




**REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA di TORINO
COMUNE di SCALENGHE**

PROGETTO ESECUTIVO

**Oggetto: Comune di Scalenghe
Completamento dei lavori di regimazione acque a protezione dell'abitato
(tratto via Santa Caterina - strada Barattina)
CIG 67848760CD - CUP F78G11000200006**

RELAZIONE STRUTTURALE

Rev.	Data	Redazione	Verifica	Autorizzazione	Modifiche
2	Settembre 2016				

	Il Progettista: Benedetto ing. Giovanni, via Madonna del Rosario 5 – 10019 – Strambino tel/fax 0125 713367 cell. 339 7021999 e-mail giovanbenedetto@tiscali.it www.studiobenedetto.com	
	Allegato n.	Elaborato n. 07

1. Premessa

Il presente elaborato costituisce la relazione di calcolo strutturale, comprensiva di una descrizione generale dell'opera e dei criteri generali di analisi e verifica, in accordo con le prescrizioni contenute nel paragrafo 10.1 del Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni". Relativamente al progetto in oggetto il documento descrive in particolare le modalità operative di applicazione della normativa vigente.

Le fasi di progetto, analisi, calcolo e verifica sono state svolte dal progettista, secondo i dettami della scienza e tecnica delle costruzioni. Per verificare gli elementi strutturali e le sezioni sollecitate dalle azioni di modello ed al fine di garantire la sicurezza della costruzione è stato utilizzato il metodo agli stati limite, rispettando le prescrizioni previste dalle normative di riferimento elencate nel documento.

2. Normativa di riferimento

I calcoli della presente relazione fanno riferimento alla normativa vigente ed in particolare:

Normativa nazionale

- Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni 2008", pubblicato sul S.O. n° 30 alla G.U. n° 29 del 4 febbraio 2008.
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 "Circolare applicativa delle NTC2008 D.M. 14.01.2008 - Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni' di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario n.27)"

3. Descrizione generale dell'opera

L'opera oggetto di calcolo statico è lo scatolare in cemento armato ordinario gettato in opera.

Lo scatolare ha dimensioni interne 1600 mm di base x 1000 mm di altezza. Lo spessore della base e delle pareti laterali è pari a 20 cm mentre quello della soletta è di 30 cm.

Lo scatolare è posato su un magrone di spessore 10 cm.

4. Caratteristiche dei materiali

I materiali ed i prodotti ad uso strutturale, utilizzati nelle opere oggetto della presente relazione, rispondono ai requisiti indicati dal capitolo 11 del Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni". Questi sono stati identificati univocamente dal produttore, qualificati sotto la sua responsabilità ed accettati dal direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

Sulla base delle verifiche effettuate in sito ed in conformità alle disposizioni normative vigenti si prevede per la realizzazione del progetto in analisi l'adozione dei materiali di seguito descritti.

Descrizione	
Nome: C25/30 Classe di resistenza: C25/30 Descrizione:	Tipologia del materiale: calcestruzzo
Caratteristiche del calcestruzzo	
Densità ρ : 2.453 daN/m ³ Resistenza caratteristica cilindrica a compressione f_{ck} : 249,0 N/mm ² Resistenza media a trazione semplice f_{ctm} : 25,6 daN/cm ² Resistenza caract. trazione semplice, frattile 5% $f_{ctk,5}$: 17,9 daN/cm ² Modulo Elastico E_{cm} : 300.450,9 daN/cm ² Coefficiente di dilatazione termica lineare α_t : 1E-05 Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo γ_c : 1,5 Resistenza a trazione di progetto, frattile 5% $f_{ctd,5}$: 11,9 daN/cm ²	Resistenza caratteristica cubica a compressione R_{ck} : 29,4 daN/cm ² Resistenza cilindrica media f_{cm} : 329,0 daN/cm ² Resistenza media a flessione f_{ctm} : 30,7 daN/cm ² Resistenza caract. trazione semplice, frattile 95% $f_{ctk,95}$: 33,3 daN/cm ² Coefficiente di Poisson ν : 0,20 Coefficiente correttivo per la resistenza a compressione α_{cc} : 0,85 Resistenza a compressione di progetto f_{cd} : 141,1 daN/cm ² Resistenza a trazione di progetto, frattile 95% $f_{ctd,95}$: 22,2 daN/cm ²
Descrizione	
Nome: B450C Descrizione:	Tipologia del materiale: acciaio per cemento armato
Caratteristiche dell'acciaio	
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} : 4.500,0 daN/cm ² Modulo elastico E_S : 2.060.000,0 daN/cm ² Allungamento sotto carico massimo A_{gt} : 67,5 ‰ Coefficiente di omogeneizzazione n : 15	Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio γ_s : 1,15 Densità ρ : 7.652 daN/m ³ Tensione ammissibile σ_s : 2.600,0 daN/cm ²

5. Azioni di calcolo

In accordo con le sopra citate normative, sono state considerate nei calcoli le seguenti azioni:

- pesi propri strutturali;
- carichi permanenti portati dalla struttura;
- carichi variabili.

I carichi in base ai quali sono state calcolate le varie parti delle strutture delle opere in oggetto sono quelli indicati dal D.M. 14/1/2008 (Norme Tecniche per le costruzioni).

