

Συνοπτικά περιεχόμενα

ΜΕΡΟΣ Ι	ΜΟΝΟΒΑΘΜΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	1
1	<i>Εξισώσεις κίνησης, διατύπωση του προβλήματος και μέθοδοι επίλυσης</i>	3
2	<i>Ελεύθερη ταλάντωση</i>	37
3	<i>Απόκριση σε αρμονικές και περιοδικές διεγέρσεις</i>	63
4	<i>Απόκριση σε τυχούσες, βαθμιδωτές και παλμικές διεγέρσεις</i>	119
5	<i>Αριθμητικός υπολογισμός δυναμικής απόκρισης</i>	157
6	<i>Σεισμική απόκριση γραμμικών συστημάτων</i>	187
7	<i>Σεισμική απόκριση ανελαστικών συστημάτων</i>	239
8	<i>Γενικευμένα μονοβάθμια συστήματα</i>	289
ΜΕΡΟΣ ΙΙ	ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	325
9	<i>Εξισώσεις κίνησης, διατύπωση του προβλήματος και μέθοδοι επίλυσης</i>	327
10	<i>Ελεύθερη ταλάντωση</i>	383
11	<i>Απόσβεση στις κατασκευές</i>	425
12	<i>Δυναμική ανάλυση και απόκριση γραμμικών συστημάτων</i>	447
13	<i>Σεισμική ανάλυση γραμμικών συστημάτων</i>	489

14	<i>Ανάλυση γραμμικών συστημάτων με μη κλασική απόσβεση</i>	597
15	<i>Μείωση των βαθμών ελευθερίας</i>	635
16	<i>Αριθμητικός υπολογισμός της δυναμικής απόκρισης</i>	651
17	<i>Συστήματα με κατανεμημένη μάζα και ελαστικότητα</i>	673
18	<i>Εισαγωγή στη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων</i>	703

ΜΕΡΟΣ ΙΙΙ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ, ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΠΟΛΥΩΡΟΦΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ 735

19	<i>Σεισμική απόκριση γραμμικώς ελαστικών κτηρίων</i>	737
20	<i>Σεισμική ανάλυση και απόκριση ανελαστικών κτηρίων</i>	753
21	<i>Σεισμική δυναμική κτηρίων με μονωμένη βάση</i>	815
22	<i>Σεισμική δυναμική αλληλεπίδρασης κτηρίου-εδάφους</i>	839
23	<i>Δυναμική των κατασκευών σε αντισεισμικούς κανονισμούς</i>	873
24	<i>Δυναμική των κατασκευών σε οδηγίες σεισμικής αποτίμησης κτηρίων</i>	899

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α ΜΕΘΟΔΟΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΤΩΝ ΣΥΧΝΟΤΗΤΩΝ 917

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ 937

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΣΕ ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ 951

Ευρετήριο 967

Περιεχόμενα

Πρόλογος	xxi
Εισαγωγή	xxiii
Ευχαριστίες	xxxι

ΜΕΡΟΣ Ι ΜΟΝΟΒΑΘΜΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	1
-------------------------------------	----------

1 Εξισώσεις κίνησης, διατύπωση του προβλήματος και μέθοδοι επίλυσης	3
--	----------

1.1	Απλές κατασκευές	3
1.2	Μονοβάθμιο σύστημα	7
1.3	Σχέση δύναμης-μετατόπισης	7
1.4	Δύναμη απόσβεσης	12
1.5	Εξίσωση κίνησης: Εξωτερική δύναμη	13
1.6	Σύστημα μάζας-ελατηρίου-αποσβεστήρα	18
1.7	Εξίσωση κίνησης: Σεισμική διέγερση	22
1.8	Διατύπωση του προβλήματος και εντατικά μεγέθη μελών	25
1.9	Επαλληλία στατικής και δυναμικής απόκρισης	26
1.10	Μέθοδοι επίλυσης της διαφορικής εξίσωσης	27
1.11	Μελέτη μονοβάθμιων συστημάτων: Οργάνωση	31
	Παράρτημα Ι: Συντελεστές δυσκαμψίας καμπτόμενου μέλους	31

2 Ελεύθερη ταλάντωση	37
-----------------------------	-----------

2.1	Ελεύθερη ταλάντωση χωρίς απόσβεση	37
2.2	Ελεύθερη ταλάντωση με ιξώδη απόσβεση	45

2.3	Ενέργεια στην ελεύθερη ταλάντωση	53
2.4	Ελεύθερη ταλάντωση με απόσβεση Coulomb	54
3	Απόκριση σε αρμονικές και περιοδικές διεγέρσεις	63
	ΜΕΡΟΣ Α: Συστήματα με ιξώδη απόσβεση: Βασικά αποτελέσματα	63
3.1	Αρμονική ταλάντωση συστημάτων χωρίς απόσβεση	63
3.2	Αρμονική ταλάντωση με ιξώδη απόσβεση	70
	ΜΕΡΟΣ Β: Συστήματα με ιξώδη απόσβεση: Εφαρμογές	82
3.3	Απόκριση σε γεννήτρια ταλαντώσεων	82
3.4	Ιδιοσυχνότητα και απόσβεση από αρμονικά πειράματα	84
3.5	Μετάδοση δύναμης και μόνωση ταλάντωσης	87
3.6	Απόκριση σε εδαφική κίνηση και μόνωση της ταλάντωσης	88
3.7	Μετρητές ταλαντώσεων	92
3.8	Ανάλωση ενέργειας λόγω ιξώδους απόσβεσης	96
3.9	Ισοδύναμη ιξώδους απόσβεση	99
	ΜΕΡΟΣ Γ: Συστήματα με μη ιξώδη απόσβεση	101
3.10	Αρμονική ταλάντωση με απόσβεση ανεξάρτητη της συχνότητας	101
3.11	Αρμονική ταλάντωση με τριβή Coulomb	104
	ΜΕΡΟΣ Δ: Απόκριση σε περιοδική διέγερση	108
3.12	Αναπαράσταση με σειρές Fourie	109
3.13	Απόκριση σε περιοδική δύναμη	110
	<i>Παράρτημα 3: Χαρτί τετραλογαριθμικών διαγραμμάτων</i>	113
4	Απόκριση σε τυχούσες, βαθμιδωτές και παλμικές διεγέρσεις	119
	ΜΕΡΟΣ Α: Απόκριση σε δυνάμεις τυχαία μεταβαλλόμενες με τον χρόνο	119
4.1	Απόκριση σε μοναδιαία ώθηση	120
4.2	Απόκριση σε τυχούσα δύναμη	121
	ΜΕΡΟΣ Β: Απόκριση σε βαθμιδωτές και σε γραμμικά κλιμακούμενες δυνάμεις	123
4.3	Βαθμιδωτή δύναμη	123
4.4	Γραμμικά κλιμακούμενη ή αυξανόμενη δύναμη	125
4.5	Βαθμιδωτή δύναμη με πεπερασμένο χρόνο ανάπτυξης	126
	ΜΕΡΟΣ Γ: Απόκριση σε παλμικές διεγέρσεις	129
4.6	Μέθοδοι επίλυσης	129

4.7	Ορθογωνικός παλμός	130	
4.8	Παλμός μισού κύκλου ημιτόνου	136	
4.9	Συμμετρικός τριγωνικός παλμός	141	
4.10	Επίδραση της μορφής του παλμού και προσεγγιστική ανάλυση για βραχείς παλμούς	143	
4.11	Επίδραση της ιξώδους απόσβεσης	146	
4.12	Απόκριση σε εδαφική κίνηση	148	
5	Αριθμητικός υπολογισμός δυναμικής απόκρισης		157
5.1	Μέθοδοι χρονικού βηματισμού	157	
5.2	Μέθοδοι βασιζόμενες στην παρεμβολή της διέγερσης	159	
5.3	Μέθοδος κεντρικών διαφορών	162	
5.4	Μέθοδος Newmark	165	
5.5	Ευστάθεια και υπολογιστικό σφάλμα	171	
5.6	Μη γραμμικά συστήματα: Μέθοδος κεντρικών διαφορών	173	
5.7	Μη γραμμικά συστήματα: Μέθοδος Newmark	174	
6	Σεισμική απόκριση γραμμικών συστημάτων		187
6.1	Σεισμική διέγερση	187	
6.2	Εξίσωση κίνησης	193	
6.3	Μεγέθη απόκρισης	193	
6.4	Χρονο-ιστορία απόκρισης	194	
6.5	Έννοια του φάσματος απόκρισης	197	
6.6	Φάσματα απόκρισης μετατόπισης, ψευδο-ταχύτητας και ψευδο-επιτάχυνσης	197	
6.7	Μέγιστη απόκριση κατασκευής από το φάσμα απόκρισης	206	
6.8	Χαρακτηριστικά φασμάτων απόκρισης	210	
6.9	Ελαστικό φάσμα σχεδιασμού: Κλασική μέθοδος	218	
6.10	Ελαστικό φάσμα σχεδιασμού: Σύγχρονες μέθοδοι	226	
6.11	Φάσματα απόκρισης ταχύτητας και επιτάχυνσης	228	
	Παράρτημα 6: Εδαφική κίνηση El Centro, 1940	232	

7	Σεισμική απόκριση ανελαστικών συστημάτων	239
7.1	Σχέσεις δύναμης-παραμόρφωσης	243
7.2	Ανηγγμένη αντοχή διαρροής, μειωτικός συντελεστής αντοχής διαρροής και δείκτης πλαστιμότητας	246
7.3	Εξίσωση κίνησης και παράμετροι ελέγχου	247
7.4	Επιρροή της διαρροής	248
7.5	Φάσμα απόκρισης για την παραμόρφωση και την αντοχή διαρροής	254
7.6	Αντοχή και παραμόρφωση διαρροής από το φάσμα απόκρισης	258
7.7	Σχέση αντοχής διαρροής - πλαστιμότητας	259
7.8	Σχετική επιρροή διαρροής και απόσβεσης	260
7.9	Αναλυσόμενη ενέργεια	262
7.10	Συμπληρωματικές συσκευές ανάλωσης ενέργειας	264
7.11	Ανελαστικό φάσμα σχεδιασμού	269
7.12	Εφαρμογές του φάσματος σχεδιασμού	276
7.13	Επιρροή φορτίων βαρύτητας και κατάρρευση	282
8	Γενικευμένα μονοβάθμια συστήματα	289
8.1	Γενικευμένα μονοβάθμια συστήματα	289
8.2	Διατάξεις στερεών σωμάτων	291
8.3	Συστήματα με κατανεμημένη μάζα και ελαστικότητα	293
8.4	Σύστημα συγκεντρωμένων μαζών: Διατμητικό κτήριο	305
8.5	Ιδιοσυχνότητα ταλάντωσης με τη μέθοδο Rayleigh	311
8.6	Επιλογή της συνάρτησης σχήματος	314
	<i>Παράρτημα 8: Αδρανειακές δυνάμεις στερεών σωμάτων</i>	319

