



Επιτροπή Αντισεισμικής Προστασίας Γεφυρών

Πρόταση Περιεχομένων Τεχνικής Έκθεσης:

ΟΔΗΓΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΚΑΙ ΤΟΝ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΓΕΦΥΡΩΝ

Γιάννης Ψυχάρης

Ιούνιος 2020

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κεφάλαιο 2: ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΓΕΦΥΡΩΝ

Κεφάλαιο 3: ΣΤΟΧΟΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Κεφάλαιο 4: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ

Κεφάλαιο 5: ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Κεφάλαιο 6: ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Κεφάλαιο 7: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

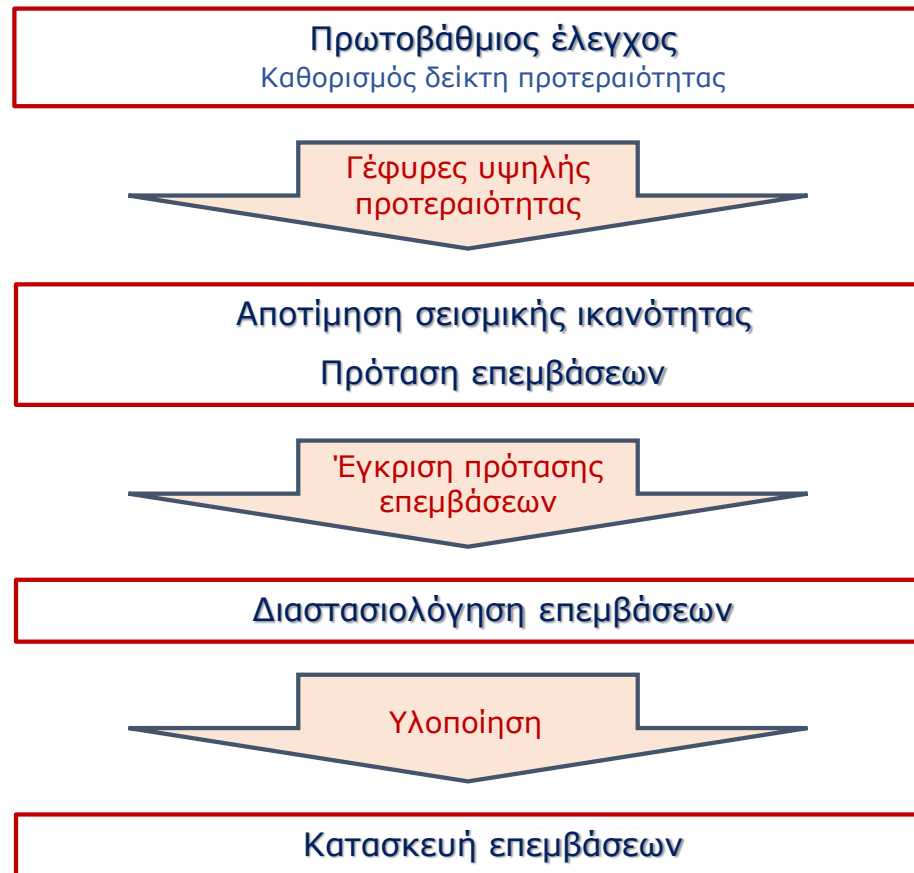
ΜΕΛΕΤΗ
ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΙ
ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Κεφ. 1: Εισαγωγή (1)

1.1 Αναγκαιότητα αποτίμησης και ανασχεδιασμού γεφυρών

Θα αναφερθούν στοιχεία από τη διεθνή και την ελληνική εμπειρία.

1.2 Διαδικασία ελέγχου και ενίσχυσης υφιστάμενων γεφυρών



Κεφ. 1: Εισαγωγή (2)

1.3 Σκοπός Οδηγιών

1.4 Δομή κειμένου

Θέματα που θα αναπτυχθούν στα επιμέρους κεφάλαια των Οδηγιών

- ♦ Δείκτης προτεραιότητας γεφυρών
- ♦ Στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού
- ♦ Διερεύνηση και τεκμηρίωση
- ♦ Μέθοδοι ανάλυσης
- ♦ Έλεγχοι ασφαλείας
- ♦ Σχεδιασμός και διαστασιολόγηση επεμβάσεων

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κεφάλαιο 2: ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΓΕΦΥΡΩΝ

Κεφάλαιο 3: ΣΤΟΧΟΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Κεφάλαιο 4: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ

Κεφάλαιο 5: ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Κεφάλαιο 6: ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Κεφάλαιο 7: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Κεφ. 2: Δείκτης προτεραιότητας γεφυρών (1)

2.1 Επιθεώρηση γεφυρών

- ◆ Δελτίο στοιχείων Μητρώου γεφυρών:
 - Γενικά στοιχεία
 - Θέση
 - Έτος κατασκευής
 - Σπουδαιότητα
 - Σεισμικότητα περιοχής
 - Ανωδομή
 - Γεωμετρικά στοιχεία
 - Τύπος γέφυρας
 - Υλικά
 - Εφέδρανα - αρμοί
 - Τύπος
 - Μήκος έδρασης φορέα
 - Βάθρα – ακρόβαθρα
 - Τύπος
 - Υλικά
 - Διαστάσεις
 - Θεμελίωση
- ◆ Οδηγίες συμπλήρωσης δελτίου

BRIDGE SEISMIC INVENTORY DATA FORM		
GENERAL		
Bridge Name _____	BIN Number _____	
Location _____		
Year Built _____	ADT _____	Detour Length _____
Total Length _____	Feature Carried _____	
Overall Width _____	Feature Crossed _____	
Importance: essential / standard _____	Alignment: straight / skewed / curved _____	Geometry: regular / irregular _____
Seismic Hazard (100-year event): $S_s =$ _____ g $S_1 =$ _____ g Soil Site Class: A / B / C / D / E _____		
(1000-year event): $S_s =$ _____ g $S_1 =$ _____ g Soil Site Class: A / B / C / D / E _____		
SUPERSTRUCTURE		
Material and Type _____		
Number of spans _____	Continuous: yes / no _____	Number of expansion joints _____
BEARINGS		
Type _____ Condition: functioning / not functioning _____		
Type of restraint: Longitudinal: _____ Transverse: _____		
Actual support length _____ Minimum required length _____		
COLUMNS AND PIERS		
Material and Type _____		
Cross-section: Min. transverse dimension _____ Min. longitudinal dimension _____		
Height range (low – high): _____ Fixity: Top _____ Bottom _____		
Longitudinal reinforcement (%) _____ Splices in end zones ? yes / no _____		
Transverse confinement steel _____		
FOUNDATIONS AND ABUTMENTS		
Pier foundation type: spread footings / pile footings / pile bent / single shaft / other _____		
Abutment type: seat / integral / other _____ On Piles: yes / no _____		
other _____		
Abutment height _____ Approach slabs: yes / no _____ Slab length _____		
Location: cut / fill _____ Wingwalls: yes / no _____ Liquefaction: susceptibility low / moderate / high _____		
REMARKS _____		

Κεφ. 2: Δείκτης προτεραιότητας γεφυρών (2)

2.2 Δομική τρωτότητα

Βασίζεται στη μορφή και το είδος των δομικών στοιχείων, αλλά και στη γενική κατάσταση της γέφυρας (παθολογία).

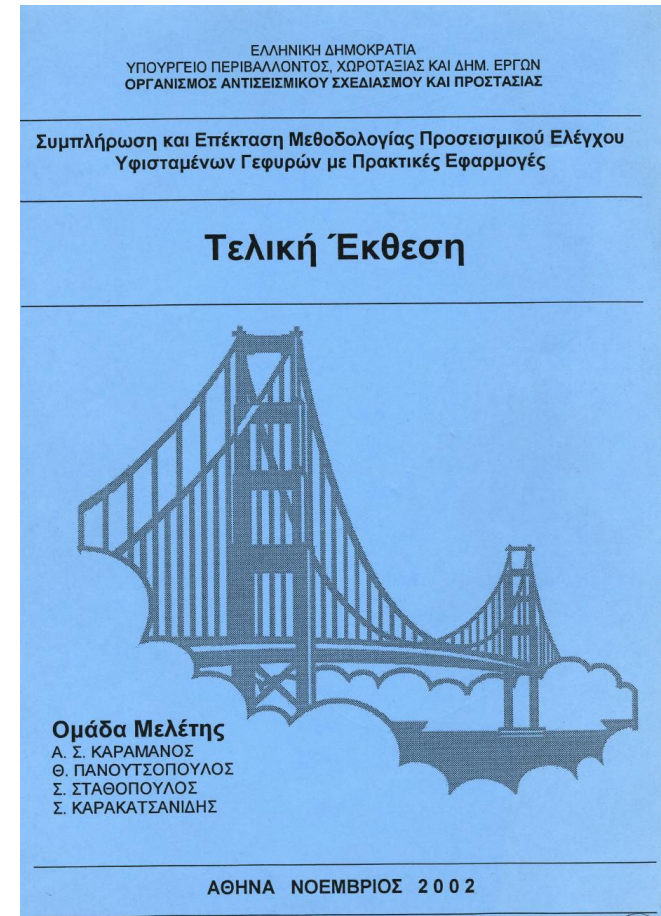
Σύμφωνα με Τ.Ε. 2002, λαμβάνει τιμές από 0 έως 10:

- $\Delta = 0$: πολύ μικρή πιθανότητα εμφάνισης αστοχιών
- $\Delta = 5$: μέτρια πιθανότητα κατάρρευσης / υψηλή πιθανότητα να τεθεί η γέφυρα εκτός λειτουργίας
- $\Delta = 10$: υψηλή πιθανότητα κατάρρευσης

Για τον καθορισμό του δείκτη Δ λαμβάνονται υπόψη επιμέρους δείκτες που αφορούν:

- ◆ Εφέδρανα, συνδέσμους, εδράσεις
- ◆ Μεσόβαθρα, ακρόβαθρα, έδαφος
- ◆ Χρονολογία και Κανονισμό μελέτης
- ◆ Γενική κατάσταση γέφυρας (διαβρώσεις, ενανθράκωση, αποσύνθεση υλικών, κλπ.)
 - ➔ Βαθμός Φύλλου Επιθεώρησης

Απαιτείται επικαιροποίηση του τρόπου υπολογισμού του δείκτη δομικής τρωτότητας.



