



Επιτροπή Αντισεισμικής Προστασίας Γεφυρών

Προτεινόμενοι Στόχοι Επιτροπής

Γιάννης Ψυχάρης

Μεθοδολογία Προσεισμικού Ελέγχου 2002

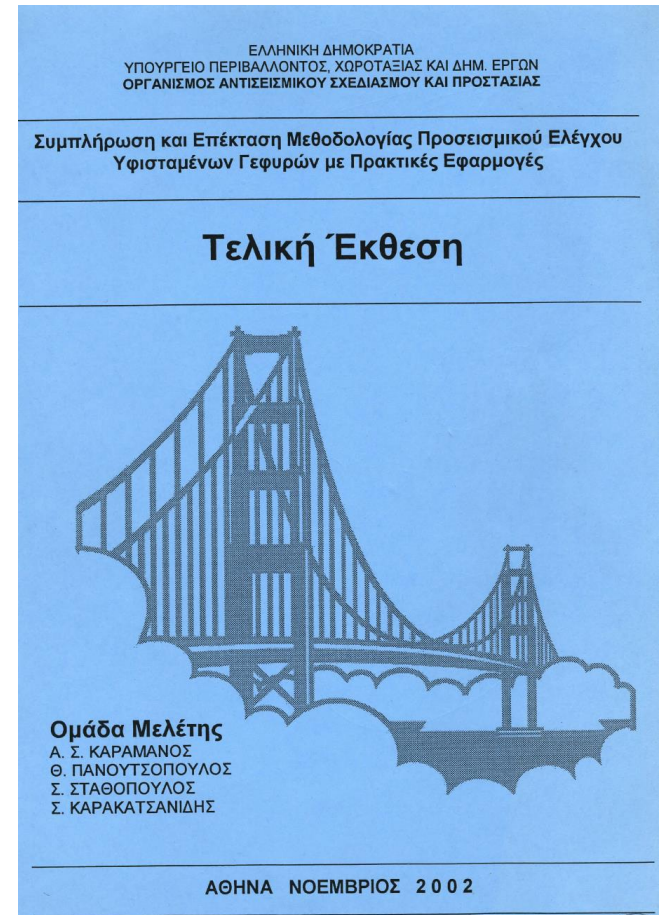
Προτείνεται μία βαθμονόμηση με βάση:

- Τον δείκτη δομικής κατάστασης, Δ
- Τον δείκτη σπουδαιότητας, Σ
- Τον δείκτη σεισμικής επικινδυνότητας, E

Προκύπτει ο δείκτης τρωτότητας:

$$T = (0.4 \times \Delta + 0.6 \times \Sigma) \times E$$

με διακύμανση από 0 έως 100.



Δείκτης Δομικής Κατάστασης, Δ

Ο Δείκτης Δ 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 οι επιμέρους δείκτες:

- Δ_1 : Αφορά συνδέσμους, εφάδρανα και περιοχές έδρασης
- Δ_2 : Αφορά κορμούς και θεμέλια μεσοβάθρων, ακρόβαθρα και έδαφος
- X : Χρονολογία σχεδιασμού της γέφυρας
- Γ : Γενική κατάσταση της γέφυρας (κρίση μηχανικού)

Δείκτης Δομικής Κατάστασης, Δ

- Δείκτης Δ_1

$$\Delta_1 = \max(\Delta_{\text{ΕΓΚ}}, \Delta_{\text{ΔΙΑ}})$$

$\Delta_{\text{ΕΓΚ}}$ = δείκτης τρωτότητας στην εγκάρσια διεύθυνση

$\Delta_{\text{ΔΙΑ}}$ = δείκτης τρωτότητας στη διαμήκη διεύθυνση

- Δείκτης Δ_2

$$\Delta_2 = \Delta\text{TM} + \Delta\text{TA} + \Delta\text{TP}$$

ΔTM = δείκτης τρωτότητας μεσοβάθρων

ΔTA = δείκτης τρωτότητας ακροβάθρων

ΔTP = δείκτης τρωτότητας λόγω ρευστοποίησης

- Δείκτης X

– Έτος εκπόνησης μελέτης: < 1986 $\rightarrow X = 10$

– Έτος εκπόνησης μελέτης: 1986 – 1993 $\rightarrow X = 5$

– Έτος εκπόνησης μελέτης: > 1993 $\rightarrow X = 0$

Δείκτης Δομικής Κατάστασης, Δ

- Δείκτης Γ

Λαμβάνονται υπόψη:

