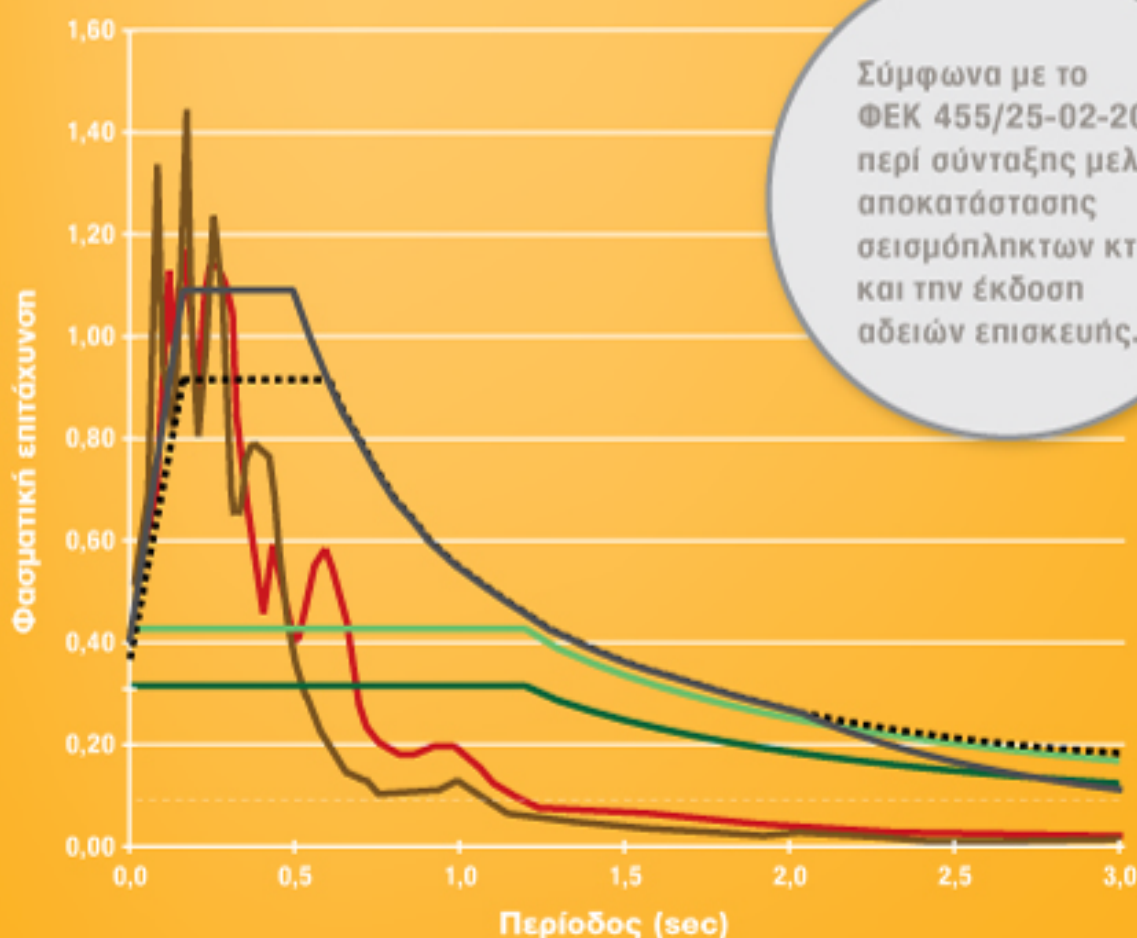


Παράδειγμα αποτίμησης της φέρουσας ικανότητας σεισμόπληκτου κτιρίου



Fespa R

For Windows

Αποτίμηση σεισμόπληκτου κτιρίου
&
Μελέτη αποκατάστασης και ενίσχυσης



Αθήνα, Απρίλιος 2014

Version 1.1.5

Πίνακας περιεχομένων

1	Εισαγωγή	5
2	Το ΦΕΚ 455 & ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. – Θεωρητικά στοιχεία	7
2.1	Κτίρια Κατηγορίας ΚΙ (ΑΚ ‘59/’85)	7
2.1.1	Κατάταξη.....	7
2.1.2	Φάσμα επιταχύνσεων για το σχεδιασμό επισκευών (ΦΕΚ 455).....	8
2.1.3	Ενισχυόμενα μέλη – Νέα δομικά στοιχεία	12
2.2	Σύγκριση ΚΑΝ.ΕΠΕ. με ΦΕΚ 455/25-02-2014.....	13
2.3	Παράγοντες που επηρεάζουν την καμπύλη αντίστασης	14
2.4	Πορεία εργασίας	15
3	Χειρισμός παραμέτρων στο Fespa	19
3.1	Εφαρμοζόμενες διατάξεις.....	19
3.2	Καθορισμός παραμέτρων στο Fespa.....	19
3.3	Σεισμική απαίτηση	29
3.4	Αντοχές υλικών	30
3.5	Στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων (ΣΑΔ)	32
3.6	Επίλυση	33
4	Παράδειγμα μελέτης σύμφωνα με το ΦΕΚ 455.....	37
4.1	Ο φορέας του παραδείγματος	37
4.1.1	Εισαγωγή φορέα & οπλισμών.....	38
4.2	Αποτίμηση φ.ι. σύμφωνα με το ΦΕΚ 455.....	38
4.2.1	Φορέας ως είχε πριν τις βλάβες (Βήμα 1)	38
4.2.2	Διερευνητικές επιλύσεις (Βήμα 2)	40
4.2.3	Φορέας με επεμβάσεις που θα υλοποιηθούν (Βήμα 3).....	42
5	Παράδειγμα μελέτης σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.	45
5.1	Ο σεισμός της Κεφαλλονιάς και οι ιδιαιτερότητες των κτιρίων της	45
5.1.1	Τα κτίρια της Κεφαλλονιάς.....	45
5.1.2	Ο σεισμός της Κεφαλλονιάς	49
5.2	Αποτίμηση φ.ι. σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.....	57
5.2.1	Φορέας ως είχε πριν τις βλάβες (Βήμα 1)	58
5.2.2	Διερευνητικές επιλύσεις (Βήμα 2)	61

5.2.3	Φορέας με επεμβάσεις που θα υλοποιηθούν (Βήμα 3).....	64
5.3	Εναλλακτικές προσεγγίσεις σύμφωνες με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.....	66

1

Εισαγωγή

Στα παρακάτω κεφάλαια παρουσιάζεται η διαδικασία αποτίμησης της φέρουσας ικανότητας και ανασχεδιασμού σεισμοπλήκτων κτιρίων με το Fespa σύμφωνα με το ΦΕΚ 455/25-02-2014 και τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Παρουσιάζονται **δύο μελέτες** αποτίμησης και αποκατάστασης **του ίδιου σεισμόπληκτου κτιρίου**, σύμφωνα με:

1. Το **ΦΕΚ 455** (τις απλοποιήσεις και τη μείωση της σεισμικής απαίτησης που εισάγει) (βλ. §4 του παρόντος).
2. Τον **ΚΑΝ.ΕΠΕ.** (χωρίς να λαμβάνεται υπόψη μειωμένο επίπεδο ασφάλειας) (βλ. §5 του παρόντος).

Η **πορεία εργασίας** που ακολουθείται είναι συνοπτικά η παρακάτω:

1. Ανάλυση φορέα ως είχε πριν τις βλάβες.
2. Ανάλυση φορέα με επεμβάσεις και διαστασιολόγηση νέων δομικών στοιχείων και ενισχυόμενων μελών. Εύρεση βέλτιστης λύσης.
3. Αποτίμηση φ.ι. φορέα με τις επεμβάσεις που θα υλοποιηθούν.

Εισάγονται στο Fespa:

1. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την καμπύλη αντίστασης του φορέα.
 - Καθορισμός αντοχών υφιστάμενων υλικών.
 - Καθορισμός συντελεστών μηχανικών χαρακτηριστικών βλαμμένων μελών και μελών ενισχυόμενων με μανδύα σκυροδέματος.
2. Οι παράγοντες που επηρεάζουν την καμπύλη απαίτησης.

Τροποποίηση φάσματος του EC8 σύμφωνα με το ΦΕΚ 455/25-02-2014.

 - Καθορισμός τιμής a_{gr} .

- Καθορισμός χαρακτηριστικών περιόδων φάσματος (T_B , T_C , T_D).

Με το ΦΕΚ 455/25-02-2014 ορίζεται το θεσμικό πλαίσιο, για την αποκατάσταση των βλαβών σε κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα, για κτίρια που έχουν πληγεί:

1. Στην Περιφερειακή Ενότητα **Ιωαννίνων** από το σεισμό στις 22 Σεπτεμβρίου 2012.
2. Στην Περιφερειακή Ενότητα **Κορινθίας** από το σεισμό στις 22 Σεπτεμβρίου 2012.
3. Στην Περιφερειακή Ενότητα **Χαλκιδικής** από το σεισμό στις 15 Φεβρουαρίου 2013.
4. Στις Περιφερειακές Ενότητες **Κοζάνης** και **Γρεβενών** από τους σεισμούς στις 22 και 3 Ιουλίου 2013.
5. Στις Περιφερειακές Ενότητες **Φθιώτιδας** και **Φωκίδας** από το σεισμό στις 7 Αυγούστου 2013.
6. Στις Περιφερειακές Ενότητες **Κεφαλληνίας** και **Ιθάκης** από το σεισμό στις 26 Ιανουαρίου 2014
7. Σε περιοχές που θα οριοθετηθούν με σχετικές Κοινές Υπουργικές Αποφάσεις.

2

Το ΦΕΚ 455 & ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. – Θεωρητικά στοιχεία

Σύμφωνα με το ΦΕΚ 455/25-02-2014 με θέμα «Καθορισμός ελαχίστων υποχρεωτικών απαιτήσεων για τη σύνταξη μελετών αποκατάστασης κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα, που έχουν υποστεί βλάβες από σεισμό και την έκδοση των σχετικών αδειών επισκευής», τα σεισμόπληκτα κτίρια κατατάσσονται στις κατηγορίες **KI** και **KII**.

2.1 Κτίρια Κατηγορίας KI (ΑΚ '59/'85)

2.1.1 Κατάταξη

2.1.1.1 Κτίρια Κατηγορίας KI

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα σεισμόπληκτα τα οποία:

- Μελετήθηκαν ή/και κατασκευάστηκαν πριν την εφαρμογή του Αντισεισμικού Κανονισμού του 1959 (ΦΕΚ36/Α, 26/02/1959)
- Μελετήθηκαν σύμφωνα με τον Αντισεισμικό Κανονισμό:
 - του 1959 (ΦΕΚ 36/Α, 26/02/1959)
 - του 1959 και τα πρόσθετα άρθρα του 1984-85 (ΦΕΚ 239/Β, 16/04/1984)
- Μελετήθηκαν/ελέγχθηκαν με διαφορετικούς αντισεισμικούς κανονισμούς και ένα τμήμα τους ελέγχθηκε με χρήση συντελεστή σεισμικής επιβαρύνσεως ϵ (π.χ. σε περίπτωση προσθηκών) ή/και απαλλάχτηκε από αντισεισμικό έλεγχο.
- Έχουν κατασκευαστεί χωρίς οικοδομική άδεια.

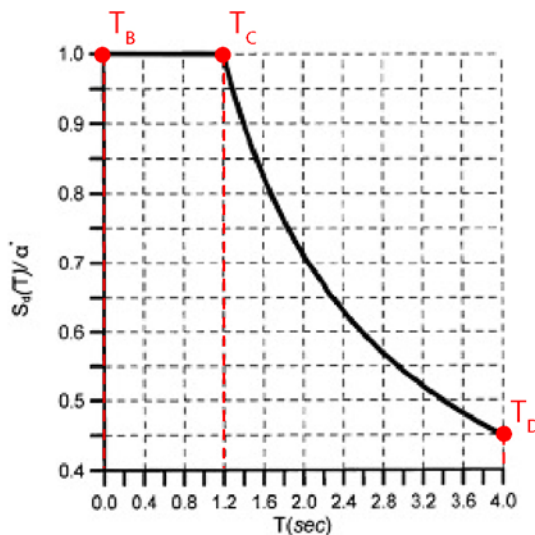
2.1.1.2 Κτίρια κατηγορίας KII

Στη κατηγορία αυτή κατατάσσονται τα σεισμόπληκτα κτίρια τα οποία μελετήθηκαν ή ελέγχθηκαν με χρήση φάσματος απόκρισης σε όρους επιτάχυνσης είτε με δυναμική ανάλυση είτε με απλοποιημένη φασματική μέθοδο π.χ. μελετήθηκαν σύμφωνα με τον Αντισεισμικό Κανονισμό:

- NEAK1992–95 (ΦΕΚ 613/Β, 12/10/1992).
- ΕΑΚ2000–2003 (ΦΕΚ 2184/Β, 20/12/1999).

2.1.2 Φάσμα επιταχύνσεων για το σχεδιασμό επισκευών (ΦΕΚ 455)

2.1.2.1 Κτίρια Κατηγορίας KI

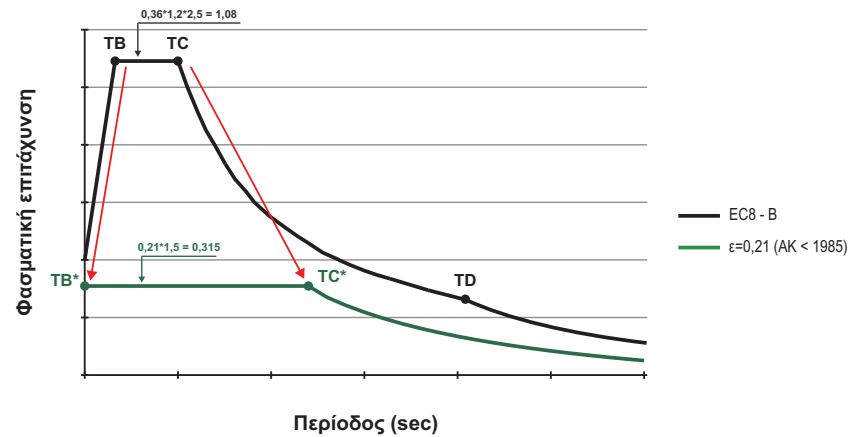


Σχήμα 2.1: Φάσμα απόκρισης για τις οριζόντιες σεισμικές συνιστώσες. Για μη γραμμική ανάλυση οι τιμές του φάσματος τροποποιούνται βάσει της §2.1.2 του ΦΕΚ.

Για τον καθορισμό της σεισμικής δράσης αντικαθίσταται το φάσμα απόκρισης σε όρους επιτάχυνσης του ΚΑΝ.ΕΠΕ. (ΕC8-1) με ένα νέο φάσμα απόκρισης σε όρους επιτάχυνσης όπως προσδιορίζεται στην §2 του άρθρου 4 του ΦΕΚ 455/25-02-2014.

Στο Σχήμα 2.1 φαίνεται ο ορισμός του φάσματος απόκρισης κατά το ΦΕΚ 455, ενώ στο Σχήμα 2.2 και το Σχήμα 2.3 απεικονίζονται οι τροποποιήσεις που

απαιτούνται ώστε το φάσμα απόκρισης του EC8 να προσαρμοσθεί στις απαιτήσεις του ΦΕΚ 455.



Σχήμα 2.2: Οι τροποποιήσεις που απαιτούνται ώστε το φάσμα απόκρισης EC8 να προσαρμοσθεί στις απαιτήσεις της §2 του άρθρου 4 του ΦΕΚ 455/25-02-2014.

Οι τροποποιήσεις που απαιτούνται ώστε το φάσμα απόκρισης EC8 να προσαρμοσθεί στις απαιτήσεις του ΦΕΚ 455/25-02-2014

Ελαστικό φάσμα επιταχύνσεων του EC8-1

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \beta_{o,EC} \quad T_B \leq T \leq T_C$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \beta_{o,EC} \cdot \frac{T_C}{T} \quad T_C \leq T \leq T_D$$

όπου

$$\beta_{o,EC} = 2,5$$

S συντελεστής εδάφους (1,1.2,...,1.4)

T_B, T_C εξαρτώνται από το έδαφος

Ελαστικό φάσμα επιταχύνσεων του ΦΕΚ 455/25-02-2014 για ΚΙ

$$S_e(T) = \alpha^* \cdot \beta_{o,ΦΕΚ} \quad T \leq T_C = 1,2$$

$$S_e(T) = \alpha^* \cdot \beta_{o,ΦΕΚ} \cdot \frac{T_C}{T} \quad T_C = 1,2 \leq T \leq T_D = 4,0$$

όπου

$$\beta_{o, \Phi EK} = 1,5 \quad \text{για } KI < 1985$$

$$\beta_{o, \Phi EK} = 2,0 \quad \text{για } 1985 < KI < 1995$$

$$T_B = 0,001, T_C = 1,2, T_D = 4,0$$

Από τα παραπάνω προκύπτει:

$$\alpha_{gR} = \alpha^* \cdot \begin{cases} \frac{\beta_{o, \Phi EK}}{\beta_{o, EC}} = \frac{1,5}{2,5} & KI < 1985 \\ \frac{\beta_{o, \Phi EK}}{\beta_{o, EC}} = \frac{2,0}{2,5} & 1985 < KI < 1995 \end{cases}$$

		Περίοδος μελέτης	β_o	Επιτάχυνση σχεδιασμού & τιμή παραμ. στο Fespa	Συντελεστής ε μελέτης (Αντισεισμικός κανονισμός 1959/84-85)				
					0,04	0,06	0,08	0,12	0,16
				a^*/g	0,09	0,11	0,14	0,21	0,28
Σπουδαιότητα	ΣΙ,	<1985	1,50	Fespa	0,054	0,066	0,084	0,126	0,168
	ΣΙΙ	85<...>95	2,00	$a_{gR}=(a^*/g)$	0,072	0,112	0,168	0,168	0,224
				a^*/g	0,12	0,16	0,21	0,32	0,34
	ΣΙΙΙ,	<1985	1,50	Fespa	0,072	0,096	0,126	0,192	0,204
	ΣΙV	85<...>95	2,00	$a_{gR}=(a^*/g)$	0,096	0,128	0,168	0,256	0,272

Πίνακας 2.1: Οι τιμές, για κτίρια κατηγορίας I, που θα πρέπει να εισαχθούν στο πρόγραμμα στην παράμετρο «Κτίριο» Φάσμα-Pushover> Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση agR » ώστε στη συνέχεια να πραγματοποιηθεί ανελαστική ανάλυση βάσει του ΦΕΚ 455/25-02-2014 §2.1.2.

