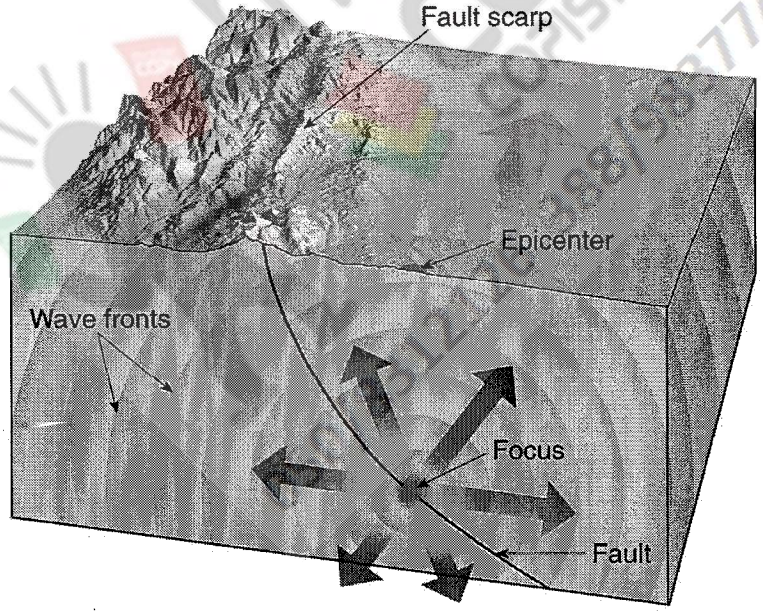
Università degli studi di Pisa

Dipartimento d'Ingegneria Civile e delle Strutture (DICI)

Edoardo Castgna

Ingegneria Antisismica
(con Esercitazioni Progettuali)

MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745



MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

Anno Accademico 2014/2015

master COPY COPISTERIA
050/8312126 3889837745
MASTER COPY
Tel. 050 8312126
Cell. 388 9837745

Indice

I Ingegneria Antisismica 11

1 Sfondo Sismologico 13

1.1 Nota introduttiva . . . 13
1.2 La sismologia: Genesi di una nuova scienza . . . 14
1.2.1 Obiettivi della scienza sismologica . . . 14
1.2.2 Interferenze della sismologia nel campo geofisico e delle discipline tecniche . . . 15
1.3 Sismicità . . . 15
1.4 Onde sismiche . . . 17
1.5 Struttura interna del globo terrestre . . . 19
1.5.1 Corteccia terrestre e suoi gusci componenti . . . 20
1.5.2 Superficie di discontinuità di Mohorovicic (Moho) . . . 20
1.6 Tettonica a Placche . . . 21
1.7 Teoria del ribalzo elastico dei terremoti . . . 23
1.8 Misure della dimensione del terremoto . . . 24

2 Forze nella crosta terrestre 27

2.1 Natura delle forze endogene . . . 27
2.2 Tettonismo ed energia sismica . . . 28
2.3 Cause delle tensioni nei blocchi crostali . . . 29
2.4 Orogenesi e cause fisiche dei terremoti tettonici . . . 30
2.4.1 Cause dei terremoti tettonici . . . 30
2.4.2 Scoscendimenti, fratture, ed altre tracce da metamorfismo sismico 30
2.5 Perturbazione marine dovute ai maremoti. Tsunami . . . 31
2.5.1 Genesi e relativo meccanismo dell'onda di maremoto . . . 31

3 Moti liberi del terreno 33

3.1 Fourier e lo Spettro di Risposta . . . 33
3.2 Fattori che influenzano lo spettro di risposta . . . 38
3.3 Spettri di risposta di progetto . . . 39
3.3.1 Accelerazione di picco al suolo (PGA) . . . 40
3.3.2 Forme dello spettro di risposta . . . 41
3.4 Accelerogrammi di progetto . . . 42

www.master COPY CORISTERIA 050/8312126 388/9837745 MASTER COPY Tel. 050 831 21 26 Cell. 388 9837745

4 Risposta sismica deterministica - Sistemi su fondazioni rigide **43**
4.1 Modelli dell'eccitazione sismica 43
4.1.1 Sistemi discreti ad un grado di libertà 44
4.1.2 Sistemi discreti a più gradi di libertà 45