ΜΕΡΟΣ II ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ **325**

9	Εξισώσεις κίνησης, διατύπωση του προβλήματος και μέθοδοι επίλυσης	327
9.1	Απλό σύστημα: Διώροφο διατμητικό κτήριο	327
9.2	Γενική μεθοδολογία για γραμμικά συστήματα	332
9.3	Στατική συμπίκνωση	351
9.4	Επίπεδα ή συμμετρικά σε κάτοψη συστήματα: Εδαφική κίνηση	354
9.5	Μονώροφα κτήρια με ασύμμετρη κάτοψη	359
9.6	Πολυώροφα κτήρια με ασύμμετρη κάτοψη	364

9.7	Πολλαπλές διεγέρσεις στηρίξεων	368
9.8	Ανελαστικά συστήματα	372
9.9	Διατύπωση του προβλήματος	373
9.10	Εντατικά μεγέθη στοιχείων	373
9.11	Μέθοδοι επίλυσης των εξισώσεων κίνησης: Επισκόπηση	374
10	Ελεύθερη ταλάντωση	383
	ΜΕΡΟΣ Α: Ιδιοσυχνότητες και ιδιομορφές ταλάντωσης	384
10.1	Συστήματα χωρίς απόσβεση	384
10.2	Ιδιοσυχνότητες και ιδιομορφές ταλάντωσης	386
10.3	Ιδιομορφικά και φασματικά μητρώα	388
10.4	Ορθογωνιότητα των ιδιομορφών	388
10.5	Ερμηνεία της ορθογωνιότητας των ιδιομορφών	389
10.6	Κανονικοποίηση των ιδιομορφών	390
10.7	Ιδιομορφική ανάπτυξη των μετατοπίσεων	400
	ΜΕΡΟΣ Β: Απόκριση ελεύθερης ταλάντωσης	401
10.8	Επίλυση των εξισώσεων ελεύθερης ταλάντωσης: Συστήματα χωρίς απόσβεση	401
10.9	Συστήματα με απόσβεση	404
10.10	Επίλυση των εξισώσεων ελεύθερης ταλάντωσης: Συστήματα με κλασική απόσβεση	404
	ΜΕΡΟΣ Γ: Υπολογισμός των ιδιοτήτων ταλάντωσης	408
10.11	Μέθοδοι επίλυσης του προβλήματος ιδιοτιμών	408
10.12	Πηλίκο Rayleigh	409
10.13	Μέθοδος αντίστροφης διανυσματικής επανάληψης	410
10.14	Διανυσματική επανάληψη με μεταθέσεις: Προτιμώμενη διαδικασία	414
10.15	Μετασχηματισμός της $k\phi = \omega^2 m\phi$ στην τυπική μορφή	419
11	Απόσβεση στις κατασκευές	425
	ΜΕΡΟΣ Α: Πειραματικά δεδομένα και συνιστώμενοι ιδιομορφικοί λόγοι απόσβεσης	425
11.1	Ιδιότητες ταλάντωσης του κτηρίου της βιβλιοθήκης Millikan	425
11.2	Εκτίμηση ιδιομορφικών λόγων απόσβεσης	430
	ΜΕΡΟΣ Β: Μόρφωση του μητρώου απόσβεσης	434
11.3	Μητρώο απόσβεσης	434
11.4	Μητρώο κλασικής απόσβεσης	434
11.5	Μητρώο μη κλασικής απόσβεσης	443

12	Δυναμική ανάλυση και απόκριση γραμμικών συστημάτων	447
	ΜΕΡΟΣ Α: Συστήματα δύο βαθμών ελευθερίας	447
12.1	Ανάλυση συστημάτων δύο βαθμών ελευθερίας χωρίς απόσβεση	447
12.2	Αποσβεστήρας ταλαντώσεων ή αποσβεστήρας συντονισμένης μάζας	450
	ΜΕΡΟΣ Β: Ιδιομορφική ανάλυση	452
12.3	Ιδιομορφικές εξισώσεις για συστήματα χωρίς απόσβεση	452
12.4	Ιδιομορφικές εξισώσεις για συστήματα με απόσβεση	454
12.5	Απόκριση μετατόπισης	456
12.6	Εντατικά μεγέθη στοιχείων	456
12.7	Ιδιομορφική ανάλυση: Περίληψη	457
	ΜΕΡΟΣ Γ: Ιδιομορφικές συνεισφορές απόκρισης	461
12.8	Ιδιομορφική ανάπτυξη του διανύσματος διέγερσης $\mathbf{p}(t) = \mathbf{sp}(t)$	461
12.9	Ιδιομορφική ανάλυση για $\mathbf{p}(t) = \mathbf{sp}(t)$	465
12.10	Συντελεστές ιδιομορφικών συνεισφορών	466
12.11	Ιδιομορφικές αποκρίσεις και απαιτούμενος αριθμός ιδιομορφών	468
	ΜΕΡΟΣ Δ: Ειδικές μέθοδοι ανάλυσης	474
12.12	Μέθοδος στατικής διόρθωσης	474
12.13	Μέθοδος επαλληλίας ιδιομορφικών επιταχύνσεων	477
12.14	Μέθοδος επαλληλίας ιδιομορφικών επιταχύνσεων: Τυχούσα διέγερση	478
13	Σεισμική ανάλυση γραμμικών συστημάτων	489
	ΜΕΡΟΣ Α: Ανάλυση χρονο-ιστορίας απόκρισης	490
13.1	Ιδιομορφική ανάλυση	490
13.2	Πολυώροφα κτήρια με συμμετρική κάτοψη	496
13.3	Πολυώροφα κτήρια με ασύμμετρη κάτοψη	515
13.4	Στρεπτική απόκριση κτηρίων συμμετρικής κάτοψης	525
13.5	Ανάλυση απόκρισης για πολλαπλές διεγέρσεις στηρίζων	529
13.6	Προσομοίωση της κατασκευής και σεισμική απόκριση	535
	ΜΕΡΟΣ Β: Δυναμική φασματική ανάλυση	535
13.7	Μέγιστη απόκριση από το φάσμα σεισμικής απόκρισης	535
13.8	Πολυώροφα κτήρια με συμμετρική κάτοψη	540
13.9	Πολυώροφα κτήρια με ασύμμετρη κάτοψη	552

13.10	Περιβάλλουσα ταυτόχρονων αποκρίσεων με βάση το φάσμα απόκρισης	559
13.11	Εκτίμηση κύριων τάσεων με βάση το φάσμα απόκρισης	567
13.12	Μέγιστη απόκριση σε εδαφική κίνηση πολλαπλών συνιστωσών	575
14	Ανάλυση γραμμικών συστημάτων με μη κλασική απόσβεση	597
	ΜΕΡΟΣ Α: Συστήματα με κλασική απόσβεση: Αναδιατύπωση	598
14.1	Ιδιοσυχρότητες και ιδιομορφές ταλάντωσης	598
14.2	Ελεύθερη ταλάντωση	598
14.3	Απόκριση σε μοναδιαία ώθηση	600
14.4	Σεισμική απόκριση	601
	ΜΕΡΟΣ Β: Συστήματα με μη κλασική απόσβεση	601
14.5	Ιδιοσυχρότητες και ιδιομορφές ταλάντωσης	601
14.6	Ορθογωνιότητα των ιδιομορφών	603
14.7	Ελεύθερη ταλάντωση	606
14.8	Απόκριση σε μοναδιαία ώθηση	611
14.9	Σεισμική απόκριση	615
14.10	Συστήματα με πραγματικές ιδιοτιμές	617
14.11	Δυναμική φασματική ανάλυση	625
14.12	Σύνοψη	625
	<i>Παράρτημα 14: Αποδείξεις</i>	626
15	Μείωση των βαθμών ελευθερίας	635
15.1	Κινηματικοί περιορισμοί	635
15.2	Συγκέντρωση της μάζας σε επιλεγμένους βαθμούς ελευθερίας	636
15.3	Μέθοδος Rayleigh–Ritz	637
15.4	Επιλογή διανυσμάτων Ritz	640
15.5	Δυναμική ανάλυση με χρήση διανυσμάτων Ritz	646
16	Αριθμητικός υπολογισμός της δυναμικής απόκρισης	651
16.1	Μέθοδοι χρονικού βηματισμού	651
16.2	Γραμμικά συστήματα με μη κλασική απόσβεση	652
16.3	Μη γραμμικά συστήματα	659

17	<i>Συστήματα με κατανεμημένη μάζα και ελαστικότητα</i>	673
17.1	Εξίσωση κίνησης χωρίς απόσβεση: Επιβαλλόμενες δυνάμεις	674
17.2	Εξίσωση κίνησης χωρίς απόσβεση: Διέγερση στηρίξεων	675
17.3	Ιδιοσυχνότητες και ιδιομορφές ταλάντωσης	676
17.4	Ορθογωνιότητα των ιδιομορφών	683
17.5	Ιδιομορφική ανάλυση εξαναγκασμένης δυναμικής απόκρισης	684
17.6	Ανάλυση χρονο-ιστορίας σεισμικής απόκρισης	691
17.7	Δυναμική φασματική ανάλυση σεισμικής απόκρισης	695
17.8	Δυσκολίες στην ανάλυση πρακτικών συστημάτων	698
18	<i>Εισαγωγή στη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων</i>	703
	ΜΕΡΟΣ Α: Μέθοδος Rayleigh-Ritz	703
18.1	Διατύπωση με χρήση της αρχής διατήρησης της ενέργειας	703
18.2	Διατύπωση με χρήση της αρχής δυνατών έργων	707
18.3	Μειονεκτήματα της μεθόδου Rayleigh-Ritz	708
	ΜΕΡΟΣ Β: Μέθοδος πεπερασμένων στοιχείων	709
18.4	Προσέγγιση με πεπερασμένα στοιχεία	709
18.5	Διαδικασία ανάλυσης	710
18.6	Βαθμοί ελευθερίας στοιχείου και συναρτήσεις παρεμβολής	712
18.7	Μητρώο δυσκαμψίας στοιχείου	714
18.8	Μητρώο μάζας στοιχείου	714
18.9	Μητρώο γεωμετρικής δυσκαμψίας στοιχείου	716
18.10	Διάνυσμα (επιβαλλόμενων) δυνάμεων στο στοιχείο	716
18.11	Σύγκριση λύσεων με πεπερασμένα στοιχεία και ακριβών λύσεων	725
18.12	Δυναμική ανάλυση συνεχών κατασκευών	726
	ΜΕΡΟΣ ΙΙΙ ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΑΠΟΚΡΙΣΗ, ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΠΟΛΥΩΡΟΦΩΝ ΚΤΗΡΙΩΝ	735
19	<i>Σεισμική απόκριση γραμμικώς ελαστικών κτηρίων</i>	737
19.1	Εξεταζόμενα συστήματα, φάσμα σχεδιασμού και μεγέθη απόκρισης	737
19.2	Επιρροή των T_1 και ρ στην απόκριση	742
19.3	Συντελεστές ιδιομορφικής συνεισφοράς	743
19.4	Επιρροή του T_1 στην απόκριση των ανώτερων ιδιομορφών	744