Κεφ. 2: Δείκτης προτεραιότητας γεφυρών (3)

2.3 Σπουδαιότητα

Για τον καθορισμό του δείκτη σπουδαιότητας λαμβάνονται υπόψη:

- ◆ Εάν η γέφυρα πρέπει να παραμείνει λειτουργική μετά τον σεισμό:
 - Απαιτείται για την οδική επικοινωνία με Υπηρεσίες Ανάγκης (Emergency Services), όπως Νοσοκομεία, ή διασχίζει οδό που παρέχει τέτοια επικοινωνία.
 - Φέρει γραμμές ζωής, όπως αγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας και ύδρευσης.
- ◆ Εάν είναι μεγάλης οικονομικής σημασίας:
 - Αποτελεί σημαντικό στοιχείο του συστήματος μεταφορών.
 - Είναι σημαντική για την οικονομική ανάκαμψη της πληγείσας περιοχής.
- ◆ Είναι μεγάλης στρατηγικής σπουδαιότητας:
 - Επιτρέπει την άμεση επέμβαση Υπηρεσιών βοήθειας (Πυροσβεστική, ΕΚΑΒ, στρατός) ή διασχίζει οδό που παρέχει τέτοια επικοινωνία.
 - Θεωρείται κρίσιμη για το οδικό δίκτυο ασφάλειας και άμυνας.

Επίσης, λαμβάνονται υπόψη και άλλοι παράγοντες όπως:

- Μέση ημερήσια κυκλοφορία στη γέφυρα
- Μήκος παράκαμψης σε περίπτωση μη λειτουργίας της γέφυρας
- Μέση ημερήσια κυκλοφορία κάτω από τη γέφυρα
- Μήκος παράκαμψης σε περίπτωση μη λειτουργίας της οδού κάτω από τη γέφυρα
- Ανθρώπινες απώλειες – υλικές καταστροφές.

Κεφ. 2: Δείκτης προτεραιότητας γεφυρών (4)

2.4 Επικινδυνότητα

Για τον καθορισμό του δείκτη επικινδυνότητας λαμβάνονται υπόψη:

- ◆ Επικινδυνότητα έναντι σεισμικών δράσεων
 - Σεισμική ζώνη
 - Κατηγορία εδάφους
- ◆ Επικινδυνότητα έναντι φωτιάς
- ◆ Επικινδυνότητα έναντι έκρηξης
- ◆ Επικινδυνότητα έναντι πρόσκρουσης (π.χ. πρόσκρουση πλοίου, τρένου, οχήματος σε βάθρο)
- ◆ Επικινδυνότητα έναντι υποσκαφής βάθρων
- ◆ Επικινδυνότητα έναντι ρευστοποίησης εδάφους
- ◆ Επικινδυνότητα έναντι αστοχίας πρανών – κατολισθήσεων.

Κεφ. 2: Δείκτης προτεραιότητας γεφυρών (5)

2.5 Απομένουσα ζωή

Ενίσχυση γεφυρών με μικρή απομένουσα χρήσιμη ζωή, ιδιαίτερα σε ό,τι αφορά τη σεισμική διακινδύνευση, μπορεί να μην είναι δικαιολογημένη επειδή:

- Πιθανόν είναι αντιοικονομική
- Η πιθανότητα να συμβεί ισχυρός σεισμός στην απομένουσα χρήσιμη ζωή είναι μικρή.

Η εκτίμηση της απομένουσας ζωής εξαρτάται από:

- Την ηλικία
- Τη δομική κατάσταση
- Τα υλικά και τις προδιαγραφές που ίσχυαν κατά την κατασκευή
- Τη λειτουργική επάρκεια στις παρούσες και μελλοντικές απαιτήσεις της κυκλοφορίας.

Χονδρική εκτίμηση της απομένουσας ζωής μπορεί να βασίζεται μόνο στην ηλικία, σε σύγκριση με την εκτιμώμενη διάρκεια ζωής για την οποία σχεδιάζονται οι νέες γέφυρες.

Σημειώνεται όμως ότι η ενίσχυση μιας “ηλικιωμένης” γέφυρας μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική αύξηση της απομένουσας ζωής της.

2.6 Λειτουργική επάρκεια

Λαμβάνεται υπόψη η επάρκεια της γέφυρας στις παρούσες και μελλοντικές απαιτήσεις της κυκλοφορίας.

Κεφ. 2: Δείκτης προτεραιότητας γεφυρών (6)

2.7 Υπολογισμός δείκτη προτεραιότητας

Ο **συνολικός δείκτης προτεραιότητας** Π προκύπτει από τον συνδυασμό όλων των παραπάνω παραγόντων:

$$\Pi = f(\Delta, \Sigma, E, A)$$

όπου:

Δ = Δομική/σεισμική τρωτότητα

Σ = Σπουδαιότητα

E = Επικινδυνότητα (σεισμική και μη-σεισμική)

A = Άλλοι παράγοντες

2.8 Προτεινόμενες ενέργειες με βάση τη διακινδύνευση

Ο συνολικός δείκτης προτεραιότητας Π θέτει τη σειρά προτεραιότητας που θα πρέπει να ακολουθηθεί σε ένα γενικότερο πρόγραμμα επεμβάσεων/ενισχύσεων γεφυρών, λαμβάνοντας υπόψη όχι μόνον τη δομική τρωτότητα αλλά και κοινωνικούς, οικονομικούς και άλλους παράγοντες, και επομένως αποσκοπεί στην υποβοήθηση των Υπηρεσιών για τη λήψη των σχετικών αποφάσεων.

Άμεσες ενέργειες όμως, πιθανόν να απαιτούνται λόγω μεγάλης δομικής/σεισμικής τρωτότητας. Γι' αυτό, ανάλογα με την τιμή του δείκτη Δ , πρέπει να γίνει μία **ξεχωριστή κατάταξη** των γεφυρών με βάση την **προτεραιότητα άμεσων επεμβάσεων**.

Επομένως, με βάση τον δείκτη Δ και τους επιμέρους δείκτες που τον απαρτίζουν, πρέπει στις Οδηγίες να αναφέρονται προτάσεις άμεσων ενεργειών για την άρση των σχετικών κινδύνων.

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κεφάλαιο 2: ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΓΕΦΥΡΩΝ

Κεφάλαιο 3: ΣΤΟΧΟΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Κεφάλαιο 4: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ

Κεφάλαιο 5: ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Κεφάλαιο 6: ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Κεφάλαιο 7: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Κεφ. 3: Στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού (1)

Εφαρμόζεται η φιλοσοφία του **Performance Based Design**:

- ♦ Καθορισμός σεισμικών δράσεων ελέγχου που αντιστοιχούν σε διάφορες περιόδους επανάληψης T_R
- ♦ Καθορισμός διαφόρων επιπέδων βλαβών (σταθμών επιτελεστικότητας) (Limit States – LS)
- ♦ Συνδυασμός έντασης σεισμικής δράσης με ανεκτό επίπεδο βλαβών για τον καθορισμό των **στόχων αποτίμησης/ανασχεδιασμού (Performance Objective)**.

		Στάθμη επιτελεστικότητας (LS)		
		Περιορισμός Βλαβών (DL)	Σημαντικές Βλάβες (SD)	Οιονεί Κατάρρευση (NC)
Περίοδος επανάληψης σεισμικής δράσης	Πολύ μεγάλη ($T_R > 1000$ έτη) (Πολύ ισχυροί και πολύ σπάνιοι σεισμοί)	●	●	●
	Μεγάλη ($T_R \sim 500$ έτη) (Ισχυροί, σπάνιοι σεισμοί)	●	●	●
	Μικρή ($T_R \sim 70$ έτη) (Μικροί, συχνοί σεισμοί)	●	●	●

Μη αποδεκτό για νέες κατασκευές

Το παραπάνω διάγραμμα αφορά κυρίως **νέες κατασκευές**.

Για **υφιστάμενες κατασκευές**, οι στόχοι αποτίμησης/ανασχεδιασμού μπορούν να μετατεθούν προς τα δεξιά (π.χ. μπλε γραμμή).

Κεφ. 3: Στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού (2)

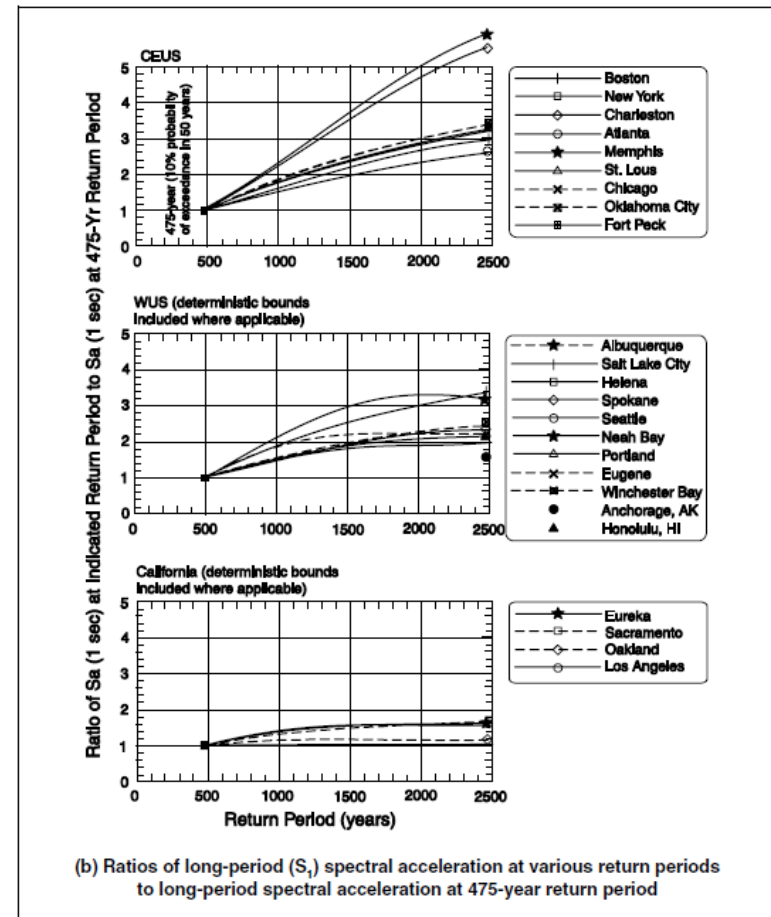
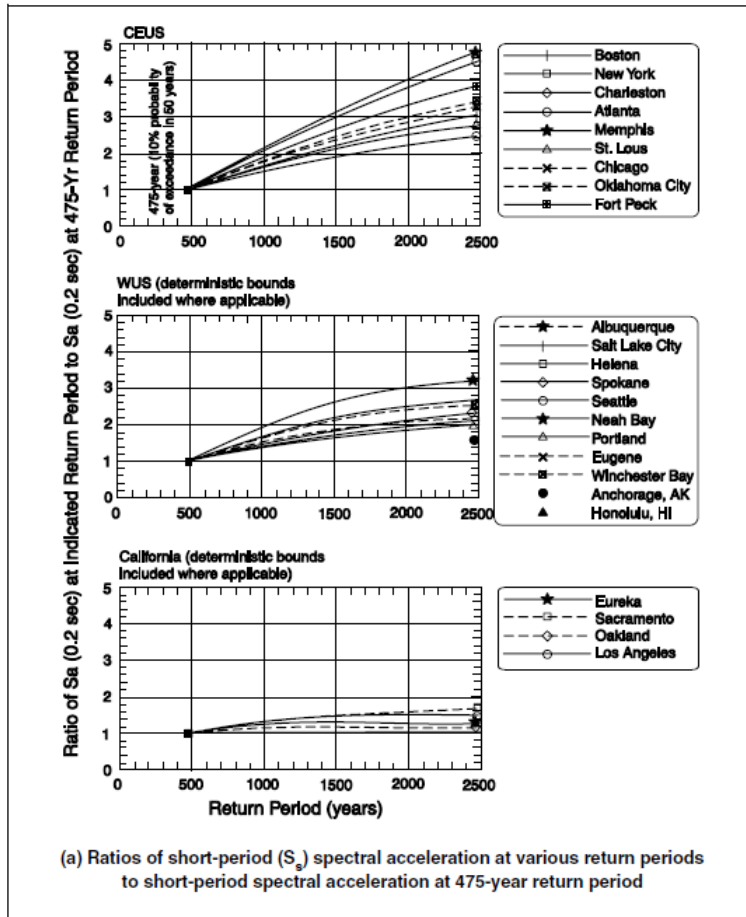
3.1 Επίπεδα έντασης σεισμικών δράσεων ελέγχου

