξιοπιστίας των δεδομένων, οι προβλέψεις των εντατικών μεγεθών των δομικών στοιχείων και ο υπολογισμός των αντιστάσεων των στοιχείων.

Η αποτίμηση υφισταμένων δομημάτων ακολουθεί σε γενικές γραμμές την ακόλουθη διαδικασία:

α) Έρευνα του ιστορικού του δομήματος από τον μελετητή μηχανικό, ο οποίος οφείλει να συλλέξει όλα τα στοιχεία τεκμηρίωσης για να αιτιολογήσει τις παραδοχές που θα ακολουθήσει κατά την αποτίμηση.

β) Μόρφωση ενός κατάλληλα διαμορφωμένου υπολογιστικού προσομοιώματος κι επιλογή της μεθόδου ανάλυσης για τον υπολογισμό των εντατικών και των παραμορφωσιακών μεγεθών του κτηρίου υπό τον σεισμό σχεδιασμού και όλους τους προβλεπόμενους συνδυασμούς δράσεων.

γ) Έλεγχος επάρκειας των επιμέρους δομικών μελών ενός φορέα, σύμφωνα με τις διατάξεις του κανονισμού, με υπολογισμό των εντατικών μεγεθών αντίστασης. Σε κάθε έλεγχο, πραγματοποιείται κι ο υπολογισμός του δείκτη επάρκειας CR ως ο λόγος του εντατικού μεγέθους που προκύπτει από την ανάλυση για κάθε γραμμικό στοιχείο, προς το αντίστοιχο μέγεθος αντοχής του.

Στόχοι αποτίμησης

ΕΚ8-3

Οι θεμελιώδεις απαιτήσεις στην αποτίμηση κτηρίων ΦΤ αναφέρονται στην κατάσταση των βλαβών στον φορέα, η οποία ορίζεται με τρεις Οριακές Καταστάσεις (ΟΚ) στον ΕΚ-8.3 §2.1.: την Οιονεί Κατάρρευση (NC), τις Σημαντικές Βλάβες (SD) και τον Περιορισμό Βλαβών (DL). Αυτές οι οριακές καταστάσεις χαρακτηρίζονται με τον ακόλουθο τρόπο:

ΟΚ Οιονεί Κατάρρευσης (NC): Ο φορέας έχει υποστεί σοβαρή ζημιά, με χαμηλή εναπομένουσα πλευρική αντοχή και δυσκαμψία, αν και τα κατακόρυφα στοιχεία είναι ακόμα σε θέση να φέρουν τα κατακόρυφα φορτία βαρύτητας. Τα περισσότερα μη-φέροντα στοιχεία έχουν καταρρεύσει. Υπάρχουν μεγάλες μόνιμες σχετικές παραμορφώσεις ορόφων. Ο φορέας απέχει λίγο από την κατάρρευση και πιθανόν δε θα επιβίωνε σε άλλο σεισμό, ακόμα και μέτριας έντασης.

ΟΚ Σημαντικών Βλαβών (SD): Ο φορέας έχει υποστεί σημαντικές βλάβες, διαθέτει εναπομένουσα πλευρική αντοχή και δυσκαμψία και τα κατακόρυφα στοιχεία είναι σε θέση να φέρουν τα κατακόρυφα φορτία. Τα μη-φέροντα στοιχεία έχουν υποστεί βλάβες, αν και τα διαχωριστικά και οι τοιχοπληρώσεις δεν παρουσιάζουν εκτός επιπέδου αστοχίες. Υπάρχουν μέτριες μόνιμες σχετικές παραμορφώσεις ορόφων. Ο φορέας μπορεί να αντέξει μετασεισμικούς μέτριας έντασης, Η επισκευή του φορέα πιθανόν να είναι αντισοικονομική.