Επεξηγήσεις στον πίνακα:

- ε ο συντελεστής σεισμικής επιβαρύνσεως που ίσχυε τον χρόνο σύνταξης της μελέτης
- a^*/g η ανηγμένη επιτάχυνση σχεδιασμού, όπως αυτή προκύπτει βάσει του Πίνακα 3 του ΦΕΚ ανάλογα με το συντελεστή σεισμικής επιβαρύνσεως ε .

β_o πολλαπλασιαστής των τιμών του φάσματος του σχήματος 2 του ΦΕΚ εν είδει «Φασματικής μεγέθυνσης» για εφαρμογή μη γραμμικών μεθόδων ανάλυσης. Βλ. ΦΕΚ §2.1.2.

$$\alpha_{gR} = (\alpha^*/g) \cdot \beta_o / 2,5$$

Εισακτέο δεδομένο στην παράμετρο «Κτίριο > Φάσμα-Pushover > Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση α_{gR} », του Fespa, ώστε να προκύψουν οι τιμές του φάσματος του Σχήματος 2 του ΦΕΚ, από το φάσμα του EC8.

2.1.2.2 Κτίρια κατηγορίας KII

Οι τροποποιήσεις που απαιτούνται ώστε το φάσμα απόκρισης EC8 να προσαρμοσθεί στις απαιτήσεις του ΦΕΚ 455/25-02-2014

Ελαστικό φάσμα επιταχύνσεων του ΦΕΚ 455/25-02-2014 για KII

$$S_e(T) = a_g \cdot \beta_{o,EAK} \quad T_B \leq T \leq T_C$$

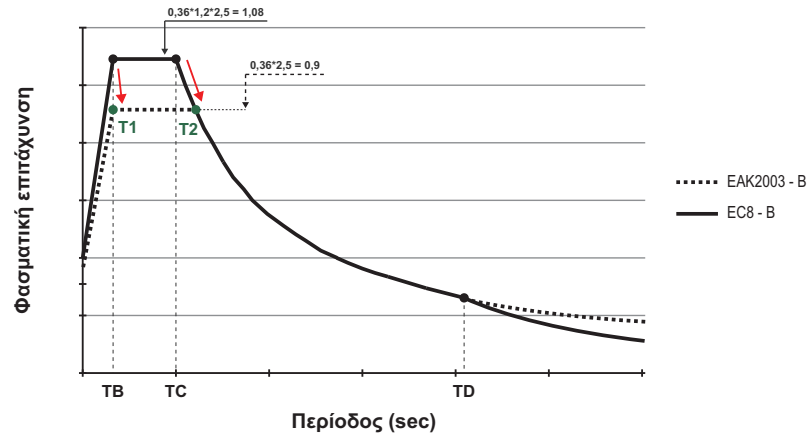
$$S_e(T) = a_g \cdot \beta_{o,EAK} \cdot \frac{T_C}{T} \quad T_C \leq T \leq T_D$$

όπου

$$\beta_{o,\Phi EK} = \beta_{o,EAK} = \beta_{o,EC} = 2,5$$

$$S = 1,0$$

$$T_{B,EC} = T_{1,EAK}, T_{C,EC} = T_{2,EAK}, T_{D,EC} = 4,0$$



Σχήμα 2.3: Φάσμα απόκρισης EC8 και φάσμα απόκρισης του EAK, όπως προσδιορίζεται στην §2.2 του άρθρου 4 του ΦΕΚ 455/25-02-2014

Σύμφωνα με την §2.2 του άρθρου 4 του ΦΕΚ 455/25-02-2014, για τον καθορισμό της σεισμικής δράσης, δεν υιοθετείται το φάσμα απόκρισης σε όρους επιτάχυνσης του EC8-1 που χρησιμοποιείται στον ΚΑΝ.ΕΠΕ., αλλά το φάσμα όπως παρουσιάζεται στους αντίστοιχους αντισεισμικούς κανονισμούς (NEAK & EAK):

$$\alpha_g = \gamma_1 \cdot \alpha_{gR}$$

Για παράδειγμα, για κατηγορία σπουδαιότητας II ($\gamma_1=1,0$) και για ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας III ($\alpha_{gR}=0,36$) έχουμε:

$$\alpha_g = 0,36 \cdot 1,0 = 0,36$$

2.1.3 Ενισχυόμενα μέλη – Νέα δομικά στοιχεία

2.1.3.1 Κτίρια Κατηγορίας KI

Η διαστασιολόγηση των μελών που πρέπει να ενισχυθούν και των νέων δομικών στοιχείων γίνεται, σύμφωνα με τους Ευρωκώδικες 2 και 8, με το φάσμα όπως προσδιορίζεται στην §2 του άρθρου 4 του ΦΕΚ 455/25-02-2014.

Ο συντελεστής συμπεριφοράς q λαμβάνεται ίσος με 1 (AK<1995).

Η διαδικασία περιγράφεται στην §3.6.

2.1.3.2 Κτίρια κατηγορίας KII

Η διαστασιολόγηση των ενισχύσεων και των νέων δομικών στοιχείων γίνεται με την ελαστική μέθοδο, κατά ΕΑΚ με το φάσμα του ΕΑΚ και συντελεστή συμπεριφοράς q ίσο με 3,5.

Η διαδικασία περιγράφεται στην §3.6.

Μετά τη διαστασιολόγηση, θα γίνει έλεγχος ολόκληρου του κτιρίου με Pushover.

2.2 Σύγκριση ΚΑΝ.ΕΠΕ. με ΦΕΚ 455/25-02-2014

Αποτίμηση Φ.Ι. με μη ελαστικές μεθόδους (Pushover)		
Παράμετρος	Κτίρια κατηγορίας KI	Κτίρια κατηγορίας KII
«Κτίριο > Φάσμα- Pushover > Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση a_{gR} »	Τροποποίηση φάσματος ΕΚ8 σύμφωνα με το ΦΕΚ 455: $\alpha_{gR} = \alpha^* \cdot \begin{cases} \frac{1,5}{2,5} & \text{για } AK < 1985 \\ \frac{2,0}{2,5} & \text{για } 1985 < AK < 1995 \end{cases}$	Τροποποίηση φάσματος ΕΚ8 σύμφωνα με το φάσμα του ΕΑΚ, π.χ. για τη σεισμική ζώνη III: $\alpha_{gR} = 0,36$
«Κτίριο > Φάσμα > Χαρακτηριστικές περιόδοι φάσματος»	Σύμφωνα με το ΦΕΚ 455: TB=0,01 TC=1,2 TD=4,00 S = 1,00	Σύμφωνα με τον ΕΑΚ: TB=T1,ΕΑΚ TC=T2,ΕΑΚ TD=4,00 S = 1,00

Πίνακας 2.2: Σύγκριση παραμέτρων φάσματος (για αποτίμηση) για κτίρια κατηγορίας I και II.

Διαστασιολόγηση νέων & ενισχυόμενων μελών με ελαστικές μεθόδους		
Παράμετρος	Κτίρια κατηγορίας KI	Κτίρια κατηγορίας KII
«Κτίριο > Συντελεστής σεισμικής συμπεριφοράς οριζόντια, q_x/q_z »	1,00	3,50
«Κτίριο > Φάσμα > Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση a_{gR} »	Τροποποίηση φάσματος ΕΚ8 σύμφωνα με το ΦΕΚ 455: $\alpha_{gR} = \alpha^* \cdot \begin{cases} \frac{1,5}{2,5} & \text{για } AK < 1985 \\ \frac{2,0}{2,5} & \text{για } 1985 < AK < 1995 \end{cases}$	Τροποποίηση φάσματος ΕΚ8 σύμφωνα με το φάσμα του ΕΑΚ, π.χ. για τη σεισμική ζώνη III: $\alpha_{gR} = 0,36$

Πίνακας 2.3: Σύγκριση παραμέτρων φάσματος (για διαστασιολόγηση) για κτίρια κατηγορίας I και II.

2.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την καμπύλη αντίστασης

Αντοχές υφιστάμενων υλικών

Σύμφωνα με την §2.2 του ΦΕΚ 455/25-02-2014, στην περίπτωση που δεν έχουν πραγματοποιηθεί εργαστηριακές μετρήσεις για την εκτίμηση της αντοχής επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται για την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό εμπειρικές τιμές αντοχής.

Εφαρμοσθέντες κανονισμοί μελέτης & κατασκευής	«Ονομαστική» μέση τιμή f_{cm} (MPa)	Χαρακτηριστική τιμή f_{ck} (MPa)
AK < 1954	10	6
1954 < AK < 1985	12	8
1985 < AK < 1995	16	12
1995 < AK	20	16

Πίνακας 2.4: Αντιπροσωπευτικές τιμές θλιπτικής αντοχής σκυροδέματος (ΦΕΚ 455/25-02-2014, §2.2, Πίνακας 4).

Κατηγορία χάλυβα οπλισμού	«Ονομαστική» μέση τιμή f_{ym} (MPa)	Χαρακτηριστική τιμή f_{yk} (MPa)
S220 & StI	280	240
S400 & StIII	450	410
S500 & StIV	520	500

Πίνακας 2.5: Αντιπροσωπευτικές τιμές διαρροής χάλυβα οπλισμού (ΦΕΚ 455/25-02-2014, §2.2, Πίνακας 5).

Παρατήρηση

Κατά την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας κατασκευής χρησιμοποιούνται οι μέσες τιμές των **αντοχών** για το υφιστάμενο σκυρόδεμα και τον υφιστάμενο χάλυβα, και όχι οι χαρακτηριστικές.

Οι αντοχές αυτές υπεισέρχονται αυτόματα στην κατασκευή των σκελετικών διαγραμμάτων συμπεριφοράς M-θ.

2.4 Πορεία εργασίας

Για την ολοκλήρωση μιας μελέτης επισκευής οικοδομικού έργου, πρέπει να ακολουθηθούν τα παρακάτω βήματα:

	Βήμα 1	Βήμα 2	Βήμα 3
Φορέας	Ως είχε πριν τις βλάβες (υφιστάμενα μέλη)	Με επεμβάσεις (νέα & ενισχυόμενα μέλη)	Με επεμβάσεις (νέα & ενισχυόμενα μέλη)
Σκοπός	Αίτια βλαβών	Εύρεση βέλτιστης λύσης	Αποτίμηση φ.ι. φορέα με τις επεμβάσεις που θα υλοποιηθούν τελικά

Βήμα 1 (Διερευνητική επίλυση)

Γίνεται επίλυση του φορέα ως είχε πριν τις βλάβες. Σκοπός του βήματος αυτού είναι η εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων για την απόκριση της κατασκευής και τα αίτια των βλαβών.

Τα στοιχεία στα οποία προκύπτει ανεπάρκεια πρέπει να είναι αυτά στα οποία όντως προέκυψαν βλάβες κατά το σεισμό.

Για να ληφθούν υπόψη «κοινωνικοοικονομικές» ανάγκες, όπως περιγράφονται στο ΦΕΚ 455/25-02-2014, για τον καθορισμό της σεισμικής δράσης, πρέπει να μην υιοθετείται το φάσμα απόκρισης του ΕΚ 8-1, που χρησιμοποιείται στον ΚΑΝ.ΕΠΕ, αλλά το «απομειωμένο», όπως αυτό προσδιορίζεται στο ΦΕΚ 455/25-02-2014.

Σύμφωνα με το ΦΕΚ 455/25-02-2014, η επίλυση θα πραγματοποιηθεί χωρίς να συνεκτιμάται η συμμετοχή των τοιχοπληρώσεων.

Τα προς ενίσχυση μέλη είναι:

1. Τα **βλαμένα** στοιχεία για τα οποία προέκυψε ανεπάρκεια ($\lambda > 1$) κατά την επίλυση.
2. Τα στοιχεία στα οποία δεν προέκυψε ανεπάρκεια ($\lambda < 1$) κατά την επίλυση αλλά εμφάνισαν βαρείες **βλάβες** (Γ ή Δ) κατά το σεισμό. Στην περίπτωση ελαφριών βλαβών γίνεται ενίσχυση κατά την κρίση του μηχανικού.
3. Τα στοιχεία **χωρίς βλάβες** στα οποία όμως προέκυψε ανεπάρκεια ($\lambda > 1$) κατά την επίλυση (κατά την κρίση του μηχανικού).

Σημείωση

Στη συνήθη περίπτωση που τα αίτια των βλαβών δεν εξηγούνται από το μέγεθος του σεισμού όπως προσδιορίζεται στο ΦΕΚ 455/25-02-2014, για να προκύψουν ρεαλιστικά και χρήσιμα συμπεράσματα για τα αίτια αυτά και τα αναγκαία μέτρα για την αποφυγή νέων ζημιών, θα μπορούσε η επίλυση να γίνει ακολουθώντας π.χ. το φάσμα απόκρισης του EC8 που χρησιμοποιείται στον ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Σύμφωνα με τους ανεκτούς στόχους αποτίμησης (Πίνακας 2.1, ΚΑΝ.ΕΠΕ.) και π.χ. για σπουδαιότητα κτιρίου Σ2 (συνήθης) επιλέγουμε:

1. Στάθμη επιτελεσματικότητας «Περιορισμός βλαβών» (DL ή Α) με πιθανότητα υπέρβασης **80%** (περίοδο επαναφοράς 31 έτη).
2. Στάθμη επιτελεσματικότητας «Σημαντικών βλαβών» (SD ή Β) με πιθανότητα υπέρβασης **50%** (περίοδο επαναφοράς 72 έτη).
3. Στάθμη επιτελεσματικότητας «Οιονεί κατάρρευσης» (NC ή Γ) με πιθανότητα υπέρβασης **10%** (περίοδο επαναφοράς 475 έτη).

Στην περίπτωση αυτή ο **ρόλος των τοιχοπληρώσεων** είναι καθοριστικός και γι' αυτό η επιρροή τους πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την ανάλυση. Εξάλλου, είναι κοινή πεποίθηση ότι η πλειοψηφία των κτισμάτων της Κεφαλλονιάς άντεξε στο σεισμό λόγω της καλής συμπεριφοράς των τοιχοπληρώσεών τους (βλ. και Σχήμα 5.5).

Βήμα 2 (Πολλαπλές παραμετρικές επιλύσεις)

Επίλυση φορέα με τις αναγκαίες επεμβάσεις στα μέλη που καθορίστηκαν στο βήμα 1.

Πιθανή προσθήκη νέων δομικών στοιχείων.

Διενεργούνται πολλαπλές επιλύσεις ώστε να προσδιοριστεί η όσο το δυνατόν καλύτερη λύση.

Για τον καθορισμό της σεισμικής δράσης, για την αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας στο βήμα αυτό, υιοθετείται το «απομειωμένο» φάσμα απόκρισης, όπως καθορίζεται στο ΦΕΚ 455/25-02-2014.

Βήμα 3 (Τελική λύση)

Αποτίμηση φ.ι. του φορέα με τις επεμβάσεις που θα υλοποιηθούν τελικά, ακολουθώντας ένα από τα παρακάτω βήματα:

Για τον καθορισμό της σεισμικής δράσης υιοθετείται το «απομειωμένο» φάσμα απόκρισης, όπως αυτό προσδιορίζεται στο ΦΕΚ 455/25-02-2014.

3

Χειρισμός παραμέτρων στο Fespa

3.1 Εφαρμοζόμενες διατάξεις

Για την αποκατάσταση των σεισμοπλήκτων κτιρίων, ακολουθούνται:

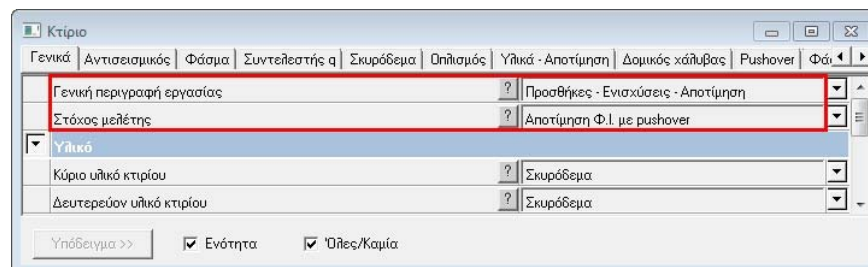
1. Η απόφαση του ΦΕΚ 455/25-02-2014 με θέμα «Καθορισμός ελαχίστων υποχρεωτικών απαιτήσεων για τη σύνταξη μελετών αποκατάστασης κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα, που έχουν υποστεί βλάβες από σεισμό και την έκδοση των σχετικών αδειών επισκευής»
2. Οι Ευρωκώδικες & το ελληνικό εθνικό προσάρτημα
3. Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. 2013 (ΦΕΚ 2187/05-09-2013)

3.2 Καθορισμός παραμέτρων στο Fespa

Στις επόμενες σελίδες παρουσιάζονται οι παράμετροι που πρέπει να εισαχθούν στο Fespa για την αποτίμηση φέρουσας ικανότητας μίας σεισμόπληκτης κατασκευής σύμφωνα με το ΦΕΚ 455/25-02-2014.

Γενικά

- Κτίριο> Γενικά> Γενική περιγραφή εργασίας = Προσθήκες–Ενισχύσεις–Αποτίμηση
- Κτίριο> Γενικά> Στόχος μελέτης = Αποτίμηση Φ.Ι. με pushover

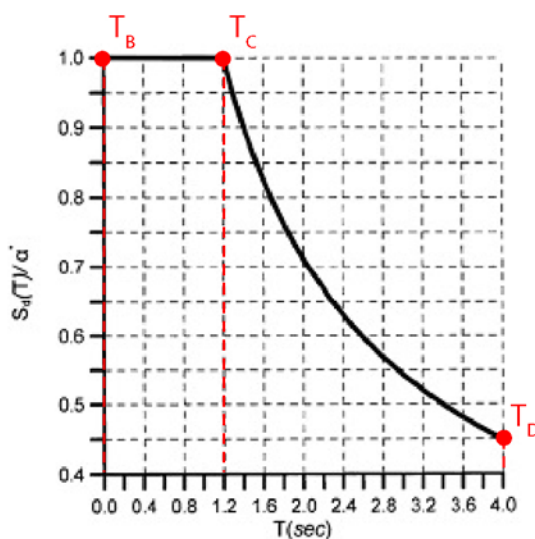


Εικόνα 3.1: Η καρτέλα «Γενικά» του «Κτιρίου».