19.5	Επιρροή του ρ στην απόκριση των ανώτερων ιδιομορφών	747
19.6	Καθ' ύψος μεταβολή της απόκρισης των ανώτερων ιδιομορφών	748
19.7	Αριθμός ιδιομορφών που πρέπει να συμπεριλαμβάνονται	750
20	Σεισμική ανάλυση και απόκριση ανελαστικών κτηρίων	753
	ΜΕΡΟΣ Α: Μη γραμμική ανάλυση χρονο-ιστορίας απόκρισης	754
20.1	Εξισώσεις κίνησης: Κατάστροψη και επίλυση	754
20.2	Υπολογισμός σεισμικών απαιτήσεων: Παράγοντες προς θεώρηση	755
20.3	Απαιτήσεις σχετικών μετακινήσεων ορόφων	759
20.4	Απαιτήσεις αντοχής για μονοβάθμια και πολυβάθμια συστήματα	764
	ΜΕΡΟΣ Β: Δομική προσομοίωση	766
20.5	Συνολικό σύστημα	766
20.6	Δομικά στοιχεία	767
20.7	Ιξώδης απόσβεση	772
	ΜΕΡΟΣ Γ: Επιλογή και τροποποίηση εδαφικών κινήσεων	783
20.8	Φάσμα-στόχος	783
20.9	Επιλογή εδαφικών κινήσεων και κλιμάκωση πλάτους	787
20.10	Επιλογή εδαφικών κινήσεων για συμβατότητα με τη μέση τιμή και τη διακύμανση του φάσματος-στόχου	791
20.11	Επιρροή της επιλογής εδαφικών κινήσεων και της κλιμάκωσης πλάτους στις σεισμικές απαιτήσεις	793
20.12	Επιλογή εδαφικών κινήσεων και φασματική συμβατοποίηση	799
20.13	Επιρροή επιλογής εδαφικών κινήσεων και φασματικής συμβατοποίησης στις σεισμικές απαιτήσεις	805
20.14	Σύγκριση κλιμάκωσης πλάτους και φασματικής συμβατοποίησης εδαφικών κινήσεων	810
21	Σεισμική δυναμική κτηρίων με μονωμένη βάση	815
21.1	Συστήματα σεισμικής μόνωσης	815
21.2	Μονώροφα κτήρια με σεισμική μόνωση βάσης	820
21.3	Αποτελεσματικότητα της σεισμικής μόνωσης βάσης	825
21.4	Πολυώροφα κτήρια με σεισμική μόνωση βάσης	828
21.5	Εφαρμογές της μόνωσης βάσης	835
22	Σεισμική δυναμική αλληλεπίδρασης κτηρίου-εδάφους	839
22.1	Απλό σύστημα αλληλεπίδρασης, διέγερση και βαθμοί ελευθερίας	840
22.2	Εξισώσεις κίνησης	842

22.3	Θεμελίωση σε ιξωδοελαστικό ημίχωρο	844
22.4	Ανάλυση απλών συστημάτων αλληλεπίδρασης	848
22.5	Ενεργός κίνηση της θεμελίωσης	851
22.6	Συνέπειες της αλληλεπίδρασης εδάφους-κατασκευής	853
22.7	Ισοδύναμο μονοβάθμιο σύστημα	859
22.8	Πολυώροφα κτήρια	865
22.9	Περιορισμένο εύρος της παρουσίας	869
22.10	Αλληλεπίδραση εδάφους-κατασκευής σε αντισεισμικούς κανονισμούς	870
23	Δυναμική των κατασκευών σε αντισεισμικούς κανονισμούς	873
	ΜΕΡΟΣ Α: Αντισεισμικοί κανονισμοί και δυναμική των κατασκευών	874
23.1	Διεθνής Αντισεισμικός Κανονισμός (HPLA), 2021	874
23.2	Εθνικός Αντισεισμικός Κανονισμός Καναδά, 2020	876
23.3	Κανονισμός της Πόλης του Μεξικού, 2018	879
23.4	Ευρωκώδικας 8, 2004	882
23.5	Δυναμική των κατασκευών σε αντισεισμικούς κανονισμούς	884
	ΜΕΡΟΣ Β: Αξιολόγηση αντισεισμικών κανονισμών	889
23.6	Τέμνουσα βάση	889
23.7	Ισοδύναμες στατικές δυνάμεις	893
23.8	Ροπές ανατροπής	894
23.9	Συμπερασματικά σχόλια	897
24	Δυναμική των κατασκευών σε οδηγίες σεισμικής αποτίμησης κτηρίων	899
24.1	Μη γραμμική δυναμική μέθοδος: Σύγχρονη πρακτική	900
24.2	Εκτίμηση της μετατόπισης κορυφής με μονοβάθμιο σύστημα	901
24.3	Εκτίμηση της παραμόρφωσης ανελαστικών μονοβάθμιων συστημάτων	904
24.4	Μη γραμμικές στατικές μέθοδοι	909
24.5	Συμπερασματικά σχόλια	915
A	Μέθοδος ανάλυσης απόκρισης στο πεδίο των συχνοτήτων	917
B	Συμβολισμοί	937
Γ	Απαντήσεις σε επιλεγμένα προβλήματα	951
	Ευρετήριο	967

Πρόλογος

Η ανάγκη για την ύπαρξη ενός εγχειριδίου στην αντισεισμική μηχανική είχε πρώτη φορά επισημανθεί από τον διαπρεπή σύμβουλο μηχανικό John R. Freeman (1855-1932). Μετά τον καταστροφικό σεισμό στη Santa Barbara, California, το 1925, άρχισε να ενδιαφέρεται για το θέμα και αναζήτησε στη Δημοτική Βιβλιοθήκη της Βοστώνης σχετική βιβλιογραφία. Βρήκε ότι όχι απλά δεν υπήρχε κάποιο εγχειρίδιο για την αντισεισμική μηχανική, αλλά και ότι δεν γινόταν καμία νύξη επί του θέματος στα βιβλία της δομικής μηχανικής. Κοιτάζοντας πίσω, μπορούμε να δούμε ότι η εκπαίδευση των μηχανικών το 1925 δεν ήταν αναπτυγμένη, με τους υπολογισμούς να γίνονται με χρήση του λογαριθμικού κανόνα, ενώ τα μαθήματα δεν προετοίμαζαν τον φοιτητή για να κατανοήσει τη δυναμική των κατασκευών. Στην πραγματικότητα, δεν είχαν αναπτυχθεί όργανα για την καταγραφή ισχυρών εδαφικών κινήσεων και η κοινωνία φαινόταν να αδιαφορούσε για τον σεισμικό κίνδυνο.

Τα τελευταία χρόνια έχουν εκδοθεί βιβλία για την αντισεισμική μηχανική και τη δυναμική των κατασκευών, αλλά το παρόν βιβλίο του Καθηγητή Anil K. Chopra καλύπτει ένα κενό που υφίσταται μεταξύ των περισσότερων στοιχειωδών βιβλίων και των βιβλίων για προχωρημένες μεταπτυχιακές σπουδές. Ο συγγραφέας είναι πασίγνωστος ειδικός στην αντισεισμική μηχανική και στη δυναμική των κατασκευών και το βιβλίο του θα είναι πολύτιμο σε φοιτητές όχι μόνο σε σεισμογενείς περιοχές, αλλά και σε άλλα μέρη του κόσμου, καθώς οι γνώσεις για τη δυναμική των κατασκευών είναι απαραίτητες για τον σύγχρονο μηχανικό. Το βιβλίο παρουσιάζει ύλη για την ταλάντωση και για τη δυναμική των κατασκευών και επιδεικνύει την εφαρμογή σε κινήσεις κατασκευών που προκαλούνται από σεισμική εδαφική κίνηση. Η ύλη του βιβλίου παρουσιάζεται με σαφήνεια και με πολυάριθμα λυμένα επεξηγηματικά παραδείγματα, έτσι ώστε ακόμα και ένας φοιτητής σε πανεπιστήμιο όπου δεν διδάσκεται τέτοιο μάθημα να μπορεί να μελετήσει από μόνος του το βιβλίο. Αναγνώστες οι οποίοι ασκούν το επάγγελμα του μηχανικού δεν πρέπει να έχουν δυσκολίες στη μελέτη του αντικειμένου μέσω αυτού του βιβλίου. Ένα εξαιρετικά ενδιαφέρον γνώρισμα του βιβλίου είναι η εφαρμογή της θεωρίας της δυναμικής των κατασκευών σε σημαντικά θέματα στη σεισμική απόκριση και στον σχεδιασμό πολυώροφων κτηρίων. Οι πληροφορίες που παρουσιάζονται σε αυτό το βιβλίο θα είναι πολύτιμες στους μηχανικούς που ασχολούνται με τον πραγματικό αντισεισμικό σχεδιασμό και επιθυμούν να κατανοήσουν περισσότερο το θέμα.

Παρότι το υλικό σ' αυτό το βιβλίο οδηγεί στην αντισεισμική μηχανική, οι παρουσιαζόμενες πληροφορίες είναι επίσης σχετικές με τις ταλαντώσεις κατασκευών λόγω ανέμου, όπως επίσης

και με κινήσεις ανθρωπογενούς προέλευσης όπως αυτές που προκαλούνται από σφύρες ελεύθερης πτώσης ή βαριά κυκλοφορία οχημάτων. Ως εγχειρίδιο για την ταλάντωση και τη δυναμική των κατασκευών, αυτό το βιβλίο δεν έχει ανταγωνιστές και συνιστάται στον σοβαρό σπουδαστή. Πιστεύω ότι αυτό είναι το βιβλίο που αναζητούσε ο John R. Freeman.

