



Clicca e richiedi di essere contattato per informazioni e promozioni

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI COORDINATE CON LA CIRCOLARE APPLICATIVA

TESTO DEL D.M. 17 GENNAIO 2018
INTEGRATO PARAGRAFO PER PARAGRAFO
CON LA C.M. 21 GENNAIO 2019, N. 7



SOFTWARE INCLUSO

WEBAPP CON AGGIORNAMENTO AUTOMATICO

- **NORMATIVA NAZIONALE E REGIONALE DI RIFERIMENTO**
- **GIURISPRUDENZA IN MATERIA DI PROGETTAZIONE STRUTTURALE ANTISISMICA**
- **SUPPORTO GRATUITO PER 365 GIORNI DALLA DATA DI ACQUISTO**

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI COORDINATE CON LA CIRCOLARE APPLICATIVA

TESTO DEL D.M. 17 GENNAIO 2018
INTEGRATO PARAGRAFO PER PARAGRAFO
CON LA C.M. 21 GENNAIO 2019, N. 7

Ed. I (03-2019)

ISBN 13 978-88-277-0062-4
EAN 9 788827 700624

Collana **Normativa** (25)

© **GRAFILL S.r.l.** Via Principe di Palagonia, 87/91 – 90145 Palermo
Telefono 091/6823069 – Fax 091/6823313 – Internet <http://www.grafill.it> – E-Mail grafill@grafill.it

**CONTATTI
IMMEDIATI**



Pronto **GRAFILL**
Tel. 091 226679



Chiamami
chiamami.grafill.it



Whatsapp
grafill.it/whatsapp



Messenger
grafill.it/messenger



Telegram
grafill.it/telegram

Finito di stampare nel mese di marzo 2019

presso **Tipografia Luxograph S.r.l.** Piazza Bartolomeo Da Messina, 2 – 90142 Palermo

Tutti i diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica e di riproduzione sono riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta in alcuna forma, compresi i microfilm e le copie fotostatiche, né memorizzata tramite alcun mezzo, senza il permesso scritto dell'Editore. Ogni riproduzione non autorizzata sarà perseguita a norma di legge. Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.



SOMMARIO

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018..... p. XXVII

CIRCOLARE APPLICATIVA

Circolare Ministeriale 21 gennaio 2019, n. 7..... " XXX

1.	OGGETTO	"	1
	PREMESSA	"	2
	1.1. OGGETTO	"	2
2.	SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE	"	9
	2.1. PRINCIPI FONDAMENTALI	"	10
	2.2. REQUISITI DELLE OPERE STRUTTURALI	"	11
	2.2.1. STATI LIMITE ULTIMI (SLU).....	"	11
	2.2.2. STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE).....	"	11
	2.2.3. SICUREZZA ANTINCENDIO	"	11
	2.2.4. DURABILITÀ	"	12
	2.2.5. ROBUSTEZZA.....	"	12
	2.2.6. VERIFICHE.....	"	12
	2.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA	"	13
	2.4. VITA NOMINALE DI PROGETTO, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO	"	13
	2.4.1. VITA NOMINALE DI PROGETTO	"	13
	2.4.2. CLASSI D'USO.....	"	15
	2.4.3. PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA.....	"	16
	2.5. AZIONI SULLE COSTRUZIONI	"	17
	2.5.1. CLASSIFICAZIONE DELLE AZIONI	"	17
	2.5.1.1. CLASSIFICAZIONE DELLE AZIONI IN BASE AL MODO DI ESPLICARSI.....	"	17
	2.5.1.2. CLASSIFICAZIONE DELLE AZIONI SECONDO LA RISPOSTA STRUTTURALE.....	"	17
	2.5.1.3. CLASSIFICAZIONE DELLE AZIONI SECONDO LA VARIAZIONE DELLA LORO INTENSITÀ NEL TEMPO	"	17
	2.5.2. CARATTERIZZAZIONE DELLE AZIONI ELEMENTARI	"	18
	2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI.....	"	19
	2.6. AZIONI NELLE VERIFICHE AGLI STATI LIMITE	"	19
	2.6.1. STATI LIMITE ULTIMI.....	"	19
	2.6.2. STATI LIMITE DI ESERCIZIO.....	"	20
3.	AZIONI SULLE COSTRUZIONI	"	21
	3.1. OPERE CIVILI E INDUSTRIALI	"	22
	3.1.1. GENERALITÀ	"	22
	3.1.2. PESI PROPRI DEI MATERIALI STRUTTURALI.....	"	22
	3.1.3. CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI	"	22
	3.1.4. SOVRACCARICHI.....	"	23
	3.1.4.1. SOVRACCARICHI VERTICALI UNIFORMEMENTE DISTRIBUITI.....	"	24
	3.1.4.2. SOVRACCARICHI VERTICALI CONCENTRATI.....	"	25
	3.1.4.3. SOVRACCARICHI ORIZZONTALI LINEARI	"	25
	3.2. AZIONE SISMICA	"	25

3.2.1.	STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO.....	p.	27
3.2.2.	CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.....	"	30
3.2.3.	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA.....	"	32
3.2.3.1.	DESCRIZIONE DEL MOTO SISMICO IN SUPERFICIE E SUL PIANO DI FONDAZIONE	"	34
3.2.3.2.	SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE	"	34
3.2.3.2.1.	Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali.....	"	34
3.2.3.2.2.	Spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale	"	36
3.2.3.2.3.	Spettro di risposta elastico in spostamento delle componenti orizzontali	"	36
3.2.3.3.	SPOSTAMENTO ORIZZONTALE E VELOCITÀ ORIZZONTALE DEL TERRENO	"	37
3.2.3.4.	SPETTRI DI RISPOSTA DI PROGETTO PER LO STATO LIMITE DI OPERATIVITÀ (SLO).....	"	37
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).....	"	37
3.2.3.6.	IMPIEGO DI STORIE TEMPORALI DEL MOTO DEL TERRENO.....	"	37
3.2.4.	EFFETTI DELLA VARIABILITÀ SPAZIALE DEL MOTO	"	39
3.2.4.1.	VARIABILITÀ SPAZIALE DEL MOTO	"	39
3.2.4.2.	SPOSTAMENTO ASSOLUTO E RELATIVO DEL TERRENO	"	39
3.3.	AZIONI DEL VENTO	"	40
3.3.1.	VELOCITÀ BASE DI RIFERIMENTO	"	40
3.3.2.	VELOCITÀ DI RIFERIMENTO	"	41
3.3.3.	AZIONI STATICHE EQUIVALENTI.....	"	42
3.3.4.	PRESSIONE DEL VENTO	"	42
3.3.5.	AZIONE TANGENTE DEL VENTO.....	"	43
3.3.6.	PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO.....	"	43
3.3.7.	COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE	"	43
3.3.8.	COEFFICIENTI AERODINAMICI	"	45
3.3.9.	COEFFICIENTE DINAMICO	"	62
3.3.10.	AVVERTENZE PROGETTUALI	"	62
3.4.	AZIONI DELLA NEVE	"	63
3.4.1.	CARICO DELLA NEVE SULLE COPERTURE	"	63
3.4.2.	VALORE DI RIFERIMENTO DEL CARICO DELLA NEVE AL SUOLO	"	63
3.4.3.	COEFFICIENTE DI FORMA DELLE COPERTURE.....	"	66
3.4.3.1.	GENERALITÀ	"	66
3.4.3.2.	COPERTURA AD UNA FALDA	"	67
3.4.3.3.	COPERTURA A DUE FALDE.....	"	67
3.4.4.	COEFFICIENTE DI ESPOSIZIONE	"	71
3.4.5.	COEFFICIENTE TERMICO.....	"	71
3.5.	AZIONI DELLA TEMPERATURA	"	71
3.5.1.	GENERALITÀ	"	71
3.5.2.	TEMPERATURA DELL'ARIA ESTERNA.....	"	71
3.5.3.	TEMPERATURA DELL'ARIA INTERNA.....	"	72
3.5.4.	DISTRIBUZIONE DELLA TEMPERATURA NEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	"	72
3.5.5.	AZIONI TERMICHE SUGLI EDIFICI	"	73
3.5.6.	PARTICOLARI PRECAUZIONI NEL PROGETTO DI STRUTTURE SOGGETTE AD AZIONI TERMICHE SPECIALI	"	73
3.5.7.	EFFETTI DELLE AZIONI TERMICHE	"	73
3.6.	AZIONI ECCEZIONALI	"	74
3.6.1.	INCENDIO	"	74
3.6.1.1.	DEFINIZIONI.....	"	74
3.6.1.2.	RICHIESTE DI PRESTAZIONE.....	"	75
3.6.1.3.	CLASSI DI RESISTENZA AL FUOCO	"	76
3.6.1.4.	CRITERI DI PROGETTAZIONE	"	76

3.6.1.5.	PROCEDURA DI ANALISI DELLA RESISTENZA AL FUOCO.....	p.	77
3.6.1.5.1.	Incendio di progetto	"	77
3.6.1.5.2.	Analisi dell'evoluzione della temperatura	"	77
3.6.1.5.3.	Analisi del comportamento meccanico	"	78
3.6.1.5.4.	Verifiche di sicurezza	"	78
3.6.2.	ESPLOSIONI.....	"	78
3.6.2.1.	GENERALITÀ	"	78
3.6.2.2.	CLASSIFICAZIONE DELLE AZIONI DOVUTE ALLE ESPLOSIONI	"	79
3.6.2.3.	MODELLAZIONE DELLE AZIONI DOVUTE ALLE ESPLOSIONI	"	79
3.6.2.4.	CRITERI DI PROGETTAZIONE	"	79
3.6.3.	URTI	"	79
3.6.3.1.	GENERALITÀ	"	79
3.6.3.2.	CLASSIFICAZIONE DELLE AZIONI DOVUTE AGLI URTI	"	80
3.6.3.3.	URTI DA TRAFFICO VEICOLARE.....	"	80
3.6.3.3.1.	Traffico veicolare sotto ponti o altre strutture.....	"	80
3.6.3.3.2.	Traffico veicolare sopra i ponti	"	80
3.6.3.4.	URTI DA TRAFFICO FERROVIARIO.....	"	81
3.6.3.5.	URTI DI IMBARCAZIONI E AEROMOBILI	"	81
4.	COSTRUZIONI CIVILI E INDUSTRIALI	"	83
4.1.	COSTRUZIONI DI CALCESTRUZZO.....	"	84
4.1.1.	VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA E METODI DI ANALISI	"	85
4.1.1.1.	ANALISI ELASTICA LINEARE	"	85
4.1.1.2.	ANALISI PLASTICA	"	88
4.1.1.3.	ANALISI NON LINEARE	"	88
4.1.1.4.	EFFETTI DELLE DEFORMAZIONI.....	"	89
4.1.2.	VERIFICHE DEGLI STATI LIMITE.....	"	89
4.1.2.1.	MATERIALI	"	89
4.1.2.1.1.	Resistenze di progetto dei materiali.....	"	89
4.1.2.1.1.1.	<i>Resistenza di progetto a compressione del calcestruzzo.....</i>	"	89
4.1.2.1.1.2.	<i>Resistenza di progetto a trazione del calcestruzzo</i>	"	89
4.1.2.1.1.3.	<i>Resistenza di progetto dell'acciaio</i>	"	89
4.1.2.1.1.4.	<i>Tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo</i>	"	90
4.1.2.1.2.	Diagrammi di progetto dei materiali.....	"	90
4.1.2.1.2.1.	<i>Diagrammi di progetto tensione-deformazione del calcestruzzo</i>	"	90
	<i>Calcestruzzo confinato</i>	"	90
4.1.2.1.2.2.	<i>Diagrammi di progetto tensione-deformazione dell'acciaio</i>	"	93
4.1.2.2.	STATI LIMITE DI ESERCIZIO.....	"	93
4.1.2.2.1.	Generalità.....	"	93
4.1.2.2.2.	Stato limite di deformazione.....	"	94
4.1.2.2.3.	Stato limite per vibrazioni.....	"	95
4.1.2.2.4.	Stato limite di fessurazione.....	"	95
4.1.2.2.4.1.	<i>Combinazioni di azioni</i>	"	95
4.1.2.2.4.2.	<i>Condizioni ambientali</i>	"	95
4.1.2.2.4.3.	<i>Sensibilità delle armature alla corrosione.....</i>	"	96
4.1.2.2.4.4.	<i>Scelta degli stati limite di fessurazione.....</i>	"	96
4.1.2.2.4.5.	<i>Verifica dello stato limite di fessurazione</i>	"	96
	<i>Stato limite di decompressione e di formazione delle fessure.....</i>	"	96
	<i>Stato limite di apertura delle fessure</i>	"	96
4.1.2.2.5.	Stato limite di limitazione delle tensioni	"	98
4.1.2.2.5.1.	<i>Tensione massima di compressione del calcestruzzo nelle condizioni di esercizio</i>	"	99

4.1.2.2.5.2.	<i>Tensione massima dell'acciaio in condizioni di esercizio</i>	p.	99
4.1.2.3.	STATI LIMITE ULTIMI	"	99
4.1.2.3.1.	Generalità.....	"	99
4.1.2.3.2.	Stato limite di resistenza	"	99
4.1.2.3.3.	Stato limite di duttilità	"	99
4.1.2.3.4.	Resistenza flessionale e duttilità massima in presenza e in assenza di sforzo assiale.....	"	99
4.1.2.3.4.1.	<i>Ipotesi di base</i>	"	99
4.1.2.3.4.2.	<i>Verifiche di resistenza e duttilità</i>	"	99
4.1.2.3.5.	Resistenza nei confronti di sollecitazioni taglienti	"	101
4.1.2.3.5.1.	<i>Elementi senza armature trasversali resistenti a taglio</i>	"	101
4.1.2.3.5.2.	<i>Elementi con armature trasversali resistenti al taglio</i>	"	101
4.1.2.3.5.3.	<i>Casi particolari</i>	"	102
	<i>Componenti trasversali</i>	"	102
	<i>Carichi in prossimità degli appoggi</i>	"	102
	<i>Carichi appesi o indiretti</i>	"	102
4.1.2.3.5.4.	<i>Verifica al punzonamento</i>	"	103
4.1.2.3.6.	Resistenza nei confronti di sollecitazioni torcenti	"	
	<i>Sollecitazioni composte</i>	"	103
4.1.2.3.7.	Resistenza di elementi tozzi, nelle zone diffusive e nei nodi.....	"	104
4.1.2.3.8.	Resistenza a fatica.....	"	104
4.1.2.3.9.	Indicazioni specifiche relative a pilastri e pareti.....	"	105
4.1.2.3.9.1.	<i>Pilastri cerchiati</i>	"	105
4.1.2.3.9.2.	<i>Verifiche di stabilità per elementi snelli</i>	"	105
	<i>Snellezza limite per pilastri singoli</i>	"	105
	<i>Effetti globali negli edifici</i>	"	105
4.1.2.3.9.3.	<i>Metodi di verifica</i>	"	105
	<i>Analisi elastica lineare</i>	"	105
	<i>Analisi non lineare</i>	"	106
4.1.2.3.10.	Verifica dell'aderenza delle barre di acciaio con il calcestruzzo	"	106
4.1.3.	VERIFICHE PER SITUAZIONI TRANSITORIE.....	"	106
4.1.4.	VERIFICHE PER SITUAZIONI ECCEZIONALI	"	106
4.1.5.	PROGETTAZIONE INTEGRATA DA PROVE E VERIFICA MEDIANTE PROVE	"	106
4.1.6.	DETTAGLI COSTRUTTIVI.....	"	106
4.1.6.1.	ELEMENTI MONODIMENSIONALI: TRAVI E PILASTRI.....	"	106
4.1.6.1.1.	Armatura delle travi	"	106
4.1.6.1.2.	Armatura dei pilastri	"	107
4.1.6.1.3.	Copriferro e interferro.....	"	107
4.1.6.1.4.	Ancoraggio delle barre e loro giunzione.....	"	108
4.1.7.	ESECUZIONE	"	108
4.1.8.	NORME ULTERIORI PER IL CALCESTRUZZO ARMATO PRECOMPRESSO.....	"	108
4.1.8.1.	VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA – NORME DI CALCOLO.....	"	109
4.1.8.1.1.	Stati limite ultimi	"	109
4.1.8.1.2.	Stati limite di esercizio.....	"	109
4.1.8.1.3.	Tensioni di esercizio nel calcestruzzo a cadute avvenute	"	109
4.1.8.1.4.	Tensioni iniziali nel calcestruzzo	"	109
4.1.8.1.5.	Tensioni limite per gli acciai da precompressione	"	109
4.1.8.2.	DETTAGLI COSTRUTTIVI PER IL CALCESTRUZZO ARMATO PRECOMPRESSO.....	"	110
4.1.8.2.1.	Armatura longitudinale ordinaria.....	"	110
4.1.8.2.2.	Staffe	"	110

4.1.8.3.	ESECUZIONE DELLE OPERE IN CALCESTRUZZO ARMATO PRECOMPRESSO.....	p.	110
4.1.9.	NORME ULTERIORI PER I SOLAI.....	"	110
4.1.9.1.	SOLAI MISTI DI C.A. E C.A.P. E BLOCCHI FORATI IN LATERIZIO O IN CALCESTRUZZO.....	"	111
4.1.9.2.	SOLAI MISTI DI C.A. E C.A.P. E BLOCCHI DIVERSI DAL LATERIZIO O CALCESTRUZZO.....	"	111
4.1.9.3.	SOLAI REALIZZATI CON L'ASSOCIAZIONE DI COMPONENTI PREFABBRICATI IN C.A. E C.A.P.	"	112
4.1.10.	NORME ULTERIORI PER LE STRUTTURE PREFABBRICATE.....	"	112
4.1.10.1.	PRODOTTI PREFABBRICATI NON SOGGETTI A MARCATURA CE	"	112
4.1.10.2.	PRODOTTI PREFABBRICATI IN SERIE	"	112
4.1.10.2.1.	Prodotti prefabbricati in serie dichiarata.....	"	112
4.1.10.2.2.	Prodotti prefabbricati in serie controllata	"	113
4.1.10.3.	RESPONSABILITÀ E COMPETENZE.....	"	113
4.1.10.4.	PROVE SU COMPONENTI.....	"	113
4.1.10.5.	NORME COMPLEMENTARI.....	"	113
4.1.10.5.1.	Appoggi.....	"	114
4.1.10.5.2.	Realizzazione delle unioni e dei collegamenti.....	"	114
4.1.10.5.3.	Tolleranze.....	"	114
4.1.11.	CALCESTRUZZO A BASSA PERCENTUALE DI ARMATURA O NON ARMATO	"	114
4.1.11.1.	VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA – NORME DI CALCOLO.....	"	114
4.1.12.	CALCESTRUZZO DI AGGREGATI LEGGERI (LC).....	"	114
4.1.12.1.	NORME DI CALCOLO	"	115
4.1.13.	RESISTENZA AL FUOCO	"	118
4.2.	COSTRUZIONI DI ACCIAIO	"	118
4.2.1.	MATERIALI	"	118
4.2.1.1.	ACCIAIO LAMINATO	"	118
4.2.1.2.	ACCIAIO INOSSIDABILE.....	"	119
4.2.1.3.	SALDATURE.....	"	119
4.2.1.4.	BULLONI E CHIODI.....	"	120
4.2.2.	VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA	"	120
4.2.2.1.	STATI LIMITE	"	120
4.2.3.	ANALISI STRUTTURALE	"	120
4.2.3.1.	CLASSIFICAZIONE DELLE SEZIONI.....	"	121
4.2.3.2.	CAPACITÀ RESISTENTE DELLE SEZIONI.....	"	123
4.2.3.3.	METODI DI ANALISI GLOBALE	"	123
4.2.3.4.	EFFETTI DELLE DEFORMAZIONI.....	"	124
4.2.3.5.	EFFETTO DELLE IMPERFEZIONI.....	"	125
4.2.4.	VERIFICHE.....	"	129
4.2.4.1.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI	"	129
4.2.4.1.1.	Resistenza di progetto	"	129
4.2.4.1.2.	Resistenza delle membrature	"	129
	<i>Trazione</i>	"	130
	<i>Compressione</i>	"	130
	<i>Flessione monoassiale (retta)</i>	"	130
	<i>Taglio</i>	"	131
	<i>Torsione</i>	"	132
	<i>Flessione e taglio</i>	"	132
	<i>Presso o tenso-flessione retta</i>	"	132
	<i>Presso o tenso-flessione biassiale</i>	"	133