Φάσμα

Το **φάσμα** του EC8 πρέπει να **τροποποιηθεί κατάλληλα** σύμφωνα με τις απαιτήσεις του ΦΕΚ 455/25-02-2014. Επεμβαίνουμε λοιπόν στις παρακάτω παραμέτρους:

- Κτίριο> Φάσμα> Κατηγορία εδάφους = A (έτσι ώστε $S=1,0$)
- Κτίριο> Φάσμα> Χαρακτηριστικές περιόδους φάσματος ($T_B=0.001$, $T_C=1.2$, $T_D=4.0$)



Σχήμα 3.1: Φάσμα απόκρισης για τις οριζόντιες σεισμικές συνιστώσες. Για μη γραμμική ανάλυση οι τιμές του φάσματος τροποποιούνται βάσει της §2.1.2 του ΦΕΚ.

Εικόνα 3.2: Η καρτέλα «Φάσμα» του «Κτιρίου».

Χαρακτηρισμός μελών

Τα μέλη μπορούν να χαρακτηρισθούν ως νέα, ενισχυόμενα ή υφιστάμενα μέσω της αντίστοιχης παραμέτρου (βλ. Εικόνα 3.3).

Εικόνα 3.3: Η καρτέλα «Υλικά – Αποτίμηση» του «Κτιρίου».

Μέθοδοι ενίσχυσης στο Fespa

Εάν ένα μέλος χαρακτηριστεί «Ενισχυόμενο» γίνεται ενεργή η παράμετρος «Υποστύλωμα/Δοκός > Υλικά-Αποτίμησης > Μέθοδος ενίσχυσης».

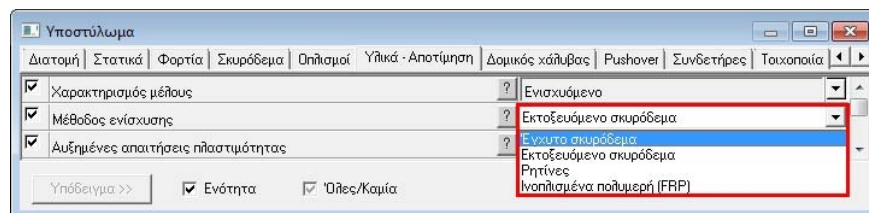
1. Έγχυτο ή εκτοξευόμενο σκυρόδεμα

Μανδύας σκυροδέματος, ο οποίος περιγράφεται αποδίδοντας την νέα-μεγαλύτερη διατομή στη δοκό, το υποστύλωμα ή το τοίχωμα που ενισχύεται.

2. Ρητίνες

3. Ινοπλισμένα πολυμερή (FRP)

Αφορά τοιχώματα και υποστυλώματα με ορθογωνική ή κυκλική διατομή και δοκούς



Εικόνα 3.4: Η καρτέλα «Υλικά-Αποτίμηση» του «Υποστυλώματος». Επιλέγεται η επιθυμητή μέθοδος ενίσχυσης.

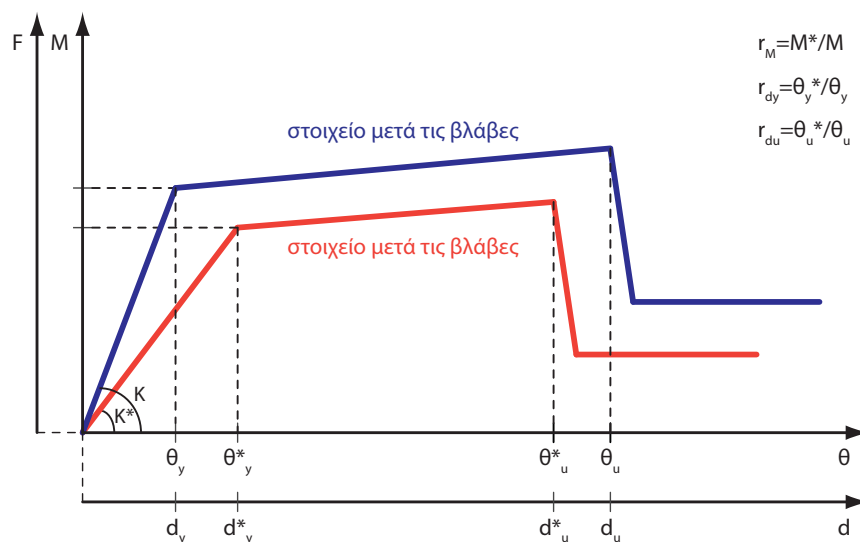
Στην περίπτωση ενίσχυσης με μανδύα σκυροδέματος θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι **συντελεστές μηχανικών χαρακτηριστικών r** που προβλέπονται στην EC8-3 §A.4.2.2(2), ενώ σε περιπτώσεις μελών με βλάβες, αλλά χωρίς ενίσχυση, θα πρέπει να εισάγονται οι κατάλληλες τιμές για τους **συντελεστές βλάβης r** , σύμφωνα με τον πίνακα Π1 του παραρτήματος 7Δ του ΚΑΝ.ΕΠΕ. (βλ. §2.3 του παρόντος).

Συντελεστές r_i μηχανικών χαρακτηριστικών

Ανάλογα με το βαθμό βλάβης ο μελετητής μπορεί να εισάγει τις τιμές των συντελεστών βλάβης r (ή αλλιώς μονολιθικότητας), του πίνακα Π1 του παραρτήματος 7Δ του ΚΑΝ.ΕΠΕ., με τους οποίους πολλαπλασιάζονται οι χαρακτηριστικές τιμές των σκελετικών διαγραμμάτων ροπής στρώσης M-θ, καθώς και οι αντοχές τέμνουσας V_R .

Παρατήρηση

Ο συντελεστής μηχανικών χαρακτηριστικών και ο συντελεστής βλάβης δίνονται στο Fespa στην ίδια παράμετρο (βλ. και §3.2 του παρόντος) ως γινόμενο επιμέρους παραγόντων $R = r_1 \cdot r_2 \cdot r_3 \cdot \dots$.



Σχήμα 3.2: Σκελετική καμπύλη συμπεριφοράς δομικού στοιχείου στη γενική μορφή $F-d$ πριν και μετά τις βλάβες όπως αυτή διαμορφώνεται βάσει των συντελεστών r μηχανικών χαρακτηριστικών. Βλ. ΚΑΝ.ΕΠΕ. παράρτ. 7Δ.

Τυπικός βαθμός	Περιγραφή βλάβης	r_K	r_R	r_{du}	$F (=R)$
A	Ελαφρές καμπτικές (καθόλου διατμ.) βλάβες. Απλές, μεμονωμένες ρωγμές περίπου κάθετες στον άξονα του στοιχείου, <2mm, απουσία λοξών ρωγμών	0,95	1,00	1,00	M ή V
A/B	Ελαφρές καμπτικές ή διατμητικές βλάβες. 1. Ρωγμές (μάλλον πολλαπλές) περίπου κάθετες στον άξονα του στοιχείου (<2mm), λοξές ρωγμές περίπου κάθετες στον άξονα του στοιχείου (<1mm). Απουσία εμφανών μόνιμων μετακινήσεων ή λυγισμού. Απουσία αποφλοιώσης.	0,90 0,80	1,00 0,90	1,00	M V

	2. Διατμητικές. Μέτριες ρωγμές περίπου κάθετες στον άξονα του στοιχείου (3-5mm), λοξές ρωγμές (1-2m m). Απουσία εμφανών μόνιμων μετακινήσεων ή λυγισμού. Μικρή αποφλοιώση.	0,70 0,50	0,90 0,80	0,95 0,90	M V
B	Σοβαρές καμπτικές/ μέτριες διατμητικές βλάβες. Ρωγμές περίπου κάθετες στον άξονα του στοιχείου (<5mm), λοξές ρωγμές (<3mm). Απουσία μετακινήσεων ή λυγισμού. Αποφλοιώση.	0,55 0,40	0,80 0,60	0,90 0,80	M V
Γ/Δ	Σοβαρές έως βαριές βλάβες. 1. Καμπτικές. Λυγισμός ράβδων και αποφλοιώση, αποδιοργάνωση πυρήνα ή έντονη διαμπερής ρηγμάτωση, με ολίσθηση, ή μόνιμη μετακίνηση των άκρων >1-2%*l. 2. Διατμητικές. Έντονες λοξές ρωγμές (>3mm), μάλλον πολλαπλές, χιαστί ή απλώς διαγώνιες, μικρές αλλά αισθητές μόνιμες μετακινήσεις των άκρων του στοιχείου.	0,30 0,20	0,50 0,30	0,70 0,60	M V
Δ (ή Δ/Ε)	Πλήρης αστοχία, απώλεια στοιχείου. Λυγισμός ή/και θραύση ράβδων, ή άνοιγμα (ή θραύση) συνδετήρων, ή ρωγμή > 10mm, ή μόνιμη μετακίνηση των άκρων >2%*l (συμπεριλαμβανομένης και της ενδεχόμενης ολίσθησης).	0,00	0,00	0,00	M ή V

Πίνακας 3.1: Μειωτικοί συντελεστές r για βλαμμένα υποστρώματα και δοκούς (Πίνακας Π1, Παράρτημα 7Δ, ΚΑΝ.ΕΠΕ.)

Στάθμη βλαβών	Περιγραφή βλάβης	r_k	r_R
Ελαφρές	Ελαφρές (έως μέτριες) ρωγμές, <2-3 mm, γύρω από ανοίγματα, ή ρωγμές αποκόλλησης του ΦΟ και ΟΠ.	0,90	0,90
	Πολλαπλές ελαφρές ρωγμές, ιδίως σε τοίχους με ανοίγματα.	0,70	0,70
Σοβαρές	Έντονη ρηγμάτωση, διαγώνια ή δισδιαγώνια, με εύρος ρωγμής > 5 mm, αποκόλληση από το σκελετό, ρηγμάτωση των διαζωμάτων, απουσία σημαντικών μετακινήσεων εκτός επιπέδου (< 5 mm).	0,50	0,50
Βαριές	Έντονη ρηγμάτωση, γενικώς δισδιαγώνια, με εύρος ρωγμής > 10 mm, αποκόλληση από το σκελετό, βλάβες των διαζωμάτων και μικρή μετακίνηση εκτός επιπέδου (μικρότερη των 15 mm).	0,20	0,20

Πίνακας 3.2: Μειωτικοί συντελεστές r (r_V) για βλαμμένες άοπλες και συνήθους τύπου τοιχοπληρώσεις (Πίνακας Π3, Παράρτημα 7Δ, ΚΑΝ.ΕΠΕ.)

Βλαμμένο υποστυλώμα

Για παράδειγμα, στην περίπτωση υποστυλώματος με **βαθμό βλάβης B** εισάγονται οι παρακάτω τιμές των συντελεστών:

$$r_M = \frac{M^*}{M} = r_R = 0,8 \quad (\text{ροπή διαρροής \& αστοχία})$$

$$r_{dy} = \frac{\theta_y^*}{\theta_y} = \frac{1}{r_k} = \frac{1}{0,55} = 1,82 \quad (\text{στροφή διαρροής})$$

$$r_{du} = \frac{\theta_u^*}{\theta_u} = 0,9 \quad (\text{οριακή στροφή})$$

$$r_V = \frac{VR^*}{VR} = r_R = 0,6 \quad (\text{διατμητική αντοχή})$$

Παράμετρος	Τύπος	Τιμή
Χαρακτηρισμός μέλους	?	Υφιστάμενο
Μέθοδος ενίσχυσης	?	Έγχυτο σκυρόδεμα
Αυξημένες απαιτήσεις ηλιαστικότητας	?	Ναι (Κύριο σεισμικό μέλος)
Συντελεστές Μηχανικών χαρακτηριστικών		
Ροπή διαρροής & αστοχίας $r_M = M^*/M$	?	0.800
Στροπή διαρροής $r_{dvj} = \theta_y^*/\theta_y$	?	1.820
Στροπή διαρροής (ενίσχυση με μανδύα) $r_{dvj} = \theta_y^*/\theta_y$	?	1.050
Οριακή στροπή $r_{du} = \theta_u^*/\theta_u$	?	0.900
Διατμητική αντοχή $r_{vj} = V_R^*/V_R$	?	0.600
Διατμητική αντοχή (ενίσχυση με μανδύα) $r_{vj} = V_R^*/V_R$	?	0.900

Εικόνα 3.5: Η καρτέλα «Υλικά-Αποτίμηση» του «Υποστυλώματος». Εισάγονται οι τιμές των συντελεστών βλάβης για το **βλαμμένο μέλος**.

Ενισχύσιμο με μανδύα υποστυλώμα

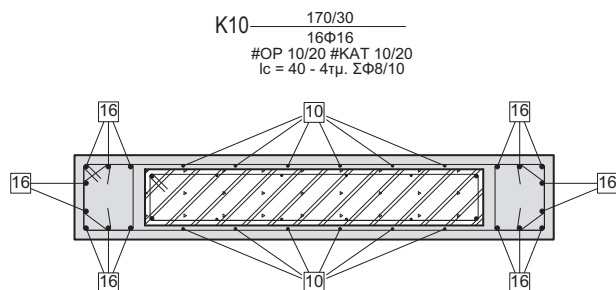
Στην περίπτωση υποστυλώματος με **βαθμό βλάβης B**, που ενισχύεται με **μανδύα σκυροδέματος** (όπως π.χ. το υποστυλώμα που φαίνεται στο Σχήμα 3.3) εισάγονται οι παρακάτω τιμές:

$$r_M = \frac{M^*}{M} = r_R = 0,8$$

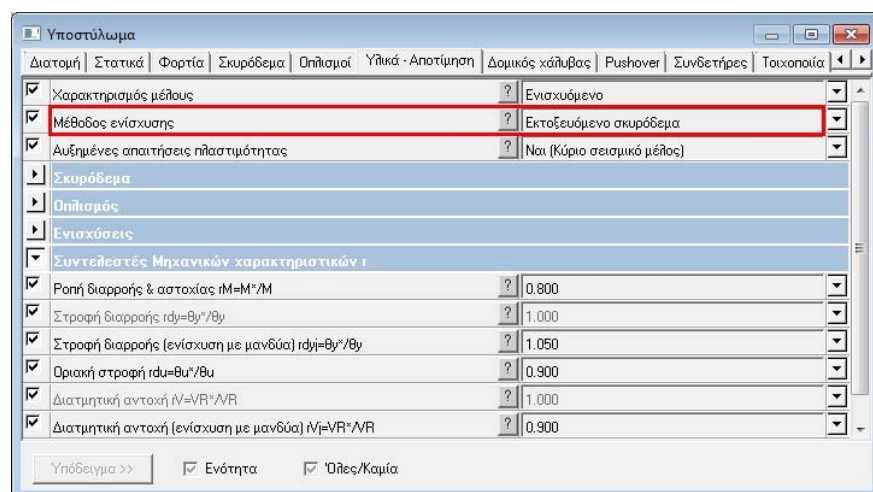
$$r_{dvj} = \frac{\theta_y^*}{\theta_y} = 1,05 \quad \text{EC8-3, §A.4.2.2(2)}$$

$$r_{du} = \frac{\theta_u^*}{\theta_u} = 0,9$$

$$r_{vj} = \frac{VR^*}{VR} = 0,9 \quad \text{EC8-3, §A.4.2.2(2)}$$



Σχήμα 3.3: Διατομή ενισχυόμενου μέλους



Εικόνα 3.6: Η καρτέλα «Υλικά-Αποτίμηση» του «Υποστυλώματος». Εισάγονται οι τιμές των συντελεστών βλάβης για το μέλος που ενισχύεται με **μανδύα** σκυροδέματος.

Ενισχυόμενο με FRP

Για παράδειγμα, στην περίπτωση υποστυλώματος με **βαθμό βλάβης B**, που ενισχύετε με **FRP** εισάγονται οι παρακάτω τιμές:

$$r_M = \frac{M^*}{M} = r_R = 0,8$$

$$r_{\theta y} = \frac{\theta_y^*}{\theta_y} = \frac{1}{r_k} = \frac{1}{0,55} = 1,82$$

$$r_{du} = \frac{\theta_u^*}{\theta_u} = 0,9$$

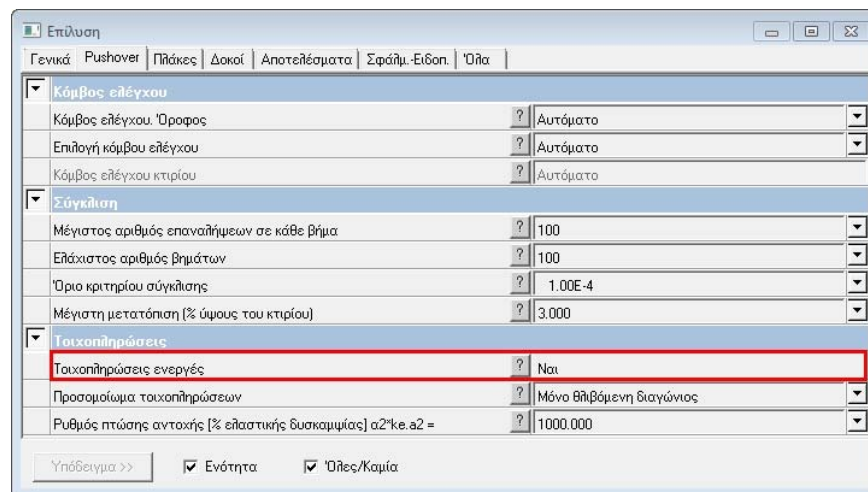
$$r_v = \frac{VR^*}{VR} = r_R = 0,6$$

Παράμετρος	Τύπος	Τιμή
Χαρακτηρισμός μέλους	?	Ενισχυόμενο
Μέθοδος ενίσχυσης	?	Ινοπλισμένα πολυμερή (FRP)
Αυξημένες απαιτήσεις πιστοποίησης	?	Ναι (Κύριο σεισμικό μέλος)
Συντελεστές Μηχανικών χαρακτηριστικών γ		
Ροπή διαρροής & αστοχίας M^*/M	?	0.800
Στροφή διαρροής θ_y^*/θ_y	?	1.820
Στροφή διαρροής (ενίσχυση με μανδύα) θ_y^*/θ_y	?	1.050
Οριακή στροφή θ_u^*/θ_u	?	0.900
Διαμητική αντοχή VR^*/VR	?	0.600
Διαμητική αντοχή (ενίσχυση με μανδύα) VR^*/VR	?	0.900

Εικόνα 3.7: Η καρτέλα «Υλικά-Αποτίμηση» του «Υποστυλώματος». Εισάγονται οι τιμές των συντελεστών βλάβης για το μέλος που ενισχύεται με **FRP**.

