

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (NTC 2018)

D. Min. Infrastrutture e Trasporti 17 gennaio 2018

Con commenti introduttivi a cura di:
Ing. Nicola Mordà, Ing. Alfonso Mancini

© Copyright Legislazione Tecnica 2018

La riproduzione, l'adattamento totale o parziale, la riproduzione con qualsiasi mezzo, nonché la memorizzazione elettronica, sono riservati per tutti i paesi.

Finito di stampare nel mese di giugno 2018 da
STAMPAFLASH s.r.l., Via Umbria 148/7 - 06059 Todi (PG)

Legislazione Tecnica S.r.L.

00144 Roma, Via dell'Architettura 16

Servizio Clienti

Tel. 06/5921743 – Fax 06/5921068

servizio.clienti@legislazionetecnica.it

Portale informativo: www.legislazionetecnica.it

Shop: ltshop.legislazionetecnica.it

I testi normativi riportati sono stati elaborati e controllati con scrupolosa attenzione. Sono sempre peraltro possibili inesattezze od omissioni, ma che non possono comportare responsabilità dell'Editore.

INDICE

AMBITO APPLICATIVO, VIGENZA E PERIODO TRANSITORIO

(di Alfonso Mancini)

Ambito applicativo	35
<i>Emanazione di normativa tecnica per le costruzioni</i>	35
<i>Campo di applicazione e contenuti delle NTC 2018</i>	35
<i>Adempimenti tecnico-amministrativi per le opere strutturali</i>	36
Vigenza delle NTC 2018 e periodo transitorio	37

COMMENTO INTRODUTTIVO ALLE PRINCIPALI NOVITÀ

(di Nicola Mordà)

Introduzione	39
Principi fondamentali	39
<i>Sostenibilità, manutenibilità e manutenzione</i>	39
<i>Verifica della sicurezza strutturale</i>	40
<i>Sovraccarichi</i>	41
<i>Vita nominale e classi d'uso</i>	41
<i>Strutture ed impianti a rischio di incidente rilevante (RIR)</i>	42
Azioni sismiche	42
<i>Definizione delle categorie di sottosuolo, analisi semplificata e RSL</i>	43
<i>Spettri elastici, spettri di progetto e combinazione delle azioni</i>	44
Altre azioni	44
<i>Effetti della temperatura (paragrafo 3.5)</i>	44
<i>Azioni della neve</i>	45
<i>Azioni del vento</i>	46
<i>Azioni eccezionali: incendio, urti ed esplosioni</i>	46
Strutture in cemento armato	46
<i>Metodi di analisi e resistenza di calcolo</i>	47
<i>Criteri di verifica</i>	47
<i>Verifiche di capacità (SLU)</i>	47
<i>Verifiche di esercizio (SLE)</i>	48
<i>Dettagli costruttivi</i>	48
Progettazione per azioni sismiche	48
<i>Costruzioni in zone a bassa sismicità</i>	49
<i>Definizioni e concetti generali</i>	49
<i>Comportamento strutturale</i>	49

<i>Elementi non strutturali</i>	50
<i>Progettazione degli impianti</i>	51
<i>Metodi di analisi</i>	51
<i>Verifiche nei confronti degli SL</i>	52
Costruzioni esistenti	53
<i>Classificazione degli interventi</i>	54
<i>Interventi di miglioramento</i>	55
<i>Intervento di adeguamento</i>	55
<i>Percorso metodologico di verifica</i>	57
Considerazioni e commenti	57

AVVERTENZA REDAZIONALE	59
Testo del D. Min. Infrastrutture e Trasporti 17 gennaio 2018	61
1. OGGETTO	63
PREMESSA	63
1.1. OGGETTO	63
2. SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE	65
2.1. PRINCIPI FONDAMENTALI	65
2.2. REQUISITI DELLE OPERE STRUTTURALI	65
2.2.1. STATI LIMITE ULTIMI (SLU)	65
2.2.2. STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)	66
2.2.3. SICUREZZA ANTINCENDIO	66
2.2.4. DURABILITÀ	66
2.2.5. ROBUSTEZZA	67
2.2.6. VERIFICHE	67
2.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA	67
2.4. VITA NOMINALE DI PROGETTO, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO	68
2.4.1. VITA NOMINALE DI PROGETTO	68
2.4.2. CLASSI D'USO	68
2.4.3. PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA	69
2.5. AZIONI SULLE COSTRUZIONI	69
2.5.1. CLASSIFICAZIONE DELLE AZIONI	69
2.5.1.1. CLASSIFICAZIONE DELLE AZIONI IN BASE AL MODO DI ESPLICARSI	69
2.5.1.2. CLASSIFICAZIONE DELLE AZIONI SECONDO LA RISPOSTA STRUTTURALE	69
2.5.1.3. CLASSIFICAZIONE DELLE AZIONI SECONDO LA VARIAZIONE DELLA LORO INTENSITÀ NEL TEMPO	69
2.5.2. CARATTERIZZAZIONE DELLE AZIONI ELEMENTARI	70
2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI	71
2.6. AZIONI NELLE VERIFICHE AGLI STATI LIMITE	72
2.6.1. STATI LIMITE ULTIMI	72
2.6.2. STATI LIMITE DI ESERCIZIO	73
3. AZIONI SULLE COSTRUZIONI	75
3.1. OPERE CIVILI E INDUSTRIALI	75
3.1.1. GENERALITÀ	75
3.1.2. PESI PROPRI DEI MATERIALI STRUTTURALI	75
3.1.3. CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI	76
3.1.4. SOVRACCARICHI	76
3.1.4.1. SOVRACCARICHI VERTICALI UNIFORMEMENTE DISTRIBUITI	78
3.1.4.2. SOVRACCARICHI VERTICALI CONCENTRATI	78
3.1.4.3. SOVRACCARICHI ORIZZONTALI LINEARI	78
3.2. AZIONE SISMICA	79
3.2.1. STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO	79
3.2.2. CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	80
3.2.3. VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA	81

3.2.3.1	DESCRIZIONE DEL MOTO SISMICO IN SUPERFICIE E SUL PIANO DI FONDAZIONE . . .	81
3.2.3.2	SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE	82
3.2.3.2.1	Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali	82
3.2.3.2.2	Spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale	84
3.2.3.2.3	Spettro di risposta elastico in spostamento delle componenti orizzontali	85
3.2.3.3	SPOSTAMENTO ORIZZONTALE E VELOCITÀ ORIZZONTALE DEL TERRENO	85
3.2.3.4	SPETTRI DI RISPOSTA DI PROGETTO PER LO STATO LIMITE DI OPERATIVITÀ (SLO) .	85
3.2.3.5	SPETTRI DI RISPOSTA DI PROGETTO PER GLI STATI LIMITE DI DANNO (SLD), DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV) E DI PREVENZIONE DEL COLLASSO (SLC)	85
3.2.3.6	IMPIEGO DI STORIE TEMPORALI DEL MOTO DEL TERRENO	86
3.2.4.	EFFETTI DELLA VARIABILITÀ SPAZIALE DEL MOTO	86
3.2.4.1	VARIABILITÀ SPAZIALE DEL MOTO	86
3.2.4.2	SPOSTAMENTO ASSOLUTO E RELATIVO DEL TERRENO	87
3.3.	AZIONI DEL VENTO	88
3.3.1.	VELOCITÀ BASE DI RIFERIMENTO	88
3.3.2.	VELOCITÀ DI RIFERIMENTO	89
3.3.3.	AZIONI STATICHE EQUIVALENTI	90
3.3.4.	PRESSIONE DEL VENTO	90
3.3.5.	AZIONE TANGENTE DEL VENTO	90
3.3.6.	PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO	90
3.3.7.	COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE	90
3.3.8.	COEFFICIENTI AERODINAMICI	92
3.3.9.	COEFFICIENTE DINAMICO	92
3.3.10.	AVVERTENZE PROGETTUALI	93
3.4.	AZIONI DELLA NEVE	93
3.4.1.	CARICO DELLA NEVE SULLE COPERTURE	93
3.4.2.	VALORE DI RIFERIMENTO DEL CARICO DELLA NEVE AL SUOLO	93
3.4.3.	COEFFICIENTE DI FORMA DELLE COPERTURE	95
3.4.3.1	GENERALITÀ	95
3.4.3.2	COPERTURA AD UNA FALDA	96
3.4.3.3	COPERTURA A DUE FALDE	96
3.4.4.	COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE	96
3.4.5.	COEFFICIENTE TERMICO	96
3.5.	AZIONI DELLA TEMPERATURA	97
3.5.1.	GENERALITÀ	97
3.5.2.	TEMPERATURA DELL'ARIA ESTERNA	97
3.5.3.	TEMPERATURA DELL'ARIA INTERNA	98
3.5.4.	DISTRIBUZIONE DELLA TEMPERATURA NEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	98
3.5.5.	AZIONI TERMICHE SUGLI EDIFICI	99
3.5.6.	PARTICOLARI PRECAUZIONI NEL PROGETTO DI STRUTTURE SOGGETTE AD AZIONI TERMICHE SPECIALI	99
3.5.7.	EFFETTI DELLE AZIONI TERMICHE	99
3.6.	AZIONI ECCEZIONALI	100
3.6.1.	INCENDIO	100
3.6.1.1	DEFINIZIONI	100
3.6.1.2	RICHIESTE DI PRESTAZIONE	101
3.6.1.3	CLASSI DI RESISTENZA AL FUOCO	101
3.6.1.4	CRITERI DI PROGETTAZIONE	101
3.6.1.5	PROCEDURA DI ANALISI DELLA RESISTENZA AL FUOCO	102
3.6.1.5.1	Incendio di progetto	102

3.6.1.5.2	Analisi dell'evoluzione della temperatura	102
3.6.1.5.3	Analisi del comportamento meccanico	102
3.6.1.5.4	Verifiche di sicurezza	103
3.6.2.	ESPLOSIONI	103
3.6.2.1	GENERALITÀ	103
3.6.2.2	CLASSIFICAZIONE DELLE AZIONI DOVUTE ALLE ESPLOSIONI	103
3.6.2.3	MODELLAZIONE DELLE AZIONI DOVUTE ALLE ESPLOSIONI	103
3.6.2.4	CRITERI DI PROGETTAZIONE	104
3.6.3.	URTI	104
3.6.3.1	GENERALITÀ	104
3.6.3.2	CLASSIFICAZIONE DELLE AZIONI DOVUTE AGLI URTI	104
3.6.3.3	URTI DA TRAFFICO VEICOLARE	105
3.6.3.3.1	Traffico veicolare sotto ponti o altre strutture	105
3.6.3.3.2	Traffico veicolare sopra i ponti	105
3.6.3.4	URTI DA TRAFFICO FERROVIARIO	106
3.6.3.5	URTI DI IMBARCAZIONI ED AEROMOBILI	106

4. COSTRUZIONI CIVILI E INDUSTRIALI 107

4.1.	COSTRUZIONI DI CALCESTRUZZO	107
4.1.1.	VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA E METODI DI ANALISI	108
4.1.1.1	ANALISI ELASTICA LINEARE	108
4.1.1.2	ANALISI PLASTICA	109
4.1.1.3	ANALISI NON LINEARE	109
4.1.1.4	EFFETTI DELLE DEFORMAZIONI	109
4.1.2.	VERIFICHE DEGLI STATI LIMITE	109
4.1.2.1	MATERIALI	109
4.1.2.1.1	Resistenze di progetto dei materiali	109
4.1.2.1.1.1	<i>Resistenza di progetto a compressione del calcestruzzo</i>	109
4.1.2.1.1.2	<i>Resistenza di progetto a trazione del calcestruzzo</i>	110
4.1.2.1.1.3	<i>Resistenza di progetto dell'acciaio</i>	110
4.1.2.1.1.4	<i>Tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo</i>	110
4.1.2.1.2	Diagrammi di progetto dei materiali	111
4.1.2.1.2.1	<i>Diagrammi di progetto tensione-deformazione del calcestruzzo</i>	111
4.1.2.1.2.2	<i>Diagrammi di progetto tensione-deformazione dell'acciaio</i>	113
4.1.2.2	STATI LIMITE DI ESERCIZIO	114
4.1.2.2.1	Generalità	114
4.1.2.2.2	Stato limite di deformazione	114
4.1.2.2.3	Stato limite per vibrazioni	114
4.1.2.2.4	Stato limite di fessurazione	114
4.1.2.2.4.1	<i>Combinazioni di azioni</i>	115
4.1.2.2.4.2	<i>Condizioni ambientali</i>	115
4.1.2.2.4.3	<i>Sensibilità delle armature alla corrosione</i>	115
4.1.2.2.4.4	<i>Scelta degli stati limite di fessurazione</i>	115
4.1.2.2.4.5	<i>Verifica dello stato limite di fessurazione</i>	116
4.1.2.2.5	Stato limite di limitazione delle tensioni	116
4.1.2.2.5.1	<i>Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio</i>	116
4.1.2.2.5.2	<i>Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio</i>	116
4.1.2.3	STATI LIMITE ULTIMI	116
4.1.2.3.1	Generalità	116
4.1.2.3.2	Stato limite di resistenza	116
4.1.2.3.3	Stato limite di duttilità	117

4.1.2.3.4	Resistenza flessionale e duttilità massima in presenza e in assenza di sforzo assiale	117
4.1.2.3.4.1	<i>Ipotesi di base</i>	117
4.1.2.3.4.2	<i>Verifiche di resistenza e duttilità</i>	117
4.1.2.3.5	Resistenza nei confronti di sollecitazioni taglienti	118
4.1.2.3.5.1	<i>Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio</i>	118
4.1.2.3.5.2	<i>Elementi con armature trasversali resistenti al taglio</i>	119
4.1.2.3.5.3	<i>Casi particolari</i>	120
4.1.2.3.5.4	<i>Verifica al punzonamento</i>	121
4.1.2.3.6	Resistenza nei confronti di sollecitazioni torcenti	121
4.1.2.3.7	Resistenza di elementi tozzi, nelle zone diffuse e nei nodi	123
4.1.2.3.8	Resistenza a fatica	123
4.1.2.3.9	Indicazioni specifiche relative a pilastri e pareti	123
4.1.2.3.9.1	<i>Pilastri cerchiati</i>	123
4.1.2.3.9.2	<i>Verifiche di stabilità per elementi snelli</i>	123
4.1.2.3.9.3	<i>Metodi di verifica</i>	124
4.1.2.3.10	Verifica dell'ancoraggio delle barre di acciaio con il calcestruzzo	125
4.1.3.	VERIFICHE PER SITUAZIONI TRANSITORIE	125
4.1.4.	VERIFICHE PER SITUAZIONI ECCEZIONALI	125
4.1.5.	PROGETTAZIONE INTEGRATA DA PROVE E VERIFICA MEDIANTE PROVE	125
4.1.6.	DETTAGLI COSTRUTTIVI	126
4.1.6.1	ELEMENTI MONODIMENSIONALI: TRAVI E PILASTRI	126
4.1.6.1.1	Armatura delle travi	126
4.1.6.1.2	Armatura dei pilastri	126
4.1.6.1.3	Copriferro e interferro	127
4.1.6.1.4	Ancoraggio delle barre e loro giunzione	127
4.1.7.	ESECUZIONE	127
4.1.8.	NORME ULTERIORI PER IL CALCESTRUZZO ARMATO PRECOMPRESSO	127
4.1.8.1	VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA - NORME DI CALCOLO	128
4.1.8.1.1	Stati limite ultimi	128
4.1.8.1.2	Stati limite di esercizio	128
4.1.8.1.3	Tensioni di esercizio nel calcestruzzo a cadute avvenute	128
4.1.8.1.4	Tensioni iniziali nel calcestruzzo	128
4.1.8.1.5	Tensioni limite per gli acciai da precompressione	129
4.1.8.2	DETTAGLI COSTRUTTIVI PER IL CALCESTRUZZO ARMATO PRECOMPRESSO	129
4.1.8.2.1	Armatura longitudinale ordinaria	129
4.1.8.2.2	Staffe	129
4.1.8.3	ESECUZIONE DELLE OPERE IN CALCESTRUZZO ARMATO PRECOMPRESSO	129
4.1.9.	NORME ULTERIORI PER I SOLAI	130
4.1.9.1	SOLAI MISTI DI C.A. E C.A.P. E BLOCCHI FORATI IN LATERIZIO O IN CALCESTRUZZO	130
4.1.9.2	SOLAI MISTI DI C.A. E C.A.P. E BLOCCHI DIVERSI DAL LATERIZIO O CALCESTRUZZO	130
4.1.9.3	SOLAI REALIZZATI CON L'ASSOCIAZIONE DI COMPONENTI PREFABBRICATI IN C.A. E C.A.P.	130
4.1.10.	NORME ULTERIORI PER LE STRUTTURE PREFABBRICATE	130
4.1.10.1	PRODOTTI PREFABBRICATI NON SOGGETTI A MARCATURA CE	131
4.1.10.2	PRODOTTI PREFABBRICATI IN SERIE	131
4.1.10.2.1	Prodotti prefabbricati in serie dichiarata	131
4.1.10.2.2	Prodotti prefabbricati in serie controllata	131
4.1.10.3	RESPONSABILITÀ E COMPETENZE	131
4.1.10.4	PROVE SU COMPONENTI	132
4.1.10.5	NORME COMPLEMENTARI	132
4.1.10.5.1	Appoggi	132

4.1.10.5.2	Realizzazione delle unioni e dei collegamenti	132
4.1.10.5.3	Tolleranze	132
4.1.11.	CALCESTRUZZO A BASSA PERCENTUALE DI ARMATURA O NON ARMATO	133
4.1.11.1	VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA - NORME DI CALCOLO	133
4.1.12.	CALCESTRUZZO DI AGGREGATI LEGGERI (LC)	133
4.1.12.1	NORME DI CALCOLO	133
4.1.13.	RESISTENZA AL FUOCO	134
4.2.	COSTRUZIONI DI ACCIAIO	134
4.2.1.	MATERIALI	134
4.2.1.1	ACCIAIO LAMINATO	134
4.2.1.2	ACCIAIO INOSSIDABILE	135
4.2.1.3	SALDATURE	135
4.2.1.4	BULLONI E CHIODI	135
4.2.2.	VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA	135
4.2.2.1	STATI LIMITE	136
4.2.3.	ANALISI STRUTTURALE	136
4.2.3.1	CLASSIFICAZIONE DELLE SEZIONI	136
4.2.3.2	CAPACITÀ RESISTENTE DELLE SEZIONI	139
4.2.3.3	METODI DI ANALISI GLOBALE	139
4.2.3.4	EFFETTI DELLE DEFORMAZIONI	140
4.2.3.5	EFFETTO DELLE IMPERFEZIONI	140
4.2.4.	VERIFICHE	140
4.2.4.1	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI	141
4.2.4.1.1	Resistenza di progetto	141
4.2.4.1.2	Resistenza delle membrature	141
4.2.4.1.2.1	<i>Trazione</i>	142
4.2.4.1.2.2	<i>Compressione</i>	142
4.2.4.1.2.3	<i>Flessione monoassiale (retta)</i>	143
4.2.4.1.2.4	<i>Taglio</i>	143
4.2.4.1.2.5	<i>Torsione</i>	145
4.2.4.1.2.6	<i>Flessione e taglio</i>	145
4.2.4.1.2.7	<i>Presso o tenso-flessione retta</i>	145
4.2.4.1.2.8	<i>Presso o tenso flessione biassiale</i>	146
4.2.4.1.2.9	<i>Flessione, taglio e sforzo assiale</i>	147
4.2.4.1.3	Stabilità delle membrature	147
4.2.4.1.3.1	<i>Aste compresse</i>	147
4.2.4.1.3.2	<i>Travi inflesse</i>	149
4.2.4.1.3.3	<i>Membrature inflesse e compresse</i>	150
4.2.4.1.3.4	<i>Stabilità dei pannelli</i>	150
4.2.4.1.4	Stato limite di fatica	151
4.2.4.1.5	Fragilità alle basse temperature	153
4.2.4.1.6	Resistenza di cavi, barre e funi	153
4.2.4.1.7	Resistenza degli apparecchi di appoggio	153
4.2.4.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	153
4.2.4.2.1	Spostamenti verticali	153
4.2.4.2.2	Spostamenti laterali	154
4.2.4.2.3	Stato limite di vibrazioni	155
4.2.4.2.3.1	<i>Edifici</i>	155
4.2.4.2.3.2	<i>Strutture di elevata flessibilità e soggette a carichi ciclici</i>	155
4.2.4.2.3.3	<i>Oscillazioni prodotte dal vento</i>	155
4.2.4.2.4	Stato limite di plasticizzazioni locali	156
4.2.5.	VERIFICHE PER SITUAZIONI PROGETTUALI TRANSITORIE	156
4.2.6.	VERIFICHE PER SITUAZIONI PROGETTUALI ECCEZIONALI	156