5 Progettazione Sismica **53**
5.1 Introduzione 53
5.2 Proprietà strutturale 55
5.3 Filosofia generale della progettazione antisismica 56
5.3.1 L'ipotesi di ugual spostamento 57
5.3.2 L'accelerazione assoluta 60
5.3.3 Approccio progettuale alle forze 60
5.4 "Capacity Design" 62
5.4.1 "Capacity Design" delle Strutture 63
5.5 Azione sismica di progetto 63
5.5.1 Condizioni locali del sottosuolo 64
5.5.2 Spettro di risposta elastico 65
5.5.3 Spettro di progetto per le analisi lineari 66
5.6 Analisi del sistema strutturale 68
5.6.1 Criteri per la regolarità in pianta 68
5.6.2 Criteri per la regolarità in altezza 69
5.7 Configurazione e risposta strutturale 69
5.7.1 La dimensione dell'edificio 70
5.7.2 Distribuzione di massa e rigidezze 71
5.7.3 Semplicità e simmetria 71
5.7.4 Ridondanza e Robustezza 72
5.8 I principi base della progettazione 73
5.9 Metodi di Analisi 73
5.9.1 Generalità 73
5.9.2 Criteri di modellazione strutturale 75
5.9.3 Metodi lineari di analisi e di verifica 80
5.9.4 Analisi dinamica multimodale 81
5.9.5 Analisi Statica Lineare 83
5.9.6 Metodi non lineari di analisi e di verifica 84
5.9.7 Analisi Pushover - Introduzione 85
5.9.8 Analisi Pushover - Definizione 86
5.10 Conversione del sistema MDOF a SDOF equivalente 93
5.11 Bilinearizzazione della curva di capcità 98
5.12 Spettro di domanda e spettro di capacità sul piano ADRS 99
5.12.1 Valutazione del punto di prestazione 100
5.12.2 Applicabilità della pushover a modelli 3D ed effetti torsionali . . . 101
5.12.3 Limiti d'applicabilità del metodo statico non lineare 101
5.13 Analisi Dinamica Non Lineare 103
5.13.1 La selezione degli accelerogrammi 104
5.13.2 Analisi Dinamiche non lineari per sistemi MDOF 108

Master Copy Copisteria

5.13.2.1 Metodologia delle Analisi Dinamiche Non Lineari 108
5.14 Effetti del second'ordine 110

II Costruzioni Antisismiche in Cemento Armato 113

6 Le proprietà antisismiche del Cemento Armato 115
6.1 Introduzione 115
6.2 Duttilità dei materiali 116
6.3 Calcestruzzo normale (non confinato) 116
6.4 Calcestruzzo confinato 118
6.4.1 La nozione di confinamento 118
6.4.2 I parametri che influenzano il confinamento 119
6.4.3 Confinamento con cerchiatura 121
6.4.4 Confinamento con spirale 128
6.4.4.1 Codici normativi 131
6.4.5 Modello Mander, Priestley e Park 132
6.5 Acciaio 134
6.6 Legame tra Calcestruzzo e Acciaio 136
6.6.1 Equazioni costitutive di legame 137
6.6.2 Legame sotto carico monotono 138
6.6.3 Codici Normativi 140

7 Progettazione antisismica degli elementi strutturali 143
7.1 Duttilità di sezione 143
7.2 Duttilità dell'elemento 145
7.2.1 Duttalità flessionale dell'elemento 146
7.2.2 Effetti del taglio sulla duttilità dell'elemento 149
7.2.3 Effetti delle non adeguate giunzioni d'armatura 151
7.2.4 Effetti dell'instabilità delle barre longitudinali 152
7.2.5 Effetto $P - \Delta$ 154
7.3 Edifici multipiano e capacity design 154
7.4 La rotazione rispetto alla corda 155
7.4.1 Valutazione della domanda in termini di rotazione rispetto alla corda 157
7.4.2 Determinazione della capacità in termini di rotazione rispetto alla corda 158
7.5 Dalla duttilità in rotazione alla duttilità strutturale 160
7.6 La rigidezza degli elementi 161
7.7 Alcune considerazioni in tema di rigidezza 162

8 Verifica antisimica degli elementi strutturali 165
8.1 Generalità 165
8.2 Criteri di verifica agli SLU 166
8.2.1 Verifica degli elementi strutturali in termini di resistenza 166

Master Copy Copisteria 388/9837745