

INDICE GENERALE

DM INFRASTRUTTURE 17 gennaio 2018

Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" XXXV

1. OGGETTO	
PREMESSA	2
1.1. OGGETTO	2
2. SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE	
2.1. PRINCIPI FONDAMENTALI	4
2.2. REQUISITI DELLE OPERE STRUTTURALI	5
2.2.1. Stati limite ultimi (SLU)	5
2.2.2. Stati limite di esercizio (SLE)	5
2.2.3. Sicurezza antincendio.....	5
2.2.4. Durabilità	5
2.2.5. Robustezza	6
2.2.6. Verifiche	6
2.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA	7
2.4. VITA NOMINALE DI PROGETTO, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO	8
2.4.1. Vita nominale di progetto	8
2.4.2. Classi d'uso	8
2.4.3. Periodo di riferimento per l'azione sismica	9
2.5. AZIONI SULLE COSTRUZIONI	9
2.5.1. Classificazione delle azioni	9
2.5.1.1 Classificazione delle azioni in base al modo di esplicarsi	9
2.5.1.2 Classificazione delle azioni secondo la risposta strutturale	10
2.5.1.3 Classificazione delle azioni secondo la variazione della loro intensità nel tempo	10
2.5.2. Caratterizzazione delle azioni elementari	10
2.5.3. Combinazioni delle azioni	12
2.6. AZIONI NELLE VERIFICHE AGLI STATI LIMITE	12
2.6.1. Stati limite ultimi	12
2.6.2. Stati limite d'esercizio	14
3. AZIONI SULLE COSTRUZIONI	
3.1. OPERE CIVILI E INDUSTRIALI	16
3.1.1. Generalità	16
3.1.2. Pesi propri dei materiali strutturali	16
3.1.3. Carichi permanenti non strutturali	17
3.1.4. Sovraccarichi	17
3.1.4.1 Sovraccarichi verticali uniformemente distribuiti	19
3.1.4.2 Sovraccarichi verticali concentrati	19
3.1.4.3 Sovraccarichi orizzontali lineari.....	19
3.2. AZIONE SISMICA	20
3.2.1. Stati limite e relative probabilità di superamento	20
3.2.2. Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche	21

	Categorie di sottosuolo	21
	Condizioni topografiche	22
3.2.3.	Valutazione dell'azione sismica	23
3.2.3.1	Descrizione del moto sismico in superficie e sul piano di fondazione	23
3.2.3.2	Spettro di risposta elastico in accelerazione	23
3.2.3.2.1	Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali ..	24
	Amplificazione stratigrafica	25
	Amplificazione topografica	25
3.2.3.2.2	Spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale	26
3.2.3.2.3	Spettro di risposta elastico in spostamento delle componenti orizzontali ...	27
3.2.3.3	Spostamento orizzontale e velocità orizzontale del terreno	27
3.2.3.4	Spettri di risposta di progetto per lo stato limite di operatività (SLO)	27
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).....	27
3.2.3.6	Impiego di storie temporali del moto del terreno	28
3.2.4.	Effetti della variabilità spaziale del moto	29
3.2.4.1	Variabilità spaziale del moto	29
3.2.4.2	Spostamento assoluto e relativo del terreno	29
3.3.	AZIONI DEL VENTO	30
3.3.1.	Velocità base di riferimento	30
3.3.2.	Velocità di riferimento	31
3.3.3.	Azioni statiche equivalenti	32
3.3.4.	Pressione del vento	32
3.3.5.	Azione tangente del vento	33
3.3.6.	Pressione cinetica di riferimento	33
3.3.7.	Coefficiente di esposizione	33
3.3.8.	Coefficienti aerodinamici	35
3.3.9.	Coefficiente dinamico	35
3.3.10.	Avvertenze progettuali	35
3.4.	AZIONI DELLA NEVE	36
3.4.1.	Carico della neve sulle coperture	36
3.4.2.	Valore di riferimento del carico della neve al suolo	36
3.4.3.	Coefficiente di forma delle coperture	38
3.4.3.1	Generalità	38
3.4.3.2	Copertura ad una falda	39
3.4.3.3	Copertura a due falde	39
3.4.4.	Coefficiente di esposizione	39
3.4.5.	Coefficiente termico	39
3.5.	AZIONI DELLA TEMPERATURA	40
3.5.1.	Generalità	40
3.5.2.	Temperatura dell'aria esterna	40
3.5.3.	Temperatura dell'aria interna	41
3.5.4.	Distribuzione della temperatura negli elementi strutturali	41
3.5.5.	Azioni termiche sugli edifici	42
3.5.6.	Particolari precauzioni nel progetto di strutture soggette ad azioni termiche speciali	43
3.5.7.	Effetti delle azioni termiche	43
3.6.	AZIONI ECCEZIONALI	43

3.6.1.	Incendio	43
3.6.1.1	Definizioni	43
3.6.1.2	Richieste di prestazione	45
3.6.1.3	Classi di resistenza al fuoco	45
3.6.1.4	Criteri di progettazione	45
3.6.1.5	Procedura di analisi della resistenza al fuoco	46
3.6.1.5.1	Incendio di progetto	46
3.6.1.5.2	Analisi dell'evoluzione della temperatura	46
3.6.1.5.3	Analisi del comportamento meccanico	46
3.6.1.5.4	Verifiche di sicurezza	47
3.6.2.	Esplosioni	47
3.6.2.1	Generalità	47
3.6.2.2	Classificazione delle azioni dovute alle esplosioni	47
3.6.2.3	Modellazione delle azioni dovute alle esplosioni	48
3.6.2.4	Criteri di progettazione	48
3.6.3.	Urti	49
3.6.3.1	Generalità	49
3.6.3.2	Classificazione delle azioni dovute agli urti	49
3.6.3.3	Urti da traffico veicolare	49
3.6.3.3.1	Traffico veicolare sotto ponti o altre strutture	49
3.6.3.3.2	Traffico veicolare sopra i ponti	50
3.6.3.4	Urti da traffico ferroviario	50
3.6.3.5	Urti di imbarcazioni ed aeromobili	51
4.	COSTRUZIONI CIVILI E INDUSTRIALI	
4.1.	COSTRUZIONI DI CALCESTRUZZO	54
4.1.1.	Valutazione della sicurezza e metodi di analisi	55
4.1.1.1	Analisi elastica lineare	55
4.1.1.2	Analisi plastica	56
4.1.1.3	Analisi non lineare	56
4.1.1.4	Effetti delle deformazioni	57
4.1.2.	Verifiche degli stati limite	57
4.1.2.1	Materiali	57
4.1.2.1.1	Resistenze di progetto dei materiali	57
4.1.2.1.1.1	Resistenza di progetto a compressione del calcestruzzo	57
4.1.2.1.1.2	Resistenza di progetto a trazione del calcestruzzo	57
4.1.2.1.1.3	Resistenza di progetto dell'acciaio	58
4.1.2.1.1.4	Tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo	58
4.1.2.1.2	Diagrammi di progetto dei materiali	58
4.1.2.1.2.1	Diagrammi di progetto tensione-deformazione del calcestruzzo . - Calcestruzzo confinato	58 59
4.1.2.1.2.2	Diagrammi di progetto tensione-deformazione dell'acciaio	61
4.1.2.2	Stati limite di esercizio	61
4.1.2.2.1	Generalità	61
4.1.2.2.2	Stato limite di deformazione	62
4.1.2.2.3	Stato limite per vibrazioni	62
4.1.2.2.4	Stato limite di fessurazione	62
4.1.2.2.4.1	Combinazioni di azioni	62

