



INDICE

PREFAZIONE	...	...	...	...	...	...	...	...	...	1
INTRODUZIONE	...	...	...	...	...	...	...	...	...	1
I.1 Concetti generali	...	...	...	...	...	...	...	...	...	1
I.1.1 Obiettivi del libro	...	...	...	...	...	...	...	...	...	1
I.1.2 Metodologie di analisi	...	...	...	...	...	...	...	...	...	2
I.1.3 Un caso di studio	...	...	...	...	...	...	...	...	...	3
I.2 Struttura logica del libro	...	...	...	...	...	...	...	...	...	4
I.2.1 Introduzione alla "Parte I ^a"	...	...	...	...	...	...	...	...	...	5
I.2.2 Introduzione alla "Parte II ^a"	...	...	...	...	...	...	...	...	...	7
I.3 Introduzione allo studio delle lesioni...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	7
I.3.1 Lesioni fisiologiche e lesioni patologiche	...	...	...	...	...	...	...	...	...	8
I.3.2 Lesioni strutturali e lesioni non strutturali	...	...	...	...	...	...	...	...	...	8
I.3.3 Genesi e sviluppo delle lesioni	...	...	...	...	...	...	...	...	...	11
I.4 Introduzione alla Meccanica della Frattura	...	...	...	...	...	...	...	...	...	12
I.4.1 Lunghezza critica delle lesioni	...	...	...	...	...	...	...	...	...	13
I.5 Diagnostica dei quadri fessurativi	...	...	...	...	...	...	...	...	...	15
I.5.1 Il metodo degli sforzi	...	...	...	...	...	...	...	...	...	16
I.5.2 Case history 1: un edificio residenziale a Napoli	...	...	...	...	...	...	...	...	...	17
I.5.3 Il metodo degli spostamenti	...	...	...	...	...	...	...	...	...	20
I.5.4 Case history 2: una Consulenza Tecnica d'Ufficio	...	...	...	...	...	...	...	...	...	21
I.6 Concetti avanzati nell'analisi delle lesioni	...	...	...	...	...	...	...	...	...	24
I.6.1 Il metodo dei vettori spostamenti	...	...	...	...	...	...	...	...	...	24
I.6.2 Il metodo della trilaterazione	...	...	...	...	...	...	...	...	...	26
I.6.3 L'uso dei fessurimetri	...	...	...	...	...	...	...	...	...	28
I.6.4 Interpretazione dei dati	...	...	...	...	...	...	...	...	...	29
I.7 Conclusioni	...	...	...	...	...	...	...	...	...	31
PARTE I^a										
CAPITOLO 1 Strutture e materiali	...	...	...	...	...	...	...	...	...	33
1.1 Evoluzione storica: il sistema trilitico	...	...	...	...	...	...	...	...	...	33

1.2 L'arco nella storia	...	...	...	...	...	...	...	...	36
1.2.1 Funzionamento statico	...	...	...	...	...	...	...	...	36
1.2.2 Influenza dei vincoli	...	...	...	...	...	...	...	...	38
1.3 Volte e cupole	...	...	...	...	...	...	...	...	39
1.3.1 Volte a botte	...	...	...	...	...	...	...	...	39
1.3.2 Volte a crociera	...	...	...	...	...	...	...	...	40
1.3.3 Analisi concettuale delle volte	...	...	...	...	...	...	...	...	42
1.3.4 Schema statico delle cupole	...	...	...	...	...	...	...	...	43
1.4 Nascita della Meccanica del Continuo	...	...	...	...	...	...	...	...	45
1.4.1 La legge di Hooke	...	...	...	...	...	...	...	...	46
1.4.2 L'analisi di Cauchy dello stato di sforzo	...	...	...	...	...	...	...	...	47
1.4.3 La funzione degli invarianti di tensione	...	...	...	...	...	...	...	...	51
1.4.4 I cerchi di Mohr	...	...	...	...	...	...	...	...	54
1.4.5 Case history 3: un problema di compressione	...	...	...	...	...	...	...	...	57
1.4.6 La teoria dell'elasticità di Young	...	...	...	...	...	...	...	...	59
1.4.7 Problemi elastostatici	...	...	...	...	...	...	...	...	62
1.5 Introduzione allo studio delle isostatiche	...	...	...	...	...	...	...	...	64
1.6 Fattori di concentrazione dello sforzo	...	...	...	...	...	...	...	...	66
1.6.1 Rianalisi della case history 3	...	...	...	...	...	...	...	...	68