- ◆ Στον EC8-3 ορίζονται δύο επίπεδα έντασης σεισμικής δράσης:
 1. Μικρός σεισμός: Πιθανότητα υπέρβασης $P = 50\%$ σε 50 έτη
Περίοδος επανάληψης: $T_R = 70$ έτη
 2. Ισχυρός σεισμός: Πιθανότητα υπέρβασης $P = 10\%$ σε 50 έτη
Περίοδος επανάληψης: $T_R = 475$ έτη
- ◆ Στο FHWA ορίζονται επίσης δύο επίπεδα έντασης σεισμικής δράσης, αλλά αυξημένα σε σύγκριση με τον EC8-3, που υπολογίζονται για διάρκεια χρήσιμης ζωής γεφυρών 75 έτη:
 1. Κατώτερο επίπεδο: Πιθανότητα υπέρβασης $P = 50\%$ σε 75 έτη
Περίοδος επανάληψης: $T_R = 100$ έτη
 2. Ανώτερο επίπεδο: Πιθανότητα υπέρβασης $P = 7\%$ σε 75 έτη
Περίοδος επανάληψης: $T_R = 1000$ έτη
- ▶ Απαιτούνται χάρτες σεισμικής επικινδυνότητας για διάφορες τιμές T_R
Στις ΗΠΑ:
 - Υπάρχουν χάρτες της USGS που δίνουν τις παραμέτρους της εδαφικής κίνησης: PGA , $S_a(T=0.2 \text{ s})$, $S_a(T=0.3 \text{ s})$ και $S_a(T=1.0 \text{ s})$, για περιόδους επανάληψης $T_R = 500$, 1000 και 2500 έτη.
 - Για άλλες τιμές περιόδου επανάληψης υπάρχουν διαγράμματα που δίνουν την μεταβολή του λόγου κάθε παραμέτρου ως προς την αντίστοιχη τιμή για $T_{R,ref} = 475$ έτη, τα οποία διαφοροποιούνται ανάλογα με την περιοχή.

Κεφ. 3: Στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού (3)

3.1 Επίπεδα έντασης σεισμικών δράσεων ελέγχου (συνέχεια)

Λόγος φασματικής επιτάχυνσης για μικρές περιόδους (αριστερά) και $T=1$ s (δεξιά) ως προς την αντίστοιχη φασματική επιτάχυνση για την περίοδο επανάληψης αναφοράς (475 έτη) ως προς την περίοδο επανάληψης, για τις ΗΠΑ.



Κεφ. 3: Στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού (4)

3.1 Επίπεδα έντασης σεισμικών δράσεων ελέγχου (συνέχεια)

Μέχρι να κατασκευαστούν/επικαιροποιηθούν οι χάρτες σεισμικής επικινδυνότητας για την Ελλάδα και για άλλες περιόδους επανάληψης πέραν της $T_{R,ref} = 475$ έτη, η εδαφική επιτάχυνση a_g για $T_R \neq 475$ ετών, αλλά και οι φασματικές επιταχύνσεις για $T = 0.2$ s και $T = 1$ s, μπορούν να υπολογιστεί από τη βάση δεδομένων EFEHR (European Facilities for Earthquake Hazard and Risk, www.efehr.org)



Επίσης, σύμφωνα με τον EC8, η επιτάχυνση a_g για $T_L \neq T_{LR=475}$ σχετίζεται με την επιτάχυνση αναφοράς $a_{g,R}$ μέσω του "ισοδύναμου" συντελεστή σπουδαιότητας γ_I : $a_g = \gamma_I a_{g,R}$ που μπορεί να υπολογιστεί ως:

- Για πιθανότητα υπέρβασης $P = P_R$ σε $T_L \neq T_{LR}$: $\gamma_I \approx (T_{LR}/T_L)^{-1/k}$
- Για πιθανότητα υπέρβασης $P \neq P_R$ σε $T_L = T_{LR}$: $\gamma_I \approx (P/P_R)^{-1/k}$

όπου $T_{LR} = 50$ έτη, $P_R = 0.10$ και ο συντελεστής k εξαρτάται από τη σεισμικότητα της περιοχής και κυμαίνεται από 2.5 έως 4 (συνήθως τίθεται: $k = 3$).

Κεφ. 3: Στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού (5)

3.1 Επίπεδα έντασης σεισμικών δράσεων ελέγχου (συνέχεια)

Οι τιμές του “ισοδύναμου” συντελεστή συμπεριφοράς γ_I που προκύπτουν για διάφορες τιμές της περιόδου επανάληψης T_R που αντιστοιχούν σε διάφορες τιμές της πιθανότητας υπέρβασης P σε $T_L = T_{LR} = 50$ έτη δίνονται στον επόμενο πίνακα για τρεις τιμές του συντελεστή k , συγκεκριμένα: $k = 2.5, 3$ & 4 .

Πιθανότητα υπέρβασης P	Περίοδος επανάληψης T_R (έτη)	“Ισοδύναμος” συντελεστής σπουδαιότητας γ_I		
		$k = 2.5$	$k = 3$	$k = 4$
50%	72	0.53	0.58	0.67
30%	140	0.64	0.69	0.76
20%	224	0.76	0.79	0.84
10%	475	1.00	1.00	1.00
5%	975	1.32	1.26	1.19
2%	2475	1.90	1.71	1.50

Λαμβάνοντας υπόψη την στήλη για $k = 2.5$ λόγω της υψηλής σεισμικότητας της Ελλάδας, προκύπτουν οι παρακάτω τιμές του “ισοδύναμου” συντελεστή συμπεριφοράς $\gamma_I = a_g/a_{gR}$:

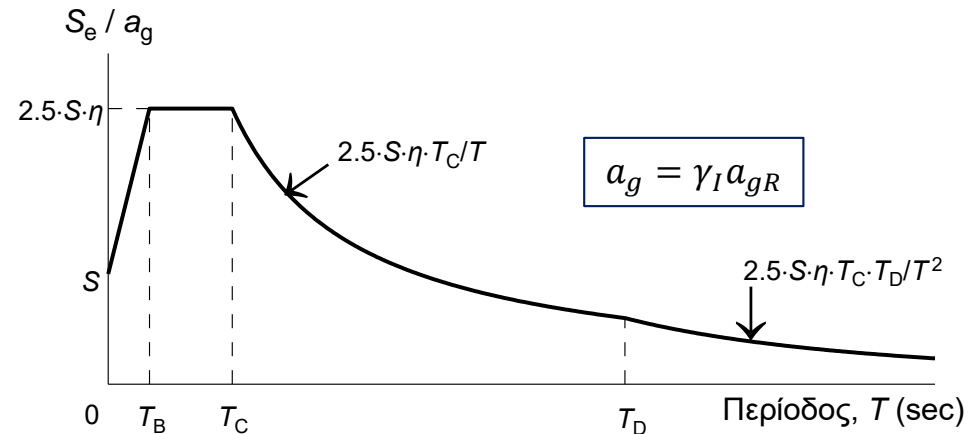
Περίοδος επανάληψης $T_R = 72$ έτη	$\gamma_I = 0.53$
Περίοδος επανάληψης $T_R = 475$ έτη	$\gamma_I = 1.00$
Περίοδος επανάληψης $T_R = 975$ έτη	$\gamma_I = 1.32$

Κεφ. 3: Στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού (6)

3.1 Επίπεδα έντασης σεισμικών δράσεων ελέγχου (συνέχεια)

Στις Οδηγίες θα πρέπει να αντιμετωπίζονται τα παρακάτω θέματα:

- ♦ Ελαστικό φάσμα σχεδιασμού
 - Στην παρούσα έκδοση του EC8-1, το φάσμα απόκρισης εξαρτάται από την εδαφική επιτάχυνση a_g και επομένως, όλο το φάσμα που αντιστοιχεί στην a_{gR} πολλαπλασιάζεται με τον συντελεστή γ_I .
 - Στο σχέδιο αναθεώρησης του EC8-1, το φάσμα απόκρισης ορίζεται από τις φασματικές επιταχύνσεις σε μικρές περιόδους (S_α) και σε περίοδο $T = 1$ s (S_β). Σε αυτή την περίπτωση απαιτούνται σεισμικοί χάρτες για S_α και S_β και για διάφορες περιόδους επανάληψης.
- ♦ Κατακόρυφη σεισμική ένταση
- ♦ Επιλογή και κλιμάκωση επιταχυνσιογραφημάτων για αναλύσεις χρονοϊστορίας
- ♦ Γειτνίαση με ενεργό σεισμικό ρήγμα
 - Τροποποίηση φάσματος απόκρισης για να ληφθούν υπόψη φαινόμενα κοντινού πεδίου (παλμοί μεγάλης περιόδου) ???
- ♦ Κίνδυνος ρευστοποίησης



Κεφ. 3: Στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού (7)

3.2 Στάθμες επιτελεστικότητας

Στον EC8-3 ορίζονται τέσσερις στάθμες επιτελεστικότητας (**Limit States – LS**). Αντίστοιχες είναι και οι στάθμες που εφαρμόζονται στις ΗΠΑ, όπου χρησιμοποιείται ο όρος **Performance Level (PL)**.

OP: Πλήρης Λειτουργία – Fully Operational (FHWA: PL3 – Fully Operational)

- ♦ Ασήμαντες βλάβες και πλήρης λειτουργία της γέφυρας μετά από σχετικό έλεγχο.
- ♦ Οι όποιες βλάβες είναι επισκευάσιμες χωρίς διακοπή της κυκλοφορίας.

DL: Περιορισμός Βλαβών – Damage Limitation (FHWA: PL2 – Operational)

- ♦ Μικρές βλάβες και λειτουργία της γέφυρας για τα οχήματα ανάγκης μετά από σχετικό έλεγχο.
- ♦ Η γέφυρα είναι επισκευάσιμη με ή χωρίς διακοπή λειτουργίας.

