

ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΗΣ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ ΡΑΦ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΟΥΣ ΕΥΡΩΚΩΔΙΚΕΣ

Γενικοί έλεγχοι κτιρίων

Γενικά

Εφαρμόζοντας τις διατάξεις του ΕΚ8, το ΡΑΦ έχει τη δυνατότητα εκτέλεσης των γενικών ελέγχων που επιβάλλονται για τα κτίρια. Οι έλεγχοι είναι οι εξής:

- (1) Έλεγχος περιορισμού σχετικών παραμορφώσεων των ορόφων (ΕΚ8, &4.4.3.2)
- (2) Έλεγχος επιρροής φαινομένων δευτέρας τάξης (ΕΚ8, εδάφια 4.4.2.2(2),(3),(4)Ρ).
- (3) Έλεγχος ποσοστού τέμνουσας τοιχωμάτων.
- (4) Έλεγχος στρεπτικής δυσκαμψίας συστήματος.

Η σκοπιμότητα του κάθε ενός από τους ελέγχους αυτούς, καθώς η περιγραφή κάποιων από τα χαρακτηριστικά τους κατά την εκτέλεση τους από το ΡΑΦ παρουσιάζονται στις παραγράφους που ακολουθούν.

Έλεγχος περιορισμού σχετικών παραμορφώσεων των ορόφων

Σκοπός: Ο έλεγχος περιορισμού της σχετικής παραμόρφωσης ορόφων.

Επιβάλλεται για την προστασία των τοιχοπληρώσεων. Εντάσσεται στους ελέγχους περιορισμού των βλαβών, σύμφωνα με την παράγραφο 4.4.3, και είναι αντίστοιχος του ελέγχου γωνιακής παραμόρφωσης του ΕΑΚ/2000. Ο έλεγχος εκτελείται για τις τέσσερις θέσεις μάζας που επιβάλλει ο ΕΚ8 όταν η ανάλυση γίνεται με την ιδιομορφική ανάλυση φάσματος απόκρισης, ή για τους τέσσερις συνδυασμούς οριζοντίων στατικών φορτίων που επιβάλλονται όταν η ανάλυση γίνεται με την μέθοδο ανάλυσης οριζόντιας φόρτισης. Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται σε παράθεση οι βασικές παράμετροι και οι διαδικασίες που απαιτούνται για την εκτέλεση του ελέγχου τόσο στα πλαίσια του ΕΚ8 όσο και στα πλαίσια του ΕΑΚ/2000:

	EK8		ΕΑΚ/2000	
Ελεγχόμενη παράμετρος	$(d_r \cdot v)/h = [(q \cdot d_e) \cdot v]/h$		$\gamma = \left(\frac{q \cdot \Delta_{ελ}}{2.5 \cdot h} \geq \frac{\Delta_{ελ}}{h} \right)$	
	v	είναι συντελεστής μείωσης που λαμβάνει υπόψη μικρότερη περίοδο επαναφοράς της σεισμικής δράσης που συνδέεται με την απαίτηση περιορισμού βλαβών.	Δ _{ελ}	Η υπολογιστική σχετική μετακίνηση του ορόφου μετρούμενη κατά τη διεύθυνση του δυσμενέστερου περιμετρικού πλαισίου, λόγω του σεισμικού συνδυασμού δράσεων.
	h	Ύψος ορόφου.		
	q	Ο συντελεστής συμπεριφοράς.	q	Ο συντελεστής συμπεριφοράς.
	d _e	Η τιμή της σχετικής μετακίνησης του ορόφου, που λαμβάνεται ως η διαφορά των μέσων οριζόντιων μετακινήσεων d _s για το σεισμικό συνδυασμό δράσεων.	h	Το ύψος του εξεταζόμενου ορόφου
	<u>Σχόλια/διαφορές:</u> Η γενική φιλοσοφία της ελεγχόμενης παραμέτρου είναι σχεδόν η ίδια και στους δύο κανονισμούς. Ωστόσο υφίστανται και διαφορές οι οποίες δεν αλλάζουν τη γενική υπολογιστική διαδικασία, αλλά κυρίως την θεωρητική της βάση. Οι βασικές διαφορές είναι δύο: – Ο ΕΑΚ/2000 συσχετίζει την μορφή της ελεγχόμενης παραμέτρου, από το q ενώ ο ΕΚ8 όχι. – Ο ΕΚ8 εισάγει διαφορετικό επίπεδο σεισμικής δράσης για τον έλεγχο του περιορισμού των βλαβών. Αυτό καθίσταται σαφές στο εδάφιο 2.1(1)Ρ όπου ορίζεται η περίοδος επαναφοράς του αντίστοιχου σεισμού. Ο συντελεστής v έχει στόχο να προσαρμόσει τις μετακινήσεις που υπολογίστηκαν για το σεισμό με τον οποίο γίνονται οι έλεγχοι αστοχίας, στις μετακινήσεις που αντιστοιχούν στον σεισμό με τον οποίον γίνονται οι έλεγχοι περιορισμού των βλαβών. Σύμφωνα με το Εθνικό προσάρτημα: v=0.4 για κατηγορίες σπουδαιότητας III, IV και v=0.5 για κατηγορίες σπουδαιότητας I, II.			
Θέσεις ελέγχου	Οι στάθμες των ορόφων		Οι στάθμες των ορόφων	
Διευθύνσεις ελέγχου	Χωρίς να διευκρινίζεται σαφώς, η διαφορά των «μέσων οριζοντίων» μετακινήσεων αναφέρεται σε διανύσματα μετακινήσεων τα οποία δεν είναι παράλληλα προς κάποιες διευθύνσεις. Ωστόσο η μη διευκρίνηση αφήνει το περιθώριο εκτέλεσης του ελέγχου σε δύο κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις.		Σε δύο κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις.	
Όρια επιτρεπτών τιμών	d _r · v ≤ 0.005 · h	Για κτίρια με ψαθυρά μη φέροντα στοιχεία συνδεδεμένα με το φορέα.	γ<0.005	Για κτίρια με τοιχοπληρώσεις.
	d _r · v ≤ 0.0075 · h	Για κτίρια με πλάστιμα μη φέροντα στοιχεία		
	d _r · v ≤ 0.010 · h	Για κτίρια με μη φέροντα στοιχεία με επηρεασμένα από τις παραμορφώσεις του φορέα.	γ<0.007	Για κτίρια με λιγότερο ευαίσθητα χωρίσματα.
Διαδικασία ελέγχου	<i>Η βασική παράμετρος του ελέγχου στα πλαίσια και των δύο κανονισμών, είναι η σχετική μετακίνηση δύο διαδοχικών ορόφων. Η διαφορά του ορισμού της όμως δεν διαφοροποιεί την γενική πορεία των υπολογισμών. Έτσι και στα πλαίσια του ΕΚ8 η</i>			