1.7 Schemi statici di riferimento	...	...	...	...	...	...	...	...	70
1.7.1 Travi appoggiate e mensole	...	...	...	...	...	...	...	...	70
1.8 Conclusioni	...	...	...	...	...	...	...	...	72
CAPITOLO 2 I leganti idraulici: un materiale controverso?	...	...	...	...	...	...	...	...	73
2.1 Il calcestruzzo nell'antica Roma: il Pantheon	...	...	...	...	...	...	...	...	73
2.1.1 Il contributo di Vitruvio Pollonio	...	...	...	...	...	...	...	...	75
2.1.2 L'antica porta di Cosa	...	...	...	...	...	...	...	...	77
2.2 Nascita del moderno calcestruzzo	...	...	...	...	...	...	...	...	78
2.2.1 Case history 4: la torre civica di Pavia	...	...	...	...	...	...	...	...	80
2.2.2 Comportamento chimico-fisico del cls	...	...	...	...	...	...	...	...	84
2.3 Il cemento armato	...	...	...	...	...	...	...	...	88
2.3.1 Analisi della fessurazione	...	...	...	...	...	...	...	...	89
2.3.2 Case history 5: problemi connessi con i ponti termici	...	...	...	...	...	...	...	...	91
2.3.3 Ossidazione e carbonatazione	...	...	...	...	...	...	...	...	97
2.3.4 Case history 6: un antico edificio in Sicilia...	...	...	...	...	...	...	...	...	100
2.4 Conclusioni	...	...	...	...	...	...	...	...	101
2.4.1 Case history 7: un antico edificio in Abruzzo	...	...	...	...	...	...	...	...	102
CAPITOLO 3 Calore e strutture	...	...	...	...	...	...	...	...	111
3.1 Introduzione: l'origine del calore	...	...	...	...	...	...	...	...	111
3.1.1 Trasmissione del calore	...	...	...	...	...	...	...	...	113
3.1.2 Case history 8: la diga di Zatonie in Polonia	...	...	...	...	...	...	...	...	114
3.2 Modellazione matematica	...	...	...	...	...	...	...	...	117
3.2.1 La legge di Fourier	...	...	...	...	...	...	...	...	119
3.2.2 La legge di Newton: un esempio applicativo	...	...	...	...	...	...	...	...	120
3.2.3 Riferimenti normativi	...	...	...	...	...	...	...	...	122
3.3 Comportamento termico delle strutture	...	...	...	...	...	...	...	...	122
3.3.1 Tensioni termicamente indotte: un esempio di calcolo	...	...	...	...	...	...	...	...	124
3.3.2 Quadri fessurativi tipici	...	...	...	...	...	...	...	...	126
3.3.3 Case history 9: il Teatro Galli di Rimini	...	...	...	...	...	...	...	...	129
3.4 Ulteriori concetti	...	...	...	...	...	...	...	...	133
3.4.1 Problemi di convergenza morfologica nelle lesioni	...	...	...	...	...	...	...	...	133
3.4.2 Fessurazioni termiche nei grattacieli	...	...	...	...	...	...	...	...	135
3.4.3 Case history 10: la Amoco Tower di Chicago	...	...	...	...	...	...	...	...	137
CAPITOLO 4 Le argille, i limi, le sabbie e le ghiaie	...	...	...	...	...	...	...	...	143
4.1 Introduzione allo studio delle terre	...	...	...	...	...	...	...	...	143

4.1.1	Definizione di terreno	...	...	...	...	...	144
4.1.2	I minerali delle argille	...	...	...	...	...	145
4.1.3	Il ciclo geologico delle argille	...	...	...	...	...	148
4.1.4	Case history 11: un problema di rigonfiamento dei terreni	...	...	...	...	...	149
4.1.5	L'idrolisi nella formazione della argille	...	...	...	...	...	154
4.1.6	L'alterazione nella genesi delle sabbie	...	...	...	...	...	156
4.1.7	L'importanza ambientale delle sabbie e delle ghiaie	...	...	...	...	...	158
4.1.8	Il concetto dei sistemi morfoclimatici	...	...	...	...	...	159
4.1.9	Case history 12: il Palacio de las Bellas Artes di Città del Messico	...	...	...	...	...	161
4.2	Introduzione al comportamento meccanico delle terre	...	...	...	...	...	164