4.1.2.2.4.2	Condizioni ambientali	62
4.1.2.2.4.3	Sensibilità delle armature alla corrosione	63
4.1.2.2.4.4	Scelta degli stati limite di fessurazione	63
4.1.2.2.4.5	Verifica dello stato limite di fessurazione	63
	- Stato limite di decompressione e di formazione delle fessure	63
	- Stato limite di apertura delle fessure	63
4.1.2.2.5	Stato limite di limitazione delle tensioni.....	64
4.1.2.2.5.1	Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio	64
4.1.2.2.5.2	Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio	64
4.1.2.3	Stati limite ultimi	64
4.1.2.3.1	Generalità	64
4.1.2.3.2	Stato limite di resistenza	64
4.1.2.3.3	Stato limite di duttilità.....	64
4.1.2.3.4	Resistenza flessionale e duttilità massima in presenza e in assenza di sforzo assiale	65
4.1.2.3.4.1	Ipotesi di base	65
4.1.2.3.4.2	Verifiche di resistenza e duttilità	65
4.1.2.3.5	Resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti.....	66
4.1.2.3.5.1	Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio	67
4.1.2.3.5.2	Elementi con armature trasversali resistenti al taglio	67
4.1.2.3.5.3	Casi particolari	68
	- Componenti trasversali	68
	- Carichi in prossimità degli appoggi	68
	- Carichi appesi o indiretti	69
4.1.2.3.5.4	Verifica al punzonamento	69
4.1.2.3.6	Resistenza nei confronti di sollecitazioni torcenti	69
	- Sollecitazioni composte	70
4.1.2.3.7	Resistenza di elementi tozzi, nelle zone diffusive e nei nodi	71
4.1.2.3.8	Resistenza a fatica	71
4.1.2.3.9	Indicazioni specifiche relative a pilastri e pareti.....	72
4.1.2.3.9.1	Pilastri cerchiati	72
4.1.2.3.9.2	Verifiche di stabilità per elementi snelli	72
	- Snellezza limite per pilastri singoli	72
	- Effetti globali negli edifici	72
4.1.2.3.9.3	Metodi di verifica	73
	- Analisi elastica lineare	73
	- Analisi non lineare	73
4.1.2.3.10	Verifica dell'ancoraggio delle barre di acciaio con il calcestruzzo	73
4.1.3.	Verifiche per situazioni transitorie	74
4.1.4.	Verifiche per situazioni eccezionali	74
4.1.5.	Progettazione integrata da prove e verifica mediante prove	74
4.1.6.	Dettagli costruttivi	74
4.1.6.1	Elementi monodimensionali: travi e pilastri	74
4.1.6.1.1	Armatura delle travi	74
4.1.6.1.2	Armatura dei pilastri	75
4.1.6.1.3	Copriferro e interferro	75
4.1.6.1.4	Ancoraggio delle barre e loro giunzioni	76
4.1.7.	Esecuzione	76

4.1.8.	Norme ulteriori per il calcestruzzo armato precompresso	76
4.1.8.1	Valutazione della sicurezza - Norme di calcolo	77
4.1.8.1.1	Stati limite ultimi	77
4.1.8.1.2	Stati limite di esercizio	77
4.1.8.1.3	Tensioni di esercizio nel calcestruzzo a cadute avvenute	77
4.1.8.1.4	Tensioni iniziali nel calcestruzzo	77
4.1.8.1.5	Tensioni limite per gli acciai da precompressione	78
4.1.8.2	Dettagli costruttivi per il calcestruzzo armato precompresso	78
4.1.8.2.1	Armatura longitudinale ordinaria	78
4.1.8.2.2	Staffe	78
4.1.8.3	Esecuzione delle opere in calcestruzzo armato precompresso	79
4.1.9.	Norme ulteriori per i solai	79
4.1.9.1	Solai misti di c.a. e c.a.p. e blocchi forati in laterizio o in calcestruzzo	79
4.1.9.2	Solai misti di c.a. e c.a.p. e blocchi diversi dal laterizio o calcestruzzo.....	79
4.1.9.3	Solai realizzati con l'associazione di componenti prefabbricati in c.a. e c.a.p.	80
4.1.10.	Norme ulteriori per le strutture prefabbricate	80
4.1.10.1	Prodotti prefabbricati non soggetti a marcatura CE	80
4.1.10.2	Prodotti prefabbricati in serie	81
4.1.10.2.1	Prodotti prefabbricati in serie dichiarata	81
4.1.10.2.2	Prodotti prefabbricati in serie controllata	81
4.1.10.3	Responsabilità e competenze	82
4.1.10.4	Prove su componenti	82
4.1.10.5	Norme complementari	82
4.1.10.5.1	Appoggi	82
4.1.10.5.2	Realizzazione delle unioni e dei collegamenti	83
4.1.10.5.3	Tolleranze	83
4.1.11.	Calcestruzzo a bassa percentuale di armatura o non armato	83
4.1.11.1	Valutazione della sicurezza – Norme di calcolo	83
4.1.12.	Calcestruzzo di aggregati leggeri (LC).....	84
4.1.12.1	Norme di calcolo	84
4.1.13.	Resistenza al fuoco	84
4.2.	COSTRUZIONI DI ACCIAIO	84
4.2.1.	Materiali	85
4.2.1.1	Acciaio laminato	85
4.2.1.2	Acciaio inossidabile	86
4.2.1.3	Saldature	86
4.2.1.4	Bulloni e chiodi	86
4.2.2.	Valutazione della sicurezza	87
4.2.2.1	Stati limite	87
4.2.3.	Analisi strutturale	87
4.2.3.1	Classificazione delle sezioni	88
4.2.3.2	Capacità resistente delle sezioni	91
4.2.3.3	Metodi di analisi globale	91
4.2.3.4	Effetti delle deformazioni	92
4.2.3.5	Effetto delle imperfezioni	92
4.2.4.	Verifiche	93
4.2.4.1	Verifiche agli stati limite ultimi	93
4.2.4.1.1	Resistenza di progetto.....	93

4.2.4.1.2	Resistenza delle membrature	94
4.2.4.1.2.1	Trazione	94
4.2.4.1.2.2	Compressione	95
4.2.4.1.2.3	Flessione monoassiale (retta)	95
4.2.4.1.2.4	Taglio	96
4.2.4.1.2.5	Torsione	97
4.2.4.1.2.6	Flessione e taglio	97
4.2.4.1.2.7	Presso o tenso flessione retta	98
4.2.4.1.2.8	Presso o tenso flessione biassiale	99
4.2.4.1.2.9	Flessione, taglio e sforzo assiale	99
4.2.4.1.3	Stabilità delle membrature	99
4.2.4.1.3.1	Aste compresse	99
	- Limitazioni della snellezza	102
4.2.4.1.3.2	Travi inflesse	102
4.2.4.1.3.3	Membrature inflesse e compresse	103
4.2.4.1.3.4	Stabilità dei pannelli	104
4.2.4.1.4	Stato limite di fatica	104
	- Verifica a vita illimitata	105
	- Verifica a danneggiamento	105
4.2.4.1.5	Fragilità alle basse temperature	106
4.2.4.1.6	Resistenza di cavi, barre e funi	106
4.2.4.1.7	Resistenza degli apparecchi di appoggio	107
4.2.4.2	Verifiche agli stati limite di esercizio.....	107
4.2.4.2.1	Spostamenti verticali	107
4.2.4.2.2	Spostamenti laterali	107
4.2.4.2.3	Stato limite di vibrazioni	108
4.2.4.2.3.1	Edifici	109
4.2.4.2.3.2	Strutture di elevata flessibilità e soggette a carichi ciclici	109
4.2.4.2.3.3	Oscillazioni prodotte dal vento	109
4.2.4.2.4	Stato limite di plasticizzazioni locali	109
4.2.5.	Verifiche per situazioni progettuali transitorie	109
4.2.6.	Verifiche per situazioni progettuali eccezionali	109
4.2.7.	Progettazione integrata da prove e verifica mediante prove.....	110
4.2.8.	Unioni	110
4.2.8.1	Unioni con bulloni, chiodi e perni soggetti a carichi statici	111
4.2.8.1.1	Unioni con bulloni e chiodi	111
	- Unioni con bulloni o chiodi soggette a taglio e/o a trazione	113
	- Unioni a taglio per attrito con bulloni ad alta resistenza	115
4.2.8.1.2	Collegamenti con perni	115
4.2.8.2	Unioni saldate	116
4.2.8.2.1	Unioni con saldature a piena penetrazione	116
4.2.8.2.2	Unioni con saldature a parziale penetrazione	116
4.2.8.2.3	Unioni con saldature a cordoni d'angolo	116
4.2.8.2.4	Resistenza delle saldature a cordoni d'angolo	117
4.2.8.3	Unioni soggette a carichi da fatica	118
4.2.8.4	Unioni soggette a vibrazioni, urti e/o inversioni di carico	118
4.2.9.	Requisiti per la progettazione e l'esecuzione	119
4.2.9.1	Spessori Limite	119
4.2.9.2	Acciaio incrudito	119