ΟΚ Περιορισμού Βλαβών (DL): Ο φορέας έχει υποστεί μόνο ελαφριές βλάβες, με τα δομικά στοιχεία να έχουν αποφύγει σημαντική διαρροή και να διατηρούν την αντοχή τους και τις ιδιότητες της δυσκαμψίας τους. Τα μη-φέροντα στοιχεία, όπως τα διαχωριστικά και οι τοιχοπληρώσεις, μπορεί να παρουσιάζουν κατανεμημένη ρηγμάτωση, όμως η βλάβη θα μπορούσε να επισκευαστεί με οικονομικό τρόπο. Οι μόνιμες σχετικές παραμορφώσεις ορόφων είναι αμελητέες. Ο φορέας δεν απαιτεί μέτρα επισκευής.

ΚΑΔΕΤ

Αντίστοιχα με τον ΕΚ8-3, Ο ΚΑΔΕΤ στην παράγραφο 2.3 παρουσιάζει τις στάθμες επιτελεστικότητας καθώς και τα αντίστοιχα επίπεδα των σεισμικών διεγέρσεων για τα οποία πρέπει να ελέγχεται η εκπλήρωσή τους. Οι στάθμες επιτελεστικότητας του φέροντος οργανισμού ορίζονται συναρτήσει του ανεκτού βαθμού βλάβης ως εξής:

- a) **Περιορισμένες βλάβες (A):** Το δόμημα έχει υποστεί μόνο ελαφρές βλάβες. Τα δομικά στοιχεία διατηρούν σε υψηλό βαθμό τη φέρουσα ικανότητα και τη δυσκαμψία τους. Οι μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων είναι αμελητέες.
- b) **Σημαντικές βλάβες (B):** Το δόμημα έχει υποστεί σημαντικές βλάβες, ορισμένες από τις οποίες ενδέχεται να είναι βαριές, χωρίς να υπάρχουν τοπικές καταρρεύσεις, ωστόσο διαθέτει απομένουσα φέρουσα ικανότητα και δυσκαμψία, Τα κατακόρυφα στοιχεία είναι σε θέση να αναλαμβάνουν τα κατακόρυφα φορτία. Υπάρχουν μέτριες μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων, οι οποίες τοπικά μπορεί να είναι έντονες. Ο φέρων οργανισμός είναι σε θέση να ανταπεξέλθει σε μελλοντικούς σεισμούς μέτριας έντασης.
- c) **Οιονεί Κατάρρευση (Γ):** Το δόμημα έχει υποστεί βαριές βλάβες, στην πλειονότητά τους μη επισκευάσιμες. Η απομένουσα φέρουσα ικανότητα και δυσκαμψία είναι χαμηλή, όμως τα κατακόρυφα στοιχεία είναι ακόμα σε θέση να αναλαμβάνουν τα κατακόρυφα φορτία.

Υπάρχουν μεγάλες μόνιμες σχετικές μετακινήσεις ορόφων, Ο φέρων οργανισμός ουσιαστικά δεν διαθέτει περιθώριο ασφαλείας έναντι ολικής κατάρρευσης και πιθανόν δεν θα ανταπεξέλθει σε επόμενο σεισμό, ακόμα και μέτριας έντασης.

Στο αναθεωρημένο κείμενο του ΚΑΔΕΤ και πιο συγκεκριμένα στον πίνακα 2.1. της παραγράφου 2.3.1. παρουσιάζονται οι στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού Φέροντος Οργανισμού (σημειώνεται εδώ ότι οι στόχοι ανασχεδιασμού μπορεί και να είναι υψηλότεροι των στόχων αποτίμησης). Στον πίνακα αυτό παρουσιάζονται και οι στάθμες επιτελεστικότητας που εισάγονται στο πλαίσιο του αναθεωρημένου κειμένου.