	<i>Flessione, taglio e sforzo assiale</i>	p.	133
4.2.4.1.3.	Stabilità delle membrature	"	133
4.2.4.1.3.1.	<i>Aste compresse</i>	"	133
	<i>Limitazioni della snellezza</i>	"	134
4.2.4.1.3.2.	<i>Travi inflesse</i>	"	138
4.2.4.1.3.3.	<i>Membrature inflesse e compresse</i>	"	139
4.2.4.1.3.4.	<i>Stabilità dei pannelli</i>	"	142
4.2.4.1.4.	<i>Stato limite di fatica</i>	"	152
	<i>Verifica a vita illimitata</i>	"	153
	<i>Verifica a danneggiamento</i>	"	154
4.2.4.1.5.	Fragilità alle basse temperature	"	165
4.2.4.1.6.	Resistenza di cavi, barre e funi	"	165
4.2.4.1.7.	Resistenza degli apparecchi di appoggio	"	166
4.2.4.2.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	"	166
4.2.4.2.1.	Spostamenti verticali	"	166
4.2.4.2.2.	Spostamenti laterali	"	166
4.2.4.2.3.	Stato limite di vibrazioni	"	167
4.2.4.2.3.1.	<i>Edifici</i>	"	167
4.2.4.2.3.2.	<i>Strutture di elevata flessibilità e soggette a carichi ciclici</i>	"	167
4.2.4.2.3.3.	<i>Oscillazioni prodotte dal vento</i>	"	167
4.2.4.2.4.	Stato limite di plasticizzazioni locali	"	167
4.2.5.	VERIFICHE PER SITUAZIONI PROGETTUALI TRANSITORIE	"	167
4.2.6.	VERIFICHE PER SITUAZIONI PROGETTUALI ECCEZIONALI	"	167
4.2.7.	PROGETTAZIONE INTEGRATA DA PROVE E VERIFICA MEDIANTE PROVE	"	168
4.2.8.	UNIONI	"	168
4.2.8.1.	UNIONI CON BULLONI, CHIODI E PERNI SOGGETTI A CARICHI STATICI	"	168
4.2.8.1.1.	Unioni con bulloni e chiodi	"	168
	<i>Unioni con bulloni o chiodi soggette a taglio e/o a trazione</i>	"	170
	<i>Unioni a taglio per attrito con bulloni ad alta resistenza</i>	"	171
4.2.8.1.2.	Collegamenti con perni	"	171
4.2.8.2.	UNIONI SALDATE	"	172
4.2.8.2.1.	Unioni con saldature a piena penetrazione	"	172
4.2.8.2.2.	Unioni con saldature a parziale penetrazione	"	172
4.2.8.2.3.	Unioni con saldature a cordoni d'angolo	"	172
4.2.8.2.4.	Resistenza delle saldature a cordoni d'angolo	"	173
4.2.8.3.	UNIONI SOGGETTE A CARICHI DA FATICA	"	173
4.2.8.4.	UNIONI SOGGETTE A VIBRAZIONI, URTI E/O INVERSIONI DI CARICO	"	173
4.2.9.	REQUISITI PER LA PROGETTAZIONE E L'ESECUZIONE	"	174
4.2.9.1.	SPessori LIMITE	"	174
4.2.9.2.	ACCIAIO INCRUDITO	"	174
4.2.9.3.	GIUNTI DI TIPO MISTO	"	174
4.2.9.4.	PROBLEMATICHE SPECIFICHE	"	174
4.2.9.5.	APPARECCHI DI APPOGGIO	"	174
4.2.9.6.	VERNICIATURA E ZINCATURA	"	174
4.2.10.	CRITERI DI DURABILITÀ	"	175
4.2.11.	RESISTENZA AL FUOCO	"	175
4.3.	COSTRUZIONI COMPOSTE DI ACCIAIO – CALCESTRUZZO	"	186
4.3.1.	VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA	"	187
4.3.1.1.	STATI LIMITE ULTIMI	"	187
4.3.1.2.	STATI LIMITE DI ESERCIZIO	"	187
4.3.1.3.	FASI COSTRUTTIVE	"	187

4.3.2.	ANALISI STRUTTURALE	p.	187
4.3.2.1.	CLASSIFICAZIONE DELLE SEZIONI.....	"	187
4.3.2.2.	METODI DI ANALISI GLOBALE	"	188
4.3.2.2.1.	Analisi lineare elastica	"	188
4.3.2.2.2.	Analisi plastica.....	"	189
4.3.2.2.3.	Analisi non lineare	"	189
4.3.2.3.	LARGHEZZE EFFICACI.....	"	189
4.3.2.4.	EFFETTI DELLE DEFORMAZIONI.....	"	190
4.3.2.5.	EFFETTI DELLE IMPERFEZIONI.....	"	190
4.3.3.	RESISTENZE DI PROGETTO.....	"	191
4.3.3.1.	MATERIALI	"	191
4.3.3.1.1.	Acciaio	"	191
4.3.3.1.2.	Calcestruzzo	"	191
4.3.4.	TRAVI CON SOLETTA COLLABORANTE.....	"	191
4.3.4.1.	TIPOLOGIA DELLE SEZIONI	"	191
4.3.4.2.	RESISTENZA DELLE SEZIONI	"	192
4.3.4.2.1.	Resistenza a flessione.....	"	193
4.3.4.2.1.1.	<i>Metodo elastico</i>	"	193
4.3.4.2.1.2.	<i>Metodo plastico</i>	"	193
4.3.4.2.1.3.	<i>Metodo elasto-plastico</i>	"	193
4.3.4.2.2.	Resistenza a taglio.....	"	193
4.3.4.3.	SISTEMI DI CONNESSIONE ACCIAIO-CALCESTRUZZO.....	"	193
4.3.4.3.1.	Connessioni a taglio con pioli.....	"	195
4.3.4.3.1.1.	<i>Disposizione e limitazioni</i>	"	195
4.3.4.3.1.2.	<i>Resistenza dei connettori</i>	"	195
4.3.4.3.2.	Altri tipi di connettori	"	197
4.3.4.3.3.	Valutazione delle sollecitazioni di taglio agenti sul sistema di connessione	"	197
4.3.4.3.4.	Dettagli costruttivi della zona di connessione a taglio.....	"	197
4.3.4.3.5.	Armatura trasversale	"	198
4.3.4.4.	MODALITÀ ESECUTIVE	"	200
4.3.4.5.	SPessori MINIMI	"	200
4.3.5.	COLONNE COMPOSTE	"	200
4.3.5.1.	GENERALITÀ E TIPOLOGIE.....	"	200
4.3.5.2.	RIGIDEZZA FLESSIONALE, SNELLEZZA E CONTRIBUTO MECCANICO DELL'ACCIAIO.....	"	201
4.3.5.3.	RESISTENZA DELLE SEZIONI	"	201
4.3.5.3.1.	Resistenza della sezione per tensioni normali	"	201
4.3.5.3.2.	Resistenza e taglio della sezione.....	"	203
4.3.5.4.	STABILITÀ DELLE MEMBRATURE	"	203
4.3.5.4.1.	Colonne compresse	"	203
4.3.5.4.2.	Instabilità locale	"	204
4.3.5.4.3.	Colonne pressoinflesse.....	"	204
4.3.5.5.	TRASFERIMENTO DEGLI SFORZI TRA COMPONENTE IN ACCIAIO E COMPONENTE IN CALCESTRUZZO	"	205
4.3.5.5.1.	Resistenza allo scorrimento fra i componenti.....	"	205
4.3.5.6.	COPRIFERRO E MINIMI DI ARMATURA	"	205
4.3.6.	SOLETTE COMPOSTE CON LAMIERA GRECATA.....	"	206
4.3.6.1.	ANALISI PER IL CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI.....	"	206
4.3.6.1.1.	Larghezza efficace per forze concentrate o lineari.....	"	206
4.3.6.2.	VERIFICHE DI RESISTENZA ALLO STATO LIMITE ULTIMO.....	"	207
4.3.6.3.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO.....	"	208
4.3.6.3.1.	Verifiche a fessurazione	"	208

4.3.6.3.2.	Verifiche di deformazione	p.	208
4.3.6.4.	VERIFICHE DELLA LAMIERA GRECATA NELLA FASE DI GETTO	"	208
4.3.6.4.1.	Verifica di resistenza	"	208
4.3.6.4.2.	Verifiche agli stati limite di esercizio	"	208
4.3.6.5.	DETTAGLI COSTRUTTIVI.....	"	208
4.3.6.5.1.	Spessore minimo delle lamiere grecate.....	"	208
4.3.6.5.2.	Spessore della soletta	"	209
4.3.6.5.3.	Inerti	"	209
4.3.6.5.4.	Appoggi.....	"	209
4.3.7.	VERIFICHE PER SITUAZIONI TRANSITORIE.....	"	209
4.3.8.	VERIFICHE PER SITUAZIONI ECCEZIONALI	"	209
4.3.9.	RESISTENZA AL FUOCO	"	209
4.3.10.	PROGETTAZIONE INTEGRATA DA PROVE E VERIFICA MEDIANTE PROVE.....	"	209
4.4.	COSTRUZIONI DI LEGNO	"	209
4.4.1.	VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA	"	210
4.4.2.	ANALISI STRUTTURALE	"	210
4.4.3.	AZIONI E LORO COMBINAZIONI.....	"	211
4.4.4.	CLASSI DI DURATA DEL CARICO	"	211
4.4.5.	CLASSI DI SERVIZIO.....	"	212
4.4.6.	RESISTENZA DI PROGETTO.....	"	212
4.4.7.	STATI LIMITE DI ESERCIZIO	"	213
4.4.8.	STATI LIMITE ULTIMI.....	"	216
4.4.8.1.	VERIFICHE DI RESISTENZA.....	"	216
4.4.8.1.1.	Trazione parallela alla fibratura	"	216
4.4.8.1.2.	Trazione perpendicolare alla fibratura	"	216
4.4.8.1.3.	Compressione parallela alla fibratura.....	"	217
4.4.8.1.4.	Compressione perpendicolare alla fibratura.....	"	217
4.4.8.1.5.	Compressione inclinata rispetto alla fibratura.....	"	217
4.4.8.1.6.	Flessione	"	217
4.4.8.1.7.	Tensoflessione	"	217
4.4.8.1.8.	Pressoflessione	"	218
4.4.8.1.9.	Taglio	"	218
4.4.8.1.10.	Torsione.....	"	218
4.4.8.1.11.	Taglio e torsione.....	"	219
4.4.8.2.	VERIFICHE DI STABILITÀ	"	219
4.4.8.2.1.	Elementi inflessi (instabilità di trave)	"	219
4.4.8.2.2.	Elementi compressi (instabilità di colonna).....	"	219
4.4.9.	COLLEGAMENTI	"	220
4.4.10.	ELEMENTI STRUTTURALI	"	221
4.4.11.	SISTEMI STRUTTURALI.....	"	222
4.4.12.	ROBUSTEZZA.....	"	223
4.4.13.	DURABILITÀ	"	223
4.4.14.	RESISTENZA AL FUOCO	"	224
4.4.15.	REGOLE PER L'ESECUZIONE	"	224
4.4.16.	VERIFICHE PER SITUAZIONI TRANSITORIE, CONTROLLI E PROVE DI CARICO	"	225
4.4.17.	VERIFICHE PER SITUAZIONI PROGETTUALI ECCEZIONALI.....	"	226
4.4.18.	PROGETTAZIONE INTEGRATA DA PROVE E VERIFICA MEDIANTE PROVE.....	"	226
4.5.	COSTRUZIONI DI MURATURA	"	227
4.5.1.	DEFINIZIONI.....	"	227

4.5.2.	MATERIALI E CARATTERISTICHE TIPOLOGICHE	p.	227
4.5.2.1.	MALTE	"	227
4.5.2.2.	ELEMENTI RESISTENTI IN MURATURA	"	227
4.5.2.2.1.	Elementi artificiali.....	"	227
4.5.2.2.2.	Elementi naturali.....	"	228
4.5.2.3.	MURATURE.....	"	228
4.5.3.	CARATTERISTICHE MECCANICHE DELLE MURATURE	"	228
4.5.4.	ORGANIZZAZIONE STRUTTURALE.....	"	229
4.5.5.	ANALISI STRUTTURALE	"	229
4.5.6.	VERIFICHE.....	"	230
4.5.6.1.	RESISTENZE DI PROGETTO.....	"	230
4.5.6.2.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI	"	231
4.5.6.3.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO.....	"	232
4.5.6.4.	VERIFICHE SEMPLIFICATE	"	232
4.5.7.	MURATURA ARMATA	"	233
4.5.8.	MURATURA CONFINATA.....	"	234
4.5.9.	VERIFICHE PER SITUAZIONI TRANSITORIE.....	"	234
4.5.10.	VERIFICHE PER SITUAZIONI ECCEZIONALI	"	234
4.5.11.	RESISTENZA AL FUOCO	"	234
4.5.12.	PROGETTAZIONE INTEGRATA DA PROVE E VERIFICA MEDIANTE PROVE.....	"	234
4.6.	ALTRI SISTEMI COSTRUTTIVI.....	"	235
5.	PONTI.....	"	237
5.1.	PONTI STRADALI	"	238
5.1.1.	OGGETTO.....	"	238
5.1.2.	PRESCRIZIONI GENERALI	"	238
5.1.2.1.	GEOMETRIA DELLA SEDE STRADALE	"	238
5.1.2.2.	ALTEZZA LIBERA	"	238
5.1.2.3.	COMPATIBILITÀ IDRAULICA	"	238
5.1.3.	AZIONI SUI PONTI STRADALI.....	"	241
5.1.3.1.	AZIONI PERMANENTI.....	"	241
5.1.3.2.	DISTORSIONI E DEFORMAZIONI IMPRESSE.....	"	241
5.1.3.3.	AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO. CARICHI VERTICALI: Q1.....	"	242
5.1.3.3.1.	Premessa	"	242
5.1.3.3.2.	Definizione delle corsie convenzionali	"	242
5.1.3.3.3.	Schemi di Carico.....	"	242
5.1.3.3.4.	Categorie Stradali.....	"	243
5.1.3.3.5.	Disposizione dei carichi mobili per realizzare le condizioni di carico più gravose.....	"	243
5.1.3.3.6.	Strutture secondarie di impalcato.....	"	245
	<i>Diffusione dei carichi locali.....</i>	"	245
	<i>Calcolo delle strutture secondarie di impalcato.....</i>	"	245
5.1.3.4.	AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO. INCREMENTO DINAMICO ADDIZIONALE IN PRESENZA DI DISCONTINUITÀ STRUTTURALI: q2	"	246
5.1.3.5.	AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO. AZIONE LONGITUDINALE DI FRENAMENTO O DI ACCELERAZIONE: q3	"	246
5.1.3.6.	AZIONI VARIABILI DA TRAFFICO. AZIONE CENTRIFUGA: q4.....	"	246
5.1.3.7.	AZIONI DI NEVE E DI VENTO: q5	"	246
5.1.3.8.	AZIONI IDRODINAMICHE: q6	"	246
5.1.3.9.	AZIONI DELLA TEMPERATURA: q7	"	247
5.1.3.10.	AZIONI SUI PARAPETTI E URTO DI VEICOLO IN SVIO: q8.....	"	247

5.1.3.11.	RESISTENZE PASSIVE DEI VINCOLI: q ₉	p.	247
5.1.3.12.	AZIONI SISMICHE: E	"	248
5.1.3.13.	AZIONI ECCEZIONALI: A.....	"	248
5.1.3.14.	COMBINAZIONI DI CARICO	"	248
5.1.4.	VERIFICHE DI SICUREZZA.....	"	250
5.1.4.1.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI	"	250
5.1.4.2.	STATI LIMITE DI ESERCIZIO	"	250
5.1.4.3.	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI FATICA.....	"	250
	<i>Verifiche per vita illimitata</i>	"	250
	<i>Verifiche a danneggiamento</i>	"	251
5.1.4.4.	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI FESSURAZIONE	"	254
5.1.4.5.	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI DEFORMAZIONE	"	254
5.1.4.6.	VERIFICHE DELLE AZIONI SISMICHE	"	254
5.1.4.7.	VERIFICHE IN FASE DI COSTRUZIONE	"	255
5.1.5.	STRUTTURE PORTANTI	"	255
5.1.5.1.	IMPALCATO	"	255
5.1.5.1.1.	Spessori minimi	"	255
5.1.5.1.2.	Strutture ad elementi prefabbricati.....	"	255
5.1.5.2.	PILE.....	"	255
5.1.5.2.1.	Spessori minimi	"	255
5.1.5.2.2.	Schematizzazione e calcolo	"	255
5.1.6.	VINCOLI.....	"	255
5.1.6.1.	PROTEZIONE DEI VINCOLI	"	256
5.1.6.2.	CONTROLLO, MANUTENZIONE E SOSTITUZIONE.....	"	256
5.1.6.3.	VINCOLI IN ZONA SISMICA	"	256
5.1.7.	OPERE ACCESSORIE.....	"	256
5.1.7.1.	IMPERMEABILIZZAZIONE	"	256
5.1.7.2.	PAVIMENTAZIONI	"	256
5.1.7.3.	GIUNTI.....	"	256
5.1.7.4.	SMALTIMENTO DEI LIQUIDI PROVENIENTI DALL'IMPALCATO.....	"	256
5.1.7.5.	DISPOSITIVI PER L'ISPEZIONABILITÀ E LA MANUTENZIONE DELLE OPERE	"	256
5.1.7.6.	VANI PER CONDOTTE E CAVIDOTTI	"	256
5.2.	PONTI FERROVIARI	"	257
5.2.1.	PRINCIPALI CRITERI PROGETTUALI E MANUTENTIVI	"	257
5.2.1.1.	ISPEZIONABILITÀ E MANUTENZIONE	"	257
5.2.1.2.	COMPATIBILITÀ IDRAULICA	"	257
5.2.1.3.	ALTEZZA LIBERA	"	257
5.2.2.	AZIONI SULLE OPERE.....	"	258
5.2.2.1.	AZIONI PERMANENTI.....	"	258
5.2.2.1.1.	Carichi permanenti portati	"	258
5.2.2.2.	AZIONI VARIABILI VERTICALI	"	258
5.2.2.2.1.	Modelli di carico	"	258
5.2.2.2.1.1.	<i>Modello di carico LM 71</i>	"	258
5.2.2.2.1.2.	<i>Modelli di carico SW</i>	"	259
5.2.2.2.1.3.	<i>Treno scarico</i>	"	259
5.2.2.2.1.4.	<i>Ripartizione locale dei carichi</i>	"	259
5.2.2.2.1.5.	<i>Distribuzione dei carichi verticali per i rilevati a tergo delle spalle</i>	"	260
5.2.2.2.2.	Carichi sui marciapiedi	"	260
5.2.2.2.3.	Effetti dinamici	"	260
5.2.2.3.	AZIONI VARIABILI ORIZZONTALI.....	"	263
5.2.2.3.1.	Forza centrifuga	"	263
5.2.2.3.2.	Azione laterale (Serpeggio)	"	264

5.2.2.3.3.	Azioni di avviamento e frenatura.....	p.	264
5.2.2.4.	AZIONI VARIABILI AMBIENTALI.....	"	265
5.2.2.4.1.	Azione del vento.....	"	265
5.2.2.4.2.	Temperatura.....	"	265
5.2.2.5.	EFFETTI DI INTERAZIONE STATICA TRENO-BINARIO-STRUTTURA.....	"	266
5.2.2.6.	EFFETTI AERODINAMICI ASSOCIATI AL PASSAGGIO DEI CONVOGLI FERROVIARI.....	"	268
5.2.2.6.1.	Superfici verticali parallele al binario.....	"	268
5.2.2.6.2.	Superfici orizzontali al di sopra del binario.....	"	268
5.2.2.6.3.	Superfici orizzontali adiacenti il binario.....	"	268
5.2.2.6.4.	Strutture con superfici multiple a fianco del binario sia verticali che orizzontali o inclinate.....	"	269
5.2.2.6.5.	Superfici che circondano integralmente il binario per lunghezze inferiori a 20 m.....	"	270
5.2.2.7.	AZIONI IDRODINAMICHE.....	"	270
5.2.2.8.	AZIONI SISMICHE.....	"	270
5.2.2.9.	AZIONI ECCEZIONALI.....	"	270
5.2.2.9.1.	Rottura della catenaria.....	"	270
5.2.2.9.2.	Deragliamenti al di sopra del ponte.....	"	271
5.2.2.9.3.	Deragliamenti al di sotto del ponte.....	"	271
5.2.2.10.	AZIONI INDIRETTE.....	"	271
5.2.2.10.1.	<i>Distorsioni</i>	"	271
5.2.2.10.2.	<i>Ritiro e viscosità</i>	"	272
5.2.2.10.3.	<i>Resistenze parassite nei vincoli</i>	"	272
5.2.3.	PARTICOLARI PRESCRIZIONI PER LE VERIFICHE.....	"	272
5.2.3.1.	COMBINAZIONE DEI TRENI DI CARICO E DELLE AZIONI DA ESSI DERIVATE PER PIÙ BINARI.....	"	272
5.2.3.1.1.	Numero di binari.....	"	272
5.2.3.1.2.	Numero di treni contemporanei.....	"	272
5.2.3.1.3.	Simultaneità delle azioni da traffico – valori caratteristici delle azioni combinate in gruppi di carichi.....	"	272
5.2.3.1.4.	Valori rari e frequenti delle azioni da traffico ferroviario.....	"	273
5.2.3.1.5.	Valori quasi-permanenti delle azioni da traffico ferroviario.....	"	273
5.2.3.1.6.	Azioni da traffico ferroviario in situazioni transitorie.....	"	273
5.2.3.2.	VERIFICHE AGLI SLU E SLE.....	"	273
5.2.3.2.1.	Requisiti concernenti gli SLU.....	"	273
5.2.3.2.2.	Requisiti concernenti gli SLE.....	"	274
5.2.3.2.2.1.	Stati limite di esercizio per la sicurezza del traffico ferroviario..... <i>Accelerazioni verticali dell'impalcato</i> <i>Deformazioni torsionali dell'impalcato</i> <i>Inflessioni nel piano orizzontale dell'impalcato</i>	"	275
5.2.3.2.3.	Verifiche allo stato limite di fatica.....	"	276
5.2.3.2.4.	Verifiche allo stato limite di fessurazione.....	"	276
6.	PROGETTAZIONE GEOTECNICA.....	"	277
6.1.	DISPOSIZIONI GENERALI.....	"	278
6.1.1.	OGGETTO DELLE NORME.....	"	278
6.1.2.	PRESCRIZIONI GENERALI.....	"	278
6.2.	ARTICOLAZIONE DEL PROGETTO.....	"	278
6.2.1.	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO....	"	278
6.2.2.	INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA.....	"	279
6.2.3.	FASI E MODALITÀ COSTRUTTIVE.....	"	283
6.2.4.	VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI.....	"	283

