

**DENUNCIA DI OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO NORMALE.
PRECOMPRESSO ED A STRUTTURA METALLICA**
(L. 05.11.1971, n.°1086; D.P.R. 06.06.2001, n.°380 e s.m,i.; L.R. 26.04.2000, n.°44)

RELAZIONE DI CALCOLO

Opera: Intervento di messa in sicurezza di edificio comunale in piazza Garons

Committente: Comune di Revigliasco

Ubicazione: Revigliasco (AT): area compresa fra piazza Alfieri e piazza Garons

Progettista: A.I. STUDIO di Gonella Ing. Marco e Baldi Arch. Cristina
Asti - Via Fontana, 31

Progettista delle strutture: Ing. Marco Gonella
Asti - Via Fontana, 31

Direttore Lavori strutture: Ing. Marco Gonella
Asti - Via Fontana, 31

Elaborazione Documento: Ing. Marco Gonella
Asti - Via Fontana, 31

Normativa di riferimento NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI e D.M. 14.gen. 2008
Relative Istruzioni C.M. 02 feb 2009 n .617

Nuova costruzione

Bibliografia MOOEL CODE 1990 CEB-FIP
EUROCOOICE 2/UNI EN 1992-1 novembre 2005
EUROCOOICE 3/UNI ENV 1993-1-1 aprile 1992

Metodo di calcolo Determinazione sollecitazioni: Analisi elastica lineare
Dimensionamento e verifiche: Metodo semiprobabilistico agli stati limite

Asti, settembre 2019

Il Progettista
Ing. Marco Gonella



1 Parametri generali

1.1 Vita nominale NTC(2.4.1)

Vita nominale:	VN
Opere provvisorie; provvisionali; Strutture in fase costruttiva:	> 10
Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o importanza normale:	≥ 50
Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica:	≥ 100

1.2 Classe d'uso NTC (2.4.2)

Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli	(I)
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.	(II)
Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose	(III)
Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferim. alla gestione della Protezione Civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose l'ambiente	(IV)

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coeff. C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Periodo di Riferimento per l'azione sismica V_R

$$V_R = V_N * C_U$$

$$V_R = 50 * 1,0$$

$$V_R = 50$$

1.3 Amplificazione stratigrafica NTC (3.2.2.)

Categorie di sottosuolo

A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/sec);
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti;
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti;
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti;
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spess. non superiori a 20m posti su substrato di rif.to (con $V_{s30} > 800$ m/sec)
S1	Depositi di terreni caratterizzati da $V_{s30} < 100$ m/sec (ovvero $10 < c_{u30} < 20$ kPa) che includono uno strato;
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo.

1.4 Amplificazione topografica NTC (3.2.IV)

Categorie topografica

T1	Superficie pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media;
T2	Pendii con inclinazione media;

T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che ala balse e inclinazione media
T4	Rilievi con la pendenza in cresta molto minore che alla base e ~ media

1.5 Fattori di struttura NTC (3.4.3.2)

Tipologia	q _o		Strutture a telaio o miste
	CD "B"	CD "A"	
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste:	3,0 a _u /a ₁	4,5 a _u /a ₁	
Strutture pareti non accoppiate:	3,0	4,0 a _u /a ₁	
Strutture deformabili torsionalmente:	2,0	3,0	
Strutture al pendolo inverso:	1,5	2,0	

		a _u /a ₁
Strutture a telaio o miste equivalenti a telai	A telaio 1 piano	1.1
	A telaio a una campata più piani	1.2
	A telaio a più campate più piani	1.3
Strutture a pareti miste o equivalenti a pareti	due pareti non accoppiate per direzione	1.0
	altre strutture a pareti non accoppiate	1.1
	a pareti accoppiate o miste equivalenti a pareti	1.2

Fattore di struttura $q = 3,0 * 1,1 =$

3,3

1.6 Gli spettri di risposta

Si adotta la modalità di calcolo degli spettri pubblicata dal Consiglio Superiore dei LL.PP. ancorata alle Tabelle dei Parametri che definiscono l'Azione Sismica di cui all'allegato B del D.M. 14 gennaio 2008.

1.6.1 Il foglio di calcolo permette di assegnare le coordinate e il nome della regione e del comune e ottenere la parametrizzazione del luogo.