SD: Σημαντικές Βλάβες – Significant Damage (FHWA: PL1 – Life Safety)

- ♦ Σημαντικές βλάβες που οδηγούν σε διακοπή λειτουργίας της γέφυρας, χωρίς όμως να υπάρξει κίνδυνος απώλειας ζωής.
- ♦ Γενικώς, η γέφυρα είναι επισκευάσιμη. Όμως υπάρχει πιθανότητα να απαιτείται αντικατάστασή της μετά από έναν ισχυρό σεισμό.

NC: Οιονεί Κατάρρευση – Near Collapse (FHWA: PL0 – no minimum level of performance)

- ♦ Πολύ εκτεταμένες βλάβες, χωρίς όμως κατάρρευση της γέφυρας (διατηρεί την ικανότητα να φέρει τα φορτία βαρύτητας).
- ♦ Η επισκευή της γέφυρας είναι μάλλον αντιοικονομική και είναι περισσότερο πιθανόν να χρειαστεί αντικατάστασή της.

Κεφ. 3: Στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού (8)

3.3 Ελάχιστοι στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού

Στον EC8-3 ορίζονται οι παρακάτω στόχοι αποτίμησης/ανασχεδιασμού:

Πιθανότητα υπέρβασης P σε 50 έτη (Περίοδος επανάληψης T_R)	Στάθμη επιτελεσματικότητας (LS)		
	Περιορισμός βλαβών (DL)	Σημαντικές Βλάβες (SD)	Οιονεί κατάρρευση (NC)
10% (475 έτη) – $PGA=S \gamma_I a_{gR}$	A1	B1	Γ1
50% (70 έτη) – $PGA \approx 0.6 S \gamma_I a_{gR}$	A2	B2	Γ2

Σύμφωνα με τον ΚΑΝ.ΕΠΕ., οι ελάχιστοι στόχοι αποτίμησης/ανασχεδιασμού για κτίρια δίνονται στον παρακάτω πίνακα ανάλογα με την κατηγορία σπουδαιότητας.

Κατηγορία σπουδαιότητας	Στάθμη επιτελεσματικότητας για αποτίμηση/ανασχεδιασμό (ΚΑΝ.ΕΠΕ.)
I	Γ2
II	Γ1
III	B1
IV	B1 & A2

Παράδειγμα: Για κτίρια συνήθους σπουδαιότητας (κατηγορία II), η αποτίμηση γίνεται για στόχο Γ1, ενώ ο σχεδιασμός νέων κτιρίων γίνεται για στόχο B1.

Κεφ. 3: Στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού (9)

3.3 Ελάχιστοι στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού (συνέχεια)

Σύγκριση στόχων αποτίμησης/ανασχεδιασμού μεταξύ ΚΑΝ.ΕΠΕ. και FHWA

ΚΑΝ.ΕΠΕ. (κτίρια)

Σεισμική δράση / T_R	Συνήθης σπουδαιότητα	Υψηλή σπουδαιότητα
Κατώτερο επίπεδο / $T_R=70$ έτη	-	-
Ανώτερο επίπεδο / $T_R=475$ έτη	NC	SD

FHWA (γέφυρες)

Σεισμική δράση / T_R	Συνήθης σπουδαιότητα			Υψηλή σπουδαιότητα		
	ASL 1	ASL 2	ASL 3	ASL 1	ASL 2	ASL3
Κατώτερο επίπεδο / $T_R=100$ έτη	NC	OP	OP	NC	OP	OP
Ανώτερο επίπεδο / $T_R=1000$ έτη	NC	SD	SD	NC	SD	DL

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

Απομένουσα ζωή

ASL1: 0 – 15 years
ASL2: 16 – 50 years
ASL3: > 50 years

Επίπεδα Επιτελεστικότητας (EC8)

NC: Near Collapse
SD: Significant Damage
DL: Damage Limitation
OP: Fully Operational

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κεφάλαιο 2: ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΓΕΦΥΡΩΝ

Κεφάλαιο 3: ΣΤΟΧΟΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Κεφάλαιο 4: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ

Κεφάλαιο 5: ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Κεφάλαιο 6: ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Κεφάλαιο 7: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Κεφ. 4: Διερεύνηση και τεκμηρίωση (1)

4.1 Διερευνητικές εργασίες

♦ Αποτύπωση στατικού συστήματος

- Επιτόπου διερεύνηση:
 - Γεωμετρική και τοπογραφική αποτύπωση της γέφυρας: Προσδιορισμός των γενικών διαστάσεων της κατασκευής και των διατομών των φερόντων στοιχείων
 - Εντοπισμός της θέσης και των διαστάσεων του οπλισμού και των τενόντων (π.χ. με ηλεκτρομαγνητικά όργανα ή διερευνητικές τομές)
 - Καταγραφή όλων των εμφανών ατελειών του στατικού συστήματος
 - Εκτίμηση της κατάστασης των εφεδράνων, των συνδέσεων και των αρμών
- Σχέδια και τεύχη αρχικής μελέτης, σχέδια “as built”, κανονισμοί και διατάξεις που ίσχυαν κατά την κατασκευή. Σημαντική η αποτύπωση τυχόν αλλαγών μετά την κατασκευή.
- Τυχόν υφιστάμενες εκθέσεις επιθεώρησης, συντήρησης ή βλαβών.

Εάν δεν υπάρχουν σχέδια της μελέτης ή as built, μπορεί να γίνει επανάληψη της αρχικής μελέτης με τα στοιχεία που έχουν συγκεντρωθεί με σκοπό την άρση αβεβαιοτήτων σχετικά με το στατικό σύστημα (π.χ. γεωμετρία τενόντων, αφανείς λεπτομέρειες, κλπ.).

Κεφ. 4: Διερεύνηση και τεκμηρίωση (2)

4.1 Διερευνητικές εργασίες (συνέχεια)

♦ Μηχανικά χαρακτηριστικά υλικών

- Εκτίμηση της ποιότητας και των ιδιοτήτων του σκυροδέματος (μέσω καταστροφικών και μη-καταστροφικών δοκιμών, επί τόπου και στο Εργαστήριο)
- Εκτίμηση της ποιότητας, των ιδιοτήτων και της κατάστασης του δομικού χάλυβα, του χάλυβα οπλισμών και του χάλυβα των τενόντων
- Εκτίμηση της επιρροής του χρόνου και πιθανών ατελειών στην αντοχή της κατασκευής (π.χ. βάθος ενανθράκωσης, περιεκτικότητα σε χλωριόντα, εντοπισμός φωλαιών σκυροδέτησης, κλπ.)
- Εντοπισμός πιθανών ελαττωματικών υλικών

♦ Αποτύπωση και χαρτογράφηση βλαβών / παθολογίας

- Εντοπισμός και αποτύπωση του τύπου και της έκτασης παλαιότερων (πιθανώς επισκευασμένων) και υφιστάμενων δομικών βλαβών, εάν υπάρχουν
- Συγκέντρωση πληροφοριών για προηγούμενες επισκευές ή ενισχύσεις

♦ Έδαφος – Θεμελίωση

- Εξακρίβωση του τύπου της θεμελίωσης
- Εξακρίβωση των εδαφικών συνθηκών (κατηγορία εδάφους)
- Αποτύπωση αφανών στοιχείων θεμελίωσης (π.χ. με διερευνητικά φρέατα, γεωραντάρ, κλπ.)

♦ Δοκιμές πεδίου και ενόργανη παρακολούθηση

Π.χ. μετρήσεις μικροδονήσεων ή μετρήσεις βυθίσεων κατά τη λειτουργία για τη βαθμονόμηση του μοντέλου υπολογισμού.

Κεφ. 4: Διερεύνηση και τεκμηρίωση (3)

4.2 Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων (ΣΑΔ)

Κατηγορίες ΣΑΔ

Οι Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων (Knowledge Level – KL) εκφράζουν την πληρότητα και την ποιότητα των συλλεχθεισών πληροφοριών σε ό,τι αφορά:

- Τη Γεωμετρία: KLG
- Τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες: KLD
- Τα υλικά: KLM

Για κάθε κατηγορία ΣΑΔ διακρίνονται τρεις στάθμες:

1. Ικανοποιητική
2. Ανεκτή
3. Υψηλή

ανάλογα με τις συλλεχθείσες πληροφορίες και τις εκτελεσθείσες διερευνητικές εργασίες και δοκιμές, σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

Έγγραφο αρχικής μελέτης	Διερευνητικές εργασίες / δοκιμές		
	Περιορισμένες	Εκτεταμένες	Πλήρεις
Μη διαθέσιμα	KLG1 / KLD1 / KLM1	KLG2 / KLD2 / KLM2	KLG3 / KLD3 / KLM3
Ανεπαρκή	KLG2 / KLD2 / KLM2	KLG3 / KLD3 / KLM3	
Πλήρη	KLG3 / KLD3 / KLM3		

Οι ΣΑΔ μπορεί να είναι διαφορετικές σε διαφορετικές περιοχές της κατασκευής.

Στις Οδηγίες πρέπει να αναφέρονται οι μέθοδοι εκτίμησης της αντοχής των υλικών και να καθορίζεται το απαιτούμενο πλήθος και είδος δοκιμών για κάθε ΣΑΔ.

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κεφάλαιο 2: ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΓΕΦΥΡΩΝ

Κεφάλαιο 3: ΣΤΟΧΟΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Κεφάλαιο 4: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ

Κεφάλαιο 5: ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Κεφάλαιο 6: ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Κεφάλαιο 7: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Κεφ. 5: Μέθοδοι ανάλυσης (1)

5.1 Εισαγωγή

Οι μέθοδοι ανάλυσης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποτίμηση και τον ανασχεδιασμό γεφυρών είναι:

- ♦ Ελαστικές:
 - Μέθοδος του ενιαίου συντελεστή συμπεριφοράς q
 - Μέθοδος των τοπικών δεικτών m
- ♦ Ανελαστικές:
 - Ανελαστική στατική ανάλυση (Pushover)
 - Ανελαστική ανάλυση χρονοϊστορίας

Η μέθοδος του ενιαίου συντελεστή συμπεριφοράς q δεν επιτρέπεται να εφαρμόζεται για ελέγχους ασφαλείας στη στάθμη επιτελεστικότητας "Οιονεί Κατάρρευση" (NC).

5.2 Προσομοίωμα υπολογισμού

- ♦ Γενικώς χρησιμοποιούνται μέσες τιμές των ιδιοτήτων των υλικών για την κατασκευή του υπολογιστικού μοντέλου.
- ♦ Στα στοιχεία που προσομοιάζονται με ανελαστική συμπεριφορά, πρέπει να χρησιμοποιούνται υστερητικές καμπύλες, η μορφή των οποίων εξαρτάται από το υλικό και τον τύπο της απόκρισης (πλάσιμη ή ψαθυρή).
 - Συνιστάται να επαληθεύεται το υπολογιστικό μοντέλο με επαλήθευση των παρατηρηθεισών βλαβών.