4.2.1	Rianalisi delle case history 11	...	...	...	...	...	164
4.2.2	Definizione sperimentale del legame sforzi-deformazioni	...	...	...	...	...	166
4.2.3	Il terreno come mezzo bifase	...	...	...	...	...	168
4.2.4	Il principio delle tensioni efficaci	...	...	...	...	...	170
4.2.5	Analisi della deformazione	..	...	...	...	...	172
4.2.6	Le equazioni di equilibrio	...	...	...	...	...	174
4.2.7	Lo stato tensionale geostatico	...	...	...	...	...	176
4.2.8	Case history 13: un paese in frana	...	...	...	...	...	179
4.3	Il legame elastico lineare	...	...	...	...	...	185
4.3.1	Mezzi isotropi e trasversalmente isotropi	...	...	...	...	...	187
4.3.2	Applicazioni al comportamento delle fondazioni superficiali	...	...	...	...	...	188
4.3.4	Case history 14: un edificio in Africa centrale	...	...	...	...	...	191
4.3.4	Vantaggi operativi e limiti applicativi	...	...	...	...	...	192
4.3.5	Case history 15: il problema delle deformazioni plastiche	...	...	...	...	...	194
4.4	Introduzione al comportamento idraulico delle terre	...	...	...	...	...	199
4.4.1	L'equazione di continuità	...	...	...	...	...	200
4.4.2	L'equazione di Laplace e le reti idrodinamiche	...	...	...	...	...	202
4.4.2	Breve descrizione del fenomeno della consolidazione	...	...	...	...	...	204
4.4.3	Influenza delle forze di massa e di superficie	...	...	...	...	...	206
4.4.5	Case history 16: un problema di filtrazione	...	...	...	...	...	208
4.4.6	Rianalisi della case history 7	...	...	...	...	...	213
4.5	La teoria della plasticità	...	...	...	...	...	214
4.5.1	Lo spazio degli sforzi principali	...	...	...	...	...	216
4.5.2	La superficie di snervamento: il criterio di Mohr Coulomb	...	...	...	...	...	219
4.5.3	I criteri di rottura di Tresca e Von Mises	...	...	...	...	...	222
4.5.4	Leggi di incrudimento e leggi di flusso	...	...	...	...	...	222
4.6	Conclusioni	...	...	...	...	...	228
CAPITOLO 5 Terremoti e vibrazioni							229
5.1	Introduzione allo studio dei terremoti	...	...	...	...	...	229
5.1.1	Terremoti nell'antichità	...	...	...	...	...	229
5.1.2	Nascita della sismologia	...	...	...	...	...	231
5.1.3	Influenza della struttura geologica della crosta terrestre	...	...	...	...	...	233
5.1.4	Energia di deformazione elastica	...	...	...	...	...	236
5.1.5	Meccanica delle faglie	...	...	...	...	...	237
5.1.6	Case history 17: statica e dinamica delle piramidi egizie	...	...	...	...	...	239
5.2	Modalità di propagazione delle onde sismiche	...	...	...	...	...	242
5.2.1	Onde di volume ed onde superficiali	...	...	...	...	...	242
5.2.2	L'oscillatore armonico semplice	...	...	...	...	...	245
5.2.3	L'oscillatore armonico smorzato	...	...	...	...	...	247
5.2.4	L'oscillatore smorzato forzato	...	...	...	...	...	248
5.2.5	Trasmissione delle onde nei sistemi complessi	...	...	...	...	...	249
5.2.6	case history 18: la scoperta dell'amplificazione sismica	...	...	...	...	...	253
5.3	Il problema dell'amplificazione sismica	...	...	...	...	...	254
5.3.1	Fattore di amplificazione dinamica	...	...	...	...	...	255

5.3.2	Risposta sismica locale	...	...	...	...	...	256
5.3.3	Case history 19: un viadotto risonante	...	...	...	...	...	258
5.3.4	La legge di Snell ed il principio di Huygens	...	...	...	...	...	267
5.3.5	case history 20: terremoti e monumenti dell'antica Roma	...	...	...	...	...	268
5.4	I fenomeni vibratorii	...	...	...	...	...	271
5.4.1	Comportamento dinamico dei terreni	...	...	...	...	...	273
5.4.2	Aspetti fenomenologici	...	...	...	...	...	275