FASE 1 Individuazione della pericolosità del sito

FASE 2 Scelta della strategia di progettazione

Dati richiesti	Vita nominale e coeff. relativo alla Classe d'uso			
Risultati	2. Grafici dei parametri che definiscono l'azione	ag(g)	Accelerazione al suolo	
	1	Fa	Fattore amplificazione max.	
		T'c(s)	Valore del "pianerottolo"	
	2. Grafici degli spettri per gli Stati Limite SLO, SLD, SLC		(Operativo, Danno, Vita, Collasso)	
	2. Tabella riepilogativa dei parametri che definiscono l'azione			
	3	ag(g)	Fa	T'c(s)

FASE 3 Determinazione dell'azione di progetto Permette di tracciare gli spettri dei diversi SL nelle due modalità Elastica e Anelastica (spostamenti e azioni)

Dati richiesti	Stato Limite prescelto, Cat. sottosuolo e geografica, H/h, smorzamento, fattore di struttura, ecc.
----------------	--

Procedura Individuare lo S.L. considerato e correlarlo con la richiesta, se SLE o SLU (elastico, anelastico) e coeff. q_0

	su isol.	c.l.s.	acciaio
smorzamento ξ (%) =	10	5	2

Risultati	3.1	per struttura in elevazione (fondaz. escluse) ammetto formaz. di cerniere plastiche quindi dissipazione → gerarchia delle resistenza	stato limite considerato spettro di progetto fattore q_0	SLV anelastico SLU > 1 (abbattimento)
	3.2	per struttura di fondazione non ammetto formaz. di cerniere plastiche quindi	stato limite considerato spettro di progetto fattore q_0	SLV anelastico SLU = 1 (no abbattimento)
	3.3	per verifica traslazioni	stato limite considerato spettro di progetto fattore q_0	SLD elastico S SLU = 1 (no abbattimento)

NOTA: Se si utilizza lo spettro SLV con $q_0 = 1$ per l'intera struttura non è possibile non rispettare la gerarchia

1.6.2 Modo di vibrare 1° periodo

Per strutture regolari in pianta con massa uniformemente distribuita ai piani e $H \leq 40$ m T_1 può essere stimato molto conservativamente tramite la formula americana (San Fernando earthquake: 1971; SEAOC, 1998):

$$T_1 = C_1 * H^{3/4} \quad [\text{sec}]$$

tipo di costruzione

			acciaio	CLS	altro
H =	3,50	[m] (dallo spiccato delle fondazioni)	$C_1 =$ 0,085	0,075	0,05
$T_1 =$	0.192	[sec]			

Tuttavia, durante un generico evento sismico, la vibrazione non può prescindere dal reale comportamento post-elastico della struttura. In tal senso è necessaria la valutazione di un periodo effettivo che tenga in conto del degrado di rigidezza strutturale causato dalla fase fessurativa e post-elastica. Crowley e Pinho (2004) propongono una formulazione semplificata del periodo effettivo ottenuta sulla base dei risultati di analisi lineari con rigidezza fessurata e attraverso l'esecuzione di analisi non lineari, statiche adattive e dinamiche.

$$T_1 = 0,1 * H \quad [\text{sec}]$$

$T_1 =$ 0,35 [sec]

Tale valore si considera come limite superiore per la valutazione dell'effettivo periodo di vibrazione della struttura in oggetto.

Gli spettri di risposta per il progetto, ottenuti a mezzo del software "Spettri" fornito dal Consiglio Superiore dei LL.PP. sono:

(smorzamento CIS: $\xi = 5\%$)

	[sec]	SLV Sd(T_1)/g
T1, Los Angeles	0.192	0,170
T1, Pinho	0,35	0,170

La struttura in oggetto, verificata per successive approssimazioni, è in grado di affrontare una risposta all'evento sismico collocabile in una posizione intermedia sullo spettro di normativa, individuabile con

	[sec]	Sd(T ₁)/g
T ₁ , d	0,192	0,170

I dati di progetto definitivi assunti a base di calcolo saranno quindi (cfr. "Spettri" Consiglio Superiore dei LL.PP.