6.2.4.1.	VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU).....	p.	283
6.2.4.1.1.	Azioni.....	"	285
6.2.4.1.2.	Resistenze	"	285
6.2.4.1.3.	Verifiche strutturali con l'analisi di interazione terreno-struttura	"	286
6.2.4.2.	VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE ULTIMI IDRAULICI.....	"	286
6.2.4.3.	VERIFICHE NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)	"	286
6.2.5.	IMPIEGO DEL METODO OSSERVAZIONALE	"	287
6.2.6.	MONITORAGGIO DEL COMPLESSO OPERA-TERRENO	"	287
6.3.	STABILITÀ DEI PENDII NATURALI	"	287
6.3.1.	PRESCRIZIONI GENERALI	"	287
6.3.2.	MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL PENDIO.....	"	288
6.3.3.	MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL PENDIO	"	289
6.3.4.	VERIFICHE DI SICUREZZA.....	"	290
6.3.5.	INTERVENTI DI STABILIZZAZIONE	"	290
6.3.6.	CONTROLLI E MONITORAGGIO	"	291
6.4.	OPERE DI FONDAZIONE	"	292
6.4.1.	CRITERI GENERALI DI PROGETTO	"	292
6.4.2.	FONDAZIONI SUPERFICIALI	"	293
6.4.2.1.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)	"	293
6.4.2.2.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE).....	"	295
6.4.3.	FONDAZIONI SU PALI	"	295
6.4.3.1.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)	"	296
6.4.3.1.1.	Resistenze di pali soggetti a carichi assiali	"	296
6.4.3.1.1.1.	<i>Resistenza a carico assiale di una palificata</i>	"	298
6.4.3.1.2.	Resistenze di pali soggetti a carichi trasversali.....	"	298
6.4.3.2.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE).....	"	298
6.4.3.3.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) DELLE FONDAZIONI MISTE.....	"	298
6.4.3.4.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE) DELLE FONDAZIONI MISTE	"	299
6.4.3.5.	ASPETTI COSTRUTTIVI	"	299
6.4.3.6.	CONTROLLI D'INTEGRITÀ DEI PALI	"	299
6.4.3.7.	PROVE DI CARICO	"	299
6.4.3.7.1.	Prove di progetto su pali pilota	"	299
6.4.3.7.2.	Prove in corso d'opera	"	300
6.5.	OPERE DI SOSTEGNO	"	300
6.5.1.	CRITERI GENERALI DI PROGETTO	"	301
6.5.2.	AZIONI.....	"	301
6.5.2.1.	SOVRACCARICHI	"	301
6.5.2.2.	MODELLO GEOMETRICO DI RIFERIMENTO.....	"	301
6.5.3.	VERIFICHE AGLI STATI LIMITE	"	301
6.5.3.1.	VERIFICHE DI SICUREZZA (SLU).....	"	301
6.5.3.1.1.	Muri di sostegno	"	302
6.5.3.1.2.	Paratie	"	303
6.5.3.2.	VERIFICHE DI ESERCIZIO (SLE)	"	305
6.6.	TIRANTI DI ANCORAGGIO	"	305
6.6.1.	CRITERI DI PROGETTO	"	305
6.6.2.	VERIFICHE DI SICUREZZA (SLU)	"	306
6.6.3.	ASPETTI COSTRUTTIVI	"	308
6.6.4.	PROVE DI CARICO	"	308
6.6.4.1.	PROVE DI PROGETTO SU ANCORAGGI PRELIMINARI.....	"	308
6.6.4.2.	PROVE DI CARICO IN CORSO D'OPERA SUGLI ANCORAGGI	"	308
6.7.	OPERE IN SOTTERRANEO	"	308
6.7.1.	PRESCRIZIONI GENERALI	"	309

6.7.2.	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA.....	p.	309
6.7.3.	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA	"	309
6.7.4.	CRITERI DI PROGETTO.....	"	310
6.7.5.	ANALISI PROGETTUALI E VERIFICHE DI SICUREZZA.....	"	310
6.7.6.	CONTROLLO E MONITORAGGIO	"	311
6.8.	OPERE DI MATERIALI SCIOLTI E FRONTI DI SCAVO.....	"	311
6.8.1.	CRITERI GENERALI DI PROGETTO.....	"	311
6.8.2.	VERIFICHE DI SICUREZZA (SLU)	"	312
6.8.3.	VERIFICHE DI ESERCIZIO (SLE)	"	313
6.8.4.	ASPETTI COSTRUTTIVI	"	313
6.8.5.	CONTROLLI E MONITORAGGIO	"	313
6.8.6.	FRONTI DI SCAVO.....	"	313
6.8.6.1.	INDAGINI GEOTECNICHE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	"	313
6.8.6.2.	CRITERI GENERALI DI PROGETTO E VERIFICHE DI SICUREZZA.....	"	313
6.9.	MIGLIORAMENTO E RINFORZO DEI TERRENI E DEGLI AMMASSI ROCCIOSI.....	"	313
6.9.1.	SCELTA DEL TIPO DI INTERVENTO E CRITERI GENERALI DI PROGETTO	"	314
6.9.2.	MONITORAGGIO.....	"	314
6.10.	CONSOLIDAMENTO GEOTECNICO DI OPERE ESISTENTI	"	314
6.10.1.	CRITERI GENERALI DI PROGETTO.....	"	314
6.10.2.	INDAGINI GEOTECNICHE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	"	314
6.10.3.	TIPI DI CONSOLIDAMENTO GEOTECNICO	"	314
6.10.4.	CONTROLLI E MONITORAGGIO.....	"	315
6.11.	DISCARICHE CONTROLLATE DI RIFIUTI E DEPOSITI DI INERTI	"	315
6.11.1.	DISCARICHE CONTROLLATE.....	"	315
6.11.1.1.	CRITERI DI PROGETTO	"	315
6.11.1.2.	CARATTERIZZAZIONE DEL SITO.....	"	315
6.11.1.3.	MODALITÀ COSTRUTTIVE E DI CONTROLLO DEI DISPOSITIVI DI BARRIERA	"	315
6.11.1.4.	VERIFICHE DI SICUREZZA	"	315
6.11.1.5.	MONITORAGGIO	"	316
6.11.2.	DEPOSITI DI INERTI.....	"	316
6.11.2.1.	CRITERI DI PROGETTO	"	316
6.11.2.2.	MONITORAGGIO	"	316
6.12.	FATTIBILITÀ DI OPERE SU GRANDI AREE	"	316
6.12.1.	INDAGINI SPECIFICHE.....	"	316
7.	PROGETTAZIONE PER AZIONI SISMICHE.....	"	319
7.0.	GENERALITÀ.....	"	320
7.1.	REQUISITI DELLE COSTRUZIONI NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE.....	"	320
7.2.	CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE E MODELLAZIONE	"	321
7.2.1.	CARATTERISTICHE GENERALI DELLE COSTRUZIONI	"	321
7.2.2.	CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE DEI SISTEMI STRUTTURALI.....	"	323
7.2.3.	CRITERI DI PROGETTAZIONE DI ELEMENTI STRUTTURALI "SECONDARI" ED ELEMENTI COSTRUTTIVI NON STRUTTURALI.....	"	327
7.2.4.	CRITERI DI PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI	"	332

7.2.5.	REQUISITI STRUTTURALI DEGLI ELEMENTI DI FONDAZIONE.....	p.	333
7.2.6.	CRITERI DI MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA E DELL'AZIONE SISMICA.....	"	334
7.3.	METODI DI ANALISI E CRITERI DI VERIFICA	"	336
7.3.1.	ANALISI LINEARE O NON LINEARE.....	"	337
7.3.2.	ANALISI DINAMICA O STATICA.....	"	340
7.3.3.	ANALISI LINEARE DINAMICA O STATICA	"	340
7.3.3.1.	ANALISI LINEARE DINAMICA	"	340
7.3.3.2.	ANALISI LINEARE STATICA	"	341
7.3.3.3.	VALUTAZIONE DEGLI SPOSTAMENTI DELLA STRUTTURA.....	"	342
7.3.4.	ANALISI NON LINEARE DINAMICA O STATICA.....	"	342
7.3.4.1.	ANALISI NON LINEARE DINAMICA	"	342
7.3.4.2.	ANALISI NON LINEARE STATICA	"	343
7.3.5.	RISPOSTA ALLE DIVERSE COMPONENTI DELL'AZIONE SISMICA ED ALLA VARIABILITÀ SPAZIALE DEL MOTO.....	"	347
7.3.6.	RISPETTO DEI REQUISITI NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE	"	347
7.3.6.1.	ELEMENTI STRUTTURALI (ST).....	"	349
7.3.6.2.	ELEMENTI NON STRUTTURALI (NS)	"	350
7.3.6.3.	IMPIANTI (IM)	"	350
7.4.	COSTRUZIONI DI CALCESTRUZZO	"	351
7.4.1.	GENERALITÀ	"	351
7.4.2.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	"	351
7.4.2.1.	CONGLOMERATO.....	"	351
7.4.2.2.	ACCIAIO	"	352
7.4.3.	TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI COMPORTAMENTO.....	"	352
7.4.3.1.	TIPOLOGIE STRUTTURALI	"	352
7.4.3.2.	FATTORI DI COMPORTAMENTO	"	353
7.4.4.	DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI PRIMARI E SECONDARI	"	353
7.4.4.1.	TRAVI.....	"	354
7.4.4.1.1.	Verifiche di resistenza (RES)	"	354
7.4.4.1.2.	Verifiche di duttilità (DUT).....	"	355
7.4.4.2.	PILASTRI.....	"	356
7.4.4.2.1.	Verifiche di resistenza (RES)	"	356
7.4.4.2.2.	Verifiche di duttilità (DUT).....	"	358
7.4.4.3.	NODI TRAVE-PILASTRO	"	359
7.4.4.3.1.	Verifiche di resistenza (RES)	"	359
7.4.4.4.	DIAFRAMMI ORIZZONTALI.....	"	361
7.4.4.4.1.	Verifiche di resistenza (RES)	"	361
7.4.4.5.	PARETI	"	361
7.4.4.5.1.	Verifiche di resistenza (RES)	"	361
7.4.4.5.2.	Verifiche di duttilità (DUT).....	"	364
7.4.4.6.	TRAVI DI ACCOPPIAMENTO DEI SISTEMI A PARETI.....	"	365
7.4.5.	COSTRUZIONI CON STRUTTURA PREFABBRICATA.....	"	365
7.4.5.1.	TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI COMPORTAMENTO	"	366
7.4.5.2.	COLLEGAMENTI.....	"	367
7.4.5.2.1.	Regole di progetto.....	"	368
7.4.5.2.2.	Valutazione della resistenza	"	368
7.4.5.3.	ELEMENTI STRUTTURALI.....	"	368
7.4.6.	DETTAGLI COSTRUTTIVI PER LE STRUTTURE A COMPORTAMENTO DISSIPATIVO	"	369

7.4.6.1.	LIMITAZIONI GEOMETRICHE.....	p.	369
7.4.6.1.1.	Travi	"	369
7.4.6.1.2.	Pilastri	"	369
7.4.6.1.3.	Nodi trave-pilastro	"	370
7.4.6.1.4.	Pareti	"	370
7.4.6.2.	LIMITAZIONI DI ARMATURA	"	370
7.4.6.2.1.	Travi	"	370
7.4.6.2.2.	Pilastri	"	371
7.4.6.2.3.	Nodi trave-pilastro	"	372
7.4.6.2.4.	Pareti	"	372
7.4.6.2.5.	Travi di accoppiamento.....	"	373
7.5.	COSTRUZIONI DI ACCIAIO	"	373
7.5.1.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	"	373
7.5.2.	TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI COMPORTAMENTO.....	"	373
7.5.2.1.	TIPOLOGIE STRUTTURALI	"	373
7.5.2.2.	FATTORI DI COMPORTAMENTO	"	376
7.5.3.	REGOLE DI PROGETTO GENERALI PER ELEMENTI STRUTTURALI DISSIPATIVI.....	"	376
7.5.3.1.	VERIFICHE DI RESISTENZA (RES).....	"	376
7.5.3.2.	VERIFICHE DI DUTTILITÀ (DUT).....	"	377
7.5.4.	REGOLE DI PROGETTO SPECIFICHE PER STRUTTURE INTELAIATE.....	"	377
7.5.4.1.	TRAVI.....	"	377
7.5.4.2.	COLONNE	"	378
7.5.4.3.	COLLEGAMENTI TRAVE-COLONNA.....	"	378
7.5.4.4.	PANNELLI D'ANIMA DEI COLLEGAMENTI TRAVE-COLONNA.....	"	379
7.5.4.5.	COLLEGAMENTI COLONNA-FONDAZIONE.....	"	379
7.5.5.	REGOLE DI PROGETTO SPECIFICHE PER STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI	"	380
7.5.6.	REGOLE DI PROGETTO SPECIFICHE PER STRUTTURE CON CONTROVENTI ECCENTRICI.....	"	381
7.6.	COSTRUZIONI COMPOSTE DI ACCIAIO-CALCESTRUZZO	"	384
7.6.1.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	"	384
7.6.1.1.	CALCESTRUZZO	"	384
7.6.1.2.	ACCIAIO PER C.A.	"	384
7.6.1.3.	ACCIAIO STRUTTURALE	"	384
7.6.2.	TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI COMPORTAMENTO.....	"	384
7.6.2.1.	TIPOLOGIE STRUTTURALI	"	384
7.6.2.2.	FATTORI DI COMPORTAMENTO	"	385
7.6.3.	RIGIDEZZA DELLA SEZIONE TRASVERSALE COMPOSTA	"	385
7.6.4.	CRITERI DI PROGETTO E DETTAGLI PER STRUTTURE DISSIPATIVE.....	"	385
7.6.4.1.	CRITERI DI PROGETTO PER STRUTTURE DISSIPATIVE.....	"	385
7.6.4.2.	VERIFICHE DI RESISTENZA (RES).....	"	385
7.6.4.3.	VERIFICHE DI DUTTILITÀ (DUT).....	"	386
7.6.4.4.	DETTAGLI COSTRUTTIVI.....	"	386
7.6.5.	REGOLE SPECIFICHE PER LE MEMBRATURE	"	391
7.6.5.1.	TRAVI CON SOLETTA COLLABORANTE	"	391
7.6.5.2.	MEMBRATURE COMPOSTE PARZIALMENTE RIVESTITE DI CALCESTRUZZO	"	392
7.6.5.3.	COLONNE COMPOSTE COMPLETAMENTE RIVESTITE DI CALCESTRUZZO	"	393
7.6.5.4.	COLONNE COMPOSTE RIEMPIE DI CALCESTRUZZO.....	"	394
7.6.6.	REGOLE SPECIFICHE PER STRUTTURE INTELAIATE.....	"	394

7.6.6.1.	ANALISI STRUTTURALE.....	p.	394
7.6.6.2.	TRAVI E COLONNE.....	"	394
7.6.6.3.	COLLEGAMENTI TRAVE-COLONNA.....	"	394
7.6.6.4.	COLLEGAMENTI COLONNA-FONDAZIONE.....	"	394
7.6.6.5.	CONDIZIONE PER TRASCURARE IL CARATTERE COMPOSTO DELLE TRAVI CON SOLETTA	"	394
7.6.7.	REGOLE SPECIFICHE PER STRUTTURE CON CONTROVENTI CONCENTRICI.....	"	395
7.6.8.	REGOLE SPECIFICHE PER STRUTTURE CON CONTROVENTI ECCENTRICI.....	"	395
7.7.	COSTRUZIONI DI LEGNO	"	395
7.7.1.	ASPETTI CONCETTUALI DELLA PROGETTAZIONE	"	395
7.7.2.	MATERIALI E PROPRIETÀ DELLE ZONE DISSIPATIVE.....	"	396
7.7.3.	TIPOLOGIE STRUTTURALI E FATTORI DI COMPORTAMENTO.....	"	397
7.7.3.1.	PRECISAZIONI.....	"	397
7.7.4.	ANALISI STRUTTURALE.....	"	398
7.7.5.	DISPOSIZIONI COSTRUTTIVE	"	398
7.7.5.1.	GENERALITÀ.....	"	398
7.7.5.2.	DISPOSIZIONI COSTRUTTIVE PER I COLLEGAMENTI	"	399
7.7.5.3.	DISPOSIZIONI COSTRUTTIVE PER GLI IMPALCATI.....	"	399
7.7.6.	VERIFICHE DI SICUREZZA.....	"	399
7.7.7.	REGOLE DI DETTAGLIO	"	400
7.7.7.1.	DISPOSIZIONI COSTRUTTIVE PER I COLLEGAMENTI	"	400
7.7.7.2.	DISPOSIZIONI COSTRUTTIVE PER GLI IMPALCATI.....	"	400
7.8.	COSTRUZIONI DI MURATURA	"	400
7.8.1.	REGOLE GENERALI.....	"	400
7.8.1.1.	PREMESSA	"	400
7.8.1.2.	MATERIALI	"	400
7.8.1.3.	MODALITÀ COSTRUTTIVE E FATTORI DI COMPORTAMENTO	"	401
7.8.1.4.	CRITERI DI PROGETTO E REQUISITI GEOMETRICI.....	"	401
7.8.1.5.	METODI DI ANALISI	"	402
7.8.1.5.1.	Generalità.....	"	402
7.8.1.5.2.	Analisi lineare statica.....	"	402
7.8.1.5.3.	Analisi dinamica modale.....	"	403
7.8.1.5.4.	Analisi statica non lineare.....	"	403
7.8.1.5.5.	Analisi dinamica non lineare	"	404
7.8.1.6.	VERIFICHE DI SICUREZZA	"	404
7.8.1.7.	PRINCIPI DI PROGETTAZIONE IN CAPACITÀ.....	"	404
7.8.1.8.	FONDAZIONI.....	"	404
7.8.1.9.	COSTRUZIONI SEMPLICI	"	404
7.8.2.	COSTRUZIONI DI MURATURA ORDINARIA	"	405
7.8.2.1.	CRITERI DI PROGETTO	"	405
7.8.2.2.	VERIFICHE DI SICUREZZA.....	"	406
7.8.2.2.1.	Pressoflessione nel piano	"	406
7.8.2.2.2.	Taglio	"	406
7.8.2.2.3.	Pressoflessione fuori piano	"	406
7.8.2.2.4.	Travi in muratura	"	406
7.8.3.	COSTRUZIONI DI MURATURA ARMATA	"	407
7.8.3.1.	CRITERI DI PROGETTO	"	407
7.8.3.2.	VERIFICHE DI SICUREZZA	"	407
7.8.3.2.1.	Pressoflessione nel piano	"	407
7.8.3.2.2.	Taglio	"	407

7.8.3.2.3.	Pressoflessione fuori piano	p.	408
7.8.4.	COSTRUZIONI DI MURATURA CONFINATA	"	408
7.8.5.	STRUTTURE MISTE	"	408
7.8.6.	REGOLE DI DETTAGLIO	"	409
7.8.6.1.	Costruzioni di muratura ordinaria.....	"	409
7.8.6.2.	Costruzioni di muratura armata.....	"	409
7.8.6.3.	Costruzioni di muratura confinata.....	"	410
7.9.	PONTI	"	410
7.9.1.	CAMPO DI APPLICAZIONE.....	"	410
7.9.2.	CRITERI GENERALI DI PROGETTAZIONE	"	410
7.9.2.1.	VALORI DEL FATTORE DI COMPORTAMENTO	"	411
7.9.3.	MODELLO STRUTTURALE.....	"	411
7.9.3.1.	INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA E ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE	"	412
7.9.4.	ANALISI STRUTTURALE	"	412
7.9.4.1.	ANALISI STATICA LINEARE	"	412
7.9.5.	DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI	"	413
7.9.5.1.	PILE	"	413
7.9.5.1.1.	Verifiche di resistenza (RES)	"	413
7.9.5.1.2.	Verifiche di duttilità (DUT).....	"	415
7.9.5.2.	IMPALCATO	"	415
7.9.5.2.1.	VERIFICHE DI RESISTENZA (RES).....	"	415
7.9.5.3.	APPARECCHI DI APPOGGIO E ZONE DI SOVRAPPOSIZIONE.....	"	415
7.9.5.3.1.	Apparecchi d'appoggio o di vincolo fissi	"	415
7.9.5.3.2.	Apparecchi d'appoggio mobili	"	415
7.9.5.3.3.	Dispositivi di fine corsa	"	415
7.9.5.3.4.	Zone di sovrapposizione	"	416
7.9.5.4.	SPALLE	"	416
7.9.5.4.1.	Collegamento mediante apparecchi d'appoggio mobili	"	416
7.9.5.4.2.	Collegamento mediante apparecchi d'appoggio fissi	"	416
7.9.6.	DETTAGLI COSTRUTTIVI PER ELEMENTI DI CALCESTRUZZO ARMATO	"	416
7.9.6.1.	PILE	"	416
7.9.6.1.1.	Armature per il confinamento del nucleo di calcestruzzo.....	"	417
7.9.6.1.2.	Armature per contrastare l'instabilità delle barre verticali compresse.....	"	418
7.9.6.1.3.	Dettagli costruttivi per le zone dissipative.....	"	418
7.9.6.2.	IMPALCATO, FONDAZIONI E SPALLE	"	418
7.10.	COSTRUZIONI CON ISOLAMENTO E/O DISSIPAZIONE	"	419
7.10.1.	SCOPO.....	"	419
7.10.2.	REQUISITI GENERALI E CRITERI PER IL LORO SODDISFACIMENTO	"	421
7.10.3.	CARATTERISTICHE E CRITERI DI ACCETTAZIONE DEI DISPOSITIVI.....	"	422
7.10.4.	INDICAZIONI PROGETTUALI	"	422
7.10.4.1.	INDICAZIONI RIGUARDANTI I DISPOSITIVI	"	423
7.10.4.2.	CONTROLLO DI MOVIMENTI INDESIDERATI	"	424
7.10.4.3.	CONTROLLO DEGLI SPOSTAMENTI SISMICI DIFFERENZIALI DEL TERRENO	"	424
7.10.4.4.	CONTROLLO DEGLI SPOSTAMENTI RELATIVI AL TERRENO E ALLE COSTRUZIONI CIRCOSTANTI.....	"	425
7.10.5.	MODELLAZIONE E ANALISI STRUTTURALE	"	425