CARICHI DI PESO PROPRIO

Tenuti presenti i pesi dei materiali da costruzione e degli elementi costruttivi del predetto D.M., si precisa che quali carichi permanenti sono stati assunti i seguenti:

- 1) Massa volumica acciaio 7850 kg/m³

2) Massa volumica calcestruzzo armato 2500 kg/m³

CARICHI PERMANENTI

Tenuti presenti i pesi dei materiali da costruzione e degli elementi costruttivi del predetto D.M., si precisa che quali carichi permanenti portati dalla struttura sono stati assunti i seguenti:

Permanente sovraccarico stradale: 500 kg/m²

CARICHI VARIABILI

Si è fatto riferimento al paragrafo 5.1.3.3.3 schemi di carico del capitolo 5 delle NTC 2008 utilizzando lo schema di carico n. 2 ovvero un carico concentrato pari a 20.000 kg posto al centro dello scatolare (peso di una singola ruota).

6. Modello di calcolo

L'analisi strutturale del progetto e le relative verifiche effettuate sono state condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. In conformità con quanto richiesto dalle NTC 2008 § 10.2 si riportano di seguito le caratteristiche riguardanti la tipologia di analisi svolta ed il codice di calcolo utilizzato.

L'analisi strutturale del progetto e le relative verifiche effettuate sono state condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico. In conformità con quanto richiesto dalle NTC 2008 § 10.2 si riportano di seguito le caratteristiche riguardanti la tipologia di analisi svolta ed il codice di calcolo utilizzato.

8.1 Analisi svolta

Tipo di analisi svolta	
Metodo numerico adottato	Metodo di calcolo agli elementi finiti
Solutore ad elementi finiti adottato	Xfinest di Harpaceas
Metodo di verifica	

8.2 Origine e Caratteristiche del Codice di Calcolo

Software	TRAVILOG TITANIUM 3 7
Autore, produttore e distributore	Logical Soft s.r.l – via Garibaldi 253, 20033 Desio (MB)
Solutore ad elementi finiti adottato	Xfinest di Harpaceas

La licenza di utilizzo del codice di calcolo è concessa da Logical Soft s.r.l a:
LAURA BENEDETTO, Codice Cliente: 34814
VIAMADONNA DEL ROSARIO 5, 1019, STRAMBINO - TO
Numero di serie: 4693 Chiave HARDWARE
Codice di abilitazione: 5YHY 65VE 82D6 RK69 GPVG FVQ2 GX7G U2RR

8.3 Caratteristiche dell'Elaboratore

Sistema Operativo	Sistema Operativo Nome: Microsoft Windows 7 Home Premium Versione: 6.1.7601.65536 RAM: 8174 MByte
Processore	Processore computer Tipo CPU: Intel(R) Core(TM) i5-2450M CPU @ 2.50GHz Intel64 Family 6 Model 42 Stepping 7 Velocità CPU: 2501 MHz
Scheda Video	Scheda grafica Descrizione: NVIDIA GeForce GT 525M Versione Driver: 8.17.12.6857 Modalità video: 1366 x 768 x 4294967296 colori Processore video: GeForce GT 525M Accelerazione: sconosciuta RAM: 2 048 MByte

(cfr. NTC2008 - § 10.2)

In questo paragrafo si fornisce un inquadramento teorico relativo alle metodologie di calcolo ed all'impostazione generale impiegata nel software di calcolo ad elementi finiti TRAVILOG TITANIUM 3, utilizzato nella modellazione della struttura.

Codice di calcolo

Il codice di TRAVILOG TITANIUM 3 è stato sviluppato da Logical Soft s.r.l. in linguaggio Visual Studio 2008 e .Net Framework 2.0 e non può essere modificato o manipolato dall'utente. In allegato alla relazione si accludono alcuni test effettuati al fine di certificare l'affidabilità del codice di calcolo relativamente ad alcuni semplici casi prova, riportando analisi teorica, soluzione fornita da TRAVILOG TITANIUM 3 ed altro codice di calcolo di confronto. Il solutore a elementi finiti utilizzato dal programma è Xfinest 8.1, prodotto da Harpaceas s.r.l. La bontà del solutore è certificata direttamente da CEAS s.r.l., produttore di XFinest 8.1. Per maggiori dettagli in merito si consiglia di consultare le specifiche relative al solutore di calcolo.

Metodo numerico adottato

Il software esegue l'analisi della struttura tramite metodo di calcolo agli elementi finiti, ovvero mediante la costruzione di un modello matematico costituito da un numero definito di elementi discreti, per ognuno dei quali è stata definita analiticamente una relazione tra forze e spostamenti. Da queste relazioni il programma assembla quindi la matrice di rigidezza e calcola la risposta dell'intera struttura.

Caratteristiche del modello

Ogni telaio, realizzato con materiali caratterizzati da comportamento perfettamente elastico, è modellato con 2 tipologie di elemento finito:

- Tipo asta, adatto per elementi aventi proprietà riconducibili ad un comportamento unidirezionale.

L'elemento asta è calcolato mediante funzioni di forma cubiche. Le matrici di rigidezza e di massa associate all'elemento sono costituite sulla base della teoria delle travi snelle, tipo Eulero – Bernoulli. Il programma mostra i diagrammi delle azioni interne discretizzando l'elemento in 17 punti di calcolo.

Se l'asta ha proprietà di suolo elastico, il software valuta le azioni interne e le pressioni sul terreno secondo la teoria delle travi su suolo elastico alla Winkler.

L'elemento finito di XFinest, al cui manuale si rimanda per maggiori dettagli, è l'elemento MBEAM.

- Tipo shell (elemento finito tipo QF46) per elementi aventi proprietà riconducibili ad un comportamento bidimensionale.

Il tipo di elemento utilizzato può lavorare in regime membranale e flessionale e, grazie alla linearità del sistema, i due effetti possono essere considerati separatamente.