4.2.7.	PROGETTAZIONE INTEGRATA DA PROVE E VERIFICA MEDIANTE PROVE	156
4.2.8.	UNIONI	156
4.2.8.1	UNIONI CON BULLONI, CHIODI E PERNI SOGGETTI A CARICHI STATICI	157
4.2.8.1.1	Unioni con bulloni e chiodi	157
4.2.8.1.2	Collegamenti con perni	161
4.2.8.2	UNIONI SALDATE	162
4.2.8.2.1	Unioni con saldature a piena penetrazione	162
4.2.8.2.2	Unioni con saldature a parziale penetrazione	162
4.2.8.2.3	Unioni con saldature a cordoni d'angolo	162
4.2.8.2.4	Resistenza delle saldature a cordoni d'angolo	163
4.2.8.3	UNIONI SOGGETTE A CARICHI DA FATICA	164
4.2.8.4	UNIONI SOGGETTE A VIBRAZIONI, URTI E/O INVERSIONI DI CARICO	164
4.2.9.	REQUISITI PER LA PROGETTAZIONE E L'ESECUZIONE	164
4.2.9.1	SPessori LIMITE	164
4.2.9.2	ACCIAIO INCRUDITO	164
4.2.9.3	GIUNTI DI TIPO MISTO	164
4.2.9.4	PROBLEMATICHE SPECIFICHE	165
4.2.9.5	APPARECCHI DI APPOGGIO	165
4.2.9.6	VERNICIATURA E ZINCATURA	165
4.2.10.	CRITERI DI DURABILITÀ	165
4.2.11.	RESISTENZA AL FUOCO	165
4.3.	CONSTRUZIONI COMPOSTE DI ACCIAIO - CALCESTRUZZO	165
4.3.1.	VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA	166
4.3.1.1	STATI LIMITE ULTIMI	166
4.3.1.2	STATI LIMITE DI ESERCIZIO	166
4.3.1.3	FASI COSTRUTTIVE	166
4.3.2.	ANALISI STRUTTURALE	166
4.3.2.1	CLASSIFICAZIONE DELLE SEZIONI	166
4.3.2.2	METODI DI ANALISI GLOBALE	166
4.3.2.2.1	Analisi lineare elastica	167
4.3.2.2.2	Analisi plastica	167
4.3.2.2.3	Analisi non lineare	168
4.3.2.3	LARGHEZZE EFFICACI	168
4.3.2.4	EFFETTI DELLE DEFORMAZIONI	169
4.3.2.5	EFFETTI DELLE IMPERFEZIONI	169
4.3.3.	RESISTENZE DI PROGETTO	170
4.3.3.1	MATERIALI	170
4.3.3.1.1	Acciaio	170
4.3.3.1.2	Calcestruzzo	170
4.3.4.	TRAVI CON SOLETTA COLLABORANTE	171
4.3.4.1	TIPOLOGIA DELLE SEZIONI	171
4.3.4.2	RESISTENZA DELLE SEZIONI	171
4.3.4.2.1	Resistenza a flessione	171
4.3.4.2.1.1	<i>Metodo elastico</i>	171
4.3.4.2.1.2	<i>Metodo plastico</i>	171
4.3.4.2.1.3	<i>Metodo elasto-plastico</i>	171
4.3.4.2.2	Resistenza a taglio	171
4.3.4.3	SISTEMI DI CONNESSIONE ACCIAIO-CALCESTRUZZO	172
4.3.4.3.1	Connessioni a taglio con pioli	172
4.3.4.3.1.1	<i>Disposizione e limitazioni</i>	172
4.3.4.3.1.2	<i>Resistenza dei connettori</i>	173
4.3.4.3.2	Altri tipi di connettori	174

4.3.4.3.3	Valutazione delle sollecitazioni di taglio agenti sul sistema di connessione	174
4.3.4.3.4	Dettagli costruttivi della zona di connessione a taglio	174
4.3.4.3.5	Armatura trasversale	175
4.3.4.4	MODALITÀ ESECUTIVE	175
4.3.4.5	SPESSORI MINIMI	175
4.3.5.	COLONNE COMPOSTE	175
4.3.5.1	GENERALITÀ E TIPOLOGIE	175
4.3.5.2	RIGIDEZZA FLESSIONALE, SNELLEZZA E CONTRIBUTO MECCANICO DELL'ACCIAIO	176
4.3.5.3	RESISTENZA DELLE SEZIONI	177
4.3.5.3.1	Resistenza della sezione per tensioni normali	177
4.3.5.3.2	Resistenza a taglio della sezione	180
4.3.5.4	STABILITÀ DELLE MEMBRATURE	180
4.3.5.4.1	Colonne compresse	180
4.3.5.4.2	Instabilità locale	181
4.3.5.4.3	Colonne pressoinflesse	182
4.3.5.5	TRASFERIMENTO DEGLI SFORZI TRA COMPONENTE IN ACCIAIO E COMPONENTE IN CALCESTRUZZO	182
4.3.5.5.1	Resistenza allo scorrimento fra i componenti	182
4.3.5.6	COPRIFERRO E MINIMI DI ARMATURA	183
4.3.6.	SOLETTE COMPOSTE CON LAMIERA GRECATA	184
4.3.6.1	ANALISI PER IL CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI	184
4.3.6.1.1	Larghezza efficace per forze concentrate o lineari	184
4.3.6.2	VERIFICHE DI RESISTENZA ALLO STATO LIMITE ULTIMO	185
4.3.6.3	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	185
4.3.6.3.1	Verifiche a fessurazione	185
4.3.6.3.2	Verifiche di deformazione	185
4.3.6.4	VERIFICHE DELLA LAMIERA GRECATA NELLA FASE DI GETTO	186
4.3.6.4.1	Verifica di resistenza	186
4.3.6.4.2	Verifiche agli stati limite di esercizio	186
4.3.6.5	DETTAGLI COSTRUTTIVI	186
4.3.6.5.1	Spessore minimo delle lamiere grecate	186
4.3.6.5.2	Spessore della soletta	186
4.3.6.5.3	Inerti	186
4.3.6.5.4	Appoggi	186
4.3.7.	VERIFICHE PER SITUAZIONI TRANSITORIE	186
4.3.8.	VERIFICHE PER SITUAZIONI ECCEZIONALI	187
4.3.9.	RESISTENZA AL FUOCO	187
4.3.10.	PROGETTAZIONE INTEGRATA DA PROVE E VERIFICA MEDIANTE PROVE	187
4.4.	COSTRUZIONI DI LEGNO	187
4.4.1.	VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA	187
4.4.2.	ANALISI STRUTTURALE	187
4.4.3.	AZIONI E LE LORO COMBINAZIONI	188
4.4.4.	CLASSI DI DURATA DEL CARICO	188
4.4.5.	CLASSI DI SERVIZIO	188
4.4.6.	RESISTENZA DI PROGETTO	189
4.4.7.	STATI LIMITE DI ESERCIZIO	190
4.4.8.	STATI LIMITE ULTIMI	192
4.4.8.1	VERIFICHE DI RESISTENZA	192
4.4.8.1.1	Trazione parallela alla fibratura	192
4.4.8.1.2	Trazione perpendicolare alla fibratura	192
4.4.8.1.3	Compressione parallela alla fibratura	192

4.4.8.1.4	Compressione perpendicolare alla fibratura	193
4.4.8.1.5	Compressione inclinata rispetto alla fibratura	193
4.4.8.1.6	Flessione	193
4.4.8.1.7	Tensoflessione	193
4.4.8.1.8	Pressoflessione	194
4.4.8.1.9	Taglio	194
4.4.8.1.10	Torsione	194
4.4.8.1.11	Taglio e torsione	195
4.4.8.2	VERIFICHE DI STABILITÀ	195
4.4.8.2.1	Elementi inflessi (instabilità di trave)	195
4.4.8.2.2	Elementi compressi (instabilità di colonna)	196
4.4.9.	COLLEGAMENTI	196
4.4.10.	ELEMENTI STRUTTURALI	197
4.4.11.	SISTEMI STRUTTURALI	197
4.4.12.	ROBUSTEZZA	197
4.4.13.	DURABILITÀ	198
4.4.14.	RESISTENZA AL FUOCO	198
4.4.15.	REGOLE PER L'ESECUZIONE	198
4.4.16.	VERIFICHE PER SITUAZIONI TRANSITORIE, CONTROLLI E PROVE DI CARICO	198
4.4.17.	VERIFICHE PER SITUAZIONI PROGETTUALI ECCEZIONALI	198
4.4.18.	PROGETTAZIONE INTEGRATA DA PROVE E VERIFICA MEDIANTE PROVE	199
4.5.	COSTRUZIONI DI MURATURA	199
4.5.1.	DEFINIZIONI	199
4.5.2.	MATERIALI E CARATTERISTICHE TIPOLOGICHE	199
4.5.2.1	MALTE	199
4.5.2.2	ELEMENTI RESISTENTI IN MURATURA	199
4.5.2.2.1	Elementi artificiali	199
4.5.2.2.2	Elementi naturali	200
4.5.2.3	MURATURE	200
4.5.3.	CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE MURATURE	200
4.5.4.	ORGANIZZAZIONE STRUTTURALE	201
4.5.5.	ANALISI STRUTTURALE	202
4.5.6.	VERIFICHE	202
4.5.6.1	RESISTENZE DI PROGETTO	202
4.5.6.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI	203
4.5.6.3	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	205
4.5.6.4	VERIFICHE SEMPLIFICATE	205
4.5.7.	MURATURA ARMATA	205
4.5.8.	MURATURA CONFINATA	206
4.5.9.	VERIFICHE PER SITUAZIONI TRANSITORIE	206
4.5.10.	VERIFICHE PER SITUAZIONI ECCEZIONALI	206
4.5.11.	RESISTENZA AL FUOCO	206
4.5.12.	PROGETTAZIONE INTEGRATA DA PROVE E VERIFICA MEDIANTE PROVE	207
4.6.	ALTRI SISTEMI COSTRUTTIVI	207
5. PONTI	209	
5.1. PONTI STRADALI	209	
5.1.1.	OGGETTO	209
5.1.2.	PRESCRIZIONI GENERALI	209

5.1.2.1	GEOMETRIA DELLA SEDE STRADALE	209
5.1.2.2	ALTEZZA LIBERA	209
5.1.2.3	COMPATIBILITÀ IDRAULICA	209
5.1.3.	AZIONI SUI PONTI STRADALI	210
5.1.3.1	AZIONI PERMANENTI	210
5.1.3.2	DISTORSIONI E DEFORMAZIONI IMPRESSE	211
5.1.3.3	AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO. CARICHI VERTICALI: Q_1	211
5.1.3.3.1	Premessa	211
5.1.3.3.2	Definizione delle corsie convenzionali	211
5.1.3.3.3	Schemi di Carico	212
5.1.3.3.4	Categorie stradali	212
5.1.3.3.5	Disposizione dei carichi mobili per realizzare le condizioni di carico più gravose	213
5.1.3.3.6	Strutture secondarie di impalcato	214
5.1.3.4	AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO. INCREMENTO DINAMICO ADDIZIONALE IN PRESENZA DI DISCONTINUITÀ STRUTTURALI: Q_2	215
5.1.3.5	AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO. AZIONE LONGITUDINALE DI FRENAMENTO O DI ACCELERAZIONE: Q_3	215
5.1.3.6	AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO. AZIONE CENTRIFUGA: Q_4	215
5.1.3.7	AZIONI DI NEVE E DI VENTO: Q_5	215
5.1.3.8	AZIONI IDRODINAMICHE: Q_6	215
5.1.3.9	AZIONI DELLA TEMPERATURA: Q_7	216
5.1.3.10	AZIONI SUI PARAPETTI E URTO DI VEICOLO IN SVIO: Q_8	216
5.1.3.11	RESISTENZE PASSIVE DEI VINCOLI: Q_9	216
5.1.3.12	AZIONI SISMICHE: E	216
5.1.3.13	AZIONI ECCEZIONALI: A	216
5.1.3.14	COMBINAZIONI DI CARICO	217
5.1.4.	VERIFICHE DI SICUREZZA	219
5.1.4.1	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI	219
5.1.4.2	STATI LIMITE DI ESERCIZIO	219
5.1.4.3	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI FATICA	219
5.1.4.4	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE	222
5.1.4.5	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI DEFORMAZIONE	223
5.1.4.6	VERIFICHE DELLE AZIONI SISMICHE	223
5.1.4.7	VERIFICHE IN FASE DI COSTRUZIONE	223
5.1.5.	STRUTTURE PORTANTI	223
5.1.5.1	IMPALCATO	223
5.1.5.1.1	Spessori minimi	223
5.1.5.1.2	Strutture ad elementi prefabbricati	223
5.1.5.2	PILE	223
5.1.5.2.1	Spessori minimi	223
5.1.5.2.2	Schematizzazione e calcolo	223
5.1.6.	VINCOLI	223
5.1.6.1	PROTEZIONE DEI VINCOLI	224
5.1.6.2	CONTROLLO, MANUTENZIONE E SOSTITUZIONE	224
5.1.6.3	VINCOLI IN ZONA SISMICA	224
5.1.7.	OPERE ACCESSORIE	224
5.1.7.1	IMPERMEABILIZZAZIONE	224
5.1.7.2	PAVIMENTAZIONI	224
5.1.7.3	GIUNTI	224
5.1.7.4	SMALTIMENTO DEI LIQUIDI PROVENIENTI DALL'IMPALCATO	225
5.1.7.5	DISPOSITIVI PER L'ISPEZIONABILITÀ E LA MANUTENZIONE DELLE OPERE	225
5.1.7.6	VANI PER CONDOTTE E CAVIDOTTI	225
5.2.	PONTI FERROVIARI	225

5.2.1.	PRINCIPALI CRITERI PROGETTUALI E MANUTENTIVI	225
5.2.1.1	ISPEZIONABILITÀ E MANUTENZIONE	225
5.2.1.2	COMPATIBILITÀ IDRAULICA	225
5.2.1.3	ALTEZZA LIBERA	225
5.2.2.	AZIONI SULLE OPERE	225
5.2.2.1	AZIONI PERMANENTI	226
5.2.2.1.1	Carichi permanenti portati	226
5.2.2.2	AZIONI VARIABILI VERTICALI	226
5.2.2.2.1	Modelli di carico	226
5.2.2.2.1.1	<i>Modello di carico LM 71</i>	226
5.2.2.2.1.2	<i>Modelli di carico SW</i>	227
5.2.2.2.1.3	<i>Treno scarico</i>	227
5.2.2.2.1.4	<i>Ripartizione locale dei carichi</i>	227
5.2.2.2.1.5	<i>Distribuzione dei carichi verticali per i rilevati a tergo delle spalle</i>	229
5.2.2.2.2	Carichi sui marciapiedi	229
5.2.2.2.3	Effetti dinamici	229
5.2.2.3	AZIONI VARIABILI ORIZZONTALI	233
5.2.2.3.1	Forza centrifuga	233
5.2.2.3.2	Azione laterale (Serpeggio)	234
5.2.2.3.3	Azioni di avviamento e frenatura	234
5.2.2.4	AZIONI VARIABILI AMBIENTALI	235
5.2.2.4.1	Azione del vento	235
5.2.2.4.2	Temperatura	235
5.2.2.5	EFFETTI DI INTERAZIONE STATICA TRENO-BINARIO-STRUTTURA	236
5.2.2.6	EFFETTI AERODINAMICI ASSOCIATI AL PASSAGGIO DEI CONVOGLI FERROVIARI	237
5.2.2.6.1	Superfici verticali parallele al binario	237
5.2.2.6.2	Superfici orizzontali al di sopra del binario	237
5.2.2.6.3	Superfici orizzontali adiacenti il binario	238
5.2.2.6.4	Strutture con superfici multiple a fianco del binario sia verticali che orizzontali o inclinate	239
5.2.2.6.5	Superfici che circondano integralmente il binario per lunghezze inferiori a 20 m	239
5.2.2.7	AZIONI IDRODINAMICHE	239
5.2.2.8	AZIONI SISMICHE	239
5.2.2.9	AZIONI ECCEZIONALI	239
5.2.2.9.1	Rottura della catenaria	240
5.2.2.9.2	Deragliamenti al di sopra del ponte	240
5.2.2.9.3	Deragliamenti al di sotto del ponte	241
5.2.2.10	AZIONI INDIRETTE	241
5.2.2.10.1	Distorsioni	241
5.2.2.10.2	Ritiro e viscosità	241
5.2.2.10.3	Resistenze parassite nei vincoli	241
5.2.3.	PARTICOLARI PRESCRIZIONI PER LE VERIFICHE	241
5.2.3.1	COMBINAZIONE DEI TRENI DI CARICO E DELLE AZIONI DA ESSI DERIVATE PER PIÙ BINARI	241
5.2.3.1.1	Numero di binari	241
5.2.3.1.2	Numero di treni contemporanei	241
5.2.3.1.3	Simultaneità delle azioni da traffico - valori caratteristici delle azioni combinare in gruppi di carichi	242
5.2.3.1.4	Valori rari e frequenti delle azioni da traffico ferroviario	243
5.2.3.1.5	Valori quasi-permanenti delle azioni da traffico ferroviario	243
5.2.3.1.6	Azioni da traffico ferroviario in situazioni transitorie	243
5.2.3.2	VERIFICHE AGLI SLU E SLE	243
5.2.3.2.1	Requisiti concernenti gli SLU	243