Κεφ. 5: Μέθοδοι ανάλυσης (2)

5.2 Προσομοίωμα υπολογισμού (συνέχεια)

Στις Οδηγίες πρέπει να δίνονται υποδείξεις για:

- ♦ Τον υπολογισμό των μαζών
- ♦ Τον υπολογισμό των δυσκαμψιών των μελών
Π.χ. η ενεργός ελαστική δυσκαμψία (πριν τη διαρροή) μπορεί να υπολογίζεται από τη ροπή διαρροής M_y και την καμπυλότητα φ_y ή τη γωνία στροφής χορδής στη διαρροή θ_y στα άκρα του μέλους. Μπορεί να τίθεται ίση με τη μέση τιμή των ενεργών δυσκαμψιών στα δύο άκρα:

$$(EI)_{eff,i} = \frac{M_{y,i} L_{V,i}}{3\theta_{y,i}}$$

όπου ο δείκτης i παίρνει τιμές 1 και 2 που αντιστοιχούν στα δύο άκρα του στοιχείου και $L_V = M/V$ είναι το διατμητικό μήκος.

Στον EC8-3 δίνονται σχέσεις για τον υπολογισμό της γωνίας στροφής χορδής στη διαρροή θ_y καθώς και της μέγιστης γωνίας στροφής χορδής θ_u που θα μπορούσαν να υιοθετηθούν.

- ♦ Την προσομοίωση των συνδέσμων
- ♦ Την προσομοίωση της αλληλεπίδρασης εδάφους – κατασκευής
- ♦ Την χρήση επίπεδου ή χωρικού προσομοιώματος
- ♦ Την τιμή της απόσβεσης

Κεφ. 5: Μέθοδοι ανάλυσης (3)

5.3 Ελαστική ανάλυση

Μέθοδος του ενιαίου συντελεστή συμπεριφοράς q

Ελαστική ανάλυση με χρήση του ανελαστικού φάσματος σχεδιασμού που αντιστοιχεί σε συντελεστή συμπεριφοράς q^* , ο οποίος υπολογίζεται ανάλογα με την επιθυμητή στάθμη επιτελεστικότητας (LS).

Στον EC8-3 δίνονται οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς q_{SD} που αντιστοιχεί σε στάθμη επιτελεστικότητας SD και εξαρτώνται μόνο από το υλικό ανεξάρτητα από το στατικό σύστημα:

Κυρίαρχο υλικό	Ο.Σ.	Χάλυβας	Ξύλο	Λιθοδομή
q_{SD}	1.5	2.0	1.5	1.5

- Οι σχετικά χαμηλές τιμές q_{SD} οφείλονται στο ότι η μέθοδος q είναι μία εξαιρετικά απλοποιητική μέθοδος, η οποία βασίζεται στην παραδοχή ότι οι απαιτήσεις πλαστιμότητας είναι ίδιες για όλα τα μέλη της κατασκευής, που γενικώς δεν ισχύει για υφιστάμενες γέφυρες.
- Υψηλότερες τιμές q_{SD} επιτρέπονται μόνον εάν αιτιολογούνται πλήρως σε σχέση με τη διαθέσιμη τοπική και γενική πλαστιμότητα.

Για διαφορετικές στάθμες επιτελεστικότητας, οι τιμές του συντελεστή συμπεριφοράς q^* που δίνονται στον ΚΑΝ.ΕΠΕ. (Πιν. 4.1) είναι:

Περιορισμός Βλαβών (DL)	Σημαντικές Βλάβες (SD)	Οιονεί Κατάρρευση (NC)
$q^* = 0.6 q_{SD} < 1.5$	$q^* = 1.0 q_{SD}$	$q^* = 1.4 q_{SD}$

Κεφ. 5: Μέθοδοι ανάλυσης (4)

5.3 Ελαστική ανάλυση (συνέχεια)

Μέθοδος των τοπικών δεικτών m

Τα σεισμικά φορτία και οι αντίστοιχες μετακινήσεις/παραμορφώσεις υπολογίζονται χρησιμοποιώντας το ελαστικό φάσμα σχεδιασμού ($q=1$) και στη συνέχεια υπολογίζονται οι τοπικοί δείκτες πλαστιμότητας των κρίσιμων μελών.

Γενικές παρατηρήσεις

Και στις δύο μεθόδους, για την ανάλυση μπορεί να εφαρμοστεί:

- ◆ Η Μέθοδος οριζόντιας φόρτισης
 - Ο υπολογισμός των σεισμικών φορτίων γίνεται χρησιμοποιώντας μόνο την θεμελιώδη ιδιομορφή στην εξεταζόμενη διεύθυνση σεισμικής δράσης.
 - Η μέθοδος εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που η δυναμική συμπεριφορά της γέφυρας μπορεί να προσομοιαστεί ικανοποιητικά ως ένας μονοβάθμιος ταλαντωτής.
- ◆ Η Μέθοδος ανάλυσης φάσματος απόκρισης (Modal response spectrum analysis)
 - Εφαρμόζεται σε όλες τις περιπτώσεις που μπορεί να εφαρμοστεί ελαστική ανάλυση.
 - Ο συνδυασμός των ιδιομορφικών αποκρίσεων γίνεται με τη μέθοδο SRSS ή CQC.

Κεφ. 5: Μέθοδοι ανάλυσης (5)

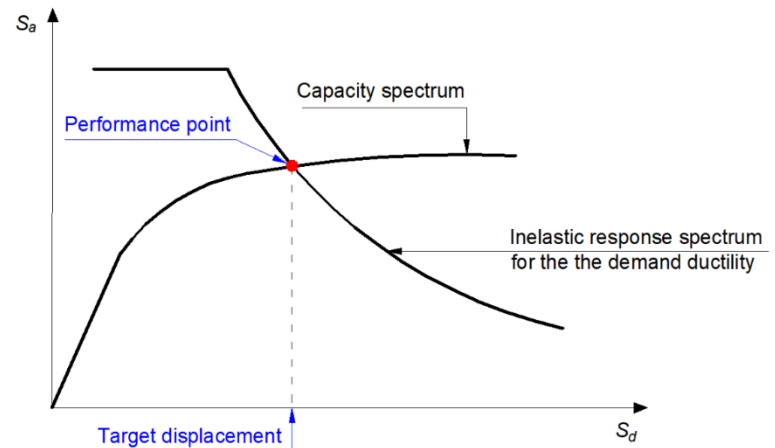
5.4 Στατική ανελαστική ανάλυση (Pushover)

Υπολογίζεται η παραμόρφωση των μελών που αντιστοιχεί στη μέγιστη μετακίνηση (στοχευόμενη μετακίνηση – target displacement) ενός προκαθορισμένου σημείου αναφοράς (reference point). Η στοχευόμενη μετακίνηση υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την καμπύλη ικανότητας (capacity curve) του ισοδύναμου μονοβάθμιου συστήματος και το ανελαστικό φάσμα απόκρισης της σεισμικής δράσης που αντιστοιχεί στην απαιτούμενη πλαστιμότητα.

Συνήθως χρησιμοποιείται η μέθοδος N2 (Fajfar 1996, 1999).

Θέματα που πρέπει να διευκρινιστούν:

- ♦ Κατανομή φορτίων για την κατασκευή της καμπύλης ικανότητας. Συνήθως απαιτούνται δύο κατανομές:
 - 'Ιδιομορφική' κατανομή, η οποία ορίζεται από τη μορφή της θεμελιώδους ιδιομορφής στην εξεταζόμενη διεύθυνση
 - 'Ομοιόμορφη' κατανομή.
- ♦ Επιλογή του σημείου αναφοράς, στη θέση του οποίου υπολογίζεται η στοχευόμενη μετακίνηση.
- ♦ Συμμετοχή ανώτερων ιδιομορφών, οι οποίες μπορεί να είναι πολύ σημαντικές σε περιπτώσεις καμπύλων γεφυρών ή γεφυρών με ακανόνιστα ύψη βάθρων.
- ♦ Χωρικό ή επίπεδο μοντέλο υπολογισμού.



Κεφ. 5: Μέθοδοι ανάλυσης (6)

5.4 Ανελαστική ανάλυση χρονοϊστορίας

Θέματα που πρέπει να διευκρινιστούν:

- ◆ Επιλογή σεισμικών διεγέρσεων
 - Πραγματικά επιταχυνσιογραφήματα – κριτήρια επιλογής
 - Συνθετικά επιταχυνσιογραφήματα – κριτήρια κατασκευής
 - Ημισυθετικά επιταχυνσιογραφήματα – κριτήρια κατασκευής
- ◆ Ελάχιστο απαιτούμενο πλήθος επιταχυνσιογραφημάτων.
- ◆ Κλιμάκωση επιταχυνσιογραφημάτων για να είναι συμβατά με το φάσμα σχεδιασμού.
- ◆ Φαινόμενα κοντινού πεδίου σε περιπτώσεις γειννίασης με σεισμικό ρήγμα.
- ◆ Ανάλυση σε δύο ή τρεις διαστάσεις.
- ◆ Διαχείριση αποτελεσμάτων: μέγιστες ή μέσες τιμές.

Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κεφάλαιο 2: ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΓΕΦΥΡΩΝ

Κεφάλαιο 3: ΣΤΟΧΟΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Κεφάλαιο 4: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ

Κεφάλαιο 5: ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Κεφάλαιο 6: ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Κεφάλαιο 7: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Κεφ. 6: Έλεγχοι ασφαλείας (1)

6.1 Γενική ανίσωση ελέγχου

$$E_d \leq R_d$$

όπου:

E_d είναι οι τιμές σχεδιασμού των δράσεων (εντατικά μεγέθη σχεδιασμού)

R_d είναι οι τιμές σχεδιασμού των αντίστοιχων αντιστάσεων των μελών

Οι έλεγχοι ασφαλείας εξαρτώνται από:

- ◆ Την εξεταζόμενη Στάθμη Επιτελεστικότητας (LS)
- ◆ Τον τύπο της ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της σεισμικής έντασης
- ◆ Την μορφή αστοχίας που εξετάζεται:
 - Πλάστιμη (καμπτική) – Γενικώς, ο έλεγχος γίνεται σε όρους παραμορφώσεων.
 - Ψαθυρή (διατμητική) – Ο έλεγχος γίνεται σε όρους δυνάμεων.

Για γέφυρες, οι έλεγχοι ασφαλείας περιλαμβάνουν:

- ◆ Τον έλεγχο αντοχής των φερόντων μελών
- ◆ Τον έλεγχο επάρκειας του πλάτους έδρασης του φορέα
- ◆ Τον έλεγχο των εφεδράνων και των συνδέσμων
- ◆ Τον έλεγχο της θεμελίωσης.