Τοιχοπληρώσεις

Μέσω της παραμέτρου «Επίλυση» Pushover» Τοιχοπληρώσεις ενεργές» παρέχεται στο μελετητή η δυνατότητα να επιλέξει εάν οι τοιχοπληρώσεις που έχει ήδη εισάγει στο προσομοίωμα θα είναι ενεργές στην ανάλυση ή όχι.



Εικόνα 3.8: Η καρτέλα «Επίλυση» Pushover».

3.3 Σεισμική απαίτηση

Σύμφωνα με το άρθρο 4 του ΦΕΚ 455/25-02-2014, για την εξυπηρέτηση ευρύτερων **κοινωνικοοικονομικών** αναγκών ορίζεται για όλες τις περιπτώσεις η στάθμη επιτελεστικότητας «**Προστασία ζωής**» (SD ή B) («Κτίριο» Φάσμα-Pushover»).

Υπολογισμός α_{gR}

Για τον καθορισμό της σεισμικής δράσης δεν υιοθετείται το φάσμα απόκρισης σε όρους επιτάχυνσης του EC8-1, που χρησιμοποιείται στον ΚΑΝ.ΕΠΕ., αλλά το φάσμα απόκρισης σε όρους επιτάχυνσης όπως προσδιορίζεται στην §2 του άρθρου 4 του ΦΕΚ 455/25-02-2014.

$$\alpha_{gR} = \alpha^* \cdot \begin{cases} \frac{1,5}{2,5} & \text{για } AK < 1985 \\ \frac{2,0}{2,5} & \text{για } 1985 < AK < 1995 \end{cases}$$

Π.χ., σύμφωνα με τον Πίνακα 3 του ΦΕΚ 455/25-02-2014, για $\varepsilon=0.12$, ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας ΙΙΙ (Κεφαλλονιά) και σπουδαιότητα κτιρίου ΙΙ, έχουμε:

$$\alpha_{gR} = a^* \cdot \frac{1,5}{2,5} = 0,21 \cdot \frac{1,5}{2,5} = 0,126$$

Σημείωση

Η κατηγορία σπουδαιότητας που υπάγεται το εξεταζόμενο σεισμόπληκτο κτίριο λαμβάνεται σύμφωνα με τον Πίνακα 2 του ΦΕΚ 455/25-02-2014.

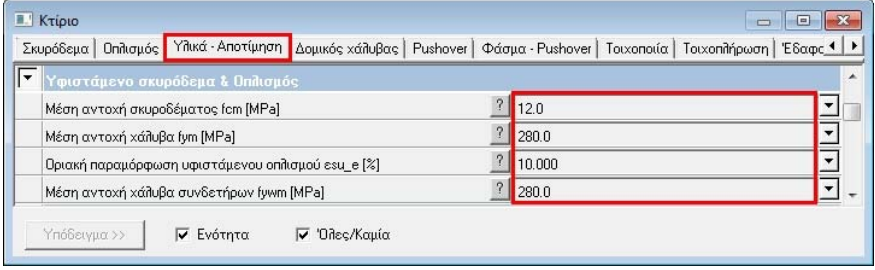
Εικόνα 3.9: Ο καθορισμός της μέγιστης εδαφικής επιτάχυνσης α_{gR} που θα ληφθεί υπόψιν κατά την αποτίμηση φ.ι. γίνεται στην καρτέλα «Κτίριο – Φάσμα-Pushover».

3.4 Αντοχές υλικών

Αντοχές υφιστάμενων υλικών

Στην περίπτωση που δεν έχουν γίνει επιτόπου μετρήσεις, οι τιμές των αντοχών επιτρέπεται να λαμβάνονται σύμφωνα με τους Πίνακες 4 και 5 του ΦΕΚ 455/25-02-2014:

- Μέση αντοχή σκυροδέματος f_{cm} = **12 MPa** (1954<Α.Κ.<1985)
- Μέση αντοχή χάλυβα f_{ym} = **280 MPa** (StI)
- Μέση αντοχή χάλυβα συνδετήρων f_{ywm} = **280 MPa** (StI)

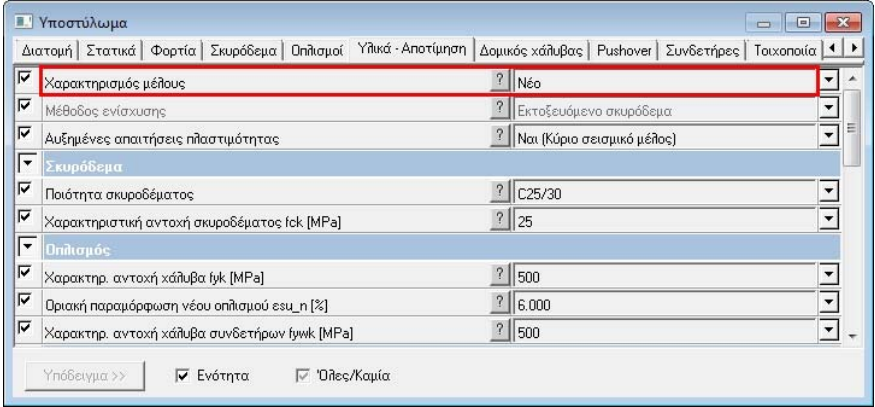


Υφιστάμενο σκυρόδεμα & Οπλισμός	
Μέση αντοχή σκυροδέματος f_{cm} [MPa]	12.0
Μέση αντοχή χάλυβα f_{yk} [MPa]	280.0
Οριακή παραμόρφωση υφιστάμενου οπλισμού ϵ_{su_e} [%]	10.000
Μέση αντοχή χάλυβα συνδετήρων f_{ykH} [MPa]	280.0

Υπόδειγμα >> ☒ Ενότητα ☒ Όλες/Καμία

Εικόνα 3.10: Επιλέγουμε «Κτίριο» Υλικά-Αποτίμηση», ορίζουμε τις μέσες αντοχές σκυροδέματος και χάλυβα των υλικών και την οριακή παραμόρφωση του υφιστάμενου οπλισμού.

Αντοχές νέων υλικών



Υποστύλωμα	
☒ Χαρακτηρισμός μέλους	Νέο
☒ Μέθοδος ενίσχυσης	Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα
☒ Αυξημένες απαιτήσεις πλαστικότητας	Ναι (Κύριο σεισμικό μέλος)
Σκυρόδεμα	
☒ Ποιότητα σκυροδέματος	C25/30
☒ Χαρακτηριστική αντοχή σκυροδέματος f_{ck} [MPa]	25
Οπλισμός	
☒ Χαρακτηρ. αντοχή χάλυβα f_{yk} [MPa]	500
☒ Οριακή παραμόρφωση νέου οπλισμού ϵ_{su_n} [%]	6.000
☒ Χαρακτηρ. αντοχή χάλυβα συνδετήρων f_{ykH} [MPa]	500

Υπόδειγμα >> ☒ Ενότητα ☒ Όλες/Καμία

Εικόνα 3.11: Χαρακτηρισμός μελών ως νέα μέσω των παραμέτρων της οντότητας «Υποστύλωμα» ή «Δοκός».

Εικόνα 3.12: Στην καρτέλα «Κτίριο» Υλικά-Αποτίμηση», ορίζουμε τις χαρακτηριστικές αντοχές σκυροδέματος και χάλυβα των νέων υλικών και την οριακή παραμόρφωση του νέου οπλισμού.

3.5 Στάθμη αξιοπιστίας δεδομένων (ΣΑΔ)

Στην περίπτωση που έχει γίνει λήψη δοκιμών και επιτόπου μετρήσεις, χρησιμοποιούνται οι τιμές των αντοχών που προέκυψαν και η Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων θεωρείται «ικανοποιητική» ή ακόμη και «υψηλή» (σύμφωνα με EC8-3 §3.3 & §3.4.3 και ΚΑΝ.ΕΠΕ. §3.6 & §3.7).

Προσοχή!

Στην περίπτωση που χρησιμοποιηθούν οι τιμές που δίδονται στους Πίνακες 4 και 5 του ΦΕΚ 455/25-02-2014 για τις τιμές θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος και διαρροής του χάλυβα οπλισμού η Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων θα πρέπει να θεωρείται «ανεκτή».

Εικόνα 3.13: Επιλέγουμε «Κτίριο» Υλικά-Αποτίμηση» Επίπεδο γνώσης σκυροδέματος= KL1» και ομοίως για το επίπεδο γνώσης (Σ.Α.Δ.) χάλυβα οπλισμού.

Σημείωση

Το επίπεδο γνώσης (KL) ή Σ.Α.Δ. καθορίζει τις τιμές των **συντελεστών εμπιστοσύνης CF** καθώς και τους **επιμέρους συντελεστές ασφαλείας των υλικών γ_c και γ_s** . Στον καθορισμό των σκελετικών διαγραμμάτων αντοχής M-θ υπεισέρχονται οι μέσες τιμές αντοχής του χάλυβα και του σκυροδέματος διαιρεμένες με τον συντελεστή εμπιστοσύνης, ενώ στον προσδιορισμό των αντοχών των πρωτευόντων μελών σε τέμνουσα V_R διαιρούνται και με συντελεστές ασφαλείας γ_c και γ_s .

3.6 Επίλυση

Αποτίμηση φέρουσας ικανότητας

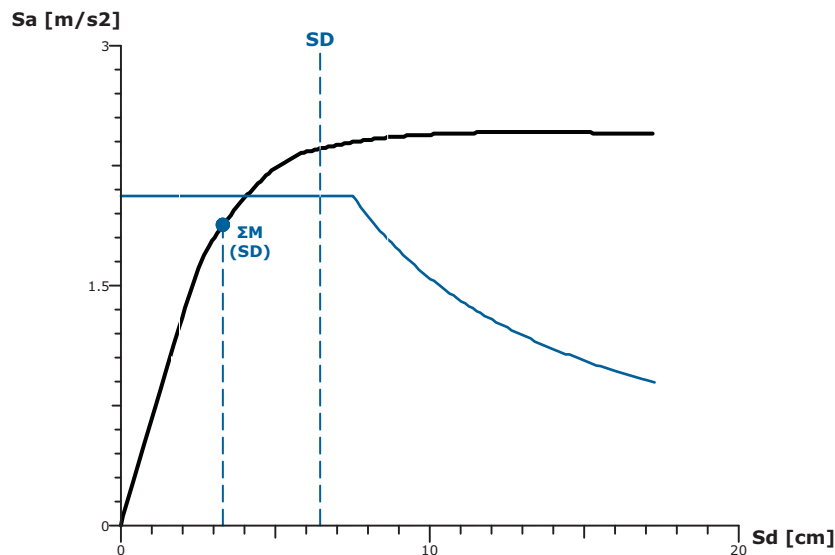


Επιλέγουμε την εντολή «**Διαγράμματα P-K, Επίλυση Pushover**» της επίλυσης ώστε να υπολογιστούν τα διαγράμματα Ροπών-Καμπυλοτήτων και Ροπών-Γωνιών στροφής χορδής όπως ορίζονται στον ΚΑΝ.ΕΠΕ και εν συνεχεία να πραγματοποιηθεί η μη γραμμική ανάλυση Pushover.

Από το τρισδιάστατο προσομοίωμα (3DV) επιλέγοντας τις εντολές «Pushover» και «Διάγραμμα Απαίτησης-Ικανότητας» δίνεται η **καμπύλη αντίστασης** του κτιρίου, δηλαδή η συμπεριφορά του υπό αυξανόμενη ένταση και η **σεισμική απαίτηση** για την επιλεγμένη στάθμη επιτελεστικότητας.

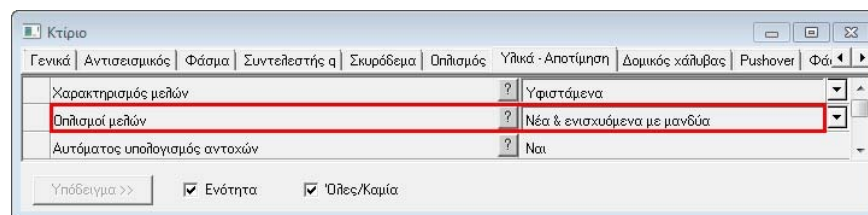
Κάθε επίλυση συνοδεύεται από **πίνακες επάρκειας** υποστυλωμάτων, δοκών και στοιχείων θεμελίωσης.

Σύμφωνα με το ΦΕΚ 455/25-02-2014, ο έλεγχος επάρκειας των δοκών **επιτρέπεται** να παραλείπεται, εκτός από τις περιπτώσεις δοκών που θα κριθούν ως ιδιαίτερα κρίσιμες.

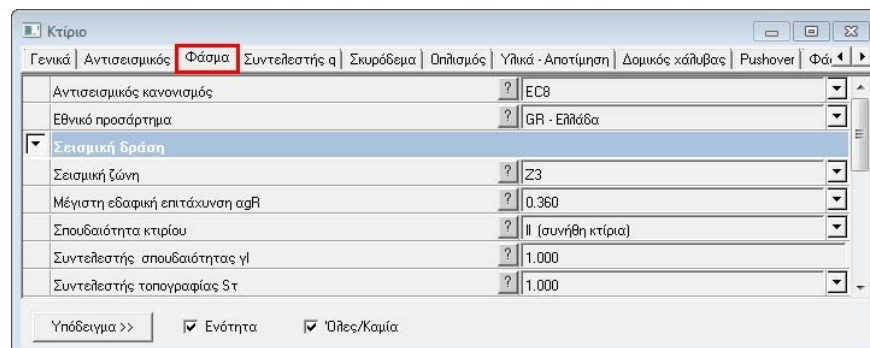


Σχήμα 3.4: Διάγραμμα απαίτησης – ικανότητας ADRS για τη στάθμη επιτελεσματικότητας «Σημαντικές βλάβες» B (ή SD).

Διαστασιολόγηση ενισχυόμενων και νέων δομικών στοιχείων



Εικόνα 3.14: Επιλέγουμε «Κτίριο > Υλικά-Αποτίμηση > Οπλισμοί μελών= Νέα & ενισχυόμενα με μανδύα» έτσι ώστε κατά την επίλυση και όπλιση του κτιρίου να οπλισθούν μόνο μέλη χαρακτηρισμένα ως νέα ή ενισχυόμενα και όχι τα υφιστάμενα.



Εικόνα 3.15: Ο καθορισμός της μέγιστη εδαφικής επιτάχυνσης a_{gR} για τη διστασιολόγηση νέων και ενισχυόμενων μελών, γίνεται στην καρτέλα «Κτίριο – Φάσμα».



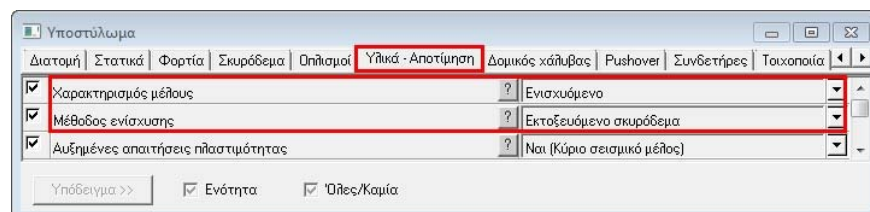
Επιλέγουμε την εντολή «Επίλυση και οπλισμός κτιρίου» της επίλυσης. Έχοντας επιλέξει «Κτίριο > Υλικά-Αποτίμηση > Οπλισμοί μελών= Νέα & ενισχυόμενα με μανδύα», μετά τη διαδικασία επίλυσης και οπλισμού κτιρίου, τα υφιστάμενα μέλη διατηρούν τον οπλισμό τους.

Ενισχύσεις με μανδύα σκυροδέματος & ινοπλισμένα πολυμερή FRP

Ενίσχυση έναντι κάμψης

Στα βλαμμένα δομικά στοιχεία (βλάβες Γ ή Δ) και σε αυτά που εμφανίσαν ανεπάρκεια κατά την ανάλυση, θα πραγματοποιηθεί **μανδύας εκτοξευόμενου σκυροδέματος**.

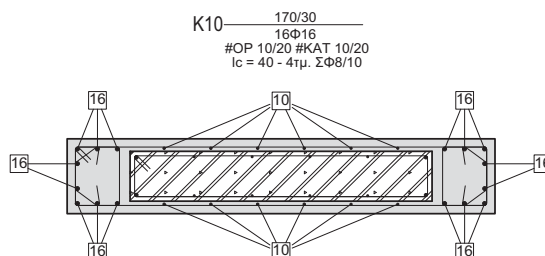
Τα μέλη που θα ενισχυθούν πρέπει να χαρακτηριστούν ως ενισχυόμενα από τις παραμέτρους του υποστυλώματος έτσι ώστε να τους αποδοθούν οι χαρακτηριστικές τιμές αντοχών που θα οριστούν για το νέο υλικό του μανδύα (βλ. Εικόνα 3.16).



Εικόνα 3.16: Χαρακτηρισμός μέλους επιλέγοντας «Πάρε/Δώσε παραμέτρους» > Υλικά-Αποτίμηση > Χαρακτηρισμός μέλους= Ενισχυόμενο» και «Μέθοδος ενίσχυσης= Εκτοξευόμενο σκυρόδεμα».