5.2.3.2.2	Requisiti concernenti gli SLE	244
5.2.3.2.2.1	<i>Stati limite di esercizio per la sicurezza del traffico ferroviario</i>	245
5.2.3.2.3	Verifiche allo stato limite di fatica	246
5.2.3.2.4	Verifiche allo stato limite di fessurazione	246
6.	PROGETTAZIONE GEOTECNICA	247
6.1.	DISPOSIZIONI GENERALI	247
6.1.1.	OGGETTO DELLE NORME	247
6.1.2.	PRESCRIZIONI GENERALI	247
6.2.	ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO	247
6.2.1.	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO	247
6.2.2.	INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA	248
6.2.3.	FASI E MODALITÀ COSTRUTTIVE	248
6.2.4.	VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI	248
6.2.4.1	VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)	249
6.2.4.1.1	Azioni	250
6.2.4.1.2	Resistenze	250
6.2.4.1.3	Verifiche strutturali con l'analisi di interazione terreno-struttura	251
6.2.4.2	VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI IDRAULICI	251
6.2.4.3	VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)	252
6.2.5.	IMPIEGO DEL METODO OSSERVAZIONALE	252
6.2.6.	MONITORAGGIO DEL COMPLESSO OPERA-TERRENO	252
6.3.	STABILITÀ DEI PENDII NATURALI	252
6.3.1.	PRESCRIZIONI GENERALI	252
6.3.2.	MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL PENDIO	253
6.3.3.	MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL PENDIO	253
6.3.4.	VERIFICHE DI SICUREZZA	253
6.3.5.	INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE	254
6.3.6.	CONTROLLI E MONITORAGGIO	254
6.4.	OPERE DI FONDAZIONE	254
6.4.1.	CRITERI GENERALI DI PROGETTO	254
6.4.2.	FONDAZIONI SUPERFICIALI	254
6.4.2.1.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)	255
6.4.2.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)	255
6.4.3.	FONDAZIONI SU PALI	255
6.4.3.1	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)	256
6.4.3.1.1	Resistenze di pali soggetti a carichi assiali	256
6.4.3.1.1.1	<i>Resistenza a carico assiale di una palificata</i>	258
6.4.3.1.2	Resistenze di pali soggetti a carichi trasversali	258
6.4.3.2	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)	258
6.4.3.3	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) DELLE FONDAZIONI MISTE	259
6.4.3.4	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE) DELLE FONDAZIONI MISTE	259
6.4.3.5	ASPETTI COSTRUTTIVI	259
6.4.3.6	CONTROLLI D'INTEGRITÀ DEI PALI	260
6.4.3.7	PROVE DI CARICO	260
6.4.3.7.1	Prove di progetto su pali pilota	260
6.4.3.7.2	Prove in corso d'opera	260
6.5.	OPERE DI SOSTEGNO	261
6.5.1.	CRITERI GENERALI DI PROGETTO	261
6.5.2.	AZIONI	261
6.5.2.1	SOVRACCARICHI	262
6.5.2.2	MODELLO GEOMETRICO DI RIFERIMENTO	262

6.5.3.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE	262
6.5.3.1	VERIFICHE DI SICUREZZA (SLU)	262
6.5.3.1.1	Muri di sostegno	262
6.5.3.1.2	Paratie	263
6.5.3.2	VERIFICHE DI ESERCIZIO (SLE)	264
6.6.	TIRANTI DI ANCORAGGIO	264
6.6.1.	CRITERI DI PROGETTO	264
6.6.2.	VERIFICHE DI SICUREZZA (SLU)	264
6.6.3.	ASPETTI COSTRUTTIVI	266
6.6.4.	PROVE DI CARICO	266
6.6.4.1.	PROVE DI PROGETTO SU ANCORAGGI PRELIMINARI	266
6.6.4.2.	PROVE DI CARICO IN CORSO D'OPERA SUGLI ANCORAGGI	266
6.7.	OPERE IN SOTTERRANEO	266
6.7.1.	PRESCRIZIONI GENERALI	266
6.7.2.	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA	267
6.7.3.	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA	267
6.7.4.	CRITERI DI PROGETTO	267
6.7.5.	ANALISI PROGETTUALI E VERIFICHE DI SICUREZZA	268
6.7.6.	CONTROLLO E MONITORAGGIO	268
6.8.	OPERE DI MATERIALI SCIOLTI E FRONTI DI SCAVO	268
6.8.1.	CRITERI GENERALI DI PROGETTO	269
6.8.2.	VERIFICHE DI SICUREZZA (SLU)	269
6.8.3.	VERIFICHE DI ESERCIZIO (SLE)	269
6.8.4.	ASPETTI COSTRUTTIVI	269
6.8.5.	CONTROLLI E MONITORAGGIO	269
6.8.6.	FRONTI DI SCAVO	270
6.8.6.1	INDAGINI GEOTECNICHE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	270
6.8.6.2	CRITERI GENERALI DI PROGETTO E VERIFICHE DI SICUREZZA	270
6.9.	MIGLIORAMENTO E RINFORZO DEI TERRENI E DEGLI AMMASSI ROCCIOSI	270
6.9.1.	SCELTA DEL TIPO DI INTERVENTO E CRITERI GENERALI DI PROGETTO	270
6.9.2.	MONITORAGGIO	270
6.10.	CONSOLIDAMENTO GEOTECNICO DI OPERE ESISTENTI	271
6.10.1.	CRITERI GENERALI DI PROGETTO	271
6.10.2.	INDAGINI GEOTECNICHE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	271
6.10.3.	TIPI DI CONSOLIDAMENTO GEOTECNICO	271
6.10.4.	CONTROLLI E MONITORAGGIO	272
6.11.	DISCARICHE CONTROLLATE DI RIFIUTI E DEPOSITI DI INERTI	272
6.11.1.	DISCARICHE CONTROLLATE	272
6.11.1.1	CRITERI DI PROGETTO	272
6.11.1.2	CARATTERIZZAZIONE DEL SITO	272
6.11.1.3	MODALITÀ COSTRUTTIVE E DI CONTROLLO DEI DISPOSITIVI DI BARRIERA	272
6.11.1.4	VERIFICHE DI SICUREZZA	272
6.11.1.5	MONITORAGGIO	272
6.11.2.	DEPOSITI DI INERTI	273
6.11.2.1	CRITERI DI PROGETTO	273
6.11.2.2	MONITORAGGIO	273
6.12.	FATTIBILITÀ DI OPERE SU GRANDI AREE	273
6.12.1.	INDAGINI SPECIFICHE	273

7. PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE	275
7.0. GENERALITÀ	275
7.1. REQUISITI NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE	275
7.2. CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE E MODELLAZIONE	276
7.2.1. CARATTERISTICHE GENERALI DELLE COSTRUZIONI	276
7.2.2. CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE DEI SISTEMI STRUTTURALI	277
7.2.3. CRITERI DI PROGETTAZIONE DI ELEMENTI STRUTTURALI SECONDARI ED ELEMENTI COSTRUTTIVI NON STRUTTURALI	280
7.2.4. CRITERI DI PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI	280
7.2.5. REQUISITI STRUTTURALI DEGLI ELEMENTI DI FONDAZIONE	281
7.2.6. CRITERI DI MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA E DELL'AZIONE SISMICA	283
7.3. METODI DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA	284
7.3.1. ANALISI LINEARE O NON LINEARE	284
7.3.2. ANALISI DINAMICA O STATICA	287
7.3.3. ANALISI LINEARE DINAMICA O STATICA	288
7.3.3.1. ANALISI LINEARE DINAMICA	288
7.3.3.2. ANALISI LINEARE STATICA	289
7.3.3.3. VALUTAZIONE DEGLI SPOSTAMENTI DELLA STRUTTURA	289
7.3.4. ANALISI NON LINEARE DINAMICA O STATICA	290
7.3.4.1. ANALISI NON LINEARE DINAMICA	290
7.3.4.2. ANALISI NON LINEARE STATICA	290
7.3.5. RISPOSTA ALLE DIVERSE COMPONENTI DELL'AZIONE SISMICA ED ALLA VARIABILITÀ SPAZIALE DEL MOTO	291
7.3.6. RISPETTO DEI REQUISITI NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE	291
7.3.6.1. ELEMENTI STRUTTURALI (ST)	292
7.3.6.2. ELEMENTI NON STRUTTURALI (NS)	293
7.3.6.3. IMPIANTI (IM)	293
7.4. COSTRUZIONI DI CALCESTRUZZO	294
7.4.1. GENERALITÀ	294
7.4.2. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	294
7.4.2.1. CONGLOMERATO	294
7.4.2.2. ACCIAIO	294
7.4.3. TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI COMPORTAMENTO	294
7.4.3.1. TIPOLOGIE STRUTTURALI	294
7.4.3.2. FATTORI DI COMPORTAMENTO	295
7.4.4. DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI PRIMARI E SECONDARI	296
7.4.4.1. TRAVI	296
7.4.4.1.1. Verifiche di resistenza (RES)	296
7.4.4.1.2. Verifiche di duttilità (DUT)	297
7.4.4.2. PILASTRI	298
7.4.4.2.1. Verifiche di resistenza (RES)	298
7.4.4.2.2. Verifiche di duttilità (DUT)	299
7.4.4.3. NODI TRAVE-PILASTRO	299
7.4.4.3.1. Verifiche di resistenza (RES)	299
7.4.4.4. DIAFRAMMI ORIZZONTALI	300
7.4.4.4.1. Verifiche di resistenza (RES)	300
7.4.4.5. PARETI	300
7.4.4.5.1. Verifiche di resistenza (RES)	301
7.4.4.5.2. Verifiche di duttilità (DUT)	304

7.4.4.6	TRAVI DI ACCOPPIAMENTO DEI SISTEMI A PARETI	305
7.4.5.	COSTRUZIONI CON STRUTTURA PREFABBRICATA	305
7.4.5.1	TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI COMPORTAMENTO	306
7.4.5.2	COLLEGAMENTI	306
7.4.5.2.1	Regole di progetto	307
7.4.5.2.2	Valutazione della resistenza	308
7.4.5.3	ELEMENTI STRUTTURALI	308
7.4.6.	DETTAGLI COSTRUTTIVI PER LE STRUTTURE A COMPORTAMENTO DISSIPATIVO	308
7.4.6.1	LIMITAZIONI GEOMETRICHE	308
7.4.6.1.1	Travi	308
7.4.6.1.2	Pilastrri	309
7.4.6.1.3	Nodi trave-pilastro	309
7.4.6.1.4	Pareti	309
7.4.6.2	LIMITAZIONI DI ARMATURA	309
7.4.6.2.1	Travi	309
7.4.6.2.2	Pilastrri	311
7.4.6.2.3	Nodi trave-pilastro	312
7.4.6.2.4	Pareti	312
7.4.6.2.5	Travi di accoppiamento	313
7.5.	COSTRUZIONI DI ACCIAIO	313
7.5.1.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	314
7.5.2.	TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI COMPORTAMENTO	314
7.5.2.1	TIPOLOGIE STRUTTURALI	314
7.5.2.2	FATTORI DI COMPORTAMENTO	316
7.5.3.	REGOLE DI PROGETTO GENERALI PER ELEMENTI STRUTTURALI DISSIPATIVI	316
7.5.3.1	VERIFICHE DI RESISTENZA (RES)	316
7.5.3.2	VERIFICHE DI DUTTILITÀ (DUT)	316
7.5.4.	REGOLE DI PROGETTO SPECIFICHE PER STRUTTURE INTELAIATE ..	317
7.5.4.1	TRAVI	317
7.5.4.2	COLONNE	318
7.5.4.3	COLLEGAMENTI TRAVE-COLONNA	319
7.5.4.4	PANNELLI D'ANIMA DEI COLLEGAMENTI TRAVE-COLONNA	319
7.5.4.5	COLLEGAMENTI COLONNA-FONDAZIONE	319
7.5.5.	REGOLE DI PROGETTO SPECIFICHE PER STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI	320
7.5.6.	REGOLE DI PROGETTO SPECIFICHE PER STRUTTURE CON CONTROVENTI ECCENTRICI	321
7.6.	COSTRUZIONI COMPOSTE DI ACCIAIO-CALCESTRUZZO	323
7.6.1.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	324
7.6.1.1	CALCESTRUZZO	324
7.6.1.2	ACCIAIO PER C.A.	324
7.6.1.3	ACCIAIO STRUTTURALE	324
7.6.2.	TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI COMPORTAMENTO	324
7.6.2.1	TIPOLOGIE STRUTTURALI	324
7.6.2.2	FATTORI DI COMPORTAMENTO	324
7.6.3.	RIGIDEZZA DELLA SEZIONE TRASVERSALE COMPOSTA	324
7.6.4.	CRITERI DI PROGETTO E DETTAGLI PER STRUTTURE DISSIPATIVE ..	324
7.6.4.1	CRITERI DI PROGETTO PER STRUTTURE DISSIPATIVE	324
7.6.4.2	VERIFICHE DI RESISTENZA (RES)	325
7.6.4.3	VERIFICHE DI DUTTILITÀ (DUT)	325
7.6.4.4	DETTAGLI COSTRUTTIVI	326
7.6.5.	REGOLE SPECIFICHE PER LE MEMBRATURE	326

7.6.5.1	TRAVI CON SOLETTA COLLABORANTE	327
7.6.5.2	MEMBRATURE COMPOSTE PARZIALMENTE RIVESTITE DI CALCESTRUZZO	328
7.6.5.3	COLONNE COMPOSTE COMPLETAMENTE RIVESTITE DI CALCESTRUZZO	329
7.6.5.4	COLONNE COMPOSTE RIEMPIE DI CALCESTRUZZO	329
7.6.6.	REGOLE SPECIFICHE PER STRUTTURE INTELAIATE	330
7.6.6.1	ANALISI STRUTTURALE	330
7.6.6.2	TRAVI E COLONNE	330
7.6.6.3	COLLEGAMENTI TRAVE-COLONNA	330
7.6.6.4	COLLEGAMENTI COLONNA-FONDAZIONE	330
7.6.6.5	CONDIZIONE PER TRASCURARE IL CARATTERE COMPOSTO DELLE TRAVI CON SOLETTA	330
7.6.7.	REGOLE SPECIFICHE PER STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI	331
7.6.8.	REGOLE SPECIFICHE PER STRUTTURE CON CONTROVENTI ECCENTRICI	331
7.7.	COSTRUZIONI IN LEGNO	331
7.7.1.	ASPETTI CONCETTUALI DELLA PROGETTAZIONE	331
7.7.2.	MATERIALI E PROPRIETÀ DELLE ZONE DISSIPATIVE	331
7.7.3.	TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI COMPORTAMENTO	332
7.7.3.1	PRECISAZIONI	332
7.7.4.	ANALISI STRUTTURALE	333
7.7.5.	DISPOSIZIONI COSTRUTTIVE	333
7.7.5.1	GENERALITÀ	333
7.7.5.2	DISPOSIZIONI COSTRUTTIVE PER I COLLEGAMENTI	333
7.7.5.3	DISPOSIZIONI COSTRUTTIVE PER GLI IMPALCATI	333
7.7.6	VERIFICHE DI SICUREZZA	334
7.7.7.	REGOLE DI DETTAGLIO	334
7.7.7.1	DISPOSIZIONI COSTRUTTIVE PER I COLLEGAMENTI	334
7.7.7.2	DISPOSIZIONI COSTRUTTIVE PER GLI IMPALCATI	334
7.8.	COSTRUZIONI DI MURATURA	334
7.8.1.	REGOLE GENERALI	334
7.8.1.1	PREMESSA	334
7.8.1.2	MATERIALI	335
7.8.1.3	MODALITÀ COSTRUTTIVE E FATTORI DI COMPORTAMENTO	335
7.8.1.4	CRITERI DI PROGETTO E REQUISITI GEOMETRICI	336
7.8.1.5	METODI DI ANALISI	336
7.8.1.5.1	Generalità	336
7.8.1.5.2	Analisi lineare statica	336
7.8.1.5.3	Analisi dinamica modale	337
7.8.1.5.4	Analisi statica non lineare	338
7.8.1.5.5	Analisi dinamica non lineare	338
7.8.1.6	VERIFICHE DI SICUREZZA	338
7.8.1.7	PRINCIPI DI PROGETTAZIONE IN CAPACITÀ	338
7.8.1.8	FONDAZIONI	339
7.8.1.9	COSTRUZIONI SEMPLICI	339
7.8.2.	COSTRUZIONI DI MURATURA ORDINARIA	340
7.8.2.1	CRITERI DI PROGETTO	340
7.8.2.2	VERIFICHE DI SICUREZZA	340
7.8.2.2.1	Pressoflessione nel piano	340
7.8.2.2.2	Taglio	340
7.8.2.2.3	Pressoflessione fuori piano	341
7.8.2.2.4	Travi in muratura	341
7.8.3.	COSTRUZIONI DI MURATURA ARMATA	341
7.8.3.1	CRITERI DI PROGETTO	341

7.8.3.2	VERIFICHE DI SICUREZZA	342
7.8.3.2.1	Pressoflessione nel piano	342
7.8.3.2.2	Taglio	342
7.8.3.2.3	Pressoflessione fuori piano	342
7.8.4.	COSTRUZIONI DI MURATURA CONFINATA	342
7.8.5.	STRUTTURE MISTE	343
7.8.6.	REGOLE DI DETTAGLIO	343
7.8.6.1	COSTRUZIONI DI MURATURA ORDINARIA	343
7.8.6.2	COSTRUZIONI DI MURATURA ARMATA	343
7.8.6.3	COSTRUZIONI DI MURATURA CONFINATA	344
7.9.	PONTI	344
7.9.1.	CAMPO DI APPLICAZIONE	344
7.9.2.	CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE	344
7.9.2.1	VALORI DEL FATTORE DI COMPORTAMENTO	345
7.9.3.	MODELLO STRUTTURALE	346
7.9.3.1	INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA E ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE	346
7.9.4.	ANALISI STRUTTURALE	347
7.9.4.1	ANALISI STATICA LINEARE	347
7.9.5.	DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	348
7.9.5.1	PILE	348
7.9.5.1.1	Verifiche di resistenza (RES)	348
7.9.5.1.2	Verifiche di duttilità (DUT)	349
7.9.5.2	IMPALCATO	349
7.9.5.2.1	Verifiche di resistenza (RES)	349
7.9.5.3	APPARECCHI DI APPOGGIO E ZONE DI SOVRAPPOSIZIONE	350
7.9.5.3.1	Apparecchi d'appoggio o di vincolo fissi	350
7.9.5.3.2	Apparecchi d'appoggio mobili	350
7.9.5.3.3	Dispositivi di fine corsa	350
7.9.5.3.4	Zone di sovrapposizione	350
7.9.5.4	SPALLE	351
7.9.5.4.1	Collegamento mediante apparecchi d'appoggio mobili	351
7.9.5.4.2	Collegamento mediante apparecchi d'appoggio fissi	351
7.9.6.	DETTAGLI COSTRUTTIVI PER ELEMENTI DI CALCESTRUZZO ARMATO	351
7.9.6.1	PILE	351
7.9.6.1.1	Armature per il confinamento del nucleo di calcestruzzo	352
7.9.6.1.2	Armature per contrastare l'instabilità delle barre verticali compresse	353
7.9.6.1.3	Dettagli costruttivi per le zone dissipative	353
7.9.6.2	IMPALCATO, FONDAZIONI E SPALLE	354
7.10.	COSTRUZIONI CON ISOLAMENTO E/O DISSIPAZIONE	354
7.10.1.	SCOPO	354
7.10.2.	REQUISITI GENERALI E CRITERI PER IL LORO SODDISFACIMENTO	354
7.10.3.	CARATTERISTICHE E CRITERI DI ACCETTAZIONE DEI DISPOSITIVI	355
7.10.4.	INDICAZIONI PROGETTUALI	355
7.10.4.1	INDICAZIONI RIGUARDANTI I DISPOSITIVI	355
7.10.4.2	CONTROLLO DI MOVIMENTI INDESIDERATI	355
7.10.4.3	CONTROLLO DEGLI SPOSTAMENTI SISMICI DIFFERENZIALI DEL TERRENO	355
7.10.4.4	CONTROLLO DEGLI SPOSTAMENTI RELATIVI AL TERRENO E ALLE COSTRUZIONI CIRCOSTANTI	356
7.10.5.	MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE	356
7.10.5.1	PROPRIETÀ DEL SISTEMA DI ISOLAMENTO	356
7.10.5.2	MODELLAZIONE	356
7.10.5.3	ANALISI	357
7.10.5.3.1	Analisi lineare statica	357
7.10.5.3.2	Analisi lineare dinamica	359