7.10.5.1.	PROPRIETÀ DEL SISTEMA DI ISOLAMENTO	p.	425
7.10.5.2.	MODELLAZIONE	"	426
7.10.5.3.	ANALISI	"	427
7.10.5.3.1.	<i>Analisi lineare statica</i>	"	427
7.10.5.3.2.	<i>Analisi lineare dinamica</i>	"	429
7.10.6.	VERIFICHE.....	"	430
7.10.6.1.	VERIFICHE DEGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO	"	430
7.10.6.2.	VERIFICHE DEGLI STATI LIMITE ULTIMI.....	"	430
7.10.6.2.1.	Verifiche dello SLV	"	430
7.10.6.2.2.	Verifiche dello SLC.....	"	431
7.10.7.	ASPETTI COSTRUTTIVI, MANUTENZIONE, SOSTITUIBILITÀ	"	432
7.10.8.	ACCORGIMENTI SPECIFICI IN FASE DI COLLAUDO	"	432
7.11.	OPERE E SISTEMI GEOTECNICI	"	432
7.11.1.	REQUISITI NEI CONFRONTI DEGLI STATI LIMITE	"	433
7.11.2.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA AI FINI SISMICI.....	"	433
7.11.3.	RISPOSTA SISMICA E STABILITÀ DEL SITO	"	434
7.11.3.1.	RISPOSTA SISMICA LOCALE	"	434
7.11.3.2.	FATTORI DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	"	436
7.11.3.3.	FATTORI DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	"	436
7.11.3.4.	STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE.....	"	436
7.11.3.4.1.	Generalità.....	"	437
7.11.3.4.2.	Esclusione della verifica a liquefazione.....	"	437
7.11.3.4.3.	Metodi di analisi	"	438
7.11.3.5.	STABILITÀ DEI PENDII.....	"	438
7.11.3.5.1.	Azione sismica.....	"	439
7.11.3.5.2.	Metodi di analisi	"	439
7.11.4.	FRONTI DI SCAVO E RILEVATI.....	"	441
7.11.5.	FONDAZIONI.....	"	441
7.11.5.1.	REGOLE GENERALI DI PROGETTAZIONE	"	441
7.11.5.2.	INDAGINI E MODELLO GEOTECNICO.....	"	442
7.11.5.3.	VERIFICHE DELLO STATO LIMITE ULTIMO (SLU) E ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)	"	442
7.11.5.3.1.	Fondazioni superficiali.....	"	442
7.11.5.3.2.	Fondazioni su pali.....	"	443
7.11.6.	OPERE DI SOSTEGNO	"	445
7.11.6.1.	REQUISITI GENERALI.....	"	445
7.11.6.2.	MURI DI SOSTEGNO.....	"	445
7.11.6.2.1.	Metodi di analisi	"	446
7.11.6.2.2.	Verifiche di sicurezza	"	446
7.11.6.3.	PARATIE	"	447
7.11.6.3.1.	Metodi pseudo-statici.....	"	447
7.11.6.3.2.	Verifiche di sicurezza	"	448
7.11.6.4.	SISTEMI DI VINCOLO	"	449
7.11.6.4.1.	Verifiche di sicurezza	"	449
8.	COSTRUZIONI ESISTENTI	"	451
8.1.	OGGETTO	"	452
8.2.	CRITERI GENERALI	"	452
8.3.	VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA	"	454
8.4.	CLASSIFICAZIONE DEGLI INTERVENTI	"	455
8.4.1.	RIPARAZIONE O INTERVENTO LOCALE.....	"	456
8.4.2.	INTERVENTO DI MIGLIORAMENTO	"	456

8.4.3.	INTERVENTO DI ADEGUAMENTO.....	p.	457
8.5.	DEFINIZIONE DEL MODELLO DI RIFERIMENTO PER LE ANALISI.....	"	458
8.5.1.	ANALISI STORICO-CRITICA.....	"	458
8.5.2.	RILIEVO.....	"	459
8.5.3.	CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI.....	"	461
8.5.4.	LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA.....	"	466
8.5.5.	AZIONI.....	"	469
8.6.	MATERIALI.....	"	470
8.7.	PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI IN PRESENZA DI AZIONI SISMICHE.....	"	471
8.7.1.	COSTRUZIONI IN MURATURA.....	"	471
8.7.2.	COSTRUZIONI IN CALCESTRUZZO ARMATO O IN ACCIAIO.....	"	484
8.7.3.	COSTRUZIONI MISTE.....	"	490
8.7.4.	CRITERI E TIPI D'INTERVENTO.....	"	491
8.7.5.	ELABORATI DEL PROGETTO DELL'INTERVENTO.....	"	497
9.	COLLAUDO STATICO.....	"	505
9.1.	PRESCRIZIONI GENERALI.....	"	506
9.2.	PROVE DI CARICO.....	"	508
9.2.1.	STRUTTURE PREFABBRICATE.....	"	509
9.2.2.	PONTI STRADALI.....	"	510
9.2.3.	PONTI FERROVIARI.....	"	510
10.	REDAZIONE DEI PROGETTI STRUTTURALI ESECUTIVI E DELLE RELAZIONI DI CALCOLO.....	"	511
10.1.	CARATTERISTICHE GENERALI.....	"	512
10.2.	ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO.....	"	514
10.2.1.	RELAZIONE DI CALCOLO.....	"	514
	<i>Tipo di analisi svolta.....</i>	"	514
	<i>Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo.....</i>	"	514
	<i>Modalità di presentazione dei risultati.....</i>	"	514
	<i>Informazioni generali sull'elaborazione.....</i>	"	515
	<i>Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.....</i>	"	515
10.2.2.	VALUTAZIONE INDIPENDENTE DEL CALCOLO.....	"	516
11.	MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE.....	"	517
11.1.	GENERALITÀ.....	"	518
11.2.	CALCESTRUZZO.....	"	523
11.2.1.	SPECIFICHE PER IL CALCESTRUZZO.....	"	523
11.2.2.	CONTROLLI DI QUALITÀ DEL CALCESTRUZZO.....	"	524
11.2.3.	VALUTAZIONE PRELIMINARE.....	"	524
11.2.4.	PRELIEVO E PROVA DEI CAMPIONI.....	"	525
11.2.5.	CONTROLLO DI ACCETTAZIONE.....	"	525
11.2.5.1.	CONTROLLO DI TIPO A.....	"	526
11.2.5.2.	CONTROLLO DI TIPO B.....	"	526
11.2.5.3.	PRESCRIZIONI COMUNI PER ENTRAMBI I CRITERI DI CONTROLLO.....	"	527
11.2.6.	CONTROLLO DELLA RESISTENZA DEL CALCESTRUZZO IN OPERA.....	"	529
11.2.7.	PROVE COMPLEMENTARI.....	"	531
11.2.8.	PRESCRIZIONI RELATIVE AL CALCESTRUZZO CONFEZIONATO CON PROCESSO INDUSTRIALIZZATO.....	"	531

11.2.9.	COMPONENTI DEL CALCESTRUZZO.....	p.	532
11.2.9.1.	LEGANTI.....	"	532
11.2.9.2.	AGGREGATI.....	"	532
11.2.9.3.	AGGIUNTE.....	"	533
11.2.9.4.	ADDITIVI.....	"	533
11.2.9.5.	ACQUA DI IMPASTO.....	"	533
11.2.9.6.	MISCELE PRECONFEZIONATE DI COMPONENTI PER CALCESTRUZZO.....	"	533
11.2.10.	CARATTERISTICHE DEL CALCESTRUZZO.....	"	533
11.2.10.1.	RESISTENZA A COMPRESSIONE.....	"	533
11.2.10.2.	RESISTENZA A TRAZIONE.....	"	534
11.2.10.3.	MODULO ELASTICO.....	"	534
11.2.10.4.	COEFFICIENTE DI POISSON.....	"	534
11.2.10.5.	COEFFICIENTE DI DILATAZIONE TERMICA.....	"	534
11.2.10.6.	RITIRO.....	"	534
11.2.10.7.	VISCOSITÀ.....	"	535
11.2.11.	DURABILITÀ.....	"	536
11.2.12.	CALCESTRUZZO FIBRORINFORZATO (FRC).....	"	536
11.3.	ACCIAIO.....	"	537
11.3.1.	PRESCRIZIONI COMUNI A TUTTE LE TIPOLOGIE DI ACCIAIO.....	"	537
11.3.1.1.	CONTROLLI.....	"	537
11.3.1.2.	CONTROLLI DI PRODUZIONE IN STABILIMENTO E PROCEDURE DI QUALIFICAZIONE.....	"	537
11.3.1.3.	MANTENIMENTO E RINNOVO DELLA QUALIFICAZIONE.....	"	538
11.3.1.4.	IDENTIFICAZIONE E RINTRACCIABILITÀ DEI PRODOTTI QUALIFICATI.....	"	539
11.3.1.5.	FORNITURE E DOCUMENTAZIONE DI ACCOMPAGNAMENTO.....	"	539
11.3.1.6.	PROVE DI QUALIFICAZIONE E VERIFICHE PERIODICHE DELLA QUALITÀ.....	"	540
11.3.1.7.	CENTRI DI TRASFORMAZIONE.....	"	541
11.3.2.	ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO.....	"	543
11.3.2.1.	ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO B450C.....	"	543
11.3.2.2.	ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO B450A.....	"	544
11.3.2.3.	ACCERTAMENTO DELLE PROPRIETÀ MECCANICHE.....	"	544
11.3.2.4.	CARATTERISTICHE DIMENSIONALI E DI IMPIEGO.....	"	544
11.3.2.5.	RETI E TRALICCI ELETTROSALDATI.....	"	545
11.3.2.5.1.	Identificazione delle reti e dei tralicci elettrosaldati.....	"	546
11.3.2.6.	SALDABILITÀ.....	"	546
11.3.2.7.	TOLLERANZE DIMENSIONALI.....	"	546
11.3.2.8.	ALTRI TIPI DI ACCIAI.....	"	546
11.3.2.8.1.	Acciai inossidabili.....	"	546
11.3.2.8.2.	Acciai zincati.....	"	546
11.3.2.9.	GIUNZIONI MECCANICHE.....	"	547
11.3.2.10.	PROCEDURE DI CONTROLLO PER ACCIAI DA CALCESTRUZZO ARMATO NORMALE – BARRE E ROTOLI.....	"	547
11.3.2.10.1.	Controlli sistematici in stabilimento.....	"	547
11.3.2.10.1.1.	<i>Generalità</i>	"	547
11.3.2.10.1.2.	<i>Prove di qualificazione</i>	"	547
11.3.2.10.1.3.	<i>Procedura di valutazione</i>	"	547
11.3.2.10.1.4.	<i>Prove periodiche di verifica della qualità</i>	"	548
11.3.2.10.2.	Controlli su singole colate o lotti di produzione.....	"	549
11.3.2.10.3.	Controlli nei centri di trasformazione.....	"	549
11.3.2.10.4.	Prove di aderenza.....	"	550
11.3.2.11.	PROCEDURE DI CONTROLLO PER ACCIAI DA CALCESTRUZZO ARMATO NORMALE – RETI E TRALICCI ELETTROSALDATI.....	"	552

11.3.2.11.1.	Controlli sistematici in stabilimento	p.	552
11.3.2.11.1.1.	<i>Prove di qualificazione</i>	"	552
11.3.2.11.1.2.	<i>Prove di verifica della qualità</i>	"	552
11.3.2.11.2.	Controlli su singoli lotti di produzione	"	552
11.3.2.12.	CONTROLLI DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE	"	552
11.3.3.	ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO PRECOMPRESSO	"	554
11.3.3.1.	CARATTERISTICHE DIMENSIONALI E DI IMPIEGO	"	554
11.3.3.2.	CARATTERISTICHE DEI PRODOTTI	"	555
11.3.3.3.	CADUTE DI TENSIONE PER RILASSAMENTO	"	556
11.3.3.4.	CENTRI DI TRASFORMAZIONE	"	556
11.3.3.5.	PROCEDURE DI CONTROLLO PER ACCIAI DA CALCESTRUZZO ARMATO PRECOMPRESSO	"	556
11.3.3.5.1.	Prescrizioni comuni – Modalità di prelievo	"	556
11.3.3.5.2.	Controlli sistematici in stabilimento	"	556
11.3.3.5.2.1.	<i>Prove di qualificazione</i>	"	556
11.3.3.5.2.2.	<i>Prove di verifica della qualità</i>	"	557
11.3.3.5.2.3.	<i>Determinazione delle proprietà e tolleranze</i>	"	558
11.3.3.5.2.4.	<i>Controlli su singoli lotti di produzione</i>	"	560
11.3.3.5.3.	Controlli nei centri di trasformazione	"	560
11.3.3.5.4.	Controlli di accettazione in cantiere	"	561
11.3.3.5.5.	Prodotti inguainati o inguainati e cerati	"	561
11.3.3.5.6.	Prodotti zincati	"	561
11.3.3.5.7.	Certificati di prova rilasciati dal laboratorio di cui all'art. 59 del DPR 380/2001	"	562
11.3.4.	ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE E PER STRUTTURE COMPOSTE	"	562
11.3.4.1.	GENERALITÀ	"	562
11.3.4.2.	ACCIAI LAMINATI	"	562
11.3.4.2.1.	Controlli sui prodotti laminati	"	563
11.3.4.2.2.	Fornitura dei prodotti laminati	"	563
11.3.4.3.	ACCIAIO PER GETTI	"	563
11.3.4.4.	ACCIAIO PER STRUTTURE SALDATE	"	563
11.3.4.5.	PROCESSO DI SALDATURA	"	563
11.3.4.6.	BULLONI E CHIODI	"	564
11.3.4.6.1.	Bulloni “non a serraggio controllato”	"	564
11.3.4.6.2.	Bulloni “a serraggio controllato”	"	565
11.3.4.6.3.	Elementi di collegamento in acciaio inossidabile	"	565
11.3.4.6.4.	Chiodi	"	565
11.3.4.7.	CONNETTORI A PIOLO	"	565
11.3.4.8.	ACCIAI INOSSIDABILI	"	565
11.3.4.9.	ACCIAI DA CARPENTERIA PER STRUTTURE SOGGETTE AD AZIONI SISMICHE	"	566
11.3.4.10.	CENTRI DI TRASFORMAZIONE E CENTRI DI PRODUZIONE DI ELEMENTI IN ACCIAIO	"	566
11.3.4.11.	PROCEDURE DI CONTROLLO SU ACCIAI DA CARPENTERIA	"	567
11.3.4.11.1.	Controlli in stabilimento di produzione	"	567
11.3.4.11.1.1.	<i>Suddivisione dei prodotti</i>	"	567
11.3.4.11.1.2.	<i>Prove di qualificazione</i>	"	567
11.3.4.11.1.3.	<i>Controllo continuo della qualità della produzione</i>	"	567
11.3.4.11.1.4.	<i>Verifica periodica della qualità</i>	"	568
11.3.4.11.1.5.	<i>Controlli su singole colate</i>	"	568
11.3.4.11.2.	Controlli nei centri di trasformazione 567 e nei centri di produzione di elementi tipologici in acciaio	"	568

11.3.4.11.2.1.	<i>Centri di produzione di lamiere grecate e profilati formati a freddo</i>	p.	568
11.3.4.11.2.2.	<i>Centri di prelaborazione di componenti strutturali</i>	"	569
11.3.4.11.2.3.	<i>Officine per la produzione di carpenterie metalliche</i>	"	570
11.3.4.11.2.4.	<i>Officine per la produzione di bulloni e chiodi</i>	"	570
11.3.4.11.3.	Controlli di accettazione in cantiere	"	570
11.4.	ANCORANTI PER USO STRUTTURALE		
	E GIUNTI DI DILATAZIONE	"	571
11.4.1.	ANCORANTI PER USO STRUTTURALE	"	572
11.4.2.	GIUNTI DI DILATAZIONE STRADALE.....	"	572
11.5.	SISTEMI DI PRECOMPRESSIONE		
	A CAVI POST-TESI E TIRANTI DI ANCORAGGIO	"	572
11.5.1.	SISTEMI DI PRECOMPRESSIONE A CAVI POST TESI	"	572
11.5.2.	TIRANTI DI ANCORAGGIO PER USO GEOTECNICO.....	"	572
11.6.	APPOGGI STRUTTURALI	"	572
11.7.	MATERIALI E PRODOTTI A BASE DI LEGNO	"	573
11.7.1.	GENERALITÀ	"	573
11.7.1.1.	PROPRIETÀ DEI MATERIALI.....	"	574
11.7.2.	LEGNO MASSICCIO	"	574
11.7.3.	LEGNO STRUTTURALE CON GIUNTI A DITA.....	"	575
11.7.4.	LEGNO LAMELLARE INCOLLATO E LEGNO MASSICCIO INCOLLATO	"	575
11.7.5.	PANNELLI A BASE DI LEGNO.....	"	576
11.7.6.	ALTRI PRODOTTI DERIVATI DAL LEGNO PER USO STRUTTURALE.....	"	576
11.7.7.	ADESIVI.....	"	576
11.7.7.1.	ADESIVI PER ELEMENTI INCOLLATI IN STABILIMENTO	"	576
11.7.7.2.	ADESIVI PER GIUNTI REALIZZATI IN CANTIERE.....	"	576
11.7.8.	ELEMENTI MECCANICI DI COLLEGAMENTO	"	576
11.7.9.	DURABILITÀ DEL LEGNO E DERIVATI.....	"	576
11.7.9.1.	GENERALITÀ	"	576
11.7.9.2.	REQUISITI DI DURABILITÀ NATURALE DEI MATERIALI A BASE DI LEGNO	"	577
11.7.10.	PROCEDURE DI IDENTIFICAZIONE, QUALIFICAZIONE E ACCETTAZIONE – CENTRI DI LAVORAZIONE	"	577
11.7.10.1.	FABBRICANTI E CENTRI DI LAVORAZIONE.....	"	577
11.7.10.1.1.	Identificazione e rintracciabilità dei prodotti qualificati	"	579
11.7.10.1.2.	Forniture e documentazione di accompagnamento.....	"	579
11.7.10.2.	CONTROLLI DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE	"	580
11.8.	COMPONENTI PREFABBRICATI IN C.A. E C.A.P.	"	581
11.8.1.	GENERALITÀ	"	581
11.8.2.	REQUISITI MINIMI DEGLI STABILIMENTI E DEGLI IMPIANTI DI PRODUZIONE	"	582
11.8.3.	CONTROLLO DI PRODUZIONE.....	"	583
11.8.3.1.	CONTROLLO SUI MATERIALI PER ELEMENTI DI SERIE	"	583
11.8.3.2.	CONTROLLO DI PRODUZIONE IN SERIE CONTROLLATA	"	584
11.8.3.3.	PROVE INIZIALI DI TIPO PER ELEMENTI IN SERIE CONTROLLATA	"	584
11.8.3.4.	MARCHIATURA	"	584
11.8.4.	PROCEDURE DI QUALIFICAZIONE	"	584
11.8.4.1.	QUALIFICAZIONE DELLO STABILIMENTO.....	"	584
11.8.4.2.	QUALIFICAZIONE DELLA PRODUZIONE IN SERIE DICHIARATA	"	584
11.8.4.3.	QUALIFICAZIONE DELLA PRODUZIONE IN SERIE CONTROLLATA	"	585
11.8.4.4.	SOSPENSIONI E REVOCHE	"	585

11.8.5.	DOCUMENTI DI ACCOMPAGNAMENTO	p.	585
11.8.6.	DISPOSITIVI MECCANICI DI COLLEGAMENTO	"	586
11.9.	DISPOSITIVI ANTISISMICI E DI CONTROLLO DI VIBRAZIONI	"	587
11.9.1.	TIPOLOGIE DI DISPOSITIVI	"	587
11.9.2.	PROCEDURA DI QUALIFICAZIONE	"	589
11.9.3.	PROCEDURA DI ACCETTAZIONE	"	589
11.9.4.	DISPOSITIVI A COMPORTAMENTO LINEARE	"	589
11.9.4.1.	PROVE DI ACCETTAZIONE SUI DISPOSITIVI	"	590
11.9.5.	DISPOSITIVI A COMPORTAMENTO NON LINEARE	"	590
11.9.5.1.	PROVE DI ACCETTAZIONE SUI DISPOSITIVI	"	592
11.9.6.	DISPOSITIVI A COMPORTAMENTO VISCOSO	"	592
11.9.6.1.	PROVE DI ACCETTAZIONE SUI DISPOSITIVI	"	593
11.9.7.	ISOLATORI ELASTOMERICI	"	593
11.9.7.1.	PROVE DI ACCETTAZIONE SUI DISPOSITIVI	"	594
11.9.8.	ISOLATORI A SCORRIMENTO	"	595
11.9.8.1.	PROVE DI ACCETTAZIONE SUI DISPOSITIVI	"	595
11.9.9.	DISPOSITIVI A VINCOLO RIGIDO DEL TIPO A "FUSIBILE"	"	595
11.9.9.1.	PROVE DI ACCETTAZIONE SUI DISPOSITIVI	"	595
11.9.10.	DISPOSITIVI (DINAMICI) DI VINCOLO PROVVISORIO	"	595
11.9.10.1.	PROVE DI ACCETTAZIONE SUI DISPOSITIVI	"	596
11.10.	MURATURA PORTANTE	"	596
11.10.1.	ELEMENTI PER MURATURA	"	596
11.10.1.1.	PROVE DI ACCETTAZIONE	"	596
11.10.1.1.1.	Resistenza a compressione degli elementi resistenti artificiali o naturali	"	597
11.10.2.	MALTE PER MURATURA	"	597
11.10.2.1.	MALTE A PRESTAZIONE GARANTITA	"	598
11.10.2.2.	MALTE A COMPOSIZIONE PRESCRITTA	"	598
11.10.2.3.	MALTE PRODOTTE IN CANTIERE	"	599
11.10.2.4.	PROVE DI ACCETTAZIONE	"	599
11.10.3.	DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI MECCANICI DELLA MURATURA	"	599
11.10.3.1.	RESISTENZA A COMPRESSIONE	"	599
11.10.3.1.1.	Determinazione sperimentale della resistenza a compressione	"	599
11.10.3.1.2.	Stima della resistenza a compressione	"	599
11.10.3.2.	RESISTENZA CARATTERISTICA A TAGLIO IN ASSENZA DI TENSIONI NORMALI	"	600
11.10.3.2.1.	Determinazione sperimentale della resistenza a taglio	"	600
11.10.3.2.2.	Stima della resistenza a taglio	"	600
11.10.3.3.	RESISTENZA CARATTERISTICA A TAGLIO	"	601
11.10.3.4.	MODULI DI ELASTICITÀ SECANTI	"	601
12.	RIFERIMENTI TECNICI	"	603
↘	IL SOFTWARE INCLUSO (WEBAPP)	"	605
	Note sul software incluso	"	605
	Requisiti hardware e software	"	605
	Richiesta della password di attivazione del software	"	605
	Utilizzo della WebApp	"	605
	Assistenza tecnica (<i>TicketSystem</i>)	"	605

**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE
E DEI TRASPORTI**

DECRETO 17 GENNAIO 2018.

Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».

IL MINISTRO DELLE INFRASTRUTTURE
E DEI TRASPORTI

DI CONCERTO CON

IL MINISTRO DELL'INTERNO

E

IL CAPO DIPARTIMENTO
DELLA PROTEZIONE CIVILE

Vista la legge 5 novembre 1971, n. 1086, recante «Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica»;

Vista la legge 2 febbraio 1974, n. 64, recante «Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche»;

Vista la legge 21 giugno 1986, n. 317, recante «Procedura di informazione nel settore delle norme e regolamentazioni tecniche delle regole relative ai servizi della società dell'informazione in attuazione della direttiva 98/34/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 22 giugno 1998, modificata dalla direttiva 98/48/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 20 luglio 1998»;

Visto il regolamento (UE) del Parlamento europeo e del Consiglio 9 marzo 2011, n. 305 che fissa condizioni armonizzate per la commercializzazione dei prodotti da costruzione e che abroga la direttiva 89/106/CEE del Consiglio;

Visto il decreto legislativo 31 marzo 1998, n. 112, recante «Conferimento di funzioni e compiti amministrativi allo Stato, alle regioni e agli enti locali in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59»;

Visto il decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, recante «Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia»;

Visto il decreto-legge 28 maggio 2004, n. 136, convertito, con modificazioni, dalla legge 27 luglio 2004, n. 186, ed in particolare l'art. 5, comma 1, che prevede la redazione, da parte del Consiglio superiore dei lavori pubblici, di concerto con il Dipartimento della protezione civile, di normative tecniche, anche per la verifica sismica ed idraulica, relative alle costruzioni, nonché 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, per assicurare uniformi livelli di sicurezza;

Visto il decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti 14 gennaio 2008, con il quale sono state approvate le «Nuove norme tecniche per le costruzioni», pubblicato nel supplemento ordinario n. 30 della *Gazzetta Ufficiale* del 4 febbraio 2008, n. 29;

Visto il decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti 26 giugno 2014, recante «Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)», pubblicato nella *Gazzetta Ufficiale* Serie generale n. 156 dell'8 luglio 2014;

Considerata la necessità di procedere al previsto aggiornamento delle «Nuove Norme tecniche per le costruzioni» di cui al citato decreto ministeriale 14 gennaio 2008;

Visto il voto n. 53 con il quale l'Assemblea generale del Consiglio superiore dei lavori pubblici nella adunanza del 14 novembre 2014 si è espressa favorevolmente in ordine all'aggiornamento delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni», di cui al citato decreto ministeriale 14 gennaio 2008;

Vista la nota n. 7889, del 27 febbraio 2015, con la quale il Presidente del Consiglio superiore dei lavori pubblici ha trasmesso all'Ufficio legislativo del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti il suddetto aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni, licenziato dall'Assemblea generale del Consiglio superiore dei lavori pubblici;

Visto l'art. 52 del citato decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001, che dispone che in tutti i comuni della Repubblica le costruzioni, sia pubbliche, che private debbono essere realizzate in osservanza delle norme tecniche riguardanti i vari elementi costruttivi fissate con decreti del Ministro per le infrastrutture, di concerto con il Ministro dell'interno qualora le norme tecniche riguardino costruzioni in zone sismiche;

Considerato che il comma 2 dell'art. 5 del predetto decreto-legge n. 136 del 2004 prevede che le norme tecniche siano emanate con le procedure di cui all'art. 52 del citato decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001, di concerto con il Dipartimento della protezione civile;

Visto l'art. 54 del citato decreto legislativo n. 112 del 1998, il quale prevede che alcune funzioni mantenute in capo allo Stato, quali la predisposizione della normativa tecnica nazionale per le opere in cemento armato e in acciaio e le costruzioni in zone sismiche, siano esercitate di intesa con la Conferenza unificata;

Visto l'art. 93 del suddetto decreto legislativo n. 112 del 1998, il quale prevede che alcune funzioni mantenute in capo allo Stato, quali i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e le norme tecniche per le costruzioni nelle medesime zone, siano esercitate sentita la Conferenza unificata;

Visto l'art. 83 del citato decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001, il quale prevede che tutte le costruzioni la cui sicurezza possa comunque interessare la pubblica incolumità, da realizzarsi in zone dichiarate sismiche, siano disciplinate, oltre che dalle disposizioni di cui a predetto art. 52 del medesimo decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001, da specifiche norme tecniche emanate con decreti del Ministro per le infrastrutture ed i trasporti, di concerto con il Ministro per l'interno, sentiti il Consiglio superiore dei lavori pubblici, il Consiglio nazionale delle ricerche e la Conferenza unificata;

Visto il concerto espresso dal capo del Dipartimento della protezione civile con nota prot. n. CG/0006287 del 26 gennaio 2017, ai sensi del citato art. 5, comma 2, del decreto-legge n. 136 del 2004;

Visto il concerto espresso dal Ministro dell'interno con nota prot. n. 0000808 del 17 gennaio 2017, ai sensi dell'art. 1, comma 1, del citato art. 52 del decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001;

Sentito il Consiglio nazionale delle ricerche con nota n. 73455 del 3 novembre 2016 ai sensi del citato art. 83 del decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001;

Acquisita l'intesa con la Conferenza unificata resa nella seduta del 22 dicembre 2016, ai sensi del citato art. 54 del decreto legislativo n. 112 del 1998;

Considerato, che lo schema di decreto è stato notificato, per il tramite del Ministero dello sviluppo economico, alla Commissione europea ai sensi della direttiva 2015/1535 del Parlamento europeo e del Consiglio del 9 settembre 2015 e che alla data dell'8 maggio 2017 è venuto a scadenza il termine di astensione obbligatoria di cui all'art. 6, paragrafo 1, della medesima direttiva;

Considerata la necessità di definire l'ambito di applicazione delle norme tecniche, anche in relazione alle opere con progetto definitivo o esecutivo approvato e alle opere con lavori in corso di esecuzione, in conformità al citato voto n. 53/2014 del Consiglio superiore dei lavori pubblici;

Accertato che sono stati adempiuti gli obblighi di notifica ai sensi degli articoli 15, paragrafo 7, e 39, paragrafo 5, della direttiva 2006/123/CEE del Parlamento europeo e del Consiglio, relativa ai servizi nel mercato interno, del 12 dicembre 2006;

Decreta:

Art. 1

Approvazione

1. È approvato il testo aggiornato delle norme tecniche per le costruzioni, di cui alla legge 5 novembre 1971, n. 1086, alla legge 2 febbraio 1974, n. 64, al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, ed al decreto-legge 28 maggio 2004, n. 136, convertito, con modificazioni, dalla legge 27 luglio 2004, n. 186, allegato al presente decreto. Le presenti norme sostituiscono quelle approvate con il decreto ministeriale 14 gennaio 2008.

Art. 2

Ambito di applicazione e disposizioni transitorie

1. Nell'ambito di applicazione del decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50, per le opere pubbliche o di pubblica utilità in corso di esecuzione, per i contratti pubblici di lavori già affidati, nonché per i progetti definitivi o esecutivi già affidati prima della data di entrata in vigore delle norme tecniche per le costruzioni di cui all'art. 1, si

possono continuare ad applicare le previgenti norme tecniche per le costruzioni fino all'ultimazione dei lavori ed al collaudo statico degli stessi. Con riferimento alla seconda e alla terza fattispecie del precedente periodo, detta facoltà è esercitabile solo nel caso in cui la consegna dei lavori avvenga entro cinque anni dalla data di entrata in vigore delle norme tecniche per le costruzioni di cui all'art. 1. Con riferimento alla terza fattispecie di cui sopra, detta facoltà è esercitabile solo nel caso di progetti redatti secondo le norme tecniche di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.

2. Per le opere private le cui opere strutturali siano in corso di esecuzione o per le quali sia già stato depositato il progetto esecutivo, ai sensi delle vigenti disposizioni, presso i competenti uffici prima della data di entrata in vigore delle Norme tecniche per le costruzioni di cui all'art. 1, si possono continuare ad applicare le previgenti Norme tecniche per le costruzioni fino all'ultimazione dei lavori ed al collaudo statico degli stessi.

Art. 3

Entrata in vigore

1. Le norme tecniche di cui all'art. 1 entrano in vigore trenta giorni dopo la pubblicazione del presente decreto nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana.

Il presente decreto ed i relativi allegati sono pubblicati nella *Gazzetta Ufficiale* della Repubblica italiana.

Roma, 17 gennaio 2018

*Il Ministro delle infrastrutture
e dei trasporti*

DELRIO

Il Ministro dell'interno

MINNITI

*Il Capo Dipartimento
della protezione civile*

BORRELLI

**MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE
E DEI TRASPORTI**

CIRCOLARE 21 GENNAIO 2019, N. 7 C.S.LL.PP..

Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

**IL MINISTRO DELLE INFRASTRUTTURE
E DEI TRASPORTI**

Con decreto ministeriale 17 gennaio 2018, pubblicato nel supplemento ordinario alla *Gazzetta Ufficiale* del 20 febbraio 2018, n. 42 è stato approvato l'aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», testo normativo che raccoglie in forma unitaria le norme che disciplinano la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle costruzioni al fine di garantire, per stabiliti livelli di sicurezza, la pubblica incolumità.

Tale aggiornamento costituisce un più avanzato sistema normativo atto a fornire i criteri generali di sicurezza, a precisare le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, a definire le caratteristiche dei materiali ed a trattare gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere, nuove ed esistenti: impostazione condivisa dal mondo accademico, professionale e produttivo-imprenditoriale.

In considerazione del carattere innovativo di detto aggiornamento, si è ritenuto opportuno emanare la presente circolare applicativa che sostituisce la precedente circolare n. 617 del 2 febbraio 2009, relativa alle norme tecniche approvate con decreto ministeriale 14 gennaio 2008, la quale ha lo scopo di fornire agli operatori del settore, ed in particolare ai progettisti, opportuni chiarimenti, indicazioni ed elementi informativi per una più agevole ed univoca applicazione delle norme stesse.

Pur essendo state apportate numerose e significative modifiche rispetto alla precedente circolare, non è stato cambiato l'impianto generale e l'articolazione del documento e, pertanto, il testo è articolato conformemente alle norme tecniche di cui mantiene la medesima strutturazione in capitoli e paragrafi, al fine di una più agevole consultazione.

La presente circolare è stata sottoposta al parere dell'Assemblea generale del Consiglio superiore dei lavori pubblici, che si è espressa favorevolmente in data 27 luglio 2018, con voto n. 29/2017.

Roma, 21 gennaio 2019

Il Ministro: TONINELLI

NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

DECRETO 17 GENNAIO 2018

Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni

[G.U.R.I. 20/02/2018, n. 42 – Suppl. Ord. n. 8]

COORDINATE PARAGRAFO PER PARAGRAFO CON LA

CIRCOLARE APPLICATIVA

CIRCOLARE 21 GENNAIO 2019, N. 7

*Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche
per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018*

[G.U.R.I. 11/02/2019, n. 35 – Suppl. Ord. n. 5]

CAPITOLO 1.

OGGETTO

**CLICCA per maggiori informazioni
... e per te uno SCONTO SPECIALE**

PREMESSA

Le presenti Norme tecniche per le costruzioni sono emesse ai sensi delle leggi 5 novembre 1971, n. 1086, e 2 febbraio 1974, n. 64, così come riunite nel Testo Unico per l'Edilizia di cui al DPR 6 giugno 2001, n. 380, e dell'art. 5 del DL 28 maggio 2004, n. 136, convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27 luglio 2004, n. 186 e ss. mm. ii..

1.1 OGGETTO

Le presenti Norme tecniche per le costruzioni definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità.

Esse forniscono quindi i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

Circa le indicazioni applicative per l'ottenimento delle prescritte prestazioni, per quanto non espressamente specificato nel presente documento, ci si può riferire a normative di comprovata validità e ad altri documenti tecnici elencati nel Cap. 12. In particolare quelle fornite dagli Eurocodici con le relative Appendici Nazionali costituiscono indicazioni di comprovata validità e forniscono il sistematico supporto applicativo delle presenti norme.

C1.1 LOGICA DELLA NORMA

L'attuale revisione delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) viene alla luce nove anni dopo l'emanazione delle NTC08. Questo lungo lasso di tempo si è reso necessario in considerazione delle importanti novità introdotte dalla precedente normativa, che ha rappresentato un vero e proprio giro di boa rispetto al passato, e per consentire, quindi, ai fruitori di acquisire una consuetudine all'uso e una sensibilità tali da far emergere quegli aspetti meno chiari o controversi che, unitamente al miglioramento delle conoscenze tecniche e scientifiche oltre che all'evoluzione tecnologica, determinano la spinta verso la revisione di un testo normativo.

Pur essendo state apportate numerose e significative modifiche e integrazioni al testo precedente, nell'aggiornare le Norme non è stato cambiato l'impianto generale e l'articolazione del documento.

In effetti, la sismicità del nostro paese, diffusa in tutto il territorio nazionale, e i condizionamenti progettuali connessi con la presenza di azioni sismiche, suggerirebbero l'opportunità di unificare, sintetizzandoli, i contenuti del Capitolo 7 (**Progettazione per azioni sismiche**) con i precedenti Capitoli 4 (**Costruzioni civili e industriali**), 5 (**Ponti**) e 6 (**Progettazione geotecnica**). Ciò nonostante si è realisticamente preferito lavorare solo sui contenuti delle Norme.

Tenuto conto di tutto ciò, con queste note introduttive si intende offrire al progettista una linea guida e rendere univoca l'interpretazione per agevolare l'uso delle Norme, evidenziando all'interno delle stesse quei percorsi logici unitari e unificanti che, non necessariamente, corrispondono alla mera successione dei Capitoli.

Il percorso progettuale, volendolo sintetizzare, può ritenersi articolato nelle fasi della *concezione*, della *verifica*, della *esecuzione* e del *controllo*:

- la *concezione* è tutta e sola appannaggio della creatività, della competenza tecnica e dell'esperienza del singolo progettista; essa ricade nella sua esclusiva responsabilità, certo non può essere normata;
- la *verifica*, la *esecuzione* e il *controllo*, invece, ricadono nella sfera delle attività collettive, assumendo l'aspetto di un contratto sociale, di una convenzione che, pur essendo basata su valutazioni scientifiche, giunge a fissare la frontiera tra lecito e illecito, tra accettato e rifiutato.

La normativa, proprio per il suo carattere eminentemente contrattuale e sociale, non si occupa della *concezione*, ma solo della *verifica*, della *esecuzione* e del *controllo*.

In questo ambito, certamente più ristretto, dello sviluppo progettuale, assumono importanza preminente, per gli obiettivi innanzi dichiarati, il *modello di calcolo* e il *metodo di analisi*, tenendo presente che le costruzioni civili, rispetto ai prodotti industriali, ad esempio, costituiscono sempre "oggetti unici", cioè "prototipi". Per quest'ultimo motivo è utile identificare e riconoscere, da subito, quegli elementi unificanti, validi cioè per ogni costruzione, necessari per l'individuazione del *modello di calcolo* e la scelta del *metodo di analisi*.

Per ogni costruzione civile il confronto tra capacità e domanda, che la valutazione del livello di sicurezza impone, richiede una quantificazione conseguita attraverso il filtro del *modello di calcolo* individuato e del *metodo di analisi* prescelto.

La normativa lascia il *modello di calcolo* alla sostanziale discrezionalità del progettista, con alcune prescrizioni minime ineludibili. Ai fini della modellazione, quanto prescritto dalle Norme al § 6.2.2 (**Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica**) e al § 7.2.6 (**Criteri di modellazione della struttura e dell'azione sismica**) costituisce certamente un elemento comune a tutte le costruzioni civili.

Passando ai *metodi di analisi*, le revisionate NTC ne consentono più d'uno; ovviamente si dovrà armonizzare il metodo di analisi con le scelte fatte in sede di modellazione. Ai fini della scelta dei metodi di analisi, quanto prescritto dalle Norme al § 4.1.1 (**Valutazione della sicurezza e metodi di analisi**), al § 6.2.4 (**Verifiche della sicurezza e delle prestazioni**) e al § 7.3 (**Metodi di analisi e criteri di verifica**), costituisce un elemento comune a tutte le costruzioni civili.

È dunque utile e opportuno, nelle fasi di modellazione e analisi di una costruzione, considerare insieme, e nell'insieme, i paragrafi innanzi indicati, perseguendo così quell'unitarietà di impostazione che il percorso progettuale delle costruzioni richiede.

Questa unitarietà di impostazione, peraltro - che gli aspetti trattati siano quelli architettonico-distributivi o quelli della meccanica dei terreni, dei materiali e delle strutture o quelli dell'ambiente interno e degli impianti che lo formano e lo controllano - deve essere percepita e tenacemente perseguita fin dalla fase della "concezione", che pure esula dall'ambito normativo; solo così, quando dalla *concezione* si passerà, rientrando nell'ambito della normativa, alla *verifica*, alla *esecuzione* e al *controllo*, si potrà conseguire la desiderata unitarietà.

Un aspetto centrale della modellazione, con evidenti riflessi sulla scelta del metodo di analisi, è la ricerca di una risposta duttile della costruzione e del terreno di fondazione.

Una risposta duttile permette di evitare, per quanto possibile, la formazione di meccanismi parziali; ciò avviene per effetto del comportamento di tipo incrudente positivo proprio di questa risposta, tale cioè da permettere ridistribuzioni delle sollecitazioni e da perseguire, al crescere delle azioni esterne, la formazione di meccanismi globali.

Ovviamente, un sistema duttile, costruzione o terreno che sia, mobilita progressivamente la sua capacità a prezzo di deformazioni crescenti. Ecco dunque l'attenzione delle NTC nei riguardi degli stati limite di esercizio, attenzione che si deve trasferire al progettista.

Le considerazioni innanzi espresse evidenziano i limiti concettuali, ai fini della valutazione della duttilità necessaria, delle analisi che fanno riferimento al solo modello di mezzo elastico lineare o al solo modello di mezzo rigido-plastico, mentre tale obiettivo è perseguibile con modelli non lineari, in grado di descrivere adeguatamente il comportamento duttile di una costruzione. Il riferimento a modelli non lineari e a comportamento elastoplastico incrudente è ormai consolidato nell'ingegneria strutturale e geotecnica e i metodi di analisi che incorporano questi modelli sono ormai implementati in programmi di analisi di ampia diffusione. Peraltro il metodo di analisi più diffuso rimane quello che modella le strutture come elastiche lineari, eventualmente tenendo conto dei così detti effetti del 2° ordine mediante matrici di rigidezza geometriche. La dimestichezza che con esso hanno i progettisti, unita all'indubbia facilità d'uso, hanno fatto sì che le revisionate NTC lo utilizzino sistematicamente, favorendone l'adozione anche in presenza di azioni dinamiche di forte entità (il sisma eccezionale) e di comportamenti dei materiali fortemente non lineari per eccesso di deformazione, oltre che di tensione.

Da un lato, dunque, modello di analisi elastico lineare, dall'altro materiale deformato fortemente, ben oltre il limite elastico; questa evidente contraddizione ha motivazioni precise che è bene ricostruire.

Nella continua ricerca di soluzioni sicure e più economiche, l'ingegneria civile è stata, di necessità, costretta a spingersi nel campo delle deformazioni plastiche, cercando nella plasticità e nella riduzione di rigidezza che essa comporta un modo per favorire la naturale redistribuzione della domanda sia sulla singola sezione e sulla singola membratura, sia sull'intera costruzione; un modo, dunque, per conseguire costruzioni ad un tempo più sicure e più economiche.

Tale processo ha interessato, negli anni, dapprima la sezione e immediatamente dopo l'intera costruzione, sostanziosamente nelle metodologie tipiche dell'analisi limite (analisi plastica) e dell'analisi non lineare. Nello specifico, si è passati: per la sezione, dal valutare la capacità riferendosi alle tensioni (metodo delle tensioni ammissibili, non più ammesso dalle revisionate NTC) al valutarla riferendosi alle resistenze (metodo a rottura), per la costruzione, dal valutare la domanda con analisi lineari elastiche al valutarla con analisi plastiche o non lineari.

A questo punto, è bene precisare che la ricerca di duttilità non è confinata ai casi in cui l'azione sismica sia dimensionante, anzi essa è basilare, in tutte le altre situazioni di carico, per conseguire la robustezza, ovvero la "capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità di possibili cause innescanti eccezionali ..." e di eventuali errori di progettazione o di esecuzione.

Le accortezze costruttive, utili per conseguire sezioni, elementi, collegamenti, strutture duttili (indipendentemente dalla duttilità intrinseca del materiale impiegato), si possono dunque utilizzare sistematicamente, qualunque sia l'azione che produce la domanda; in particolare la progettazione in capacità e i particolari costruttivi illustrati nel Capitolo 7 migliorano il comportamento locale e d'insieme anche in presenza di azioni gravitazionali o di azioni eccezionali.

In tal senso sono utilmente generalizzabili la distinzione tra sezioni, elementi, collegamenti a comportamento fragile e a comportamento duttile e le accortezze finalizzate ad accoppiare correttamente gli uni con gli altri e a conseguire un comportamento duttile sia locale sia globale, evitando i collassi locali.

L'ampia messe di dati sperimentali resasi disponibile, evidenziando la sostanziale aleatorietà dei parametri che caratterizzano sia i materiali sia le azioni, ha poi costretto a trattare il problema della sicurezza in termini probabilistici, sempre, indipendentemente dal metodo d'analisi adottato.