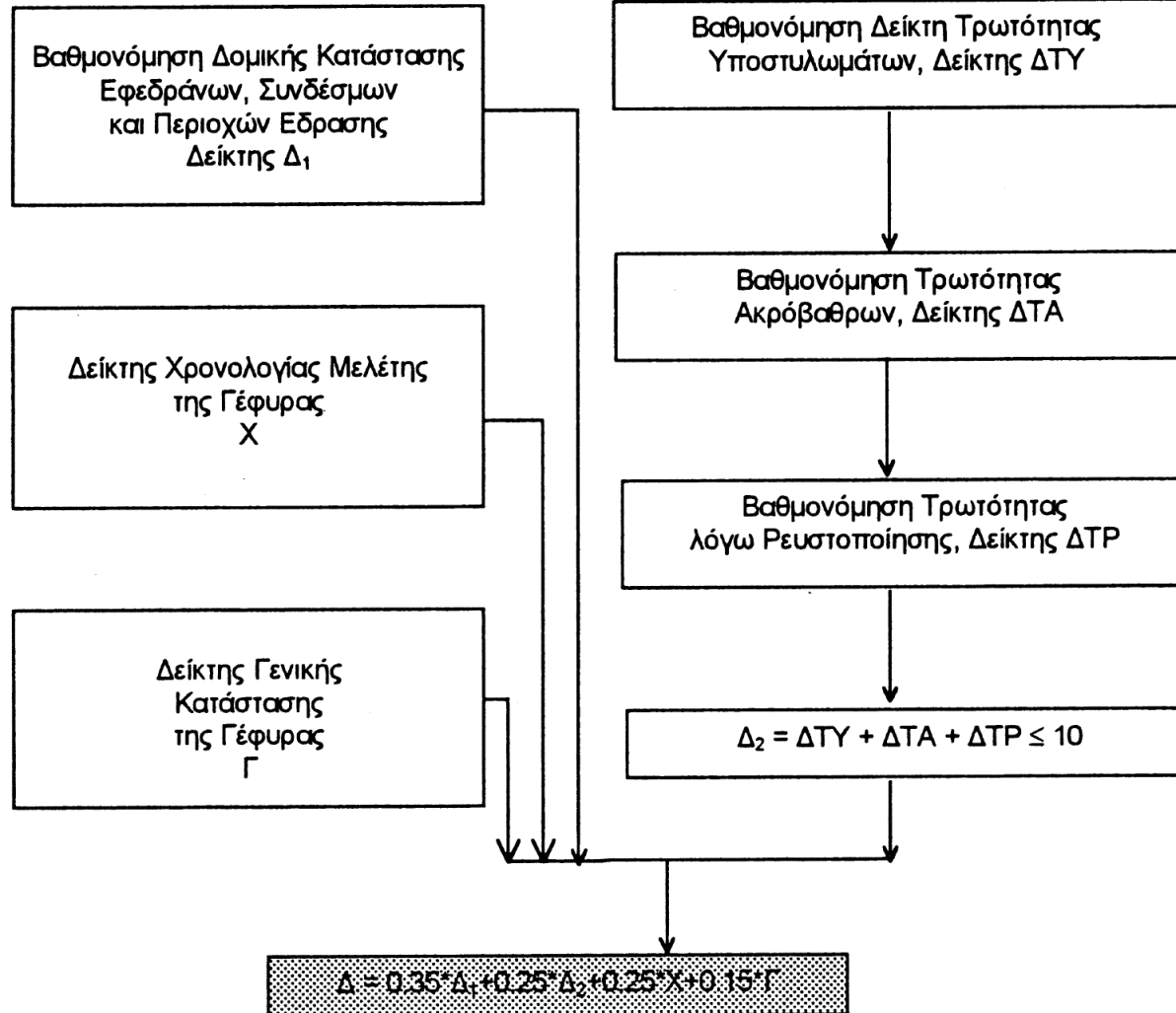
- Εφέδρανα
- Σεισμικοί σύνδεσμοι
- Επικάλυψη οπλισμών
- Δυνατότητα σεισμικής κίνησης του φορέα
- Κατάσταση σκυροδέματος
- Σημαντική καμπυλότητα φορέα

Λαμβάνει τιμές:

- $\Gamma = 0$: καλή γενική κατάσταση
- $\Gamma = 5$: μέτρια γενική κατάσταση
- $\Gamma = 10$: άσχημη γενική κατάσταση

