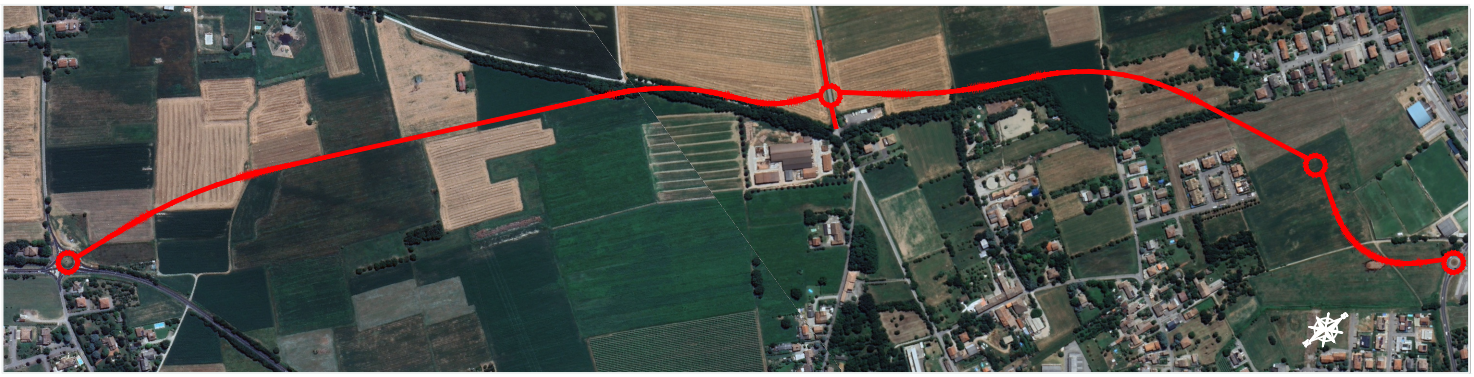
I contenuti del presente elaborato sono protetti ai sensi del c.c artt. 2575/25/78 e della Legge 633/41

Provincia di
REGGIO EMILIA

Corso Garibaldi, 59 - 42100 Reggio Emilia
Tel 0522 444111 - Fax 0522 451676
E-mail: info@provincia.re .it
Web: http://www.provincia.re.it



COLLEGAMENTO TRA LE TANGENZIALI DI BARCO E BIBBIANO STRADA PROVINCIALE n° 22 BARCO BIBBIANO - S. POLO 1 E 2 LOTTO - CIG B13D039CA8

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

TITOLO:	CODIFICA:
RELAZIONE GENERALE DELLE STRUTTURE	PF ST 01
	Scala : ---

DIRIGENTE del SERVIZIO INFRASTRUTTURE, MOBILITA' SOSTENIBILE E PATRIMONIO: ***Dott. Ing. Valerio Bussei - Prov. di Reggio Emilia***

RESPONSABILE UNICO del PROCEDIMENTO: ***Dott. Ing. Maurizio La Macchia***

P R O F E S S I O N I S T I

IS Ingegneria e Servizi S.R.L.
Via Guglielmo Pepe n. 25
41126 MODENA -Tel. 059 350060
Mail: info@ingegneriaeservizi.it
Pec: is-modena@pec.it

IS - INGEGNERIA e SERVIZI S.r.l.

Dott. Ing. Sergio Violetta (Direttore Tecnico)
Geom. Tiziano Cavani - Dott. Ing. Manuela Soli
Dott. Ing. Elisa Moruzzi - Ing. Claudio Arnò
Geol. Claudio Preci

Collaborazioni
Geom. Serena Nannini - Ing. Elisa Barazzuolo
Dott. Ing. Davide di Lorenzo

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
01	Ottobre 2025	Recepimento osservazioni Conferenza dei Servizi	D. DI LORENZO	M. SOLI	S. VIOLETTA
00	Settembre 2024	Emissione	D. DI LORENZO	M. SOLI	S. VIOLETTA