George W. Housner
California Institute of Technology 1994

Εισαγωγή

ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ

Το παρόν βιβλίο δυναμικής των κατασκευών προορίζεται ως εγχειρίδιο μαθημάτων για πολιτικούς μηχανικούς. Περιέχει πολλά θέματα που αφορούν στη θεωρία της δυναμικής των κατασκευών και εφαρμογές αυτής της θεωρίας στη σεισμική ανάλυση, στην απόκριση, στον σχεδιασμό και στην αποτίμηση των κατασκευών. Δεν είναι απαραίτητη καμία προηγούμενη γνώση πάνω στη δυναμική των κατασκευών, προκειμένου αυτό το βιβλίο να γίνει κατάλληλο και για τον αναγνώστη που πρώτη φορά συναντά αυτό το θέμα. Η παρουσίαση του υλικού είναι επαρκώς λεπτομερής και προσεκτικά ολοκληρωμένη με παραπομπές, ώστε το βιβλίο να είναι κατάλληλο και για προσωπική μελέτη. Αυτό το χαρακτηριστικό του βιβλίου, σε συνδυασμό με μία πρακτικά προσανατολισμένη επιλογή θεμάτων, θα πρέπει να ενδιαφέρει επαγγελματίες μηχανικούς, ιδιαίτερα αυτούς που ασχολούνται με την ανάλυση και τον σχεδιασμό κατασκευών σε σεισμογενείς χώρες.

Κατά τη συγγραφή του βιβλίου δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στο να γίνει η δυναμική των κατασκευών ευκολότερα κατανοητή σε φοιτητές και επαγγελματίες μηχανικούς, επειδή πολλοί θεωρούν αυτό το θέμα δύσκολο. Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, η παρουσίαση διαρθρώνεται γύρω από πολλά χαρακτηριστικά: Τα μαθηματικά έχουν μείνει όσο απλά επιτρέπει το κάθε θέμα. Αναλυτικές διαδικασίες έχουν συνοψισθεί, ώστε να δοθεί έμφαση στα επιμέρους βήματα και να διευκολυνθεί η εκτέλεσή τους από τον αναγνώστη. Αυτές οι διαδικασίες επεξηγούνται μέσω περισσότερων από 125 λυμένων παραδειγμάτων, συμπεριλαμβανομένων πολλών κατανοητών και ρεαλιστικών παραδειγμάτων, στα οποία δίνεται έμφαση στη φυσική ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Περίπου 600 σχήματα έχουν προσεκτικά σχεδιαστεί και υλοποιηθεί, ώστε να είναι παιδαγωγικά αποτελεσματικά, ενώ πολλά από αυτά αφορούν σε εκτεταμένες προσομοιώσεις της δυναμικής απόκρισης κατασκευών μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή. Περιλαμβάνονται επίσης φωτογραφίες από κατασκευές και κινήσεις κατασκευών που καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια σεισμών, ώστε να συσχετισθεί η παρουσίαση με την πραγματικότητα..

Η προετοιμασία αυτού του βιβλίου είχε ως έμπνευση πολλούς στόχους:

- Να συσχετίσει τα μελετώμενα δομικά προσομοιώματα με τις ιδιότητες πραγματικών κατασκευών.
- Να παρουσιάσει τη θεωρία της δυναμικής απόκρισης των κατασκευών με τρόπο που να δίνει έμφαση στη φυσική διαίσθηση πάνω σε αναλυτικές διαδικασίες.
- Να καταστήσει κατανοητές τις εφαρμογές της θεωρίας σε επιλύσεις προβλημάτων που ανακύπτουν σε πρακτικές εφαρμογές.

- Να ερμηνεύσει τα θεωρητικά αποτελέσματα, ώστε να γίνει κατανοητή η απόκριση των κατασκευών σε ποικίλες δυναμικές διεγέρσεις, με έμφαση στη σεισμική διέγερση.
- Να εφαρμόσει τη θεωρία της δυναμικής των κατασκευών στη διενέργεια παραμετρικών μελετών που θα αναδείξουν διάφορα θεμελιώδη ζητήματα στη σεισμική απόκριση, στον σχεδιασμό και στην αποτίμηση πολυώροφων κτηρίων.

Αυτή η μορφή παρουσίασης θα πρέπει να βοηθήσει τον αναγνώστη να αποκτήσει μία βαθύτερη γνώση του αντικειμένου και να εφαρμόσει με σιγουριά τη θεωρία της δυναμικής των κατασκευών στην επίλυση πρακτικών προβλημάτων, ιδιαίτερα στη σεισμική ανάλυση, στον σχεδιασμό και στην αποτίμηση κατασκευών, μειώνοντας έτσι το κενό ανάμεσα σε θεωρία και πράξη.

ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ

Μετά την πρώτη εμφάνισή του το 1995, το βιβλίο έχει αναθεωρηθεί και επεκταθεί με πολλούς τρόπους, με αποτέλεσμα την δεύτερη έκδοση (2001), την τρίτη έκδοση (2007), την τέταρτη έκδοση (2012) και την πέμπτη έκδοση (2017). Με αφορμή έναν αυξανόμενο αριθμό καταγραφών εδαφικών κινήσεων στην εγγύς περιοχή του γενεσιουργού ρήγματος, το Κεφάλαιο 6 επεκτάθηκε με σκοπό την αναγνώριση των ειδικών χαρακτηριστικών εδαφικών κινήσεων εγγύς του ρήγματος και την σύγκριση τους με τις συνήθεις εδαφικές κινήσεις μακράν του ρήγματος. Εξ αιτίας του αυξανόμενου ενδιαφέροντος σχετικά με τη σεισμική συμπεριφορά γεφυρών, παραδείγματα για τη δυναμική συμπεριφορά γεφυρών και τη σεισμική τους απόκριση έχουν προστεθεί σε αρκετά κεφάλαια. Ανταποκρινόμενο στην αυξανόμενη ανάγκη για μεθόδους απλοποιημένης δυναμικής ανάλυσης κατάλληλης για σεισμική μηχανική βασιζόμενη στην επιτελεστικότητα, το Κεφάλαιο 7 επεκτάθηκε έτσι, ώστε να παράσχει μία πληρέστερη θεώρηση όσον αφορά στις επιβαλλόμενες από τον σεισμό παραμορφώσεις ελαστικών και ανελαστικών συστημάτων, και να παρουσιάσει εφαρμογές του ανελαστικού φάσματος σχεδιασμού στον σεισμικό σχεδιασμό για επιτρεπόμενη πλαστιμότητα, στον σχεδιασμό με βάση τις μετατοπίσεις και στην αντισεισμική αποτίμηση υφιστάμενων κατασκευών. Τα σχετικά με τον αριθμητικό υπολογισμό της δυναμικής απόκρισης Κεφάλαια 5 και 16 έχουν ξαναγραφεί, προκειμένου να συμβαδίζουν με τον τρόπο που αυτές οι αριθμητικές μέθοδοι εφαρμόζονται συνήθως στο λογισμικό H/Y και να προσφέρουν μία ολοκληρωμένη παρουσίαση της μη γραμμικής στατικής ανάλυσης – γνωστής και ως ανάλυσης οριακής πλευρικής ώθησης (pushover) – και της μη γραμμικής δυναμικής ανάλυσης. Το Κεφάλαιο 11 αναθεωρήθηκε για να συμπεριλάβει πρόσφατα δεδομένα σχετικά με τους λόγους απόσβεσης, οι οποίοι προσδιορίστηκαν με ανάλυση αναγνώρισης συστήματος των κινήσεων 203 κτηρίων που καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια σεισμών. Παρουσιάστηκαν νέες συστάσεις για την εκτίμηση των λόγων απόσβεσης που πρέπει να χρησιμοποιούνται στη σεισμική ανάλυση των κατασκευών. Τα Κεφάλαια 7, 9 και 18 επεκτάθηκαν ώστε να συμπεριλάβουν την ανάλυση P-Δ των επιδράσεων των φορτίων βαρύτητας και την επιρροή τους στην πλευρική απόκριση, τη μόνιμη παραμόρφωση και την κατάρρευση των κατασκευών. Το Κεφάλαιο 13 επεκτάθηκε για να συμπεριλάβει τρία θέματα που είχαν περιοριστεί μέχρι τώρα στην ερευνητική βιβλιογραφία, αλλά παρουσιάζουν πρακτικό ενδιαφέρον: (1) τον συνδυασμό των μέγιστων αποκρίσεων μίας κατασκευής σε μεμονωμένες μεταφορικές συνιστώσες εδαφικής κίνησης με σκοπό την εκτίμηση της μέγιστης απόκρισής της σε διέγερση πολλαπλών συνιστωσών, (2) εξισώσεις με βάση το φάσμα απόκρισης για τον προσδιορισμό μίας περιβάλλουσας, η οποία να οριοθετεί την τροχιά συνδυασμένης απόκρισης όλων των ταυτοχρόνως ασκουμένων δυνάμεων που διέπουν τον σεισμικό σχεδιασμό ενός δομικού στοιχείου και (3) μία μέθοδο βασιζόμενη στο φάσμα απόκρισης για την εκτίμηση των κύριων τάσεων σε συνεχείς κατασκευές, όπως φράγματα από σκυρόδεμα. Η προσθήκη του Κεφαλαίου 14 για τα συστήματα με μη κλασική απόσβεση παρακινήθηκε απ' το αυξανόμενο ενδιαφέρον για τέτοια συστήματα, τα οποία προκύπτουν σε πολλές πρακτικές καταστάσεις: για παράδειγμα, κατασκευές με συμπληρωματικές διατάξεις ανάλωσης ενέργειας

ή με σύστημα σεισμικής μόνωσης βάσης, συστήματα με αλληλεπίδραση εδάφους-κατασκευής ή με αλληλεπίδραση ρευστού-κατασκευής. Το Κεφάλαιο 20 έχει αναθεωρηθεί πλήρως για να συμπεριλάβει τις μεταγενέστερες του 1990 εξελίξεις στη σεισμική ανάλυση και στην απόκριση ανελαστικών κτηρίων. Δύο νέα μέρη, τα Β και Γ, προστέθηκαν στο Κεφάλαιο 20, το οποίο είναι πλέον υπερδιπλάσιο του αρχικού του μεγέθους. Οι προσθήκες αυτές παρακινήθηκαν από την αυξανόμενη χρήση μη γραμμικών αναλύσεων χρονο-ιστορίας απόκρισης (RHA, Response History Analysis) κτηρίων στην επαγγελματική πρακτική. Στο Μέρος Β συζητούνται διάφορα ζητήματα που προκύπτουν κατά την προσομοίωση της συνολικής κατασκευής, καθώς και των δομικών στοιχείων για μη γραμμικές RHA. Το Μέρος Γ ασχολείται με την επιλογή και την τροποποίηση των καταγεγραμμένων εδαφικών κινήσεων για τον καθορισμό των διεγέρσεων, για τις οποίες πρέπει να προσδιοριστούν οι σεισμικές απαιτήσεις για τις κατασκευές. Πρόκειται για ένα «καυτό» θέμα για την έρευνα από το 1998, το οποίο συμπεριλήφθηκε για πρώτη φορά σε ένα εγχειρίδιο. Περιορισμένο αρχικά σε τρεις αντισεισμικούς κανονισμούς –ΗΠΑ, Καναδά και Μεξικού– το Κεφάλαιο 23 επεκτάθηκε, ώστε να συμπεριλάβει τον Ευρωκώδικα. Η προσθήκη του Κεφαλαίου 24 είχε ως κίνητρο την υιοθεσία από το επάγγελμα του πολιτικού μηχανικού βασισμένων στην επιτελεστικότητα οδηγιών για την αποτίμηση υφιστάμενων κτηρίων.