4.2.9.3 Giunti di tipo misto	119
4.2.9.4 Problematiche specifiche	119
4.2.9.5 Apparecchi di appoggio	119
4.2.9.6 Verniciatura e zincatura	120
4.2.10. Criteri di durabilità	120
4.2.11. Resistenza al fuoco	120
4.3. COSTRUZIONI COMPOSTE DI ACCIAIO - CALCESTRUZZO	120
4.3.1. Valutazione della sicurezza	120
4.3.1.1 Stati limite ultimi	121
4.3.1.2 Stati limite di esercizio	121
4.3.1.3 Fasi costruttive	121
4.3.2. Analisi strutturale	121
4.3.2.1 Classificazione delle sezioni	121
4.3.2.2 Metodi di analisi globale	121
4.3.2.2.1 Analisi lineare elastica	122
4.3.2.2.2 Analisi plastica	123
4.3.2.2.3 Analisi non lineare	123
4.3.2.3 Larghezze efficaci	123
4.3.2.4 Effetti delle deformazioni	124
4.3.2.5 Effetti delle imperfezioni	125
4.3.3. Resistenze di progetto	125
4.3.3.1 Materiali	126
4.3.3.1.1 Acciaio	126
4.3.3.1.2 Calcestruzzo	126
4.3.4. Travi con soletta collaborante	126
4.3.4.1 Tipologia delle sezioni	126
4.3.4.2 Resistenza delle sezioni	127
4.3.4.2.1 Resistenza a flessione	127
4.3.4.2.1.1 Metodo elastico	127
4.3.4.2.1.2 Metodo plastico	127
4.3.4.2.1.3 Metodo elasto-plastico	127
4.3.4.2.2 Resistenza a taglio	127
4.3.4.3 Sistemi di connessione acciaio-calcestruzzo	127
4.3.4.3.1 Connessioni a taglio con pioli	128
4.3.4.3.1.1 Disposizione e limitazioni	128
4.3.4.3.1.2 Resistenza dei connettori	129
4.3.4.3.2 Altri tipi di connettori	130
4.3.4.3.3 Valutazione delle sollecitazioni di taglio agenti sul sistema di connessione	130
4.3.4.3.4 Dettagli costruttivi della zona di connessione a taglio	131
4.3.4.3.5 Armatura trasversale	131
4.3.4.4 Modalità esecutive	132
4.3.4.5 Spessori minimi	132
4.3.5. Colonne composte	132
4.3.5.1 Generalità e tipologie	132
4.3.5.2 Rigidezza flessionale, snellezza e contributo meccanico dell'acciaio	133
4.3.5.3 Resistenza delle sezioni	134
4.3.5.3.1 Resistenza della sezione per tensioni normali	134
4.3.5.3.2 Resistenza e taglio della sezione	136

4.3.5.4	Stabilità delle membrature	137
4.3.5.4.1	Colonne compresse	137
4.3.5.4.2	Instabilità locale	138
4.3.5.4.3	Colonne pressoinflesse	138
4.3.5.5	Trasferimento degli sforzi tra componente in acciaio e componente in calcestruzzo	139
4.3.5.5.1	Resistenza allo scorrimento fra i componenti	139
4.3.5.6	Copriferro e minimi di armatura	140
4.3.6.	Solette composte con lamiera grecata	140
4.3.6.1	Analisi per il calcolo delle sollecitazioni	141
4.3.6.1.1	Larghezza efficace per forze concentrate o lineari	141
4.3.6.2	Verifiche di resistenza allo stato limite ultimo	142
4.3.6.3	Verifiche agli stati limite di esercizio	142
4.3.6.3.1	Verifiche a fessurazione	142
4.3.6.3.2	Verifiche di deformazione	142
4.3.6.4	Verifiche della lamiera grecata nella fase di getto	143
4.3.6.4.1	Verifica di resistenza	143
4.3.6.4.2	Verifiche agli stati limite di esercizio	143
4.3.6.5	Dettagli costruttivi	143
4.3.6.5.1	Spessore minimo delle lamiere grecate	143
4.3.6.5.2	Spessore della soletta	143
4.3.6.5.3	Inerti	143
4.3.6.5.4	Appoggi	144
4.3.7.	Verifiche per situazioni transitorie	144
4.3.8.	Verifiche per situazioni eccezionali	144
4.3.9.	Resistenza al fuoco	144
4.3.10.	Progettazione integrata da prove e verifica mediante prove.....	144
4.4.	COSTRUZIONI DI LEGNO	145
4.4.1.	Valutazione della sicurezza	145
4.4.2.	Analisi strutturale	145
4.4.3.	Azioni e loro combinazioni	145
4.4.4.	Classi di durata del carico	146
4.4.5.	Classi di servizio	146
4.4.6.	Resistenza di progetto.....	147
4.4.7.	Stati limite di esercizio	148
4.4.8.	Stati limite ultimi	150
4.4.8.1	Verifiche di resistenza	150
4.4.8.1.1	Trazione parallela alla fibratura	150
4.4.8.1.2	Trazione perpendicolare alla fibratura	150
4.4.8.1.3	Compressione parallela alla fibratura	151
4.4.8.1.4	Compressione perpendicolare alla fibratura	151
4.4.8.1.5	Compressione inclinata rispetto alla fibratura	151
4.4.8.1.6	Flessione	151
4.4.8.1.7	Tensoflessione	152
4.4.8.1.8	Pressoflessione	152
4.4.8.1.9	Taglio	152
4.4.8.1.10	Torsione	153
4.4.8.1.11	Taglio e torsione	153
4.4.8.2	Verifiche di stabilità	153

4.4.8.2.1	Elementi inflessi (instabilità di trave)	153
4.4.8.2.2	Elementi compressi (instabilità di colonna)	154
4.4.9.	Collegamenti	155
4.4.10.	Elementi strutturali	155
4.4.11.	Sistemi strutturali	156
4.4.12.	Robustezza	156
4.4.13.	Durabilità	157
4.4.14.	Resistenza al fuoco	157
4.4.15.	Regole per l'esecuzione	157
4.4.16.	Verifiche per situazioni transitorie, controlli e prove di carico	157
4.4.17.	Verifiche per situazioni progettuali eccezionali	158
4.4.18.	Progettazione integrata da prove e verifica mediante prove	158
4.5.	COSTRUZIONI DI MURATURA	158
4.5.1.	Definizioni	158
4.5.2.	Materiali e caratteristiche tipologiche	159
4.5.2.1	Malte	159
4.5.2.2	Elementi resistenti in muratura	159
4.5.2.2.1	Elementi artificiali	159
4.5.2.2.2	Elementi naturali	160
4.5.2.3	Murature	160
4.5.3.	Caratteristiche meccaniche delle murature	160
4.5.4.	Organizzazione strutturale	161
4.5.5.	Analisi strutturale	162
4.5.6.	Verifiche	162
4.5.6.1	Resistenze di progetto	162
4.5.6.2	Verifiche agli stati limite ultimi	163
4.5.6.3	Verifiche agli stati limite di esercizio	165
4.5.6.4	Verifiche semplificate	165
4.5.7.	Muratura armata	166
4.5.8.	Muratura confinata	167
4.5.9.	Verifiche per situazioni transitorie	167
4.5.10.	Verifiche per situazioni eccezionali	167
4.5.11.	Resistenza al fuoco	168
4.5.12.	Progettazione integrata da prove e verifica mediante prove	168
4.6.	ALTRI SISTEMI COSTRUTTIVI	168
5.	PONTI	170
5.1.	PONTI STRADALI	170
5.1.1.	Oggetto	170
5.1.2.	Prescrizioni generali	170
5.1.2.1	Geometria della sede stradale	170
5.1.2.2	Altezza libera	170
5.1.2.3	Compatibilità idraulica	170
5.1.3.	Azioni sui ponti stradali	172
5.1.3.1	Azioni permanenti	172
5.1.3.2	Distorsioni e deformazioni impresse	172
5.1.3.3	Azioni variabili da traffico. Carichi verticali: q_1	172
5.1.3.3.1	Premessa	172