INDICE

1. PREMESSA 2

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE 3

3. DECRIZIONE DEGLI INTERVENTI 4

3.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 4

3.2 SCATOLARI IDRAULICI IN C.A. 4

4. ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE 5

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E SISMICO 5

4.2 SCELTE STRUTTURALI 5

4.3 DURABILITA' E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI 5

4.3.1 Copriferro minimo e copriferro nominale 6

4.4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI 7

4.5 AZIONE SISMICA 8

4.6 CRITERI DI CALCOLO 9

4.7 ANALISI E RISULTATI 12

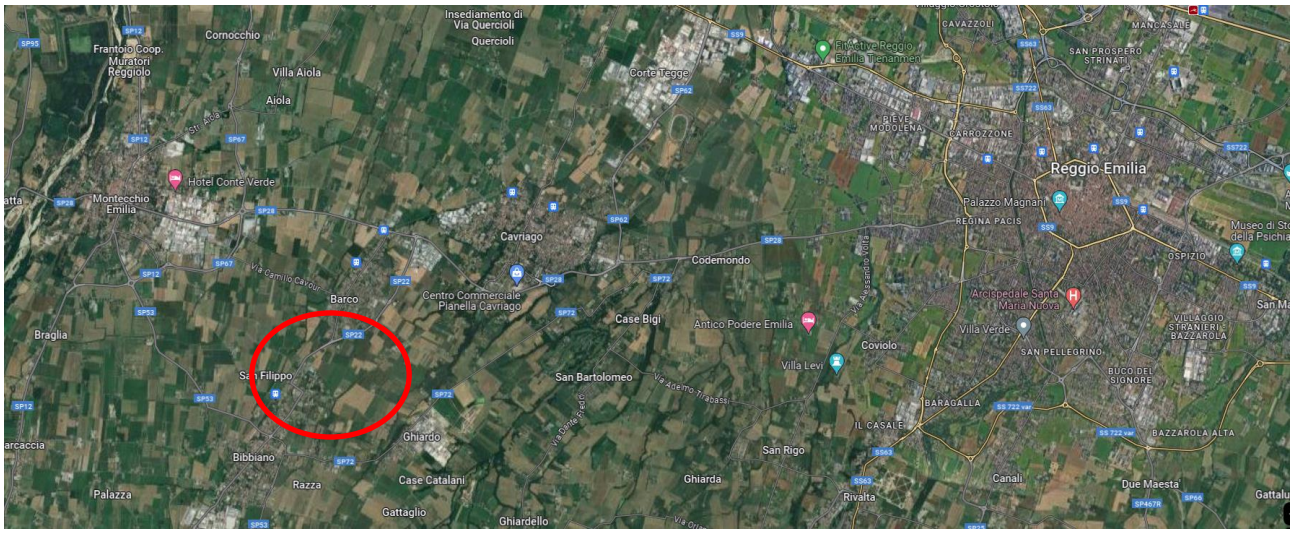
1. PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Provinciale di Reggio Emilia si è proceduto alla redazione del progetto di fattibilità tecnico-economica in merito alla costruzione della tangenziale di collegamento tra le frazioni di Barco e Bibbiano in provincia di Reggio Emilia.
Il tratto oggetto dell'intervento si sviluppa per una lunghezza di circa 2.50 Km e presenta diversi manufatti, tra cui tombini in ca per il deflusso delle acque meteoriche e muri di sostegno presenti all'imbocco e allo sbocco di quest'ultimi.