Sd(T ₁)/g =	0,113	SLV	[SLU]	verifica membrature fuori terra
Sd(T ₁)/g =	0,148	SLD	[SLE]	verifica spostamenti
Sd(T ₁)/g =	0,440	SLV	[SLU]	q ₀ = 1 verifica fondazioni

1.7.0. Analisi Lineare Statica

N.B.: Le costruzioni da edificarsi in siti ricadenti in zona sismica 4 possono essere progettate e verificate applicando le sole regole valide per le strutture non soggette all'azione sismica. Le sollecitazioni debbono essere valutate considerando la combinazione sismica delle azioni ed applicando, nelle due direzioni ortogonali in maniera indipendente, il sistema di forze orizzontali definito da uno spettro di risposta Sd(T₁) = 0,07 g per tutte le tipologie. Le relative verifiche di sicurezza debbono essere effettuate allo stato limite ultimo. Non è richiesta la verifica allo stato limite di esercizio.

Si considera globalmente, per le verifiche allo stato limite ultimo il vero spettro di risposta della struttura
Sd(T₁)/g = 0,113 > 0,07

1.7.1. Determinazione di F_i NTC (7.3.3.2)

STRUTTURA IN ELEVAZIONE	Stato limite	Spettro	q ₀	1.7.2.
	SLV	Anelastico	3.90	

$$F_i = F_h \cdot z_i \cdot W_i / \sum_i (z_i \cdot W_i)$$

dov
e

$$F_h = S_d(T_1) / g \cdot W \cdot \lambda$$

$$F_h = \mathbf{587,6 \text{ kN}}$$

$$\begin{aligned} S_d(T_1) / g &= 0,113 \\ \lambda &= 0,85 \Rightarrow \text{pari a } 0,85 \text{ se } (T_1 < 2T_c); \\ W &= 6,117.6 \text{ peso compl. costr.} \end{aligned}$$

Calcolo del W_i

piano	peso proprio kN/mq	carichi fissi kN/mq	carichi variab. kN/mq	superficie mq	tamp. Kn/m	svil. m	W _i kN	z _i m	F _i kN
1°	2,18	3,00	5,00	23,40	0,00	0	238,21	2,15	110,79
							238,21	2,15	110,79

braccio equivalente: 2,15 m
rid. effetto telaio: 0% m
braccio di calcolo equiv. 2,15 M

FONDAZIONI

Stato limite	Spettro	q _o	1.7.3.
SLV	Anelastico	1.00	

$F_i = F_h \cdot z_i \cdot W_i / \sum_i (z_i \cdot W_i)$ dove $F_h = S_d(T1) / g \cdot W \cdot \lambda$ $F_h = 2288,0 \text{ kN}$

$S_d(T1) / g = 0,440$
 $\lambda = 0,85 \Rightarrow$ pari a 0,85 se $(T1 < 2Tc)$; n. piani > 3
 $W = 6,117.6$ peso compl. costr.

Calcolo del W_i

piano	peso proprio kN/mq	carichi fissi kN/mq	carichi variab. kN/mq	superficie mq	tamp. Kn/m	svil. m	W _i kN	z _i m	F _i kN
1°	2,18	3	5	23,40	0	0,00	238,21	2,15	110,79
							238,21	2,15	110,79

braccio equivalente: 2,15 m
 rid. effetto telaio 0% m
 braccio di calcolo equiv. 2,15 m

SPOSTAMENTI

Stato limite	Spettro	q _o	1.7.4.
SLV	Elastico	-	

$F_i = F_h \cdot z_i \cdot W_i / \sum_i (z_i \cdot W_i)$ dove $F_h = S_d(T1) / g \cdot W \cdot \lambda$ $F_h = 769,6 \text{ kN}$

$S_d(T1) / g = 0,148$
 $\lambda = 0,85 \Rightarrow$ pari a 0,85 se $(T1 < 2Tc)$; n. piani > 3
 $W = 6,117.6$ peso compl. costr.