Σε ανταπόκριση αιτημάτων αναγνωστών, συμπεριελήφθη η μέθοδος δυναμικής ανάλυσης στο πεδίο των συχνοτήτων, αλλά παρατέθηκε με τη μορφή παραρτήματος αντί να διαμοιρασθεί σε όλο το βιβλίο. Η απόφαση αυτή παρακινήθηκε από τον στόχο μου να κρατήσω τα μαθηματικά όσο απλά επιτρέπει το κάθε θέμα, κάνοντας έτσι τη δυναμική των κατασκευών εύληπτη για φοιτητές και επαγγελματίες μηχανικούς.

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΑΝΑΘΕΩΡΗΣΗΣ

Το βιβλίο *Δυναμική των Κατασκευών* έχει τύχει εξαιρετικής αποδοχής στα 27 χρόνια από την πρώτη κυκλοφορία του. Συνεχίζει να χρησιμοποιείται ως εγχειρίδιο σε πανεπιστήμια των Ηνωμένων Πολιτειών και πολλών άλλων χωρών, ενώ έχει και ένα ευρύ επαγγελματικό αναγνωστικό κοινό. Έχουν εκδοθεί μεταφράσεις του σε Ιαπωνικά, Κορεατικά, Κινεζικά, Ελληνικά, Ισπανικά, Περσικά, Τουρκικά και Λιθουανικά. Το 2020 η 5η έκδοση κυκλοφόρησε και με μονάδες του Διεθνούς Συστήματος (SI). Η προετοιμασία της έκτης έκδοσης μου έδωσε την ευκαιρία να βελτιώσω, να επεκτείνω και να επικαιροποιήσω το βιβλίο.

Προστέθηκε το Κεφάλαιο 22 και αναθεωρήθηκαν τα Κεφάλαια 6, 11, 20, 21 και 23. Στις αλλαγές περιλαμβάνονται ειδικότερα:

- Προστέθηκε το Κεφάλαιο 22 σχετικά με τη δυναμική της αλληλεπίδρασης κτηρίου-εδάφους. Αυτή η προσθήκη παρέχει στους προχωρημένους φοιτητές μία εισαγωγή σε ένα διανοητικά απαιτητικό θέμα και στους επαγγελματίες μηχανικούς μία κατανόηση των μεθόδων που προβλέπονται στους αντισεισμικούς κανονισμούς για τη συμπερίληψη των φαινομένων αλληλεπίδρασης εδάφους-κατασκευής στον σχεδιασμό κτηρίων.
- Το Κεφάλαιο 6 έχει επεκταθεί, ώστε να συμπεριλάβει μία ενότητα σχετικά με τις σύγχρονες μεθόδους για την κατασκευή φασμάτων σεισμικού σχεδιασμού για μία περιοχή και η αρχική παρουσίαση της κλασικής μεθόδου έχει αναθεωρηθεί.
- Η ενότητα του Κεφαλαίου 20 για την προσομοίωση της απόσβεσης στη μη γραμμική RHA κτηρίων έχει επαναδιατυπωθεί έτσι, ώστε να αντικατοπτρίζει την τρέχουσα κατανόηση με βάση την πρόσφατη έρευνα.
- Το Κεφάλαιο 21 έχει αναθεωρηθεί, προκειμένου να συμπεριληφθούν δεδομένα από δοκιμές μονωτήρων ώστε να συσχετισθεί η παρουσίαση με τον πραγματικό κόσμο.
- Το Κεφάλαιο 23 έχει επικαιροποιηθεί ώστε να αντικατοπτρίζει τις τρέχουσες εκδόσεις των αντισεισμικών κανονισμών για τον σχεδιασμό νέων κτηρίων.

Η χρήση του βιβλίου κατά τη διδασκαλία μου και ο αναλογισμός επ' αυτού κατά τα προηγούμενα χρόνια υποδεικνύουν την ανάγκη βελτιώσεων. Το κείμενο έχει αποσαφηνισθεί και βελτιωθεί εκτενώς και μερικές ενότητες έχουν αναμορφωθεί με σκοπό να ενισχυθεί η αποτελεσματικότητά της παρουσίαισής.

ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΑ ΘΕΜΑΤΑ

Το παρόν βιβλίο είναι διαρθρωμένο σε τρία Μέρη: I. Μονοβάθμια Συστήματα, II. Πολυβάθμια Συστήματα και III. Σεισμική Απόκριση, Σχεδιασμός και Αποτίμηση Πολυώροφων Κτηρίων.

Το Μέρος I περιλαμβάνει οκτώ κεφάλαια. Στο εναρκτήριο Κεφάλαιο διατυπώνεται το πρόβλημα της δυναμικής των κατασκευών για απλές ελαστικές και ανελαστικές κατασκευές, που μπορούν να προσομοιωθούν ως μονοβάθμια συστήματα (SDF), ενώ εξετάζονται εν συντομία τέσσερις μέθοδοι για την επίλυση της διαφορικής εξίσωσης που διέπει την κίνηση της κατασκευής. Στη συνέχεια μελετάμε τη δυναμική απόκριση γραμμικώς ελαστικών συστημάτων (1) σε ελεύθερη ταλάντωση (Κεφάλαιο 2), (2) σε αρμονικές και περιοδικές διεγέρσεις (Κεφάλαιο 3) και (3) σε βαθμιδωτές και παλμικές διεγέρσεις (Κεφάλαιο 4). Στα Κεφάλαια 2 και 3 περιλαμβάνεται η δυναμική μονοβάθμιων συστημάτων με απόσβεση Coulomb, ένα θέμα που συνήθως δεν περιλαμβάνεται σε βιβλία για πολιτικούς μηχανικούς, αλλά έχει γίνει σχετικό με την αντισεισμική μηχανική, καθώς διατάξεις κατανάλωσης ενέργειας που βασίζονται στην τριβή χρησιμοποιούνται σε αντισεισμικές κατασκευές. Μετά την παρουσίαση αριθμητικών μεθόδων χρονικού βηματισμού για τον υπολογισμό της δυναμικής απόκρισης συστημάτων (Κεφάλαιο 5), η σεισμική απόκριση γραμμικώς ελαστικών και ανελαστικών συστημάτων μελετάται στα Κεφάλαια 6 και 7, αντίστοιχως. Η κάλυψη αυτών των θεμάτων είναι περισσότερο κατανοητή σε σύγκριση με τα βιβλία, που είναι αυτήν τη στιγμή διαθέσιμα. Περιλαμβάνονται λεπτομέρειες για την κατασκευή φασμάτων απόκρισης και σχεδιασμού, για την επιρροή της απόσβεσης και της διάρροής, καθώς και για τη διάκριση μεταξύ φασμάτων απόκρισης και σχεδιασμού. Η ανάλυση πολύπλοκων συστημάτων που αντιμετωπίζονται ως γενικευμένα μονοβάθμια συστήματα αποτελεί το θέμα του Κεφαλαίου 8.

Το Μέρος II περιλαμβάνει τα Κεφάλαια 9 έως 18 για τη δυναμική ανάλυση πολυβάθμιων συστημάτων (MDF). Στο εναρκτήριο Κεφάλαιο του Μέρους II διατυπώνεται το πρόβλημα της δυναμικής κατασκευών που προσομοιώνονται ως συστήματα με πεπερασμένο αριθμό βαθμών ελευθερίας και επεξηγείται με πολυάριθμα παραδείγματα· περιλαμβάνεται επίσης μία σύνοψη των μεθόδων επίλυσης των διαφορικών εξισώσεων που διέπουν την κίνηση της κατασκευής. Το Κεφάλαιο 10 ασχολείται με την ελεύθερη ταλάντωση συστημάτων με κλασική απόσβεση και με τον αριθμητικό υπολογισμό των ιδιοσυχνοτήτων και των ιδιομορφών ταλάντωσης της κατασκευής. Το Κεφάλαιο 11 αντιμετωπίζει διάφορα ζητήματα που προκύπτουν κατά τον καθορισμό των ιδιοτήτων απόσβεσης των κατασκευών, συμπεριλαμβανομένων πειραματικών δεδομένων –από πειράματα εξαναγκασμένης ταλάντωσης σε κατασκευές και καταγεγραμμένες κινήσεις κατασκευών κατά τη διάρκεια σεισμών– που παρέχουν μία βάση για την εκτίμηση των ιδιομορφικών λόγων απόσβεσης, καθώς και αναλυτικών διαδικασιών για την κατασκευή του μητρώου απόσβεσης, εάν αυτό είναι αναγκαίο. Το Κεφάλαιο 12 ασχολείται με τη δυναμική γραμμικών συστημάτων, δίνοντας έμφαση στη διαδικασία κλασικής ιδιομορφικής ανάλυσης. Το Μέρος Γ αυτού του κεφαλαίου παρουσιάζει έναν «νέο» τρόπο αντιμετώπισης της ιδιομορφικής ανάλυσης, που διευκολύνει την κατανόηση του τρόπου με τον οποίον οι συνεισφορές των ιδιομορφών στην απόκριση επηρεάζονται απ' τη χωρική κατανομή και τη χρονική μεταβολή των εφαρμοζόμενων δυνάμεων, οδηγώντας σε πρακτικά κριτήρια όσον αφορά το πλήθος των ιδιομορφών που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό της απόκρισης. Στο Κεφάλαιο 13 αναπτύσσονται διαδικασίες ιδιομορφικής ανάλυσης για τη σεισμική ανάλυση κατασκευών με κλασική απόσβεση. Τόσο η ανάλυση χρονο-ιστορίας απόκρισης όσο και η δυναμική φασματική ανάλυση παρουσιάζονται με τρόπο που παρέχει φυσική ερμηνεία. Η τελευταία μέθοδος εκτιμά τη μέγιστη απόκριση πολυβάθμιων συστημάτων απευθείας απ' το σεισμικό φάσμα απόκρισης ή σχεδιασμού. Οι διαδικασίες επεξηγούνται μέσω πολυ-

αριθμών παραδειγμάτων, συμπεριλαμβανόμενης της συζευγμένης πλευρικής-στρεπτικής απόκρισης κτηρίων με μη συμμετρική κάτοψη και της στρεπτικής απόκρισης ονομαστικά συμμετρικών κτηρίων. Στο τέλος του κεφαλαίου περιγράφονται μέθοδοι με βάση το φάσμα απόκρισης για τη θεώρηση όλων των ταυτοχρόνως ασκούμενων δυνάμεων που καθορίζουν τον σχεδιασμό ενός δομικού στοιχείου, για τον υπολογισμό των μέγιστων τιμών των κύριων τάσεων σε συνεχείς κατασκευές, π.χ. φράγματα από σκυρόδεμα, και για την εκτίμηση της μέγιστης απόκρισης μίας κατασκευής σε σεισμική διέγερση πολλαπλών συνιστωσών. Στο Κεφάλαιο 14 η μέθοδος ιδιομορφικής ανάλυσης επεκτείνεται στην ανάλυση χρονο-ιστορίας απόκρισης συστημάτων με μη κλασική απόσβεση που υποβάλλονται σε σεισμική διέγερση. Για τον σκοπό αυτόν, αρχικά επανεξετάζονται τα συστήματα με κλασική απόσβεση και αναδιατυπώνονται οι διαδικασίες ανάλυσης των Κεφαλαίων 10 και 13 σε μορφή που να καθιστά δυνατή την επέκτασή τους στη γενικότερη περίπτωση.