Nella seguente relazione generale delle strutture si descrivono i parametri generali e le scelte progettuali adottate per la progettazione delle strutture presenti lungo il tracciato e precedentemente citate; illustrate in maniera più dettagliata nei tabulati di calcolo e negli elaborati grafici allegati.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La tangenziale di collegamento si trova tra le località di Barco e Bibbiano e si sviluppa dalla rotatoria di Via Canusina(Latitudine: 44.66562 Longitudine: 10.47964) alla rotatoria di incrocio tra Via Petro Nenni e Via Dante Alighieri (Latitudine: 44.68228 Longitudine: 10.49697).
Il tratto oggetto dell'intervento si sviluppa per una lunghezza di circa 2.50 Km e si riporta di seguito un'immagine della sua ubicazione:



Area oggetto di intervento

3. DECRIZIONE DEGLI INTERVENTI

3.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

I calcoli eseguiti per i manufatti in c.a. sono condotti nel pieno rispetto della normativa vigente e, in particolare, la normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo, verifica e progettazione è costituita dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con il D.M. 17/01/2018.
Nonchè la Circolare del Ministero Infrastrutture e Trasporti del 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".

3.2 SCATOLARI IDRAULICI IN C.A.

Il tratto stradale di progetto presenta diversi manufatti in c.a. e tra questi sono presenti due scatolari idraulici prefabbricati e i quattro muri di sostegno nelle sezioni di imbocco e sbocco dei due scatolari in ca.
Percorrendo il tracciato dalla rotatoria il località Barco alla rotatoria in località Bibbiano sono presenti i seguenti scatolari:

- SCATOLARE 1: è uno scatolare prefabbricato avente uno sviluppo longitudinale totale di circa 136 m ed è costituito da tubi rettangolari armati di lunghezza 2.00 m, giuntati tra loro, e di dimensioni interne 2.00x2.00 m.
  I tubi rettangolari sono costituiti da una soletta superiore, una soletta inferiore e due piedritti laterali in ca di classe C40/50 e tutti presentano uno spessore di 0.18 m.
  I ricoprimenti minimo e massimo di terreno presenti al di sopra della soletta superiore dello scatolare e in corrispondenza della nuova strada di progetto, hanno un'altezza rispettivamente di 1.11 e 1.85 m e tali valori soddisfano il rinterro minimo necessario di 0.10 m.
- SCATOLARE 2: è uno scatolare prefabbricato avente uno sviluppo longitudinale totale di circa 58 m ed è costituito da tubi rettangolari armati di lunghezza 2.00 m, giuntati tra loro, e di dimensioni interne 2.00x2.00 m.
  I tubi rettangolari sono costituiti da una soletta superiore, una soletta inferiore e due piedritti laterali in ca di classe C40/50 e tutti presentano uno spessore di 0.18 m.
  I ricoprimenti minimo e massimo di terreno presenti al di sopra della soletta superiore dello scatolare e in corrispondenza della nuova strada di progetto, hanno un'altezza rispettivamente di 0.66 e 0.70 m e tali valori soddisfano il rinterro minimo necessario di 0.10 m.

Tali tombini idraulici, costituiti da tubi rettangolari armati prefabbricati, si sviluppano in direzione trasversale all'asse della nuova strada con diverse iclinazioni.
Tali tombini dovranno resistere al peso del terreno di ricoprimento e ad un carico carrabile di prima categoria.
Maggiori informazioni sulle caratteristiche geometriche e prestazionali dei tombini sono presenti negli elaborati grafici allegati al presente progetto.

All'imbocco e allo sbocco degli scatolari idraulici sono presenti quattro muri di sostegno e per il loro dimensionamento è stato utilizzato quello che presenta l'altezza del paramento verticale maggiore, a favore di sicurezza.

4. ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E SISMICO

Questo paragrafo è volto a fornire una sintesi della "Relazione geologica e sismica" allegata al presente progetto, redatta dal Dott. Geologo Preci Claudio.
Ciò servirà a chiarire la situazione geologica del luogo e i parametri del sottosuolo da utilizzare per il dimensionamento e la verifica delle fondazioni dei manufatti in c.a.
Informazioni più dettagliate in merito alla stratigrafica del terreno sono contenute nella Relazione Geologica Sismica allegata.
In base all'elaborazione delle indagini effettuate, la stratigrafia dell'area risulta costituita da depositi alluvionali prevalentemente coesivi con caratteri di sovraconsolidazione, tipici dei paleosuoli della zona in esame e formati da alternanze di terreni limo-argillosi da plastici a molto consistenti, intercalati da livelli di sabbie grossolane/ghiaietto fine in matrice limo-argillosa, che possono ricoprire orizzonti di ghiaie addensate a partire dalla profondità di –5/-6 m dal piano campagna.
Il livello della falda libera superficiale non è stato individuato per risalita all'interno dei fori di prova, in quanto inferiore alla massima profondità raggiunta dalle indagini (maggio 2024). Si possono comunque verificare escursioni del livello piezometrico in senso positivo o negativo, legate alla normale variabilità stagionale o a eventi meteorici eccezionali.
Per quanto concerne la classificazione sismica del terreno, viste le caratteristiche geologiche esistenti, si classifica il terreno come di tipo "C".
Si riporta di seguito una tabella di sintesi dei principali parametri geotecnici del terreno:

SINTESI PRINCIPALI PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

Unità	Profondità -m da p.c.	γt_k (kg/m³)	$\gamma' t_k$ (kg/m³)	Cu_k (kg/cm²)	$\varphi°_k$	Densità Dr%	Ed_k (kg/cm²)
1	0 - 0.80	cotica erbosa e terreno vegetale					
2	0.80 - 4	1870	1460	0.52	19	21	62
3	4 - 8	1900	1650	0.80	21	46	100

Essendo le quote di posa del piano di fondazione ad un livello superiore rispetto alla falda, gli scatolari e i muri di sostegno non risultano essere influenzati dalla stessa.
Le verifiche specifiche saranno condotte nel pieno rispetto dei dati geologici forniti nella "Relazione geologica" allegata al presente progetto.

4.2 SCELTE STRUTTURALI

Gli scatolari idraulici prefabbricati sono stati progettati in funzione dei carichi variabili da traffico previsti per i ponti di prima categoria, dei ricoprimenti presenti e per consentire il flusso delle acque meteoriche.
Mentre, come tipologia di muri di sostegno è stata adottata la configurazione muro di sostegno a mensola con fondazione superficiale per tutti e quattro i muri di sostegno.
I muri di sostegno presenti all'imbocco e allo sbocco dello scatolare 1 presentano un paramento in elevazione di spessore costante 0.35 m e con altezza del paramento in elevazione di 3.40 m; con una base di fondazione di lunghezza 3.35 m e spessore 0.45 m.
I muri di sostegno presenti all'imbocco e allo sbocco dello scatolare 2 presentano una base di fondazione di dimensioni coincidenti con i muri precedenti; mentre il paramento in elevazione presenta sempre uno spessore di 0.35 m, ma un'altezza di 2.85 m.

4.3 DURABILITA' E PRESCRIZIONI SUI MATERIALI

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte alle azioni ambientali, si devono adottare opportuni provvedimenti atti a limitare gli effetti di degrado indotti dall'attacco chimico, fisico e derivante dalla corrosione delle armature e dai cicli di gelo e disgelo. Al fine di ottenere la prestazione richiesta in funzione delle condizioni ambientali, nonché per definire correttamente la classe di esposizione, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e alle norme UNI EN 206-1:2006 e UNI 11104:2004.
Per le opere oggetto della presente relazione la classe di esposizione è la XC2.

Condizioni ambientali	Classe di esposizione
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Tabella 1 – Descrizione delle condizioni ambientali

Si assume quindi che le condizioni ambientali siano "ordinarie".
Nella tabella seguente sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle condizioni ambientale e al tipo di armatura (poco sensibile).

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	wd	Stato limite	wd
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Le massime aperture ammissibili risultano quindi per un ambiente ordinario ed armature poco sensibili:

- $w_k \leq w_3 = 0.40$ mm nelle combinazioni di carico frequenti
- $w_k \leq w_2 = 0.30$ mm nelle combinazioni di carico quasi permanenti

Per quanto concerne le verifiche delle tensioni di esercizio si deve avere:

- $\sigma c < 0.45$ fck nelle combinazioni di carico quasi permanenti ;
- $\sigma c < 0.60$ fck, e $\sigma s < 0.80$ fyk nelle combinazioni di carico rare.