Εφαρμογή από το ΡΑΦ

Όπως φαίνεται και από την μελέτη του παραπάνω πίνακα, η διαδικασία του ελέγχου μεταξύ του ΕΚ8 και του ΕΑΚ/2000 δεν διαφοροποιείται σχεδόν καθόλου. Οι διαφορές που υφίστανται είναι:

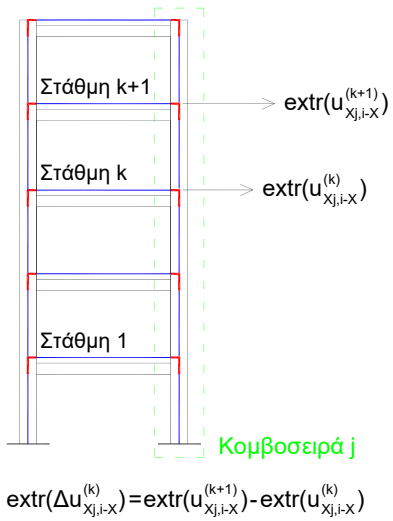
- (α) Διαφορετική σχέση υπολογισμού της εξεταζόμενης παραμέτρου.
- (β) Η σχετική μετακίνηση των ορόφων στα πλαίσια του ΕΚ8 προκύπτει από τη διαφορά των μέσων οριζοντίων μετακινήσεων του κάθε ορόφου, και όχι από τη διαφορά των μετακινήσεων σε κόμβους περιμετρικών πλαισίων όπως προέβλεπε ο ΕΑΚ/2000. Πρόκειται σαφώς για μία σημαντική απλοποίηση που εισάγει ο ΕΚ8.
- (γ) Υπάρχει διαφορετική κατηγοριοποίηση των επιτρεπτών ορίων για την ελεγχόμενη παράμετρο. Οι τρεις προαναφερόμενες διαφοροποιήσεις δεν έχουν το εύρος το οποίο θα διακαίολογούσε την ριζική αναδιάρθρωση της διαδικασίας ελέγχου που αφορά τον ΕΑΚ/2000. Έτσι η γενική διάθρωση της υπολογιστικής διαδικασίας είναι αυτή που περιγράφεται συνοπτικά παρακάτω:

Διαδικασία ελέγχου στα πλαίσια της Ιδιομορφικής Ανάλυσης Φάσματος Απόκρισης

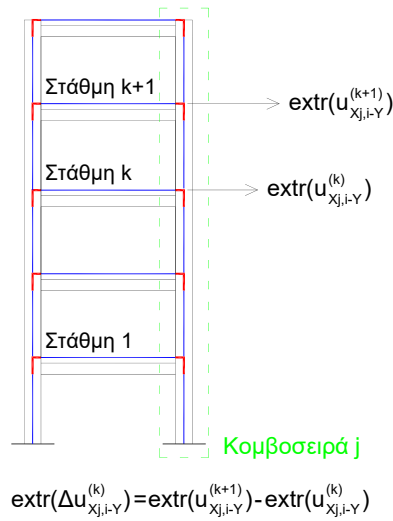
Ο έλεγχος γίνεται ως εξής:

- (1) Εντοπίζονται από το πρόγραμμα όλες οι κομβοσειρές του κτιρίου (λέγοντας κομβοσειρές εννοούνται οι ομάδες κόμβων οι οποίοι συνδεόμενοι νοητά συνιστούν μία κατακόρυφη ευθεία, δηλ. μία ευθεία παράλληλη με τον καθολικό άξονα Ζ του κτιρίου).
- (2) Για κάθε κομβοσειρά γίνονται οι εξής υπολογισμοί (βλ. Σχήμα 10.1):
 - (i) Υπολογίζονται οι μέγιστες ιδιομορφικές μετακινήσεις των κόμβων του προσομοιώματος ξεχωριστά για σεισμική διέγερση κατά τον καθολικό άξονα Χ, και για διέγερση κατά τον καθολικό άξονα Υ. Δηλαδή υπολογίζονται για όλους τους κόμβους οι καθολικές πιθανές μέγιστες ιδιομορφικές μετακινήσεις $[extr(u_x)]$ και $[extr(u_y)]$ διαδοχικά για διέγερση κατά Χ και για διέγερση κατά Υ.
 - (ii) Υπολογίζονται οι σχετικές πιθανές μέγιστες ιδιομορφικές μετακινήσεις των ορόφων $[extr(\Delta u_x)]$ και $[extr(\Delta u_y)]$, ως οι διαφορές των καθολικών μετακινήσεων $[extr(u_x)]$ και $[extr(u_y)]$ δύο διαδοχικών κόμβων της κάθε κομβοσειράς οι οποίες υπολογίστηκαν κατά το προηγούμενο βήμα. Δηλαδή για κάθε κομβοσειρά υπολογίζονται οι σχετικές μέγιστες ιδιομορφικές μετακινήσεις δύο διαδοχικών καθ' ύψος κόμβων διαδοχικά για διέγερση κατά Χ και κατά Υ.
 - (iii) Γίνεται κατά σειρά ιδιομορφική (με τον κανόνα CQC) και χωρική (με τον κανόνα SRSS) επαλληλία των τιμών των πιθανών μέγιστων ιδιομορφικών σχετικών μετακινήσεων των ορόφων του κτιρίου που υπολογίστηκαν κατά το προηγούμενο βήμα. Έτσι προκύπτουν οι πιθανές ακραίες τιμές των σχετικών μετακινήσεων των ορόφων κατά τις διευθύνσεις Χ και Υ του καθολικού συστήματος αναφοράς, για ταυτόχρονη σεισμική διέγερση κατά τις διεθύνσεις των αξόνων αυτών. Δηλαδή υπολογίζονται οι τιμές $\Delta_{x_{ελ}}$ και $\Delta_{y_{ελ}}$ που απαιτούνται για τον έλεγχο.