Δείκτης Δομικής Κατάστασης, Δ

$$\Delta = 0.35 \times \Delta_1 + 0.25 \times \Delta_2 + 0.25 \times X + 0.15 \times \Gamma$$



Δείκτης Σπουδαιότητας, Σ

Αξιολογείται:

- Η κοινωνική σπουδαιότητα
- Η οικονομική σπουδαιότητα
- Η στρατηγική σπουδαιότητα

Λαμβάνονται υπόψη οι παράγοντες:

- Μέση ημερήσια κυκλοφορία στη γέφυρα
- Μήκος παράκαμψης σε περίπτωση μη λειτουργίας της γέφυρας
- Μέση ημερήσια κυκλοφορία κάτω από τη γέφυρα
- Μήκος παράκαμψης οχημάτων κάτω από τη γέφυρα
- Ανθρώπινες απώλειες – υλικές καταστροφές
- Στρατηγική σημασία της γέφυρας
- Δίκτυα επί της γέφυρας (γραμμές ζωής)

Δείκτης Σεισμικής Επικινδυνότητας, E

$$E = 11.6 \times A \times S \leq 10$$

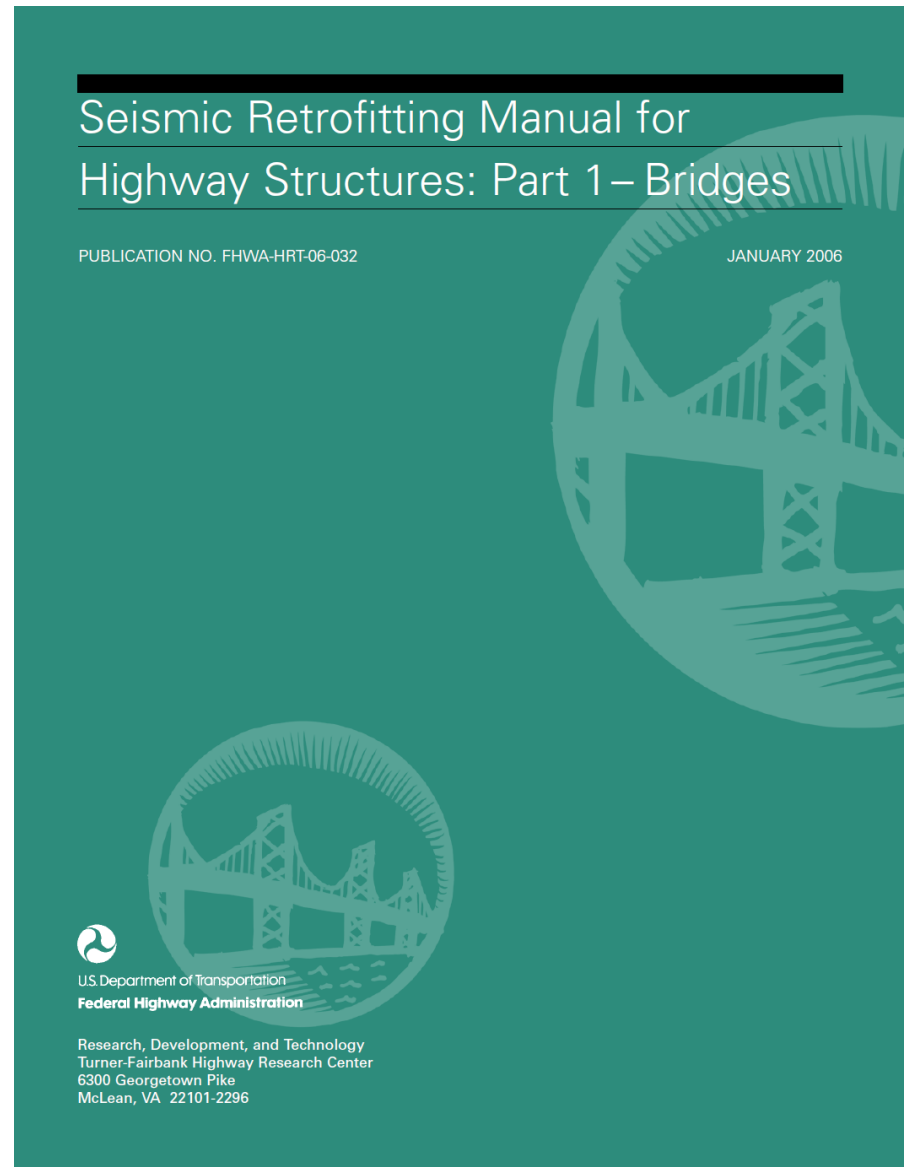
- $A = a_g/g$
- $S =$ συντελεστής εδάφους:
 - Έδαφος Α: $S = 1.10$
 - Έδαφος Β: $S = 1.50$
 - Έδαφος Γ: $S = 1.80$
 - Έδαφος Δ: $S = 2.50$