La sicurezza viene valutata, come recita il § 2.1. "Principi fondamentali", riferendosi a precisi Stati Limite, sia Ultimi (SLU) sia di Esercizio (SLE): "La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale di progetto, di cui al § 2.4"; il "mancato superamento di uno stato limite" ("verifica") è immediatamente deducibile dalla definizione stessa dello stato limite.

Per alcuni degli Stati Limite Ultimi (SLU) si prefigura la necessità di cogliere il comportamento d'insieme della costruzione al di là del limite elastico; ciò avviene per gli Stati Limite Ultimi:

- a. raggiungimento della massima capacità di resistenza della struttura nel suo insieme;
- b. raggiungimento di una condizione di cinematismo;

per la verifica dei quali si deve ricorrere o ad un modello plastico o ad un modello non lineare. È evidente, infatti, che un modello elastico lineare non sempre consente di leggere il raggiungimento della massima capacità d'insieme o il manifestarsi di una condizione di cinematismo e, dunque, non sempre consente di progettare sfruttando a pieno la capacità della costruzione.

Da tale constatazione scaturisce l'abbinamento tra analisi elastica lineare e verifica della sezione effettuata accettando che il materiale si deformi fortemente, ben oltre il limite elastico, con la evidente contraddizione prima segnalata.

Volendo effettuare un'analisi elastica lineare e non potendo "verificare" gli stati limite d) ed e) si rinuncia a utilizzare, consapevolmente e totalmente, la capacità d'insieme della costruzione (seguendone l'evoluzione al crescere della domanda) e ci si limita a sfruttare, cautelativamente e a favore di sicurezza, la capacità delle singole sezioni.

Come necessariamente avviene, a fronte di un metodo di "verifica" che opera a favore di sicurezza, la struttura finisce per avere un eccesso di capacità (sovracapacità) rispetto alla capacità minima ammessa. La significativa sovra capacità conseguita valutando la domanda con un'analisi elastica lineare e verificando le sezioni a rottura si può leggere, con un'analisi plastica o non lineare, seguendo la domanda e la sua evoluzione al plasticizzarsi delle sezioni.

L'istanza a conseguire strutture sicure ma più economiche spinge, peraltro, a contenere il più possibile tale sovra capacità; a tal fine le revisionate NTC impiegano la redistribuzione.

In particolare, come recita il § 4.1.1.1 "Analisi elastica lineare" e come si può fare per qualunque materiale e qualunque azione: *"... OMISSIS ... Per le sole verifiche agli stati limite ultimi, i risultati dell'analisi elastica possono essere modificati con una redistribuzione dei momenti, nel rispetto dell'equilibrio e delle capacità di rotazione plastica delle sezioni dove si localizza la redistribuzione. In particolare la redistribuzione 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."*

La redistribuzione è un'applicazione semplificata dell'analisi plastica che permette di sfruttare, almeno in parte, la duttilità disponibile. L'entità delle sollecitazioni da redistribuire è lasciata alla scelta del progettista, con un limite superiore fissato al 30%; l'applicazione al modello delle aliquote di sollecitazione da redistribuire (cambiate di segno) consente di determinare, con un'analisi elastica lineare, le variazioni della domanda. La redistribuzione, formulata nel Capitolo 4 per le costruzioni con struttura di c.a., può essere estesa a costruzioni in altri materiali o ad azioni diverse dalle azioni gravitazionali (in particolare le azioni sismiche) semplicemente adattando i limiti propri della redistribuzione al materiale e all'azione considerati.

Tutte le precedenti considerazioni si riferiscono, evidentemente, alle nuove costruzioni, ma l'unità e la completezza del percorso progettuale, inteso come percorso obbligato, valgono anche per le costruzioni esistenti (Capitolo 8). Un'analisi critica consentirà di cogliere meglio la sostanziale coerenza esistente tra progettazione del nuovo e progettazione di interventi sull'esistente.

Centralità del modello di calcolo, capacità e domanda definite in termini sia tensionali sia estensionali, importanza della duttilità e attenzione ai modi per conseguirla (la progettazione in capacità), metodi di analisi, sostanziale preferenza attribuita all'analisi lineare elastica, verifica in termini di stati limite, redistribuzione, sono ancora dati unificanti, validi sia per progettare le nuove costruzioni, sia per contribuire all'identificazione delle criticità delle costruzioni esistenti e per definire i relativi interventi.

La principale differenza tra costruzioni nuove e costruzioni esistenti è rappresentata, in termini progettuali, dalle peculiarità e dalle problematiche connesse alla loro conoscenza.

Per le nuove costruzioni la conoscenza è analitico-previsionale (legata allo stato di progetto e alle caratteristiche meccaniche dei materiali realmente prodotti e impiegati, con una relativa attenzione a come i vari elementi sono organizzati tra loro, in quanto tale organizzazione è fissata/garantita dal progetto, a meno di grossolani errori di ideazione o di esecuzione).

Per le costruzioni esistenti la conoscenza è sintetico-consuntiva (legata allo stato di fatto, con una relativa attenzione alle caratteristiche meccaniche dei materiali impiegati che, entro certi limiti, sono conoscibili e valutabili, e un'attenzione particolare al modo nel quale le diverse membrature sono articolate tra loro, meccanicamente e temporalmente, e a come, di conseguenza, interagiscano).

Tale peculiare distinzione conoscitiva tra costruzioni nuove e costruzioni esistenti non era ben evidenziata dalla precedente versione della Norma (in particolare dalla sua circolare attuativa).

Nell'approccio classico alla teoria della sicurezza le incertezze intrinseche nel modello di calcolo vengono accorpate con le incertezze sulle azioni (si veda al riguardo il § 6.3.2. dell'EN1990). Accade così che l'incertezza intrinseca del modello sfumi nelle incertezze proprie delle azioni, scomparendo spesso dalla comune consapevolezza. Conseguentemente il modello diviene, per chi lo definisce, estraneo al controllo delle incertezze, laddove invece, specie per le costruzioni esistenti, è il loro principale contenitore.

Recuperare l'incertezza del "livello di conoscenza" propria del modello di calcolo (incertezza usualmente espressa attraverso un coefficiente moltiplicativo dell'azione) ricorrendo soltanto a un coefficiente riduttivo della resistenza dei materiali può enfatizzare eccessivamente l'importanza delle indagini sui materiali, che restano comunque indispensabili.

Ciò porta talvolta a sottovalutare l'importanza delle indagini relative ai dettagli costruttivi, alla connessione dei vari elementi tra loro, alle loro modalità di interazione e di collasso; questi elementi sono invece fondamentali per identificare le criticità presenti e irrinunciabili per individuare il modello di calcolo globale (che descrive il comportamento d'insieme della costruzione) e i modelli di calcolo dei meccanismi di collasso locali.

A conferma di ciò, il § 8.5.4. "Livelli di conoscenza e fattori di confidenza" recita: *"Sulla base degli approfondimenti effettuati nelle fasi conoscitive..., saranno individuati i "livelli di conoscenza" dei diversi parametri coinvolti nel modello e definiti i correlati fattori di confidenza, da utilizzare nelle verifiche di sicurezza."*

Ai fini della scelta del tipo di analisi e dei valori dei fattori di confidenza si distinguono i tre livelli di conoscenza seguenti, ordinati per informazione crescente: LC1; LC2; LC3.

Gli aspetti che definiscono i livelli di conoscenza sono: geometria della struttura, dettagli costruttivi, proprietà dei materiali, connessioni tra i diversi elementi e loro presumibili modalità di collasso.

Specifica attenzione dovrà essere posta alla completa individuazione dei potenziali meccanismi di collasso locali e globali, duttili e fragili."

Come si vede, le revisionate NTC sono esplicite in merito a quali siano le indagini da compiere ovvero quelle finalizzate a far emergere eventuali criticità presenti e a individuare i vari modelli di calcolo necessari per descrivere comportamenti globali e locali.

D'altra parte, mentre è agevole quantificare in termini di numerosità e di distribuzione i prelievi dei materiali e le relative prove meccaniche, è estremamente difficile definire "livelli di conoscenza e fattori di confidenza" associati all'effettivo comportamento della costruzione. Ancor più complesso è poi individuare le tipologie di elementi costruttivi che condizionano, positivamente o negativamente, tale comportamento, specie se sono interagenti e combinate nei modi più vari. Non è possibile, infatti, un confronto diretto tra le varie tipologie di elementi costruttivi rilevabili su una costruzione esistente e le prescrizioni tecnico-costruttive che la Norma impone alle nuove costruzioni e che consentono, per queste, un immediato giudizio di accettabilità.

Tuttavia, proprio dalla mancata conoscenza del comportamento delle costruzioni esistenti derivano prevalentemente i risultati non sempre soddisfacenti che gli interventi possono produrre.

La sostanziale unitarietà del processo progettuale, purché la conoscenza sia quella effettivamente necessaria nel senso prima evidenziato, non è compromessa neppure dai vincoli di carattere storico, artistico o ambientale che spesso caratterizzano le costruzioni esistenti.

Le costruzioni storiche, giunte a noi attraversando i secoli, sono frutto di lunghi e complessi processi di trasformazione, adattamento, danneggiamento e riparazione/ricostruzione (anche a seguito di terremoti di intensità non inferiore a quella che, di norma, ha una limitata probabilità di verificarsi durante la "vita utile" di una nuova costruzione); ogni volta si è intervenuti con i metodi di cui la tradizione costruttiva del tempo e del luogo disponeva (non necessariamente analitici, ma non per questo meno efficaci e determinanti). In questo contesto sono maturate le condizioni per cui i tentativi di migliorare il rapporto capacità/domanda modificando il comportamento delle costruzioni esistenti hanno prodotto risultati non sempre soddisfacenti.

Approcci progettuali basati invece sul riconoscimento, mediante adeguati e rigorosi processi di conoscenza, di tutti i possibili fattori di vulnerabilità di una costruzione storica e su interventi volti a ridurli, se non del tutto eliminarli, modificando il meno possibile il comportamento strutturale della costruzione esistente, sono non solo più rispettosi dei criteri di conservazione di valori storico-artistici, ma anche più affidabili ed efficaci dal punto di vista della sicurezza strutturale, come evidenziato anche dalle esperienze maturate in occasione dei più recenti terremoti.

Stabilito un ordine di priorità in merito ai vincoli da rispettare e dunque delimitato in modo chiaro, in forza della conoscenza effettivamente disponibile, il campo dei possibili/desiderabili interventi, anche per il costruito si procederà nei modi già illustrati per le nuove costruzioni e perseguendo le stesse finalità.

Peraltro, quanto ai livelli di sicurezza minimi da garantire, si consentirà al costruito di averli minori di quelli imposti al nuovo perseguendo dunque, almeno nei casi in cui siano dimensionanti le azioni sismiche, il rafforzamento o il miglioramento piuttosto dell'adeguamento, che verrà limitato alle situazioni in cui è obbligatorio per norma. Tale scelta articolata dei livelli di sicurezza riguarda sia le azioni sismiche sia le azioni gravitazionali, per le quali è possibile riferirsi sia ai carichi permanenti effettivamente presenti (quali individuati a seguito delle indagini condotte) sia a carichi variabili ridotti, accettando restrizioni d'uso.

Infatti, al § 8.3 "Valutazione della sicurezza" si legge: "Nelle verifiche rispetto alle azioni sismiche il livello di sicurezza della costruzione è quantificato attraverso il rapporto ζ_E tra l'azione sismica massima sopportabile dalla struttura e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione; l'entità delle altre azioni contemporaneamente presenti è la stessa assunta per le nuove costruzioni, salvo quanto emerso sui carichi verticali permanenti a seguito delle indagini condotte (di cui al § 8.5.5) e salvo l'eventuale adozione di appositi provvedimenti restrittivi sull'uso e, conseguentemente, sui carichi verticali variabili.

La restrizione sull'uso può mutare da porzione a porzione della costruzione e, per l'*i*-esima porzione, è quantificata attraverso il rapporto $\zeta_{V,i}$ tra il valore massimo del sovraccarico variabile verticale sopportabile da quella parte della costruzione e il valore del sovraccarico verticale variabile che si utilizzerebbe nel progetto di una nuova costruzione."

La diversità di trattamento tra nuovo ed esistente (sull'intero territorio nazionale) è motivata dalla volontà di perseguire, in un regime di risorse limitate, la massima riduzione possibile del rischio sismico medio. Così facendo si interviene, a parità di risorse pubbliche impiegate, su un numero di costruzioni esistenti molto maggiore di quello che si avrebbe allineando la sicurezza minima dell'esistente a quella del nuovo.

Il vantaggio che la collettività ne consegue in termini di riduzione di morti, feriti e danni è evidente.

In particolare, senza intervenire a livello globale e con interventi economicamente modesti, si possono eliminare criticità, per lo più locali, capaci di originare meccanismi di collasso anche rilevanti. Dunque, per una riduzione del rischio diffusa, l'eliminazione programmata di modeste criticità può costituire una strategia d'intervento ragionevole ed economicamente sostenibile.

Alla luce di tutte le considerazioni precedenti e dell'obiettivo perseguito (agevolare l'uso delle revisionate NTC rendendone univoca l'interpretazione) si può dunque confermare una chiave di lettura improntata all'unitarietà e alla completezza del percorso progettuale, inteso come percorso obbligato, qualunque siano la costruzione, il materiale e l'azione considerati e indipendentemente dal fatto che ci si riferisca ad una costruzione nuova o ad una esistente.

C1.2 ORGANIZZAZIONE DELLA NORMA E DELLA CIRCOLARE

Venendo ora all'organizzazione delle NTC, esse risultano così articolate:

Premessa

1. Oggetto della norma

2. Sicurezza e prestazioni attese
3. Azioni sulle costruzioni
4. Costruzioni civili e industriali
5. Ponti
6. Progettazione geotecnica
7. Progettazione in presenza di azioni sismiche
8. Costruzioni esistenti
9. Collaudo statico
10. Norme per le redazioni dei progetti esecutivi e delle relazioni di calcolo
11. Materiali e prodotti per uso strutturale
12. Riferimenti tecnici

In particolare:

Il Capitolo 2 individua i principi fondamentali per la valutazione della sicurezza, definendo altresì gli Stati Limite Ultimi (SLU) e gli Stati Limite di Esercizio (SLE) per i quali devono essere effettuate le opportune verifiche sulle opere; introduce, inoltre, i concetti di Vita nominale di progetto e Classi d'uso; classifica, infine, le possibili azioni agenti sulle costruzioni ed indica le diverse combinazioni delle stesse e le verifiche da eseguire.

Il Capitolo 3 codifica i modelli per la descrizione delle azioni agenti sulle strutture (pesi e carichi permanenti, sovraccarichi variabili, azione sismica, azioni del vento, azioni della neve, azioni della temperatura, azioni eccezionali).

Il Capitolo 4 tratta le diverse tipologie di costruzioni civili ed industriali in funzione del materiale utilizzato (calcestruzzo, acciaio, legno, muratura, altri materiali).

Il Capitolo 5 disciplina i criteri generali e le indicazioni tecniche per la progettazione e l'esecuzione dei ponti stradali e ferroviari. Per i ponti stradali, oltre alle principali caratteristiche geometriche, definisce le diverse possibili azioni agenti, con i diversi schemi di carico per quanto attiene le azioni variabili da traffico. Per i ponti ferroviari particolare attenzione è posta sui carichi ed i relativi effetti dinamici. Particolari e dettagliate prescrizioni sono, poi, fornite per le verifiche, sia agli SLU che agli SLE.

Il Capitolo 6 tratta il problema della progettazione geotecnica distinguendo, in particolare, il progetto e la realizzazione:

- delle opere di fondazione;
- delle opere di sostegno;
- delle opere in sotterraneo;
- delle opere e manufatti di materiali sciolti naturali;
- dei fronti di scavo;
- del miglioramento e rinforzo dei terreni e degli ammassi rocciosi;
- del consolidamento dei terreni interessanti opere esistenti, nonché la valutazione della sicurezza dei pendii e la fattibilità di opere che hanno riflessi su grandi aree.

Nell'articolazione del progetto vengono introdotte, distintamente, la modellazione geologica e la modellazione geotecnica del sito i cui metodi e risultati delle indagini devono essere esaurientemente esposti e commentati, rispettivamente, nella "relazione geologica" e nella "relazione geotecnica". Dopo le indicazioni relative alle verifiche agli stati limite, si fa un breve ma significativo cenno al metodo osservazionale ed al monitoraggio del complesso opera-terreno. È introdotto, infine, un importante paragrafo sui tiranti di ancoraggio, con le relative verifiche, regole di realizzazione e prove di carico.

Il Capitolo 7 tratta la progettazione in presenza di azioni sismiche ed introduce un importante paragrafo riguardante esplicitamente i criteri generali di progettazione e modellazione delle strutture, per la evidente riconosciuta importanza che assume nella progettazione la corretta modellazione delle strutture, anche in relazione all'ormai inevitabile impiego dei programmi automatici di calcolo. Nel paragrafo inerente i metodi di analisi ed i criteri di verifica, viene opportunamente trattata, accanto a quella lineare, l'analisi non lineare. Sono, poi, fornite le disposizioni per il calcolo e le verifiche delle diverse tipologie di strutture (cemento armato, acciaio, miste acciaio-calcestruzzo, legno, muratura, ponti, opere e sistemi geotecnici).

Il Capitolo 8 affronta il delicato problema delle costruzioni esistenti; dopo i criteri generali sulle diverse tipologie di edifici e le variabili che consentono di definirne lo stato di conservazione, introduce la distinzione fondamentale dei tre diversi tipi di intervento che possono essere effettuati su una costruzione esistente:

- *riparazioni o interventi locali*, che interessino elementi isolati e che comunque comportino un miglioramento delle condizioni di sicurezza preesistenti.
- *interventi di miglioramento*, atti ad aumentare la sicurezza strutturale esistente pur senza necessariamente raggiungere i livelli richiesti dalle NTC;
- *interventi di adeguamento*, atti a conseguire i livelli di sicurezza previsti dalle NTC;

Un ulteriore importante paragrafo riporta le disposizioni per la progettazione degli interventi in presenza di azioni sismiche nelle diverse tipologie di edifici.

- Il Capitolo 9** riporta le prescrizioni generali relative al collaudo statico delle opere e le responsabilità del collaudatore. Indicazioni sono fornite sulle prove di carico, con particolare attenzione alle prove di carico su strutture prefabbricate e ponti.
- Il Capitolo 10** tratta le regole generali per la redazione dei progetti strutturali e delle relazioni di calcolo, ovvero della completezza della documentazione che caratterizza un buon progetto esecutivo. Qualora l'analisi strutturale e le relative verifiche siano condotte con l'ausilio di codici di calcolo, un paragrafo indica al progettista i controlli da effettuare sull'affidabilità dei codici utilizzati e l'attendibilità dei risultati ottenuti.
- Il Capitolo 11** completa i contenuti tecnici delle norme fornendo le regole di qualificazione, certificazione ed accettazione dei materiali e prodotti per uso strutturale, rese coerenti con le procedure consolidate del Servizio Tecnico Centrale e del Consiglio Superiore e le disposizioni comunitarie in materia.
- Il Capitolo 12** infine, segnala a titolo indicativo, alcuni dei più diffusi documenti tecnici che possono essere utilizzati in mancanza di specifiche indicazioni, a integrazione delle norme in esame e per quanto con esse non in contrasto.

Nel seguito del presente documento sono riportate specifiche istruzioni per la corretta applicazione delle norme, al fine di facilitarne l'utilizzo da parte dei soggetti interessati a qualunque titolo (tecnici progettisti, direttori dei lavori e/o collaudatori, imprese, produttori, enti di controllo, ecc.), nonché, ove considerato utile a tale scopo, le principali innovazioni delle NTC medesime.

Si ripercorrono, quindi, i paragrafi delle NTC che si è ritenuto di dover in qualche modo integrare seguendo, per maggior chiarezza espositiva e di lettura, la medesima numerazione delle NTC, ma con l'aggiunta della lettera C (Circolare). Qualora un paragrafo non sia presente nelle NTC, la numerazione loro attribuita prosegue quella utilizzata nel testo delle NTC, ma sempre con l'aggiunta della lettera C.

Anche alle formule, figure e tabelle riportate solo nel presente documento viene data una numerazione preceduta dalla lettera C, della quale sono prive se compaiono anche nelle NTC.

Per i riferimenti al testo delle NTC, il relativo numero di paragrafo è generalmente seguito dalle parole "delle NTC".

La comprensione e la corretta applicazione di alcuni aspetti potrebbe trarre un apprezzabile beneficio dall'approfondimento e dall'esemplificazione. Pertanto, in questa Circolare, alcuni aspetti sono stati presentati con un approccio più didascalico. Per una migliore corrispondenza tra Norma e Circolare, tuttavia, l'approfondimento e l'esemplificazione di questi stessi aspetti è approfondita a piè di pagina.

Le previsioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni sono da ritenersi coordinate con ed integrate da tutte le vigenti disposizioni primarie e secondarie disciplinanti il settore delle costruzioni, ivi incluse quelle che disciplinano la loro progettazione nonché le relative competenze professionali. Analogamente, i diversi Capitoli ed i singoli paragrafi delle Norme Tecniche per le Costruzioni, e di questa Circolare, sono da ritenersi tra loro reciprocamente integrati, tanto ed in quanto le rispettive disposizioni non si pongano in contrasto oppure sia diversamente disposto in maniera espressa.

CAPITOLO 2.

SICUREZZA E PRESTAZIONI ATTESE

2.1. PRINCIPI FONDAMENTALI

Le opere e le componenti strutturali devono essere progettate, eseguite, collaudate e soggette a manutenzione in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione, in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto dalle presenti norme.

La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale di progetto, di cui al § 2.4. Si definisce stato limite una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze elencate nelle presenti norme.