Παραδείγματος χάρι, το τοιχείο που βλέπετε στο Σχήμα 3.5 θα ενισχυθεί με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα C25/30 κατά 5cm κατά τη μικρή του διεύθυνση και κατά 25cm εκατέρωθεν της μεγάλης με σκοπό να δημιουργηθούν δύο «κρυφοκολώνες», οι οποίες και θα οπλιστούν κατάλληλα, εξασφαλίζοντας περίσφιγξη στο μέλος.

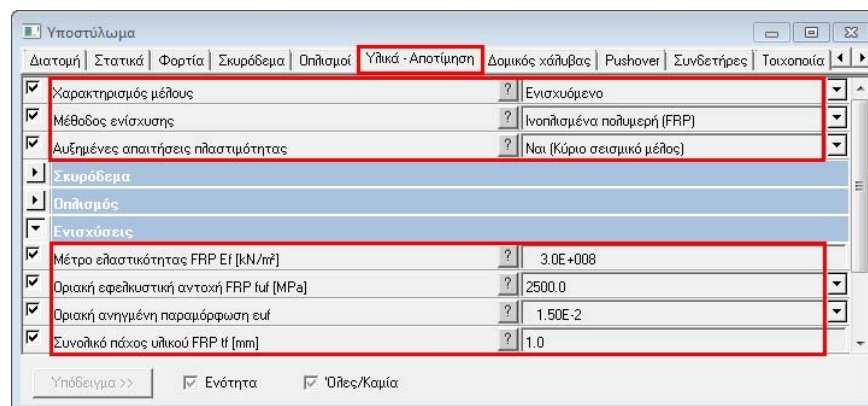
Αρχικά παράγεται η νέα, αυξημένη διατομή του τοιχείου μέσω της εντολής «Διατομή» Παραγωγή διατομής από υποστύλωμα». Στη συνέχεια και αφού εισαχθεί στη νέα διατομή ο οπλισμός του υφιστάμενου τοιχείου, θεωρώντας ότι συμμετέχει στην ανάλυση της έντασης (προαιρετικά), ο μανδύας σκυροδέματος του τοιχείου οπλίζεται με 8Φ16 ως διαμήκη οπλισμό κάθε «κρυφοκολώνας» και 12Φ10 ως συνολικό οπλισμό κορμού.



Σχήμα 3.5: Διατομή ενισχυόμενου μέλους

Ενίσχυση έναντι διάτμησης

Υπάρχει επίσης η δυνατότητα στο Fespa να γίνει ενίσχυση έναντι διάτμησης με ινοπλισμένα πολυμερή (FRP).

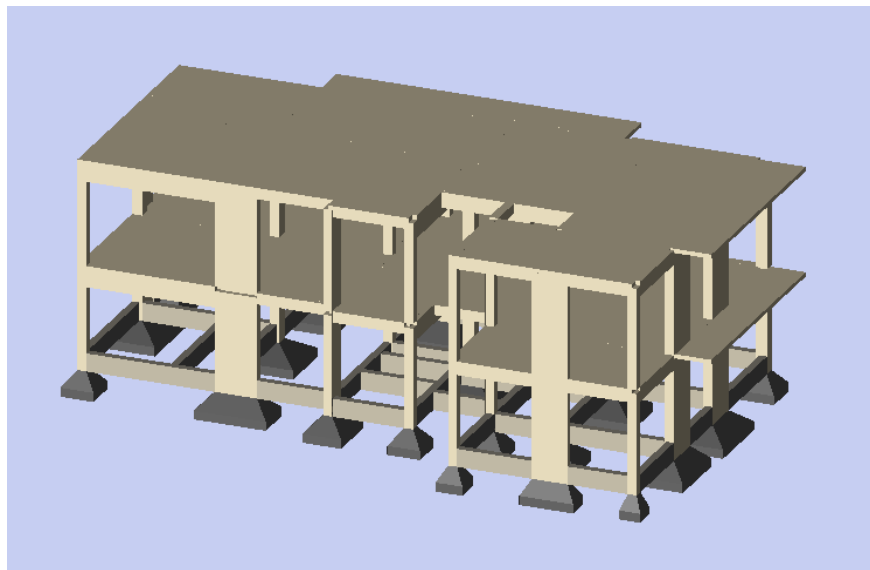


Εικόνα 3.17: Επιλέγουμε «Υποστύλωμα» Υλικά-Αποτίμηση» Μέθοδος ενίσχυσης= Ινοπλισμένα πολυμερή FRP». Ως συνολικό πάχος υλικού εισάγουμε 1mm.

4

Παράδειγμα μελέτης σύμφωνα με το ΦΕΚ 455

4.1 Ο φορέας του παραδείγματος



Εικόνα 4.1: Τρισδιάστατη (3D) απεικόνιση κτιρίου.

Στις επόμενες σελίδες παρουσιάζονται συνοπτικά τα βήματα για μια μελέτη ενίσχυσης σύμφωνα με το ΦΕΚ 455/25-02-2014.

Θα γίνει αποτίμηση φέρουσας ικανότητας του φορέα του παραδείγματος 3 που προηγήθηκε (Kanepe_3_Prosthiki_Enisxyseis.pdf, που θα βρείτε στο φάκελο C:\Program Files\LH Software\Master\Οδηγίες χρήσης).

Ο φορέας θεωρείται ότι έχει κατασκευαστεί στην Κεφαλλονιά (Σεισμική ζώνη ΙΙΙ), αποτελείται από ισόγειο και όροφο, η μελέτη είναι του **1962** (προ του 1985) και η **άδεια κατασκευής** αναφέρεται σε «Κατασκευή διωρόφου οικίας μετά προβλέψεως προσθήκης ενός εισέτι ορόφου». Η θεμελίωση έχει πραγματοποιηθεί με πέδιλα.

Δεδομένα

- Κανονισμός σκυροδέματος: Παλαιός ('54)
- Αντισεισμικός κανονισμός: Παλαιός ('59)
- Ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας: ΙΙΙ
- Σπουδαιότητα κτιρίου: ΣΙΙ
- Συντελεστής σεισμικής επιβάρυνσης $\epsilon=0.12$
- Ποιότητα σκυροδέματος: B160
- Ποιότητα χάλυβα οπλισμών: StII
- Επιτρεπόμενη τάση εδάφους: 16 tn/m²

4.1.1 Εισαγωγή φορέα & οπλισμών

Τα βήματα της διαδικασίας για την εισαγωγή του φορέα και των υφιστάμενων οπλισμών στο Fespa περιγράφονται στα κεφάλαια 2.1 και 2.2 του αρχείου Kanepi_3_Prosthiki_Enisxyseis.pdf, που θα βρείτε στο φάκελο C:\Program Files\LH Software\Master\Οδηγίες χρήσης.

Στο φορέα του παραδείγματος αυτού παρατηρήθηκαν μετά το σεισμό εκτεταμένες **βλάβες στις τοιχοπληρώσεις του ισογείου και αστοχία ενός υποστυλώματος** σε διάτμηση (τύπου Β). Στα δομικά στοιχεία (υποστυλώματα και δοκούς) δεν παρατηρήθηκαν βλάβες, μόνο τριχοειδής ρωγμές σε δοκούς που δεν αξιολογούνται ως σημαντικές. Το κτίριο έχει χαρακτηριστεί «**κόκκινο**».

4.2 Αποτίμηση φ.ι. σύμφωνα με το ΦΕΚ 455

4.2.1 Φορέας ως είχε πριν τις βλάβες (Βήμα 1)

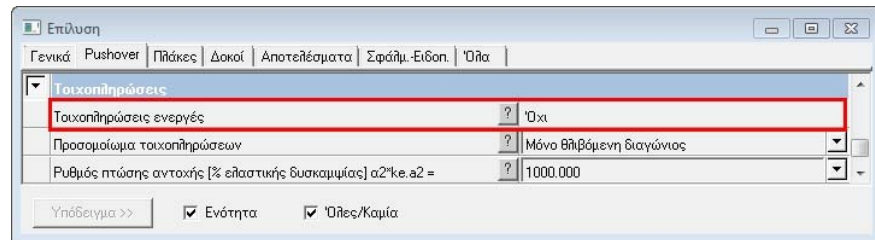
Οι επιλύσεις των παρακάτω ενοτήτων γίνονται για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων για την επισκευή και ενίσχυση του κτιρίου.

Παραδοχές

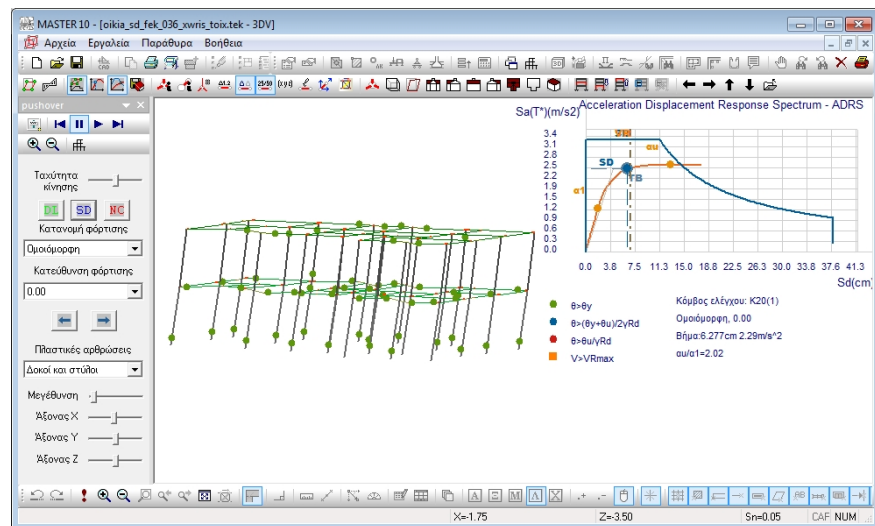
Στόχος αποτίμησης βάσει **ΦΕΚ 455/25-02-2014**, ο οποίος εφαρμόζεται στο Fespa ως εξής:

- Στάθμη επιτελεστικότητας που ελέγχεται στο Fespa: Σημαντικών βλαβών **SD**
- Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $(\gamma I^* \alpha_{gR})_{SD} = 0,21 * 1,5/2,5 = 0,126$

Επίλυση χωρίς τοιχοπληρώσεις.



Εικόνα 4.2: Μέσω της παραμέτρου «Επίλυση» *Pushover* > *Τοιχοπληρώσεις ενεργές* παρέχεται στο μελετητή η δυνατότητα να επιλέξει εάν οι τοιχοπληρώσεις που έχει ήδη εισάγει στο προσομοίωμα θα είναι ενεργές στην ανάλυση ή όχι.



Εικόνα 4.3: Το «Διάγραμμα Απαίτησης-Ικανότητας» στο 3DV, χωρίς συνυπολογισμό των τοιχοπληρώσεων. Δεν παρατηρούνται αστοχίες δομικών στοιχείων.

Αποτελέσματα – Λόγοι επάρκειας

$\lambda_{\max, \text{υποστ.}} = 0,97$

$\lambda_{\max, \text{υποστ.}, \text{διάτμ.}} = 0,96$

$$\lambda_{\max, \text{δοκ.}} = 1,29$$

$$\lambda_{\max, \text{δοκ., διάτμ.}} = 0,98$$

Συμπέρασμα

Τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την επίλυση αυτή δεν αντιστοιχούν στο βαθμό βλάβης της κατασκευής μετά το σεισμό. Οι υπολογισμοί δεν είναι αντίστοιχοι με την πραγματική εικόνα του κτιρίου και επομένως από αυτούς **δεν μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα**. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στα κάτωθι:

1. Το επίπεδο της σεισμικής έντασης με το οποίο γίνεται ο έλεγχος είναι αρκετά χαμηλό.
2. Δεν έχει ληφθεί υπόψη κατά την ανάλυση η επιρροή των τοιχοπληρώσεων.

Το κτίριο προκύπτει υπολογιστικά «**πράσινο**» και δεν απαιτείται καμία ενίσχυση του φορέα.

4.2.2 Διερευνητικές επιλύσεις (Βήμα 2)

Σύμφωνα με το ΦΕΚ 455, στην περίπτωση εκτεταμένων ανεπαρκειών απαιτείται η διενέργεια πολλαπλών επιλύσεων ώστε να προσδιοριστεί η όσο το δυνατόν καλύτερη λύση.

Επίλυση 1^η

Παραδοχές

Λαμβάνεται υπόψη η αστοχία σε διάτμηση (βαθμού Β) που παρατηρήθηκε σε υποστύλωμα του ορόφου 0, μετά το σεισμό. Τροποποιούνται κατάλληλα οι συντελεστές r μηχανικών χαρακτηριστικών για το μέλος K15(0) (βλ. §3.2 του παρόντος).

$$r_M = 0,8, \quad r_{dy} = \frac{1}{r_k} = \frac{1}{0,55} = 1,82, \quad r_{du} = 0,9, \quad r_V = r_R = 0,6$$

Στόχος αποτίμησης βάσει **ΦΕΚ 455/25-02-2014**, ο οποίος εφαρμόζεται στο Fespa ως εξής:

- Στάθμη επιτελεσματικότητας που ελέγχεται στο Fespa: Σημαντικών βλαβών **SD**
- Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $(\gamma I^* \alpha_{gR})_{SD} = 0,21 * 1,5/2,5 = 0,126$

Επίλυση χωρίς τοιχοπληρώσεις.

Αποτελέσματα – Λόγοι επάρκειας

$$\lambda_{\max, \text{υποστ.}} = 1,00$$

$$\lambda_{\max, \text{υποστ.}, \text{διάτμ.}} = 1,24$$

$$\lambda_{\max, \text{δοκ.}} = 1,29$$

$$\lambda_{\max, \text{δοκ.}, \text{διάτμ.}} = 0,98$$

Συμπέρασμα

Προέκυψε ανεπάρκεια σε διάτμηση σε μέλος στο οποίο παρατηρήθηκαν ελαφριές βλάβες (B), πράγμα που σημαίνει ότι απαιτείται ενίσχυση του μέλους αυτού.

Επίλυση 2^η

Εκ του συμπεράσματος της προηγούμενης επίλυσης αποφασίζουμε ότι απαιτείται ενίσχυση του μέλους που αστόχησε σε διάτμηση με **FRP**.

Παραδοχές

Στόχος αποτίμησης βάσει **ΦΕΚ 455/25-02-2014**, ο οποίος εφαρμόζεται στο Fespa ως εξής:

- Στάθμη επιτελεσματικότητας που ελέγχεται στο Fespa: Σημαντικών βλαβών **SD**
- Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $(\gamma I^* \alpha_{gR})_{SD} = 0,21 * 1,5/2,5 = 0,126$

Επίλυση χωρίς τοιχοπληρώσεις.

$$r_M = 0,8, \quad r_{dy} = \frac{1}{r_k} = \frac{1}{0,55} = 1,82, \quad r_{du} = 0,9, \quad r_v = r_R = 0,6$$

Αποτελέσματα – Λόγοι επάρκειας

$$\lambda_{\max, \text{υποστ.}} = 1,06$$

$$\lambda_{\max, \text{υποστ.}, \text{διάτμ.}} = 0,95$$

$$\lambda_{\max, \text{δοκ.}} = 1,30$$

$$\lambda_{\max, \text{δοκ.}, \text{διάτμ.}} = 0,98$$

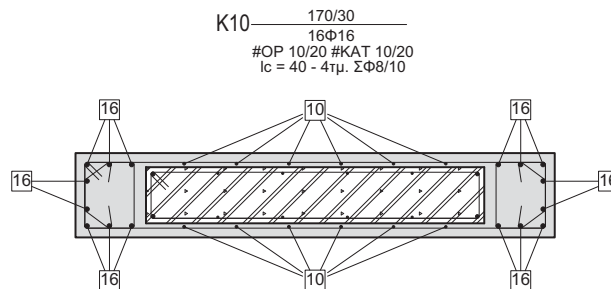
Συμπέρασμα

Παρατηρήθηκε από την επίλυση αυτή αστοχία του υποστυλώματος K10(0) σε κάμψη, το οποίο στην προηγούμενη επίλυση επαρκούσε. Αυτό συνέβη λόγω ανακατανομής της έντασης μετά την ενίσχυση του K15(0).

4.2.3 Φορέας με επεμβάσεις που θα υλοποιηθούν (Βήμα 3)

Εκ του συμπεράσματος της προηγούμενης επίλυσης καταλήγουμε στις επεμβάσεις που θα υλοποιηθούν τελικά.

Απαιτείται ενίσχυση του μέλους που αστόχησε σε διάτμηση με **FRP** και ενίσχυση με **μανδύα σκυροδέματος** του μέλους που αστόχησε σε κάμψη.



Σχήμα 4.1: Διατομή μέλους ενισχυόμενου με μανδύα σκυροδέματος.

Ενίσχυση με FRP - Υποστύλωμα K15(0)

$$r_M = 0,8, \quad r_{dy} = \frac{1}{r_k} = \frac{1}{0,55} = 1,82, \quad r_{du} = 0,9, \quad r_V = r_R = 0,6$$

Ενίσχυση με μανδύα οπλισμένου σκυροδέματος - Υποστύλωμα K10(0)

$$r_M = 1,0, \quad r_{dyj} = 1,05, \quad r_{du} = 1,0, \quad r_{Vj} = 0,9$$

Παρατήρηση

Τα r_M , r_{du} είναι ίσα με τη μονάδα γιατί το υποστύλωμα K10(0) δεν ήταν βλαμμένο.

Παραδοχές

Στόχος αποτίμησης βάσει **ΦΕΚ 455/25-02-2014**, ο οποίος εφαρμόζεται στο Fespa ως εξής:

- Στάθμη επιτελεσματικότητας που ελέγχεται στο Fespa: Σημαντικών βλαβών **SD**
- Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $(\gamma I^* \alpha_{gR})_{SD} = 0,126 (= 0,21 * 1,5/2,5)$

Επίλυση **χωρίς τοιχοπληρώσεις**.