5.4.3	Interazione terreno-struttura	...	...	...	...	...	277
5.4.4	Problema inverso: il monitoraggio vibrometrico	...	...	...	...	...	279
5.4.5	Case history 21: effetti delle vibrazioni ferroviarie	...	...	...	...	...	281
CAPITOLO 6 Il fattore tempo							291
6.1	Introduzione alla viscoelasticità	...	...	...	...	...	291
6.1.1	Relatività temporale dei fenomeni fisici	...	...	...	...	...	292
6.1.2	Equazione di d'Alambert	...	...	...	...	...	294
6.1.3	Equazione di Fourier	...	...	...	...	...	298
6.1.4	Effetti della temperatura sul comportamento dualistico dei materiali	...	...	...	...	...	303
6.2	Leggi di invecchiamento dei materiali	...	...	...	...	...	306
6.2.1	Introduzione all'effetto aging	...	...	...	...	...	308
6.2.2	Case history 22: ricerca del potenziale di collasso residuo nei terreni	...	...	...	...	...	310
6.2.3	Fenomeni connessi con l'effetto aging	...	...	...	...	...	311
6.2.4	Case history 23: lesioni antiche e recenti nel comune di Campi	...	...	...	...	...	313
6.3	Teoria della Viscoelasticità	...	...	...	...	...	321
6.3.1	L'elasticità di Hooke e la viscosità di Newton	...	...	...	...	...	321
6.3.2	Teorie di Maxwell e di Kelvin-Voigt	...	...	...	...	...	323
6.3.3	Prove di creep e di rilassamento	...	...	...	...	...	325
6.3.4	Modello di Burgers	...	...	...	...	...	329
6.3.5	Case history 24: deformazioni in campo elastoviscoplastico	...	...	...	...	...	330
6.3.6	Case history 25: lesioni connesse con il creep dei terreni	...	...	...	...	...	334
6.3.7	Attribuzione delle lesioni alla viscoelasticità	...	...	...	...	...	337
6.4	Applicazione dei modelli viscoelastici	...	...	...	...	...	341
6.4.1	Fessurazioni nel c.a.p. e fenomeni connessi con l'uso dei tiranti	...	...	...	...	...	342
6.4.2	Modelli viscoelastici complessi	...	...	...	...	...	343
6.4.3	Case history 26: applicazioni di modelli predittivi	...	...	...	...	...	346
6.5	Materiali tissotropici e materiali reopetici	...	...	...	...	...	354
6.5.1	I minerali argillosi	...	...	...	...	...	355
6.6	Conclusioni	...	...	...	...	...	356
6.6.1	Case history 27: la convergenza morfologica delle lesioni	...	...	...	...	...	357
PARTE II^a							
CAPITOLO 7 Lesioni strutturali elementari							361
7.1	Strutture antiche e moderne	...	...	...	...	...	361
7.1.1	Evoluzione storica delle fondazioni	...	...	...	...	...	362
7.1.2	Problemi nella classificazione delle strutture	...	...	...	...	...	365
7.2	Variabili strutturali	...	...	...	...	...	367
7.2.1	Stabilità ed equilibrio	...	...	...	...	...	367
7.2.2	Vincoli o connessioni	...	...	...	...	...	369
7.2.3	Geometria e rigidità	...	...	...	...	...	372
7.2.4	Assemblaggi strutturali	...	...	...	...	...	373
7.2.5	Tipologie di rigidità	...	...	...	...	...	374
7.3	Sollecitazioni elementari	...	...	...	...	...	375
7.3.1	Trazione	...	...	...	...	...	376
7.3.2	Compressione	...	...	...	...	...	378
7.3.3	Flessione semplice	...	...	...	...	...	382
7.3.4	Taglio	...	...	...	...	...	383

7.3.5	Torsione	...	...	...	...	...	...	...	386
7.3.6	Relazioni sollecitazioni – deformazioni	...	...	...	...	...	...	...	387
7.4	Lesioni connesse con i telai	...	...	...	...	...	...	...	391
7.4.1	Evoluzione storica dei telai	...	...	...	...	...	...	...	391
7.4.2	Problema 1: cedimento del vincolo di base di un pilastro d'angolo	...	...	...	...	...	...	...	396
7.4.3	Problema 2: cedimento del vincolo di base di un pilastro interno	...	...	...	...	...	...	...	403