Κεφ. 6: Έλεγχοι ασφαλείας (2)

6.2 Εντατικά μεγέθη ελέγχου

- ♦ Οι τιμές E_d των εντατικών μεγεθών σχεδιασμού (δυνάμεων/παραμορφώσεων) προκύπτουν από το άθροισμα των **σεισμικών μεγεθών** και των **λοιπών μεγεθών** του σεισμικού συνδυασμού.

Τα σεισμικά εντατικά μεγέθη υπολογίζονται ως $\gamma_{sd} A_{ed}$ όπου:

γ_{sd} είναι μερικός συντελεστής ασφαλείας που λαμβάνει υπόψη αβεβαιότητες στον υπολογισμό των εντατικών μεγεθών, που εξαρτάται από την κατάσταση της κατασκευής (φθορές λόγω ηλικίας, απομείωση αντοχών, βλάβες από προηγούμενους σεισμούς, κλπ.) και παίρνει τιμές:

$\gamma_{sd} = 1.0$ για κατασκευές χωρίς βλάβες

$\gamma_{sd} = 1.15$ για τις υπόλοιπες περιπτώσεις.

A_{Ed} είναι οι τιμές σχεδιασμού των εντατικών μεγεθών, που υπολογίζονται ανάλογα με τη μέθοδο ανάλυσης και τη μορφή αστοχίας ως εξής:

- Μη-γραμμικές μέθοδοι ανάλυσης:

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης για μέσες τιμές ιδιοτήτων υλικών.

- Ελαστικές μέθοδοι ανάλυσης:

- Πλάστιμες μορφές αστοχίας: από τα αποτελέσματα της ανάλυσης

- Ψαθυρές μορφές αστοχίας: από "ικανοτικό σχεδιασμό" χρησιμοποιώντας μέσες τιμές ιδιοτήτων υλικών.

- ♦ Συνδυασμός δράσεων

- Για μη-γραμμικές μεθόδους ανάλυσης, όλες οι δράσεις (σεισμικές και μη-σεισμικές) λαμβάνονται υπόψη ταυτόχρονα κατά την επίλυση.
- Για ελαστικές μεθόδους ανάλυσης, ο συνδυασμός δράσεων γίνεται όπως στον EC8-1.

Κεφ. 6: Έλεγχοι ασφαλείας (3)

6.3 Αντιστάσεις

Οι αντιστάσεις (R_d) υπολογίζονται με βάση τις αντιπροσωπευτικές τιμές αντοχών των υλικών, τη Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων (ΣΑΔ) και κατάλληλους συντελεστές ασφαλείας γ_{Rd} .

♦ Αντιπροσωπευτικές τιμές αντοχών υλικών

Γενικώς ακολουθούνται οι παρακάτω κανόνες:

▪ Υφιστάμενα υλικά

Χρησιμοποιούνται μέσες τιμές των ιδιοτήτων των υλικών.

- Ανάλογα με τα αποτελέσματα των δοκιμών, μπορούν να χρησιμοποιούνται διαφορετικές μέσες τιμές σε διαφορετικές περιοχές της κατασκευής.
- Εάν δεν υπάρχουν διαθέσιμα αποτελέσματα δοκιμών, οι μέσες τιμές λαμβάνονται από τους Κανονισμούς και τις Προδιαγραφές που ίσχυαν τον χρόνο κατασκευής.

▪ Προστιθέμενα υλικά

Για προστιθέμενα υλικά που χρησιμοποιούνται για ενίσχυση υφισταμένων μελών, και έτσι προκύπτουν μέλη αποτελούμενα από υφιστάμενα και νέα υλικά, χρησιμοποιούνται μέσες τιμές των ιδιοτήτων των υλικών, σύμφωνα με την τρέχουσα έκδοση της Αναθεώρησης του RC8-3. Το θέμα δεν έχει οριστικοποιηθεί ακόμη, καθώς υπάρχει συζήτηση ότι για το τμήμα του μέλους που αποτελείται από νέα υλικά πρέπει να χρησιμοποιούνται χαρακτηριστικές τιμές και για το υφιστάμενο τμήμα μέσες τιμές.

▪ Νέα υλικά

Για μέλη που αποτελούνται εξ ολοκλήρου από νέα υλικά χρησιμοποιούνται οι χαρακτηριστικές τιμές αντοχών, όπως και για νέες κατασκευές.

Κεφ. 6: Έλεγχοι ασφαλείας (4)

6.3 Αντιστάσεις (συνέχεια)

♦ Αντιστάσεις σε όρους παραμορφώσεων

Συνήθως εκφράζονται σε όρους στροφής χορδής θ . Ανάλογα με τη Στάθμη Επιτελεστικότητας (LS) παίρνουν τιμές:

- Στάθμη Επιτελεστικότητας 'Όιονει Κατάρρευση' (NC): $\theta_{NC} = \theta_u / \gamma_{Rd}$
- Στάθμη Επιτελεστικότητας 'Σημαντικές Βλάβες' (SD): $\theta_{SD} = \left(\frac{S_{s,T_{SD,IC}}}{S_{s,T_{NC,IC}}} \right) \theta_u / \gamma_{Rd}$

όπου $S_{s,T_{SD,IC}}$ και $S_{s,T_{NC,IC}}$ είναι οι φασματικές επιταχύνσεις που αντιστοιχούν στις σεισμικές δράσεις για αποτίμηση σε στάθμη SD και στάθμη NC αντίστοιχα.

Ο παραπάνω ορισμός της θ_{SD} είναι σύμφωνα με το σχέδιο Αναθεώρησης του EC8-3. Σύμφωνα με την ισχύουσα έκδοση του EC8-3 και τον ΚΑΝ.ΕΠΕ.: $\theta_{SD} = \frac{1}{2} (\theta_u - \theta_y) / \gamma_{Rd}$

- Στάθμη Επιτελεστικότητας 'Περιορισμός Βλαβών' (DL): $\theta_{DL} = \theta_y / \gamma_{Rd}$

Συντελεστές ασφαλείας γ_{Rd}

Οι συντελεστές ασφαλείας γ_{Rd} εξαρτώνται από τη Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων KLD που αφορά τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες, ενώ μπορεί να αμεληθεί η επιρροή της αξιοπιστίας της Γεωμετρίας (KLG) και των υλικών (KLM).

KLD	γ_{Rd}		
	NC	SD	DL
1	1.70	1.60	1.40
2	1.60	1.50	1.40
3	1.55	1.40	1.40

Κεφ. 6: Έλεγχοι ασφαλείας (5)

6.3 Αντιστάσεις (συνέχεια)

♦ Αντιστάσεις σε όρους δυνάμεων (Σχέδιο Αναθεώρησης EC8-3)

Όταν εκφράζονται σε όρους διατμητικής αντοχής V υπολογίζονται ως εξής:

- Για Στάθμη Επιτελεστικότητας 'Όιονεί Κατάρρευση' (NC)

$$V_{NC} = V_R / \gamma_{Rd}$$

όπου ο συντελεστής ασφαλείας γ_{Rd} υπολογίζεται σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

Για υποστυλώματα που η διατμητική αντοχή καθορίζεται από συνδετήρες και για κοντά υποστυλώματα		Για τοιχώματα στα οποία η διατμητική αντοχή καθορίζεται από σύνθλιψη του κορμού	Για τοιχώματα στα οποία η διατμητική αντοχή καθορίζεται από ολίσθηση		Για κοντά τοιχώματα	
KLG	γ_{Rd}	γ_{Rd}	KLM	γ_{Rd}	KLG	γ_{Rd}
1	1.65	1.40	1.60	1.50	1	1.70
2	1.50	1.40	1.50	1.45	2	1.55
3	1.40	1.40	1.40	1.40	3	1.50

- Για Στάθμες Επιτελεστικότητας 'Σημαντικές Βλάβες' (SD) και 'Περιορισμός Βλαβών' (DL)

Ο έλεγχος διάτμησης για τις Στάθμες Επιτελεστικότητας SD και DL δεν απαιτείται εάν έχει γίνει ο έλεγχος για Στάθμη Επιτελεστικότητας NC.

Εάν γίνει έλεγχος, χρησιμοποιούνται οι ίδιες τιμές γ_{Rd} όπως και για NC.

Κεφ. 6: Έλεγχοι ασφαλείας (6)

6.3 Αντιστάσεις (συνέχεια)

♦ Αντιστάσεις σε όρους δυνάμεων (Ισχύουσα έκδοση EC8-3, 2005)

- Η αντοχή υφισταμένων μελών υπολογίζεται για τις μέσες τιμές των ιδιοτήτων των υλικών, οι οποίες διαιρούνται με τον συντελεστή εμπιστοσύνης CF , η τιμή του οποίου εξαρτάται από τη Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα:

Στάθμη Αξιοπιστίας Δεδομένων	KLG1/KLD1/KLM1	KLG2/KLD2/KLM2	KLG3/KLD3/KLM3
CF	1.35	1.20	1.00

Για τον υπολογισμό της αντοχής των μελών, οι μέσες αντοχές διαιρούνται επιπρόσθετα με τους αντίστοιχους μερικούς συντελεστές των υλικών.

- Ο υπολογισμός της ροπής αντοχής πλαστικών μελών, η οποία θα χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό ικανοτικών μεγεθών, γίνεται με βάση τις μέσες αντοχές των υλικών πολλαπλασιασμένες με τον συντελεστή εμπιστοσύνης CF .

Διαφορά στον τρόπο υπολογισμού των αντοχών

Στην Αναθεώρηση του EC8-3, έχει καταργηθεί ο συντελεστής εμπιστοσύνης CF και ο υπολογισμός των αντιστάσεων γίνεται με βάση τις μέσες τιμές των ιδιοτήτων των υλικών, χωρίς όμως τη διαίρεσή τους με τους μερικούς συντελεστές υλικών γ_c και γ_s . Το τελικό αποτέλεσμα διαιρείται με τον συντελεστή ασφαλείας γ_{Rd} που λαμβάνει υπόψη αβεβαιότητες στον υπολογισμό των αντοχών και εξαρτάται από τη ΣΑΔ.

Κεφ. 6: Έλεγχοι ασφαλείας (7)

6.4 Έλεγχος φερόντων στοιχείων

♦ Ελαστική μέθοδος (μέθοδος τοπικών δεικτών m)

- Έλεγχος εάν επιτρέπεται η εφαρμογή της ελαστικής μεθόδου:
 - Για κάθε φέρον στοιχείο υπολογίζεται ο συντελεστής $\rho_i = E_{d,i}/R_{d,i}$ όπου οι δράσεις $E_{d,i}$ υπολογίζονται από ελαστική ανάλυση για $q = 1$ (από το ελαστικό φάσμα απόκρισης) και οι αντιστάσεις $R_{d,i}$ εκφράζονται σε όρους δυνάμεων και υπολογίζονται σύμφωνα με τις διατάξεις του EC8-2 (γέφυρες).
 - Λαμβάνονται υπόψη οι συντελεστές $\rho_i > 1$ (κρίσιμες περιοχές) και υπολογίζεται ο λόγος ρ_{\max}/ρ_{\min} λαμβάνοντας υπόψη όλες τις κρίσιμες περιοχές. Η εφαρμογή της ελαστικής μεθόδου σε γέφυρες επιτρέπεται εάν $\rho_{\max}/\rho_{\min} \leq 2.0$.