7.10.6.	VERIFICHE	359
7.10.6.1	VERIFICHE DEGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	359
7.10.6.2	VERIFICHE DEGLI STATI LIMITE ULTIMI	359
7.10.6.2.1	Verifiche dello SLV	359
7.10.6.2.2	Verifiche dello SLC	360
7.10.7.	ASPETTI COSTRUTTIVI, MANUTENZIONE, SOSTITUIBILITÀ	360
7.10.8.	ACCORGIMENTI SPECIFICI IN FASE DI COLLAUDO	361
7.11.	OPERE E SISTEMI GEOTECNICI	361
7.11.1.	REQUISITI NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE	361
7.11.2.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA AI FINI SISMICI	361
7.11.3.	RISPOSTA SISMICA E STABILITÀ DEL SITO	362
7.11.3.1	RISPOSTA SISMICA LOCALE	362
7.11.3.2	FATTORI DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	362
7.11.3.3	FATTORI DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	362
7.11.3.4	STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE	362
7.11.3.4.1	Generalità	362
7.11.3.4.2	Esclusione della verifica a liquefazione	363
7.11.3.4.3	Metodi di analisi	363
7.11.3.5	STABILITÀ DEI PENDII	364
7.11.3.5.1	Azione sismica	364
7.11.3.5.2	Metodi di analisi	364
7.11.4.	FRONTI DI SCAVO E RILEVATI	365
7.11.5.	FONDAZIONI	366
7.11.5.1	REGOLE GENERALI DI PROGETTAZIONE	366
7.11.5.2	INDAGINI E MODELLO GEOTECNICO	366
7.11.5.3	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE ULTIMO (SLV) E ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLD)	366
7.11.5.3.1	Fondazioni superficiali	366
7.11.5.3.2	Fondazioni su pali	367
7.11.6.	OPERE DI SOSTEGNO	368
7.11.6.1	REQUISITI GENERALI	368
7.11.6.2	MURI DI SOSTEGNO	369
7.11.6.2.1	Metodi di analisi	369
7.11.6.2.2	Verifiche di sicurezza	370
7.11.6.3	PARATIE	370
7.11.6.3.1	Metodi pseudo-statici	370
7.11.6.3.2	Verifiche di sicurezza	371
7.11.6.4	SISTEMI DI VINCOLO	372
7.11.6.4.1	Verifiche di sicurezza	372
8. COSTRUZIONI ESISTENTI	373	
8.1. OGGETTO	373	
8.2. CRITERI GENERALI	373	
8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA	373	
8.4. CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI	375	
8.4.1.	RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE	375
8.4.2.	INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO	375
8.4.3.	INTERVENTO DI ADEGUAMENTO	376
8.5. DEFINIZIONE DEL MODELLO DI RIFERIMENTO PER LE ANALISI	376	
8.5.1.	ANALISI STORICO-CRITICA	376
8.5.2.	RILIEVO	376
8.5.3.	CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI	376

8.5.4.	LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA	377
8.5.5.	AZIONI	377
8.6.	MATERIALI	377
8.7.	PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI IN PRESENZA DI AZIONI SISMICHE	377
8.7.1.	COSTRUZIONI IN MURATURA	377
8.7.2.	COSTRUZIONI IN CALCESTRUZZO ARMATO O IN ACCIAIO	378
8.7.3.	COSTRUZIONI MISTE	379
8.7.4.	CRITERI E TIPI D'INTERVENTO	379
8.7.5.	ELABORATI DEL PROGETTO DELL'INTERVENTO	380
9.	COLLAUDO STATICO	381
9.1.	PRESCRIZIONI GENERALI	381
9.2.	PROVE DI CARICO	382
9.2.1.	STRUTTURE PREFABBRICATE	382
9.2.2.	PONTI STRADALI	382
9.2.3.	PONTI FERROVIARI	382
10.	REDAZIONE DEI PROGETTI STRUTTURALI ESECUTIVI E DELLE RELAZIONI DI CALCOLO	385
10.1.	CARATTERISTICHE GENERALI	385
10.2.	ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO	385
10.2.1.	RELAZIONE DI CALCOLO	385
10.2.2.	VALUTAZIONE INDIPENDENTE DEL CALCOLO	386
11.	MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE	387
11.1.	GENERALITÀ	387
11.2.	CALCESTRUZZO	389
11.2.1.	SPECIFICHE PER IL CALCESTRUZZO	389
11.2.2.	CONTROLLI DI QUALITÀ DEL CALCESTRUZZO	389
11.2.3.	VALUTAZIONE PRELIMINARE	390
11.2.4.	PRELIEVO E PROVA DEI CAMPIONI	390
11.2.5.	CONTROLLO DI ACCETTAZIONE	390
11.2.5.1	CONTROLLO DI TIPO A	391
11.2.5.2	CONTROLLO DI TIPO B	391
11.2.5.3	PRESCRIZIONI COMUNI PER ENTRAMBI I CRITERI DI CONTROLLO	391
11.2.6.	CONTROLLO DELLA RESISTENZA DEL CALCESTRUZZO IN OPERA ..	392
11.2.7.	PROVE COMPLEMENTARI	393
11.2.8.	PRESCRIZIONI RELATIVE AL CALCESTRUZZO CONFEZIONATO CON PROCESSO INDUSTRIALIZZATO	393
11.2.9.	COMPONENTI DEL CALCESTRUZZO	393
11.2.9.1	LEGANTI	393
11.2.9.2	AGGREGATI	394
11.2.9.3	AGGIUNTE	395
11.2.9.4	ADDITIVI	395
11.2.9.5	ACQUA DI IMPASTO	395
11.2.9.6	MISCELE PRECONFEZIONATE DI COMPONENTI PER CALCESTRUZZO	395
11.2.10.	CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO	395
11.2.10.1	RESISTENZA A COMPRESSIONE	395

11.2.10.2	RESISTENZA A TRAZIONE	396
11.2.10.3	MODULO ELASTICO	396
11.2.10.4	COEFFICIENTE DI POISSON	396
11.2.10.5	COEFFICIENTE DI DILATAZIONE TERMICA	396
11.2.10.6	RITIRO	397
11.2.10.7	VISCOSITÀ	398
11.2.11.	DURABILITÀ	398
11.2.12.	CALCESTRUZZO FIBRORINFORZATO (FRC)	399
11.3.	ACCIAIO	399
11.3.1.	PRESCRIZIONI COMUNI A TUTTE LE TIPOLOGIE DI ACCIAIO	399
11.3.1.1	CONTROLLI	399
11.3.1.2	CONTROLLI DI PRODUZIONE IN STABILIMENTO E PROCEDURE DI QUALIFICAZIONE ..	399
11.3.1.3	MANTENIMENTO E RINNOVO DELLA QUALIFICAZIONE	400
11.3.1.4	IDENTIFICAZIONE E RINTRACCIABILITÀ DEI PRODOTTI QUALIFICATI	401
11.3.1.5	FORNITURE E DOCUMENTAZIONE DI ACCOMPAGNAMENTO	402
11.3.1.6	PROVE DI QUALIFICAZIONE E VERIFICHE PERIODICHE DELLA QUALITÀ	402
11.3.1.7	CENTRI DI TRASFORMAZIONE	403
11.3.2.	ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO	404
11.3.2.1	ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO B450C	404
11.3.2.2	ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO B450A	405
11.3.2.3	ACCERTAMENTO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE	405
11.3.2.4	CARATTERISTICHE DIMENSIONALI E DI IMPIEGO	405
11.3.2.5	RETI E TRALICCI ELETTROSALDATI	406
11.3.2.5.1	Identificazione delle reti e dei tralicci elettrosaldati	406
11.3.2.6	SALDABILITÀ	406
11.3.2.7	TOLLERANZE DIMENSIONALI	407
11.3.2.8	ALTRI TIPI DI ACCIAI	407
11.3.2.8.1	Acciai inossidabili	407
11.3.2.8.2	Acciai zincati	407
11.3.2.9	GIUNZIONI MECCANICHE	407
11.3.2.10	PROCEDURE DI CONTROLLO PER ACCIAI DA CALCESTRUZZO ARMATO normale	
	- barre e rotoli	408
11.3.2.10.1	Controlli sistematici in stabilimento	408
11.3.2.10.1.1	<i>Generalità</i>	408
11.3.2.10.1.2	<i>Prove di qualificazione</i>	408
11.3.2.10.1.3	<i>Procedura di valutazione</i>	408
11.3.2.10.1.4	<i>Prove periodiche di verifica della qualità</i>	409
11.3.2.10.2	Controlli su singole colate o lotti di produzione	410
11.3.2.10.3	Controlli nei centri di trasformazione	410
11.3.2.10.4	Prove di aderenza	412
11.3.2.11	PROCEDURE DI CONTROLLO PER ACCIAI DA CALCESTRUZZO ARMATO	
	ORDINARIO - RETI E TRALICCI ELETTROSALDATI	412
11.3.2.11.1	Controlli sistematici in stabilimento	412
11.3.2.11.1.1	<i>Prove di qualificazione</i>	412
11.3.2.11.1.2	<i>Prove di verifica della qualità</i>	413
11.3.2.11.2	Controlli su singoli lotti di produzione	413
11.3.2.12	CONTROLLI DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE	413
11.3.3.	ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO PRECOMPRESSO	415
11.3.3.1	CARATTERISTICHE DIMENSIONALI E DI IMPIEGO	415
11.3.3.2	CARATTERISTICHE DEI PRODOTTI	416
11.3.3.3	CADUTE DI TENSIONE PER RILASSAMENTO	417
11.3.3.4	CENTRI DI TRASFORMAZIONE	418
11.3.3.5	PROCEDURE DI CONTROLLO PER ACCIAI DA CALCESTRUZZO ARMATO	
	PRECOMPRESSO	418

11.3.3.5.1	Prescrizioni comuni - Modalità di prelievo	418
11.3.3.5.2	Controlli sistematici in stabilimento	418
11.3.3.5.2.1	<i>Prove di qualificazione</i>	418
11.3.3.5.2.2	<i>Prove di verifica della qualità</i>	419
11.3.3.5.2.3	<i>Determinazione delle proprietà e tolleranze</i>	420
11.3.3.5.2.4	<i>Controlli su singoli lotti di produzione</i>	423
11.3.3.5.3	Controlli nei centri di trasformazione	423
11.3.3.5.4	Controlli di accettazione in cantiere	424
11.3.3.5.5	Prodotti inguainati o inguainati e cerati	424
11.3.3.5.6	Prodotti zincati	424
11.3.3.5.7	Certificati di prova rilasciati dal laboratorio di cui all'art. 59 del DPR 380/2001	425
11.3.4.	ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE E PER STRUTTURE COMPOSTE	425
11.3.4.1	GENERALITÀ	425
11.3.4.2	ACCIAI LAMINATI	425
11.3.4.2.1	Controlli sui prodotti laminati	426
11.3.4.2.2	Fornitura dei prodotti laminati	426
11.3.4.3	ACCIAIO PER GETTI	426
11.3.4.4	ACCIAIO PER STRUTTURE SALDATE	426
11.3.4.5	PROCESSO DI SALDATURA	426
11.3.4.6	BULLONI E CHIODI	427
11.3.4.6.1	Bulloni "non a serraggio controllato"	427
11.3.4.6.2	Bulloni "a serraggio controllato"	428
11.3.4.6.3	Elementi di collegamento in acciaio inossidabile	428
11.3.4.6.4	Chiodi	428
11.3.4.7	CONNETTORI A PIOLO	429
11.3.4.8	ACCIAI INOSSIDABILI	429
11.3.4.9	ACCIAI DA CARPENTERIA PER STRUTTURE SOGGETTE AD AZIONI SISMICHE	429
11.3.4.10	CENTRI DI TRASFORMAZIONE E CENTRI DI PRODUZIONE DI ELEMENTI IN ACCIAIO ..	429
11.3.4.11	PROCEDURE DI CONTROLLO SU ACCIAI DA CARPENTERIA	430
11.3.4.11.1	Controlli in stabilimento di produzione	430
11.3.4.11.1.1	<i>Suddivisione dei prodotti</i>	430
11.3.4.11.1.2	<i>Prove di qualificazione</i>	430
11.3.4.11.1.3	<i>Controllo continuo della qualità della produzione</i>	430
11.3.4.11.1.4	<i>Verifica periodica della qualità</i>	431
11.3.4.11.1.5	<i>Controlli su singole colate</i>	431
11.3.4.11.2	Controlli nei centri di trasformazione e nei centri di produzione di elementi tipologici in acciaio	432
11.3.4.11.2.1	<i>Centri di produzione di lamiere grecate e profilati formati a freddo ...</i>	432
11.3.4.11.2.2	<i>Centri di prelaborazione di componenti strutturali</i>	432
11.3.4.11.2.3	<i>Officine per la produzione di carpenterie metalliche</i>	432
11.3.4.11.2.4	<i>Officine per la produzione di bulloni e chiodi</i>	433
11.3.4.11.3	Controlli di accettazione in cantiere	433
11.4.	ANCORANTI PER USO STRUTTURALE E GIUNTI DI DILATAZIONE ..	434
11.4.1.	ANCORANTI PER USO STRUTTURALE	434
11.4.2.	GIUNTI DI DILATAZIONE STRADALE	435
11.5.	SISTEMI DI PRECOMPRESSIONE A CAVI POST-TESI E TIRANTI DI ANCORAGGIO	435
11.5.1.	SISTEMI DI PRECOMPRESSIONE A CAVI POST-TESI	435
11.5.2.	TIRANTI DI ANCORAGGIO PER USO GEOTECNICO	435
11.6.	APPOGGI STRUTTURALI	435
11.7.	MATERIALI E PRODOTTI A BASE DI LEGNO	436
11.7.1.	GENERALITÀ	436

11.7.1.1	PROPRIETÀ DEI MATERIALI	436
11.7.2.	LEGNO MASSICCIO	437
11.7.3.	LEGNO STRUTTURALE CON GIUNTI A DITA	438
11.7.4.	LEGNO LAMELLARE INCOLLATO E LEGNO MASSICCIO INCOLLATO ..	438
11.7.5.	PANNELLI A BASE DI LEGNO	438
11.7.6.	ALTRI PRODOTTI DERIVATI DAL LEGNO PER USO STRUTTURALE ...	438
11.7.7.	ADESIVI	439
11.7.7.1	ADESIVI PER ELEMENTI INCOLLATI IN STABILIMENTO	439
11.7.7.2	ADESIVI PER GIUNTI REALIZZATI IN CANTIERE	439
11.7.8.	ELEMENTI MECCANICI DI COLLEGAMENTO	439
11.7.9.	DURABILITÀ DEL LEGNO E DERIVATI	439
11.7.9.1	GENERALITÀ	439
11.7.9.2	REQUISITI DI DURABILITÀ NATURALE DEI MATERIALI A BASE DI LEGNO	439
11.7.10.	PROCEDURE DI IDENTIFICAZIONE, QUALIFICAZIONE E ACCETTAZIONE - CENTRI DI LAVORAZIONE	440
11.7.10.1	FABBRICANTI E CENTRI DI LAVORAZIONE	440
11.7.10.1.1	Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati	441
11.7.10.1.2	Forniture e documentazione di accompagnamento	442
11.7.10.2	CONTROLLI DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE	442
11.8.	COMPONENTI PREFABBRICATI IN C.A. E C.A.P.	443
11.8.1.	GENERALITÀ	443
11.8.2.	REQUISITI MINIMI DEGLI STABILIMENTI E DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE	443
11.8.3.	CONTROLLO DI PRODUZIONE	444
11.8.3.1	CONTROLLO SUI MATERIALI PER ELEMENTI DI SERIE	444
11.8.3.2	CONTROLLO DI PRODUZIONE IN SERIE CONTROLLATA	445
11.8.3.3	PROVE INIZIALI DI TIPO PER ELEMENTI IN SERIE CONTROLLATA	445
11.8.3.4	MARCHIATURA	445
11.8.4.	PROCEDURE DI QUALIFICAZIONE	445
11.8.4.1	QUALIFICAZIONE DELLO STABILIMENTO	445
11.8.4.2	QUALIFICAZIONE DELLA PRODUZIONE IN SERIE DICHIARATA	446
11.8.4.3	QUALIFICAZIONE DELLA PRODUZIONE IN SERIE CONTROLLATA	446
11.8.4.4	SOSPENSIONI E REVOCHE	446
11.8.5.	DOCUMENTI DI ACCOMPAGNAMENTO	446
11.8.6.	DISPOSITIVI MECCANICI DI COLLEGAMENTO	447
11.9.	DISPOSITIVI ANTISISMICI E DI CONTROLLO DI VIBRAZIONI	447
11.9.1.	TIPOLOGIE DI DISPOSITIVI	448
11.9.2.	PROCEDURA DI QUALIFICAZIONE	448
11.9.3.	PROCEDURA DI ACCETTAZIONE	448
11.9.4.	DISPOSITIVI A COMPORTAMENTO LINEARE	449
11.9.4.1	PROVE DI ACCETTAZIONE SUI DISPOSITIVI	450
11.9.5.	DISPOSITIVI A COMPORTAMENTO NON LINEARE	450
11.9.5.1	PROVE DI ACCETTAZIONE SUI DISPOSITIVI	451
11.9.6.	DISPOSITIVI A COMPORTAMENTO VISCOSO	451
11.9.6.1	PROVE DI ACCETTAZIONE SUI DISPOSITIVI	452
11.9.7.	ISOLATORI ELASTOMERICI	452
11.9.7.1	PROVE DI ACCETTAZIONE SUI DISPOSITIVI	453
11.9.8.	ISOLATORI A SCORRIMENTO	453
11.9.8.1	PROVE DI ACCETTAZIONE SUI DISPOSITIVI	454
11.9.9.	DISPOSITIVI A VINCOLO RIGIDO DEL TIPO A «FUSIBILE»	454
11.9.9.1	PROVE DI ACCETTAZIONE SUI DISPOSITIVI	454
11.9.10.	DISPOSITIVI (DINAMICI) DI VINCOLO PROVVISORIO	454
11.9.10.1	PROVE DI ACCETTAZIONE SUI DISPOSITIVI	455
11.10.	MURATURA PORTANTE	455

11.10.1.	ELEMENTI PER MURATURA	455
11.10.1.1	PROVE DI ACCETTAZIONE	455
11.10.1.1.1	Resistenza a compressione degli elementi resistenti artificiali o naturali	456
11.10.2.	MALTE PER MURATURA	456
11.10.2.1	MALTE A PRESTAZIONE GARANTITA	456
11.10.2.2	MALTE A COMPOSIZIONE PRESCRITTA	457
11.10.2.3	MALTE PRODOTTE IN CANTIERE	458
11.10.2.4	PROVE DI ACCETTAZIONE	458
11.10.3.	DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI MECCANICI DELLA MURATURA ..	458
11.10.3.1	RESISTENZA A COMPRESSIONE	458
11.10.3.1.1	Determinazione sperimentale della resistenza a compressione	458
11.10.3.1.2	Stima della resistenza a compressione	458
11.10.3.2	RESISTENZA CARATTERISTICA A TAGLIO IN ASSENZA DI TENSIONI NORMALI	460
11.10.3.2.1	Determinazione sperimentale della resistenza a taglio	460
11.10.3.2.2	Stima della resistenza a taglio	460
11.10.3.3	RESISTENZA CARATTERISTICA A TAGLIO	460
11.10.3.4	MODULI DI ELASTICITÀ SECANTI	461
12.	RIFERIMENTI TECNICI	463