Μεθοδολογία FHWA

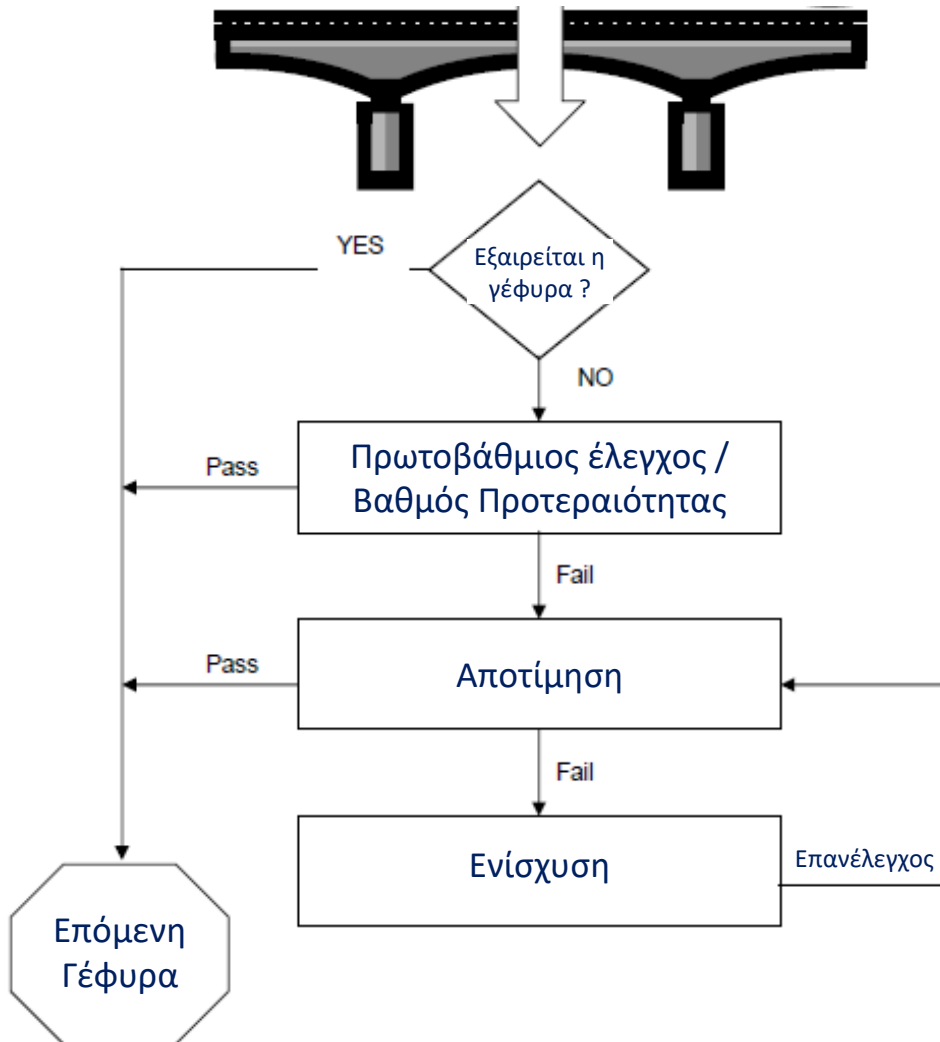
U.S. Federal Highway
Administration:

*Seismic Retrofitting
Manual for Highway
Structures:
Part 1 – Bridges*

January 2006



Διαδικασία λήψης αποφάσεων κατά FHWA



Μεθοδολογία FHWA – Πρωτοβάθμιος Έλεγχος

Βαθμός Προτεραιότητας με βάση δείκτες

$$P = f(R, O)$$

όπου:

R = Βαθμός τρωτότητας γέφυρας: $R = V \times E$

- V = Δείκτης δομικής τρωτότητας

Αφορά κυρίως:

- Συνδέσμους, εφάδρανα και μήκη έδρασης $\rightarrow V_1$
 - Βάθρα, στύλους και θεμελιώσεις
 - Ακρόβαθρα
 - Έδαφος (κίνδυνος ρευστοποίησης)
- } $\rightarrow V_2$

- E = Δείκτης σεισμικής επικινδυνότητας

O = Άλλοι παράγοντες:

- Σπουδαιότητα
- Εκτιμώμενη υπολοιπόμενη ζωή γέφυρας
- Ανάγκη επεμβάσεων για μη-σεισμικούς λόγους

Μεθοδολογία FHWA – Πρωτοβάθμιος Έλεγχος

Βαθμός Προτεραιότητας με βάση τις αναμενόμενες βλάβες

$$P = f(R, O)$$

όπου:

R = Βαθμός τρωτότητας γέφυρας που υπολογίζεται με βάση:

- Εκτιμώμενες βλάβες σε περίπτωση σεισμού
Οι εκτιμώμενες βλάβες υπολογίζονται για τον ίδιο σεισμό για όλες τις γέφυρες.
- Άμεσες οικονομικές απώλειες (κόστος επισκευής)

O = Άλλοι παράγοντες:

- Έμμεσες απώλειες (κοινωνικο-οικονομικές συνέπειες)
 - Δύσκολος και αβέβαιος ο υπολογισμός τους
- Αναγκαιότητα γέφυρας
- Ανάγκη επεμβάσεων για μη-σεισμικούς λόγους

Πιθανοί Στόχοι Επιτροπής

1. Επικαιροποίηση πρωτοβάθμιου ελέγχου και βαθμονόμησης προτεραιοτήτων (Μεθοδολογία 2002).
 - Εξαιρείται ο καθορισμός των μη-σεισμικών βλαβών, που αποτελεί το αντικείμενο της Επιθεώρησης / Συντήρησης που διενεργεί το Υπουργείο.
2. Καθορισμός κατηγοριών ανασχεδιασμού.
 - Στόχοι ανασχεδιασμού σε περίπτωση που αποφασιστεί η ενίσχυση / επισκευή της γέφυρας.

Κατηγορίες ανασχεδιασμού κατά FHWA

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

Ορίζονται 4 Στάθμες Επιτελεστικότητας (Performance Levels, PL):

- Στάθμη επιτελεστικότητας 0 (PL0)
Χωρίς ελάχιστο επίπεδο συμπεριφοράς.
- Στάθμη επιτελεστικότητας 1 (PL1)
"Προστασία Ζωής"
Σημαντικές βλάβες και διακοπή λειτουργίας. Πιθανή απαίτηση επισκευής μετά το σεισμό.
- Στάθμη επιτελεστικότητας 2 (PL2)
"Λειτουργία"
Μικρές βλάβες και λειτουργία γέφυρας για οχήματα ανάγκης. Οι βλάβες πρέπει να είναι επισκευάσιμες με ή χωρίς διακοπή λειτουργίας.
- Στάθμη επιτελεστικότητας 3 (PL3)
"Πλήρης λειτουργία"
Ασήμαντες βλάβες και συνέχιση λειτουργίας της γέφυρας για όλα τα οχήματα. Οι βλάβες μπορούν να επισκευαστούν χωρίς διακοπή λειτουργίας.

Κατηγορίες ανασχεδιασμού κατά FHWA

Οι Στάθμες επιτελεστικότητας συνδυάζονται με:

- Εδαφική σεισμική κίνηση:
 - Ασθενής (Lower Level, LL)
50% πιθανότητα υπέρβασης σε 75 έτη $\rightarrow T_R = 100$ έτη.
 - Ισχυρή (Upper Level, UL)
7% πιθανότητα υπέρβασης σε 75 έτη $\rightarrow T_R = 1000$ έτη.
- Σπουδαιότητα γέφυρας:
 - Σημαντική:
 - Γέφυρες που θεωρείται κρίσιμο να παραμείνουν σε λειτουργία μετά το σεισμό
 - Γέφυρες πάνω από οδούς που είναι κρίσιμο να παραμείνουν σε λειτουργία μετά το σεισμό
 - Συνήθης: Όλες οι υπόλοιπες γέφυρες
- Εκτιμώμενη υπολοιπούμενη ζωή γέφυρας (Anticipated Service Life, ASL):
 - ASL 1: 0 – 15 έτη
 - ASL 2: 16 – 50 έτη
 - ASL 3: > 50 έτη