In particolare, secondo quanto stabilito nei capitoli specifici, le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

- *sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU)*: capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone oppure comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera;
- *sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE)*: capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- *sicurezza antincendio*: capacità di garantire le prestazioni strutturali previste in caso d'incendio, per un periodo richiesto;
- *durabilità*: capacità della costruzione di mantenere, nell'arco della vita nominale di progetto, i livelli prestazionali per i quali è stata progettata, tenuto conto delle caratteristiche ambientali in cui si trova e del livello previsto di manutenzione;
- *robustezza*: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità di possibili cause innescenti eccezionali quali esplosioni e urti.

Il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile

Il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile.

Per le opere esistenti è possibile fare riferimento a livelli di sicurezza diversi da quelli delle nuove opere ed è anche possibile considerare solo gli stati limite ultimi. Maggiori dettagli sono dati al Capitolo 8.

I materiali ed i prodotti, per poter essere utilizzati nelle opere previste dalle presenti norme, devono essere sottoposti a procedure e prove sperimentali di accettazione. Le prove e le procedure di accettazione sono definite nelle parti specifiche delle presenti norme riguardanti i materiali.

La fornitura di componenti, sistemi o prodotti, impiegati per fini strutturali, deve essere accompagnata da un manuale di installazione e di manutenzione da allegare alla documentazione dell'opera. I componenti, i sistemi e i prodotti edili od impiantistici, non facenti parte del complesso strutturale, ma che svolgono funzione statica autonoma, devono essere progettati ed installati nel rispetto dei livelli di sicurezza e delle prestazioni di seguito prescritti.

Le azioni da prendere in conto devono essere assunte in accordo con quanto stabilito nei relativi capitoli delle presenti norme. In mancanza di specifiche indicazioni, si dovrà fare ricorso ad opportune indagini, eventualmente anche sperimentali, o a documenti, normativi e non, di comprovata validità.

C2.1 PRINCIPI FONDAMENTALI

Nel Capitolo 2 delle NTC sono illustrati i principi fondamentali per la progettazione strutturale, alla base delle disposizioni applicative trattate nei Capitoli successivi. L'impostazione scientifica e le modalità della trattazione sono state rese il più possibile coerenti con il formato degli Eurocodici, ai quali è possibile fare riferimento per gli eventuali necessari approfondimenti.

Il metodo di riferimento per la verifica della sicurezza è quello semiprobabilistico agli Stati Limite basato sull'impiego dei coefficienti parziali; è stato definitivamente eliminato ogni riferimento al metodo alle tensioni ammissibili. Ovviamente, nel caso di valutazioni di sicurezza di strutture esistenti, laddove si ricorra al "progetto simulato" è ammesso il ricorso ai metodi di verifica previsti all'epoca del progetto originario.

Le NTC prescrivono che le costruzioni posseggano requisiti di:

- sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU)
- sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE)
- sicurezza antincendio
- durabilità
- robustezza.

Sui requisiti inerenti la sicurezza per gli stati limite ultimi, di esercizio e per la sicurezza antincendio è sostanzialmente mantenuta l'impostazione delle precedenti NTC.

Ferme restando le procedure autorizzative previste per le parti strutturali, viene precisato che i componenti, sistemi e prodotti, edili od impiantistici, non facenti parte del complesso strutturale, ma che svolgono funzione statica autonoma nei casi in cui il loro eventuale cedimento sia causa di conseguenze non trascurabili per la sicurezza, debbano essere progettati ed installati nel rispetto dei livelli di sicurezza e delle prestazioni previste per gli elementi a carattere propriamente strutturale.

In ordine ai requisiti di durabilità, la norma, oltre a prevedere, ove possibile, verifiche specifiche per i diversi materiali, tali da garantire indirettamente l'ottenimento del livello di durabilità prescritto, individua al § 2.2.4 possibili strategie da seguire, sia in fase di progettazione, sia in fase di esercizio della costruzione, per limitare il degrado dei materiali per uso strutturale entro limiti accettabili.

Rispetto alle precedenti NTC, al § 2.2.5 viene, poi, approfondito il tema della robustezza strutturale, essendo fornite alcune strategie progettuali per il conseguimento di tale requisito, in relazione all'uso previsto per la costruzione.

Per le opere esistenti, rimandando per maggiori dettagli al Capitolo 8, si precisa che è possibile fare riferimento a livelli di sicurezza diversi da quelli delle nuove opere ed è anche possibile considerare solo gli stati limite ultimi, prescindendo dagli stati limite di servizio.

Al proposito, è necessario osservare che in pratica possono presentarsi casistiche molto diverse, e che occorre distinguere gli effetti delle azioni sismiche da quelli delle azioni non sismiche. Le diverse casistiche che possono presentarsi nella pratica sono sostanzialmente riconducibili alle seguenti:

- a) costruzioni soddisfacenti i livelli di sicurezza previsti da norme previgenti per azioni ambientali non sismiche, nelle quali i livelli di sicurezza si riducano al disotto dei limiti ammessi per effetto di modifiche normative dei valori delle azioni (quali, ad esempio, aumento del carico neve, modifica dell'azione del vento ecc.) o delle modalità di verifica (es: valutazione del taglio resistente negli elementi strutturali di c.a., ecc.);
- b) costruzioni non soddisfacenti i livelli di sicurezza previsti da norme, sia previgenti, sia in vigore, per azioni non sismiche di origine gravitazionale;
- c) costruzioni non soddisfacenti i livelli di sicurezza previsti da norme, sia previgenti, sia in vigore, per azioni non sismiche agenti in direzione orizzontale;
- d) costruzioni non soddisfacenti i livelli di sicurezza previsti da norme, sia previgenti, sia in vigore, per azioni sismiche.

Nel caso a) se il livello di sicurezza attuale può essere considerato accettabile, non è necessario intervenire; nel caso b) è necessario intervenire, conformando i carichi gravitazionali nelle zone oggetto di intervento a quelli previsti dalle NTC, con le modalità indicate nel Capitolo 8; nei casi c) e d) si deve operare, in accordo con quanto previsto nel Capitolo 8, in funzione della classificazione dell'intervento. Si segnala che nei casi c) e d) l'intervento è necessario soltanto quando si ricada in una delle tre categorie d'intervento previste nel Capitolo 8 delle norme: intervento locale o riparazione, miglioramento, adeguamento.

2.2. REQUISITI DELLE OPERE STRUTTURALI

2.2.1. STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

I principali Stati Limite Ultimi sono elencati nel seguito:

- a) perdita di equilibrio della struttura o di una sua parte, considerati come corpi rigidi;
- b) spostamenti o deformazioni eccessive;
- c) raggiungimento della massima capacità di parti di strutture, collegamenti, fondazioni;
- d) raggiungimento della massima capacità della struttura nel suo insieme;
- e) raggiungimento di una condizione di cinematismo irreversibile;
- f) raggiungimento di meccanismi di collasso nei terreni;
- g) rottura di membrature e collegamenti per fatica;
- h) rottura di membrature e collegamenti per altri effetti dipendenti dal tempo;
- i) instabilità di parti della struttura o del suo insieme;

Altri stati limite ultimi sono considerati in relazione alle specificità delle singole opere; in presenza di azioni sismiche, gli Stati Limite Ultimi comprendono gli Stati Limite di salvaguardia della Vita (SLV) e gli Stati Limite di prevenzione del Collasso (SLC), come precisato nel § 3.2.1.

2.2.2. STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

I principali Stati Limite di Esercizio sono elencati nel seguito:

- a) danneggiamenti locali (ad es. eccessiva fessurazione del calcestruzzo) che possano ridurre la durabilità della struttura, la sua efficienza o il suo aspetto;
- b) spostamenti e deformazioni che possano limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza e il suo aspetto;
- c) spostamenti e deformazioni che possano compromettere l'efficienza e l'aspetto di elementi non strutturali, impianti, macchinari;
- d) vibrazioni che possano compromettere l'uso della costruzione;
- e) danni per fatica che possano compromettere la durabilità;
- f) corrosione e/o degrado dei materiali in funzione del tempo e dell'ambiente di esposizione che possano compromettere la durabilità.

Altri stati limite sono considerati in relazione alle specificità delle singole opere; in presenza di azioni sismiche, gli Stati Limite di Esercizio comprendono gli Stati Limite di Operatività (SLO) e gli Stati Limite di Danno (SLD), come precisato nel § 3.2.1.

2.2.3. SICUREZZA ANTINCENDIO

Quando necessario, i rischi derivanti dagli incendi devono essere limitati progettando e realizzando le costruzioni in modo tale da garantire la resistenza e la stabilità degli elementi portanti, nonché da limitare la propagazione del fuoco e dei fumi.

2.2.4. DURABILITA'

Un adeguato livello di durabilità può essere garantito progettando la costruzione, e la specifica manutenzione, in modo tale che il degrado della struttura, che si dovesse verificare durante la sua vita nominale di progetto, non riduca le prestazioni della costruzione al di sotto del livello previsto.

Tale requisito può essere soddisfatto attraverso l'adozione di appropriati provvedimenti stabiliti tenendo conto delle previste condizioni ambientali e di manutenzione ed in base alle peculiarità del singolo progetto, tra cui:

- a) scelta opportuna dei materiali;
- b) dimensionamento opportuno delle strutture;
- c) scelta opportuna dei dettagli costruttivi;
- d) adozione di tipologie costruttive e strutturali che consentano, ove possibile, l'ispezionabilità delle parti strutturali;
- e) pianificazione di misure di protezione e manutenzione; oppure, quando queste non siano previste o possibili, progettazione rivolta a garantire che il deterioramento della costruzione o dei materiali che la compongono non ne causi il collasso;
- f) impiego di prodotti e componenti chiaramente identificati in termini di caratteristiche meccanico-fisico-chimiche, indispensabili alla valutazione della sicurezza, e dotati di idonea qualificazione, così come specificato al Capitolo 11;
- g) applicazione di sostanze o ricoprimenti protettivi dei materiali, soprattutto nei punti non più visibili o difficilmente ispezionabili ad opera completata;
- h) adozione di sistemi di controllo, passivi o attivi, adatti alle azioni e ai fenomeni ai quali l'opera può essere sottoposta.

Le condizioni ambientali devono essere identificate in fase di progetto in modo da valutarne la rilevanza nei confronti della durabilità.

2.2.5. ROBUSTEZZA

Un adeguato livello di robustezza, in relazione all'uso previsto della costruzione ed alle conseguenze di un suo eventuale collasso, può essere garantito facendo ricorso ad una o più tra le seguenti strategie di progettazione:

- a) progettazione della struttura in grado di resistere ad azioni eccezionali di carattere convenzionale, combinando valori nominali delle azioni eccezionali alle altre azioni esplicite di progetto;
- b) prevenzione degli effetti indotti dalle azioni eccezionali alle quali la struttura può essere soggetta o riduzione della loro intensità;
- c) adozione di una forma e tipologia strutturale poco sensibile alle azioni eccezionali considerate;
- d) adozione di una forma e tipologia strutturale tale da tollerare il danneggiamento localizzato causato da un'azione di carattere eccezionale;
- e) realizzazione di strutture quanto più ridondanti, resistenti e/o duttili è possibile;
- f) adozione di sistemi di controllo, passivi o attivi, adatti alle azioni e ai fenomeni ai quali l'opera può essere sottoposta.

C2.2.5 ROBUSTEZZA

Il requisito della robustezza è inteso come la *"capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità di possibili cause innescanti eccezionali quali esplosioni e urti"* e, più in generale, rispetto a qualsiasi evento di carattere eccezionale, che possa causare il collasso di una parte limitata dell'organismo strutturale. Le misure che possono essere adottate a tal fine nella progettazione sono legate all'uso previsto della costruzione e alle conseguenze del suo eventuale collasso. L'effettivo livello di robustezza di una costruzione dipende anche, ed in modo non trascurabile, dalle peculiarità del progetto, ed è estremamente complesso da quantificare attraverso prescrizioni progettuali, unicamente riconducibili a verifiche numeriche; esso attiene, più in generale, alla corretta concezione dell'organismo strutturale e dei suoi dettagli costruttivi.

In via generale la progettazione delle costruzioni condotta secondo le prescrizioni contenute nelle NTC, tenuto conto dei criteri di progettazione per le azioni sismiche, garantisce il conseguimento di livelli di robustezza che possono essere ritenuti, in generale, soddisfacenti. Per costruzioni di particolare importanza o complessità strutturale o, laddove ritenuto necessario, anche in relazione alle specificità del progetto, il livello di robustezza potrà essere incrementato attraverso l'adozione di motivate strategie progettuali tra quelle elencate al § 2.2.5, che possono essere combinate tra loro.

Le verifiche per le azioni eccezionali riferite a scenari di rischio prevedibili in sede di progetto fanno parte del complesso delle misure da adottare per il conseguimento della robustezza.

2.2.6. VERIFICHE

Le opere strutturali devono essere verificate, salvo diversa indicazione riportata nelle specifiche parti delle presenti norme:

- a) per gli stati limite ultimi che possono presentarsi;
- b) per gli stati limite di esercizio definiti in relazione alle prestazioni attese;
- c) quando necessario, nei confronti degli effetti derivanti dalle azioni termiche connesse con lo sviluppo di un incendio.

Le verifiche delle opere strutturali devono essere contenute nei documenti di progetto, con riferimento alle prescritte caratteristiche meccaniche dei materiali e alla caratterizzazione geotecnica del terreno, dedotta – ove specificato dalle presenti norme - in base a specifiche indagini. Laddove necessario, la struttura deve essere verificata nelle fasi intermedie, tenuto conto del processo

costruttivo previsto; le verifiche per queste situazioni transitorie sono generalmente condotte nei confronti dei soli stati limite ultimi.

Per le opere per le quali nel corso dei lavori si manifestino situazioni significativamente difformi da quelle di progetto occorre effettuare le relative necessarie verifiche.

2.3. VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Nel seguito sono riportati i criteri del metodo semiprobabilistico agli stati limite basato sull'impiego dei coefficienti parziali, applicabili nella generalità dei casi; tale metodo è detto di primo livello. Per opere di particolare importanza si possono adottare metodi di livello superiore, tratti da documentazione tecnica di comprovata validità di cui al Capitolo 12.

Nel metodo agli stati limite, la sicurezza strutturale nei confronti degli stati limite ultimi deve essere verificata confrontando la capacità di progetto R_d , in termini di resistenza, duttilità e/o spostamento della struttura o della membratura strutturale, funzione delle caratteristiche meccaniche dei materiali che la compongono (X_d) e dei valori nominali delle grandezze geometriche interessate (a_d), con il corrispondente valore di progetto della domanda E_d , funzione dei valori di progetto delle azioni (F_d) e dei valori nominali delle grandezze geometriche della struttura interessate.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU) è espressa dall'equazione formale:

$$R_d \geq E_d \quad [2.2.1]$$

Il valore di progetto della resistenza di un dato materiale X_d è, a sua volta, funzione del valore caratteristico della resistenza, definito come frattile 5 % della distribuzione statistica della grandezza, attraverso l'espressione: $X_d = X_k/\gamma_M$, essendo γ_M il fattore parziale associato alla resistenza del materiale.

Il valore di progetto di ciascuna delle azioni agenti sulla struttura F_d è ottenuto dal suo valore caratteristico F_k , inteso come frattile 95% della distribuzione statistica o come valore caratterizzato da un assegnato periodo di ritorno, attraverso l'espressione: $F_d = \gamma_F F_k$ essendo γ_F il fattore parziale relativo alle azioni. Nel caso di concomitanza di più azioni variabili di origine diversa si definisce un valore di combinazione $\psi_0 F_k$, ove $\psi_0 \leq 1$ è un opportuno coefficiente di combinazione, che tiene conto della ridotta probabilità che più azioni di diversa origine si realizzino simultaneamente con il loro valore caratteristico.

Per grandezze caratterizzate da distribuzioni con coefficienti di variazione minori di 0,10, oppure per grandezze che non riguardano univocamente resistenze o azioni, si possono considerare i valori nominali, coincidenti con i valori medi.

I valori caratteristici dei parametri fisico-meccanici dei materiali sono definiti nel Capitolo 11. Per la sicurezza delle opere e dei sistemi geotecnici, i valori caratteristici dei parametri fisico-meccanici dei terreni sono definiti nel § 6.2.2.

La capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (SLE) deve essere verificata confrontando il valore limite di progetto associato a ciascun aspetto di funzionalità esaminato (C_d), con il corrispondente valore di progetto dell'effetto delle azioni (E_d), attraverso la seguente espressione formale:

$$C_d \geq E_d \quad [2.2.2]$$

C2.3 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Le NTC si fondano sui criteri del metodo semiprobabilistico agli stati limite, basato sull'impiego dei coefficienti parziali, che è applicabile nella generalità dei casi.

Per opere di particolare importanza, oltre al metodo semiprobabilistico, possono essere utilizzati anche metodi di livello superiore, sulla base di indicazioni contenute in documenti di comprovata validità, di cui al Capitolo 12 delle NTC. Appare utile sottolineare come l'implementazione di questi ultimi metodi richieda la dimostrazione di specifiche competenze, nonché della disponibilità di dati sufficienti per l'adeguata modellazione probabilistica delle variabili in gioco, essendo i risultati di tali analisi largamente influenzati dalle ipotesi assunte alla base delle verifiche stesse.

Qualora venga fatto ricorso a metodi di livello superiore, è necessario che i risultati ottenuti siano verificati anche a mezzo di analisi di sensitività volte a determinare l'influenza delle assunzioni di calcolo sui risultati stessi. In relazione al controllo delle assunzioni di calcolo e dei risultati ottenuti, si richiama la valutazione indipendente del calcolo prevista al §10.2.2 delle NTC.

2.4. VITA NOMINALE DI PROGETTO, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

2.4.1. VITA NOMINALE DI PROGETTO

La vita nominale di progetto V_N di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I. Tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

Tab. 2.4.1 – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Non sono da considerarsi temporanee le costruzioni o parti di esse che possono essere smantellate con l'intento di essere riutilizzate. Per un'opera di nuova realizzazione la cui fase di costruzione sia prevista in sede di progetto di durata pari a P_N , la vita nominale relativa a tale fase di costruzione, ai fini della valutazione delle azioni sismiche, dovrà essere assunta non inferiore a P_N e comunque non inferiore a 5 anni.

Le verifiche sismiche di opere di tipo 1 o in fase di costruzione possono omettersi quando il progetto preveda che tale condizione permanga per meno di 2 anni.

C2.4.1 VITA NOMINALE DI PROGETTO

Al punto 2.4.1 delle norme, anche ai fini delle verifiche sismiche, è definita la "vita nominale di progetto" di un'opera, V_N , che è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale l'opera, purché ispezionata e mantenuta come previsto in progetto, manterrà i livelli prestazionali e svolgerà le funzioni per i quali è stata progettata.

Le opere sono classificate in tre differenti categorie, per ciascuna delle quali viene fissato il valore minimo di V_N : 10 anni per le strutture temporanee e provvisorie e quelle in fase di costruzione, 50 anni per le opere con livelli di prestazione ordinari, 100 anni per le opere con livelli di prestazione elevati.

V_N è dunque il parametro convenzionale correlato alla durata dell'opera alla quale viene fatto riferimento in sede progettuale per le verifiche dei fenomeni dipendenti dal tempo, (ad esempio: fatica, durabilità, ecc.), rispettivamente attraverso la scelta ed il dimensionamento dei particolari costruttivi, dei materiali e delle eventuali applicazioni di misure protettive per garantire il mantenimento dei livelli di affidabilità, funzionalità e durabilità richiesti.

Il periodo di ritorno dei sovraccarichi e delle azioni climatiche agenti sulla costruzione non è correlato alla vita nominale di progetto dell'opera, essendo i livelli di affidabilità regolati dalla combinazione dei coefficienti parziali γ_{pr} calibrati per essere utilizzati congiuntamente ai valori caratteristici delle azioni stesse. Questi ultimi sono definiti indipendentemente dalla vita nominale attesa per la costruzione con un preassegnato periodo di ritorno (a titolo esemplificativo: 50 anni per le azioni ambientali, 1000 anni per le azioni da traffico, vedasi § 2.5.2).

Quale eccezione alla invariabilità del periodo di ritorno delle azioni di natura climatica, per le sole verifiche nelle fasi costruttive, si può fare riferimento a periodi di ritorno ridotti delle azioni stesse, così come specificato ai §§ 3.3, 3.4 e 3.5.

Il periodo di ritorno dell'azione sismica agente sulla costruzione, invece, è funzione anche della vita nominale della costruzione, oltre che della classe d'uso, del tipo di terreno e della pericolosità del sito.

E' ragionevole attendersi che i dettagli dimensionali volti a garantire una maggiore durabilità producano, in generale, anche un incremento della sicurezza della costruzione. Ciò avviene anche per quanto attiene la capacità nei confronti dell'azione sismica, visto che per garantire una maggiore durabilità si progetta con un'azione sismica più grande.

L'adozione di una Vita nominale superiore al valore minimo indicato per ciascun livello di prestazione, infatti, conduce ad una costruzione dotata di una maggiore capacità resistente alle azioni sismiche che, conseguentemente, subirà danni minori e, quindi, minori costi di manutenzione per la riparazione del danno prodotti.

Il livello di prestazione è cosa diversa dalla classe d'uso che, invece, definisce i livelli minimi di sicurezza differenziati in relazione alla funzione svolta nella costruzione e, pertanto, alle conseguenze che ne derivano in caso di fallimento.

Il livello di prestazione rispetto alla durabilità da fornire alla costruzione dovrà perciò scaturire da una valutazione tecnico-economica che il Committente stabilirà a seguito di un'opportuna interazione con il progettista, ed è disgiunta dalle indicazioni che la norma fornisce per individuare la classe d'uso da attribuire.

Con riferimento alle costruzioni non temporanee, ferma restando la facoltà di garantire una maggiore durabilità adottando valori della Vita nominale maggiori di 50 anni nella progettazione di nuove costruzioni o di interventi sulle costruzioni esistenti, quando si valuta la sicurezza di un'opera esistente rispetto alle azioni sismiche si farà riferimento alla vita nominale di 50 anni. Tale valore, infatti, è rappresentativo del livello di sicurezza minimo richiesto dalla norma nei confronti delle azioni sismiche e assicura la confrontabilità dei risultati ottenuti per diverse costruzioni, indipendentemente dal livello di durabilità che si sarà inteso adottare sulla specifica costruzione.