INDICE DELLE TABELLE

Tab. 2.4.I	- Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni	68
Tab. 2.4.II	- Valori del coefficiente d'uso C_U	69
Tab. 2.5.I	- Valori dei coefficienti di combinazione	71
Tab. 2.6.I	- Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU	72
Tab. 3.1.I	- Pesi dell'unità di volume dei principali materiali	75
Tab. 3.1.II	- Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni	77
Tab. 3.2.I	- Probabilità di superamento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato	79
Tab. 3.2.II	- Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato	80
Tab. 3.2.III	- Categorie topografiche	81
Tab. 3.2.IV	- Espressioni di S_S e di C_C	83
Tab. 3.2.V	- Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T	84
Tab. 3.2.VI	- Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale	84
Tab. 3.2.VII	- Valori dei parametri T_E e T_F	85
Tab. 3.3.I	- Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_s	88
Tab. 3.3.II	- Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione	91
Tab. 3.3.III	- Classi di rugosità del terreno	91
Tab. 3.4.II	- Valori del coefficiente di forma	95
Tab. 3.4.I	- Valori di C_E per diverse classi di esposizione	96
Tab. 3.5.I	- Contributo dell'irraggiamento solare	99
Tab. 3.5.II	- Valori di ΔT_u per gli edifici	99
Tab. 3.5.III	- Coefficienti di dilatazione termica a temperatura ambiente	99
Tab. 3.5.IV	- Livelli di prestazione in caso di incendi	101
Tab. 3.6.I	- Categorie di azione dovute alle esplosioni	103
Tab. 3.6.II	- Categorie di azione	104
Tab. 3.6.III	- Forze statiche equivalenti agli urti di veicoli	105
Tab. 4.1.I	- Classi di resistenza	107
Tab. 4.1.II	- Impiego delle diverse classi di resistenza	108
Tab. 4.1.III	- Descrizione delle condizioni ambientali	115
Tab. 4.1.IV	- Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione	115
Tab. 4.2.I	- Laminati a caldo con profili a sezione aperta piani e lunghi	134
Tab. 4.2.II	- Laminati a caldo con profili a sezione cava	135
Tab. 4.2.III	- Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse	137
Tab. 4.2.IV	- Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse	138
Tab. 4.2.V	- Massimi rapporti larghezza spessore per parti compresse	138
Tab. 4.2.VI	- Metodi di analisi globali e relativi metodi di calcolo delle capacità e classi di sezioni ammesse	139
Tab. 4.2.VII	- Coefficienti di sicurezza per la resistenza delle membrature e la stabilità	141

Tab. 4.2.VIII	- Curve d'instabilità per varie tipologie di sezioni e classi d'acciaio, per elementi compressi	148
Tab. 4.2.IX (a)	- Valori raccomandati di α_{LT} per le differenti curve di stabilità	150
Tab. 4.2.IX (b)	- Definizione delle curve di stabilità per le varie tipologie di sezione e per gli elementi inflessi	150
Tab. 4.2.X	- Coefficiente correttivo del momento flettente per la verifica a stabilità delle travi inflesse	151
Tab. 4.2.XI	- Coefficienti di sicurezza da assumere per le verifiche a fatica	152
Tab. 4.2.XII	- Limiti di deformabilità per gli elementi di impalcato delle costruzioni ordinarie	154
Tab. 4.2.XIII	- Limiti di deformabilità per costruzioni ordinarie soggette ad azioni orizzontali	155
Tab. 4.2.XIV	- Coefficienti di sicurezza per la verifica delle unioni	157
Tab. 4.2.XV	- Classi funzionali per i bulloni	157
Tab. 4.2.XVI	- Coppie di serraggio per i bulloni 8.8	158
Tab. 4.2.XVII	- Coppie di serraggio per bulloni 10.9	158
Tab. 4.2.XVIII	- Posizione dei fori per unioni bullonate e chiodate	159
Tab. 4.2.XIX	- Valori dei coefficienti β_1 e β_2	164
Tab. 4.3.I	- Limiti della redistribuzione del momento negativo sugli appoggi	167
Tab. 4.3.II	- Limiti superiori del coefficiente k_t	174
Tab. 4.3.III	- Curve di instabilità e fattori di imperfezione	181
Tab. 4.4.I	- Classi di durata del carico	188
Tab. 4.4.II	- Classi di servizio	189
Tab. 4.4.III	- Coefficienti parziali γ_M per le proprietà dei materiali	189
Tab. 4.4.IV	- Valori di k_{mod} per legno e prodotti strutturali a base di legno	190
Tab. 4.4.V	- Valori di k_{def} per legno e prodotti strutturali a base di legno	191
Tab. 4.5.Ia	- Classificazione elementi in laterizio	199
Tab. 4.5.Ib	- Classificazione elementi in calcestruzzo	200
Tab. 4.5.II	- Valori del coefficiente γ_M in funzione della classe di esecuzione e della categoria degli elementi resistenti	202
Tab. 4.5.III	- Valori del coefficiente Φ con l'ipotesi della articolazione (a cerniera)	203
Tab. 4.5.IV	- Fattore laterale di vincolo	203
Tab. 5.1.I	- Numero e larghezza delle corsie	211
Tab. 5.1.II	- Intensità dei carichi Q_{ik} e q_{ik} per le diverse corsie	214
Tab. 5.1.III	- Valori caratteristici delle forze centrifughe	215
Tab. 5.1.IV	- Valori caratteristici delle azioni dovute al traffico	217
Tab. 5.1.V	- Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU	218
Tab. 5.1.VI	- Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali	218
Tab. 5.1.VII	- Modello di carico di fatica 2 - veicoli frequenti	220
Tab. 5.1.VIII	- Modello di carico di fatica 4 - veicoli equivalenti	221
Tab. 5.1.IX	- Dimensioni degli assi e delle impronte per i veicoli equivalenti	222
Tab. 5.1.X	- Flusso annuo di veicoli pesanti sulla corsia di marcia lenta	222
Tab. 5.2.I	- Caratteristiche Modelli di Carico SW	227
Tab. 5.2.II	- Lunghezza caratteristica L_ϕ	231

Tab. 5.2.II.b	- Parametri per determinazione della forza centrifuga	234
Tab. 5.2.III	- Carichi mobili in funzione del numero di binari presenti sul ponte . .	242
Tab. 5.2.IV	- Valutazione dei carichi da traffico	242
Tab. 5.2.V	- Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU	243
Tab. 5.2.VI	- Coefficienti di combinazione Ψ delle azioni	244
Tab. 5.2.VII	- Ulteriori coefficienti di combinazione Ψ delle azioni	244
Tab. 5.2.VIII	- Massima variazione angolare e minimo raggio di curvatura	245
Tab. 6.2.I	- Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni	250
Tab. 6.2.II	- Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno	250
Tab. 6.2.III	- Coefficienti parziali sulle azioni per le verifiche nei confronti di stati limite di sollevamento	251
Tab. 6.4.I	- Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali	255
Tab. 6.4.II	- Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali	256
Tab. 6.4.III	- Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica a partire dai risultati di prove di carico statico su pali pilota	257
Tab. 6.4.IV	- Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate	257
Tab. 6.4.V	- Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica a partire dai risultati di prove dinamiche su pali pilota	258
Tab. 6.4.VI	- Coefficiente parziale γ_T per le verifiche agli stati limite ultimi di pali soggetti a carichi trasversali	258
Tab. 6.5.I	- Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di muri di sostegno	263
Tab. 6.6.I	- Coefficienti parziali per la resistenza degli ancoraggi	265
Tab. 6.6.II	- Fattori di correlazione per derivare la resistenza caratteristica da prove di progetto, in funzione del numero degli ancoraggi di prova	265
Tab. 6.6.III	- Fattori di correlazione per derivare la resistenza caratteristica dalle prove geotecniche, in funzione del numero n di profili di indagine . .	265
Tab. 6.8.I	- Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo	269
Tab. 7.2.I	- Fattori di sovraresistenza γ_{Rd} (fra parentesi quadre è indicato il numero dell'equazione corrispondente)	278
Tab. 7.3.I	- Limiti su q e modalità di modellazione dell'azione sismica	284
Tab. 7.3.II	- Valori massimi del valore di base q_0 del fattore di comportamento allo SLV per diverse tecniche costruttive ed in funzione della tipologia strutturale e della classe di duttilità CD	285
Tab. 7.3.III	- Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti	292
Tab. 7.5.I	- Classe della sezione trasversale di elementi dissipativi in funzione della classe di duttilità e di q_0	317
Tab. 7.6.I	- Valori limite della snellezza per i profilati metallici	326
Tab. 7.6.II	- Valori limite del rapporto x/d per le travi composte, al variare del fattore q_0	328

Tab. 7.6.III	- Definizione della larghezza efficace parziale per il calcolo della rigidezza flessionale	328
Tab. 7.6.IV	- Definizione della larghezza efficace parziale per il calcolo del momento plastico	328
Tab. 7.8.I	- Requisiti geometrici delle pareti resistenti al sisma	336
Tab. 7.8.II	- Area pareti resistenti in ciascuna direzione ortogonale per costruzioni semplici	339
Tab. 7.11.I	- Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito ...	365
Tab. 7.11.II	- Coefficienti parziali γ_R per le verifiche degli stati limite (SLV) delle fondazioni superficiali con azioni sismiche	367
Tab. 7.11.III	- Coefficienti parziali γ_R per le verifiche degli stati limite (SLV) dei muri di sostegno	370
Tab. 11.2.I	.....	390
Tab. 11.2.II	.....	394
Tab. 11.2.III	.....	394
Tab. 11.2.IV	- Controlli di accettazione per aggregati per calcestruzzo strutturale ..	395
Tab. 11.2.Va	- Valori di ϵ_{c0}	397
Tab. 11.2.Vb	- Valori di k_R	397
Tab. 11.2.VI	- Valori di $\phi(\infty, t_0)$. Atmosfera con umidità relativa di circa il 75% ...	398
Tab. 11.2.VII	- Valori di $\phi(\infty, t_0)$. Atmosfera con umidità relativa di circa il 55% ...	398
Tab. 11.3.Ia	.....	404
Tab. 11.3.Ib	.....	404
Tab. 11.3.Ic	.....	405
Tab. 11.3.II	- Massimo contenuto di elementi chimici in %	407
Tab. 11.3.III	.....	407
Tab. 11.3.IV	- $f_y - f_t$ - Coefficiente k in funzione del numero n di campioni (per una probabilità di insuccesso attesa del 5% [$p = 0,95$] con una probabilità del 90%)	409
Tab. 11.3.V	- $A_{gt} \cdot f_t/f_y \cdot f_y/f_{ynom.}$ - Coefficiente k in funzione del numero n di campioni (per una probabilità di insuccesso attesa del 10% [$p = 0,90$] con una probabilità del 90%)	409
Tab. 11.3.VI a)	- Valori di accettazione nei centri di trasformazione - barre e rotoli dopo la raddrizzatura	411
Tab. 11.3.VI b)	.....	412
Tab. 11.3.VII a)	- Valori di accettazione in cantiere - barre	414
Tab. 11.3.VII b)	- Valori di accettazione in cantiere - reti e tralicci	414
Tab. 11.3.VIII	.....	417
Tab. 11.3.IX	.....	418
Tab. 11.3.X	- Dimensioni e tolleranze per le impronte dei fili, delle trecce e dei trefoli improntati (mm)	421
Tab. 11.3.XI	- Valori inferiori della tensione di prova, σ_2 (MPa), nella prova di verifica della resistenza a fatica	422
Tab. 11.3.XII	.....	427
Tab. 11.3.XIII.a	.....	428
Tab. 11.3.XIII.b	.....	428

Tab. 11.3.XIV	.....	428
Tab. 11.7.I	- Profilo resistente per materiali e prodotti a base di legno	437
Tab. 11.9.I	.....	450
Tab. 11.9.II	.....	451
Tab. 11.9.III	.....	452
Tab. 11.9.IV	.....	453
Tab. 11.10.I	.....	455
Tab. 11.10.II	- Classi di malte a prestazione garantita	457
Tab. 11.10.III	.....	457
Tab. 11.10.IV	.....	457
Tab. 11.10.V	- Corrispondenza tra classi di resistenza e composizione in volume delle malte	457
Tab. 11.10.VI	- Valori di f_k per murature in elementi artificiali pieni e semipieni (valori in N/mm^2)	459
Tab. 11.10.VII	- Valori di f_k per murature in elementi naturali di pietra squadrata (valori in N/mm^2)	459
Tab. 11.10.VIII	- Resistenza caratteristica a taglio in assenza di tensioni normali f_{vk0} (valori in N/mm^2)	460

INDICE DELLE FIGURE

Fig. 3.3.1	- Mappa delle zone in cui è suddiviso il territorio italiano	89
Fig. 3.3.2	- Definizione delle categorie di esposizione	92
Fig. 3.3.3	- Andamento del coefficiente di esposizione c_e in funzione dell'altezza sul suolo (per $c_t = 1$)	92
Fig. 3.4.1	- Zone di carico della neve	94
Fig. 3.4.2	- Condizioni di carico per coperture ad una falda	96
Fig. 3.4.3	- Condizioni di carico per coperture a due falde	96
Fig. 3.5.1	- Zone della temperatura dell'aria esterna	97
Fig. 3.5.2	- Andamento della temperatura all'interno di un elemento strutturale . .	98
Fig. 4.1.1	- Modelli σ - ε per il calcestruzzo	111
Fig. 4.1.2	- Modelli σ - ε per il calcestruzzo confinato	112
Fig. 4.1.3	- Modelli σ - ε per l'acciaio	114
Fig. 4.1.4	- Sezione pressoinflessa	117
Fig. 4.2.3	- Definizione degli spostamenti verticali per le verifiche in esercizio . .	154
Fig. 4.2.4	- Definizione degli spostamenti orizzontali per le verifiche in esercizio	155
Fig. 4.2.5	- Disposizione dei fori per la realizzazione di unioni bullonate o chiodate	159
Fig. 4.2.6	- Definizione dell'area di gola per le saldature a cordone d'angolo . . .	162
Fig. 4.2.7	. . . . .	163
Fig. 4.3.1	- Definizione della larghezza efficace b_{eff} e delle aliquote b_{ei}	168
Fig. 4.3.2	- Larghezza efficace, b_{eff} , e luci equivalenti, L_e , per le travi continue .	169
Fig. 4.3.3	- Tipologie di sezione composte per travi	171
Fig. 4.3.4(a)	- Disposizione della lamiera grecata rispetto al profilo in acciaio	173
Fig. 4.3.4(b)	- Disposizione della lamiera grecata rispetto al profilo in acciaio	174
Fig. 4.3.5	- Tipiche superfici di collasso a taglio nelle piattabande di calcestruzzo	175
Fig. 4.3.6	- Tipi di sezioni per colonne composte, trattate nel presente paragrafo	176
Fig. 4.3.7	- Sezione tipo di colonna composta circolare riempita di calcestruzzo in cui è possibile considerare il confinamento del calcestruzzo	178
Fig. 4.3.8	- Metodo semplificato per la valutazione del dominio di interazione N-M per le colonne composte	179
Fig. 4.3.9	- Disposizione dei pioli per la connessione meccanica acciaio-calcestruzzo	183
Fig. 4.3.10	- Perimetro efficace delle barre di armatura	184
Fig. 4.3.11	- Tipiche forme di connessione per ingranamento delle solette composte	184
Fig. 4.3.12	- Diffusione del carico concentrato	185
Fig. 4.4.1	- Assi dell'elemento	192
Fig. 5.1.1	- Esempio di numerazione delle corsie	211
Fig. 5.1.2	- Schemi di carico 1 - 5 (dimensioni in m)	213
Fig. 5.1.3.a	- Diffusione dei carichi concentrati nelle solette	214
Fig. 5.1.3.b	- Diffusione dei carichi concentrati negli impalcati a piastra ortotropa .	214
Fig. 5.1.4	- Modello di carico di fatica 1	219
Fig. 5.1.5	- Modello di carico di fatica 3	221
Fig. 5.2.1	- Modello di carico LM 71	226

Fig. 5.2.2	- Modelli di carico SW	227
Fig. 5.2.3	- Distribuzione longitudinale dei carichi assiali	227
Fig. 5.2.4	- Distribuzione longitudinale dei carichi attraverso il ballast	228
Fig. 5.2.5	- Distribuzione trasversale in rettilineo delle azioni per mezzo delle traverse e del ballast. In figura, Q_n rappresenta la forza centrifuga definita al successivo § 5.2.2.3.1	228
Fig. 5.2.6	- Distribuzione trasversale in curva delle azioni per mezzo delle traverse e del ballast. In figura, Q_n rappresenta la forza centrifuga definita al successivo § 5.2.2.3.1	229
Fig. 5.2.7	- Limiti delle frequenze proprie n_0 in Hz in funzione della luce della campata	230
Fig. 5.2.8	- Valori caratteristici delle azioni q_{1k} per superfici verticali parallele al binario	237
Fig. 5.2.9	- Valori caratteristici delle azioni q_{2k} per superfici orizzontali al di sopra del binario	238
Fig. 5.2.10	- Valori caratteristici delle azioni q_{3k} per superfici orizzontali adiacenti il binario	238
Fig. 5.2.11	- Definizione della distanza $\max a_g$ e $\min a_g$ dall'asse del binario ...	239
Fig. 5.2.12	- Caso 1	240
Fig. 5.2.13	- Caso 2	240
Fig. 5.2.14	- Sghembo ammissibile	245
Fig. 7.4.1	- Larghezza collaborante delle travi	296
Fig. 7.4.2	- Progettazione in capacità dei pilastri	298
Fig. 7.4.3	- Sezioni resistenti delle pareti semplici e composte (la freccia indica la direzione del sisma)	301
Fig. 7.4.4	- Traslazione del diagramma dei momenti flettenti per strutture a pareti e strutture miste	302
Fig. 7.4.5	- Diagramma di involuppo delle forze di taglio nelle pareti di strutture miste	303
Fig. 7.4.6	- Elementi di bordo di una parete, diagramma delle corrispondenti curvature, schema esemplificativo delle armature di confinamento ..	305
Fig. 7.5.1	- Tipologie strutturali	315
Fig. 7.6.1	- Rapporti dimensionali	327
Fig. 7.6.2	- Definizione degli elementi in una struttura intelaiata	329
Fig. 7.9.1	- Ponte obliquo	346
Fig. 7.11.1	- Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione	363
Fig. 7.11.2	- Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α ...	371
Fig. 7.11.3	- Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β ...	372
Fig. 11.9.1	- Diagrammi forza - spostamento per dispositivi non lineari	450
Fig. 11.9.2	- Dispositivi a comportamento viscoso	452

AMBITO APPLICATIVO, VIGENZA E PERIODO TRANSITORIO

di Alfonso Mancini

AMBITO APPLICATIVO

Emanazione di normativa tecnica per le costruzioni

La normativa tecnica per l'edilizia è contemplata dagli artt. 52 e successivi del D.P.R. 06/06/2001, n. 380 (Testo unico dell'edilizia).

L'art. 52 del D.P.R. 380/2001 (che ha ripreso il "vecchio" art. 1 della L. 02/02/1974, n. 64) dispone in sintesi che **tutte le costruzioni pubbliche o private** devono essere realizzate in osservanza delle normative tecniche emanate dal Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, sentito il Consiglio superiore dei lavori pubblici (ai sensi dell'art. 60 del D.P.R. 380/2001, che ha ripreso il "vecchio" art. 21 della L. 05/11/1971, n. 1086) di concerto con il Ministero dell'interno per quanto riguarda gli aspetti riguardanti le costruzioni in zone sismiche.

L'art. 5 del D.L. 28/05/2004, n. 136 (convertito in legge dalla L. 27/07/2004, n. 186) dispone a sua volta che - con le procedure di cui al menzionato art. 52 del D.P.R. 380/2001 - il Consiglio superiore dei lavori pubblici, di concerto con il Dipartimento della protezione civile, provveda:

- 1) alla redazione di norme tecniche, anche per la verifica sismica ed idraulica, relative alle costruzioni;
- 2) alla redazione di norme tecniche per la progettazione, la costruzione e l'adeguamento, anche sismico ed idraulico, delle dighe di ritenuta, dei ponti e delle opere di fondazione e sostegno dei terreni.