Αποτελέσματα – Λόγοι επάρκειας

$\lambda_{\max, \text{υποστ.}} = 0,82$

$\lambda_{\max, \text{υποστ.}, \text{διάτμ.}} = 0,88$

$\lambda_{\max, \text{δοκ.}} = 1,27$ (3 δοκοί αστοχούν)

$\lambda_{\max, \text{δοκ.}, \text{διάτμ.}} = 1,06$

Σύμφωνα με το ΦΕΚ 455/25-02-2014, ο έλεγχος επάρκειας των δοκών **επιτρέπεται** να παραλείπεται, εκτός από τις περιπτώσεις δοκών που θα κριθούν ως ιδιαίτερα κρίσιμες.

ΦΕΚ 455				
Βήματα		Φορέας	Τοιχοπληρώσεις	Υποστυλώματα με $\lambda > 1$
1		Ως είχε πριν τις πλάβες	Χωρίς	Κανένα $\lambda_{\max, \text{υποστ.}} = 0,97$
2	2α	Λαμβάνονται υπόψη οι βλάβες που παρατηρήθηκαν μετά το σεισμό	Χωρίς	$\lambda_{\max, \text{υποστ.}, \text{διάτμ.}} = 1,24$
	2β	Ενίσχυση 1 υποστυλώματος με FRP	Χωρίς	$\lambda_{\max, \text{υποστ.}} = 1,06$
3		Ενίσχυση 1 υποστυλώματος με FRP & 1 υποστυλώματος με μανδύα σκυροδέματος	Χωρίς	Κανένα $\lambda_{\max, \text{υποστ.}} = 0,82$

Πίνακας 4.1: Τα βήματα της διαδικασίας αποτίμησης σύμφωνα με το ΦΕΚ 455/25-02-2014.

5

Παράδειγμα μελέτης σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.

5.1 Ο σεισμός της Κεφαλλονιάς και οι ιδιαιτερότητες των κτιρίων της

5.1.1 Τα κτίρια της Κεφαλλονιάς

Τα κτίρια της Κεφαλλονιάς κατά την ανοικοδόμησή τους μετά το σεισμό του 1953 προικίστηκαν με **ισχυρότατες τοιχοπληρώσεις**, όπως φαίνεται και από τις παρακάτω εικόνες (Εικόνα 5.1 - Εικόνα 5.3).

Οι τοιχοπληρώσεις αυτές, ενισχυμένες με **ισχυρά διαζώματα (σενάζ)** όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.1, αρκετές φορές δομούνταν πριν τη σκυροδέτηση της πλάκας επικάλυψης του ορόφου, με τέτοιο τρόπο ώστε να αποτελούν **εν δυνάμει τμήμα του φέροντος οργανισμού**, ανεξάρτητο από τα υποστυλώματα. Οι υπολογισμοί των υποστυλωμάτων και δοκών γινόταν έτσι ώστε αυτά να φέρουν πλήρως τα στατικά και σεισμικά φορτία των ανωτέρων ορόφων, ανεξάρτητα από την παρουσία των τοιχοπληρώσεων.

Η πεποίθηση ότι οι τοιχοπληρώσεις πρέπει να αποτελούν ισχυρά στοιχεία του δομήματος και η επιμέλεια κατά την κατασκευή τους διατηρήθηκαν παραδοσιακά μέχρι τις μέρες μας (Εικόνα 5.4).

Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι ότι η απόκριση των κτιρίων της Κεφαλλονιάς στο σεισμό δεν μπορεί να εξηγηθεί χωρίς να ληφθεί υπόψη η συνεισφορά των τοιχοπληρώσεων στην ανάληψη των σεισμικών φορτίων και συνακόλουθα στη μορφή της καμπύλης ικανότητας του κτιρίου.



Εικόνα 5.1: *Κοργιαλένειος βιβλιοθήκη Αργοστολίου κατά την ανοικοδόμησή της μετά το σεισμό του 1953.*



Εικόνα 5.2: *Κοργιαλένειος βιβλιοθήκη Αργοστολίου σε λειτουργία μετά την αποπεράτωσή της.*



Εικόνα 5.3: Εικόνες από την ανοικοδόμηση των κατεστραμμένων κτιρίων του Αργοστολίου μετά τον καταστροφικό σεισμό του 1953.



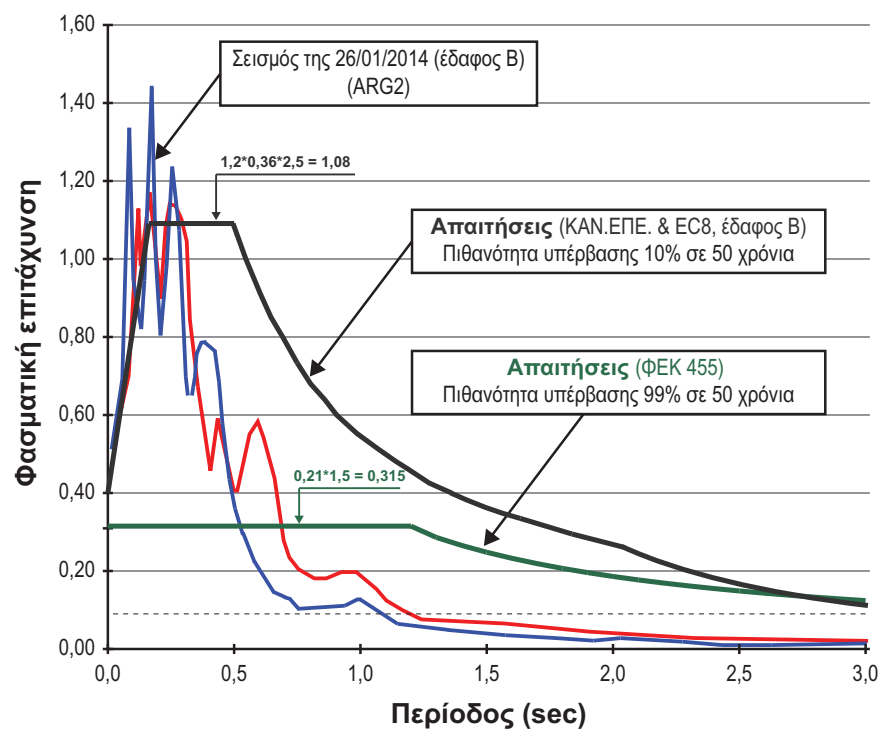
Εικόνα 5.4: Εικόνες τοιχοπλήρωσης, όπως κατασκευάστηκε στο Ληξούρι κατά τη δεκαετία του 1960. Το κτίριο βρισκόταν σε διαδικασία ανακαίνισης, κατά το σεισμό της 26^{ης} Ιανουαρίου 2014. Οι φωτογραφίες ελήφθησαν αμέσως μετά το σεισμό.

5.1.2 Ο σεισμός της Κεφαλλονιάς

Στο Σχήμα 5.1 συγκρίνονται τα φάσματα απόκρισης για τις οριζόντιες σεισμικές συνιστώσες της καταγραφής του σεισμού της 26^{ης} Ιανουαρίου 2014 (15:55) στη θέση ARG2 με τα αντίστοιχα ελαστικά φάσματα σχεδιασμού που προβλέπονται από τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.-EC8 και την §2 του άρθρου 4 του ΦΕΚ 455/25-02-2014.

Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. προβλέπει **σημαντικά μεγαλύτερες** σεισμικές επιταχύνσεις εδάφους από το ΦΕΚ 455 (βλ. Σχήμα 5.1).

Οι επιταχύνσεις που προβλέπονται από το ΦΕΚ 455 έχουν **πιθανότητα υπέρβασης 99% σε 50 χρόνια!** Βλέπε σχετικούς υπολογισμούς στην §5.1.2.1 του παρόντος.



Σχήμα 5.1: Ελαστικά φάσματα οριζόντιων επιταχύνσεων σχεδιασμού κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ. και EC8, για κατηγορία εδάφους B, σε σχέση με το αντίστοιχο ελαστικό φάσμα όπως προσδιορίζονται στο ΦΕΚ 455/25-02-2014. Φαίνονται επίσης τα φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης στη θέση ARG2 του σεισμού της 26^{ης} Ιανουαρίου 2014 (15:55).

5.1.2.1 Επίπεδο σεισμικής έντασης

Η **επιτάχυνση σχεδιασμού** υπολογίζεται, σύμφωνα με την παράγραφο §2.1(4) του EC8-1, από τη σχέση¹:

$$\frac{\alpha_{g1}}{\alpha_{g2}} = \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{\frac{1}{k}} \Rightarrow T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{\alpha_{g2}}{\alpha_{g1}} \right)^k$$

$$a_{g1} = S_e(T) = \beta_o^{EC} \cdot a_{gR} \cdot S \quad \text{EC8-1, §3.2.2.2, (3.3)}$$

$$a_g = a_{gR} \cdot \gamma_1$$

$$a_{g2} = \beta_o^{\Phi EK} \cdot a^* \quad \text{ΦΕΚ 455, §2.1.2}$$

Οπότε, για:

- $\gamma_1 = 1,00$
- $T_L = 50$ χρόνια (συμβατικής διάρκειας ζωής έργου)
- $T_1 (= T_{LR}) = 475$ χρόνια
- $k = 3,0$
- $\beta_{o,\Phi EK} = 1,5$ (για κτίρια ΚΙ παλαιότερα του 1985, ΦΕΚ 455)
- $\beta_{o,\Phi EK} = 2,0$ (για κτίρια ΚΙ νεότερα του 1985, ΦΕΚ 455)
- $\beta_{o,EC} = 2,5$

Για ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας III:

- $\alpha_{gR} = 0,36$ (μέγιστη εδαφική επιτάχυνση αναφοράς για έδαφος Α, EC8)
- $\alpha^* = 0,21$ ($\varepsilon = 0,12$, Πίνακας 3, ΦΕΚ 455)

Η **περίοδος επαναφοράς** για το σεισμό που περιγράφεται στο ΦΕΚ 455 και η **πιθανότητα υπέρβασης** που αντιστοιχεί σε αυτό το σεισμό υπολογίζονται ως εξής:

Για κτίρια ΚΙ < 1985:

$$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{\alpha_{g2}}{\alpha_{g1}} \right)^3 = T_1 \cdot \left(\frac{\beta_o^{\Phi EK} \cdot \alpha^*}{\beta_o^{EC} \cdot a_{gR} \cdot S} \right)^3 = 475 \cdot \left(\frac{1,5 \cdot 0,21}{2,5 \cdot 0,36 \cdot 1,2} \right)^3 = \mathbf{11,79 \acute{e}τη}$$

¹ Βλέπε επίσης **B. Kolias, M. N. Fardis, A. Pecker**, «Designers' Guide to Eurocode 8: Design of Bridges for Earthquake Resistance», Tomas Telford, 2012. Σχέση (D3.7).

$$P_2 = 1 - e^{\left(-\frac{T_L}{T_2}\right)} = 1 - e^{\left(-\frac{50}{11,79}\right)} = 98,56\% \cong 99\%$$

Για κτίρια $1985 < KI < 1995$:

$$T_2 = T_1 \cdot \left(\frac{\alpha_{g2}}{\alpha_{g1}}\right)^3 = T_1 \cdot \left(\frac{\beta_o^{\text{ΦΕΚ}} \cdot \alpha^*}{\beta_o^{\text{EC}} \cdot a_{gR} \cdot S}\right)^3 = 475 \cdot \left(\frac{2,0 \cdot 0,21}{2,5 \cdot 0,36 \cdot 1,2}\right)^3 = 27,94 \text{ έτη}$$

$$P_2 = 1 - e^{\left(-\frac{T_L}{T_2}\right)} = 1 - e^{\left(-\frac{50}{27,94}\right)} = 83,30\% \cong 83\%$$

Κεφαλλονιά – Έδαφος Β (ΚΑΝ.ΕΠΕ.) (S=1,2)						
Κατηγορία σεισμοπλήκτου	Απαίτηση	ε	α*	α _g *β _o *S	Περίοδος επαναφοράς T (έτη)	Πιθανότητα υπέρβασης P (%) στα 50 έτη
	B1 ΚΑΝ.ΕΠΕ.	-	-	1,08	475	10 %
	B2 ΚΑΝ.ΕΠΕ.	-	-	0,58	72	50 %
Απαιτήσεις ΦΕΚ 455						
KII (>1995)	B1 ΕΑΚ	-	-	0,90	275	17 %
	B2 ΕΑΚ	-	-	0,48	42	70 %
KI (<1995)	KI < 85	0,12	0,21	0,31	12	99 %
	KI > 85	0,12	0,21	0,42	28	83 %
	KI < 85	0,16	0,28	0,42	28	83 %
	KI > 85	0,16	0,28	0,56	66	53 %

Πίνακας 5.1: Σύγκριση στόχων αποτίμησης ή ανασχεδιασμού φέροντος οργανισμού μεταξύ ΚΑΝ.ΕΠΕ. (Πίνακας 2.1) και ΦΕΚ 455/25-02-2014, για σεισμόπληκτα κτίρια στη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας ΙΙΙ (ΕΑΚ2003).

Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας λοιπόν έχουμε τις δύο **παραδοχές** που εισάγει το **ΦΕΚ 455**, για τη μελέτη των σεισμοπλήκτων κτιρίων:

1. Απλοποίηση ώστε **να μη λαμβάνονται υπόψη οι τοιχοπληρώσεις**.
2. **Ταπείνωση** του μεγέθους του **φάσματος** του σεισμού.

Τέτοιες απλοποιητικές αντιμετώπισεις ήταν παλιότερα επιβεβλημένες, καθώς οι ελαστικές μέθοδοι ανάλυσης που ήταν διαθέσιμες δεν προσέφεραν κατάλληλη και αποτελεσματική προσέγγιση του προβλήματος.

Με την ανελαστική μέθοδο Pushover που είναι σήμερα διαθέσιμη η μελέτη του σεισμοπλήκτου κτιρίου μπορεί να διεξαχθεί χωρίς προβλήματα λαμβάνοντας υπόψη το **ακριβές μέγεθος** του **σεισμού** και ταυτόχρονα την **επιρροή των τοιχοπληρώσεων**.

Στο Σχήμα 5.2 φαίνεται η απόκριση του κτιρίου του παραδείγματος του κεφαλαίου 4 του παρόντος:

1. Χωρίς να ληφθεί υπόψη η επιρροή των τοιχοπληρώσεων στον υπολογισμό της απόκρισης του κτιρίου κατά την ανάλυση, όπως περιγράφεται στη συνέχεια στην §0.
2. Λαμβάνοντας υπόψη την επιρροή των τοιχοπληρώσεων κατά την ανάλυση, όπως περιγράφεται στη συνέχεια στην §0.

Οι απαιτήσεις που απεικονίζονται στο Σχήμα 5.2 αντιστοιχούν στη **στάθμη επιτελεστικότητας B1** του ΚΑΝ.ΕΠΕ., δηλαδή έδαφος κατηγορίας B και πιθανότητα υπέρβασης 10% στα 50 χρόνια (περίοδος επανάλυσης 475 έτη).

Από τη επισκόπηση του Σχήμα 5.2 είναι φανερά τα εξής:

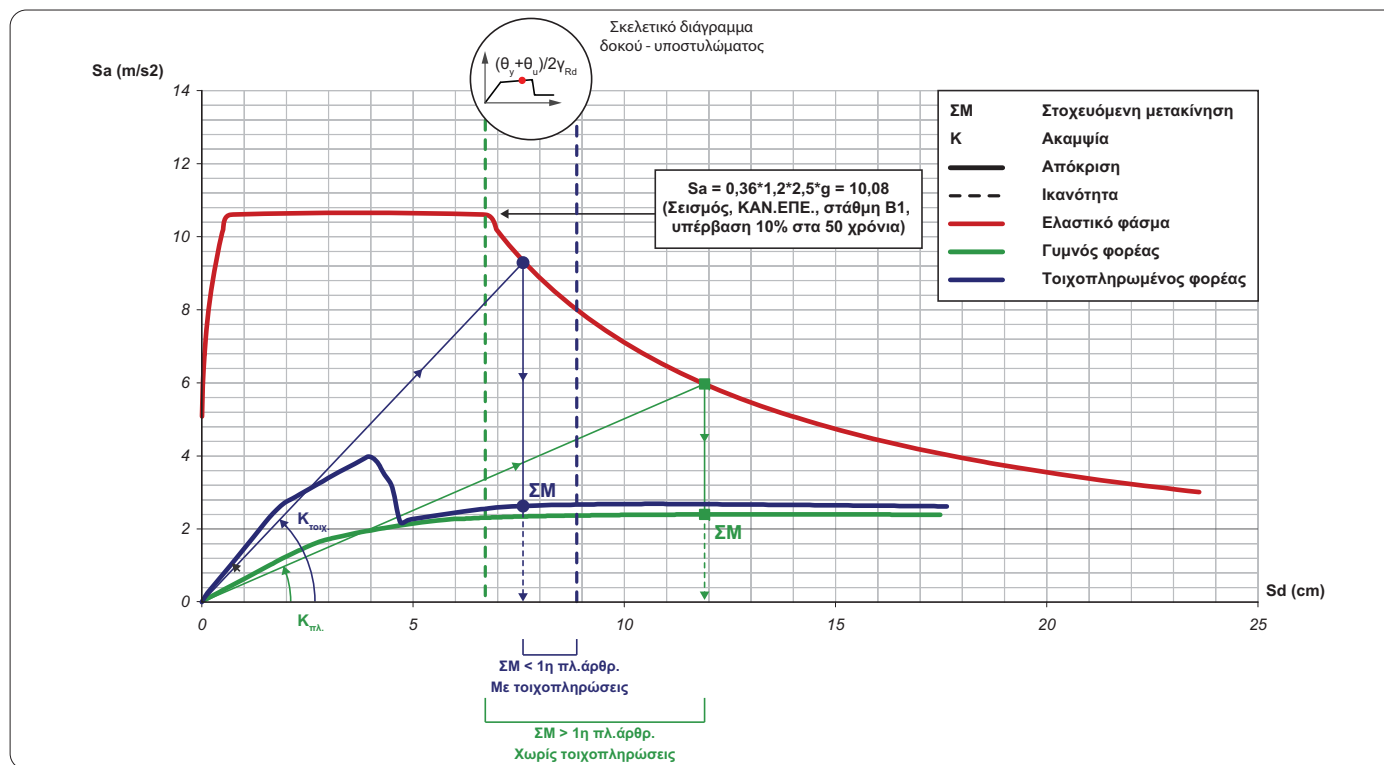
1. Το τοιχοπληρωμένο πλαίσιο διαθέτει αρχικά **μεγαλύτερη ακαμψία και αντοχή**. Τελικά το κτίριο φτάνει τη στοχευόμενη μετακίνησή του ΣΜ, για το σεισμό σχεδιασμού του ΚΑΝ.ΕΠΕ., χωρίς να εξαντλήσει την ικανότητα των φερόντων στοιχείων του για τη στάθμη επιτελεστικότητας «Σημαντικών βλαβών» B (ή SD).
2. Το γυμνό πλαίσιο δεν είναι δυνατόν να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις του ελαστικού φάσματος και εξαντλεί την ικανότητα των φερόντων στοιχείων του πολύ πριν τη στοχευόμενη μετακίνησή του για τη στάθμη επιτελεστικότητας «Σημαντικών βλαβών» B (ή SD).