Calcolo del W_i

piano	peso proprio kN/mq	carichi fissi kN/mq	carichi variab. kN/mq	superficie mq	tamp. Kn/m	svil. m	W _i kN	z _i m	F _i kN
1°	2,18	3	5	45,00	0	00	238,21	2,158	110,79
							238,21	2,15	110,79

braccio equivalente: 2,15 m
 rid. effetto telaio 0% m
 braccio di calcolo equiv. 2,15 m

2 Analisi dei carichi

2.1 Tipo di carico	valore kN/mq	coeff. γF EQU	coeff. γF STR	coeff. γF GEO	azione tipo			
Peso proprio	2,18	1,1	1,3	1,0	G1	(1,00 se il contributo dim. la secur.)		
					G2	"	"	"
Tramezzi ⁽¹⁾	0,00	1,5	1,5	1,3	Q			
Sottofondo	0,60	1,5	1,5	1,3	Q	(0 se il contributo dim. la secur.)		
Pavimentazione	0,80	1,5	1,5	1,3	Q	"	"	"
Copertura	0,00	1,5	1,5	1,3	Q	"	"	"

(1) da D.M. f3.1:	0,40	$G2 \leq 1,00$	kN/m
	0,80	$1,00 \geq G2 \geq 2,00$	"
	1,20	$2,00 \geq G2 \geq 3,00$	"
	1,60	$3,00 \geq G2 \geq 4,00$	"
	2,00	$4,00 \geq G2 \geq 5,02$	"

EQU	verifiche allo s.l.u. per l'equilibrio
STR	verifiche allo s.l.u. per le strutture
GEO	verifiche allo s.l.u. per geotecnico

2.2 Carichi di esercizio e coefficienti di combinazione per le diverse cat. d'edifici

[kN ; m]

azione variabile		qk	Qk	Hk	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Residenze		2,00	2,00	1,00	0,7	0,5	0,3
Uffici non aperti al pubblico		2,00	2,00	1,00	0,7	0,5	0,3
Uffici aperti al pubblico		3,00	2,00	1,00	"	"	"
Amb. Susc. Affollamento:	Osp.-rist.-scuole	3,00	2,00	1,00	0,7	0,7	0,6
	Balc.-scale-teatri	4,00	4,00	2,00	"	"	"
	Musei, expo, pal.	5,00	5,00	3,00	"	"	"
Amb. uso commerciale:	Negozi	4,00	4,00	2,00	0,7	0,7	0,6
	Grande distrib.	5,00	5,00	2,00			
Biblioteche e industrie		6,00	6,00	1,00	1,0	0,9	0,8
Rimesse e park:	≤ 30 kN	2,50	2x10,00	1,00	0,7	0,7	0,6
"	≥ 30 kN	2,00	2,00	1,00	0,7	0,5	0,3
Coperture e sottot. (sola man.)		0,50	1,20	1,00	0,0	0,0	0,0
					0,6	0,2	0,0
quota ≤ 1000 m s.l.m.					0,5	0,2	0,0
quota > 1000 m s.l.m.					0,7	0,5	0,2
					0,6	0,5	0,0

2.3 Combinazione delle azioni

$\gamma G1 + \gamma G2 + \gamma Q1 + \gamma Q2 + \Psi_{02} * Qk2 + \gamma Qn * \Psi_n * Qkn$	combinazione fondamentale (SLU)
$G1 + G2 + Qk1 + \Psi_{02} * Qk2 + \Psi_n * Qkn$	combinazione rara. SLE irreversibili
$G1 + G2 + \Psi_{11} * Qk1 + \Psi_{22} * Qk2 + \Psi_{23} * Qk3 \dots$	combinazione frequente. SLE reversibili
$G1 + G2 + \Psi_{21} * Qk1 + \Psi_{22} * Qk2 + \Psi_{23} * Qk3 \dots$	combinazione quasi permanente. SLE effetti a lungo termine
$E + G1 + G2 + \Psi_{21} * Qk1 + \Psi_{22} * Qk2 + \dots$	combinazione sismica. SLU e SLE connessi all'azione sismica

3 Caratteristiche dei materiali

	[N/mm ²]	C.L.S. classe	fck	fcd	fctm	fctd	fbd
Elementi di fondazione, murature massicce, ecc.		C 20/25	20	comp	traz	traz	ader
Elementi in elevaz. (colonne, travi, solai, sol. omog)		C 25/30	25	14,2	2,56	1,7	3,85
			ftk	fyk	fyd		
Acciaio in barre		B450C	540	450	391,30		

Il Progettista
Ing. Marco Gonella