Ai fini dell'emanazione delle norme tecniche per la progettazione, la costruzione e l'adeguamento, anche sismico ed idraulico, delle dighe di ritenuta, il Ministro delle infrastrutture e dei trasporti acquisisce il parere tecnico del Registro italiano dighe, da inviare entro trenta giorni dalla richiesta.

Infine, gli artt. 54 e 93 del D. Leg.vo 31/03/1998, n. 112, relativo alla ripartizione delle competenze tra Stato e Regioni, prevede che la funzione di predisporre la normativa tecnica nazionale per le costruzioni in cemento armato e in acciaio e per le costruzioni in zone sismiche, nonché le funzioni relative alla definizione di criteri generali per l'individuazione delle "zone sismiche", siano mantenute allo Stato, ed esercitate di intesa con la Conferenza unificata.

Parte delle norme di cui al precedente punto 2) sono contenute nel D. Min. infrastrutture e trasporti 26/06/2014, recante "*Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)*" e pubblicato sulla G.U. 08/07/2014, n. 156.

Le norme di cui al precedente punto 1) e la rimanente parte di quelle di cui al punto 2) sono state aggiornate con il D. Min. infrastrutture e trasporti 17/01/2018 (c.d. "*NTC 2018*"), pubblicato sulla G.U. 20/02/2018, n. 42, Suppl. Ord. n. 8, che sostituisce, con le modalità che saranno di seguito meglio precisate, il precedente D. Min. infrastrutture 14/01/2008.

Campo di applicazione e contenuti delle NTC 2018

In base al quadro normativo in precedenza delineato, il D.M. 17/01/2018 in commento si applica a **tutte le costruzioni, sia pubbliche che private**, definendo in particolare:

- i criteri generali di sicurezza;
- le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, ivi comprese le azioni sismiche;
- le caratteristiche dei materiali e dei prodotti per uso strutturale;
- più in generale, gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

Si rammenta altresì che, circa le indicazioni applicative per l'ottenimento delle prescritte prestazioni, per quanto non espressamente specificato nel testo del D.M. 17/01/2018 in commento, ci si può riferire a normative di comprovata validità e ad altri documenti tecnici elencati nel capito-



**Pagine non disponibili
in anteprima**



COSTRUZIONI ESISTENTI

Il capitolo delle costruzioni esistenti è stato molto dibattuto, in Italia esse rappresentano la gran parte del patrimonio immobiliare e presentano una anzianità di servizio che supera abbondantemente i 40 anni.

Spesso la costruzione si trova ubicata in zone a recente classificazione sismica, per cui ogni immobile è esposto ad un rischio, anche elevato, di subire forti e gravi danneggiamenti (nei casi estremi).

Mantenere in esercizio strutture di tale tipo, con palesi criticità ben codificate e tristemente evidenziate dagli ultimi eventi sismici, costituisce una tematica molto controversa, sulla quale tanto si dice e si è detto, nella quale si inserisce in modo limpido il testo normativo, già consolidato, per cui la costruzione esistente:

- riflette lo stato delle conoscenze al tempo della sua realizzazione;
- in essa possono essere insiti, ma non palesi, difetti di impostazione e di realizzazione;
- può essere stata soggetta ad azioni, anche eccezionali, i cui effetti non siano completamente manifesti;
- le sue strutture possono presentare degrado e/o modifiche significative, rispetto alla situazione originaria.

Il sisma, chiaramente, è una delle azioni non controllate dall'uomo (azioni ambientali) che incidono sulle costruzioni esistenti, ma anche le altre (neve, vento, mantenendo la discussione tra quelle codificate) creano un rischio che dovrebbe essere reso noto. L'esempio più diretto viene dal carico della neve: la nuova classificazione delle province di Benevento e Avellino agisce esattamente come la riclassificazione sismica, generando un rischio dovuto ad una azione ambientale.

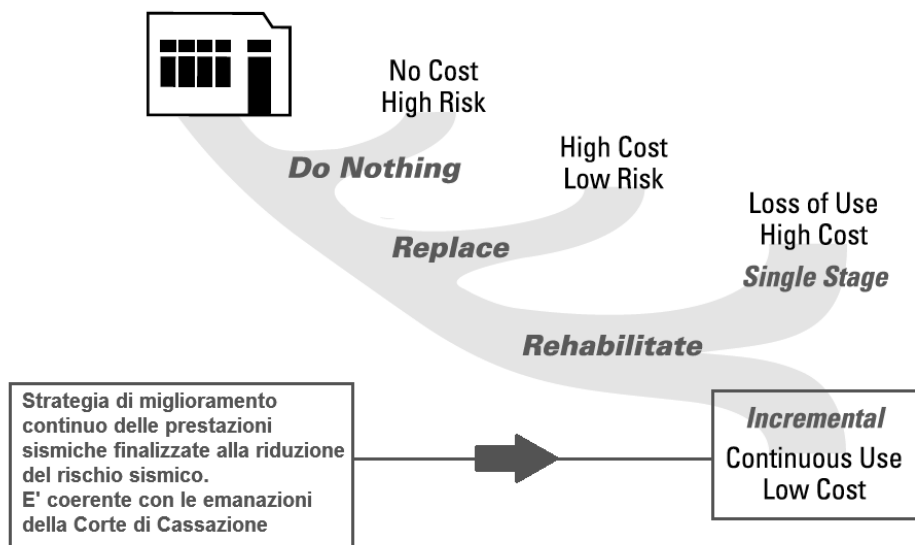
Per cui la tematica è più trasversale rispetto alla sola questione sismica, che ha un impatto certamente più generalizzato e sicuramente devastante.

Un aspetto che si ritiene importante sottolineare è dato dal diverso ordine che il legislatore ha deciso di dare agli interventi sulle costruzioni esistenti (NTC 2018, paragrafo 8.4. - *Classificazione degli interventi*):

- 8.4.1 - *Riparazione o intervento locale*;
- 8.4.2 - *Intervento di miglioramento*;
- 8.4.3 - *Intervento di adeguamento*.

L'ordine è esattamente opposto rispetto a quello dei testi precedenti, ad indicare ed incentivare (anche con strumenti legislativi, quali il D.M. 28/02/2017, n. 58 sulla classificazione sismica degli edifici finalizzata al c.d. "*Sismabonus*" e gli altri incentivi rinnovati e potenziati dalla legge di bilancio 2018, L. 27/12/2017, n. 205) un "*miglioramento continuo*" delle costruzioni esistenti tramite una somma di interventi propriamente progettati ed eseguiti, ossia non dei generici "*interventi leggeri*" che potrebbero anche risultare inefficaci per talune tipologie strutturali.

Tale logica è ben descritta nella successiva figura, dove si cerca di indirizzare ad un atteggiamento positivo che sia un giusto equilibrio tra risorse economiche e riduzione del rischio.



Percorso di miglioramento continuo delle prestazioni e di riduzione del rischio sismico

Classificazione degli interventi

Entrando nella tematica in modo più tecnico, il testo normativo definisce le seguenti categorie di intervento:

- *interventi di riparazione o locali*: interventi che interessino singoli elementi strutturali e che, comunque, non riducano le condizioni di sicurezza preesistenti;
- *interventi di miglioramento*: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, senza necessariamente raggiungere i livelli di sicurezza fissati al paragrafo 8.4.3;
- *interventi di adeguamento*: interventi atti ad aumentare la sicurezza strutturale preesistente, conseguendo i livelli di sicurezza fissati al paragrafo 8.4.3.

Solo gli interventi di miglioramento ed adeguamento sono sottoposti a collaudo statico.

Per gli interventi di miglioramento e di adeguamento, l'esclusione di provvedimenti in fondazione dovrà essere in tutti i casi motivata esplicitamente dal progettista, attraverso una verifica di idoneità del sistema di fondazione in base ai criteri indicati nel paragrafo 8.3.

Un aspetto essenziale che deve essere evidenziato è il testo seguente (si veda il paragrafo 8.3 delle NTC 2018 - *Valutazione della sicurezza*, capoverso 8):

La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sulle costruzioni esistenti potranno essere eseguite con riferimento ai soli SLU, salvo che per le costruzioni in classe d'uso IV, per le quali sono richieste anche le verifiche agli SLE specificate al paragrafo 7.3.6; in quest'ultimo caso potranno essere adottati livelli prestazionali ridotti. Per la combinazione sismica le verifiche agli SLU possono essere eseguite rispetto alla condizione di salvaguardia della vita umana (SLV) o, in alternativa, alla condizione di collasso (SLC), secondo quanto specificato al paragrafo 7.3.6.

Il legislatore, fatte salve le costruzioni strategiche, lascia la scelta al committente ed al progettista, o meglio al rapporto che tra essi intercorre nei contenuti tecnici ed informativi, se considerare o meno gli SLE (SLD quantomeno). Ossia, sotto altro profilo, il legislatore accetta il rischio intrinseco di una costruzione esistente di subire danni sotto sismi frequenti, e anche quello del pregiudizio della salute degli occupanti conseguente ad essi.



**Pagine non disponibili
in anteprima**



AVVERTENZA REDAZIONALE

In questo volume, al posto della mera trasposizione fotografica del testo tratto dalla Gazzetta Ufficiale, che avrebbe comportato un carattere di stampa estremamente piccolo ed in certi casi quasi illeggibile, si è scelto di ricomporre e revisionare l'intero decreto in Redazione.

Ciò ha consentito di mettere a disposizione un volume maggiormente curato e leggibile, di più agevole e chiara consultazione, la cui presentazione editoriale confidiamo sia gradita ai Lettori e soprattutto utile a chi dovrà lungamente studiare e consultare per esigenze professionali le NTC 2018. Qualora residuino eventuali piccoli refusi ce ne scusiamo, e invitiamo a segnalarceli in vista di future edizioni del testo.

Tale accurato lavoro redazionale, oltre a mettere in luce alcuni piccoli refusi nel testo pubblicato in Gazzetta Ufficiale, che per la loro palese evidenza sono stati direttamente corretti nel testo, ha altresì evidenziato alcune incongruenze che è stato impossibile correggere, e che vengono di seguito elencate:

- nel capitolo 3 l'ordine delle tabelle numerate come [3.4.1] e [3.4.11] è invertito;
- nel capitolo 4 sono presenti due formule numerate come [4.1.50];
- nel capitolo 4 manca la formula [4.3.12];
- nel capitolo 5 sono presenti due formule numerate come [5.2.10];
- nel capitolo 6 manca la formula [6.2.6];
- nel capitolo 7 manca la formula [7.4.25];
- nel capitolo 7 mancano le formule da [7.9.12] a [7.9.15].



**Pagine non disponibili
in anteprima**



CAPITOLO 4

COSTRUZIONI CIVILI E INDUSTRIALI

4.1. COSTRUZIONI DI CALCESTRUZZO

Formano oggetto delle presenti norme le strutture di:

- calcestruzzo armato normale (cemento armato)
- calcestruzzo armato precompresso (cemento armato precompresso)
- calcestruzzo a bassa percentuale di armatura o non armato

con riferimento a calcestruzzi di peso normale e con esclusione di quelle opere per le quali vige una regolamentazione apposita a carattere particolare.

Al § 4.1.12 sono date inoltre le norme integrative per le strutture in calcestruzzo di inerte leggero.

Nel seguito si intendono per calcestruzzi ordinari i calcestruzzi conformi al presente § 4.1 ed al § 11.2, con esclusione dei calcestruzzi di aggregati leggeri (LC), di cui al § 4.1.12, e di quelli fibrorinforzati (FRC), di cui al § 11.2.12.

Ai fini della valutazione del comportamento e della resistenza delle strutture in calcestruzzo, questo viene titolato ed identificato mediante la classe di resistenza contraddistinta dai valori caratteristici delle resistenze cilindrica e cubica a compressione uniassiale, misurate rispettivamente su provini cilindrici (o prismatici) e cubici, espressa in MPa (§ 11.2).

Per le classi di resistenza normalizzate per calcestruzzo normale si può fare utile riferimento a quanto indicato nelle norme UNI EN 206 e nella UNI 11104.

Sulla base della denominazione normalizzata vengono definite le classi di resistenza della Tab. 4.1.I.

Tab. 4.1.I - Classi di resistenza

Classe di resistenza
C8/10
C12/15
C16/20
C20/25
C25/30
C30/37
C35/45
C40/50
C45/55
C50/60
C55/67
C60/75
C70/85
C80/95
C90/105

Oltre alle classi di resistenza riportate in Tab. 4.1.I si possono prendere in considerazione le classi di resistenza già in uso C28/35 e C32/40.

I calcestruzzi delle diverse classi di resistenza trovano impiego secondo quanto riportato nella Tab. 4.1.II, fatti salvi i limiti derivanti dal rispetto della durabilità.

Per classi di resistenza superiore a C70/85 si rinvia al caso C) del § 11.1.

Per le classi di resistenza superiori a C45/55, la resistenza caratteristica e tutte le grandezze meccaniche e fisiche che hanno influenza sulla resistenza e durabilità del conglomerato devono essere accertate prima dell'inizio dei lavori tramite un'apposita sperimentazione preventiva e la produzione deve seguire specifiche procedure per il controllo di qualità.

Tab. 4.1.II - Impiego delle diverse classi di resistenza

Strutture di destinazione	Classe di resistenza minima
Per strutture non armate o a bassa percentuale di armatura (§ 4.1.11)	C8/10
Per strutture semplicemente armate	C16/20
Per strutture precomprese	C28/35

4.1.1. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA E METODI DI ANALISI

La valutazione della sicurezza va condotta secondo i principi fondamentali ed i metodi precisati al Capitolo 2.

In particolare per l'analisi strutturale, volta alla valutazione degli effetti delle azioni, si potranno adottare i metodi seguenti:

- a) analisi elastica lineare;
- b) analisi plastica;
- c) analisi non lineare.

Quando rilevante, nei diversi metodi di analisi sopra citati vanno considerati gli effetti del secondo ordine (§ 4.1.1.4).

Le analisi globali hanno lo scopo di stabilire la distribuzione delle forze interne, delle tensioni, delle deformazioni e degli spostamenti nell'intera struttura o in una parte di essa.

Analisi locali possono essere necessarie nelle zone singolari quali quelle poste:

- in prossimità degli appoggi;
- in corrispondenza di carichi concentrati;
- alle intersezioni travi-colonne;
- nelle zone di ancoraggio;
- in corrispondenza di variazioni della sezione trasversale.

4.1.1.1 ANALISI ELASTICA LINEARE

L'analisi elastica lineare può essere usata per valutare gli effetti delle azioni sia per gli stati limite di esercizio sia per gli stati limite ultimi.

Per la determinazione degli effetti delle azioni, le analisi saranno effettuate assumendo:

- sezioni interamente reagenti con rigidzze valutate riferendosi al solo calcestruzzo;
- relazioni tensione deformazione lineari;
- valori medi del modulo d'elasticità.

Per la determinazione degli effetti delle deformazioni termiche, degli eventuali cedimenti e del ritiro, le analisi saranno effettuate assumendo:

- per gli stati limite ultimi, rigidzze ridotte valutate ipotizzando che le sezioni siano fessurate (in assenza di valutazioni più precise la rigidzza delle sezioni fessurate potrà essere assunta pari alla metà della rigidzza delle sezioni interamente reagenti);
- per gli stati limite di esercizio, rigidzze intermedie tra quelle delle sezioni interamente reagenti e quelle delle sezioni fessurate.

Per le sole verifiche agli stati limite ultimi, i risultati dell'analisi elastica possono essere modificati con una ridistribuzione dei momenti, nel rispetto dell'equilibrio e delle capacità di rotazione plastica delle sezioni dove si localizza la ridistribuzione. In particolare la ridistribuzione non è ammessa per i pilastri e per i nodi dei telai, è consentita per le travi continue, le travi di telai in cui possono essere trascurati gli effetti del secondo ordine e le solette, a condizione che le sollecitazioni di flessione siano prevalenti ed i rapporti tra le luci di campate contigue siano compresi nell'intervallo 0,5-2,0.

Per le travi e le solette che soddisfano le condizioni dette, la ridistribuzione dei momenti flettenti può effettuarsi senza esplicite verifiche in merito alla duttilità delle membrature, purché il rapporto δ tra il momento dopo la ridistribuzione ed il momento prima della ridistribuzione risulti $1 \geq \delta \geq 0,70$.

I valori di δ si ricavano dalle espressioni:

$$\delta \geq 0,44 + 1,25 \cdot (0,6 + 0,0014/\varepsilon_{cu})x / d \quad \text{per } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \quad [4.1.1]$$

$$\delta \geq 0,54 + 1,25 \cdot (0,6 + 0,0014/\varepsilon_{cu})x / d \quad \text{per } f_{ck} > 50 \text{ MPa} \quad [4.1.2]$$

dove x è l'altezza della zona compressa dopo la ridistribuzione, d è l'altezza utile della sezione (Fig.4.1.4) ed ε_{cu} è definita in § 4.1.2.1.2.1.

Per le travi continue, le travi di telai in cui possono essere trascurati gli effetti del secondo ordine e le solette, il rapporto x/d nelle sezioni critiche non deve comunque superare il valore 0,45 per $f_{ck} \leq 50$ MPa e 0,35 per $f_{ck} > 50$ MPa.

4.1.1.2 ANALISI PLASTICA

L'analisi plastica può essere usata per valutare gli effetti di azioni statiche e per i soli stati limite ultimi. Al materiale si può attribuire un diagramma tensioni-deformazioni rigido-plastico verificando che la duttilità delle sezioni dove si localizzano le plasticizzazioni sia sufficiente a garantire la formazione del meccanismo previsto.

Nell'analisi si trascurano gli effetti di precedenti applicazioni del carico e si assume un incremento monotono dell'intensità delle azioni e la costanza del rapporto tra le loro intensità così da pervenire ad un unico moltiplicatore di collasso. L'analisi può essere del primo o del secondo ordine.

4.1.1.3 ANALISI NON LINEARE

L'analisi non lineare può essere usata per valutare gli effetti di azioni statiche e dinamiche, sia per gli stati limite di esercizio, sia per gli stati limite ultimi, a condizione che siano soddisfatti l'equilibrio e la congruenza.

Al materiale si può attribuire un diagramma tensioni-deformazioni che ne rappresenti adeguatamente il comportamento reale, verificando che le sezioni dove si localizzano le plasticizzazioni siano in grado di sopportare allo stato limite ultimo tutte le deformazioni non elastiche derivanti dall'analisi, tenendo in appropriata considerazione le incertezze.

Nell'analisi si trascurano gli effetti di precedenti applicazioni del carico e si assume un incremento monotono dell'intensità delle azioni e la costanza del rapporto tra le loro intensità. L'analisi può essere del primo o del secondo ordine.

4.1.1.4 EFFETTI DELLE DEFORMAZIONI

In generale, è possibile effettuare:

- l'analisi del primo ordine, imponendo l'equilibrio sulla configurazione iniziale della struttura,
- l'analisi del secondo ordine, imponendo l'equilibrio sulla configurazione deformata della struttura.

L'analisi globale può condursi con la teoria del primo ordine nei casi in cui possano ritenersi trascurabili gli effetti delle deformazioni sull'entità delle sollecitazioni, sui fenomeni di instabilità e su qualsiasi altro rilevante parametro di risposta della struttura.

Gli effetti del secondo ordine possono essere trascurati se sono inferiori al 10% dei corrispondenti effetti del primo ordine, oppure se sono rispettate le condizioni di cui al § 4.1.2.3.9.2.