ΙΔΙΟΜΟΡΦΗ i / ΔΙΕΓΕΡΣΗ Χ



ΙΔΙΟΜΟΡΦΗ i / ΔΙΕΓΕΡΣΗ Υ



ΙΔΙΟΜΟΡΦΙΚΗ ΕΠΑΛΛΗΛΙΑ

$$\text{extr}(\Delta u_{x_{j,X}}^{(k)}) / \text{extr}(\Delta u_{x_{j,Y}}^{(k)})$$

ΧΩΡΙΚΗ ΕΠΑΛΛΗΛΙΑ

$$\text{extr}(\Delta u_{x_j}^{(k)})$$

$[k=1, 2, \dots, N]$
N=ο αριθμός των ορόφων

Με όμοιο τρόπο υπολογίζονται και οι σχετικές μετακινήσεις:
 $\text{extr}(\Delta u_{y_j}^{(k)})$

Σχήμα 10.1 Διαδικασία υπολογισμού των πιθανών ακραίων σχετικών μετακινήσεων των ορόφων κατά τις διευθύνσεις Χ και Υ των καθολικών αξόνων του κτιρίου.

- (3) Υπολογίζεται το γινόμενο $(d_r \cdot v)$ για όλες τις κομβοσειρές, μία φορά για τις σχετικές μετακινήσεις κατά την διεύθυνση του καθολικού άξονα Χ και μία φορά για τις σχετικές μετακινήσεις κατά την διεύθυνση του καθολικού άξονα Υ. Έτσι υπολογίζονται οι τιμές των σχετικών μετακινήσεων των ορόφων $(d_r \cdot v)_{X,k}$ και $(d_r \cdot v)_{Y,k}$ (όπου k ο αριθμός της στάθμης, σχήμα 10.1)
- (4) Υπολογίζονται οι μέσες τιμές (μέσοι όροι) των σχετικών μετακινήσεων $(d_r \cdot v)_{X,k}$ και $(d_r \cdot v)_{Y,k}$ για κάθε όροφο, από τις αντίστοιχες τιμές όλων των κομβοσειρών. Δηλαδή υπολογίζονται οι τιμές $av(d_r \cdot v)_{X,k}$ και $av(d_r \cdot v)_{Y,k}$.
- (5) Συγκρίνονται οι μέσες τιμές των σχετικών μετακινήσεων όλων των ορόφων όπως υπολογίστηκαν κατά το προηγούμενο βήμα, με τις οριακές τιμές που δίνονται στον παραπάνω πίνακα, και το κριτήριο είναι να είναι όλες μικρότερες από αυτές.
- (6) Η όλη παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται και για τις τέσσερις θέσεις μάζας.

Διαδικασία ελέγχου στα πλαίσια της Μεθόδου Ανάλυσης Οριζόντιας Φόρτισης

Ανάλογη είναι και η διαδικασία που ακολουθείται στην συγκεκριμένη περίπτωση. Μοναδικά σημεία που διαφέρουν στην περίπτωση αυτή είναι ότι δεν απαιτείται διαδικασία ανάλογη της ιδιομορφικής επαλληλίας, καθώς και ότι η χωρική επαλληλία γίνεται με βάση τους συνδυασμούς που δίνονται στο σχήμα 9.18.

Έλεγχος επιρροής φαινομένων δευτέρας τάξης

Σκοπός: Η διερεύνηση για το αν απαιτείται ή όχι η θεώρηση της επιρροής της παραμόρφωσης ενός φορέα, στα μεγέθη έντασης που προκύπτουν από την σεισμική ανάλυση.

Είναι αντίστοιχος του ελέγχου που επιβάλλεται από τον ΕΑΚ/2000 στην παράγραφο 4.1.2.2. Εκτελείται με τον υπολογισμό του συντελεστή θ που δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$\theta = \frac{P_{\text{tot}} \cdot d_r}{V_{\text{tot}} \cdot h} \quad (10.1)$$

όπου

θ είναι ο συντελεστής ευαισθησίας σχετικής μετακίνησης του ορόφου.

P_{tot} είναι το συνολικό φορτίο βαρύτητας στην σεισμική κατάσταση σχεδιασμού του ορόφου που εξετάζεται και των υπερκείμενων ορόφων.

d_r είναι η τιμή σχεδιασμού της σχετικής μετακίνησης του ορόφου, που λαμβάνεται ως η διαφορά των μέσων οριζόντιων μετακινήσεων d_s των δαπέδων του υπό εξέταση ορόφου και υπολογίζεται σύμφωνα με την παράγραφο 4.3.4 του κανονισμού.

V_{tot} είναι η συνολική σεισμική τέμνουσα του ορόφου, και

h είναι το ύψος του ορόφου.

Όταν:

- $\theta < 0.10$, τότε η ένταση δευτέρας τάξεως λόγω μεταθετότητας των ορόφων μπορεί να αγνοηθεί.
- $0.10 < \theta < 0.20$, τότε θα πρέπει να ληφθεί υπόψη (προσεγγιστικά) η μεταβολή της έντασης λόγω της σχετικής μεταθετότητας των ορόφων με πολλαπλασιασμό των αποτελεσμάτων της σεισμικής δράσης με τον συντελεστή $[1/(1 - \theta)]$.
- $\theta > 0.30$ τίθεται θέμα αλλαγής της διάταξης ή των διατομών των δομικών στοιχείων του κτιρίου.