Κατηγορίες ανασχεδιασμού κατά FHWA

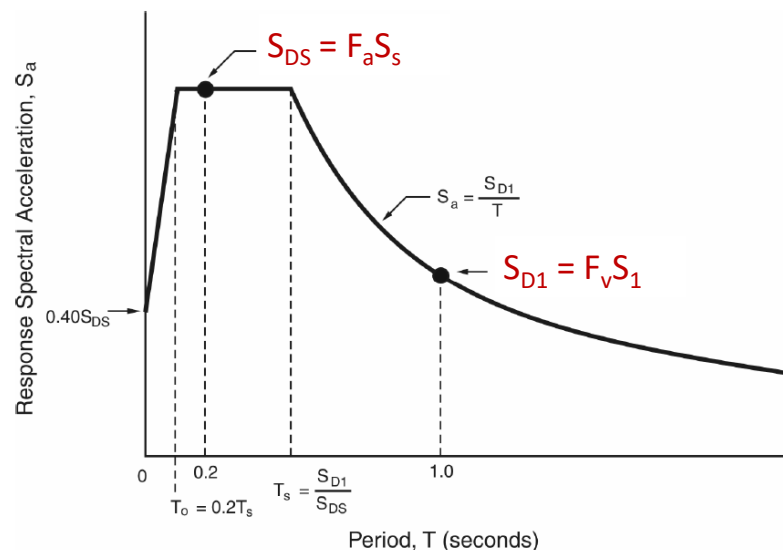
Συνιστώμενες Στάθμες Επιτελεστικότητας

Εδαφική σεισμική κίνηση	Συνήθης σπουδαιότητα			Μεγάλη σπουδαιότητα		
	ASL 1	ASL 2	ASL 3	ASL 1	ASL 2	ASL 3
Ασθενής	PL0	PL3	PL3	PL0	PL3	PL3
Ισχυρή	PL0	PL1	PL1	PL0	PL1	PL2

Ελαστικό φάσμα σχεδιασμού

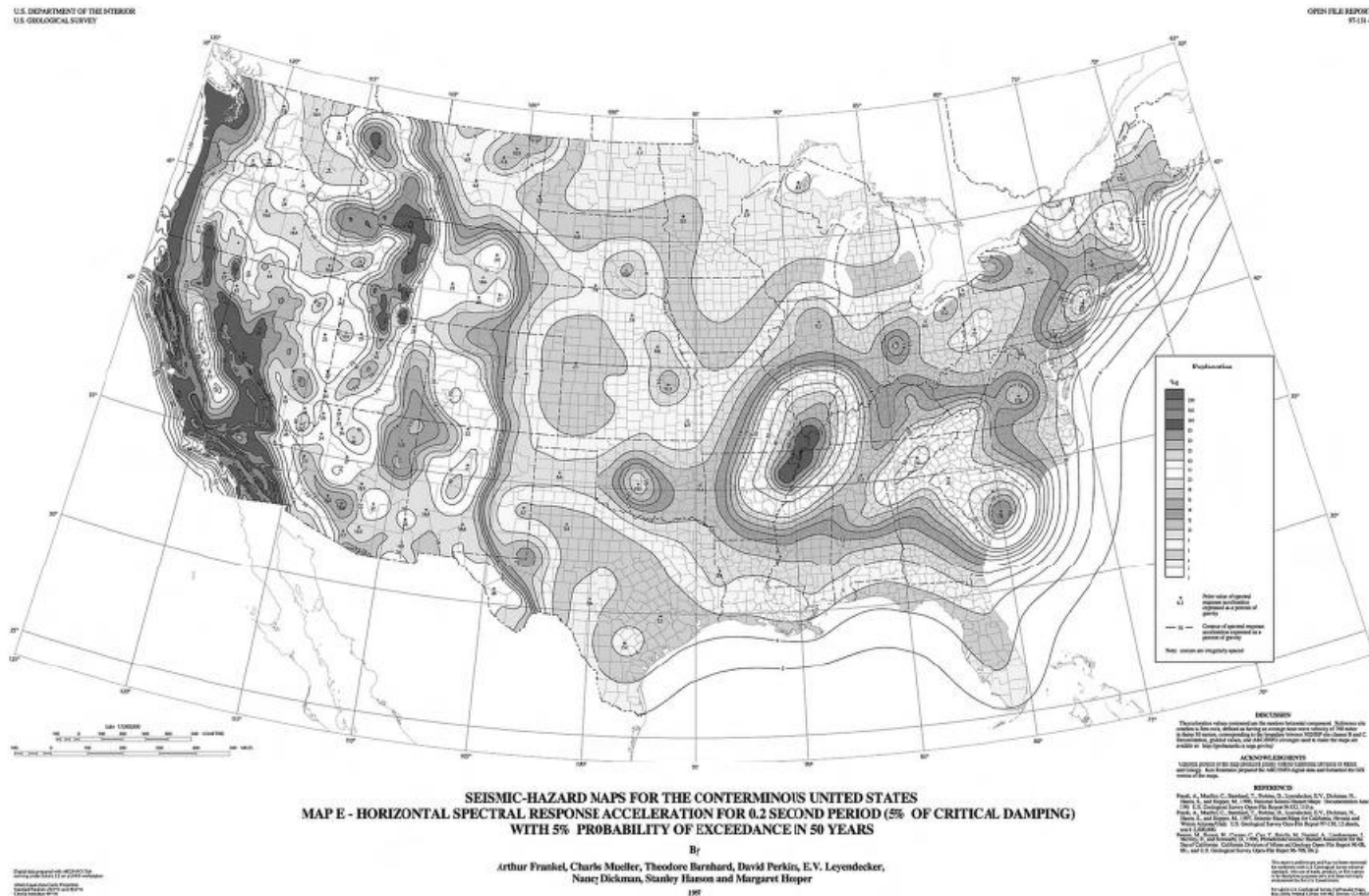
Το φάσμα σχεδιασμού καθορίζεται από τις φασματικές επιταχύνσεις S_{DS} και S_{D1} που αντιστοιχούν σε περίοδο $T = 0.2$ s και $T = 1.0$ s αντίστοιχα.