▪ Έλεγχος ασφαλείας

Για κάθε μέλος, ο έλεγχος ασφαλείας $E_d \leq R_d$ γίνεται σε όρους δυνάμεων, όπου οι E_d υπολογίζονται ως εξής:

- Για **πλάστιμες** μορφές αστοχίας: $E_{d,i} = E_{G,i} + \gamma_{sd}A_{Ed,i}/m_i$ όπου:

$E_{G,i}$ είναι η δράση λόγω των φορτίων βαρύτητας του σεισμικού συνδυασμού.

$A_{Ed,i}$ είναι η σεισμική δράση που αντιστοιχεί στο ελαστικό φάσμα σχεδιασμού ($q = 1$).

m_i είναι ο δείκτης τοπικής πλαστιμότητας που υπολογίζεται από τη γωνία στροφής χορδής που αντιστοιχεί στην εξεταζόμενη Στάθμη Επιτελεστικότητας LS ως: $m_i = \theta_{LS,i}/\theta_{y,i}$.

- Για **ψαθυρές** μορφές αστοχίας, οι $E_{d,i}$ είναι οι ικανοτικές δράσεις.

Κεφ. 6: Έλεγχοι ασφαλείας (8)

6.4 Έλεγχος φερόντων στοιχείων (συνέχεια)

♦ Μέθοδος του ενιαίου συντελεστή q

Ο έλεγχος ασφαλείας $E_d \leq R_d$ γίνεται σε όρους δυνάμεων, όπου οι E_d υπολογίζονται ως εξής:

- Για **πλάστιμες** μορφές αστοχίας, από τα αποτελέσματα ελαστικής ανάλυσης χρησιμοποιώντας το μειωμένο φάσμα σχεδιασμού που αντιστοιχεί σε συντελεστή συμπεριφοράς q^* και τροποποιημένο σύμφωνα με τον αντίστοιχο συντελεστή γ_{sd} .

Οι συντελεστές συμπεριφοράς q^* υπολογίζονται ανάλογα με την εξεταζόμενη Στάθμη Επιτελεσικότητας σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα (KAN.ΕΠΕ.):

Στάθμη Επιτελεσικότητας (LS)		
Περιορισμός βλαβών (DL)	Σημαντικές Βλάβες (SD)	Οιονεί Κατάρρευση (NC)
$q^* = 0.6 q_{SD} < 1.5$	$q^* = 1.0 q_{SD}$	$q^* = 1.4 q_{SD}$

όπου q_{SD} είναι ο συντελεστής συμπεριφοράς για στάθμη SD, ο οποίος μπορεί να λαμβάνεται ίσος με αυτόν που χρησιμοποιείται στο σχεδιασμό νέων γεφυρών.

- Για **ψαθυρές** μορφές αστοχίας, οι E_d είναι οι ικανοτικές δράσεις.

Κεφ. 6: Έλεγχοι ασφαλείας (9)

6.4 Έλεγχος φερόντων στοιχείων (συνέχεια)

♦ Ανελαστικές μέθοδοι ανάλυσης

- Για **πλάστιμες** μορφές αστοχίας:

Ο έλεγχος ασφαλείας $E_d \leq R_d$ γίνεται σε όρους παραμορφώσεων, π.χ. σε όρους γωνίας στροφής χορδής θ :

E_d είναι η γωνία στροφής χορδής θ από την ανάλυση, τροποποιημένη σύμφωνα με τον σχετικό συντελεστή γ_{sd} .

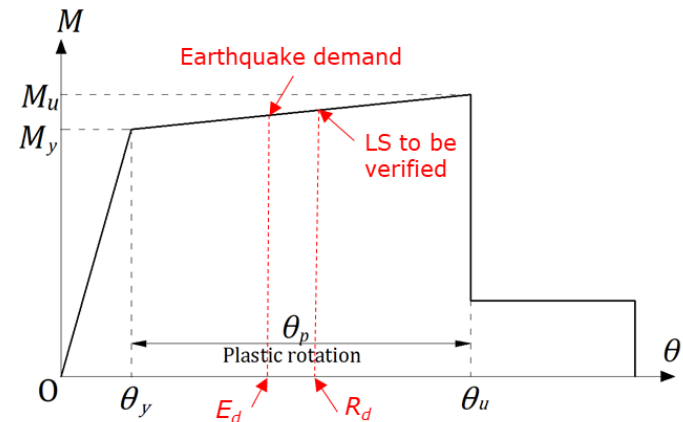
R_d είναι η αντίσταση σε όρους γωνίας στροφής θ , που εξαρτάται από την εξεταζόμενη Στάθμη Επιτελεστικότητας.

- Για **ψαθυρές** μορφές αστοχίας:

Οι δράσεις και οι αντιστάσεις εκφράζονται σε όρους δυνάμεων:

E_d είναι η διατμητική δύναμη V από την ανάλυση, τροποποιημένη σύμφωνα με τον σχετικό συντελεστή γ_{sd} .

R_d είναι η διατμητική αντοχή που αντιστοιχεί στην εξεταζόμενη Στάθμη Επιτελεστικότητας.



Κεφ. 6: Έλεγχοι ασφαλείας (10)

6.5 Έλεγχος θεμελίωσης

Στον EC8-3 δεν αναφέρεται κάτι για τους ελέγχους ασφαλείας που εφαρμόζονται στη θεμελίωση, προφανώς επειδή οι έλεγχοι αυτοί γίνονται με ικανοτική θεώρηση και επομένως εφαρμόζονται οι διατάξεις που ισχύουν για τον σχεδιασμό νέων κατασκευών.

Στην αποτίμηση υφισταμένων γεφυρών, ο έλεγχος θεμελίωσης πρέπει να περιλαμβάνει:

- Έλεγχος επάρκειας φέρουσας ικανότητας εδάφους ή πασσάλων
- Έλεγχος αντοχής στοιχείων θεμελίωσης (πέδιλα, πάσσαλοι) σε κάμψη και διάτμηση
- Έλεγχος έναντι κινδύνου ρευστοποίησης
- Έλεγχος υποσκαφών σε περιπτώσεις βάθρων εντός ποταμών ή ρεμάτων
- Έλεγχος καθιζήσεων
- Έλεγχος κατολισθήσεων (π.χ. βάθρα σε πρηνή)

6.6 Έλεγχος εφεδράνων – συνδέσμων - αρμών

Οι έλεγχοι ασφαλείας για τα εφέδρανα, τους συνδέσμους και τους αρμούς είναι ανάλογοι με αυτούς που εφαρμόζονται στο σχεδιασμό νέων γεφυρών.

Κεφ. 6: Έλεγχοι ασφαλείας (11)

6.7 Έλεγχος μήκους έδρασης φορέα

Πολύ σημαντικός έλεγχος, δεδομένου ότι πολλές υφιστάμενες γέφυρες δεν ικανοποιούν τις σύγχρονες προδιαγραφές για το πλάτος έδρασης του φορέα στα βάθρα.

Σύμφωνα με τον EC8-2, το ελάχιστο μήκος έδρασης L_{ov} εκτιμάται από τη σχέση:

$$L_{ov} = L_m + d_{eg} + d_{es}$$

όπου:

L_m είναι το ελάχιστο απαιτούμενο μήκος για την ασφαλή κατανομή της κατακόρυφης αντίδρασης στο βάθρο, με $L_m \geq 40$ cm.

d_{eg} είναι η σχετική μετακίνηση μεταξύ των ακραίων βάθρων στήριξης του φορέα που οφείλεται στη διαφορετική εδαφική κίνηση στις θέσεις των βάθρων και υπολογίζεται από εξίσωση που δίνεται στον EC8-2, η οποία λαμβάνει υπόψη την απόσταση των βάθρων, την εδαφική ταχύτητα και τη φαινόμενη ταχύτητα των σεισμικών κυμάτων.

Σημειώνεται όμως ότι στο σχέδιο Αναθεώρησης του EC8-1 παρέχεται νέα σχέση υπολογισμού της διαφοράς κίνησης μεταξύ δύο θέσεων, η οποία λαμβάνει υπόψη την απόσταση και τις εδαφικές ταχύτητες στις θέσεις των βάθρων, που υπολογίζονται για τον τύπο του εδάφους σε κάθε θέση.

d_{es} είναι η ενεργός σεισμική μετακίνηση στην κορυφή του βάθρου λόγω της παραμόρφωσης της γέφυρας.

6.8 Ειδικές διατάξεις για μεταλλικές γέφυρες

6.9 Ειδικές διατάξεις για σιδηροδρομικές γέφυρες



Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κεφάλαιο 2: ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΓΕΦΥΡΩΝ

Κεφάλαιο 3: ΣΤΟΧΟΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

Κεφάλαιο 4: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ

Κεφάλαιο 5: ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

Κεφάλαιο 6: ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Κεφάλαιο 7: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

Κεφ. 7: Σχεδιασμός/διαστασιολόγηση επεμβάσεων (1)

7.1 Τύποι επεμβάσεων

Γενικές αρχές

- ♦ Όλες οι δομικές ανεπάρκειες στα φέροντα στοιχεία της γέφυρας (ακρόβαθρα, μεσόβαθρα, θεμελίωση, εφάδρανα, σύνδεσμοι) πρέπει να αναιρεθούν με κατάλληλες επεμβάσεις.
- ♦ Πρέπει να επισκευαστούν όλες οι υφιστάμενες βλάβες, ανεξαρτήτως αιτίας προέλευσης.
- ♦ Εάν απαιτείται, πρέπει να ενισχυθούν οι 'συνδέσεις' του φορέα με τα βάθρα.
- ♦ Εάν απαιτείται, οι επεμβάσεις πρέπει να επεκταθούν και σε μέτρα μείωσης κινδύνου ρευστοποίησης, κατολισθήσεων, κλπ.