Ο υπολογισμός των μετακινήσεων που υπεισέρχονται στον υπολογισμό του συντελεστή θ γίνεται με βάση τις συστάσεις της παραγράφου 4.3.4. Πιο συγκεκριμένα, στο εδάφιο 4.3.4(1)P δηλώνεται ότι εφόσον γίνεται γραμμική ανάλυση τότε οι μετακινήσεις που προκαλούνται από τη σεισμική δράση σχεδιασμού θα υπολογίζονται βάσει των ελαστικών παραμορφώσεων του στατικού συστήματος με τη βοήθεια της ακόλουθης απλουστευμένης έκφρασης:

$$d_s = q_d \cdot d_e$$

όπου

d_s είναι η μετακίνηση σημείου του στατικού συστήματος που προκαλείται από τη σεισμική δράση σχεδιασμού,

q_d είναι ο συντελεστής συμπεριφοράς μετακίνησης, που λαμβάνεται ίσος με τον q εκτός αν ορίζεται διαφορετικά

d_e είναι η μετακίνηση του ίδιου σημείου του στατικού συστήματος, όπως προσδιορίζεται από την γραμμική ανάλυση βασισμένη στο φάσμα απόκρισης σχεδιασμού σύμφωνα με την παράγραφο 3.2.2.5.

Στο παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται παράλληλα οι διαδικασίες του ελέγχου επιρροής φαινομένων δεύτερης τάξης, σύμφωνα με το ΕΚ8 και τον ΕΑΚ/2000 αντίστοιχα.

	ΕΚ8		ΕΑΚ/2000	
Ελεγχόμενη παράμετρος	$\theta = \frac{P_{tot} \cdot d_r}{V_{tot} \cdot h} = \frac{P_{tot}}{V_{tot}} \cdot \left(\frac{q \cdot d_e}{h} \right)$		$\theta = \frac{N_{ολ} \cdot \Delta}{V_{ολ} \cdot h} = \left(\frac{N_{ολ}}{V_{ολ}} \right) \cdot \left(\frac{q \cdot \Delta_{ελ}}{h} \right)$	
	P_{tot}	Η συνολική αξονική δύναμη του εξεταζόμενου ορόφου υπό το σεισμικό συνδυασμό δράσεων.	$N_{ολ}$	Η συνολική αξονική δύναμη του εξεταζόμενου ορόφου υπό το σεισμικό συνδυασμό δράσεων.
	V_{tot}	Η συνολική τέμνουσα δύναμη του εξεταζόμενου ορόφου υπό το σεισμικό συνδυασμό δράσεων.	$V_{ολ}$	Η συνολική τέμνουσα δύναμη του εξεταζόμενου ορόφου υπό το σεισμικό συνδυασμό δράσεων.
	h	Το ύψος του εξεταζόμενου ορόφου	h	Το ύψος του εξεταζόμενου ορόφου
	q	Ο συντελεστής συμπεριφοράς	q	Ο συντελεστής συμπεριφοράς
	d_e	Η τιμή της σχετικής μετακίνησης του ορόφου, που λαμβάνεται ως η διαφορά των μέσων οριζόντιων μετακινήσεων d_s για το σεισμικό συνδυασμό δράσεων.	$\Delta_{ελ}$	Η υπολογιστική σχετική μετακίνηση του ορόφου μετρούμενη κατά τη διεύθυνση του δυσμενέστερου περιμετρικού πλαισίου, λόγω του σεισμικού συνδυασμού δράσεων.
<u>Σχόλια/διαφορές:</u> Όπως είναι φανερό η μόνη, αλλά σημαντική διαφορά στον τρόπο υπολογισμού του θ αφορά στον υπολογισμό της τιμής της σχετικής μετακίνησης των ορόφων. Σαφώς η διαδικασία υπολογισμού της συγκεκριμένης παραμέτρου που προτείνεται από τον ΕΚ8 είναι απλούστερη από την αντίστοιχη διαδικασία που προτείνει ο ΕΑΚ/2000.				
Θέσεις ελέγχου	Οι στάθμες των ορόφων		Οι στάθμες των ορόφων	
Διευθύνσεις ελέγχου	Χωρίς να διευκρινίζεται σαφώς, η διαφορά των «μέσων οριζοντίων» μετακινήσεων αναφέρεται σε διανύσματα μετακινήσεων τα οποία δεν είναι παράλληλα προς κάποιες διευθύνσεις. Ωστόσο η μη διευκρίνηση αφήνει το περιθώριο εκτέλεσης του ελέγχου σε δύο κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις.		Σε δύο κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις. (Όταν η ανάλυση γίνεται με ΔΦΜ οι διευθύνσεις αυτές είναι οποιεσδήποτε. Όταν γίνεται εφαρμογή της ΑΦΜ οι διευθύνσεις αυτές είναι οι διευθύνσεις των κυρίων αξόνων)	
Όρια επιτρεπτών τιμών του θ	$\theta < 0.1$	Η ένταση δευτέρας τάξεως λόγω μεταθετότητας των ορόφων μπορεί να αγνοηθεί.	$\theta < 0.1$	Η ένταση δευτέρας τάξεως λόγω μεταθετότητας των ορόφων μπορεί να αγνοηθεί.
	$0.1 < \theta < 0.2$	Προσεγγιστική θεώρηση των φαινομένων δευτέρας τάξης με πολλ/σμό των αποτελεσμάτων της σεισμικής δράσης με τον συντελεστή $[1/(1 - \theta)]$.	$0.1 < \theta < 0.2$	Προσεγγιστική θεώρηση των φαινομένων δευτέρας τάξης με πολλ/σμό των αποτελεσμάτων της σεισμικής δράσης με τον συντελεστή $[1/(1 - \theta)]$.
	$\theta > 0.3$	Δεν επιτρέπεται	$\theta > 0.2$	Δεν επιτρέπεται
	<u>Σχόλια/διαφορές:</u> Δεν υφίστανται διαφορές πέραν του ανωτάτου επιτρεπτού όριου του θ .			
Διαδικασία ελέγχου	Πέραν του διαφορετικού ορισμού της σχετικής μετακίνησης των ορόφων, όλες οι υπόλοιπες λεπτομέρειες των δύο κανονισμών είναι σχεδόν ίδιες. Άρα και η			