7.4.4	Problema 3: traslazione orizzontale del vincolo di base di un pilastro	...	...	...	...	...	...	...	405
7.4.5	Problema 4: inflessione delle travi di impalcato	...	...	...	...	...	...	...	406
7.4.6	Problema 5: lesioni da punzonamento	...	...	...	...	...	...	...	408
7.4.7	Case history 28: il Monadnock Building di Chicago...	...	...	...	...	...	...	...	412
7.5	Lesioni connesse con le murature portanti	...	...	...	...	...	...	...	414
7.5.1	Classificazione delle strutture portanti	...	...	...	...	...	...	...	416
7.5.2	Case history 29: lesioni da cause multiple	...	...	...	...	...	...	...	420
7.5.3	Lesioni da flessione + taglio	...	...	...	...	...	...	...	423
7.5.4	Problema 1: cedimenti intermedi	...	...	...	...	...	...	...	425
7.5.5	Problema 2: cedimenti terminali	...	...	...	...	...	...	...	428
7.5.6	Problemi connessi con archi e volte	...	...	...	...	...	...	...	431
7.5.7	Problemi connessi con le sopraelevazioni	...	...	...	...	...	...	...	432
7.5.8	Problema 3: traslazioni orizzontali	...	...	...	...	...	...	...	434
7.5.9	Problema 4: traslazioni verticali	...	...	...	...	...	...	...	438
7.5.10	Problema 5: rotazioni rigide	...	...	...	...	...	...	...	440
7.5.11	Case history 30: il cimitero di Monteprandone	...	...	...	...	...	...	...	440
7.6	Conclusioni	...	...	...	...	...	...	...	443
CAPITOLO 8 Analisi dei quadri fessurativi complessi									445
8.1	Importanza della diagnostica strutturale	...	...	...	...	...	...	...	445
8.2	Quadro 1: L'effetto degli scavi in adiacenza a strutture preesistenti	...	...	...	...	...	...	...	446
8.2.1	Stabilità a lungo termine dei fronti di scavo	...	...	...	...	...	...	...	448
8.2.2	Altezza critica di una parete di scavo verticale	...	...	...	...	...	...	...	449
8.2.3	Influenza della variazione del livello piezometrico	...	...	...	...	...	...	...	450
8.2.4	Case history 31: un problema di scavo in ambiente urbano	...	...	...	...	...	...	...	451
8.2.5	Un semplice modello di analisi	...	...	...	...	...	...	...	456
8.3	Quadro 2: l'effetto del sollevamento del fondo scavo	...	...	...	...	...	...	...	457
8.3.1	Effetti della compensazione dei carichi	...	...	...	...	...	...	...	458
8.3.2	Esempio di un caso mal riuscito	...	...	...	...	...	...	...	459
8.4	Quadro 3: L'effetto dei carichi in adiacenza a strutture preesistenti	...	...	...	...	...	...	...	461
8.4.1	Influenza tra fondazioni adiacenti	...	...	...	...	...	...	...	462
8.4.2	Case history 32: ampliamento di un edificio scolastico	...	...	...	...	...	...	...	464
8.4.3	Rianalisi della case history 12	...	...	...	...	...	...	...	468
8.5	Quadro 4: L'effetto delle variazioni del livello piezometrico	...	...	...	...	...	...	...	469
8.5.1	Caso 1: depressione della falda con sistemi well-point	...	...	...	...	...	...	...	470
8.5.2	Caso 2: subsidenza indotta dall'emungimento della falda	...	...	...	...	...	...	...	474
8.5.3	Case history 33: il Duomo di Milano	...	...	...	...	...	...	...	475
8.5.4	Effetti del bradisismo	...	...	...	...	...	...	...	479
8.6	Quadro 5: L'effetto dei movimenti di versante	...	...	...	...	...	...	...	479
8.6.1	Importanza strategica dell'analisi geomorfologica	...	...	...	...	...	...	...	481
8.6.2	Case history 34: il Duomo di Pienza	...	...	...	...	...	...	...	482
8.7	Quadro 6: L'effetto prodotto dagli scavi delle gallerie	...	...	...	...	...	...	...	484
8.7.1	Analisi dei cedimenti	...	...	...	...	...	...	...	486
8.7.2	Le gallerie gemelle di Mrazovka a Praga	...	...	...	...	...	...	...	488