L'elemento finito QF46 utilizzato è isoparametrico, basato sulla teoria dei gusci secondo Mindlin – Reissner. È adatto sia per gusci spessi che sottili, non contiene modi spuri, consente di valutare i tagli fuori piano e può degenerare in un triangolo. Tutte le componenti del tensore delle deformazioni sono integrate nel piano medio con ordine di integrazione gaussiana 2 x 2. Per maggiori dettagli si può fare riferimento al manuale di XFinest.

Tipologie di analisi svolte dal software

La scelta del metodo di analisi è effettuata dal progettista a seconda delle prescrizioni previste dalla normativa. Tali prescrizioni dipendono in generale dalla destinazione d'utilizzo della struttura, dalla forma in pianta e dallo sviluppo in altezza della stessa, nonché dalla zona sismica di riferimento. Il software esegue i seguenti metodi di analisi:

- Analisi statica. La struttura è soggetta a carichi statici, distribuiti o concentrati, applicati alle aste, ai nodi o agli elementi shell. L'equazione risolvibile in tal caso ha la seguente forma:

$$F = K x$$

dove:

F è il vettore dei carichi agenti sulla struttura

K è la matrice di rigidezza

x è il vettore di spostamenti e rotazioni (gradi di libertà del sistema).

- Analisi sismica statica. Se la struttura possiede le caratteristiche previste dalla normativa, l'azione del sisma può essere modellata con un sistema di forze di piano equivalenti, valutate e assegnate in funzione della rigidezza degli elementi. La precedente diventa pertanto:

$$F + F_s = K x$$

dove:

F_s è il vettore dei carichi sismici equivalenti agenti sulla struttura, valutati in base alle relative norme di riferimento.

- Analisi sismica dinamica modale. In questo caso il programma valuta un comportamento inerziale della struttura, attribuendo un'accelerazione al sistema di riferimento terreno, secondo uno spettro sismico previsto dalla normativa in funzione della classificazione del territorio e altri parametri.

$$M \ddot{x} + K x = - M \ddot{u}$$

dove:

M è la matrice di massa della struttura

K è il vettore delle accelerazioni sismiche applicate al terreno

u è il vettore delle accelerazioni imposte

Gli effetti dinamici dovuti al comportamento inerziale della struttura e l'effetto dei carichi statici vengono successivamente combinati, secondo opportuni coefficienti stabiliti dalla norma.

Formulazione del metodo

Il software esegue il calcolo ad elementi finiti formulando un'analisi di tipo lineare. In questo caso la matrice di rigidezza non varia durante lo sviluppo dell'analisi, considerando l'approssimazione per piccoli spostamenti. Sotto tali ipotesi valgono i seguenti benefici:

- Vale il principio di sovrapposizione degli effetti.
- Non influisce la sequenza di applicazione dei carichi sulla struttura.
- La precedente storia di carico della struttura non ha alcuna influenza, pertanto gli sforzi residui possono essere trascurati.

L'applicazione del principio di sovrapposizione degli effetti permette di considerare indipendentemente le ipotesi di carico elementari, per poi combinarle secondo opportuni coefficienti di partecipazione. In questo modo è possibile calcolare la risposta come una combinazione lineare di carichi elementari, rendendo il processo di analisi estremamente efficiente. Le non linearità trascurate in questo tipo di analisi sono le seguenti:

- Non linearità dovuta a effetti geometrici. Grandi spostamenti e rotazioni possono introdurre significativi cambiamenti di forma e orientamento, variando drasticamente la rigidezza totale della struttura.
- Non linearità delle caratteristiche dei materiali, legate al legame costitutivo o a eventuali anisotropie.
- Non linearità delle condizioni di vincolo.
- Non linearità dei carichi. La direzione di applicazione può variare in funzione della deformata della struttura.

Metodo di risoluzione del problema dinamico

La risoluzione del problema dinamico a n gradi di libertà si basa su un **metodo di sovrapposizione modale**. Tale metodo permette di trasformare un sistema di equazioni accoppiate a un sistema di equazioni disaccoppiate, utilizzando le proprietà di ortogonalità di autovalori e autovettori, ovvero i modi di vibrare della struttura. Lo studio della struttura non necessita dell'estrazione di tutti gli autovalori, ma solo di una parte significativa di essi, secondo limiti previsti dalle norme. Il metodo utilizzato dal software per l'estrazione degli autovalori è il metodo di *Lanczos*, adatto anche per matrici non simmetriche a termini complessi. Nel calcolo della risposta sismica i contributi derivanti dai singoli modi sono combinati secondo il metodo *CQC*, che consente di tener conto delle singole componenti modali X_k , ottenute da una combinazione quadratica delle componenti X_{kj} secondo opportuni coefficienti.

Metodi di verifica svolti dal software

TRAVILOG TITANIUM 3 è in grado di eseguire analisi di sezioni e di verificare il comportamento delle strutture secondo due metodi principali di verifica:

- **Tensioni ammissibili.** I carichi sono applicati alla struttura con il loro valore nominale. Le tensioni caratteristiche dei materiali vengono divise per opportuni coefficienti ottenendo delle tensioni massime a cui potranno lavorare i materiali stessi. Tali tensioni risultano al di sotto del limite elastico convenzionale.
- **Stati limite.** Le tensioni caratteristiche dei materiali vengono divise per dei coefficienti di sicurezza ottenendo dei valori limite in campo plastico. I carichi di esercizio, accidentali o permanenti vengono incrementati secondo opportuni coefficienti definiti dalla normativa (vedi in seguito). Il programma valuta diverse condizioni di stato limite:
 - **Stato limite ultimo.** La normativa prevede in questo caso che la struttura sia soggetta in