Εφαρμογή από το ΡΑΦ

Όπως προκύπτει από τη μελέτη του παραπάνω πίνακα οι διαφορές στους απαιτούμενους υπολογισμούς κατά τον ΕΚ8 και τον ΕΑΚ/2000 είναι ελάχιστες και επί της ουσίας συνοψίζονται στον τρόπο ορισμού της σχετικής μετακίνησης των ορόφων. Όπως και στην περίπτωση του ελέγχου περιορισμού των σχετικών παραμορφώσεων των ορόφων που παρουσιάστηκε στην προηγούμενη παράγραφο, έτσι και στον συγκεκριμένο έλεγχο η σχετική μετακίνηση των ορόφων κατά τον ΕΚ8 είναι η διαφορά των μέγιστων οριζοντίων μετακινήσεων δύο διαδοχικών ορόφων, ενώ κατά τον ΕΑΚ/2000 είναι η σχετική μετακίνηση κατά τη διεύθυνση του δυσμενέστερου περιμετρικού πλαισίου. Έτσι και εφόσον η διαφορά των δύο κανονισμών συνίσταται μόνον σε αυτό το σημείο, το ΡΑΦ εκτελεί τον έλεγχο όπως τον περιγράφει ο ΕΚ8 με βάση την υπολογιστική διαδικασία με την οποία γίνεται ο έλεγχος στα πλαίσια του ΕΑΚ/2000 λαμβάνοντας όμως υπόψη την συγκεκριμένη διαφοροποίηση. Παρακάτω παρουσιάζεται συνοπτικά η αλληλουχία των υπολογισμών.

Διαδικασία ελέγχου στα πλαίσια της Ιδιομορφικής Ανάλυσης Φάσματος Απόκρισης

Η εκτέλεση του ελέγχου επιρροής των φαινομένων β' τάξης από το ΡΑΦ ξεκινά όπως και στην περίπτωση του ελέγχου περιορισμού σχετικών παραμορφώσεων των ορόφων (Παράγραφος 10.3) από τις ήδη προσδιορισμένες από το πρόγραμμα κομβοσειρές. Έτσι με προσδιορισμένες τις κομβοσειρές, εκτελείται η παρακάτω σειρά υπολογισμών ξεχωριστά για κάθε μία από τις τέσσερις θέσεις μάζας:

- (1) Υπολογίζονται οι συνολικές αξονικές δυνάμεις των (N) ορόφων του κτιρίου ως άθροισμα των αξονικών δυνάμεων όλων των κατακόρυφων στοιχείων στον κόμβο πέρατος τους για το μη σεισμικό τμήμα του σεισμικού συνδυασμού: $G+\psi_2\cdot Q$. Δηλαδή υπολογίζονται οι δυνάμεις $N_{ολ,i}$ (όπου i ο αριθμός του ορόφου).
- (2) Υπολογίζονται οι συνολικές ιδιομορφικές τέμνουσες δυνάμεις των (N) ορόφων του κτιρίου κατά την διεύθυνση των καθολικών αξόνων X και Y, ως αθροίσματα των αντίστοιχων τεμνουσών δυνάμεων όλων των κατακόρυφων στοιχείων στον κόμβο πέρατος τους. Δηλαδή υπολογίζονται για κάθε όροφο i οι συνολικές τέμνουσες $V_{ολ,X}(j)$ και $V_{ολ,Y}(j)$, όπου j είναι ο αριθμός ιδιομορφής.
- (3) Υπολογίζονται οι ιδιομορφικές τιμές των σχετικών μετακινήσεων των ορόφων για όλες τις κομβοσειρές με βάση τα παρακάτω βήματα:
 - Υπολογισμός των ιδιομορφικών μετακινήσεων των κόμβων κατά τις διευθύνσεις των καθολικών αξόνων X, Y. Δηλαδή υπολογισμός των μετακινήσεων: $U_X(j)$ και $U_Y(j)$.
 - Υπολογισμός των ιδιομορφικών σχετικών μετακινήσεων των ορόφων ως διαφορών των καθολικών μετακινήσεων δύο διαδοχικών κόμβων της κάθε κομβοσειράς οι οποίες υπολογίστηκαν κατά το προηγούμενο βήμα. Δηλαδή σε κάθε όροφο i για κάθε κομβοσειρά k , και για κάθε ιδιομορφή j υπολογίζονται οι σχετικές μετακινήσεις: $\Delta U^i_{X,k}(j)$ και $\Delta U^i_{Y,k}(j)$.
 - Οι σχετικές ιδιομορφικές μετακινήσεις πολλαπλασιάζονται με τον συντελεστή συμπεριφοράς q .
- (4) Με βάση τα εξαγόμενα των προηγούμενων τριών βημάτων εφαρμόζεται για κάθε ιδιομορφή η σχέση (10.1), και έτσι υπολογίζονται οι ιδιομορφικές τιμές του συντελεστή θ κατά την διεύθυνση του καθολικού άξονα X και κατά την διεύθυνση του καθολικού άξονα Y. Δηλαδή υπολογίζονται οι τιμές $\theta_X(j)$ και $\theta_Y(j)$.