L'effettiva durata del periodo d'uso di una costruzione esce dalle possibilità di previsione progettuali, venendo a dipendere da eventi futuri fuori dal controllo del progettista; inoltre, la grande maggioranza delle costruzioni ha avuto e ha, anche attraverso successivi interventi di ripristino manutentivo, una vita effettiva molto maggiore della vita nominale di progetto quantificata nelle norme.

Va rilevato che i livelli di affidabilità, funzionalità e durabilità richiesti sono maggiori dei livelli minimi accettabili, e sono tali da far sì che l'inevitabile degrado che si verifica nel tempo non comporti riduzioni inaccettabili dei predetti livelli.

Pertanto, nelle previsioni progettuali, se le condizioni ambientali e d'uso si mantengono, nel corso di V_N nei limiti previsti, sarà possibile utilizzare l'opera senza interventi significativi di riparazione o di manutenzione straordinaria. Peraltro, una volta effettuati detti interventi, la vita nominale di progetto originaria sarà sostanzialmente ripristinata, cosicché risulta possibile che grazie a interventi successivi, la vita effettiva della costruzione possa essere molto maggiore della vita nominale di progetto. La vita nominale di progetto viene così a perdere ogni connotazione di carattere "biologico", perché essa sostanzialmente si rinnova a seguito degli interventi di riparazione o di manutenzione straordinaria.

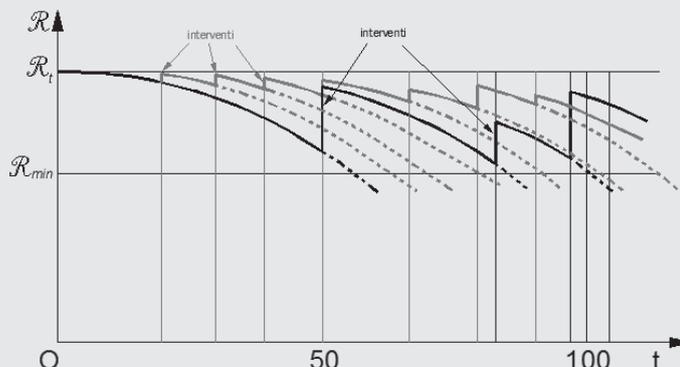


Fig. C.2.1 – Evoluzione dell'affidabilità strutturale e del periodo di vita nominale in funzione delle strategie d'intervento

Va anche segnalato, come sintetizzato nella figura C.2.1, che non è necessario concentrare gli interventi al termine di V_N , perché sono possibili anche strategie d'intervento alternative, che prevedono interventi più contenuti e più ravvicinati nel tempo.

Va ancora rilevato che costruzioni o parti di esse che possono essere smantellate e riutilizzate non sono da considerarsi temporanee e vanno classificate, ai fini della determinazione della vita nominale, come opere con livelli di prestazione ordinari ($V_N \geq 50$ anni) o elevati ($V_N \geq 100$ anni).

Con riferimento alla tabella 2.4.I si evidenzia che, ai sensi e per gli effetti del Decreto del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 3685 del 21 ottobre 2003, il carattere strategico di un'opera o la sua rilevanza ai fini della protezione civile per le conseguenze di un eventuale collasso, sono definiti dalla classe d'uso.

2.4.2. CLASSI D'USO

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

C2.4.2 CLASSI D'USO

Le quattro classi d'uso definite al § 2.4.2 delle NTC corrispondono, a meno di alcune limitate modifiche delle definizioni necessarie per il loro adattamento alla realtà nazionale, alle classi di importanza di cui al § 4.2.5 della UNI EN 1998-1; a queste ultime la norma europea fa corrispondere dei coefficienti d'importanza analoghi, per significato, ai coefficienti d'uso della NTC, ma diversi da essi in termini di utilizzo e valori.

In ordine al corretto inquadramento delle opere di ingegneria civile nelle classi d'uso III e IV, fatto salvo quanto esplicitamente indicato nel testo del § 2.4.2 delle NTC nel merito di strade, ferrovie e dighe, si richiama quanto specificato nel Decreto del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 3685 del 21 ottobre 2003.

Più in particolare, detto Decreto individua, tra le opere di competenza statale, gli edifici che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso e, che quindi, sono compresi nella classe III, in quanto costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi e gli edifici e le opere infrastrutturali, la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile, che risultano compresi nella classe IV, in quanto costruzioni con importanti funzioni pubbliche o strategiche, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità.

A titolo di esempio, in classe III ricadono scuole, teatri, musei, in quanto edifici soggetti ad affollamento e con la presenza contemporanea di comunità di dimensioni significative.

Per edifici il cui collasso può determinare danni significativi al patrimonio storico, artistico e culturale (quali ad esempio musei, biblioteche, chiese) vale quanto riportato nella "Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 9 febbraio 2011 "Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008" e ss.mm.ii.

2.4.3. PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad [2.4.1]$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Per le costruzioni a servizio di attività a rischio di incidente rilevante si adotteranno valori di C_U anche superiori a 2, in relazione alle conseguenze sull'ambiente e sulla pubblica incolumità determinate dal raggiungimento degli stati limite.

C2.4.3 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Il periodo di riferimento V_R di una costruzione, valutato moltiplicando la vita nominale V_N (espressa in anni) per il coefficiente d'uso della costruzione C_U ($V_R = V_N \cdot C_U$), riveste notevole importanza, in quanto, assumendo che la legge di ricorrenza dell'azione sismica sia un processo poissoniano, è utilizzato per valutare, fissata la probabilità di superamento P_{VR} corrispondente allo stato limite considerato (Tabella 3.2.I della NTC), il periodo di ritorno T_R dell'azione sismica cui fare riferimento per la verifica.

In particolare la tabella mostra i valori di V_R corrispondenti ai valori di V_N che individuano le frontiere tra i tre tipi di costruzione considerati (tipo 1, tipo 2, tipo 3); valori di V_N intermedi tra detti valori di frontiera (e dunque valori di V_R intermedi tra quelli mostrati in tabella) sono consentiti ed i corrispondenti valori dei parametri necessari a definire l'azione sismica sono ricavati utilizzando le formule d'interpolazione fornite nell'Allegato A alle NTC.

Tabella C2.4.I. - Intervalli di valori attribuiti a V_R al variare di V_N e C_U

VITA NOMINALE V_N	VALORI DI V_R			
	CLASSE D'USO			
	I	II	III	IV
≤ 10	35	35	35	35
≥ 50	≥ 35	≥ 50	≥ 75	≥ 100
≥ 100	≥ 70	≥ 100	≥ 150	≥ 200

Per le costruzioni a servizio di attività a rischio di incidente rilevante si adotteranno valori di C_U anche superiori a 2, in relazione alle conseguenze sull'ambiente e sulla pubblica incolumità determinate dal raggiungimento degli stati limite.

Per i fini delle Norme Tecniche delle Costruzioni, le attività a rischio di incidente rilevante sono quelle effettuate in stabilimenti nei quali le sostanze pericolose sono presenti in quantità pari o superiori alle quantità elencate nella colonna 2 della parte 1 o nella colonna 2 della parte 2 dell'allegato 1 al decreto Legislativo 26 giugno 2015, n.105.

Per le strutture il cui collasso può dar luogo ad incidente rilevante si adotteranno i seguenti valori di coefficienti d'uso:

- $C_U > 2$ per attività a rischio di incidente rilevante per i quali risultano essere presenti scenari incidentali con impatto all'esterno dell'attività stessa (sezione L dell'allegato 5 al D. Lgs 105/2015) con categorie di effetti di inizio letalità ed elevata letalità. I valori di soglia da prendere in considerazione per tali categorie di effetti sono quelli indicati nella tabella 2 del punto 6.2 del decreto del Ministro dei Lavori Pubblici 9 maggio 2001. In attesa di più specifiche successive indicazioni normative è possibile assumere cautelativamente $C_U = 2,5$.

- $C_u = 2$ per tutti gli altri casi;

Tale valore si intende riferito ad attività, che per il loro elevato contenuto tecnologico sono soggette ad aggiornamento e rinnovamento costruttivo tale da determinare una vita nominale delle strutture, tipicamente non maggiore di 50 anni.

Per le strutture il cui collasso non può dar luogo ad incidente rilevante, ancorché eventualmente presenti all'interno di stabilimenti a rischio di incidente rilevante, si adottano le classi d'uso definite al §2.4.2 delle NTC e C2.4.2,

2.5. AZIONI SULLE COSTRUZIONI

Al paragrafo 2.5.1 sono classificate le azioni che agiscono sulle costruzioni in relazione al modo di esplicarsi, alla risposta strutturale da esse indotta ed anche in relazione alla loro variabilità nel tempo, coerentemente con le analoghe indicazioni contenute nella UNI EN 1990. Nel paragrafo 2.5.2 vengono caratterizzate le azioni elementari, i loro valori caratteristici e quelli rappresentativi di quelle variabili da impiegarsi nelle combinazioni per gli stati limite, al fine di tenere conto della ridotta probabilità di contemporanea occorrenza dei valori caratteristici delle azioni variabili stesse in un assegnato scenario di carico.

In relazione al valore caratteristico delle azioni permanenti G_k è specificato che questo possa essere assunto pari al valore medio della distribuzione qualora il coefficiente di variazione dell'azione sia inferiore a 0,10, che è un limite entro cui rientrano la maggior parte delle azioni permanenti.

Il paragrafo 2.5.3 elenca le combinazioni delle azioni ai fini delle verifiche dei vari stati limite ultimi e di esercizio. Viene altresì precisato che nelle combinazioni si dovranno trascurare le azioni di natura variabile Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi permanenti non strutturali G_2 . Questi ultimi potranno quindi essere trascurati, ad esempio, nel caso di situazioni transitorie, in cui la costruzione subisca alterazioni e modifiche che prevedano la possibilità di assenza dei carichi G_2 favorevoli alle verifiche. Questa indicazione non contrasta, quindi, con il contenuto della tabella 2.6.I, nonché delle conseguenti tabelle 6.2.I e 6.2.III, in cui vengono forniti i valori dei coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU, in cui, per i carichi G_2 , qualora questi diano un contributo favorevole ai fini delle verifiche, viene indicato il valore minimo pari a 0,8.

Come previsto nella nota alla Tabella 2.6.I, nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

La selezione del coefficiente parziale γ_F sulla base della classificazione del tipo di carichi in "favorevoli" o "sfavorevoli" va effettuata in relazione agli effetti globali indotti dai carichi stessi e risultanti sulla costruzione, tenendo sempre conto della loro natura fisica e della loro correlazione. Differenti assunzioni possono essere adottate nel caso di singole verifiche locali.

2.5.1. CLASSIFICAZIONE DELLE AZIONI

Si definisce azione ogni causa o insieme di cause capace di indurre stati limite in una struttura.

2.5.1.1 CLASSIFICAZIONE DELLE AZIONI IN BASE AL MODO DI ESPLICARSI

- dirette*:
forze concentrate, carichi distribuiti, fissi o mobili;
- indirette*:
spostamenti impressi, variazioni di temperatura e di umidità, ritiro, precompressione, cedimenti di vincoli, ecc.
- degrado*:
 - endogeno: alterazione naturale del materiale di cui è composta l'opera strutturale;
 - esogeno: alterazione delle caratteristiche dei materiali costituenti l'opera strutturale, a seguito di agenti esterni.

2.5.1.2 CLASSIFICAZIONE DELLE AZIONI SECONDO LA RISPOSTA STRUTTURALE

- statiche*: azioni applicate alla struttura che non provocano accelerazioni significative della stessa o di alcune sue parti;
- pseudo statiche*: azioni dinamiche rappresentabili mediante un'azione statica equivalente;
- dinamiche*: azioni che causano significative accelerazioni della struttura o dei suoi componenti.

2.5.1.3 CLASSIFICAZIONE DELLE AZIONI SECONDO LA VARIAZIONE DELLA LORO INTENSITÀ NEL TEMPO

- permanenti* (G): azioni che agiscono durante tutta la vita nominale di progetto della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è molto lenta e di modesta entità:
 - peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno, quando pertinente; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno); forze risultanti dalla pressione dell'acqua (quando si configurino costanti nel tempo) (G_1);

- peso proprio di tutti gli elementi non strutturali (G_2);
 - spostamenti e deformazioni impressi, incluso il ritiro;
 - presollecitazione (P).
- b) *variabili* (Q): azioni che agiscono con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel corso della vita nominale della struttura:
- sovraccarichi;
 - azioni del vento;
 - azioni della neve;
 - azioni della temperatura.
- Le azioni variabili sono dette di lunga durata se agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura. Sono dette di breve durata se agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura. A seconda del sito ove sorge la costruzione, una medesima azione climatica può essere di lunga o di breve durata.
- c) *eccezionali* (A): azioni che si verificano solo eccezionalmente nel corso della vita nominale della struttura;
- incendi;
 - esplosioni;
 - urti ed impatti;
- d) *sismiche* (E): azioni derivanti dai terremoti.

Quando rilevante, nella valutazione dell'effetto delle azioni è necessario tenere conto del comportamento dipendente dal tempo dei materiali, come per la viscosità.

2.5.2. CARATTERIZZAZIONE DELLE AZIONI ELEMENTARI

Il valore di progetto di ciascuna delle azioni agenti sulla struttura F_d è ottenuto dal suo valore caratteristico F_k , come indicato nel §2.3.

In accordo con le definizioni del §2.3, il valore caratteristico G_k di azioni permanenti caratterizzate da distribuzioni con coefficienti di variazione minori di 0,10 si può assumere coincidente con il valore medio.

Nel caso di azioni variabili caratterizzate da distribuzioni dei valori estremi dipendenti dal tempo, si assume come valore caratteristico quello caratterizzato da un assegnato periodo di ritorno. Per le azioni ambientali (neve, vento, temperatura) il periodo di ritorno è posto uguale a 50 anni, corrispondente ad una probabilità di eccedenza del 2% su base annua; per le azioni da traffico sui ponti stradali il periodo di ritorno è convenzionalmente assunto pari a 1000 anni. Nella definizione delle combinazioni delle azioni, i termini Q_{kj} rappresentano le azioni variabili di diversa natura che possono agire contemporaneamente: Q_{k1} rappresenta l'azione variabile di base e Q_{k2}, Q_{k3}, \dots le azioni variabili d'accompagnamento, che possono agire contemporaneamente a quella di base.

Con riferimento alla durata relativa ai livelli di intensità di un'azione variabile, si definiscono:

- valore quasi permanente $\psi_{2j} \cdot Q_{kj}$: il valore istantaneo superato oltre il 50% del tempo nel periodo di riferimento. Indicativamente, esso può assumersi uguale alla media della distribuzione temporale dell'intensità;
- valore frequente $\psi_{1j} \cdot Q_{kj}$: il valore superato per un periodo totale di tempo che rappresenti una piccola frazione del periodo di riferimento. Indicativamente, esso può assumersi uguale al frattile 95% della distribuzione temporale dell'intensità;
- valore di combinazione $\psi_{0j} \cdot Q_{kj}$: il valore tale che la probabilità di superamento degli effetti causati dalla concomitanza con altre azioni sia circa la stessa di quella associata al valore caratteristico di una singola azione.

Nel caso in cui la caratterizzazione probabilistica dell'azione considerata non sia disponibile, ad essa può essere attribuito il valore nominale. Nel seguito sono indicati con pedice k i valori caratteristici; senza pedice k i valori nominali.

La Tab. 2.5.I riporta i coefficienti di combinazione da adottarsi per gli edifici civili e industriali di tipo corrente.

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)	da valutarsi caso per caso		
Vento	0,6	0,2	0,0

Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

– Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

– Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

– Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

– Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

– Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

– Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Nelle combinazioni si intende che vengano omissi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.).

Nelle formule sopra riportate il simbolo "+" vuol dire "combinato con".

I valori dei coefficienti ψ_{0j} , ψ_{1j} e ψ_{2j} sono dati nella Tab. 2.5.I oppure nella Tab. 5.1.VI per i ponti stradali e nella Tab. 5.2.VII per i ponti ferroviari. I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qj} sono dati nel § 2.6.1.

2.6. AZIONI NELLE VERIFICHE AGLI STATI LIMITE

Le verifiche agli stati limite devono essere eseguite per tutte le più gravose condizioni di carico che possono agire sulla struttura, valutando gli effetti delle combinazioni definite nel § 2.5.3.

2.6.1. STATI LIMITE ULTIMI

Nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono:

- lo stato limite di equilibrio come corpo rigido: EQU
- lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: STR
- lo stato limite di resistenza del terreno: GEO

Fatte salve tutte le prescrizioni fornite nei capitoli successivi delle presenti norme, la Tab. 2.6.I riporta i valori dei coefficienti parziali γ_F da assumersi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi.

Per le verifiche nei confronti dello stato limite ultimo di equilibrio come corpo rigido (EQU) si utilizzano i coefficienti γ_F riportati nella colonna EQU della Tabella 2.6.I.

Per la progettazione di componenti strutturali che non coinvolgano azioni di tipo geotecnico, le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) si eseguono adottando i coefficienti γ_F riportati nella colonna A1 della Tabella 2.6.I.

Per la progettazione di elementi strutturali che coinvolgano azioni di tipo geotecnico (plinti, platee, pali, muri di sostegno, ...) le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) e geotecnici (GEO) si eseguono adottando due possibili approcci progettuali, fra loro alternativi.

Nell'Approccio 1, le verifiche si conducono con due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (γ_F), per la resistenza dei materiali (γ_M) e, eventualmente, per la resistenza globale del sistema (γ_R). Nella *Combinazione 1* dell'Approccio 1, per le azioni si impiegano i coefficienti γ_F riportati nella colonna A1 della Tabella 2.6.I. Nella *Combinazione 2* dell'Approccio 1, si impiegano invece i coefficienti γ_F riportati nella colonna A2. In tutti i casi, sia nei confronti del dimensionamento strutturale, sia per quello geotecnico, si deve utilizzare la combinazione più gravosa fra le due precedenti.

Nell'Approccio 2 si impiega un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali definiti per le Azioni (γ_F), per la resistenza dei materiali (γ_M) e, eventualmente, per la resistenza globale (γ_R). In tale approccio, per le azioni si impiegano i coefficienti γ_F riportati nella colonna A1.

I coefficienti γ_M e γ_R sono definiti nei capitoli successivi.

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

- γ_{G1} coefficiente parziale dei carichi permanenti G_1 ;
- γ_{G2} coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali G_2 ;
- γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili Q.

Nel caso in cui l'azione sia costituita dalla spinta del terreno, per la scelta dei coefficienti parziali di sicurezza valgono le indicazioni riportate nel Capitolo 6.

Il coefficiente parziale della precompressione si assume pari a $\gamma_P = 1,0$.

Altri valori di coefficienti parziali sono riportati nei capitoli successivi con riferimento a particolari azioni specifiche.

C2.6.1 STATI LIMITE ULTIMI

Le NTC fanno riferimento a tre principali stati limite ultimi:

- Lo stato limite per la perdita dell'equilibrio **EQU** della struttura o di una sua parte considerati come corpi rigidi, non riguarda più il terreno o l'insieme terreno-struttura, compresa adesso nelle verifiche GEO, ma tale verifica è limitata al ribaltamento di strutture fuori terra (ad esempio ciminiere, cartelloni pubblicitari, torri, ecc. rispetto ad una estremità della fondazione).
- Lo stato limite di resistenza della struttura, **STR**, che riguarda anche gli elementi di fondazione e di sostegno del terreno, è da prendersi a riferimento per tutti i dimensionamenti strutturali. Nei casi in cui le azioni sulle strutture siano esercitate dal terreno, si deve far riferimento ai valori caratteristici dei parametri geotecnici.
- Lo stato limite di resistenza del terreno, **GEO**, deve essere preso a riferimento per il dimensionamento geotecnico delle opere di fondazione e di sostegno e, più in generale, delle strutture che interagiscono direttamente con il terreno, oltre che per le verifiche delle opere di terra (rilevati, argini, ...), degli scavi e di stabilità globale dell'insieme terreno-struttura. Tra gli stati limite **GEO** sono da considerare anche meccanismi di rottura che coinvolgano la struttura o parte di essa (è il caso, ad esempio, della resistenza a carico limite sotto forze trasversali dei pali di fondazione).

Nel Capitolo 6 delle NTC (Progettazione geotecnica), sono anche considerati gli stati limite ultimi di tipo idraulico, che riguardano la perdita d'equilibrio della struttura o del terreno dovuta alla sottospinta dell'acqua (**UPL**) o l'erosione e il sifonamento del terreno dovuto ai gradienti idraulici (**HYD**).

Come precisato nel § 2.6.1 delle NTC, nella progettazione di elementi strutturali che coinvolgano azioni di tipo geotecnico, (plint, platee, pali, muri di sostegno, paratie, ...), le verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) e geotecnici (GEO) si eseguono adottando due approcci progettuali, differenziati per tipo di opera e, talvolta, per tipo di verifica, secondo quanto riportato nel Capitolo 6 delle NTC e chiarito al § C6.2.4.1.

Per le verifiche di natura geotecnica secondo gli Approcci progettuali 1 e 2, per i materiali e le resistenze di natura geotecnica, si deve fare riferimento ai coefficienti parziali indicati allo scopo nel Capitolo 6 delle norme.

Ai fini della verifica di dispositivi antisollevamento o, nel caso di travi continue, di dispositivi di sollevamento degli apparecchi d'appoggio, si potranno condurre due verifiche separate: la prima volta a determinare la necessità di un tale dispositivo al fine di garantire l'equilibrio della struttura, con la combinazione EQU, e la seconda volta alla verifica strutturale (combinazione STR) del dispositivo.

2.6.2. STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Le verifiche agli stati limite di esercizio riguardano le voci riportate al § 2.2.2.

Nel Capitolo 4, per le condizioni non sismiche, e nel Capitolo 7, per le condizioni sismiche, sono date specifiche indicazioni sulle verifiche in questione, con riferimento ai diversi materiali strutturali.