Οι τιμές S_s και S_1 εξαρτώνται από την περιοχή και δίνονται σε χάρτες για τα δύο επίπεδα εδαφικής σεισμικής κίνησης (Ασθενής / Ισχυρή).



Κατηγορίες ανασχεδιασμού κατά FHWA

Καθορισμός S_s και S_1



(b). Short-period (S_s) spectral accelerations for the upper level ground motion (1000-year return period)

Κατηγορίες ανασχεδιασμού κατά FHWA

Τιμές συντελεστή εδάφους F_a

Site Class	Spectral Acceleration at Short-Period (0.2 sec), S_s^1				
	$S_s \leq 0.25$	$S_s = 0.50$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.00$	$S_s \geq 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9
F ²					

Τιμές συντελεστή εδάφους F_v

Site Class	Spectral Acceleration at Long-Period (1.0 sec), S_1^1				
	$S_1 \leq 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 \geq 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4
F ²					

Κατηγορίες ανασχεδιασμού κατά FHWA

Σεισμική επικινδυνότητα (Seismic Hazard Level, **SHL**)

Καθορίζεται ανάλογα με τις τιμές S_{D1} και S_{DS} σύμφωνα με τον Πίνακα:

HAZARD LEVEL	Using $S_{D1} = F_v S_1$	Using $S_{DS} = F_a S_s$
I	$S_{D1} \leq 0.15$	$S_{DS} \leq 0.15$
II	$0.15 < S_{D1} \leq 0.25$	$0.15 < S_{DS} \leq 0.35$
III	$0.25 < S_{D1} \leq 0.40$	$0.35 < S_{DS} \leq 0.60$
IV	$0.40 < S_{D1}$	$0.60 < S_{DS}$

Κατηγορίες ανασχεδιασμού κατά FHWA

Κατηγορίες Ανασχεδιασμού (Seismic Retrofit Categories, SRC)

Καθορίζονται για κάθε επίπεδο σεισμικής εδαφικής κίνησης (Ισχυρή / Ασθενής) και για κάθε συνδυασμό Σεισμικής Επικινδυνότητας (SHL) – Στάθμης Επιτελεστικότητας (PL).