Στο Σχήμα 5.3 φαίνεται η βελτίωση της απόκρισης του τοιχοπληρωμένου πλαισίου όταν ενισχυθούν κάποιες τοιχοπληρώσεις του ισογείου, όπως εξηγείται στην §5.2.2.

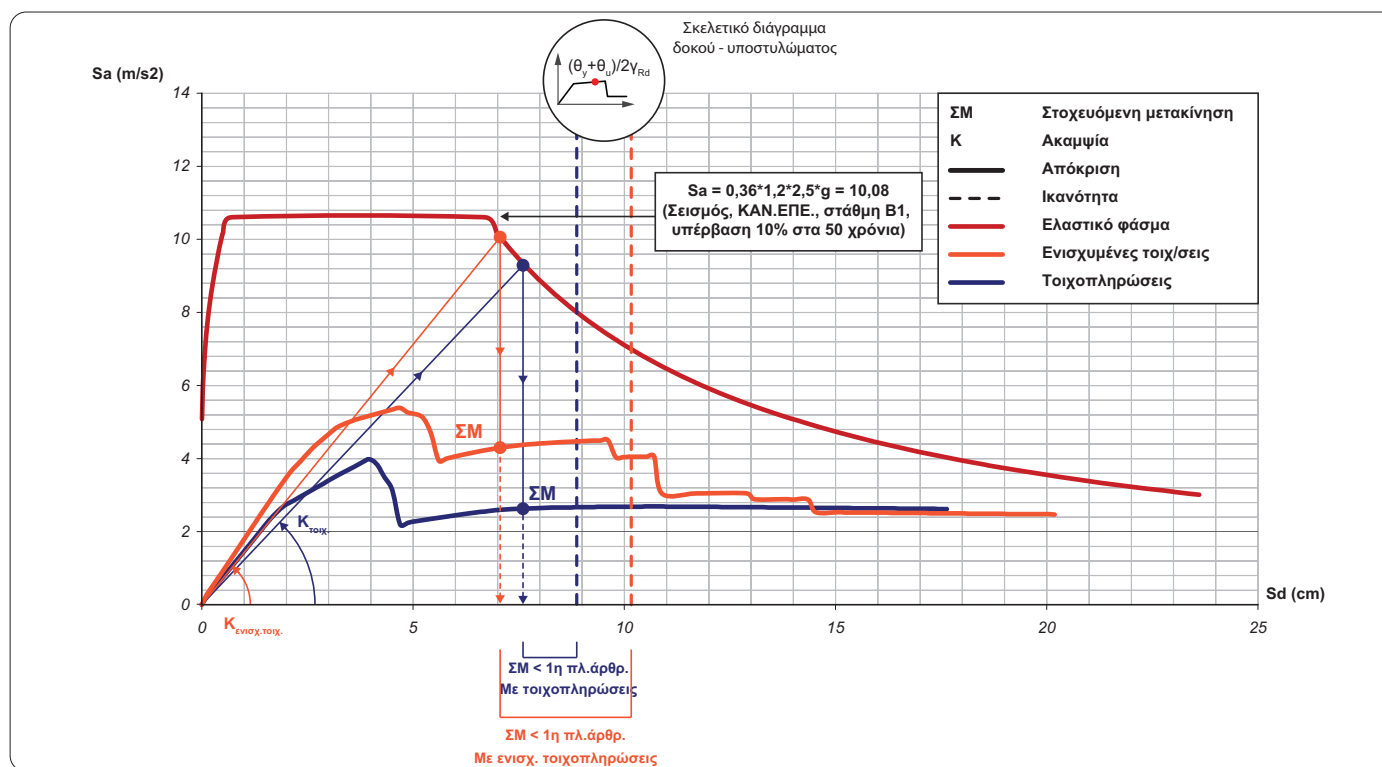
Στο Σχήμα 5.4 φαίνεται διαγραμματικά η απόκριση του τοιχοπληρωμένου πλαισίου μετά την ενίσχυση τεσσάρων τοιχοπληρώσεων του ισογείου.

Λεπτομέρειες την αποτίμηση φέρουσας ικανότητας κατασκευής λαμβάνοντας υπόψη την επιρροή των τοιχοπληρώσεων θα βρείτε στο παράδειγμα 4 που προηγήθηκε (Kanepi_4_Toiχοπιrωseis.pdf, που θα βρείτε στο φάκελο C:\Program Files\LH Software\Master\Οδηγίες χρήσης).

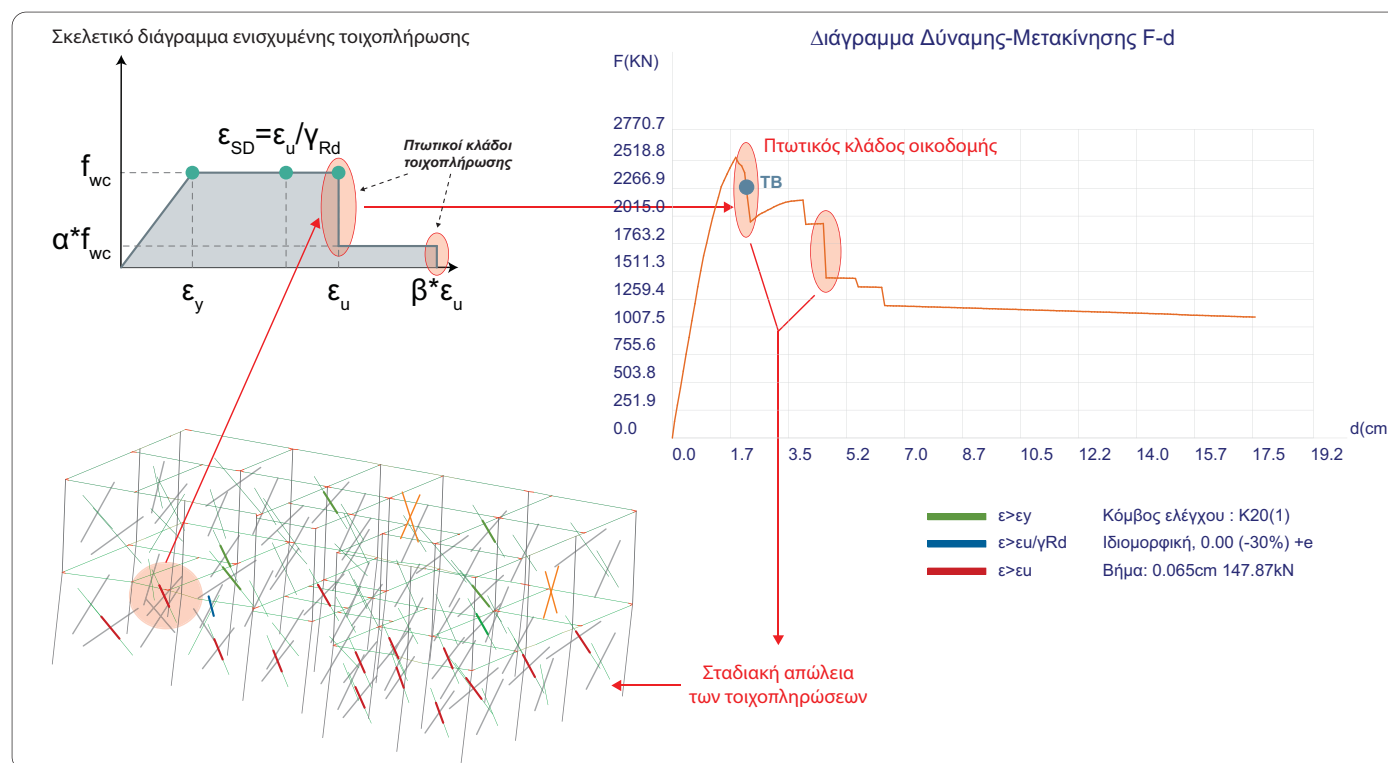
Στη συνέχεια ακολουθεί μια σειρά διερευνητικών επιλύσεων ώστε να γίνει κατανοητή η λειτουργία του κτιρίου κατά το σεισμό και η επιλογή των κατάλληλων μεθόδων ενίσχυσης.



Σχήμα 5.2: Διάγραμμα απαίτησης – ικανότητας (ADRS) για φορέα με και χωρίς τοιχοπληρώσεις.



Σχήμα 5.3: Διάγραμμα απαίτησης – ικανότητας (ADRS) για φορέα με τοιχοπληρώσεις και ενισχυμένες τοιχοπληρώσεις.



Σχήμα 5.4: Το διάγραμμα δύναμης – μετακίνησης στο 3DV μετά την εισαγωγή των ενισχυμένων τοιχοπληρώσεων. Παρατηρείται αύξηση της αντοχής και της δυσκαμψίας.

5.2 Αποτίμηση φ.ι. σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Η αποτίμηση της φέρουσας ικανότητας σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. θα γίνει για τη στάθμη B1, ώστε να αποδοθεί στο φορέα η ασφάλεια που θα είχε μια νέα οικοδομή.

Στάθμη B1: 10% πιθανότητα υπέρβασης του σεισμού σε 50 χρόνια (περίοδος επαναφοράς = 475 χρόνια) και εξασφάλιση για τη στάθμη «Σημαντικές βλάβες» SD (κατά EC8) ή «Προστασία ζωής» B (κατά ΚΑΝ.ΕΠΕ.)

Εξάλλου όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.1 το φάσμα του EC8, για έδαφος B, περιγράφει ικανοποιητικά το πλάτος και το συχνοτικό περιεχόμενο της εδαφικής κίνησης στη θέση ARG2 για το σεισμό της 26^{ης} Ιανουαρίου 2014.

Ο Πίνακας 5.2 συνοψίζει τις δοκιμές θα γίνουν στην επόμενη ενότητα για να καταλήξουμε στη επιλογή της τελικής λύσης.

Βήματα		Φορέας	Τοιχοπληρώσεις
1	1α	Ως είχε πριν τις βλάβες	Χωρίς
	1β	Ως είχε πριν τις βλάβες	Με
2	2α	Μερική αποκατάσταση τοιχοπληρώσεων	Με
	2β	Ολική αποκατάσταση τοιχοπληρώσεων	Με
	2γ	Ολική αποκατάσταση τοιχοπληρώσεων & ενίσχυση 4	Με
3		Ολική αποκατάσταση τοιχοπληρώσεων, ενίσχυση 4 & ενίσχυση 1 υποστύλματος με FRP	Με

Πίνακας 5.2: Γενικό σχέδιο δοκιμών για την εύρεση της βέλτιστης λύσης σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ. (στάθμη B1).

5.2.1 Φορέας ως είχε πριν τις βλάβες (Βήμα 1)

Σημείωση

Η επίλυση αυτή αποτελεί δεύτερη προσέγγιση της επίλυσης που περιγράφεται στην §4.2.1 του παρόντος.

Επίλυση 1^η

Παραδοχές

Στόχος αποτίμησης βάσει ΚΑΝ.ΕΠΕ.: **B1**, ο οποίος εφαρμόζεται στο Fespa ως εξής:

- Στάθμη επιτελεσματικότητας που ελέγχεται στο Fespa: Σημαντικών βλαβών **SD**
- Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $(\gamma I^* \alpha_{gR})_{SD} = \mathbf{0,36}$
- Πιθανότητα υπέρβασης $P_{SDR} = 10\%$ στα 50 χρόνια

Επίλυση χωρίς τοιχοπληρώσεις.

Αποτελέσματα – Λόγοι επάρκειας

$\lambda_{max, υποστ.} = 1,83$ (υπέρβαση σε 17 υποστυλώματα εκ των 22 του ισογείου)

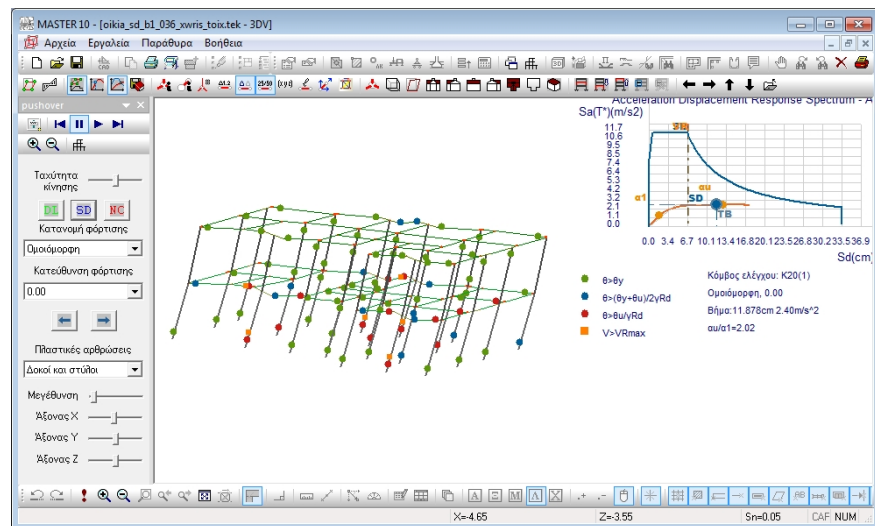
$\lambda_{max, υποστ., διάτμ.} = 1,38$

$\lambda_{max, δοκ.} = 2,52$ (υπέρβαση σε 25 δοκούς εκ των 45 του ισογείου)

$\lambda_{max, δοκ., διάτμ.} = 1,10$

Συμπέρασμα

Ο σεισμός είναι κοντά σε αυτόν που συνέβη στην Κεφαλλονιά, αλλά το μοντέλο αδυνατεί να προσεγγίσει με ακρίβεια τις βλάβες επειδή δεν έχει ληφθεί υπόψη η συνεισφορά των τοιχοπληρώσεων.



Εικόνα 5.5: Σήμανση στο 3DV των δομικών στοιχείων που αστοχούν σε κάμψη και διάτμηση στη στάθμη σημαντικών βλαβών SD (ή B) (επίλυση 1^η).

Επίλυση 2^η

Παραδοχές

Στόχος αποτίμησης βάσει ΚΑΝ.ΕΠΕ.: **B1**, ο οποίος εφαρμόζεται στο Fespa ως εξής:

- Στάθμη επιτελεστικότητας που ελέγχεται στο Fespa: Σημαντικών βλαβών SD
- Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $(\gamma I^* \alpha_{gR})_{SD} = 0,36$
- Πιθανότητα υπέρβασης $P_{SDR} = 10\%$ στα 50 χρόνια

Επίλυση με τοιχοπληρώσεις.

Αποτελέσματα – Λόγοι επάρκειας

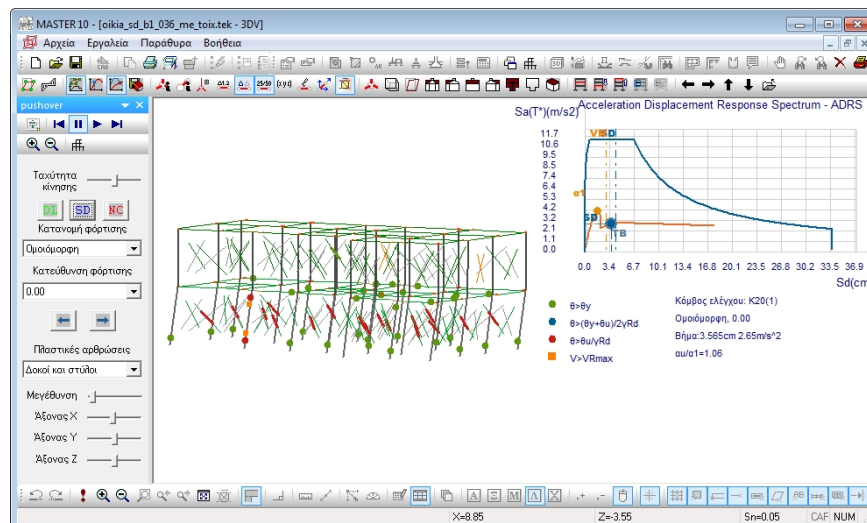
$\lambda_{max, υποστ.} = 0,88$

$\lambda_{max, υποστ., διάτμ.} = 1,06$ (υπέρβαση σε 1 υποστύλωμα εκ των 22 του ισογείου)

$$\lambda_{\max, \text{δοκ.}} = 0,57$$

$$\lambda_{\max, \text{δοκ., διάτμ.}} = 0,63$$

$$\lambda_{\max, \text{τοιχοπλ.}} = 3,10 \text{ (υπέρβαση σε όλες τις τοιχοπληρώσεις του ισόγειου στη στάθμη SD)}$$



Εικόνα 5.6: Σήμανση τοιχοπληρώσεων ισόγειου που αστοχούν στο 3DV καθώς και του υποστρώματος που αστοχεί σε διάτμηση (επίλυση 2^η).

Συμπέρασμα

Περαιτέρω καταπόνηση του κτιρίου θα οδηγήσει σε δημιουργία πλαστικού μηχανισμού ορόφου τύπου pilotis στο ισόγειο καθώς αστοχούν όλες οι τοιχοπληρώσεις, ενώ οι τοιχοπληρώσεις του ορόφου παραμένουν αβλαβείς.

Τα αποτελέσματα της επίλυσης αυτής είναι σύμφωνα με την εικόνα των βλαβών της κατασκευής μετά το σεισμό και είναι **κατάλληλα για την εξαγωγή συμπερασμάτων** για την επισκευή και ενίσχυση του κτιρίου.