4.1.2. VERIFICHE DEGLI STATI LIMITE

4.1.2.1 MATERIALI

4.1.2.1.1 Resistenze di progetto dei materiali

4.1.2.1.1.1 Resistenza di progetto a compressione del calcestruzzo

Per il calcestruzzo la resistenza di progetto a compressione, f_{cd} , è:

$$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c \quad [4.1.3]$$

dove:

- α_{cc} è il coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata;
 γ_c è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo;
 f_{ck} è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni.

Il coefficiente γ_c è pari ad 1,5.

Il coefficiente α_{cc} è pari a 0,85.

Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori minori di 50 mm, la resistenza di progetto a compressione va ridotta a 0,80 f_{cd} .

Il coefficiente γ_c può essere ridotto da 1,5 a 1,4 per produzioni continuative di elementi o strutture, soggette a controllo continuativo del calcestruzzo dal quale risulti un coefficiente di variazione (rapporto tra scarto quadratico medio e valor medio) della resistenza non superiore al 10%. Le suddette produzioni devono essere inserite in un sistema di qualità di cui al § 11.8.3.

4.1.2.1.1.2 Resistenza di progetto a trazione del calcestruzzo

La resistenza di progetto a trazione, f_{ctd} , vale:

$$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c \quad [4.1.4]$$

dove:

- γ_c è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo già definito al § 4.1.2.1.1.1;
 f_{ctk} è la resistenza caratteristica a trazione del calcestruzzo (§ 11.2.10.2).

Il coefficiente γ_c assume il valore 1,5.

Nel caso di elementi piani (solette, pareti, ...) gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori minori di 50 mm, la resistenza di progetto a trazione va ridotta a 0,80 f_{ctd} .

Il coefficiente γ_c può essere ridotto, da 1,5 a 1,4 nei casi specificati al § 4.1.2.1.1.1.

4.1.2.1.1.3 Resistenza di progetto dell'acciaio

La resistenza di progetto dell'acciaio f_{yd} è riferita alla tensione di snervamento ed il suo valore è dato da:

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s \quad [4.1.5]$$

dove:

- γ_s è il coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio;
 f_{yk} per armatura ordinaria è la tensione caratteristica di snervamento dell'acciaio (§ 11.3.2), per armature da precompressione è la tensione convenzionale caratteristica di snervamento data, a seconda del tipo di prodotto, da f_{pyk} (barre), $f_{p(0,1)k}$ (filati), $f_{p(1)k}$ (trefoli e trecce); si veda in proposito la Tab. 11.3.VIII.

Il coefficiente γ_s assume sempre, per tutti i tipi di acciaio, il valore 1,15.

4.1.2.1.1.4 Tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo

La resistenza tangenziale di aderenza di progetto f_{bd} vale:

$$f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c \quad [4.1.6]$$

dove:

- γ_c è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo, pari a 1,5;
 f_{bk} è la resistenza tangenziale caratteristica di aderenza data da:

$$f_{bk} = 2,25 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot f_{ctk} \quad [4.1.7]$$

in cui

$$\eta_1 = 1,0$$

in condizioni di buona aderenza;

$$\eta_1 = 0,7$$

in condizioni di non buona aderenza, quali nei casi di armature molto addensate, ancoraggi in zona tesa, ancoraggi in zone superiori di getto, in elementi strutturali realizzati con casseforme scorrevoli, a meno che non si adottino idonei provvedimenti;

$$\eta_2 = 1,0$$

per barre di diametro $\Phi \leq 32$ mm

$$\eta_2 = (132 - \Phi)/100$$

per barre di diametro superiore

La lunghezza di ancoraggio di progetto e la lunghezza di sovrapposizione sono influenzate dalla forma delle barre, dal copriferro, dall'effetto di confinamento dell'armatura trasversale, dalla presenza di barre trasversali saldate, dalla pressione trasversale lungo la lunghezza di ancoraggio e dalla percentuale di armatura sovrapposta rispetto all'armatura totale. Per le regole di dettaglio da adottare si potrà fare utile riferimento alla sezione 8 di UNI EN 1992-1-1:2015.

4.1.2.1.2 Diagrammi di progetto dei materiali

4.1.2.1.2.1 Diagrammi di progetto tensione-deformazione del calcestruzzo

Per il diagramma tensione-deformazione del calcestruzzo è possibile adottare opportuni modelli rappresentativi del reale comportamento del materiale, definiti in base alla resistenza di progetto f_{cd} e alla deformazione ultima di progetto ϵ_{cu} .

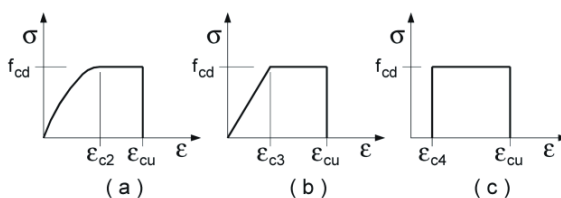


Fig. 4.1.1 - Modelli σ - ϵ per il calcestruzzo

In Fig. 4.1.1 sono rappresentati i modelli σ - ϵ per il calcestruzzo:

(a) parabola-rettangolo; (b) triangolo-rettangolo; (c) rettangolo (stress block).

In particolare, per le classi di resistenza pari o inferiore a C50/60 si può porre:

$$\epsilon_{c2} = 0,20\% \quad \epsilon_{cu} = 0,35\%$$

$$\epsilon_{c3} = 0,175\% \quad \epsilon_{c4} = 0,07\%$$

Per le classi di resistenza superiore a C50/60 si può porre:

$$\epsilon_{c2} = 0,20\% + 0,0085\%(f_{ck} - 50)^{0,53} \quad \epsilon_{cu} = 0,26\% + 3,5\% [(90 - f_{ck})/100]^4$$

$$\epsilon_{c3} = 0,175\% + 0,055\% [(f_{ck} - 50)/40] \quad \epsilon_{c4} = 0,2 \cdot \epsilon_{cu}$$

purché si adottino opportune limitazioni quando si usa il modello (c).

Per sezioni o parti di sezioni soggette a distribuzioni di tensione di compressione approssimativamente uniformi, si assume per la deformazione ultima di progetto il valore ϵ_{c2} anziché ϵ_{cu} .

Calcestruzzo confinato

Per il diagramma tensione-deformazione del calcestruzzo confinato è possibile adottare opportuni modelli rappresentativi del reale comportamento del materiale in stato triassiale. Questi modelli possono essere adottati nel calcolo sia della resistenza ultima sia della duttilità delle sezioni e devono essere applicati alle sole zone confinate della sezione.

Il confinamento del calcestruzzo è normalmente generato da staffe chiuse e legature interne, che possono raggiungere la tensione di snervamento a causa della dilatazione laterale del calcestruzzo stesso a cui tendono ad opporsi. Il confinamento consente al calcestruzzo di raggiungere tensioni e deforma-



**Pagine non disponibili
in anteprima**



7.3.4. ANALISI NON LINEARE DINAMICA O STATICA

L'analisi non lineare, dinamica o statica, si può utilizzare, tra gli altri, per gli scopi e nei casi seguenti:

- valutare gli spostamenti relativi allo SL di interesse;
- eseguire le verifiche di duttilità relative allo SLC;
- individuare la distribuzione della domanda inelastica nelle costruzioni progettate con il fattore di comportamento q ;
- valutare i rapporti di sovrarresistenza α_d/α_1 di cui ai §§ 7.4.3.2, 7.4.5.1, 7.5.2.2, 7.6.2.2, 7.7.3, 7.8.1.3 e 7.9.2.1;
- come metodo di progetto per gli edifici di nuova costruzione, in alternativa ai metodi di analisi lineare;
- come metodo per la valutazione della capacità di edifici esistenti.

7.3.4.1 ANALISI NON LINEARE DINAMICA

L'analisi non lineare dinamica consiste nel calcolo della risposta sismica della struttura mediante integrazione delle equazioni del moto, utilizzando un modello non lineare della struttura e le storie temporali del moto del terreno definite al § 3.2.3.6. Essa ha lo scopo di valutare il comportamento dinamico della struttura in campo non lineare, consentendo il confronto tra duttilità richiesta e duttilità disponibile allo SLC e le relative verifiche, nonché di verificare l'integrità degli elementi strutturali nei confronti di possibili comportamenti fragili.

L'analisi non lineare dinamica deve essere confrontata con un'analisi modale con spettro di risposta di progetto, al fine di controllare le differenze in termini di sollecitazioni globali alla base della struttura.

Nel caso delle costruzioni con isolamento alla base l'analisi dinamica non lineare è obbligatoria quando il sistema d'isolamento non può essere rappresentato da un modello lineare equivalente, come stabilito nel § 7.10.5.2. Gli effetti torsionali sul sistema d'isolamento sono valutati come precisato nel § 7.10.5.3.1, adottando valori delle rigidezze equivalenti coerenti con gli spostamenti risultanti dall'analisi. In proposito si può fare riferimento a documenti di comprovata validità.

7.3.4.2 ANALISI NON LINEARE STATICA

L'analisi non lineare statica richiede che al sistema strutturale reale sia associato un sistema strutturale equivalente non lineare.

Nel caso in cui il sistema equivalente sia ad un grado di libertà, a detto sistema strutturale equivalente si applicano i carichi gravitazionali e, per la direzione considerata dell'azione sismica, in corrispondenza degli orizzontamenti della costruzione, forze orizzontali proporzionali alle forze d'inerzia aventi risultante (taglio alla base) F_b . Tali forze sono scalate in modo da far crescere monotonamente, sia in direzione positiva che negativa e fino al raggiungimento delle condizioni di collasso locale o globale, lo spostamento orizzontale d_c di un punto di controllo coincidente con il centro di massa dell'ultimo livello della costruzione (sono esclusi eventuali torrioni). Vanno considerati anche punti di controllo alternativi, come le estremità della pianta dell'ultimo livello, quando sia significativo l'accoppiamento di traslazioni e rotazioni.

Il diagramma F_b - d_c rappresenta la curva di capacità della struttura.

Si devono considerare almeno due distribuzioni di forze d'inerzia, ricadenti l'una nelle distribuzioni principali (Gruppo 1) e l'altra nelle distribuzioni secondarie (Gruppo 2) appresso illustrate.

Gruppo 1 - Distribuzioni principali:

- se il modo di vibrare fondamentale nella direzione considerata ha una partecipazione di massa non inferiore al 75% si applica una delle due distribuzioni seguenti:
 - distribuzione proporzionale alle forze statiche di cui al § 7.3.3.2, utilizzando come seconda distribuzione la a) del Gruppo 2,
 - distribuzione corrispondente a un andamento di accelerazioni proporzionale alla forma del modo fondamentale di vibrare nella direzione considerata;
- in tutti i casi può essere utilizzata la distribuzione corrispondente all'andamento delle forze di piano agenti su ciascun orizzontamento calcolate in un'analisi dinamica lineare, includendo nella direzione considerata un numero di modi con partecipazione di massa complessiva non inferiore allo 85%. L'utilizzo di questa distribuzione è obbligatorio se il periodo fondamentale della struttura è superiore a $1,3 T_c$.

Gruppo 2 - Distribuzioni secondarie:

- a) distribuzione di forze, desunta da un andamento uniforme di accelerazioni lungo l'altezza della costruzione;
- b) distribuzione adattiva, che cambia al crescere dello spostamento del punto di controllo in funzione della plasticizzazione della struttura;
- c) distribuzione multimodale, considerando almeno sei modi significativi.

7.3.5. RISPOSTA ALLE DIVERSE COMPONENTI DELL'AZIONE SISMICA ED ALLA VARIABILITÀ SPAZIALE DEL MOTO**Analisi dinamica o statica, lineare o non lineare**

La risposta è calcolata unitariamente per le tre componenti, applicando l'espressione:

$$1,00 \cdot E_x + 0,30 \cdot E_y + 0,30 \cdot E_z \quad [7.3.10]$$

Gli effetti più gravosi si ricavano dal confronto tra le tre combinazioni ottenute permutando circolarmente i coefficienti moltiplicativi.

In ogni caso:

- la componente verticale deve essere tenuta in conto unicamente nei casi previsti al § 7.2.2.
- la risposta deve essere combinata con gli effetti pseudo-statici indotti dagli spostamenti relativi prodotti dalla variabilità spaziale del moto unicamente nei casi previsti al § 3.2.4.1, utilizzando, salvo per quanto indicato al § 7.2.2 in merito agli appoggi mobili, la radice quadrata della somma dei quadrati (SRSS).

Analisi dinamica, lineare o non lineare, con integrazione al passo

La risposta è valutata applicando simultaneamente le due componenti orizzontali della storia temporale del moto del terreno (e quella verticale, ove necessario). Si devono adottare almeno 3 storie temporali; si valutano gli effetti sulla struttura utilizzando i valori più sfavorevoli. Impiegando invece almeno 7 diverse storie temporali, gli effetti sulla struttura sono rappresentati dalla media dei valori più sfavorevoli.

Nel caso in cui sia necessario valutare gli effetti della variabilità spaziale del moto, l'analisi può essere eseguita imponendo alla base della costruzione storie temporali del moto del terreno differenziate, ma coerenti tra loro e generate in accordo con lo spettro di risposta appropriato per ciascun vincolo. In alternativa, si potranno eseguire analisi dinamiche con moto sincrono tenendo in dovuto conto gli effetti pseudo-statici di cui al § 3.2.4.

7.3.6. RISPETTO DEI REQUISITI NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE

Per tutti gli elementi strutturali primari e secondari, gli elementi non strutturali e gli impianti si deve verificare che il valore di ciascuna domanda di progetto, definito dalla tabella 7.3.III per ciascuno degli stati limite richiesti, sia inferiore al corrispondente valore della capacità di progetto.

Le verifiche degli elementi strutturali primari (ST) si eseguono, come sintetizzato nella tabella 7.3.III, in dipendenza della Classe d'Uso (CU):

- nel caso di comportamento strutturale non dissipativo, in termini di rigidezza (RIG) e di resistenza (RES), senza applicare le regole specifiche dei dettagli costruttivi e della progettazione in capacità;
- nel caso di comportamento strutturale dissipativo, in termini di rigidezza (RIG), di resistenza (RES) e di duttilità (DUT) (quando richiesto), applicando le regole specifiche dei dettagli costruttivi e della progettazione in capacità.

Le verifiche degli elementi strutturali secondari si effettuano solo in termini di duttilità.

Le verifiche degli elementi non strutturali (NS) e degli impianti (IM) si effettuano in termini di funzionamento (FUN) e stabilità (STA), come sintetizzato nella tabella 7.3.III, in dipendenza della Classe d'Uso (CU).

Tab. 7.3.III - *Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti*

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM ^(*)
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT ^(**)			DUT ^(**)		

(*) Per le sole CU III e IV, nella categoria Impianti ricadono anche gli arredi fissi.
(**) Nei casi esplicitamente indicati dalle presenti norme.

Le verifiche allo stato limite di prevenzione del collasso (SLC), a meno di specifiche indicazioni, si svolgono soltanto in termini di duttilità e solo qualora le verifiche in duttilità siano espressamente richieste (v. § 7.3.6.1).

7.3.6.1 ELEMENTI STRUTTURALI (ST)

Verifiche di rigidità (RIG)

La condizione in termini di rigidità sulla struttura si ritiene soddisfatta qualora la conseguente deformazione degli elementi strutturali non produca sugli elementi non strutturali danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali, qualora la temporanea inagibilità sia dovuta a spostamenti di interpiano eccessivi, questa condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti di interpiano ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto corrispondente allo SL e alla CU considerati siano inferiori ai limiti indicati nel seguito.

Per le CU I e II ci si riferisce allo SLD (v. Tab. 7.3.III) e deve essere:

- per tamponature collegate rigidamente alla struttura, che interferiscono con la deformabilità della stessa:
 - $qd_r \leq 0,0050 \cdot h$ per tamponature fragili [7.3.11a]
 - $qd_r \leq 0,0075 \cdot h$ per tamponature duttili [7.3.11b]
- per tamponature progettate in modo da non subire danni a seguito di spostamenti d'interpiano d_{rp} , per effetto della loro deformabilità intrinseca oppure dei collegamenti alla struttura:
 - $qd_r \leq d_{rp} \leq 0,0100 \cdot h$ [7.3.12]
- per costruzioni con struttura portante di muratura ordinaria
 - $qd_r \leq 0,0020 \cdot h$ [7.3.13]
- per costruzioni con struttura portante di muratura armata
 - $qd_r \leq 0,0030 \cdot h$ [7.3.14]
- per costruzioni con struttura portante di muratura confinata
 - $qd_r < 0,0025 \cdot h$ [7.3.15]

dove:

- d_r è lo spostamento di interpiano, cioè la differenza tra gli spostamenti del solaio superiore e del solaio inferiore, calcolati, nel caso di analisi lineare, secondo il § 7.3.3.3 o, nel caso di analisi non lineare, secondo il § 7.3.4, sul modello di calcolo non comprensivo delle tamponature,
- h è l'altezza del piano.

Per le CU III e IV ci si riferisce allo SLO (v. Tab. 7.3.III) e gli spostamenti d'interpiano devono essere inferiori ai 2/3 dei limiti in precedenza indicati.

In caso di coesistenza di diversi tipi di tamponamento o struttura portante nel medesimo piano della costruzione, deve essere assunto il limite di spostamento più restrittivo. Qualora gli spostamenti di interpiano siano superiori a $0,005 h$ (caso b), le verifiche della capacità di spostamento degli elementi non strutturali vanno estese a tutti le tamponature, alle tramezzature interne ed agli impianti.

Verifiche di resistenza (RES)

Si deve verificare che i singoli elementi strutturali e la struttura nel suo insieme possiedano una capacità in resistenza sufficiente a soddisfare la domanda allo SLV.

La capacità in resistenza delle membrature e dei collegamenti è valutata in accordo con le regole contenute nei capitoli precedenti, integrate dalle regole di progettazione definite di volta in volta nei successivi paragrafi.

Per le strutture a comportamento dissipativo, la capacità delle membrature è calcolata con riferimento al loro comportamento ultimo, come definito di volta in volta nei successivi paragrafi.

Per le strutture a comportamento non dissipativo, la capacità delle membrature è calcolata con riferimento al loro comportamento elastico o sostanzialmente elastico, come definito di volta in volta nei successivi paragrafi.

La resistenza dei materiali può essere ridotta per tener conto del degrado per deformazioni cicliche, giustificandolo sulla base di apposite prove sperimentali. In tal caso, ai coefficienti parziali di sicurezza sui materiali γ_M si attribuiscono i valori precisati nel Cap. 4 per le situazioni eccezionali.

Verifiche di duttilità (DUT)

Si deve verificare che i singoli elementi strutturali e la struttura nel suo insieme possiedano una capacità in duttilità:

- nel caso di analisi lineare, coerente con il fattore di comportamento q adottato e i relativi spostamenti, quali definiti in 7.3.3.3;
- nel caso di analisi non lineare, sufficiente a soddisfare la domanda in duttilità evidenziata dall'analisi.

Nel caso di analisi lineare la verifica di duttilità si può ritenere soddisfatta, rispettando per tutti gli elementi strutturali, sia primari sia secondari, le regole specifiche per i dettagli costruttivi precisate nel presente capitolo per le diverse tipologie costruttive; tali regole sono da considerarsi aggiuntive rispetto a quanto previsto nel cap. 4 e a quanto imposto dalle regole della progettazione in capacità, il cui rispetto è comunque obbligatorio per gli elementi strutturali primari delle strutture a comportamento dissipativo.

Per strutture a comportamento dissipativo, qualora non siano rispettate le regole specifiche dei dettagli costruttivi, quali precisate nel presente capitolo, occorrerà procedere a verifiche di duttilità.