Περίοδος Επαναφοράς (έτη)	Πιθανότητα υπέρβασης σεισμικής δράσης εντός του συμβατικού χρόνου ζωής των 50 ετών	$a_g / a_{g,ref}$	Στάθμη Επιτελεστικότητας Φέροντος Οργανισμού		
			A «Περιορισμένες Βλάβες»	B «Σημαντικές Βλάβες»	Γ «Οιονεί Κατάρρευση»
2475	2%	1.80	A0	B0	Γ0
975	5%	1.30	A1 ⁺	B1 ⁺	Γ1 ⁺
475	10%	1.00	A1	B1	Γ1
225	20%	0.75	A2 ⁺	B2 ⁺	Γ2 ⁺
135	30%	0.60	A2	B2	Γ2
70	50%	0.45	A3 ⁺	B3 ⁺	Γ3 ⁺
40	70%	0.35	A3	B3	Γ3
20	90%	0.25	A4 ⁺	B4 ⁺	Γ4 ⁺
<20	>90%	<0.25	A4	B4	Γ4

Εικόνα 14-1: Στόχοι αποτίμησης/ ανασχεδιασμού με βάση το αναθεωρημένο κείμενο του ΚΑΔΕΤ

Όπου $a_{g,ref}$ είναι η οριζόντια εδαφική επιτάχυνση αναφοράς που ορίζεται με πιθανότητα υπέρβασης της σεισμικής δράσης 10% στα 50 χρόνια συμβατικής ζωής ενός έργου. Προκύπτει από το Εθνικό Παράρτημα του EN1998-1 με βάση τις τρεις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας Z1, Z2, Z3 που ορίζονται για την Ελληνική επικράτεια στον Πίνακα 1 του συγκεκριμένου κανονισμού. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η επιτάχυνση $a_{g,ref}$ αντιστοιχεί σε έδαφος κατηγορίας A (Πίνακας 3.1 του EN1998-1) και σε σεισμό με περίοδο επαναφοράς που αντιστοιχεί στην απαίτηση «Μη κατάρρευσης». Για την τιμή αυτής της σεισμικής επιτάχυνσης που είναι τιμή αναφοράς ορίζεται συντελεστής σπουδαιότητας $\gamma_i=1.0$. Επομένως το $a_{g,ref}$ του πίνακα 1 του EN1998-1:

- Ορίζεται για έδαφος κατηγορίας A,
- Είναι συνδεδεμένο με σεισμό σχεδιασμού για τον οποίο πρέπει να αποφεύγεται η κατάρρευση. Για το σεισμό αυτό ορίζεται πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 έτη,
- Είναι συνδεδεμένη με τον συντελεστή σπουδαιότητας $\gamma_i=1.0$. Για διαφορετική τιμή της πιθανότητας υπέρβασης της σεισμικής δράσης σε 50 έτη μπορούν να οριστούν

διαφορετικοί συντελεστές σπουδαιότητας. Σημειώνεται εδώ ότι οι κατηγορίες και οι συντελεστές σπουδαιότητας γ_i δίνονται για τον Ελληνικό χώρο στην παράγραφο 4.2.5 της Ελληνικής έκδοσης του EN1998-1. Έτσι ισχύει η σχέση:

$$\alpha_g = \gamma_i \cdot \alpha_{gR}$$

Όπως παρατηρούμε στον πίνακα της εικόνας 14-1 οι στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού είναι αλληλένδετοι με τη επιλεγθείσα στάθμη σεισμικής διέγερσης όπως εκφράζεται από το λόγο $\alpha_g/a_{g,ref}$ καθώς και από την επιλεγθείσα στάθμη επιτελεστικότητας.

Ορίζονται τρεις στάθμες επιτελεστικότητας (η στάθμη Α «περιορισμένες βλάβες», η στάθμη Β «Σημαντικές βλάβες» και η στάθμη Γ «Οιονεί κατάρρευση») που ορίζονται συναρτήσει του βαθμού βλάβης. Επομένως ο πίνακας δηλώνει ότι ορίζονται επιπλέον «υποστάθμες» των τριών βασικών σταθμών οι οποίες διαφοροποιούνται με βάση την επιλογή που θα γίνει για το επίπεδο σεισμικής διέγερσης. Ωστόσο στον πίνακα ΠΑ.2.1 που δίνεται στην εικόνα 14-2 ορίζονται επιπλέον ΕΛΑΧΙΣΤΟΙ ΑΝΕΚΤΟΙ ΣΤΟΧΟΙ αποτίμησης ή ανασχεδιασμού ανάλογα με την κατηγορία σπουδαιότητας του μελετώμενου κτιρίου.