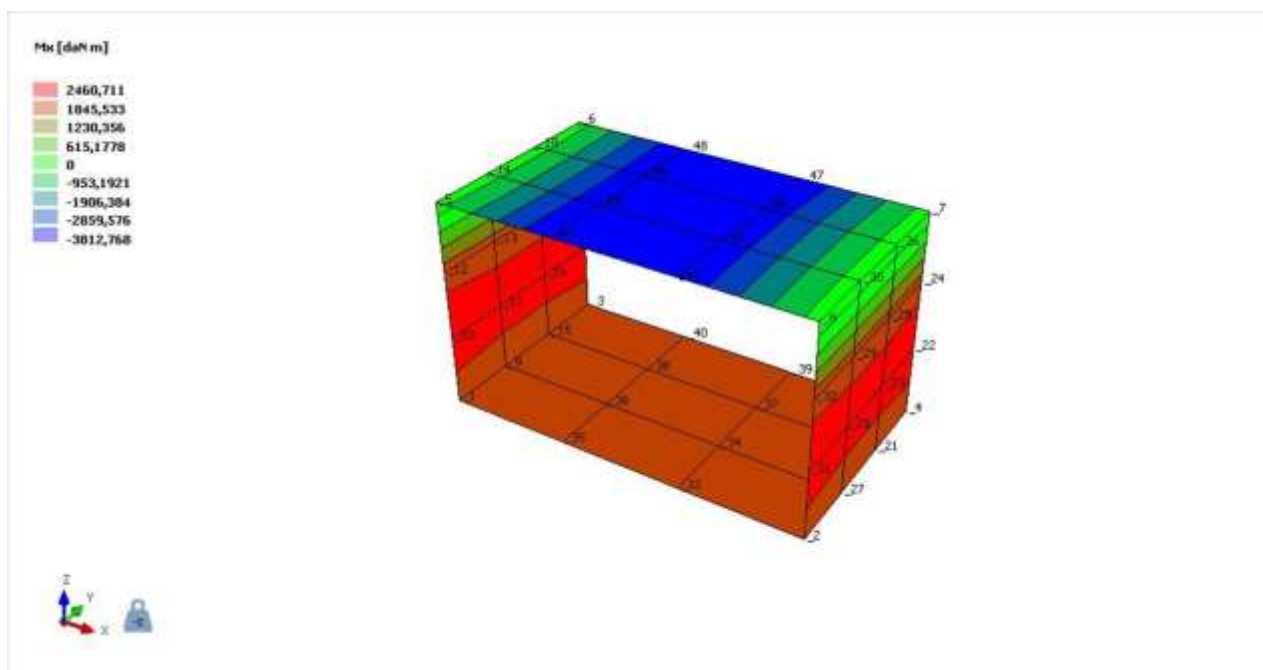
condizioni straordinarie a carichi che possano causare il collasso della stessa, quali ad esempio l'evento sismico.

- o **Stato limite di esercizio.** Anche in questo caso il calcolo della struttura è effettuato incrementando i carichi secondo opportuni coefficienti. A differenza del caso precedente però la struttura è soggetta a carichi in condizioni di esercizio, sotto l'azione dei quali devono prodursi deformazioni controllate, che non impediscano il funzionamento previsto. Esistono tre diverse condizioni di esercizio: **Rara, Frequente, Quasi permanente.**
- o **Stato limite di danno.** E' il caso in cui la struttura è soggetta a forze di natura sismica. La verifica al danno è da effettuarsi sugli spostamenti.

La scelta dell'uno o dell'altro metodo dipende dalle prescrizioni previste dalle normative vigenti.

7. Verifiche strutturali

7.1. Risultati del calcolo



2 Shell generate per estrusione – Incidenza e proprietà

Shell	Nodo Inf. 1	Nodo Inf. 2	Nodo Sup. 3	Nodo Sup. 4	Larghezza [m]	Altezza [m]	Materiale	Spessore flessionale [m]	Spessore membranale [m]	N° elementi orizzontali	N° elementi verticali
1 - Piano 1	1	3	6	5	1,00	1,00	C25/30	0,20	0,20	2	2
2 - Piano 1	4	2	8	7	1,00	1,00	C25/30	0,20	0,20	2	2

3 Shell poligonali - Incidenza e proprietà

Shell	Spessore flessionale [m]	Spessore membranale [m]	Materiale	Nodo	X [m]	Y [m]	Z [m]
1	0,20	0,20	C25/30	1	0,00	0,00	0,00
				3	0,00	1,00	0,00
				4	1,76	1,00	0,00
				2	1,76	0,00	0,00
2	0,30	0,30	C25/30	5	0,00	0,00	1,00
				6	0,00	1,00	1,00
				7	1,76	1,00	1,00
				8	1,76	0,00	1,00

9 Carichi flessionali sulle shell

Shell	Tipo di shell	Descrizione del carico	Tipologia di carico	Categoria	Pressione [daN/cm²]
2	Shell poligonale	stradale	Pressione	Permanente	-0,1
		sovraccarico	Pressione	Categoria G (Peso veicoli ≤ 160kN)	-1,1