4.3.1 Copriferro minimo e copriferro nominale

Per preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale è stato previsto un idoneo copriferro valutato in accordo con l'Eurocodice 2 (UNI EN 1992-1-1).
Come descritto in precedenza, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche, le condizioni ambientali possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione alle classi di esposizione; in particolare, la Circolare n. 617 del 02/02/2009 esplicativa delle NTC, riferendosi alle tre condizioni ambientali fornisce i valori minimi dei copriferri (tab. II), espressi in mm e distinti in funzione del tipo di armatura, barre da c.a. o cavi aderenti da c.a.p. (fili, trecce e trefoli), e del tipo di elemento, a piastra (solette, pareti) o monodimensionale (travi, pilastri, ecc.). Segue la tabella in oggetto:

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
C_{min}	C_o	ambiente	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} \leq C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Per ciascun elemento si definiscono, in funzione di C_{min} (classe di resistenza minima del calcestruzzo) e C0 (classe di resistenza ordinaria del calcestruzzo), i copriferri minimi per costruzioni con vita nominale di 50 anni. Per costruzioni con vita nominale di 100

anni i valori riportati vanno aumentati di 10 mm. A tali valori di tabella, vanno, inoltre, aggiunte le tolleranze di posa, pari a ± 10 mm. Per le classi di resistenza del calcestruzzo inferiori ai C_{min} indicati in tabella, i valori riportati sono da aumentare di 5 mm. Nel caso specifico, poi, di produzioni di elementi sottoposti a controllo di qualità che preveda anche la verifica dei copriferri, i valori della tabella possono essere ridotti di 5 mm. In generale, dunque, ogni barra di armatura deve essere protetta dal prescritto spessore di copriferro di calcestruzzo, valutato secondo la seguente relazione:

$C_{nominale} = C_{DM} + DC_{vita\ utile} + C_{tolleranza}$

Per la struttura in questione si deve avere un copriferro minimo di 20 mm.
A tale valore va aggiunta la toleranza di posa (paragrafo C4.1.6.1.3).

Considerati tutti gli aspetti di cui sopra e che le verifiche si effettuano in ambiente ordinario, si adotta un copriferro minimo pari a 30 mm per tutte le parti di struttura.

4.4 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Calcestruzzo per muri di sostegno

Per la realizzazione dei muri di sostegno e del pozzetto in ca gettato in opera, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo in classe Rck ≥30 N/mm² (**C25/30**) che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza a compressione (cilindrica)	→	$f_{ck} = 0.83*R_{ck}$	= 24.90	N/mm²
Resistenza di calcolo a compressione	→	$f_{cd} = \alpha_{cc}* f_{ck}/\gamma_c = 0.85* f_{ck}/1.5$	= 14.11	N/mm²
Resistenza di calcolo a compressione elastica	→	$\sigma_c = 0.60* f_{ck}$	= 14.94	N/mm²
Resistenza a trazione media	→	$f_{ctm} = 0.30* f_{ck}^{2/3}$	= 2.56	N/mm²
Resistenza a trazione	→	$f_{ctk} = 0.7* f_{ctm}$	= 1.79	N/mm²
Resistenza a trazione di calcolo	→	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	= 1.19	N/mm²
Resistenza a compressione (comb. Rara)	→	$\sigma_c = 0.60* f_{ck}$	= 14.94	N/mm²
Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)	→	$\sigma_c = 0.45* f_{ck}$	= 11.21	N/mm²

Calcestruzzo per scatolari

Per la realizzazione dei muri di sostegno e del pozzetto in ca gettato in opera, si prevede l'utilizzo di calcestruzzo in classe Rck ≥50 N/mm² (**C40/50**) che presenta le seguenti caratteristiche:

Resistenza a compressione (cilindrica)	→	$f_{ck} = 0.83*R_{ck}$	= 41.50	N/mm²
Resistenza di calcolo a compressione	→	$f_{cd} = \alpha_{cc}* f_{ck}/\gamma_c = 0.85* f_{ck}/1.5$	= 23.52	N/mm²
Resistenza di calcolo a compressione elastica	→	$\sigma_c = 0.60* f_{ck}$	= 24.90	N/mm²
Resistenza a trazione media	→	$f_{ctm} = 0.30* f_{ck}^{2/3}$	= 3.60	N/mm²
Resistenza a trazione	→	$f_{ctk} = 0.7* f_{ctm}$	= 2.52	N/mm²
Resistenza a trazione di calcolo	→	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	= 1.68	N/mm²
Resistenza a compressione (comb. Rara)	→	$\sigma_c = 0.60* f_{ck}$	= 24.90	N/mm²
Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)	→	$\sigma_c = 0.45* f_{ck}$	= 18.68	N/mm²

Acciaio per cemento armato

Per le armature metalliche si adottano tondini in acciaio del tipo B450C controllato in stabilimento che presentano le seguenti caratteristiche:

Proprietà	Requisito
Limite di snervamento f_y	≥450 MPa
Limite di rottura f_t	≥540 MPa
Allungamento totale al carico massimo A_{gt}	≥7.5%
Rapporto f_t/f_y	$1,15 \le R_m/R_e \le 1,35$
Rapporto $f_{y\ misurato}/ f_{y\ nom}$	≤ 1,25

Tensione di snervamento caratteristica	→	f_{yk}	≥	450	N/mm²
Tensione caratteristica a rottura	→	f_{tk}	≥	540	N/mm²
Tensione in condizione di esercizio (comb. Rara)	→	σ_s =0.80* f_{yk}	=	360	N/mm²
Fattore di sicurezza acciaio	→	γ_s	=	1.15	
Resistenza a trazione di calcolo	→	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	=	391.30	N/mm²

Composizione del calcestruzzo

La tipologia di calcestruzzo risulta conforme alla norma UNI 11104:2004 e EN 206-1:2006.

Muri di sostegno:

- Resistenza caratteristica Rck: C 25/30 Mpa
- Classe di esposizione: XC2
- Rapporto a/c max: 0.60
- Copriferro: 30 mm

Scatolari idraulici prefabbricati:

- Resistenza caratteristica Rck: C 40/50 Mpa
- Classe di esposizione: XC2
- Rapporto a/c max: 0.60
- Copriferro: 30 mm

Acciaio d'armatura:

- Acciaio per reti elettrosaldate ad aderenza migliorata B450C
- B450C saldabile per Ø<26 mm
- Fy/fyk < 1.35; (ft/fy) medio > 1.13
- fy = singolo valore di snervamento