5.1.3.3.2	Definizione delle corsie convenzionali	172
5.1.3.3.3	Schemi di carico	173
5.1.3.3.4	Categorie stradali	174
5.1.3.3.5	Disposizione dei carichi mobili per realizzare le condizioni di carico più gravose	175
5.1.3.3.6	Strutture secondarie di impalcato	176
	- Diffusione dei carichi locali	176
	- Calcolo delle strutture secondarie di impalcato	176
5.1.3.4	Azioni variabili da traffico. Incremento dinamico addizionale in presenza di discontinuità strutturali: q2	177
5.1.3.5	Azioni variabili da traffico. Azione longitudinale di frenamento o di accelerazione: q3	177
5.1.3.6	Azioni variabili da traffico. Azione centrifuga: q4	177
5.1.3.7	Azioni di neve e di vento: q5	177
5.1.3.8	Azioni idrodinamiche: q6.....	178
5.1.3.9	Azioni della temperatura: q7	178
5.1.3.10	Azioni sui parapetti e urto di veicolo in svio: q8	178
5.1.3.11	Resistenze passive dei vincoli: q9	178
5.1.3.12	Azioni sismiche: E	179
5.1.3.13	Azioni eccezionali: A	179
5.1.3.14	Combinazioni di carico	179
5.1.4.	Verifiche di sicurezza	181
5.1.4.1	Verifiche agli stati limite ultimi	181
5.1.4.2	Stati limite di esercizio	181
5.1.4.3	Verifiche allo stato limite di fatica	182
	- Verifiche per vita illimitata	182
	- Verifiche a danneggiamento	183
5.1.4.4	Verifiche allo stato limite di fessurazione	185
5.1.4.5	Verifiche allo stato limite di deformazione	186
5.1.4.6	Verifiche delle azioni sismiche	186
5.1.4.7	Verifiche in fase di costruzione	186
5.1.5.	Strutture portanti	186
5.1.5.1	Impalcato	186
	5.1.5.1.1 Spessori minimi	186
	5.1.5.1.2 Strutture ad elementi prefabbricati	186
5.1.5.2	Pile	186
	5.1.5.2.1 Spessori minimi	186
	5.1.5.2.2 Schematizzazione e calcolo	187
5.1.6.	Vincoli	187
5.1.6.1	Protezione dei vincoli	187
5.1.6.2	Controllo, manutenzione e sostituzione	187
5.1.6.3	Vincoli in zona sismica	187
5.1.7.	Opere accessorie	188
5.1.7.1	Impermeabilizzazione	188
5.1.7.2	Pavimentazioni	188
5.1.7.3	Giunti	188
5.1.7.4	Smaltimento dei liquidi provenienti dall'impalcato	188
5.1.7.5	Dispositivi per l'ispezionabilità e la manutenzione delle opere	188
5.1.7.6	Vani per condotte e cavidotti	188
5.2.	PONTI FERROVIARI	189

5.2.1.	Principali criteri progettuali e manutentivi	189
5.2.1.1	Ispezionabilità e manutenzione	189
5.2.1.2	Compatibilità idraulica	189
5.2.1.3	Altezza libera	189
5.2.2.	Azioni sulle opere	189
5.2.2.1	Azioni permanenti	189
5.2.2.1.1	Carichi permanenti portati	189
5.2.2.2	Azioni variabili verticali	190
5.2.2.2.1	Modelli di carico	190
5.2.2.2.1.1	Modello di carico LM 71	190
5.2.2.2.1.2	Modelli di carico SW	191
5.2.2.2.1.3	Treno scarico	191
5.2.2.2.1.4	Ripartizione locale dei carichi	191
5.2.2.2.1.5	Distribuzione dei carichi verticali per i rilevati a tergo delle spalle	193
5.2.2.2.2	Carichi sui marciapiedi	193
5.2.2.2.3	Effetti dinamici	193
5.2.2.3	Azioni variabili orizzontali	196
5.2.2.3.1	Forza centrifuga	196
5.2.2.3.2	Azione laterale (serpeggio)	198
5.2.2.3.3	Azioni di avviamento e frenatura	198
5.2.2.4	Azioni variabili ambientali	199
5.2.2.4.1	Azione del vento	199
5.2.2.4.2	Temperatura	199
5.2.2.5	Effetti di interazione statica treno-binario-struttura	200
5.2.2.6	Effetti aerodinamici associati al passaggio dei convogli ferroviari	201
5.2.2.6.1	Superfici verticali parallele al binario	201
5.2.2.6.2	Superfici orizzontali al di sopra del binario	202
5.2.2.6.3	Superfici orizzontali adiacenti il binario.....	202
5.2.2.6.4	Strutture con superfici multiple a fianco del binario sia verticali che orizzontali o inclinate	203
5.2.2.6.5	Superfici che circondano integralmente il binario per lunghezze inferiori a 20 m	204
5.2.2.7	Azioni idrodinamiche	204
5.2.2.8	Azioni sismiche	204
5.2.2.9	Azioni eccezionali	205
5.2.2.9.1	Rottura della catenaria	205
5.2.2.9.2	Deragliamento al di sopra del ponte	205
5.2.2.9.3	Deragliamento al di sotto del ponte	206
5.2.2.10	Azioni indirette	206
5.2.2.10.1	Distorsioni	206
5.2.2.10.2	Ritiro e viscosità	206
5.2.2.10.3	Resistenze parassite nei vincoli	207
5.2.3.	Particolari prescrizioni per le verifiche	207
5.2.3.1	Combinazione dei treni di carico e delle azioni da essi derivate per più binari	207
5.2.3.1.1	Numero di binari	207
5.2.3.1.2	Numero di treni contemporanei	207
5.2.3.1.3	Simultaneità delle azioni da traffico - Valori caratteristici delle azioni combinate in gruppi di carichi	208

5.2.3.1.4	Valori rari e frequenti delle azioni da traffico ferroviario	208
5.2.3.1.5	Valori quasi-permanenti delle azioni da traffico ferroviario	208
5.2.3.1.6	Azioni da traffico ferroviario in situazioni transitorie	209
5.2.3.2	Verifiche agli SLU e SLE	209
5.2.3.2.1	Requisiti concernenti gli SLU	209
5.2.3.2.2	Requisiti concernenti gli SLE	210
5.2.3.2.2.1	Stati limite di esercizio per la sicurezza del traffico ferroviario	211
5.2.3.2.3	Verifiche allo stato limite di fatica	212
5.2.3.2.4	Verifiche allo stato limite di fessurazione	212
6.	PROGETTAZIONE GEOTECNICA	
6.1.	DISPOSIZIONI GENERALI	214
6.1.1.	Oggetto delle norme	214
6.1.2.	Prescrizioni generali	214
6.2.	ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO	214
6.2.1.	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito	215
6.2.2.	Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica	215
6.2.3.	Fasi e modalità costruttive	216
6.2.4.	Verifiche della sicurezza e delle prestazioni	216
6.2.4.1	Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi (SLU)	216
6.2.4.1.1	Azioni	217
6.2.4.1.2	Resistenze	217
6.2.4.1.3.	Verifiche SLU con l'analisi di interazione terreno-struttura	218
6.2.4.2	Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi idraulici	218
6.2.4.3	Verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio (SLE)	219
6.2.5.	Impiego del metodo osservazionale	220
6.2.6.	Monitoraggio del complesso opera-terreno	220
6.3.	STABILITÀ DEI PENDII NATURALI	220
6.3.1.	Prescrizioni generali	220
6.3.2.	Modellazione geologica del pendio	220
6.3.3.	Modellazione geotecnica del pendio	221
6.3.4.	Verifiche di sicurezza	221
6.3.5.	Interventi di stabilizzazione.....	222
6.3.6.	Controlli e monitoraggio	222
6.4.	OPERE DI FONDAZIONE	222
6.4.1.	Criteri generali di progetto	222
6.4.2.	Fondazioni superficiali	223
6.4.2.1.	Verifiche agli stati limite ultimi (SLU)	223
6.4.2.2	Verifiche agli stati limite di esercizio (SLE)	224
6.4.3.	Fondazioni su pali	224
6.4.3.1	Verifiche agli stati limite ultimi (SLU)	225
6.4.3.1.1	Resistenze di pali soggetti a carichi assiali	225
6.4.3.1.1.1	Resistenza a carico assiale di una palificata.....	227
6.4.3.1.2	Resistenze di pali soggetti a carichi trasversali	227
6.4.3.2	Verifiche agli stati limite di esercizio (SLE)	227
6.4.3.3	Verifiche agli stati limite ultimi (SLU) delle fondazioni miste	228
6.4.3.4	Verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) delle fondazioni miste	229
6.4.3.5	Aspetti costruttivi	229