Το Κεφάλαιο 15 είναι αφιερωμένο στο πρακτικό υπολογιστικό θέμα της μείωσης των αριθμών ελευθερίας στην απαιτούμενη για τη στατική ανάλυση προσομοίωση της κατασκευής, ώστε να αναγνωριστεί ότι η δυναμική απόκριση πολλών κατασκευών μπορεί να αντιπροσωπευθεί απ' τις πρώτες λίγες ιδιομορφές τους. Στο Κεφάλαιο 16 παρουσιάζονται αριθμητικές μέθοδοι χρονικής βηματισμού για πολλαπλά συστήματα, τα οποία δεν επιδέχονται την κλασική ιδιομορφική ανάλυση: συστήματα με μη κλασική απόσβεση ή συστήματα που αποκρίνονται εντός της περιοχής μη γραμμικής συμπεριφοράς. Πρόκειται για μία ολοκληρωμένη παρουσίαση της μη γραμμικής στατικής ανάλυσης – γνωστής και ως ανάλυσης πλευρικής οριακής ώθησης (pushover) – και της μη γραμμικής δυναμικής ανάλυσης, κατάλληλη για εφαρμογή σε λογισμικό H/Y. Το Κεφάλαιο 17 ασχολείται με κλασικά προβλήματα δυναμικής συστημάτων με κατανεμημένη μάζα, περιλαμβάνοντας μόνο μονοδιάστατα συστήματα. Στο Κεφάλαιο 18 παρουσιάζονται δύο μέθοδοι για τη διακριτοποίηση μονοδιάστατων συστημάτων με κατανεμημένη μάζα: η μέθοδος Rayleigh-Ritz και η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων. Εισάγεται η έννοια του μη-τρώου συμβιβαστών μαζών και επιδεικνύεται ακρίβεια και η σύγκλιση των προσεγγιστικών τιμών των ιδιοσυχνοτήτων μίας δοκού-προβόλου που προσδιορίζονται με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων.

Το Μέρος III του βιβλίου περιλαμβάνει έξι κεφάλαια που αφορούν τον σχεδιασμό σεισμικής απόκρισης και την αποτίμηση πολυώροφων κτηρίων, ένα θέμα που συνήθως δεν περιλαμβάνεται σε συγγράμματα δυναμικής των κατασκευών. Αντιμετωπίζονται πολλά σημαντικά και πρακτικά ζητήματα με τη χρήση αναλυτικών διαδικασιών, που αναπτύχθηκαν σε προηγούμενα κεφάλαια. Στο Κεφάλαιο 19 παρουσιάζεται η σεισμική απόκριση γραμμικώς ελαστικών πολυώροφων κτηρίων για ένα μεγάλο εύρος δύο σημαντικών παραμέτρων: της θεμελιώδους ιδιοπεριόδου ταλάντωσης και του λόγου δυσκαμψίας δοκών-υποστυλωμάτων. Με βάση αυτά τα αποτελέσματα αναπτύσσουμε μία κατανόηση του τρόπου με τον οποίο αυτές οι παράμετροι επηρεάζουν τη σεισμική απόκριση των κτηρίων και, πιο συγκεκριμένα, τις σχετικές συνεισφορές των διαφόρων ιδιομορφών στην απόκριση, οδηγούμενοι σε πρακτικές πληροφορίες για το πλήθος των ανώτερων ιδιομορφών που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στους υπολογισμούς της σεισμικής απόκρισης. Το Κεφάλαιο 20 ασχολείται με το σημαντικό ζήτημα της σεισμικής απόκρισης πολυώροφων κτηρίων, τα οποία παραμορφώνονται στην ανελαστική τους περιοχή. Το Μέρος Α του κεφαλαίου παρουσιάζει την ακριβή μη γραμμική ανάλυση χρονο-ιστορίας απόκρισης (RHA), επισημαίνει τη σημαντική επιρροή των παραδοχών προσομοίωσης, των βασικών δομικών παραμέτρων και των λεπτομερειών της εδαφικής κίνησης στις σεισμικές απαιτήσεις και προσδιορίζει την αντοχή που απαιτείται για τον περιορισμό των απαιτήσεων πλαστιμότητας ορόφων σε ένα πολυώροφο κτήριο. Στο Μέρος Β εξετάζονται διάφορα θέματα που ανακύπτουν κατά την προσομοίωση της συνολικής κατασκευής αλλά και των δομικών στοιχείων για μη γραμμικές αναλύσεις RHA. Το Μέρος Γ ασχολείται με την επιλογή και την τροποποίηση καταγεγραμμένων εδαφικών κινήσεων για τον ορισμό των διεγέρσεων, για τις οποίες οι σεισμικές απαιτήσεις επί των κατασκευών πρέπει να προσδιορισθούν με μη γραμμικές RHA. Η σεισμική μόνωση αποτελεί το αντικείμενο του Κεφαλαίου 21. Στόχος μας είναι να μελετήσουμε τη δυναμική συμπεριφορά κτηρίων που εδράζονται σε συστήματα μόνωσης βάσης με τον περιορισμένο αντικειμενικό σκοπό να κατανοήσουμε γιατί και κάτω από

ποιες συνθήκες η μόνωση είναι αποτελεσματική όσον αφορά στη μείωση των σεισμικά επιβαλλόμενων δυνάμεων σε μία κατασκευή. Στο Κεφάλαιο 22 εξετάζεται η αλληλεπίδραση κτηρίου-εδάφους. Αναπτύσσεται μία διαδικασία ανάλυσης στο πεδίο των συχνοτήτων για τη σεισμική ανάλυση κατασκευών που στηρίζονται σε παραμορφώσιμα υλικά θεμελίωσης, προσδιορίζονται οι επιπτώσεις της αλληλεπίδρασης εδάφους-κατασκευής στην απόκριση του κτηρίου και αναπτύσσεται μία απλουστευμένη διαδικασία ανάλυσης, η οποία επιτρέπει την εκτίμηση της μέγιστης απόκρισης της κατασκευής απευθείας από το φάσμα απόκρισης (ή σχεδιασμού) του σεισμού. Στο Κεφάλαιο 23 παρουσιάζουμε τις διατάξεις για τις σεισμικές δυνάμεις σε τέσσερις αντισεισμικούς κανονισμούς—τον *Διεθνή Αντισεισμικό Κανονισμό* (ΗΠΑ), τον *Εθνικό Αντισεισμικό Κανονισμό του Καναδά*, τον *Ευρωκώδικα* και τον *Κανονισμό της Πόλης του Μεξικού*—μαζί με τη σχέση τους με τη θεωρία της δυναμικής των κατασκευών που αναπτύχθηκε στα Κεφάλαια 6, 7, 8, και 13. Στη συνέχεια, οι διατάξεις των κανονισμών αξιολογούνται με βάση τα αποτελέσματα της δυναμικής ανάλυσης κτηρίων που παρουσιάστηκαν στα Κεφάλαια 19 και 20. Οι οδηγίες και τα πρότυπα για την αποτίμηση υφιστάμενων κτηρίων με βάση την επιτελεσματικότητα λαμβάνουν ρητά υπόψη ανελαστική συμπεριφορά κατά την εκτίμηση των σεισμικών απαιτήσεων σε χαμηλές στάθμες επιτελεσματικότητας, όπως η ασφάλεια ζωής και η αποτροπή κατάρρευσης. Στο Κεφάλαιο 24 παρουσιάζονται και συζητούνται ορισμένες πτυχές της μη γραμμικής δυναμικής διαδικασίας και της μη γραμμικής στατικής διαδικασίας σε αυτά τα κείμενα—ATC-40, FEMA 356 και ASCE41-13—σε συσχετισμό με τη θεωρία δυναμικής των κατασκευών που αναπτύχθηκε στα Κεφάλαια 7 και 20.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ ΓΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥΣ

Αυτό το βιβλίο είναι κατάλληλο για μαθήματα σε μεταπτυχιακό επίπεδο και σε ανώτερο προπτυχιακό επίπεδο. Δεν απαιτείται καμία προηγούμενη γνώση πάνω στη δυναμική των κατασκευών. Το απαραίτητο υπόβαθρο είναι διαθέσιμο από τα συνήθη μαθήματα του προπτυχιακού κύκλου σπουδών πολιτικού μηχανικού. Σε αυτά περιλαμβάνονται:

- Στατική ανάλυση κατασκευών, συμπεριλαμβανομένων στατικά αόριστων κατασκευών και μητρωικών μεθόδων ανάλυσης (προαπαιτήση κυρίως για το Μέρος II).
- Σχεδιασμός κατασκευών.
- Δυναμική στερεών σωμάτων.
- Μαθηματικά: συνήθεις διαφορικές εξισώσεις (για το Μέρος I), γραμμική άλγεβρα (για το Μέρος II), και μερικές διαφορικές εξισώσεις (μόνο για το Κεφάλαιο 17).

Με την παροχή μίας βασικής αλλά λεπτομερούς αντιμετώπισης ενός μεγάλου αριθμού θεμάτων, αυτό το βιβλίο επιτρέπει μεγαλύτερη από τη συνήθη ευελιξία στην επιλογή του περιεχόμενου του μαθήματος, κατά την κρίση του εκπαιδευτικού. Πολλά μαθήματα μπορούν να αναπτυχθούν με βάση το υλικό αυτού του βιβλίου. Ακολουθούν μερικά παραδείγματα.