8.7.3	Quadri fessurativi associati allo scavo delle gallerie	...	...	...	...	...	...	...	490
8.8	Quadro 7: L'effetto prodotto da problemi particolari ed insoliti	...	...	...	...	...	...	...	491
8.8.1	Case history 35: un problema di sovrapposizione degli effetti	...	...	...	...	...	...	...	491
8.8.2	Lesioni da ritiro non compensato	...	...	...	...	...	...	...	497
8.8.3	Case history 36: un problema di onda diurna	...	...	...	...	...	...	...	498

8.8.4 Un modello di riferimento: le travi a mensola	...	...	...	...	...	...	...	...	504
CAPITOLO 9 Impariamo dalla storia	...	...	...	...	...	...	...	...	507
9.1 L'importanza degli studi territoriali	...	...	...	...	...	...	...	...	507
9.1.1 Case history 37: un errore geomorfologico	...	...	...	...	...	...	...	...	509
9.2 L'architettura medioevale	...	...	...	...	...	...	...	...	513
9.2.1 Case history 38: il Duomo di Firenze	...	...	...	...	...	...	...	...	515
9.2.2 Un modello di analisi delle cupole	...	...	...	...	...	...	...	...	524
9.2.3 Le cattedrali gotiche	...	...	...	...	...	...	...	...	525
9.2.4 Gli studi dell'Arch. Viollet-le-Duc e del Prof. Mark	...	...	...	...	...	...	...	...	528
9.3 Conclusioni	...	...	...	...	...	...	...	...	533
CAPITOLO 10 Applicazioni pratiche nella diagnosi dei quadri fessurativi	...	...	...	...	...	...	...	...	535
10.1 Problemi di capacità prestazionali degli edifici	...	...	...	...	...	...	...	...	535
10.1.1 Case history 40: un falso problema vibrazionale	...	...	...	...	...	...	...	...	536
10.1.2 Case history 41: problemi causati da speroni di consolidamento	...	...	...	...	...	...	...	...	539
10.1.3 Case history 42: un problema davvero molto complesso	...	...	...	...	...	...	...	...	545
10.1.4 Case history 43: lungimiranza di un'amministrazione comunale	...	...	...	...	...	...	...	...	550
10.1.5 Case history 44: analisi politica delle lesioni	...	...	...	...	...	...	...	...	553
POSTFAZIONE	...	...	...	...	...	...	...	...	557
NOTE	...	...	...	...	...	...	...	...	561
I.1 Sismica a rifrazione	...	...	...	...	...	...	...	...	561
I.2 Comet	...	...	...	...	...	...	...	...	562
I.3 Adsorbimento	...	...	...	...	...	...	...	...	563
1.1 Momenti flettenti	...	...	...	...	...	...	...	...	563
1.2 Laterizzazione	...	...	...	...	...	...	...	...	564
1.3 Reazioni vincolari	...	...	...	...	...	...	...	...	565
1.4 Equazioni della statica	...	...	...	...	...	...	...	...	566
1.5 Sforzi di taglio	...	...	...	...	...	...	...	...	566
1.6 Momenti di inerzia	...	...	...	...	...	...	...	...	568
2.1 Cemento	...	...	...	...	...	...	...	...	568
2.2 Calcestruzzo	...	...	...	...	...	...	...	...	568
2.3 Pozzolana	...	...	...	...	...	...	...	...	568
2.4 Marne	...	...	...	...	...	...	...	...	568
3.1 Conducibilità termica	...	...	...	...	...	...	...	...	569
3.2 Capacità termica	...	...	...	...	...	...	...	...	569
3.3 Adiabatico	...	...	...	...	...	...	...	...	569
3.4 Soluzione dell'equazione	...	...	...	...	...	...	...	...	569
3.5 Misure di carbonatazione	...	...	...	...	...	...	...	...	570
3.6 Analisi diffrattometriche (XRD)	...	...	...	...	...	...	...	...	570
3.7 Microscopia elettronica a scansione (SEM)	...	...	...	...	...	...	...	...	571
3.8 Stato tensionale geostatico	...	...	...	...	...	...	...	...	571
4.1 fagliatura	...	...	...	...	...	...	...	...	571
4.2 Diagenesi	...	...	...	...	...	...	...	...	571
4.3 Argillite	...	...	...	...	...	...	...	...	572
4.4 Argille varvate	...	...	...	...	...	...	...	...	572