6.4.3.6	Controlli d'integrità dei pali	229
6.4.3.7	Prove di carico	229
6.4.3.7.1	Prove di progetto su pali pilota	229
6.4.3.7.2	Prove in corso d'opera	230
6.5.	OPERE DI SOSTEGNO	231
6.5.1	Criteri generali di progetto	231
6.5.2	Azioni	231
6.5.2.1	Sovraccarichi	232
6.5.2.2	Modello geometrico di riferimento.....	232
6.5.3	Verifiche agli stati limite	232
6.5.3.1	Verifiche di sicurezza (SLU)	232
6.5.3.1.1	Muri di sostegno	232
6.5.3.1.2	Paratie	233
6.5.3.2	Verifiche di esercizio (SLE)	234
6.6.	TIRANTI DI ANCORAGGIO	234
6.6.1	Criteri di progetto	234
6.6.2	Verifiche di sicurezza (SLU)	235
6.6.3	Aspetti costruttivi	236
6.6.4	Prove di carico	236
6.6.4.1	Prove di progetto su ancoraggi preliminari	236
6.6.4.2	Prove di carico in corso d'opera sugli ancoraggi	237
6.7.	OPERE IN SOTTERRANEO	237
6.7.1	Prescrizioni generali	237
6.7.2	Caratterizzazione geologica	238
6.7.3	Caratterizzazione e modellazione geotecnica	238
6.7.4	Criteri di progetto	239
6.7.5	Analisi progettuali e verifiche di sicurezza	239
6.7.6	Controllo e monitoraggio	240
6.8.	OPERE DI MATERIALI SCIOLTI E FRONTI DI SCAVO	240
6.8.1	Criteri generali di progetto	240
6.8.2	Verifiche di sicurezza (SLU)	240
6.8.3	Verifiche di esercizio (SLE)	241
6.8.4	Aspetti costruttivi	241
6.8.5	Controlli e monitoraggio	241
6.8.6	Fronti di scavo	241
6.8.6.1	Indagini geotecniche e caratterizzazione geotecnica	241
6.8.6.2	Criteri generali di progetto e verifiche di sicurezza	242
6.9.	MIGLIORAMENTO E RINFORZO DEI TERRENI E DEGLI AMMASSI ROCCIOSI	242
6.9.1	Scelta del tipo di intervento e criteri generali di progetto	242
6.9.2	Monitoraggio	243
6.10.	CONSOLIDAMENTO GEOTECNICO DI OPERE ESISTENTI	243
6.10.1	Criteri generali di progetto	243
6.10.2	Indagini geotecniche e caratterizzazione geotecnica	243
6.10.3	Tipi di consolidamento geotecnico	244
6.10.4	Controlli e monitoraggio	244
6.11.	DISCARICHE CONTROLLATE DI RIFIUTI E DEPOSITI DI INERTI	244
6.11.1	Discariche controllate	244

6.11.1.1	Criteri di progetto	244
6.11.1.2	Caratterizzazione del sito	245
6.11.1.3	Modalità costruttive e di controllo dei dispositivi di barriera	245
6.11.1.4	Verifiche di sicurezza	245
6.11.1.5	Monitoraggio	245
6.11.2.	Depositi di inerti	245
6.11.2.1	Criteri di progetto	245
6.11.2.2	Monitoraggio	246
6.12.	FATTIBILITÀ DI OPERE SU GRANDI AREE	246
6.12.1.	Indagini specifiche	246
7.	PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE	
7.0.	GENERALITÀ	248
7.1.	REQUISITI DELLE COSTRUZIONI NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE	248
7.2.	CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE E MODELLAZIONE	249
7.2.1.	Caratteristiche generali delle costruzioni.....	249
	Regolarità	249
	Distanza tra costruzioni contigue	250
	Altezza massima dei nuovi edifici	250
	Limitazione dell'altezza in funzione della larghezza stradale	250
7.2.2.	Criteri generali di progettazione dei sistemi strutturali	250
	Comportamento strutturale	251
	Classi di duttilità	251
	Progettazione in capacità e fattori di sovraresistenza	252
	Spostamenti relativi in appoggi mobili	253
	Zone dissipative e relativi dettagli costruttivi	253
7.2.3.	Criteri di progettazione di elementi strutturali "secondari" ed elementi costruttivi non strutturali	253
	Elementi secondari	253
	Elementi costruttivi non strutturali	254
7.2.4.	Criteri di progettazione degli impianti.....	255
7.2.5.	Requisiti strutturali degli elementi di fondazione	255
	Fondazioni superficiali	256
	Fondazioni su pali	256
	Collegamenti orizzontali tra gli elementi di fondazione	257
7.2.6.	Criteri di modellazione della struttura e dell'azione sismica	257
	Modellazione della struttura	257
	Modellazione dell'azione sismica	258
7.3.	METODI DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA	259
7.3.1.	Analisi lineare o non lineare	260
	Analisi lineare	260
	Valori del fattore di comportamento q	260
	Effetti delle non linearità geometriche	262
	Analisi non lineare	263
7.3.2.	Analisi dinamica o statica.....	263
7.3.3.	Analisi lineare dinamica o statica	263
	7.3.3.1 Analisi lineare dinamica	264
	7.3.3.2 Analisi lineare statica	264

7.3.3.3	Valutazione degli spostamenti della struttura	265
7.3.4.	Analisi non lineare dinamica o statica	265
7.3.4.1	Analisi non lineare dinamica	266
7.3.4.2	Analisi non lineare statica	266
7.3.5.	Risposta alle diverse componenti dell'azione sismica ed alla variabilità spaziale del moto	267
7.3.6.	Rispetto dei requisiti nei confronti degli stati limite	268
7.3.6.1	Elementi strutturali (ST)	268
7.3.6.2	Elementi non strutturali (NS)	270
7.3.6.3	Impianti (IM)	270
7.4.	COSTRUZIONI DI CALCESTRUZZO	271
7.4.1.	Generalità	271
7.4.2.	Caratteristiche dei materiali	271
7.4.2.1	Conglomerato	271
7.4.2.2	Acciaio	272
7.4.3.	Tipologie strutturali e fattori di comportamento	272
7.4.3.1	Tipologie strutturali	272
7.4.3.2	Fattori di comportamento	273
7.4.4	Dimensionamento e verifica degli elementi strutturali primari e secondari	273
7.4.4.1	Travi	274
7.4.4.1.1	Verifiche di resistenza (RES)	274
7.4.4.1.2	Verifiche di duttilità (DUT)	275
7.4.4.2	Pilastri	275
7.4.4.2.1	Verifiche di resistenza (RES)	275
7.4.4.2.2	Verifiche di duttilità (DUT)	277
7.4.4.3	Nodi trave-pilastro	277
7.4.4.3.1	Verifiche di resistenza (RES)	277
7.4.4.4	Diaframmi orizzontali	279
7.4.4.4.1	Verifiche di resistenza (RES)	279
7.4.4.5	Pareti	279
7.4.4.5.1	Verifiche di resistenza (RES)	279
7.4.4.5.2	Verifiche di duttilità (DUT)	283
7.4.4.6	Travi di accoppiamento dei sistemi a pareti	284
7.4.5	Costruzioni con struttura prefabbricata	285
7.4.5.1	Tipologie strutturali e fattori di comportamento	285
7.4.5.2	Collegamenti	285
7.4.5.2.1	Regole di progetto	286
7.4.5.2.2	Valutazione della resistenza	287
7.4.5.3	Elementi strutturali	288
7.4.6	Dettagli costruttivi per le strutture a comportamento dissipativo	288
7.4.6.1	Limitazioni geometriche	289
7.4.6.1.1	Travi	289
7.4.6.1.2	Pilastri	289
7.4.6.1.3	Nodi trave-pilastro	289
7.4.6.1.4	Pareti	289
7.4.6.2	Limitazioni di armatura	290
7.4.6.2.1	Travi	290
7.4.6.2.2	Pilastri	291
7.4.6.2.3	Nodi trave-pilastro	293