- (5) Γίνεται κατά σειρά ιδιομορφική (με τον κανόνα CQC) και χωρική (με τον κανόνα SRSS) επαλληλία και υπολογίζονται οι πιθανές ακραίες τιμές των συντελεστών θ_x και θ_y . Δηλαδή υπολογίζονται οι τιμές $extr\theta_x$ και $extr\theta_y$. Υπενθυμίζεται ότι οι τιμές αυτές υπολογίζονται για κάθε κομβοσειρά.
- (6) Υπολογίζονται οι ανά όροφο i μέσες τιμές των $extr\theta_x$ και $extr\theta_y$ από όλες τις κομβοσειρές (στο σημείο αυτό συνίσταται η διαφορά μεταξύ ΕΚ8 και ΕΑΚ/2000 καθώς στο συγκεκριμένο σημείο ο δεύτερος απαιτεί τον εντοπισμό των μέγιστων τιμών των $extr\theta_x$ και $extr\theta_y$ από όλες τις κομβοσειρές), και οι τιμές αυτές είναι οι τελικές τιμές ελέγχου με τις οποίες ελέγχεται αν τηρούνται τα όρια $\theta < 0.1$ και $0.1 < \theta < 0.2$.
- (7) Ο όλος υπολογισμός γίνεται και για τις τέσσερις θέσεις μάζας. Εφόσον για κάποιες από αυτές προκύψουν τιμές για το θ_x ή το θ_y στο διάστημα $(0.1, 0.2)$, τότε υπολογίζεται ο επαυξητικός συντελεστής $[1/(1 - \theta)]$ με τον οποίον πολλαπλασιάζονται τα εντασιακά μεγέθη που προκύπτουν από τις ανάλυσεις για τις συγκεκριμένες θέσεις μάζας. Εάν για μία από τις θέσεις μάζας προκύψει τιμή του $\theta > 0.2$ τότε το πρόγραμμα ειδοποιεί το χρήστη με ένα ειδικό σύμβολο επισήμανσης, έτσι ώστε αυτός να πάρει τα ανάλογα μέτρα.

Διαδικασία ελέγχου στα πλαίσια της Μεθόδου Ανάλυσης Οριζόντιας Φόρτισης

Όσον αφορά στην εκτέλεση του ελέγχου στα πλαίσια της Μεθόδου Ανάλυσης Οριζόντιας Φόρτισης, θα πρέπει να τονιστεί ότι αυτός γίνεται ξεχωριστά για κάθε μία από τις τέσσερις περιπτώσεις φόρτισης με οριζόντια ισοδύναμα στατικά φορτία που δίνονται στο σχήμα 9.18 (καταστάσεις E_{Imin} , E_{Imax} , E_{IImin} , E_{IImax}). Για κάθε μία από τις περιπτώσεις αυτές, και χωρίς να γίνει χωρική επαλληλία, υπολογίζονται οι αντίστοιχες τιμές του θ_I (για τις περιπτώσεις E_{Imin} , E_{Imax}), και του θ_{II} (για τις περιπτώσεις E_{IImin} , E_{IImax}). Οι συγκρίσεις με τις οριακές τιμές 0.1, 0.2 γίνονται όπως και προηγουμένως.

Έλεγχος κατάταξης του κτιρίου στις κατηγορίες κτιρίων σκυροδέματος

Στα πλαίσια του ΕΚ8 σημαντικό ρόλο κατέχει η κατάταξη ενός κτιρίου εντός μίας εκ των κατηγοριών των κτιρίων σκυροδέματος οι οποίες παρατίθενται στην παράγραφο 5.2.2.1 και αφορούν στις κατηγορίες κτιρίων με βάση το στατικό τους σύστημα. Στα πλαίσια της διαδικασίας κατάταξης, θα πρέπει να γίνουν δύο έλεγχοι για κάθε κτίριο οπλισμένου σκυροδέματος:

- (1) Έλεγχος για το ποσοστό της διατμητικής αντοχής που αναλογεί στα πλαίσια και τα τοιχώματα του κτιρίου στη βάση του.
- (2) Έλεγχος στρεπτικά ευκάμπτου συστήματος.

Παρακάτω θα γίνει ξεχωριστή αναφορά στις λεπτομέρειες και στη σκοπιμότητα εκτέλεσης των δύο αυτών ελέγχων.

Έλεγχος για το ποσοστό της διατμητικής αντοχής που αναλογεί στα πλαίσια και τα τοιχώματα του κτιρίου στη βάση του.

Για τον έλεγχο αυτό ο ΕΚ8 επιτρέπει εναλλακτικά την αντικατάσταση του ποσοστού διατμητικής αντοχής από το ποσοστό των τεμνουσών στην σεισμική κατάσταση σχεδιασμού. Η δυνατότητα αυτή καθιστά τον συγκεκριμένο έλεγχο ακριβώς ανάλογο του ελέγχου επάρκειας τοιχωμάτων που επιβάλλει ο ΕΑΚ/2000 στην παράγραφο 4.1.4.2. Οι ομοιότητες και οι διαφορές των ελέγχων όπως τους προδιαγράφουν οι δύο κανονισμοί δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

	ΕΚ8		ΕΑΚ/2000	
Ελεγχόμενη παράμετρος	Το ποσοστό της τέμνουσας που παραλαμβάνουν πλαίσια και τοιχώματα κατά τον σεισμικό συνδυασμό δράσεων.		Το ποσοστό της τέμνουσας που παραλαμβάνουν πλαίσια και τοιχώματα κατά τον σεισμικό συνδυασμό δράσεων.	
Θέσεις ελέγχου	Η βάση του κτιρίου.		Η βάση του κτιρίου.	
Διευθύνσεις ελέγχου	Σε δύο κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις: Στην ΙΑΦΑ οι διευθύνσεις αυτές είναι οποιεσδήποτε. Στην ΜΑΟΦ είναι οι διευθύνσεις των κυρίων αξόνων αν και δεν ορίζονται σαφώς από τον κανονισμό.		Σε δύο κάθετες μεταξύ τους διευθύνσεις: Στην ΔΦΜ οι διευθύνσεις αυτές είναι οποιεσδήποτε. Στην ΑΦΜ είναι οι διευθύνσεις των κυρίων αξόνων.	
Όρια τιμών	$V_{TOIX}>0.65 \cdot V_{OL}$	Το κτίριο ανήκει στην κατηγορία κτιρίων με σύστημα πλάστιμων τοιχωμάτων.	$V_{TOIX}>0.6 \cdot V_{OL}$	Το κτίριο θεωρείται ότι έχει επαρκή τοιχώματα.
	$V_{TOIX}<0.65 \cdot V_{OL}$ $V_{TOIX}>0.50 \cdot V_{OL}$	Το κτίριο ανήκει στην κατηγορία κτιρίων με διπλό σύστημα ισοδύναμο προς σύστημα τοιχωμάτων.		
	$V_{TOIX}<0.50 \cdot V_{OL}$	Το κτίριο ανήκει στην κατηγορία κτιρίων με πλαισιωτό σύστημα ή διπλό ισοδύναμο προς πλαισιωτό.	$V_{TOIX}<0.6 \cdot V_{OL}$	Το κτίριο δεν θεωρείται ότι έχει επαρκή τοιχώματα.
Αποτελέσμα ελέγχου	Α) Ανάλογα με την κατηγορία που ανήκει το κτίριο επιλέγεται και ο αντίστοιχος συντελεστής συμπεριφοράς q (Παρ. 5.2.2.2). Β) Κτίρια που ανήκουν στην κατηγορία κτιρίων με πλαισιωτό σύστημα ή διπλό ισοδύναμο προς πλαισιωτό, θα πρέπει να ελέγχονται με ικανοτικό έλεγχο κόμβων στην διεύθυνση ελέγχου κατά την οποία ανήκουν στις συγκεκριμένες κατηγορίες (Εδάφιο 4.4.2.3(4)).		Το κτίριο, εφόσον τα τοιχώματα πέραν από επαρκή είναι και κατάλληλα τοποθετημένα, μπορεί να απαλλαγεί από τον έλεγχο αποφυγής σχηματισμού μηχανισμού ορόφου.	
Διαδικασία ελέγχου	Η διαδικασία ελέγχου είναι κοινή και για τους δύο κανονισμούς. Η μόνη διαφορά που μπορεί να σημειωθεί αφορά τα όρια των τεμνουσών που παραλαμβάνουν τα τοιχώματα. Πρόκειται όμως για μία διαφορά που δεν διαφοροποιεί την συνολική υπολογιστική διαδικασία.			