12 Sollecitazioni flessionali shell (con riferimento alla terna locale) – **combinazione: SLU** (statica) Involuppo

Shell	Nodo	Momento x max [daN m/m]	Momento x min [daN m/m]	Momento y max [daN m/m]	Momento y min [daN m/m]	Momento xy max [daN m/m]	Momento xy min [daN m/m]	Taglio zx max [daN/m]	Taglio zx min [daN/m]	Taglio zy max [daN/m]	Taglio zy min [daN/m]
1	1	1 561	139	233	21	185	16	6 264	537	521	23
	9	1 501	134	241	22	53	4	3 856	333	261	11
	11	2 361	206	220	19	19	1	-273	-2 415	508	50
2	10	2 461	214	116	10	89	7	-192	-1 263	1 016	100
	10	2 461	214	116	10	89	7	-192	-1 263	1 016	100
	11	2 361	206	220	19	19	1	-273	-2 415	508	50
3	13	1 713	126	150	10	-3	-32	-194	-1 406	112	3
	12	1 769	131	107	8	-11	-125	-351	-3 283	223	5
	12	1 769	131	107	8	-11	-125	-351	-3 283	223	5
4	13	1 713	126	150	10	-3	-32	-194	-1 406	112	3
	14	-38	-363	118	6	-6	-72	-420	-5 634	-34	-449
	5	-43	-424	189	11	-12	-166	-617	-8 242	-68	-897
5	9	1 501	134	241	22	53	4	3 856	333	261	11
	15	1 501	134	241	22	-4	-53	3 856	333	-11	-261
	16	2 361	206	220	19	-1	-19	-273	-2 415	-50	-508
6	11	2 361	206	220	19	19	1	-273	-2 415	508	50
	11	2 361	206	220	19	19	1	-273	-2 415	508	50
	16	2 361	206	220	19	-1	-19	-273	-2 415	-50	-508
7	17	1 713	126	150	10	32	3	-194	-1 406	-3	-112
	13	1 713	126	150	10	-3	-32	-194	-1 406	112	3
	13	1 713	126	150	10	-3	-32	-194	-1 406	112	3
8	17	1 713	126	150	10	32	3	-194	-1 406	-3	-112
	18	-38	-363	118	6	72	6	-420	-5 634	449	34
	14	-38	-363	118	6	-6	-72	-420	-5 634	-34	-449
9	15	1 501	134	241	22	-4	-53	3 856	333	-11	-261
	3	1 561	139	233	21	-16	-185	6 264	537	-23	-521
	19	2 461	214	116	10	-7	-89	-192	-1 263	-100	-1 016
10	16	2 361	206	220	19	-1	-19	-273	-2 415	-50	-508
	16	2 361	206	220	19	-1	-19	-273	-2 415	-50	-508
	19	2 461	214	116	10	-7	-89	-192	-1 263	-100	-1 016
11	20	1 769	131	107	8	125	11	-351	-3 283	-5	-223
	17	1 713	126	150	10	32	3	-194	-1 406	-3	-112
	17	1 713	126	150	10	32	3	-194	-1 406	-3	-112
12	20	1 769	131	107	8	125	11	-351	-3 283	-5	-223
	6	-43	-424	189	11	166	12	-617	-8 242	897	68
	18	-38	-363	118	6	72	6	-420	-5 634	449	34

Via Madonna del Rosario n. 5 Strambino 10019 (TO)
tel/fax 0125713367 cell. 3397021999 e-mail giovanbenedetto@gmail.com

Shell	Nodo	Momento x max [daN m/m]	Momento x min [daN m/m]	Momento y max [daN m/m]	Momento y min [daN m/m]	Momento xy max [daN m/m]	Momento xy min [daN m/m]	Taglio zx max [daN/m]	Taglio zx min [daN/m]	Taglio zy max [daN/m]	Taglio zy min [daN/m]
10	4	1 561	139	233	21	185	16	-537	-6 264	-23	-521
	21	1 501	134	241	22	53	4	-333	-3 856	-11	-261
	23	2 361	206	220	19	19	1	2 415	273	-50	-508
	22	2 461	214	116	10	89	7	1 263	192	-100	-1 016
11	22	2 461	214	116	10	89	7	1 263	192	-100	-1 016
	23	2 361	206	220	19	19	1	2 415	273	-50	-508
	25	1 713	126	150	10	-3	-32	1 406	194	-3	-112
	24	1 769	131	107	8	-11	-125	3 283	351	-5	-223
12	24	1 769	131	107	8	-11	-125	3 283	351	-5	-223
	25	1 713	126	150	10	-3	-32	1 406	194	-3	-112
	26	-38	-363	118	6	-6	-72	5 634	420	449	34
	7	-43	-424	189	11	-12	-166	8 242	617	897	68
13	21	1 501	134	241	22	53	4	-333	-3 856	-11	-261
	27	1 501	134	241	22	-4	-53	-333	-3 856	261	11
	28	2 361	206	220	19	-1	-19	2 415	273	508	50
	23	2 361	206	220	19	19	1	2 415	273	-50	-508
14	23	2 361	206	220	19	19	1	2 415	273	-50	-508
	28	2 361	206	220	19	-1	-19	2 415	273	508	50
	29	1 713	126	150	10	32	3	1 406	194	112	3
	25	1 713	126	150	10	-3	-32	1 406	194	-3	-112
15	25	1 713	126	150	10	-3	-32	1 406	194	-3	-112
	29	1 713	126	150	10	32	3	1 406	194	112	3
	30	-38	-363	118	6	72	6	5 634	420	-34	-449
	26	-38	-363	118	6	-6	-72	5 634	420	449	34
16	27	1 501	134	241	22	-4	-53	-333	-3 856	261	11
	2	1 561	139	233	21	-16	-185	-537	-6 264	521	23
	31	2 461	214	116	10	-7	-89	1 263	192	1 016	100
	28	2 361	206	220	19	-1	-19	2 415	273	508	50
17	28	2 361	206	220	19	-1	-19	2 415	273	508	50
	31	2 461	214	116	10	-7	-89	1 263	192	1 016	100
	32	1 769	131	107	8	125	11	3 283	351	223	5
	29	1 713	126	150	10	32	3	1 406	194	112	3
18	29	1 713	126	150	10	32	3	1 406	194	112	3
	32	1 769	131	107	8	125	11	3 283	351	223	5
	8	-43	-424	189	11	166	12	8 242	617	-68	-897
	30	-38	-363	118	6	72	6	5 634	420	-34	-449