7.4.6.2.4	Pareti	293
7.4.6.2.5	Travi di accoppiamento	294
7.5.	COSTRUZIONI D'ACCIAIO	294
7.5.1.	Caratteristiche dei materiali	295
7.5.2.	Tipologie strutturali e fattori di comportamento	295
7.5.2.1	Tipologie strutturali	295
7.5.2.2	Fattori di comportamento	297
7.5.3.	Regole di progetto generali per elementi strutturali dissipativi	297
7.5.3.1	Verifiche di resistenza (RES).....	297
7.5.3.2	Verifiche di duttilità (DUT).....	298
7.5.4.	Regole di progetto specifiche per strutture intelaiate	299
7.5.4.1	Travi	299
7.5.4.2	Colonne.....	300
7.5.4.3	Collegamenti trave-colonna	301
7.5.4.4	Pannelli d'anima dei collegamenti trave-colonna.....	301
7.5.4.5	Collegamenti colonna-fondazione	301
7.5.5.	Regole di progetto specifiche per strutture con controventi concentrici	302
7.5.6	Regole di progetto specifiche per strutture con controventi eccentrici	303
7.6.	COSTRUZIONI COMPOSTE DI ACCIAIO-CALCESTRUZZO	306
7.6.1.	Caratteristiche dei materiali	306
7.6.1.1	Calcestruzzo	306
7.6.1.2	Acciaio per c.a.	307
7.6.1.3	Acciaio strutturale	307
7.6.2.	Tipologie strutturali e fattori di comportamento	307
7.6.2.1	Tipologie strutturali	307
7.6.2.2	Fattori di comportamento	307
7.6.3.	Rigidezza della sezione trasversale composta	307
7.6.4.	Criteri di progetto e dettagli per strutture dissipative	308
7.6.4.1	Criteri di progetto per strutture dissipative	308
7.6.4.2	Verifiche di resistenza (RES)	308
7.6.4.3	Verifiche di duttilità (DUT)	309
7.6.4.4	Dettagli costruttivi	310
7.6.5	Regole specifiche per le membrature	310
7.6.5.1	Travi con soletta collaborante.....	311
7.6.5.2	Membrature composte parzialmente rivestite di calcestruzzo	312
7.6.5.3	Colonne composte completamente rivestite di calcestruzzo	313
7.6.5.4	Colonne composte riempite di calcestruzzo.....	313
7.6.6.	Regole specifiche per strutture intelaiate	314
7.6.6.1	Analisi strutturale	314
7.6.6.2	Travi e colonne	314
7.6.6.3	Collegamenti trave-colonna	314
7.6.6.4	Collegamenti colonna-fondazione	314
7.6.6.5	Condizione per trascurare il carattere composto delle travi con soletta.....	314
7.6.7.	Regole specifiche per strutture con controventi concentrici	315
7.6.8.	Regole specifiche per strutture con controventi eccentrici	315
7.7.	COSTRUZIONI DI LEGNO	315
7.7.1.	Aspetti concettuali della progettazione	315
7.7.2.	Materiali e proprietà delle zone dissipative	316

7.7.3.	Tipologie strutturali e fattori di comportamento	317
7.7.3.1	Precisazioni	317
7.7.4.	Analisi strutturale	318
7.7.5.	Disposizioni costruttive.....	318
7.7.5.1	Generalità	318
7.7.5.2	Disposizioni costruttive per i collegamenti	318
7.7.5.3	Disposizioni costruttive per gli impalcati	318
7.7.6.	Verifiche di sicurezza	319
7.7.7.	Regole di dettaglio	319
7.7.7.1	Disposizioni costruttive per i collegamenti	319
7.7.7.2	Disposizioni costruttive per gli impalcati	320
7.8.	COSTRUZIONI DI MURATURA	320
7.8.1.	Regole generali	320
7.8.1.1	Premessa	320
7.8.1.2	Materiali	320
7.8.1.3	Modalità costruttive e fattori di comportamento	321
7.8.1.4	Criteri di progetto e requisiti geometrici	322
7.8.1.5	Metodi di analisi	322
7.8.1.5.1	Generalità	322
7.8.1.5.2	Analisi lineare statica	322
7.8.1.5.3	Analisi dinamica modale	324
7.8.1.5.4	Analisi statica non lineare	324
7.8.1.5.5	Analisi dinamica non lineare	324
7.8.1.6	Verifiche di sicurezza	324
7.8.1.7	Principi di progettazione in capacità	325
7.8.1.8	Fondazioni	325
7.8.1.9	Costruzioni semplici	325
7.8.2.	Costruzioni di muratura ordinaria	326
7.8.2.1	Criteri di progetto	326
7.8.2.2	Verifiche di sicurezza	327
7.8.2.2.1	Pressoflessione nel piano	327
7.8.2.2.2	Taglio	327
7.8.2.2.3	Pressoflessione fuori piano	328
7.8.2.2.4	Travi in muratura	328
7.8.3.	Costruzioni di muratura armata	329
7.8.3.1	Criteri di progetto	329
7.8.3.2	Verifiche di sicurezza	329
7.8.3.2.1	Pressoflessione nel piano	329
7.8.3.2.2	Taglio	329
7.8.3.2.3	Pressoflessione fuori piano	330
7.8.4.	Costruzioni di muratura confinata	330
7.8.5.	Strutture miste	330
7.8.6.	Regole di dettaglio	331
7.8.6.1	Costruzioni di muratura ordinaria	331
7.8.6.2	Costruzioni di muratura armata	331
7.8.6.3	Costruzioni di muratura confinata	331
7.9.	PONTI	332
7.9.1.	Campo di applicazione	332

7.9.2	Criteri generali di progettazione	332
7.9.2.1	Valori del fattore di comportamento	333
7.9.3.	Modello strutturale	334
7.9.3.1	Interazione terreno-struttura e analisi di risposta sismica locale.....	335
7.9.4.	Analisi strutturale	335
7.9.4.1	Analisi statica lineare	335
7.9.5.	Dimensionamento e verifica degli elementi strutturali.....	336
7.9.5.1	Pile	337
7.9.5.1.1	Verifiche di resistenza (RES)	337
7.9.5.1.2	Verifiche di duttilità (DUT)	338
7.9.5.2	Impalcato	338
7.9.5.2.1	Verifiche di resistenza (RES).....	338
7.9.5.3	Apparecchi di appoggio e zone di sovrapposizione	339
7.9.5.3.1	Apparecchi d'appoggio o di vincolo fissi	339
7.9.5.3.2	Apparecchi d'appoggio mobili	339
7.9.5.3.3	Dispositivi di fine corsa	339
7.9.5.3.4	Zone di sovrapposizione	340
7.9.5.4	Spalle	340
7.9.5.4.1	Collegamento mediante apparecchi d'appoggio mobili	340
7.9.5.4.2	Collegamento mediante apparecchi d'appoggio fissi	340
7.9.6.	Dettagli costruttivi per elementi di calcestruzzo armato	341
7.9.6.1	Pile.....	341
7.9.6.1.1	Armature per il confinamento del nucleo di calcestruzzo.....	341
7.9.6.1.2	Armature per contrastare l'instabilità delle barre verticali compresse	343
7.9.6.1.3	Dettagli costruttivi per le zone dissipative	343
7.9.6.2	Impalcato, fondazioni e spalle.....	344
7.10.	COSTRUZIONI CON ISOLAMENTO E/O DISSIPAZIONE	344
7.10.1.	Scopo	344
7.10.2.	Requisiti generali e criteri per il loro soddisfacimento	344
7.10.3.	Caratteristiche e criteri di accettazione dei dispositivi	345
7.10.4.	Indicazioni progettuali	345
7.10.4.1	Indicazioni riguardanti i dispositivi	345
7.10.4.2	Controllo di movimenti indesiderati	345
7.10.4.3	Controllo degli spostamenti sismici differenziali del terreno	346
7.10.4.4	Controllo degli spostamenti relativi al terreno e alle costruzioni circostanti	346
7.10.5.	Modellazione e analisi strutturale	346
7.10.5.1	Proprietà del sistema di isolamento	346
7.10.5.2	Modellazione	347
7.10.5.3	Analisi	348
7.10.5.3.1	Analisi lineare statica	348
7.10.5.3.2	Analisi lineare dinamica	350
7.10.6.	Verifiche	350
7.10.6.1	Verifiche degli stati limite di esercizio	350
7.10.6.2	Verifiche degli stati limite ultimi	351
7.10.6.2.1	Verifiche dello SLV	351
7.10.6.2.2	Verifiche dello SLC	351
7.10.7.	Aspetti costruttivi, manutenzione, sostituibilità	352
7.10.8.	Accorgimenti specifici in fase di collaudo	352