4.5 Limite Liquido e Limite Plastico	...	...	...	...	...	...	...	...	572
4.6 Terreni coesivi	...	...	...	...	...	...	...	...	572
4.7 Piezometro	...	...	...	...	...	...	...	...	573
4.8 Inclino metro	...	...	...	...	...	...	...	...	573
4.9 Secondo principio della Termodinamica	...	...	...	...	...	...	...	...	573
4.10 Stress-path	...	...	...	...	...	...	...	...	574
4.11 Carichi ammissibili	...	...	...	...	...	...	...	...	575
4.12 Gradiente idraulico	...	...	...	...	...	...	...	...	575

4.13 Progradazione costiera	...	...	...	...	...	...	...	575
4.14 Prove triassiali	...	...	...	...	...	...	...	577
4.15 Parametro incrementale	...	...	...	...	...	...	...	577
4.16 Dilatanza	...	...	...	...	...	...	...	580
5.1 Dorsali medio-oceaniche	...	...	...	...	...	...	...	580
5.2 Densità media del pianeta Terra	...	...	...	...	...	...	...	581
5.3 Lavoro	...	...	...	...	...	...	...	581
5.4 Processi ciclici e dinamici	...	...	...	...	...	...	...	582
5.5 Velocità delle onde sismiche P	...	...	...	...	...	...	...	583
5.6 Magnitudo	...	...	...	...	...	...	...	583
5.7 Quantità di moto	...	...	...	...	...	...	...	583
5.8 Periodo	...	...	...	...	...	...	...	583
5.9 Soluzione dell'oscillatore armonico semplice	...	...	...	...	...	...	...	584
5.10 Frequenza di risonanza	...	...	...	...	...	...	...	585
5.11 Scala Richter	...	...	...	...	...	...	...	586
5.12 Dominio delle frequenze	...	...	...	...	...	...	...	586
5.13 Prove penetrometriche statiche e dinamiche	...	...	...	...	...	...	...	587
5.14 Prospezioni sismiche Down-Hole	...	...	...	...	...	...	...	587
5.15 Analisi modale	...	...	...	...	...	...	...	588
5.16 Interazione terreno-struttura	...	...	...	...	...	...	...	589
5.17 Misurazioni accelerometriche	...	...	...	...	...	...	...	592
5.19 Terzo medio di una fondazione	...	...	...	...	...	...	...	592
6.1 Prove edometriche	...	...	...	...	...	...	...	593
6.2 Sedimentazione torbiditica	...	...	...	...	...	...	...	595
6.3 Anomalie di Boguer	...	...	...	...	...	...	...	596
6.4 Deformazione plicativa	...	...	...	...	...	...	...	597
6.5 Suzione di matrici	...	...	...	...	...	...	...	597
6.6 Soluzione dell'equazione (6.61)	...	...	...	...	...	...	...	598
6.7 Acciaio armonico	...	...	...	...	...	...	...	599
6.8 Stress-Level	...	...	...	...	...	...	...	599
6.9 Cerniere plastiche	...	...	...	...	...	...	...	599
6.10 Gettiniezione	...	...	...	...	...	...	...	600
APPENDICE A Richiami di algebra delle matrici	...	...	...	...	...	...	...	607
A.1 Introduzioni ai sistemi lineari	...	...	...	...	...	...	...	607
A.2 Introduzione alle matrici	...	...	...	...	...	...	...	607
A.3 Particolari tipi di matrici	...	...	...	...	...	...	...	608
A.4 Operazioni algebriche sulle matrici	...	...	...	...	...	...	...	609
A.5 Determinanti	...	...	...	...	...	...	...	610
A.6 Matrici invertibili	...	...	...	...	...	...	...	612
A.7 Autovettori ed autovalori	...	...	...	...	...	...	...	614
A.8 Vettori, tensori e notazioni indiciali	...	...	...	...	...	...	...	615
APPENDICE B Introduzione alle tecniche di analisi ad elementi finiti	...	...	...	...	...	...	...	619
B.1 Funzioni di interpolazione	...	...	...	...	...	...	...	619
B.2 Molle lineari	...	...	...	...	...	...	...	620
B.3 Elementi lineari tipo bar/truss	...	...	...	...	...	...	...	623
B.4 Teorema di Castigliano	...	...	...	...	...	...	...	626
B.5 Elementi quad	...	...	...	...	...	...	...	628
BIBLIOGRAFIA	...	...	...	...	...	...	...	631