Σχεδόν ολόκληρο το βιβλίο μπορεί να καλυφθεί σε ένα διδακτικό έτος:

- *Τίτλος*: Δυναμική των Κατασκευών I (ένα εξάμηνο).
Διδακτική ύλη: Κεφάλαιο 1, Ενότητες 1 και 2 του Κεφαλαίου 2, Μέρη Α και Β του Κεφαλαίου 3, Κεφάλαιο 4, επιλεγμένα θέματα από το Κεφάλαιο 5, Ενότητες 1 έως 7 του Κεφαλαίου 6, Ενότητες 1 έως 7 και 13 του Κεφαλαίου 7, επιλεγμένα θέματα από το Κεφάλαιο 8, Ενότητες 1 έως 4 και 9 έως 11 του Κεφαλαίου 9, Μέρη Α και Β του Κεφαλαίου 10, Ενότητες 1 και 2 του Κεφαλαίου 11, Μέρη Α και Β του Κεφαλαίου 12, Ενότητες 1, 2, 7 και 8 (εξαιρουμένης της μεθόδου CQC) του Κεφαλαίου 13 και επιλεγμένα θέματα από το Μέρος Α του Κεφαλαίου 23.

- *Τίτλος:* Δυναμική των Κατασκευών II (ένα εξάμηνο)

Διδακτική ύλη: Ενότητες 5 έως 7 του Κεφαλαίου 9, Ενότητες 3 έως 5 του Κεφαλαίου 11, Μέρη Γ και Δ του Κεφαλαίου 12, Ενότητες 3 έως 12 του Κεφαλαίου 13, επιλεγμένα θέματα από τα Κεφάλαια 14, 15, 17, 19 έως 22 και 24 και Παράρτημα Α.

Η επιλογή των θεμάτων για το πρώτο μάθημα έχει εν μέρει υπαγορευτεί από την ανάγκη παροχής ολοκληρωμένης ύλης, συμπεριλαμβανομένης της δυναμικής και σεισμικής ανάλυσης πολυβάθμιων συστημάτων, για σπουδαστές που θα παρακολουθήσουν μόνο ένα μάθημα.

Συντετμημένες εκδοχές της παραπάνω ύλης μπορούν να οργανωθούν για μαθήματα που θα καλύπτουν δύο τρίμηνα. Μία δυνατότητα είναι η ακόλουθη:

- *Τίτλος:* Δυναμική των Κατασκευών I (ένα τρίμηνο)

Διδακτική ύλη: Κεφάλαιο 1, Ενότητες 1 και 2 του Κεφαλαίου 2, Ενότητες 1 έως 4 του Κεφαλαίου 3, Ενότητες 1 και 2 του Κεφαλαίου 4, επιλεγμένα θέματα από το Κεφάλαιο 5, Ενότητες 1 έως 7 του Κεφαλαίου 6, Ενότητες 1 έως 7 του Κεφαλαίου 7, επιλεγμένα θέματα από το Κεφάλαιο 8, Ενότητες 1 έως 4 και 9 έως 11 του Κεφαλαίου 9, Μέρη Α και Β του Κεφαλαίου 10, Μέρος Β του Κεφαλαίου 12, Ενότητες 1, 2, 7 και 8 (εξαιρουμένης της μεθόδου CQC) του Κεφαλαίου 13.

- *Τίτλος:* Δυναμική των Κατασκευών II (ένα τρίμηνο)

Διδακτική ύλη: Ενότητες 5 έως 7 του Κεφαλαίου 9, Ενότητες 3 έως 9 του Κεφαλαίου 13 και επιλεγμένα θέματα από τα Κεφάλαια 19 έως 24.

Ένα μάθημα ενός εξαμήνου με έμφαση στην αντισεισμική μηχανική μπορεί να διαρθρωθεί ως εξής:

- *Τίτλος:* Σεισμική Δυναμική των Κατασκευών

Διδακτική ύλη: Κεφάλαιο 1, Ενότητες 1 και 2 του Κεφαλαίου 2, Ενότητες 1 και 2 του Κεφαλαίου 4, Κεφάλαια 6 και 7, επιλεγμένα θέματα από το Κεφάλαιο 8, Ενότητες 1 έως 4 και 9 έως 11 του Κεφαλαίου 9, Μέρη Α και Β του Κεφαλαίου 10, Μέρος Α του Κεφαλαίου 11, Ενότητες 1 έως 3 και 7 έως 12 του Κεφαλαίου 13 και επιλεγμένα θέματα από τα Κεφάλαια 19 έως 24.

Η επίλυση προβλημάτων απ' τους φοιτητές είναι ουσιώδης για την εκμάθηση της δυναμικής των κατασκευών. Για αυτόν τον λόγο τα πρώτα 18 κεφάλαια περιέχουν σχεδόν 400 προβλήματα. Τα Κεφάλαια 19 έως 24 δεν περιέχουν προβλήματα, επειδή το υλικό αυτό δεν προσφέρεται για σύντομες, ουσιαστικές ασκήσεις. Ο αναγνώστης, ωστόσο, θα βρει διδακτικό το να δουλέψει τα παραδείγματα στα Κεφάλαια 19 έως 24 και να αναπαραγάγει τα αποτελέσματα. Στην επίλυση αυτών των προβλημάτων, θεωρείται ότι ο φοιτητής θα έχει πρόσβαση σε προγράμματα ηλεκτρονικού υπολογιστή όπως το MATLAB ή το MATHCAD. Οι λύσεις αυτών των προβλημάτων είναι διαθέσιμες για εκπαιδευτικούς μέσω καταφόρτωσης από τον εκδοτικό οίκο.

Στις διαλέξεις μου στο Berkeley αναπτύσσω τη θεωρία στον πίνακα και την επεξηγώ με διαφάνειες των πιο πολύπλοκων σχημάτων του βιβλίου. Εκδόσεις των σχημάτων σε μορφή PowerPoint, οι οποίες είναι κατάλληλες για τη δημιουργία διαφανειών για χρήση στις αίθουσες διδασκαλίας διατίθενται στους εκπαιδευτικούς για καταφόρτωση από τον εκδοτικό οίκο. Παρά τα αιτήματα για μία πλήρη σειρά διαφανειών PowerPoint (θεωρία, παραδείγματα και σχήματα), αυτά δεν έχουν παραχθεί επειδή δεν νομίζω ότι η προσέγγιση αυτή είναι η πιο αποτελεσματική στρατηγική για τη διδασκαλία της δυναμικής των κατασκευών.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ ΓΙΑ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ

Πολλοί επαγγελματίες μηχανικοί με παρότρυναν τη δεκαετία του '80 να ετοιμάσω ένα βιβλίο εκτενέστερο από το *Dynamics of Structures, A Primer*, μία μονογραφία που εκδόθηκε το 1981 και το 2005 (2η έκδοση) από το Ινστιτούτο Έρευνας Αντισεισμικής Μηχανικής. Ελπίζω ότι αυτή η ανάγκη καλύπτεται από το παρόν βιβλίο. Προοριζόμενο ως διδακτικό εγχειρίδιο, περιλαμβάνει όλα τα τυπικά και τις λεπτομέρειες που είναι απαραίτητες για τους φοιτητές, αλλά αυτά τα χαρακτηριστικά δεν πρέπει να αποθαρρύνουν τον επαγγελματία μηχανικό από το να χρησιμοποιήσει το βιβλίο, καθώς η φιλοσοφία και το ύφος του στοχεύουν στο να μπορεί κάποιος να μάθει το αντικείμενο με προσωπική μελέτη.

Για τους επαγγελματίες μηχανικούς, που ενδιαφέρονται για τη σεισμική ανάλυση, την απόκριση, τον σχεδιασμό και την αποτίμηση των κατασκευών, προτείνω την ακόλουθη πορεία μελέτης του βιβλίου: Κεφάλαια 1 και 2, Κεφάλαια 6 έως 9, Μέρη Α και Β του Κεφαλαίου 10, Μέρος Α του Κεφαλαίου 11 και Κεφάλαια 13 και 19 έως 24.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Σε αυτό το εισαγωγικό κείμενο δεν είναι εφικτό να αναφερθούν οι πηγές των πληροφοριών που παρουσιάζονται. Οι παραπομπές έχουν παραλειφθεί, ώστε να μην αποσπάται η προσοχή του αναγνώστη. Ωστόσο, έχω συμπεριλάβει περιστασιακά σχόλια για να προσθέσω ιστορική αντίληψη και, στο τέλος σχεδόν κάθε κεφαλαίου, έναν σύντομο κατάλογο δημοσιεύσεων κατάλληλων για περαιτέρω μελέτη.

ΠΑΡΑΚΛΗΣΗ ΓΙΑ ΣΧΟΛΙΑ

Θα παρακαλούσα εκπαιδευτικοί, φοιτητές, και επαγγελματίες μηχανικοί να μου γράψετε (chopra@berkeley.edu) εάν έχετε προτάσεις για βελτίωση ή διευκρινίσεις, ή εάν εντοπίσετε σφάλματα. Σας ευχαριστώ εκ των προτέρων για τον χρόνο και για το ενδιαφέρον σας.

Anil K. Chopra

Ευχαριστίες

Οφείλω ευγνωμοσύνη σε πολλούς ανθρώπους που τα τελευταία 27 χρόνια βοήθησαν στην προετοιμασία αυτού του βιβλίου.

- Ο Καθηγητής Rakesh K. Goel, συνεργάτης από την αρχή ως το τέλος, βοήθησε με πολλούς τρόπους και έπαιξε σημαίνοντα ρόλο στην ανάπτυξη του αρχικού κειμένου. Η πιο σημαντική συνεισφορά του ήταν η ανάπτυξη και η εκτέλεση του απαραίτητου λογισμικού για την παραγωγή των αριθμητικών αποτελεσμάτων και τη δημιουργία των περισσότερων σχημάτων.
- Ο Καθηγητής Gregory L. Fenves διάβασε το αρχικό προσχέδιο του συγγράμματος για την πρώτη έκδοση, συζητούσε μαζί μου επ' αυτού σε εβδομαδιαία βάση, και παρείχε ουσιώδεις προτάσεις για βελτίωση.
- Έξι κριτικοί –οι Καθηγητές Luis Esteva, William J. Hall, Rafael Riddell, C. C. Tung, και οι αείμνηστοι George W. Housner και Donald E. Hudson– εξέτασαν το τελικό σχέδιο του αρχικού συγγράμματος. Παρείχαν ενθάρρυνση και οξυδερκή σχόλια για βελτίωση.
- Οι καθηγητές Gregory L. Fenves και Filip C. Fillipou με συμβούλευσαν να αναθεωρήσω τα Κεφάλαια 5 και 16 και σχολίασαν το τελικό κείμενο.
- Ο Δρ. Ian Aiken παρείχε το πηγαίο υλικό –μαζί με φωτογραφίες– και συμβουλές για την αναθεώρηση των Ενοτήτων 7.10.1 και 7.10.2 για τις συμπληρωματικές διατάξεις ανάλωσης ενέργειας.
- Οι Καθηγητές Filip C. Fillipou και Dimitrios Lignos με συμβούλευσαν να προσθέσω στην 5η έκδοση υλικό για την ανάλυση P-Δ και για την επίδραση των φορτίων βαρύτητας στη σεισμική απόκριση κατασκευών.
- Ο Καθηγητής Dionisio Bernal διέθεσε τα στοιχεία που παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 11 για τους λόγους απόσβεσης της πρώτης ιδιομορφής σε 203 κτήρια, οι οποίοι προσδιορίστηκαν από τις καταγραφείσες κινήσεις τους σε παρελθόντες σεισμούς.
- Ο Δρ. Charles Menun, τα αποτελέσματα της έρευνας του οποίου αποτέλεσαν τη βάση για τις Ενότητες 13.10 και 13.11, παρείχε εκτενείς συμβουλές για την προετοιμασία αυτής της ενότητας και επισκόπησε σχέδια κειμένων.