7.11. OPERE E SISTEMI GEOTECNICI	353
7.11.1. Requisiti nei confronti degli stati limite	353
7.11.2. Caratterizzazione geotecnica ai fini sismici	353
7.11.3. Risposta sismica e stabilità del sito	354
7.11.3.1 Risposta sismica locale	354
7.11.3.2 Fattori di amplificazione stratigrafica	354
7.11.3.3 Fattori di amplificazione topografica	354
7.11.3.4 Stabilità nei confronti della liquefazione	355
7.11.3.4.1 Generalità	355
7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione	355
7.11.3.4.3 Metodologie di analisi	356
7.11.3.5 Stabilità dei pendii	357
7.11.3.5.1 Azione sismica	357
7.11.3.5.2 Metodi di analisi	357
7.11.4. Fronti di scavo e rilevati	359
7.11.5. Fondazioni	360
7.11.5.1 Regole generali di progettazione	360
7.11.5.2 Indagini e modello geotecnico	360
7.11.5.3 Verifiche dello stato limite ultimo (SLU) e dello stato limite di danno (SLD)	360
7.11.5.3.1 Fondazioni superficiali	360
7.11.5.3.2 Fondazioni su pali	361
7.11.6. Opere di sostegno	362
7.11.6.1 Requisiti generali	362
7.11.6.2 Muri di sostegno	363
7.11.6.2.1 Metodi di analisi	363
7.11.6.2.2 Verifiche di sicurezza	364
7.11.6.3 Paratie	365
7.11.6.3.1 Metodi pseudo-statici.....	365
7.11.6.3.2 Verifiche di sicurezza	366
7.11.6.4 Sistemi di vincolo	367
7.11.6.4.1 Verifiche di sicurezza	367
8. COSTRUZIONI ESISTENTI	
8.1. OGGETTO	370
8.2. CRITERI GENERALI	370
8.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA	370
8.4. CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI	372
8.4.1. Riparazione o intervento locale.....	372
8.4.2. Intervento di miglioramento.....	373
8.4.3. Intervento di adeguamento	373
8.5. DEFINIZIONE DEL MODELLO DI RIFERIMENTO PER LE ANALISI	374
8.5.1. Analisi storico-critica	374
8.5.2. Rilievo	374
8.5.3. Caratterizzazione meccanica dei materiali	374
8.5.4. Livelli di conoscenza e fattori di confidenza	375
8.5.5. Azioni	375
8.6. MATERIALI	375

8.7.	PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI IN PRESENZA DI AZIONI SISMICHE	375
8.7.1.	Costruzioni in muratura	375
8.7.2.	Costruzioni in calcestruzzo armato o in acciaio	377
8.7.3.	Costruzioni miste	377
8.7.4.	Criteri e tipi d'intervento	377
8.7.5.	Elaborati del progetto dell'intervento	379
9.	COLLAUDO STATICO	
9.1.	PRESCRIZIONI GENERALI	382
9.2	PROVE DI CARICO.....	383
9.2.1	Strutture prefabbricate.....	383
9.2.2	Ponti stradali.....	384
9.2.3	Ponti ferroviari.....	384
10.	REDAZIONE DEI PROGETTI STRUTTURALI ESECUTIVI E DELLE RELAZIONI DI CALCOLO	
10.1.	CARATTERISTICHE GENERALI	386
10.2.	ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO.....	386
10.2.1.	Relazione di calcolo	386
	- Tipo di analisi svolta.....	387
	- Origine e caratteristiche dei codici di calcolo.....	387
	- Modalità di presentazione dei risultati	387
	- Informazioni generali sull'elaborazione.....	388
	- Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.....	388
10.2.2.	Valutazione indipendente del calcolo	388
11.	MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE	
11.1.	GENERALITÀ	390
11.2.	CALCESTRUZZO	392
11.2.1.	Specifiche per il calcestruzzo	392
11.2.2.	Controlli di qualità del calcestruzzo	393
11.2.3.	Valutazione preliminare	393
11.2.4.	Prelievo e prova dei campioni	394
11.2.5.	Controllo di accettazione	394
	11.2.5.1 Controllo di tipo A	394
	11.2.5.2 Controllo di tipo B	395
	11.2.5.3 Prescrizioni comuni per entrambi i criteri di controllo	395
11.2.6.	Controllo della resistenza del calcestruzzo in opera	396
11.2.7.	Prove complementari	397
11.2.8.	Prescrizioni relative al calcestruzzo confezionato con processo industrializzato	397
11.2.9.	Componenti del calcestruzzo	398
	11.2.9.1 Leganti	398
	11.2.9.2 Aggregati	399
	11.2.9.3 Aggiunte	400
	11.2.9.4 Additivi	400
	11.2.9.5 Acqua di impasto	400
	11.2.9.6 Miscele preconfezionate di componenti per calcestruzzo	400
11.2.10.	Caratteristiche del calcestruzzo	400

11.2.10.1 Resistenza a compressione	400
11.2.10.2 Resistenza a trazione	400
11.2.10.3 Modulo elastico	401
11.2.10.4 Coefficiente di Poisson	401
11.2.10.5 Coefficiente di dilatazione termica	401
11.2.10.6 Ritiro	401
11.2.10.7 Viscosità	403
11.2.11. Durabilità	403
11.2.12. Calcestruzzo fibrorinforzato (FRC)	404
11.3. ACCIAIO	404
11.3.1. Prescrizioni comuni a tutte le tipologie di acciaio	404
11.3.1.1 Controlli	404
11.3.1.2 Controlli di produzione in stabilimento e procedure di qualificazione	404
11.3.1.3 Mantenimento e rinnovo della qualificazione	406
11.3.1.4 Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati	406
11.3.1.5 Forniture e documentazione di accompagnamento	408
11.3.1.6 Prove di qualificazione e verifiche periodiche della qualità	408
11.3.1.7 Centri di trasformazione	409
11.3.2. Acciaio per calcestruzzo armato	411
11.3.2.1 Acciaio per calcestruzzo armato B450C	411
11.3.2.2 Acciaio per calcestruzzo armato B450A	411
11.3.2.3 Accertamento delle proprietà meccaniche	411
11.3.2.4 Caratteristiche dimensionali e di impiego	412
11.3.2.5 Reti e tralici elettrosaldati	412
11.3.2.5.1 Identificazione delle reti e dei tralici elettrosaldati	413
11.3.2.6 Saldabilità	413
11.3.2.7 Tolleranze dimensionali	414
11.3.2.8 Altri tipi di acciai	414
11.3.2.8.1 Acciai inossidabili	414
11.3.2.8.2 Acciai zincati	414
11.3.2.9 Giunzioni meccaniche	414
11.3.2.10 Procedure di controllo per acciai da calcestruzzo armato normale – barre e rotoli	415
11.3.2.10.1 Controlli sistematici in stabilimento	415
11.3.2.10.1.1 Generalità	415
11.3.2.10.1.2 Prove di qualificazione	415
11.3.2.10.1.3 Procedura di valutazione	415
11.3.2.10.1.4 Prove periodiche di verifica della qualità	416
11.3.2.10.2 Controlli su singole colate o lotti di produzione	417
11.3.2.10.3 Controlli nei centri di trasformazione	417
11.3.2.10.4 Prove di aderenza	419
11.3.2.11 Procedure di controllo per acciai da calcestruzzo armato normale – reti e tralici elettrosaldati	420
11.3.2.11.1 Controlli sistematici in stabilimento	420
11.3.2.11.1.1 Prove di qualificazione	420
11.3.2.11.1.2 Prove di verifica della qualità	420
11.3.2.11.2 Controlli su singoli lotti di produzione	421
11.3.2.12 Controlli di accettazione in cantiere	421
11.3.3. Acciaio per calcestruzzo armato precompresso	423