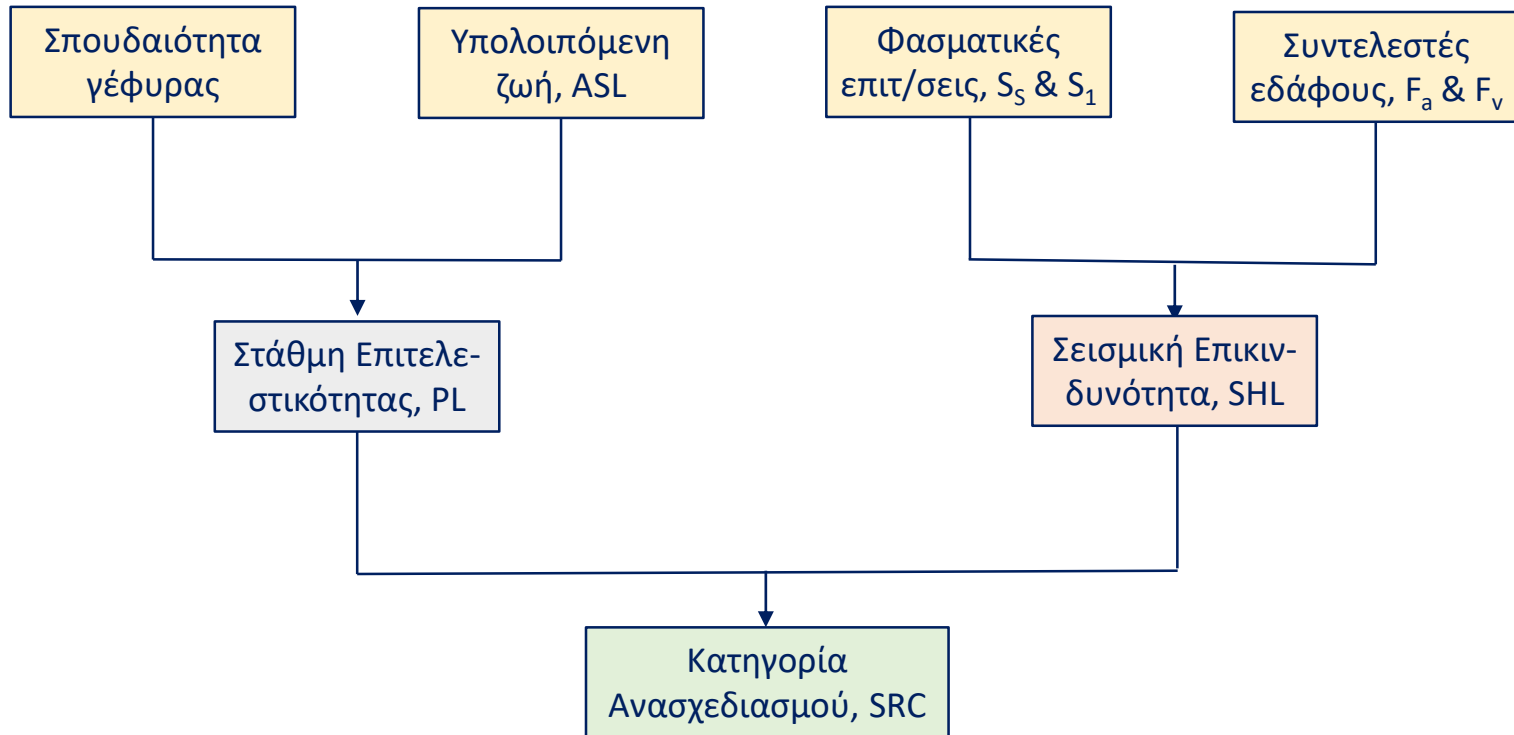
Σεισμική Επικιν/τητα SHL	Ισχυρή εδαφική σεισμική κίνηση			Ασθενής εδαφική σεισμική κίνηση	
	PL0	PL1	PL2	PL0	PL3
I	A	A	B	A	C
II	A	B	B	A	C
III	A	B	C	A	C
IV	A	C	D	A	D

SRC = A: Δεν απαιτείται έλεγχος ή ενίσχυση της γέφυρας

SRC = B, C, D: Απαιτούνται: έλεγχος, αποτίμηση και μέτρα ενίσχυσης της γέφυρας (με αυξανόμενο βαθμό σοβαρότητας)

Κατηγορίες ανασχεδιασμού κατά FHWA

Καθορισμός Κατηγορίας Ανασχεδιασμού (SRC)



Πιθανοί Πρόσθετοι Στόχοι Επιτροπής

1. επικαιροποίηση πρωτοβάθμιου ελέγχου και βαθμονόμησης προτεραιοτήτων (Μεθοδολογία 2002).
2. Καθορισμός κατηγοριών ανασχεδιασμού.
3. Οδηγίες για μεθόδους επισκευής ανάλογα με υφιστάμενες βλάβες.
4. Οδηγίες για έλεγχο γεφυρών μετά από σεισμό.