Κατηγορία Σπουδαιότητας	Ελάχιστοι Ανεκτοί Στόχοι
I	Γ2
II	Γ1
III	B1
IV	B1 και A2 (Ικανοποίηση και των δύο στόχων)

Σε κάθε περίπτωση να θεωρηθεί ότι ισχύει $A1 > A2$, $B1 > B2$, $\Gamma1 > \Gamma2$, $A1 > B1 > \Gamma1$ και $A2 > B2 > \Gamma2$

Εικόνα 14-2: Ελάχιστοι ανεκτοί στόχοι αποτίμησης ή ανασχεδιασμού σύμφωνα με τον ΚΑΔΕΤ

Επομένως η επιλογή που θα γίνει με βάση τον πίνακα 2.1 του ΚΑΔΕΤ δεν πρέπει να παραβιάζει τον αντίστοιχο πίνακα ΠΑ2.1. Επί παραδείγματι, αν το κτίριο που προβλέπεται να μελετηθεί ανήκει στην κατηγορία σπουδαιότητας II δεν μπορεί να επιλεγεί στόχος αποτίμησης λιγότερο αυστηρός από τον Γ1. Αυτό επί της ουσίας σημαίνει ότι εφόσον θέλουμε να παραμείνουμε στη στάθμη επιτελεστικότητας Γ δεν μπορούμε να επιλέξουμε επίπεδο σεισμικής διέγερσης που αντιστοιχεί σε λόγο $\alpha_g/a_{g,ref} < 1.00$. Θα πρέπει επίσης να γίνει μία σύντομη αναφορά στην εναλλακτική διαδικασία που προβλέπει ο ΚΑΔΕΤ για κτίρια σπουδαιότητας I και II έναντι της θεώρησης των ελάχιστων ανεκτών στόχων του πίνακα ΠΑ.2.1. Πιο συγκεκριμένα, για τα κτίρια των κατηγοριών σπουδαιότητας I, II μπορεί να γίνει διαδικασία τεκμηρίωσης ότι το κτίριο αναβαθμίζεται κατά τουλάχιστον μία βασική σεισμική κλάση όχι μόνον σε σχέση με αυτή που

αποδεδειγμένα ανήκει πριν την επέμβαση αλλά και από τη βασική σεισμική κλάση του πίνακα ΠΑ.2.2 που παρουσιάζεται στην Εικόνα 14-3:

Εφαρμοσθέντες Κανονισμοί Μελέτης και Κατασκευής	Ελάχιστη Βασική Σεισμική Κλάση Κτιρίου
...<1985	B3
1985≤...<1995	B3 ⁺
1995≤...	B2 ⁺

Εικόνα 14-3: Ελάχιστες βασικές σεισμικές κλάσεις υφιστάμενων κτηρίων.

Παράγραφος 2.2.1δ: Ως σεισμική κλάση ενός κτιρίου ορίζεται ο μέγιστος στόχος αποτίμησης ή ανασχεδιασμού που μπορεί να εξασφαλίσει ένα κτίριο για μία επιλεγείσα στάθμη επιτελεστικότητας. Η σεισμική κλάση ενός κτιρίου για στάθμη επιτελεστικότητας Β θεωρείται ως **βασική σεισμική κλάση**.

Επομένως για ένα κτίριο που κτίστηκε μεταξύ του 1985 και του 1995 και ανήκει στην κατηγορία σπουδαιότητας II ο ελάχιστος ανεκτός στόχος είναι Γ1 ή εναλλακτικά θα πρέπει να αποδειχθεί ότι το κτίριο μετά την επιλεγείσα δομητική επέμβαση αυξάνει τουλάχιστον κατά μία τη βασική σεισμική του κλάση όχι μόνον σε σχέση με αυτή που είχε πριν την επέμβαση αλλά και από την ελάχιστη σεισμική κλάση B3⁺. Πάντως σημειώνεται ότι η χρήση του πίνακα της εικόνας 14-3 είναι προαιρετική καθώς ο μελετητής μπορεί να κάνει νόμιμα τη μελέτη του με βάση τις απαιτήσεις του πίνακα της εικόνας 14-2.