Per le sezioni allo spiccato dalle fondazioni o dalla struttura scatolare rigida di base di cui al § 7.2.1 degli elementi strutturali verticali primari la verifica di duttilità, indipendentemente dai particolari costruttivi adottati, è necessaria qualora non diversamente specificato nei paragrafi successivi relativi alle diverse tipologie costruttive, accertando che la capacità in duttilità della costruzione sia almeno pari:

- a 1,2 volte la domanda in duttilità locale, valutata in corrispondenza dello SLV, nel caso si utilizzino modelli lineari,
- alla domanda in duttilità locale e globale allo SLC, nel caso si utilizzino modelli non lineari.

Le verifiche di duttilità non sono dovute nel caso di progettazione con $q \leq 1,5$.

7.3.6.2 ELEMENTI NON STRUTTURALI (NS)**Verifiche di stabilità (STA)**

Per gli elementi non strutturali devono essere adottati magisteri atti ad evitare la possibile espulsione sotto l'azione della F_a (v. § 7.2.3) corrispondente allo SL e alla CU considerati.

7.3.6.3 IMPIANTI (IM)**Verifiche di funzionamento (FUN)**

Per gli impianti, si deve verificare che gli spostamenti strutturali o le accelerazioni (a seconda che gli impianti siano più vulnerabili all'effetto dei primi o delle seconde) prodotti dalle azioni relative allo SL e alla CU considerati non siano tali da produrre interruzioni d'uso degli impianti stessi.

Verifiche di stabilità (STA)

Per ciascuno degli impianti principali, i diversi elementi funzionali costituenti l'impianto, compresi gli elementi strutturali che li sostengono e collegano, tra loro e alla struttura principale, devono avere capacità sufficiente a sostenere la domanda corrispondente allo SL e alla CU considerati.



**Pagine non disponibili
in anteprima**



Tab. 11.3.VIII

Tipo di acciaio	Barre	Fili	Trefoli e trecce	Trefoli compattati
Tensione caratteristica al carico massimo f_{ptk} N/mm ²	≥ 1000	≥ 1570	≥ 1860	≥ 1820
Tensione caratteristica allo 0,1% di deformazione residua - scostamento dalla proporzionalità $f_{p(0,1)k}$ N/mm ²	na	≥ 1420	na	na
Tensione caratteristica all'1% di deformazione totale $f_{p(1)k}$ N/mm ²	na	na	≥ 1670	≥ 1620
Tensione caratteristiche di snervamento f_{pyk} N/mm ²	≥ 800	na	na	na
Allungamento totale percentuale a carico massimo A_{gt}	≥ 3,5	≥ 3,5	≥ 3,5	≥ 3,5
na = non applicabile				

Per il modulo di elasticità si farà riferimento al catalogo del fabbricante.

Le grandezze qui di seguito elencate: \emptyset , A, M, Z, f_{ptk} , $f_{p(0,1)k}$, f_{pyk} , $f_{p(1)k}$, $f_{p(0,1)/f_{pt}}$, f_{py}/f_{pt} , $f_{p(1)/f_{pt}}$, f_{pt}/f_{ptk} , A_{gt} , Ep, l, N, α (180°), N, L, ρ , p, t devono formare oggetto di garanzia da parte del fabbricante ed i corrispondenti valori garantiti figurare nel relativo catalogo.

Il controllo delle grandezze di cui sopra è eseguito secondo le modalità e le prescrizioni indicate nei punti successivi.

Pertanto i valori delle grandezze:

\emptyset , A, M

sono confrontati con quelli che derivano dall'applicazione ai valori nominali, delle tolleranze prescritte al § 11.3.3.5.2.3;

f_{ptk} , f_{pyk} , $f_{p(1)k}$, $f_{p(0,1)k}$

ottenuti applicando ai valori singoli f_{pt} , f_{py} , $f_{p(1)}$, $f_{p(0,1)}$ la formula $x_k = \bar{x} - k s$ sono confrontati con i corrispondenti valori caratteristici garantiti che figurano nel catalogo del fabbricante e con quelli della Tab. 11.3.VIII; nella formula precedente è inteso che sia:

x_k = valore caratteristico della grandezza;

\bar{x} = valore medio dei singoli valori in considerazione;

k = coefficiente dedotto dalla Tab. 11.3.IV in funzione del numero n di valori singoli in considerazione;

s = scarto quadratico medio della distribuzione dei valori singoli;

$f_{p(0,1)/f_{pt}}$, f_{py}/f_{pt} , e $f_{p(1)/f_{pt}}$

ottenuti come rapporto tra i valori singoli $f_{p(0,1)}$, f_{py} , $f_{p(1)}$ e il corrispondente valore al carico massimo f_{pt} , devono risultare compresi tra il valore minimo e il valore massimo riportati al successivo § 11.3.3.5.2.3;

f_{pt}/f_{ptk} , A_{gt}

sono confrontati, rispettivamente, con il corrispondente valore massimo indicato al § 11.3.3.5.2.3 e con il valore minimo che figura nella Tab. 11.3.VIII;

l

è confrontato con quanto riportato nella Tab.11.3.X;

N, α (180°)

sono confrontati con quelli prescritti al § 11.3.3.5.2.3;

Ep, D, L e ρ

sono conformi con quelli prescritti al § 11.3.3.5.2.3;

Z, p

sono confrontati con i corrispondenti valori limite indicati al successivo § 11.3.3.5.2.3;

t

è confrontato con i corrispondenti valori limite indicati al successivo § 11.3.3.5.2.1.

Si prende inoltre in considerazione la forma del diagramma sforzi deformazioni ottenuta nella prova di trazione.

11.3.3.3 CADUTE DI TENSIONE PER RILASSAMENTO

Le cadute di tensione per rilassamento devono essere riferite al valore percentuale ottenuto sperimentalmente dopo 1000 ore dalla messa in tensione (p_{1000}). La tensione iniziale (σ_{spi}) di prova deve essere pari al 70% del valore f_{pt} ottenuto come valore medio della tensione al carico massimo ottenuta su due saggi prelevati in adiacenza a quello sottoposto a prova.

Il valore della caduta di rilassamento dopo 1000 ore (ρ_{1000}), non può essere assunto superiore a quello indicato nella tabella 11.3.IX.

In mancanza di specifica sperimentazione, i valori di ρ_{1000} possono essere tratti dalla Tab. 11.3.IX.

Tab. 11.3.IX

Armatura prodotto	ρ_{1000}
Trecce, filo o trefolo stabilizzato	2,5
Barre laminate a caldo	4,0

Il rilassamento di armature che subiscono un ciclo termico dopo la messa in tensione deve essere valutato sperimentalmente.

11.3.3.4 CENTRI DI TRASFORMAZIONE

Si definisce Centro di trasformazione, nell'ambito degli acciai per calcestruzzo armato precompresso, un impianto esterno alla fabbrica e/o al cantiere, fisso o mobile, che riceve dal fabbricante di acciaio elementi base (fili, trecce, trefoli, barre, ecc.) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in cantiere per la messa in opera.

11.3.3.5 PROCEDURE DI CONTROLLO PER ACCIAI DA CALCESTRUZZO ARMATO PRECOMPRESSO

11.3.3.5.1 Prescrizioni comuni - Modalità di prelievo

I saggi destinati ai controlli:

- non devono essere avvolti con diametro inferiore a quello della bobina o rotolo di provenienza;
- devono essere prelevati con le lunghezze richieste dal laboratorio incaricato delle prove ed in numero sufficiente per eseguire eventuali prove di controllo o ripetizioni successive e devono essere contrassegnati univocamente;
- devono essere adeguatamente protetti nel trasporto.

11.3.3.5.2 Controlli sistematici in stabilimento

11.3.3.5.2.1 Prove di qualificazione

Il laboratorio incaricato deve effettuare, presso lo stabilimento di produzione, il prelievo di una serie di 50 saggi, 5 per lotto, da 10 lotti di produzione diversi. I 10 lotti di produzione presi in esame per le prove di qualificazione devono essere costituiti da prodotti della stessa forma ed avere la stessa resistenza nominale, ma non necessariamente lo stesso diametro e la stessa caratteristica di formazione. I diametri dei prodotti sottoposti a prova devono comprendere i valori minimo e massimo per i quali il fabbricante chiede la qualificazione. Per quanto riguarda i trefoli e le trecce, è inteso che le caratteristiche di omogeneità e di continuità di produzione richiamate nella definizione di lotto di produzione di cui al § 11.3.1.1, si estendono a tutti i fili che costituiscono il prodotto. Gli acciai devono essere raggruppati in categorie nel catalogo del fabbricante ai fini della relativa qualificazione.

I 5 saggi di ogni singolo lotto vengono prelevati da differenti fasci, rotoli o bobine. Ogni saggio deve recare contrassegni atti ad individuare il lotto ed il rotolo, la bobina o il fascio di provenienza.

Sulla serie di 50 saggi vengono determinate le grandezze \emptyset , A, M, Z, f_{pt} , f_{py} , $f_{p(0,1)}$, $f_{p(1)}$, l, E_p , A_{gt} , N, α (180°) sotto il controllo di un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. Le relative prove possono essere eseguite alla presenza dei tecnici del laboratorio incaricato presso il laboratorio dello stabilimento di produzione purché venga rispettato quanto prescritto dalle norme in merito alla verifica della taratura delle attrezzature.

I valori caratteristici f_{ptk} , f_{pyk} , $f_{p(0,1)k}$, $f_{p(1)k}$ ottenuti dall'elaborazione statistica dei risultati con la relazione del punto 11.3.3.2, devono rispettare i valori minimi di cui alla Tab. 11.3.VIII, ovvero quelli dichiarati e garantiti dal fabbricante.

Gli scarti quadratici medi delle rispettive distribuzioni devono risultare non superiori al 3% del valore medio per f_{pt} , e al 4% per f_{py} , $f_{p(0,1)}$, $f_{p(1)}$.

Il valore dei rapporti $f_{p(0,1)}/f_{pt}$, f_{py}/f_{pt} , e $f_{p(1)}/f_{pt}$ ed il valore massimo della tensione al carico massimo f_{pt} non possono eccedere i limiti indicati al § 11.3.3.5.2.3.

Tutti i valori di allungamento totale percentuale A_{gt} devono risultare almeno uguali a quelli riportati nella Tab. 11.3.VIII.

Vengono quindi ulteriormente determinati:

- la caduta per rilassamento r , su saggi provenienti da 4 lotti, in numero di 3 saggi per ogni lotto.
- il limite di fatica L sotto carico assiale, con la procedura indicata al punto 6.8.4 della norma UNI EN 1992-1-1:2005.
- la grandezza D , per i trefoli di diametro maggiore o uguale a 12,5 mm, su saggi provenienti da 5 lotti. Per ciascun lotto il numero di saggi è indicato nella UNI EN ISO 15630-3:2010. Il risultato dovrà essere confrontato con il limite specificato al § 11.3.3.5.2.3.
- la durata di vita a rottura t con delle prove di corrosione sotto tensione, secondo norma UNI EN ISO 15630-3:2010 soluzione A, effettuate su 3 lotti in numero di 6 per lotto. Il diametro nominale dei lotti scelti deve essere possibilmente diverso. In ogni caso per almeno uno dei lotti il diametro deve essere il più piccolo tra quelli appartenenti alla gamma di produzione oggetto della qualificazione e presenti all'atto del controllo. Il risultato dovrà essere confrontato con i limiti specificati al § 11.3.3.5.2.3.
- la durata di vita a rottura t_2 con delle prove di corrosione sotto tensione, secondo norma UNI EN ISO 15630-3:2010 soluzione B, effettuate su 2 lotti in numero di 1 per lotto. Il diametro nominale dei 2 lotti scelti deve essere diverso. In ogni caso per almeno uno dei lotti il diametro deve essere il più piccolo tra quelli appartenenti alla gamma di produzione oggetto della qualificazione e presenti all'atto del controllo. Il risultato ottenuto dal test non dovrà essere inferiore alle 2000 ore.

Le prove per la determinazione di r , L , D e t , devono essere eseguite nel laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. Tutti i risultati di prova devono essere positivi in relazione al valore garantito dal fabbricante per il rilassamento ed alle prescrizioni contenute nel § 11.3.3.5.2.3 per le rimanenti grandezze.

Infine si effettueranno le determinazioni:

- del minimo valore del rapporto tra il diametro del filo centrale e quello dei fili periferici su un saggio per lotto di trefoli;
- del passo di avvolgimento, su un saggio per lotto di trecce e di trefoli;
- del comportamento al piegamento del filo centrale di un saggio per lotto di trefoli;
- del coefficiente di strizione a rottura Z su un saggio per ogni lotto nel caso delle trecce e dei trefoli;
- delle profondità delle impronte per i prodotti improntati;

verificando che i risultati ottenuti siano tutti conformi alle limitazioni date al § 11.3.3.5.2.3.

11.3.3.5.2.2 Prove di verifica della qualità

Ai fini della verifica della qualità il laboratorio incaricato deve effettuare controlli saltuari su un campione costituito da 5 saggi provenienti da un lotto per ogni categoria di armatura. Il controllo verte su un minimo di sei lotti ogni trimestre da sottoporre a prelievo in non meno di tre sopralluoghi. Su tali saggi in laboratorio viene determinato il valore delle grandezze \emptyset , A , M , L , f_{pt} , l , f_{py} , $f_{p(1)}$, $f_{p(0,1)}$, $f_{p(0,1)}/f_{pt}$, f_{py}/f_{pt} , e $f_{p(1)}/f_{pt}$, E_p , N , A_{gt} , α (180°).

I valori caratteristici f_{ptk} , f_{pyk} , $f_{(0,1)k}$, $f_{p(1)k}$ calcolati con la formula del precedente § 11.3.3.5.2.1 devono rispettare i valori minimi di cui alla Tab. 11.3.VIII oppure i valori dichiarati dal fabbricante.

Se gli scarti quadratici medi risultano superiori al 3% del valore medio per f_{pt} , e al 4% per f_{py} , $f_{(0,1)}$, $f_{p(1)}$, il controllo si intende sospeso e la procedura di qualificazione deve essere ripresa dall'inizio.

Ove i valori caratteristici f_{ptk} , f_{pyk} , $f_{(0,1)k}$, $f_{p(1)k}$ riscontrati risultino inferiori ai valori minimi di cui alla Tab. 11.3.VIII, oppure i valori dei rapporti $f_{p(0,1)}/f_{pt}$, f_{py}/f_{pt} , e $f_{p(1)}/f_{pt}$ non siano compresi tra i limiti specificati nel § 11.3.3.5.2.3, il laboratorio incaricato sospende le verifiche della qualità dandone comunicazione al Servizio Tecnico Centrale che autorizzerà il laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 a ripetere le prove di qualificazione solo dopo che il fabbricante abbia avviato alle cause che hanno dato luogo al risultato insoddisfacente e previa eventuale nuova visita ispettiva.

Per il calcolo del valore caratteristico delle grandezze f_{pt} , f_{py} , $f_{p(0,1)}$, $f_{p(1)}$ devono essere prese in considerazione sempre 10 serie di 5 saggi, facenti parte dei prodotti oggetto della qualificazione, da aggiornarsi ad ogni prelievo, aggiungendo la nuova serie ed eliminando la prima in ordine di tempo. I nuovi valori delle medie e degli scarti quadratici medi così ottenuti vengono utilizzati per la determinazione delle nuove tensioni caratteristiche, sostitutive di quelle precedenti, ponendo sempre $n = 50$.

Per le grandezze r e per la resistenza alla fatica, i controlli si effettuano una volta al semestre, per entrambe su 3 saggi provenienti dallo stesso lotto per ogni categoria di armatura.

La grandezza D , per i trefoli di diametro maggiore o uguale a 12,5 mm, è determinata una volta al semestre su saggi provenienti da un lotto, nel numero previsto dalla UNI EN ISO 15630-3:2010.

Le prove di corrosione sotto tensione per la determinazione della durata di vita a rottura t sono effettuate 1 volta al semestre su 1 lotto, in numero di 6 saggi per lotto.

Le prove per la determinazione delle grandezze r , D e t e per la valutazione della resistenza alla fatica, vengono eseguite nel laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001. Tutti i risultati di prova devono essere positivi in relazione al valore indicato nella Tabella 11.3.VIII per la caduta di rilassamento e alle limitazioni date nel § 11.3.3.5.2.3 per le grandezze D e t .

Su un saggio per lotto di trefoli si effettueranno le determinazioni del rapporto tra il diametro del filo centrale e quello dei fili periferici confrontandoli con quelli limite indicati al § 11.3.3.5.2.3.

Su un saggio per lotto di trecce e di trefoli, si calcolerà il valore del coefficiente di strizione a rottura Z e si misurerà il passo di avvolgimento p di cui al § 11.3.3.5.2.3.

Il laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 provvederà ad effettuare i prelievi sopramenzionati, provvedendo, per quanto possibile, a coprire tutti i diametri compresi nell'intervallo oggetto della qualificazione.

11.3.3.5.2.3 Determinazione delle proprietà e tolleranze

Qualora non diversamente specificato, le determinazioni e le misure di cui al presente paragrafo si effettuano, per i fili, le trecce, i trefoli e le barre, secondo quanto indicato nelle pertinenti parti delle norme UNI EN ISO 15630-1, 2 e 3.

I valori delle tensioni f_{pt} , f_{py} , $f_{p(0,1)}$, $f_{p(1)}$ devono essere riferiti al valore nominale dell'area della sezione trasversale riportata nel catalogo del fabbricante.

Diametro (\emptyset), area della sezione trasversale (A) e massa per unità di lunghezza (M)

L'area della sezione trasversale si valuta per pesata assumendo che la densità dell'acciaio sia pari a 7,81 kg/dm³ per i fili, le trecce e i trefoli e 7,85 kg/dm³ per le barre.

Qualora richiesto, il diametro dei fili lisci e delle barre lisce si misura con uno strumento appropriato che garantisca una accuratezza di lettura di 0,01 mm o migliore.

Il valore ottenuto per la massa deve essere riferito a un metro di lunghezza di prodotto.

Sui valori nominali delle aree delle sezioni dei fili, delle barre, delle trecce e dei trefoli è ammessa una tolleranza di $\pm 2\%$. Per le barre la tolleranza è compresa tra -2% e $+6\%$. Le stesse tolleranze si applicano al valore della massa nominale per unità di lunghezza dichiarata dal fabbricante.

Nei calcoli statici si adottano le aree delle sezioni nominali.

Rettilinearità

I prodotti forniti in rotolo o in bobine devono avere raggio di avvolgimento tale per cui all'atto dello svolgimento, allungati al suolo, su un tratto di 1 m non presentino curvatura con freccia superiore a 25 mm; il fabbricante deve indicare il diametro minimo di avvolgimento del prodotto. Nel caso di fili forniti in fasci il valore massimo di curvatura come sopra definito è pari a 10 mm.

Per le barre il valore massimo di deviazione dalla rettilinearità, misurato su una qualsiasi lunghezza, non deve superare 4 mm per metro di lunghezza.

Ovalità

L'ovalità dei fili lisci, definita come differenza tra massimo e minimo diametro misurato, non deve essere maggiore di 2/100 del loro diametro nominale. La misurazione delle dimensioni deve essere effettuata con uno strumento che garantisca una accuratezza di lettura di 1/100 di mm o migliore. Il diametro medio, inteso come media della misurazione di due diametri ortogonali tra loro di cui uno sia il massimo tra quelli ottenuti, non deve differire per più dell'1% dal valore nominale del diametro dichiarato dal fabbricante.

Passo di avvolgimento (p)

Il passo di avvolgimento dei fili delle trecce deve essere compreso tra 14 e 22 volte il loro diametro nominale.

Il passo di avvolgimento dei fili esterni dei trefoli deve essere compreso tra 14 e 18 volte il loro diametro nominale.