Εφαρμογή από το ΡΑΦ

Το ΡΑΦ εκτελεί τον έλεγχο ποσοστού τέμνουσας των τοιχωμάτων τόσο στα πλαίσια της Ιδιομορφικής Ανάλυσης Φάσματος Απόκρισης όσο και στα πλαίσια της Μεθόδου Ανάλυσης Οριζόντιας Φόρτισης. Ο έλεγχος εκτελείται **μόνον** στον ισόγειο όροφο, και σε ορόφους στους οποίους ενδεχομένως διακόπτονται κάποια από τα τοιχώματα όπως περιγράφεται παρακάτω. Το ΡΑΦ δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη – πέραν

του ελέγχου που γίνεται αυτόματα στο ισόγειο – να κάνει τον έλεγχο σε όποια στάθμη του κτιρίου που μελετά, υπάρχει διακοπή τοιχωμάτων.

Διαδικασία ελέγχου στα πλαίσια της Ιδιομορφικής Ανάλυσης Φάσματος Απόκρισης

- (α) Επιλύεται το κτίριο με οριζόντιες σεισμικές δυνάμεις που έχουν διεύθυνση τόσο κατά τον καθολικό άξονα Χ όσο και κατά τον καθολικό άξονα Υ. Οι κατανομές των δυνάμεων αυτών ακολουθούν τις οδηγίες του ΕΚ8.
- (β) Υπολογίζονται οι συνολικές τέμνουσες του ελεγχόμενου ορόφου στις διεθύνσεις των καθολικών αξόνων Χ και Υ. Δηλαδή υπολογίζονται οι τέμνουσες $V_{X,ολ}$ και $V_{Y,ολ}$.
- (γ) Υπολογίζονται οι συνολικές τέμνουσες που παραλαμβάνουν τα στοιχεία του κτιρίου τα οποία έχουν εισαχθεί ως τοιχώματα, κατά τις διεθύνσεις των καθολικών αξόνων Χ και Υ. Για το σκοπό αυτό το ΡΑΦ έχει ορισμένο κατά σύμβαση τον τοπικό άξονα της διατομής των τοιχωμάτων κατά την διεύθυνση του οποίου θεωρείται ότι υφίσταται η λειτουργία τοιχώματος. Έτσι εντοπίζονται οι τέμνουσες δυνάμεις οι οποίες έχουν την διεύθυνση του άξονα αυτού και αθροίζονται έτσι ώστε να προκύψουν οι συνολικές τέμνουσες $V_{X,τοιχ}$ και $V_{Y,τοιχ}$. Σε περίπτωση κατά την οποία ένα τοίχωμα δεν έχει την διεύθυνση ενός εκ των δύο καθολικών αξόνων Χ ή Υ, τότε η τέμνουσα του κατά την διεύθυνση του άξονα λειτουργίας τοιχώματος, ανάγεται στις διευθύνσεις ελέγχου και μετά εισάγεται στο γενικό άθροισμα.
- (γ) Υπολογίζονται οι λόγοι $n_{VX}=V_{X,τοιχ}/V_{X,ολ}$ και $n_{VY}=V_{Y,τοιχ}/V_{Y,ολ}$ με τους οποίους ελέγχεται σε ποιά από τις κατηγορίες στατικών συστημάτων ανήκει το κτίριο κατά την διεύθυνση των μελετούμενων αξόνων.

Διαδικασία ελέγχου στα πλαίσια της Μεθόδου Ανάλυσης Οριζόντιας Φόρτισης

Γίνεται με παρόμοια διαδικασία. Η βασική διαφορά είναι ότι στην παρούσα περίπτωση, οι έλεγχοι γίνονται για κάθε μία από τις τέσσερις επιλύσεις της μεθόδου (βλ. σχήμα 9.18) και εξάγονται οι μέσες τιμές του n_v αφενώς από τις δύο επιλύσεις κατά την διεύθυνση του ενός κύριου άξονα και αφετέρου από τις δύο επιλύσεις κατά την διεύθυνση του δεύτερου κύριου άξονα.

Έλεγχος στρεπτικά ευκάμπτου συστήματος.

Με το προηγούμενο έλεγχο επιτυγχάνεται η κατάταξη του κτιρίου σε μία από τις κατηγορίες στατικών συστημάτων σύμφωνα με την παράγραφο 5.2.2.1 και τους ορισμούς της παραγράφου 5.1.2.