11.3.3.1	Caratteristiche dimensionali e di impiego	423
11.3.3.2	Caratteristiche dei prodotti	425
11.3.3.3	Cadute di tensione per rilassamento	426
11.3.3.4	Centri di trasformazione	426
11.3.3.5	Procedure di controllo per acciai da calcestruzzo armato precompresso	427
11.3.3.5.1	Prescrizioni comuni – modalità di prelievo	427
11.3.3.5.2	Controlli sistematici in stabilimento	427
11.3.3.5.2.1	Prove di qualificazione	427
11.3.3.5.2.2	Prove di verifica della qualità	428
11.3.3.5.2.3	Determinazione delle proprietà e tolleranze	429
11.3.3.5.2.4	Controlli su singoli lotti di produzione.....	432
11.3.3.5.3	Controlli nei centri di trasformazione	432
11.3.3.5.4	Controlli di accettazione in cantiere	434
11.3.3.5.5	Prodotti inguainati o inguainati e cerati	434
11.3.3.5.6	Prodotti zincati	434
11.3.3.5.7	Certificati di prova rilasciati dal laboratorio di cui all’art. 59 del DPR 380/2001	435
11.3.4.	Acciaio per strutture metalliche e per strutture composte.....	435
11.3.4.1	Generalità	435
11.3.4.2	Acciai laminati	436
11.3.4.2.1	Controlli sui prodotti laminati	436
11.3.4.2.2	Fornitura dei prodotti laminati	436
11.3.4.3	Acciaio per getti.....	436
11.3.4.4	Acciaio per strutture saldate	436
11.3.4.5	Processo di saldatura	437
11.3.4.6	Bulloni e chiodi	438
11.3.4.6.1	Bulloni “non a serraggio controllato”.....	438
11.3.4.6.2	Bulloni “a serraggio controllato”	439
11.3.4.6.3	Elementi di collegamento in acciaio inossidabile	439
11.3.4.6.4	Chiodi	439
11.3.4.7	Connettori a piolo	439
11.3.4.8	Acciai inossidabili	440
11.3.4.9	Acciai da carpenteria per strutture soggette ad azioni sismiche.....	439
11.3.4.10	Centri di trasformazione e centri di produzione di elementi in acciaio	440
11.3.4.11	Procedure di controllo su acciai da carpenteria	441
11.3.4.11.1	Controlli in stabilimento di produzione	441
11.3.4.11.1.1	Suddivisione dei prodotti	441
11.3.4.11.1.2	Prove di qualificazione	441
11.3.4.11.1.3	Controllo continuo della qualità della produzione	442
11.3.4.11.1.4	Verifica periodica della qualità	442
11.3.4.11.1.5	Controlli su singole colate	443
11.3.4.11.2	Controlli nei centri di trasformazione e nei centri di produzione di elementi tipologici in acciaio.....	443
11.3.4.11.2.1	Centri di produzione di lamiere gregate e profilati formati a freddo	443
11.3.4.11.2.2	Centri di prelavazione di componenti strutturali	444
11.3.4.11.2.3	Officine per la produzione di carpenterie metalliche	444
11.3.4.11.2.4	Officine per la produzione di bulloni e chiodi	445
11.3.4.11.3	Controlli di accettazione in cantiere	445

11.4. ANCORANTI PER USO STRUTTURALE E GIUNTI DI DILATAZIONE	447
11.4.1. Ancoranti per uso strutturale	447
11.4.2. Giunti di dilatazione stradale	447
11.5. SISTEMI DI PRECOMPRESSIONE A CAVI POST-TESI E TIRANTI DI ANCORAGGIO	447
11.5.1. Sistemi di precompressione a cavi post tesi	447
11.5.2. Tiranti di ancoraggio per uso geotecnico	448
11.6. APPOGGI STRUTTURALI	448
11.7. MATERIALI E PRODOTTI A BASE DI LEGNO	448
11.7.1 Generalità	448
11.7.1.1 Proprietà dei materiali	449
11.7.2 Legno massiccio	451
11.7.3 Legno strutturale con giunti a dita	451
11.7.4 Legno lamellare incollato e legno massiccio incollato	451
11.7.5 Pannelli a base di legno	452
11.7.6 Altri prodotti derivati dal legno per uso strutturale	452
11.7.7 Adesivi	452
11.7.7.1 Adesivi per elementi incollati in stabilimento	452
11.7.7.2 Adesivi per giunti realizzati in cantiere	452
11.7.8 Elementi meccanici di collegamento	452
11.7.9 Durabilità del legno e derivati	453
11.7.9.1 Generalità	453
11.7.9.2 Requisiti di durabilità naturale dei materiali a base di legno	453
11.7.10 Procedure di identificazione, qualificazione e accettazione – Centri di lavorazione	453
11.7.10.1 Fabbricanti e Centri di lavorazione	454
11.7.10.1.1 Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati	455
11.7.10.1.2 Forniture e documentazione di accompagnamento	456
11.7.10.2 Controllo di accettazione in cantiere	457
11.8. COMPONENTI PREFABBRICATI IN C.A. E C.A.P.	458
11.8.1 Generalità	458
11.8.2 Requisiti minimi degli stabilimenti e degli impianti di produzione	459
11.8.3 Controllo di produzione	459
11.8.3.1 Controllo sui materiali per elementi di serie	459
11.8.3.2 Controllo di produzione in serie controllata	461
11.8.3.3 Prove iniziali di tipo per elementi in serie controllata	461
11.8.3.4 Marchiatura	461
11.8.4 Procedure di qualificazione	461
11.8.4.1 Qualificazione dello stabilimento	461
11.8.4.2 Qualificazione della produzione in serie dichiarata	462
11.8.4.3 Qualificazione della produzione in serie controllata	462
11.8.4.4 Sospensioni e revoche	462
11.8.5 Documenti di accompagnamento	462
11.8.6 Dispositivi meccanici di collegamento	463
11.9. DISPOSITIVI ANTISISMICI E DI CONTROLLO DELLE VIBRAZIONI	464
11.9.1 Tipologie di dispositivi	464
11.9.2 Procedura di qualificazione	465
11.9.3 Procedura di accettazione	465
11.9.4 Dispositivi a comportamento lineare	466
11.9.4.1 Prove di accettazione sui dispositivi	467

11.9.5	Dispositivi a comportamento non lineare	467
11.9.5.1	Prove di accettazione sui dispositivi	468
11.9.6	Dispositivi a comportamento viscoso	469
11.9.6.1	Prove di accettazione sui dispositivi	470
11.9.7	Isolatori elastomerici	470
11.9.7.1	Prove di accettazione sui dispositivi	471
11.9.8	Isolatori a scorrimento	471
11.9.8.1	Prove di accettazione sui dispositivi	471
11.9.9	Dispositivi a vincolo rigido del tipo a "fusibile"	471
11.9.9.1	Prove di accettazione sui dispositivi	472
11.9.10	Dispositivi (dinamici) di vincolo provvisorio.....	472
11.9.10.1	Prove di accettazione sui dispositivi	473
11.10.	MURATURA PORTANTE	473
11.10.1	Elementi per muratura	473
11.10.1.1	Prove di accettazione	473
11.10.1.1.1	Resistenza a compressione degli elementi resistenti artificiali o naturali	474
11.10.2	Malte per muratura	474
11.10.2.1	Malte a prestazione garantita	475
11.10.2.2	Malte a composizione prescritta.....	475
11.10.2.3	Malte prodotte in cantiere.....	476
11.10.2.4	Prove di accettazione	476
11.10.3	Determinazione dei parametri meccanici della muratura	477
11.10.3.1	Resistenza a compressione	477
11.10.3.1.1	Determinazione sperimentale della resistenza a compressione	477
11.10.3.1.2	Stima della resistenza a compressione	477
11.10.3.2	Resistenza caratteristica a taglio in assenza di tensioni normali	478
11.10.3.2.1	Determinazione sperimentale della resistenza a taglio	478
11.10.3.2.2	Stima della resistenza a taglio	478
11.10.3.3	Resistenza caratteristica a taglio	479
11.10.3.4	Moduli di elasticità secanti	480
12.	RIFERIMENTI TECNICI	481