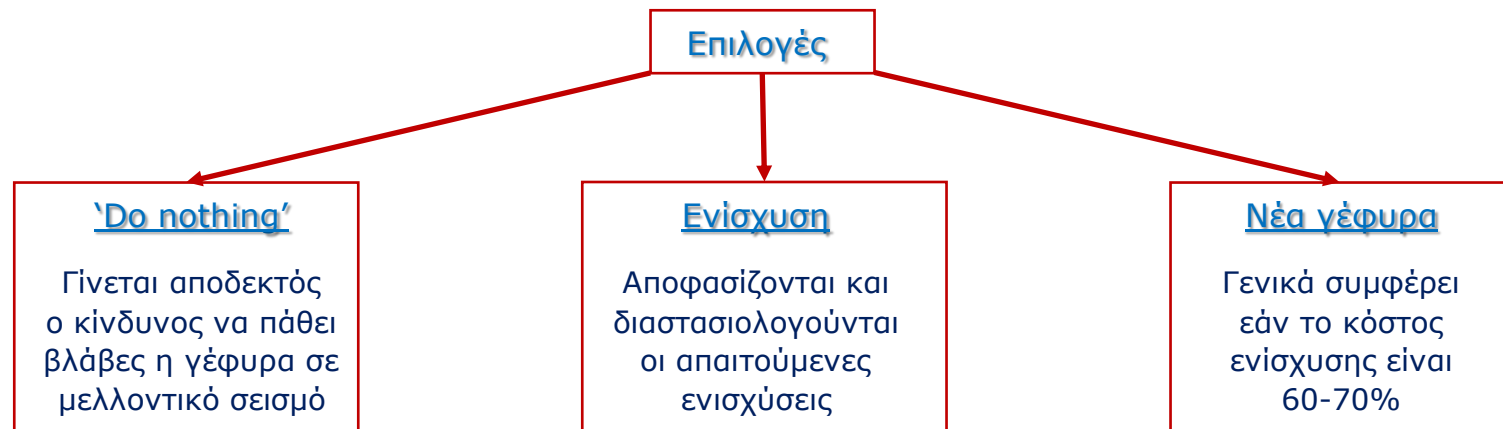
Συνήθεις επεμβάσεις

- ♦ Επεμβάσεις στον φορέα
- ♦ Επεμβάσεις στα μεσόβαθρα
- ♦ Επεμβάσεις στα ακρόβαθρα
- ♦ Επεμβάσεις στη θεμελίωση
- ♦ Επεμβάσεις στα εφάδρανα και τους συνδέσμους
- ♦ Αύξηση του πλάτους έδρασης του φορέα
- ♦ Σεισμική μόνωση

Κεφ. 7: Σχεδιασμός/διαστασιολόγηση επεμβάσεων (2)

7.2 Κριτήρια επιλογής επεμβάσεων – Λήψη αποφάσεων

- ♦ Η απόφαση για το εάν η ενίσχυση τα γέφυρας είναι συμφέρουσα ή όχι πρέπει να γίνει με κριτήρια κόστους – οφέλους και σύγκριση με το κόστος κατασκευής νέας γέφυρας. Για να είναι τα αποτελέσματα αντικειμενικά, το κόστος πρέπει να ανάγεται στον χρόνο της υπολειπόμενης ζωής της γέφυρας (ετήσιο κόστος).



- ♦ Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και άλλοι παράγοντες (μη σεισμικοί ή δομικοί), όπως πιθανή λειτουργική ανεπάρκεια (π.χ. στενές λωρίδες κυκλοφορίας, μικρό επιτρεπόμενο φορτίο διερχομένων οχημάτων, κλπ.).
- ♦ Σημαντικής σημασίας πρέπει να είναι και θέματα αισθητικής, γιατί είναι πιθανόν οι επεμβάσεις να αλλοιώνουν την αρχιτεκτονική και την αισθητική αξία της γέφυρας.
- ♦ Σημαντικής σημασίας είναι και η όχληση που θα προκληθεί κατά τη διάρκεια των εργασιών καθώς και η δυσκολία διαχείρισης της κυκλοφορίας.
- ♦ Τέλος, πρέπει να συνεκτιμώνται οι κατασκευαστικές δυσκολίες (κατασκευασσιμότητα επεμβάσεων).

Κεφ. 7: Σχεδιασμός/διαστασιολόγηση επεμβάσεων (3)

7.3 Διαστασιολόγηση επεμβάσεων

Στις Οδηγίες πρέπει να γίνεται αναφορά σε διατάξεις που εφαρμόζονται για τη διαστασιολόγηση των επεμβάσεων.

Για παράδειγμα, σύμφωνα με τον EC8-3, η διαστασιολόγηση των μανδύων σκυροδέματος σε βάρθρα γίνεται για τροποποιημένες τιμές αντοχών, συγκεκριμένα:

$$V_R^* = 0.9 V_R$$

$$M_y^* = (0.96 - 0.74\nu) M_y$$

$$\begin{aligned} \theta_y^* &= 1.05 \theta_y && \text{εάν λαμβάνονται μέτρα αποφυγής ολίσθησης} \\ &= (1.26 + 0.28\nu) \theta_y && \text{αλλιώς} \end{aligned}$$

$$\theta_u^* = \theta_u$$

Ενδεικτικός Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- 1.1 Αναγκαιότητα αποτίμησης και ανασχεδιασμού γεφυρών
- 1.2 Διαδικασία ελέγχου και ενίσχυσης υφιστάμενων γεφυρών
 - Πρωτοβάθμιος έλεγχος
 - Αποτίμηση σεισμικής ικανότητας
 - Διαστασιολόγηση επεμβάσεων
 - Κατασκευή επεμβάσεων
- 1.3 Σκοπός Οδηγιών για την Αποτίμηση και το Ανασχεδιασμό γεφυρών
- 1.4 Δομή κειμένου (σύντομη περιγραφή κεφαλαίων)

Ενδεικτικός Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 2: ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ ΓΕΦΥΡΩΝ

2.1 Επιθεώρηση γεφυρών

- Δελτίο στοιχείων Μητρώου Γεφυρών
- Οδηγίες συμπλήρωσης δελτίου

2.2 Δομική τρωτότητα

- Εφέδρανα, σύνδεσμοι, εδράσεις
- Μεσόβαθρα, ακρόβαθρα, έδαφος
- Χρονολογία και Κανονισμός μελέτης
- Γενική κατάσταση γέφυρας (διαβρώσεις, ενανθράκωση, αποσύνθεση υλικών, κλπ.) – Βαθμός Φύλλου Επιθεώρησης
- Υπολογισμός δείκτη δομικής τρωτότητας

2.3 Σπουδαιότητα

2.4 Επικινδυνότητα

- Επικινδυνότητα έναντι σεισμικών δράσεων
- Επικινδυνότητα έναντι φωτιάς
- Επικινδυνότητα έναντι έκρηξης
- Επικινδυνότητα έναντι πρόσκρουσης
- Επικινδυνότητα έναντι υποσκαφής βάθρων
- Επικινδυνότητα έναντι ρευστοποίησης εδάφους
- Επικινδυνότητα έναντι ευστάθειας πρανών - κατολισθήσεων

2.5 Απομένουσα ζωή

2.6 Λειτουργική επάρκεια

2.7 Υπολογισμός δείκτη προτεραιότητας

2.8 Προτεινόμενες ενέργειες με βάση τη διακινδύνευση

Ενδεικτικός Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 3: ΣΤΟΧΟΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

3.1 Σεισμική ένταση

- Επίπεδα έντασης σεισμικών δράσεων ελέγχου
- Ελαστικό φάσμα σχεδιασμού
- Κατακόρυφη σεισμική ένταση
- Επιλογή επιταχυνσιογραφημάτων για αναλύσεις χρονοϊστορίας
- Γειτνίαση με ενεργό σεισμικό ρήγμα
- Κίνδυνος ρευστοποίησης

3.2 Στάθμες επιτελεστικότητας

- Πλήρης Λειτουργία (Fully Operational – OP)
- Περιορισμός Βλαβών (Damage Limitation – DL)
- Σημαντικές Βλάβες (Significant Damage – SD)
- Οιονεί Κατάρρευση (Near Collapse – NC)

3.3 Ελάχιστοι στόχοι αποτίμησης και ανασχεδιασμού

Ενδεικτικός Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 4: ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ

4.1 Διερευνητικές εργασίες

- Αποτύπωση στατικού συστήματος (Γεωμετρική και Στατική)
- Μηχανικά χαρακτηριστικά υλικών
- Αποτύπωση και χαρτογράφηση βλαβών / παθολογίας
- Έδαφος – Θεμελίωση
- Δοκιμές πεδίου και ενόργανη παρακολούθηση
- Άλλα στοιχεία

4.2 Στάθμες Αξιοπιστίας Δεδομένων (ΣΑΔ)

- Κατηγορίες ΣΑΔ
- Μέθοδοι εκτίμησης της αντοχής των υλικών
- Απαιτούμενο πλήθος δοκιμών

Ενδεικτικός Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 5: ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ

5.1 Εισαγωγή

5.2 Προσομοίωμα υπολογισμού

- Μάζες
- Δυσκαμψίες μελών
- Προσομοίωση συνδέσμων
- Αλληλεπίδραση εδάφους-κατασκευής
- Επίπεδο / χωρικό προσομοίωμα
- Απόσβεση

5.3 Ελαστική ανάλυση

5.4 Στατική ανελαστική ανάλυση (pushover)

5.5 Ανελαστική ανάλυση χρονοϊστορίας

Ενδεικτικός Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 6: ΕΛΕΓΧΟΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

- 6.1 Ανίσωση ελέγχου
- 6.2 Εντατικά μεγέθη ελέγχου
 - Ορισμός δράσεων ελέγχου
 - Συνδυασμοί δράσεων ελέγχου
- 6.3 Αντιστάσεις
 - Αντιπροσωπευτικές τιμές αντοχών υλικών
 - Αντιστάσεις σε όρους παραμορφώσεων
 - Αντιστάσεις σε όρους δυνάμεων
- 6.4 Έλεγχος φερόντων στοιχείων
 - Ελαστική μέθοδος τοπικών συντελεστών m
 - Μέθοδος ενιαίου συντελεστή q
 - Ανελαστικές μέθοδοι ανάλυσης
- 6.5 Έλεγχος θεμελίωσης
- 6.6 Έλεγχος εφεδράνων, συνδέσμων, αρμών
- 6.7 Έλεγχος μήκους έδρασης φορέα
- 6.8 Ειδικές διατάξεις για μεταλλικές γέφυρες
- 6.9 Ειδικές διατάξεις για σιδηροδρομικές γέφυρες

Ενδεικτικός Πίνακας Περιεχομένων

Κεφάλαιο 7: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗ ΕΠΕΜΒΑΣΕΩΝ

7.1 Τύποι επεμβάσεων

- Επεμβάσεις στον φορέα
- Επεμβάσεις στα μεσόβαθρα
- Επεμβάσεις στα ακρόβαθρα
- Επεμβάσεις στη θεμελίωση
- Επεμβάσεις στα εφένδρανα και τους συνδέσμους
- Αύξηση του πλάτους έδρασης του φορέα
- Σεισμική μόνωση

7.2 Κριτήρια επιλογής επεμβάσεων - Λήψη αποφάσεων

- Σύγκριση κόστους – οφέλους
- Λειτουργικά κριτήρια
- Αισθητικά κριτήρια
- Κατασκευαστικές δυσκολίες / Όχληση

7.3 Διαστασιολόγηση επεμβάσεων