Ωστόσο, σύμφωνα τα εδάφια 5.2.2.1(4)Ρ, (6) όσα κτίρια τα οποία με βάση το κριτήριο του ποσοστού της τέμνουσας βάσης κατατάσσονται σε μία από τις κατηγορίες στατικών συστημάτων, δεν έχουν μία ελάχιστη προκαθορισμένη στρεπτική δυσκαμψία θα πρέπει να κατατάσσονται στα στρεπτικώς εύκαμπτα συστήματα. Αυτό σημαίνει, ότι πέραν του ελέγχου του ποσοστού της τέμνουσας βάσης που παραλαμβάνεται από τα πλαίσια και τα τοιχώματα, θα πρέπει να γίνεται επιπλέον και έλεγχος της στρεπτικής ευκαμψίας.

Ο έλεγχος αυτός σύμφωνα με το εδάφιο 5.2.2.1(4)Ρ γίνεται με έλεγχο της συνθήκης (4.1b) του εδαφίου 4.2.3.2(6) η οποία είναι:

$$r_x \geq I_s \quad \text{και} \quad r_y \geq I_s$$

όπου

r_x είναι η «ακτίνα δυστρεψίας», δηλ. η τετραγωνική ρίζα του λόγου της δυστρεψίας προς την μεταφορική δυσκαμψία στην διεύθυνση y (Αντίστοιχος είναι και ο ορισμός της r_y):

$$r_x = \sqrt{\frac{K_t}{K_y}} \quad \text{και} \quad r_y = \sqrt{\frac{K_t}{K_x}}$$

και

I_s είναι η ακτίνα αδρανείας της μάζας της πλάκας ορόφου σε κάτοψη (τετραγωνική ρίζα του λόγου (α) της πολικής ροπής αδρανείας της μάζας της πλάκας του ορόφου σε κάτοψη, ως προς το κέντρο μάζας της πλάκας του ορόφου προς (β) την μάζα της πλάκας του ορόφου):

$$I_s = \sqrt{\frac{J_m}{m}}$$

Ο υπολογισμός της ακτίνας δυστροπείας κατά τις διευθύνσεις ελέγχου x και y θα πρέπει να γίνει σύμφωνα με το εδάφιο 4.2.3.2(7) και (8) ως προς το κέντρο μεταφορικής δυσκαμψίας. Σε πολυώροφα κτίρια, όπως είναι γνωστό, μόνον κατά προσέγγιση μπορεί να οριστεί το κέντρο μεταφορικής δυσκαμψίας. Στο εδάφιο 4.2.3.2(8) δίνονται προϋποθέσεις για τον απλουστευμένο ορισμό του κέντρου δυσκαμψίας. Ωστόσο δηλώνεται ότι στα Εθνικά προσάρτηματα μπορεί να γίνεται αναφορά σε ορισμό του κέντρου δυσκαμψίας είτε ισχύουν είτε όχι οι προϋποθέσεις για τον απλουστευμένο ορισμό.

Σύμφωνα με το Εθνικό προσάρτημα:

Η παραπομπή σε ορισμούς του κέντρου της δυσκαμψίας και της ακτίνας δυσκαμψίας σε πολυώροφα κτίρια, τα οποία πληρούν ή όχι τους όρους (α) και (β) του 4.2.3.2(8) μπορεί να γίνει στην Παράγραφο 3.3.3 και το Παράρτημα ΣΤ του ΕΑΚ2000 και τα σχετικά σχόλια.

Σύμφωνα με το εδάφιο 4.2.3.2 ο έλεγχος με τη σχέση (4.1b) θα πρέπει να γίνει σε κάθε στάθμη, και για τις δύο ορθογώνιες διευθύνσεις στις οποίες θεωρείται ότι ενεργεί η σεισμική διέγερση.

Η διαδικασία του υπολογισμού είναι η εξής:

(Δ) Υπολογισμός στατικών εκκεντροτήτων e_{ox} και e_{oy} .

Σύμφωνα με το εδάφιο 4.2.3.2(6), στα πλαίσια του ελέγχου για την εκπλήρωση ή όχι των κριτηρίων κανονικότητας των κτιρίων απαιτείται η εκπλήρωση – πέραν της συνθήκης (4.1b) – της συνθήκης:

$$e_{ox} \leq 0.30 \cdot r_x \text{ και } e_{oy} \leq 0.30 \cdot r_y$$

Οι παραπάνω συνθήκες θα πρέπει να εκπληρώνονται σε κάθε στάθμη του υπό εξέταση κτιρίου. Ο υπολογισμός των στατικών εκκεντροτήτων κατά την διεύθυνση δύο κάθετων μεταξύ τους αξόνων, προϋποθέτει τον προσδιορισμό της θέσης του ελαστικού άξονα του κτιρίου. Όπως είναι γνωστό ο άξονας αυτός μόνον προσεγγιστικά μπορεί να προσδιοριστεί στην γενική περίπτωση των πολυωρόφων κτιρίων με μικτό φέροντα οργανισμό (δηλ. πλαίσια και τοιχώματα). Στην γενική αυτή περίπτωση, ορίζεται ο πλασματικός ελαστικός άξονας. Όσοσο χρειάζεται προσοχή στην περίπτωση κατά την οποία υπάρχουν σημαντικές διαφοροποιήσεις στα εμβαδά των ορόφων (δηλ. μείωση ή διαδοχικές καθ' ύψος μειώσεις των εμβαδών) οι οποίες επιφέρουν σημαντικές καθ' ύψος αποκλίσεις των κέντρων μάζας από μία κατακόρυφη ευθεία. Στις περιπτώσεις αυτές καλό είναι να μην γίνεται έλεγχος των στατικών εκκεντροτήτων με βάση τον προσδιορισμό ενός (πλασματικού) ελαστικού άξονα για όλη την κατασκευή. Στις περιπτώσεις αυτές είναι πιο δόκιμος ο έλεγχος να γίνεται ανά όροφο ξεχωριστά. Η συγκεκριμένη διαδικασία ακολουθείται από το ΡΑΦ.