Επίλεγεται η λύση αυτή ως η **κοντινότερη στην πραγματικότητα** καθώς:

1. Η κατασκευή διέθετε τοιχοπληρώσεις, και μάλιστα σε καλή κατάσταση, κατά το σεισμό.
2. Το φάσμα σχεδιασμού κατά τον EC8 εκτιμά ικανοποιητικά την αναπτυχθείσα επιτάχυνση του σεισμού της 26^{ης} Ιανουαρίου 2014, σύμφωνα με το ΙΤΣΑΚ.

5.2.2 Διερευνητικές επιλύσεις (Βήμα 2)

Επίλυση 1^η

Γίνεται **μερική αποκατάσταση** των **βλαμμένων τοιχοπληρώσεων** του **ισογείου** με απλούς τρόπους, και όχι πλήρης αποκατάσταση και ενίσχυση.

Ο συντελεστής απομείωσης της αντοχής των βλαμμένων τοιχοπληρώσεων του ισογείου δίδεται στην αντίστοιχη παράμετρο στην καρτέλα «Δοκός > Διατομή» (βλ. Πίνακας 3.2).

Λαμβάνεται υπόψη η αστοχία σε διάτμηση (βαθμού B) που παρατηρήθηκε σε υποστυλώμα του ορόφου 0, μετά το σεισμό. Τροποποιούνται κατάλληλα οι συντελεστές r μηχανικών χαρακτηριστικών για το μέλος K15(0) (βλ. §3.2 του παρόντος).

$$r_M = 0,8, \quad r_{dy} = \frac{1}{r_k} = \frac{1}{0,55} = 1,82, \quad r_{du} = 0,9, \quad r_V = r_R = 0,6$$

Παραδοχές

Στόχος αποτίμησης βάσει ΚΑΝ.ΕΠΕ.: **B1**, ο οποίος εφαρμόζεται στο Fespa ως εξής:

- Στάθμη επιτελεστικότητας που ελέγχεται στο Fespa: Σημαντικών βλαβών **SD**
- Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $(\gamma I^* a_{gR})_{SD} = \mathbf{0,36}$
- Πιθανότητα υπέρβασης $P_{SDR} = 10\%$ στα 50 χρόνια

Αποτελέσματα – Λόγοι επάρκειας

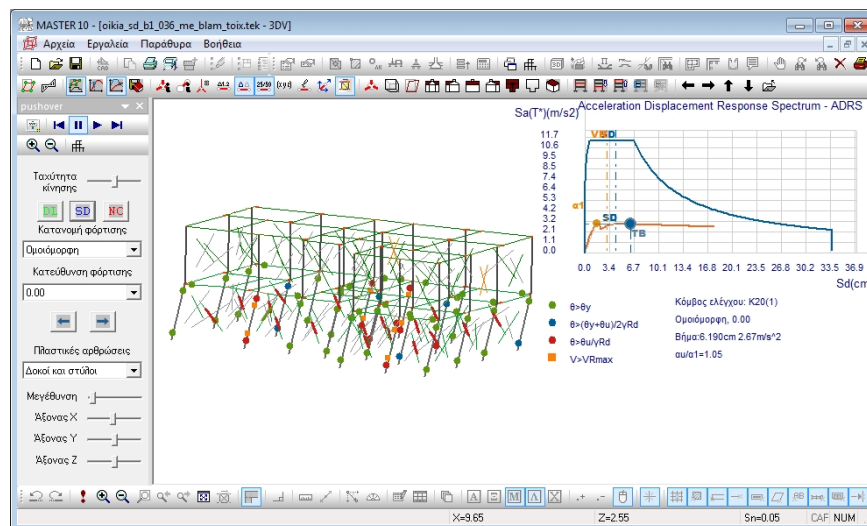
$\lambda_{\max, \text{υποστ.}} = 1,71$ (υπέρβαση σε 14 υποστυλώματα εκ των 22 του ισογείου)

$\lambda_{\max, \text{υποστ.}, \text{διάτμ.}} = 1,57$

$\lambda_{\max, \text{δοκ.}} = 0,89$

$\lambda_{\max, \text{δοκ.}, \text{διάτμ.}} = 0,72$

$\lambda_{\max, \text{τοιχοπλ.}} = 7,07$



Εικόνα 5.7: Σήμανση στο 3DV των δομικών στοιχείων και των τοιχοπληρώσεων που αστοχούν (επίλυση 1^η).

Επίλυση 2^η

Γίνεται ολική αποκατάσταση των βλαμμένων τοιχοπληρώσεων του ισογείου με απλούς τρόπους αλλά όχι ενίσχυση.

Λαμβάνεται υπόψη η αστοχία σε διάτμηση (βαθμού B) που παρατηρήθηκε σε υποστυλώμα του ορόφου 0, μετά το σεισμό. Τροποποιούνται κατάλληλα οι συντελεστές r μηχανικών χαρακτηριστικών για το μέλος K15(0) (βλ. §3.2 του παρόντος).

$$r_M = 0,8, \quad r_{dy} = \frac{1}{r_k} = \frac{1}{0,55} = 1,82, \quad r_{du} = 0,9, \quad r_V = r_R = 0,6$$

Παραδοχές

Στόχος αποτίμησης βάσει ΚΑΝ.ΕΠΕ.: **B1**, ο οποίος εφαρμόζεται στο Fespa ως εξής:

- Στάθμη επιτελεσματικότητας που ελέγχεται στο Fespa: Σημαντικών βλαβών **SD**
- Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $(\gamma I^* \alpha_{gR})_{SD} = \mathbf{0,36}$
- Πιθανότητα υπέρβασης $P_{SDR} = 10\%$ στα 50 χρόνια

Αποτελέσματα – Λόγοι επάρκειας

$$\lambda_{\max, \text{υποστ.}} = 0,96$$

$$\lambda_{\max, \text{υποστ., διάτμ.}} = 1,29 \text{ (υπέρβαση σε 1 υποστύλωμα εκ των 22 του ισογείου)}$$

$$\lambda_{\max, \text{δοκ.}} = 0,56$$

$$\lambda_{\max, \text{δοκ., διάτμ.}} = 0,63$$

$$\lambda_{\max, \text{τοιχοπλ.}} = 3,31$$

Επίλυση 3^η

Γίνεται **ολική αποκατάσταση** των **βλαμμένων τοιχοπληρώσεων** του **ισογείου** με απλούς τρόπους, και **ενίσχυση** 4 τοιχοπληρώσεων στο ισόγειο (2 ανά διεύθυνση, 2 μονόπλευρα και 2 αμφίπλευρα), σύμφωνα με την §8.5.4 του ΚΑΝ.ΕΠΕ., ώστε να ενισχυθεί επαρκώς το ισόγειο και να αποφευχθεί η κατάρρευση τύπου *pilotis*.

Λαμβάνεται υπόψη η αστοχία σε διάτμηση (βαθμού Β) που παρατηρήθηκε σε υποστύλωμα του ορόφου 0, μετά το σεισμό. Τροποποιούνται κατάλληλα οι συντελεστές r μηχανικών χαρακτηριστικών για το μέλος K15(0) (βλ. §3.2 του παρόντος).

$$r_M = 0,8, \quad r_{dy} = \frac{1}{r_k} = \frac{1}{0,55} = 1,82, \quad r_{du} = 0,9, \quad r_v = r_R = 0,6$$

Για τον χαρακτηρισμό μιας τοιχοπλήρωσης ως «Ενισχυμένης» δείτε την καρτέλα «Τοιχοπλήρωση» της «Δοκού» και την §3.7 του Kanere_4_Toixoplirwseis_.pdf, που θα βρείτε στο φάκελο C:\Program Files\LH Software\Master\Οδηγίες χρήσης,

Παραδοχές

Στόχος αποτίμησης βάσει ΚΑΝ.ΕΠΕ.: **B1**, ο οποίος εφαρμόζεται στο Fespa ως εξής:

- Στάθμη επιτελεσματικότητας που ελέγχεται στο Fespa: Σημαντικών βλαβών **SD**
- Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $(\gamma I^* \alpha_{gR})_{SD} = \mathbf{0,36}$
- Πιθανότητα υπέρβασης $P_{SDR} = 10\%$ στα 50 χρόνια

Αποτελέσματα – Λόγοι επάρκειας

$$\lambda_{\max, \text{υποστ.}} = 0,70$$

$$\lambda_{\max, \text{υποστ., διάτμ.}} = 1,12 \text{ (υπέρβαση σε 1 υποστύλωμα εκ των 22 του ισογείου)}$$

$$\lambda_{\max, \text{δοκ.}} = 0,90$$

$$\lambda_{\max, \text{δοκ.}, \text{διάτμ.}} = 0,65$$

$$\lambda_{\max, \text{τοιχοπλ.}} = 3,56$$

5.2.3 Φορέας με επεμβάσεις που θα υλοποιηθούν (Βήμα 3)

Γίνεται **ολική αποκατάσταση** των **βλαμμένων τοιχοπληρώσεων** του **ισογείου** με απλούς τρόπους, και **ενίσχυση** 4 τοιχοπληρώσεων στο ισόγειο (2 ανά διεύθυνση, 2 μονόπλευρα και 2 αμφίπλευρα).

Λαμβάνεται υπόψη η αστοχία σε διάτμηση (βαθμού B) που παρατηρήθηκε σε υποστύλωμα του ορόφου 0, μετά το σεισμό. Τροποποιούνται κατάλληλα οι συντελεστές r μηχανικών χαρακτηριστικών για το μέλος K15(0) (βλ. §3.2 του παρόντος).

$$r_M = 0,8, \quad r_{dy} = \frac{1}{r_k} = \frac{1}{0,55} = 1,82, \quad r_{du} = 0,9, \quad r_V = r_R = 0,6$$

Εκ του συμπεράσματος της προηγούμενης επίλυσης αποφασίζουμε ότι επιπλέον απαιτείται ενίσχυση του μέλους που αστόχησε σε διάτμηση με **FRP**.

Παραδοχές

Στόχος αποτίμησης βάσει ΚΑΝ.ΕΠΕ.: **B1**, ο οποίος εφαρμόζεται στο Fespa ως εξής:

- Στάθμη επιτελεσματικότητας που ελέγχεται στο Fespa: Σημαντικών βλαβών **SD**
- Μέγιστη εδαφική επιτάχυνση $(\gamma I^* a_{gR})_{SD} = \mathbf{0,36}$
- Πιθανότητα υπέρβασης $P_{SDR} = 10\%$ στα 50 χρόνια

Αποτελέσματα – Λόγοι επάρκειας

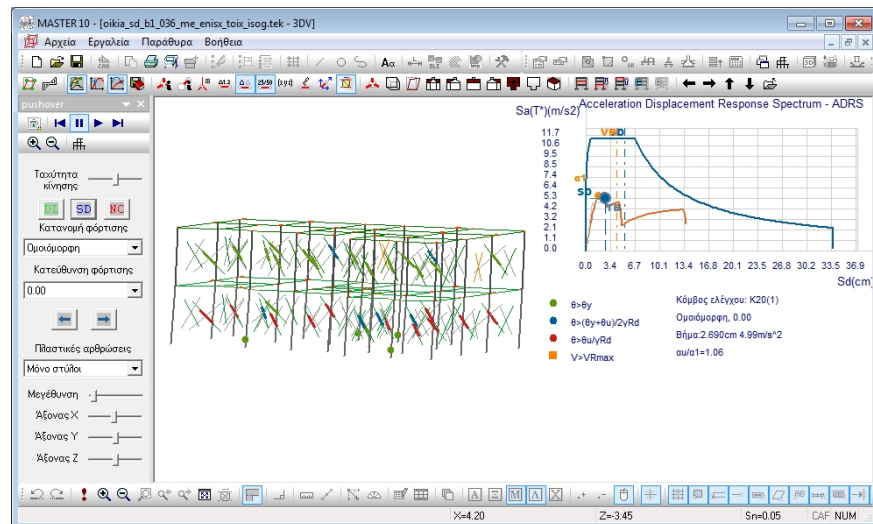
$$\lambda_{\max, \text{υποστ.}} = 0,70$$

$$\lambda_{\max, \text{υποστ.}, \text{διάτμ.}} = 0,91$$

$$\lambda_{\max, \text{δοκ.}} = 0,89$$

$$\lambda_{\max, \text{δοκ.}, \text{διάτμ.}} = 0,64$$

$$\lambda_{\max, \text{τοιχοπλ.}} = 3,56$$



Εικόνα 5.8: Σήμανση στο 3DV των τοιχοπληρώσεων που αστοχούν. Δεν παρατηρούνται αστοχίες δομικών στοιχείων.

Γενικό συμπέρασμα

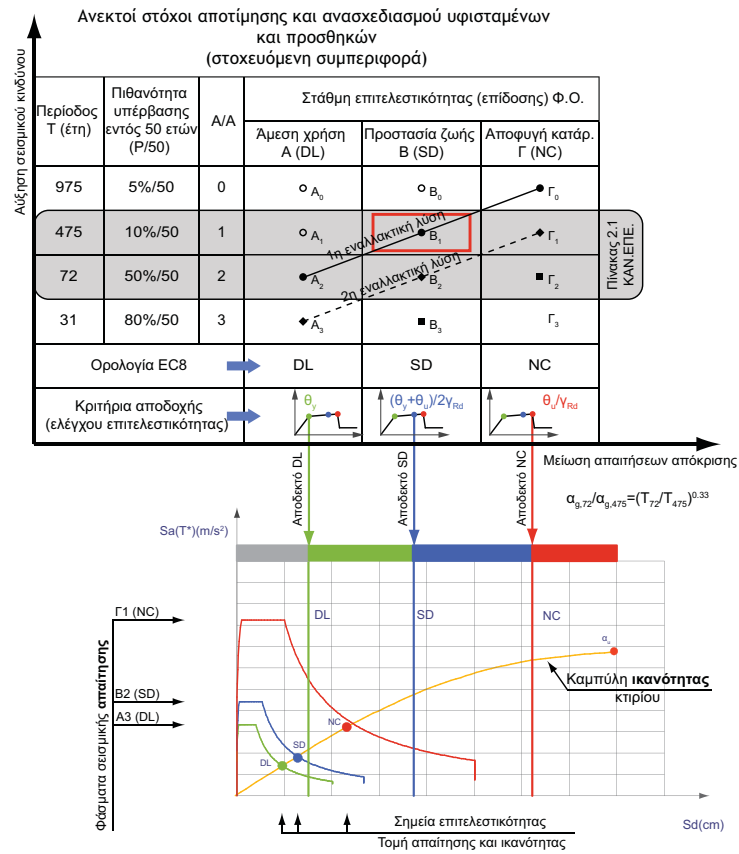
Ο Πίνακας 5.3 συνοψίζει τις δοκιμές που έγιναν για να καταλήξουμε στη επιλογή της τελικής λύσης. Η βέλτιστη και κοντινότερη στην πραγματικότητα προσέγγιση είναι η αποτίμηση φέρουσας ικανότητας με βάση το φάσμα όπως καθορίζεται στον ΚΑΝ.ΕΠΕ., λαμβάνοντας υπόψη και την επιρροή των τοιχοπληρώσεων.

ΚΑΝ.ΕΠΕ. – Στάθμη Β1 – Έδαφος Β				
Βήματα		Φορέας	Τοιχοπληρώσεις	Υποστυλώματα με $\lambda > 1$
1	1α	Ως είχε πριν τις βλάβες	Χωρίς	17 εκ των 22 σε κάμψη $\lambda_{\max, \text{υποστ.}} = 1,83$
	1β	Ως είχε πριν τις βλάβες	Με	1 εκ των 22 σε διάτμηση $\lambda_{\max, \text{υποστ.}, \text{διάτμ.}} = 1,06$
2	2α	Μερική αποκατάσταση τοιχοπληρώσεων	Με	14 εκ των 22 σε κάμψη $\lambda_{\max, \text{υποστ.}} = 1,71$
	2β	Ολική αποκατάσταση τοιχοπληρώσεων	Με	1 εκ των 22 σε διάτμηση $\lambda_{\max, \text{υποστ.}, \text{διάτμ.}} = 1,29$
	2γ	Ολική αποκατάσταση τοιχοπληρώσεων & ενίσχυση 4	Με	1 εκ των 22 σε διάτμηση $\lambda_{\max, \text{υποστ.}, \text{διάτμ.}} = 1,12$
3		Ολική αποκατάσταση τοιχοπληρώσεων, ενίσχυση 4 & ενίσχυση 1 υποστυλώματος με FRP	Με	Κανένα $\lambda_{\max, \text{υποστ.}} = 0,70$ $\lambda_{\max, \text{υποστ.}, \text{διάτμ.}} = 0,91$

Πίνακας 5.3: Τα βήματα της διαδικασίας αποτίμησης σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.

5.3 Εναλλακτικές προσεγγίσεις σύμφωνες με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.

Με οδηγό το Σχήμα 5.5 μπορεί ο μελετητής να επιλέξει ένα διαφορετικό συνδυασμό εναλλακτικών στόχων για την αποκατάσταση και αποτίμηση του παραπάνω σεισμόπληκτου κτιρίου.



Σημείωση 1

● B₁: Βασικός στόχος σχεδιασμού EC8, ΕΑΚ

Σχήμα 5.5: Εναλλακτικοί στόχοι μελέτης αποτίμησης και αποκατάστασης σεισμοπλήκτου κτιρίου.

1^ο παράδειγμα

Μπορεί να επιλεγεί η 2^η εναλλακτική λύση του παραπάνω σχήματος, με ταυτόχρονη εκπλήρωση των στόχων B2 και Γ1.

Αυτό σημαίνει ότι είναι πιθανό να απαιτηθούν **λιγότερες ενισχύσεις** τοιχοπληρώσεων και συνεπώς να καταλήξουμε σε μια **οικονομικότερη** λύση.

2^ο παράδειγμα

Μπορεί να επιλεγεί η 2^η εναλλακτική λύση του παραπάνω σχήματος, με ταυτόχρονη εκπλήρωση των στόχων B1 και Γ0.

Αυτό σημαίνει ότι είναι πιθανό να απαιτηθούν **περισσότερες ενισχύσεις** τοιχοπληρώσεων και συνεπώς να καταλήξουμε σε μια **ασφαλέστερη** λύση.