13 Sollecitazioni flessionali shell (con riferimento alla terna locale) – **combinazione: SLU** (statica) Involuppo

Shell	Nodo	Momento x max [daN m/m]	Momento x min [daN m/m]	Momento y max [daN m/m]	Momento y min [daN m/m]	Momento xy max [daN m/m]	Momento xy min [daN m/m]	Taglio zx max [daN/m]	Taglio zx min [daN/m]	Taglio zy max [daN/m]	Taglio zy min [daN/m]
19	33	1 931	171	41	4	-6	-65	-585	-6 347	-12	-177
	34	1 873	166	50	4	-3	-32	-493	-5 338	-6	-89
	27	1 501	134	241	22	-4	-53	-333	-3 856	261	11
	2	1 561	139	233	21	-16	-185	-537	-6 264	521	23
20	35	1 931	171	41	4	65	6	6 347	585	-12	-177
	36	1 873	166	50	4	32	3	5 338	493	-6	-89
	34	1 873	166	50	4	-3	-32	-493	-5 338	-6	-89
	33	1 931	171	41	4	-6	-65	-585	-6 347	-12	-177
21	1	1 561	139	233	21	185	16	6 264	537	521	23
	9	1 501	134	241	22	53	4	3 856	333	261	11
	36	1 873	166	50	4	32	3	5 338	493	-6	-89
	35	1 931	171	41	4	65	6	6 347	585	-12	-177
22	34	1 873	166	50	4	-3	-32	-493	-5 338	-6	-89
	37	1 873	166	50	4	32	3	-493	-5 338	89	6
	21	1 501	134	241	22	53	4	-333	-3 856	-11	-261
	27	1 501	134	241	22	-4	-53	-333	-3 856	261	11
23	36	1 873	166	50	4	32	3	5 338	493	-6	-89
	38	1 873	166	50	4	-3	-32	5 338	493	89	6
	37	1 873	166	50	4	32	3	-493	-5 338	89	6
	34	1 873	166	50	4	-3	-32	-493	-5 338	-6	-89
24	9	1 501	134	241	22	53	4	3 856	333	261	11
	15	1 501	134	241	22	-4	-53	3 856	333	-11	-261
	38	1 873	166	50	4	-3	-32	5 338	493	89	6
	36	1 873	166	50	4	32	3	5 338	493	-6	-89
25	37	1 873	166	50	4	32	3	-493	-5 338	89	6
	39	1 931	171	41	4	65	6	-585	-6 347	177	12
	4	1 561	139	233	21	185	16	-537	-6 264	-23	-521
	21	1 501	134	241	22	53	4	-333	-3 856	-11	-261
26	38	1 873	166	50	4	-3	-32	5 338	493	89	6
	40	1 931	171	41	4	-6	-65	6 347	585	177	12
	39	1 931	171	41	4	65	6	-585	-6 347	177	12
	37	1 873	166	50	4	32	3	-493	-5 338	89	6
27	15	1 501	134	241	22	-4	-53	3 856	333	-11	-261
	3	1 561	139	233	21	-16	-185	6 264	537	-23	-521
	40	1 931	171	41	4	-6	-65	6 347	585	177	12
	38	1 873	166	50	4	-3	-32	5 338	493	89	6

Via Madonna del Rosario n. 5 Strambino 10019 (TO)
tel/fax 0125713367 cell. 3397021999 e-mail giovanbenedetto@gmail.com

Shell	Nodo	Momento x max [daN m/m]	Momento x min [daN m/m]	Momento y max [daN m/m]	Momento y min [daN m/m]	Momento xy max [daN m/m]	Momento xy min [daN m/m]	Taglio zx max [daN/m]	Taglio zx min [daN/m]	Taglio zy max [daN/m]	Taglio zy min [daN/m]
28	41	-276	-3 813	-4	-55	57	4	6 139	409	308	26
	42	-270	-3 729	-4	-50	34	2	5 161	339	154	13
	30	-38	-363	118	6	72	6	5 634	420	-34	-449
	8	-43	-424	189	11	166	12	8 242	617	-68	-897
29	43	-276	-3 813	-4	-55	-4	-57	-409	-6 139	308	26
	44	-270	-3 729	-4	-50	-2	-34	-339	-5 161	154	13
	42	-270	-3 729	-4	-50	34	2	5 161	339	154	13
	41	-276	-3 813	-4	-55	57	4	6 139	409	308	26
30	5	-43	-424	189	11	-12	-166	-617	-8 242	-68	-897
	14	-38	-363	118	6	-6	-72	-420	-5 634	-34	-449
	44	-270	-3 729	-4	-50	-2	-34	-339	-5 161	154	13
	43	-276	-3 813	-4	-55	-4	-57	-409	-6 139	308	26
31	42	-270	-3 729	-4	-50	34	2	5 161	339	154	13
	45	-270	-3 729	-4	-50	-2	-34	5 161	339	-13	-154
	26	-38	-363	118	6	-6	-72	5 634	420	449	34
	30	-38	-363	118	6	72	6	5 634	420	-34	-449
32	44	-270	-3 729	-4	-50	-2	-34	-339	-5 161	154	13
	46	-270	-3 729	-4	-50	34	2	-339	-5 161	-13	-154
	45	-270	-3 729	-4	-50	-2	-34	5 161	339	-13	-154
	42	-270	-3 729	-4	-50	34	2	5 161	339	154	13
33	14	-38	-363	118	6	-6	-72	-420	-5 634	-34	-449
	18	-38	-363	118	6	72	6	-420	-5 634	449	34
	46	-270	-3 729	-4	-50	34	2	-339	-5 161	-13	-154
	44	-270	-3 729	-4	-50	-2	-34	-339	-5 161	154	13
34	45	-270	-3 729	-4	-50	-2	-34	5 161	339	-13	-154
	47	-276	-3 813	-4	-55	-4	-57	6 139	409	-26	-308
	7	-43	-424	189	11	-12	-166	8 242	617	897	68
	26	-38	-363	118	6	-6	-72	5 634	420	449	34
35	46	-270	-3 729	-4	-50	34	2	-339	-5 161	-13	-154
	48	-276	-3 813	-4	-55	57	4	-409	-6 139	-26	-308
	47	-276	-3 813	-4	-55	-4	-57	6 139	409	-26	-308
	45	-270	-3 729	-4	-50	-2	-34	5 161	339	-13	-154
36	18	-38	-363	118	6	72	6	-420	-5 634	449	34
	6	-43	-424	189	11	166	12	-617	-8 242	897	68
	48	-276	-3 813	-4	-55	57	4	-409	-6 139	-26	-308
	46	-270	-3 729	-4	-50	34	2	-339	-5 161	-13	-154