- Ο Καθηγητής Oscar Lopez και ο Δρ. Charles Menun, τα αποτελέσματα της έρευνας των οποίων αποτέλεσαν τη βάση για τη νέα Ενότητα 13.12, παρείχαν συμβουλές και επισκόπησαν ένα τελικό σχέδιο κειμένου.
- Αρκετοί κριτικοί –οι Καθηγητές Michael C. Constantinou, Takeru Igusa, George C. Lee, Fai Ma, και Carlos E. Ventura– πρότειναν βελτιώσεις στο τελικό κείμενο του Κεφαλαίου 14.
- Ο Δρ. N. Simon Kwong συμμετείχε στην προετοιμασία του Μέρους Γ του Κεφαλαίου 20 με πολλούς τρόπους: δημιούργησε λογισμικό H/Y, παρήγαγε αριθμητικά αποτελέσματα, προετοίμασε σχήματα, παρείχε συμβουλές και επισκόπησε σχέδια κειμένων. Δημιούργησε επίσης σχήματα για το Μέρος Β του Κεφαλαίου 20 και όλα τα νέα σχήματα για την 5η έκδοση, καθώς επίσης και τα Σχήματα 6.8.8, 6.10.2, 6.10.3 και 20.7.4 για την 6η έκδοση.
- Η έρευνα της Δρ. Xin (Cindy) Qian αποτελεί τη βάση για την Ενότητα 20.7.3 σχετικά με τη μοντελοποίηση της ιξώδους απόσβεσης για τη μη γραμμική ανάλυση της χρονο-ιστορίας απόκρισης κτηρίων. Δημιούργησε επίσης νέα σχήματα για τα Κεφάλαια 20, 21 και 23 και όλα τα σχήματα για το Κεφάλαιο 22.
- Ο καθηγητής John F. Hall πρόσφερε συμβουλές σχετικά με τη μοντελοποίηση της ιξώδους απόσβεσης στη μη γραμμική δυναμική ανάλυση κτηρίων, το θέμα της Ενότητας 20.7.
- Ο Δρ. Frank McKenna τροποποίησε το λογισμικό OpenSees, ώστε να καταστεί δυνατή η έρευνα που αναφέρεται στην Ενότητα 20.7 και παρήγαγε τα αποτελέσματα απόκρισης που παρουσιάζονται στις Ενότητες 20.7.1 και 20.7.2.
- Ο Καθηγητής Jack W. Baker επισκόπησε το τελικό κείμενο του Μέρους Γ του Κεφαλαίου 20.
- Ο καθηγητής Michael C. Constantinou παρείχε στοιχεία από δοκιμές μονωτήρων που παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 21.
- Έξι ειδικοί παρείχαν όλα αυτά τα χρόνια συμβουλές σχετικά με την ερμηνεία των τεσσάρων αντισεισμικών κανονισμών στο Κεφάλαιο 23: Ronald O. Hamburger (Διεθνής Αντισεισμικός Κανονισμός και Πρότυπο ASCE 7), Jagmohan L. Humar (Εθνικός Αντισεισμικός Κανονισμός του Καναδά), Luis Esteva and Mario Ordaz (Κανονισμός της Πόλης του Μεξικού), και Peter Fajfar και Michael N. Fardis (Ευρωκώδικας).
- Ο Ronald O. Hamburger παρείχε συμβουλές σχετικά με το Πρότυπο ASCE/SEI 41-17 που παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 24.
- Αρκετοί καθηγητές που υιοθέτησαν το βιβλίο στα μαθήματά τους έχουν προτείνει βελτιώσεις κατά το παρελθόν. Κάποιες απ' τις αναθεωρήσεις και προσθήκες σε πρόσφατες εκδόσεις οφείλονται σε συστάσεις των Καθηγητών Stavros A. Anagnostopoulos, Finley Charney, Michael C. Constantinou, Kincho Law, και Jose M. Roesset.
- Πολλοί προηγούμενοι φοιτητές έχουν βοηθήσει σε προηγούμενα χρόνια στην εκπόνηση των λύσεων για τα επιλυμένα παραδείγματα και τα προβλήματα στα τέλη των κεφαλαίων καθώς και με άλλους τρόπους: Ashraf Ayoub, Ushnish Basu, Shih-Po Chang, Juan Chavez, Chatpan Chintanapakdee, Juan Carlos De la llera, Rakesh K. Goel, Garrett Hall, Gabriel Hurtado, Petros Keshishian, Allen Kwan, N. Simon Kwong, Xiao Liang, Wen-Hsiung Lin, Charles Menun, Juan Carlos Reyes, Yvonne Tsui και Tsung- Li Tai. Ο Han-Chen Tan έκανε την επεξεργασία κειμένου και τα γραφικά για το αρχικό Εγχειρίδιο Λύσεων για τα 233 προβλήματα της πρώτης έκδοσης.

- Η Christina Bodnar-Anderson του NISEE-PEER Earthquake Engineering Library (Βιβλιοθήκη Σεισμικής Μηχανικής) στο Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας, Berkeley, βοήθησε στην επιλογή και συλλογή φωτογραφιών.
- Η Claire Johnson ετοίμασε το κείμενο για τα αναθεωρημένα και τα νέα τμήματα του συγγράμματος, ενώ συγκέντρωσε και επεξεργάστηκε το Εγχειρίδιο Λύσεων.
- Η Barbara Zeiders έκανε την επιμέλεια του κειμένου στις πρώτες τέσσερις εκδόσεις, ενώ η Clare Romeo ανέλαβε αυτόν τον ρόλο για την 5η και την 6η έκδοση.
- Ο Καθηγητής Joseph Penzien ανέλαβε τα καθήκοντά μου ως Αναπληρωτής Συντάκτης του περιοδικού *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* από τον Ιούνιο του 1993 έως τον Αύγουστο του 1994 ενόσω δούλευα πάνω στο αρχικό βιβλίο.

Θα ήθελα επίσης να εκφράσω τη βαθύτατη εκτίμησή μου στους αείμνηστους Καθηγητές Ray W. Clough, Jr., Joseph Penzien, Nathan M. Newmark, Emilio Rosenblueth και A. S. Veletsos για την επιρροή που είχαν στην επαγγελματική μου ανάπτυξη. Στις αρχές της δεκαετίας του 1960, οι Καθηγητές Clough, Penzien, και Rosenblueth με εξέθεσαν στις πεφωτισμένες απόψεις τους και στα θαυμάσια οργανωμένα μαθήματά τους πάνω στη δυναμική των κατασκευών και την αντισεισμική μηχανική. Στη συνέχεια, ο Καθηγητής Veletsos, μέσα από την έρευνα, τη συγγραφή και τα μαθήματά του, επηρέασε την προσωπική μου φιλοσοφία διδασκαλίας και έρευνας. Η συνεργασία του με τον καθηγητή Newmark καθόρισε την προσέγγιση που υιοθετήθηκε για τμήματα των Κεφαλαίων 6 και 7, αυτή με τον καθηγητή Carlos E. Ventura καθόρισε τον τρόπο παρουσίασης του Κεφαλαίου 14 και αυτή με αρκετούς από τους μεταπτυχιακούς φοιτητές του αποτέλεσε τη βάση του Κεφαλαίου 22.

Αυτό το βιβλίο έχει επηρεαστεί από την προσωπική μου ερευνητική εμπειρία σε συνεργασία με τους φοιτητές μου. Από το 1969, πολλοί οργανισμοί στήριζαν την έρευνά μου στην αντισεισμική μηχανική, μεταξύ των οποίων το Εθνικό Ίδρυμα Ερευνών, το Σώμα Μηχανικού του Αμερικανικού Στρατού, και το Πρόγραμμα Καταγραφής Ισχυρών Δονήσεων στην Καλιφόρνια.

Αυτό το βιβλίο και οι αναθεωρημένες εκδόσεις του ετοιμάστηκαν κατά τη διάρκεια εκπαιδευτικών αδειών, προνόμιο για το οποίο ευγνωμονώ το Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνιας στο Berkeley.

Anil K. Chopra

Πόροι για εκπαιδευτικούς

ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΤΩΝ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΜΕ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΟ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΟ

Το μάθημά σας είναι μοναδικό. Τα παραδοσιακά κείμενα μπορεί να μην ταιριάζουν με το στυλ διδασκαλίας σας - και οι φοιτητές σας δεν θα πρέπει να πληρώνουν για υλικό που δεν καλύπτете στην τάξη. Με τον ιστότοπο Pearson Collections, έχετε τη δυνατότητα να δημιουργήσετε το κείμενο που πάντα θέλατε. Ο εύχρηστος δικτυακός τόπος σας επιτρέπει να επιλέξετε κεφάλαια από οποιοδήποτε προϊόν του Pearson και να προσθέσετε τους δικούς σας μαθησιακούς πόρους. Επιπλέον, μπορείτε να μοιραστείτε το προσαρμοσμένο κείμενό σας με την τάξη σας ως τυπωμένο αντίγραφο ή ως ψηφιακή Συλλογή. Για να μιλήσετε για την προσαρμογή του περιεχομένου σας, επικοινωνήστε με τον αντιπρόσωπο της Pearson ή επισκεφθείτε την ιστοσελίδα www.pearsonhighered.com/collections.

ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΛΥΣΕΩΝ ΤΟΥ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ

Διατίθεται στους χρήστες του παρόντος εγχειριδίου και περιέχει τις λύσεις των ασκήσεων για το σπίτι. Το Εγχειρίδιο Λύσεων είναι διαθέσιμο σε μορφή PDF.

ΔΙΑΦΑΝΕΙΕΣ POWERPOINT

Μία πλήρης σειρά όλων των σχημάτων και των πινάκων του εγχειριδίου είναι διαθέσιμη σε μορφή PowerPoint.

Όλοι οι πόροι για εκπαιδευτικούς είναι διαθέσιμοι για καταφόρτωση από τη διεύθυνση www.pearson.com. Εάν χρειάζεστε όνομα σύνδεσης και κωδικό πρόσβασης για αυτόν τον ιστότοπο, επικοινωνήστε με τον τοπικό αντιπρόσωπο της Pearson.