7.2. Soletta copertura

Nodo	ARMATURA NECESSARIA				ARMATURA PROGETTO				x	y
	AxSup [cm ²]	AySup [cm ²]	AxInf [cm ²]	AyInf [cm ²]	AxSup [cm ²]	AySup [cm ²]	AxInf [cm ²]	AyInf [cm ²]		
41	0,01	-	0,06	0,47	2,51	3,93	2,51	10,05	0,00	1,17
42	-	-	0,04	0,44	2,51	3,93	2,51	10,05	0,33	1,17
30	0,20	0,04	-	0,10	2,51	3,93	2,51	10,05	0,33	1,76
8	0,37	0,13	-	0,21	2,51	3,93	2,51	10,05	0,00	1,76
43	-	-	0,01	0,42	2,51	3,93	2,51	10,05	0,00	0,59
44	-	-	0,01	0,41	2,51	3,93	2,51	10,05	0,33	0,59
5	0,20	-	-	0,07	2,51	3,93	2,51	10,05	0,00	0,00
14	0,13	-	-	0,06	2,51	3,93	2,51	10,05	0,33	0,00
45	-	-	0,01	0,41	2,51	3,93	2,51	10,05	0,67	1,17
26	0,13	-	-	0,06	2,51	3,93	2,51	10,05	0,67	1,76
46	-	-	0,04	0,44	2,51	3,93	2,51	10,05	0,67	0,59
18	0,20	0,04	-	0,10	2,51	3,93	2,51	10,05	0,67	0,00
47	-	-	0,01	0,42	2,51	3,93	2,51	10,05	1,00	1,17
7	0,20	-	-	0,07	2,51	3,93	2,51	10,05	1,00	1,76
48	0,01	-	0,06	0,47	2,51	3,93	2,51	10,05	1,00	0,59
6	0,37	0,13	-	0,21	2,51	3,93	2,51	10,05	1,00	0,00

7.3. Soletta fondazione

Nodo	ARMATURA NECESSARIA				ARMATURA PROGETTO				x	y
	AxSup [cm ²]	AySup [cm ²]	AxInf [cm ²]	AyInf [cm ²]	AxSup [cm ²]	AySup [cm ²]	AxInf [cm ²]	AyInf [cm ²]		
33	0,08	3,23	-	-	2,51	5,65	2,51	3,93	0,00	1,17
34	0,09	3,13	-	-	2,51	5,65	2,51	3,93	0,33	1,17
27	0,41	2,51	-	-	2,51	5,65	2,51	3,93	0,33	1,76
2	0,42	2,63	-	-	2,51	5,65	2,51	3,93	0,00	1,76
35	0,18	3,33	-	-	2,51	5,65	2,51	3,93	0,00	0,59
36	0,14	3,18	-	-	2,51	5,65	2,51	3,93	0,33	0,59
1	0,70	2,92	-	-	2,51	5,65	2,51	3,93	0,00	0,00
9	0,49	2,60	-	-	2,51	5,65	2,51	3,93	0,33	0,00
37	0,14	3,18	-	-	2,51	5,65	2,51	3,93	0,67	1,17
21	0,49	2,60	-	-	2,51	5,65	2,51	3,93	0,67	1,76
38	0,09	3,13	-	-	2,51	5,65	2,51	3,93	0,67	0,59
15	0,41	2,51	-	-	2,51	5,65	2,51	3,93	0,67	0,00
39	0,18	3,33	-	-	2,51	5,65	2,51	3,93	1,00	1,17
4	0,70	2,92	-	-	2,51	5,65	2,51	3,93	1,00	1,76
40	0,08	3,23	-	-	2,51	5,65	2,51	3,93	1,00	0,59
3	0,42	2,63	-	-	2,51	5,65	2,51	3,93	1,00	0,00

7.4. Pareti laterali

Caratteristiche della sezione

Nome della sezione:

Sezione

Area: 2 000,00 cm²

Materiale della sezione: C25/30

Materiale delle armature: B450C

Normativa di riferimento:

Stati limite Norme Tecniche 2008



Dati geometrici della sezione

Coordinata baricentrica	xG = 0,00 cm	Coordinata baricentrica	yG = 0,00 cm
Momento statico asse x	Sx = 0,00 cm ³	Momento statico asse y	Sy = 0,00 cm ³
Momento d'inerzia asse x	Ix = 1 666 666,69 cm ⁴	Momento d'inerzia asse y	Iy = 66 666,67 cm ⁴
Momento d'inerzia asse principale 1	I1 = 1 666 666,69 cm ⁴	Momento d'inerzia asse principale 2	I2 = 66 666,67 cm ⁴
Rotazione dell'asse principale 1	α1 = 0,00 °	Rotazione dell'asse principale 2	α2 = 90,00 °
Raggio d'inerzia asse principale 1	i1 = 28,87 cm	Raggio d'inerzia asse principale 2	i2 = 5,77 cm
Momento d'inerzia polare	Ixy = 0,00 cm ⁴	Momento d'inerzia torsionale	It = 232 500,01 cm ⁴

Sollecitazioni

Carichi Stato Limite Ultimo

Combinazione	Azione assiale N [daN]	Taglio Tx [daN]	Taglio Ty [daN]	Momento flettente Mx [daN m]	Momento flettente My [daN m]	Momento torcente Mt [daN m]
1	-764	0	0	0	0	0
2	-8 434	0	0	0	0	0
3	-473	0	0	0	0	0
4	-7 293	0	0	0	0	0

Carichi Stato Limite di Esercizio

Combinazione	Azione assiale N [daN]	Momento flettente Mx [daN m]	Momento flettente My [daN m]	Condizione di esercizio	Aggressività ambiente
1	-764	0	0	rara	bassa
2	-5 724	0	0	rara	bassa
3	-473	0	0	rara	bassa
4	-4 925	0	0	rara	bassa
5	-764	0	0	quasi perm.	bassa
6	-2 252	0	0	quasi perm.	bassa
7	-473	0	0	quasi perm.	bassa
8	-1 809	0	0	quasi perm.	bassa

3.1 Stato limite ultimo: resistenza ad azione assiale e flettente (cfr. NTC2008 - § 4.1.2.1.2.4)

Verifica a semplice azione assiale

	NEd [daN]	NRd [daN]	Verifica
A	-764	-257 231	ok
B	-8 434	-257 231	ok
C	-473	-257 231	ok
D	-7 293	-257 231	ok

NEd: azione assiale sollecitante (negativa a compressione, positiva a trazione) **NRd:** azione assiale resistente (cfr. Circolare 617/09 formula C 4.1.4)

3.2 Stati limite di esercizio: tensioni di esercizio e fessurazione (cfr. NTC2008 - § 4.1.2.2)

Verifica tensioni di esercizio (cfr. NTC2008 - § 4.1.2.2.5)

	Combinazione	NEd [daN]	MEd,x [daN m]	MEd,y [daN m]	σc [daN/cm ²]	σc,limite [daN/cm ²]	Verifica I	σs,trazione [daN/cm ²]	σs,comp [daN/cm ²]	σs,limite [daN/cm ²]	Verifica II
A	Rara	-764	0	0	-0,4	149,4	ok	-5,4	-5,4	3 600,0	ok
B	Rara	-5 724	0	0	-2,7	149,4	ok	-40,5	-40,5	3 600,0	ok
C	Rara	-473	0	0	-0,2	149,4	ok	-3,3	-3,3	3 600,0	ok
D	Rara	-4 925	0	0	-2,3	149,4	ok	-34,8	-34,8	3 600,0	ok
E	Quasi permanente	-764	0	0	-0,4	112,1	ok	-5,4	-5,4	-	-
F	Quasi permanente	-2 252	0	0	-1,1	112,1	ok	-15,9	-15,9	-	-
G	Quasi permanente	-473	0	0	-0,2	112,1	ok	-3,3	-3,3	-	-
H	Quasi permanente	-1 809	0	0	-0,9	112,1	ok	-12,8	-12,8	-	-

NEd: azione assiale sollecitante (negativa a compressione, positiva a trazione)

MEd,x: momento sollecitante attorno all'asse X

MEd,y: momento sollecitante attorno all'asse Y

σc: massima tensione di compressione nel calcestruzzo

σc,limite: tensione limite di compressione nel calcestruzzo

σs,trazione: massima tensione di trazione nelle barre di acciaio

σs,compressione: massima tensione di compressione nelle barre di acciaio

σs,limite: tensione limite nelle barre di acciaio

Verifica I: tensione massima nel calcestruzzo (cfr. NTC2008 form.4.1.40/41)

Verifica II: tensione massima nelle barre di acciaio (cfr. NTC2008 form.4.1.42)

Verifica allo stato limite di fessurazione: apertura delle fessure (cfr. NTC2008 - § 4.1.2.2.4)

	Combinazione	N [daN]	MEd,x [daN m]	MEd,y [daN m]	εsm [mm]	Δsm [mm]	Wm [mm]	Wd [mm]	Wlim [mm]	Verifica
E	Quasi permanente	-764	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	ok
F	Quasi permanente	-2 252	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	ok
G	Quasi permanente	-473	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	ok
H	Quasi permanente	-1 809	0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	ok

NEd: azione assiale sollecitante (negativa a compressione, positiva a trazione)

MEd,x: momento sollecitante attorno all'asse X

MEd,y: momento sollecitante attorno all'asse Y

εsm: deformazione unitaria media delle barre di armatura

Verifica: tensione massima nel calcestruzzo (cfr. NTC2008 form.4.1.40/41)

Δsm: distanza media tra le fessure

Wm: ampiezza media delle fessure

Wd: ampiezza di calcolo delle fessure

Wlim: ampiezza nominale delle fessure (w1, w2, w3)