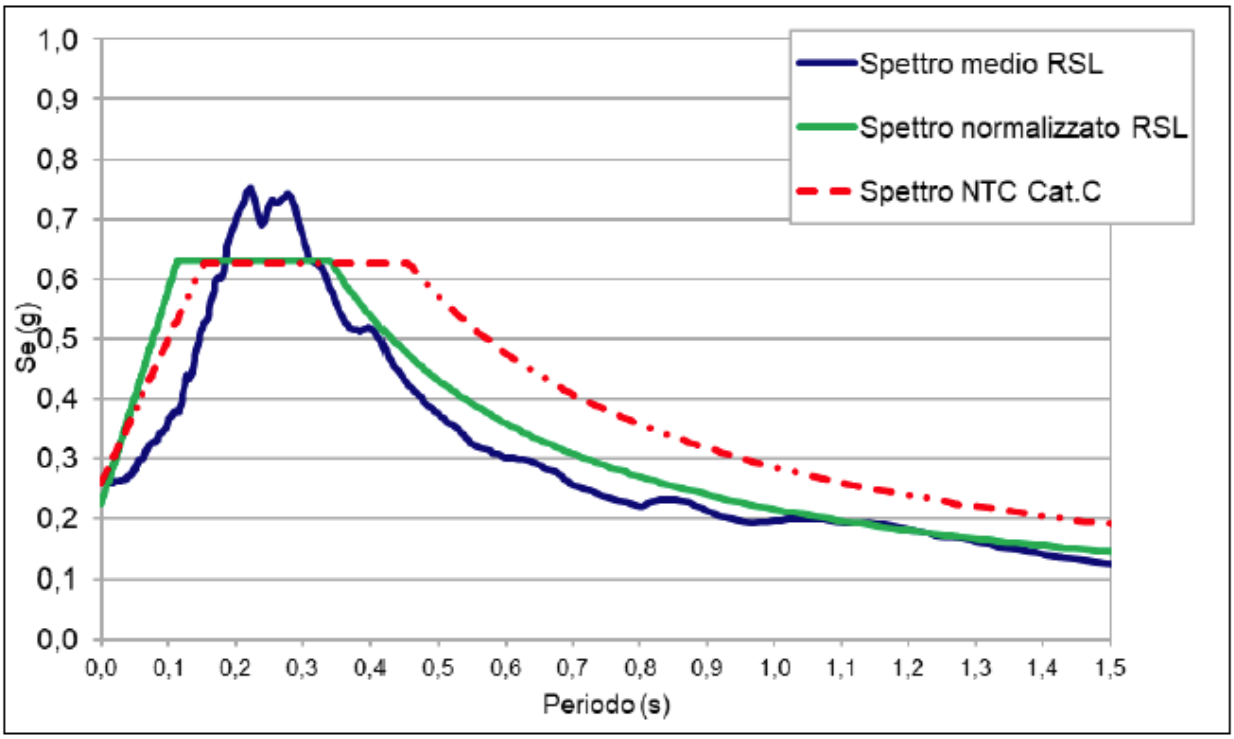
4.5 AZIONE SISMICA

L'effetto dell'azione sismica di progetto sull'opera nel suo complesso, includendo il volume significativo di terreno, la struttura di fondazione, gli elementi strutturali e non strutturali, nonché gli impianti, deve rispettare gli stati limite ultimi e di esercizio definiti al § 3.2.1, i cui requisiti di sicurezza sono indicati nel § 7.1 della norma.
Per Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) si intende che l'opera a seguito del terremoto subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali e impiantistici e significativi danni di componenti strutturali, cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali (creazione di cerniere plastiche secondo il criterio della gerarchia delle resistenze), mantenendo ancora un margine di sicurezza (resistenza e rigidezza) nei confronti delle azioni verticali.
In merito alle opere scatolari di cui trattasi, nel rispetto del punto § 7.9.2., assimilando l'opera scatolare alla categoria delle spalle da ponte, rientrando tra le opere che si muovono con il terreno (§ 7.9.2.1), si può ritenere che la struttura debba mantenere sotto l'azione sismica un comportamento elastico; queste categorie di opere che si muovono con il terreno non subiscono le amplificazioni dell'accelerazione del suolo.
Per la definizione dell'azione sismica occorre definire il periodo di riferimento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato.
Le opere scatolari in esame ricadono fra quelle che appartengono alla Classe d'Uso III in quanto connesse alla realizzazione di una nuova strada extraurbana secondaria di categoria C2; per cui la vita nominale (V_N) delle opere è stata assunta pari a 50 anni e la classe d'uso riporta un coefficiente d'uso C_u = 1.5.
Maggiori informazioni relative all'entità dell'azione sismica utilizzata per il dimensionamento delle strutture presenti lungo il tracciato sono riportate nella relazione di calcolo.

Analisi di RSL di Terzo Livello

Data la Classe d'Uso adottata per il tracciato in oggetto sono state effettuate delle analisi di terzo livello per valutare la Risposta Sismica Locale (RLS).
I risultati della Risposta Sismica Locale sono contenuti nella Relazione Geologica redatta dal Dott. Geol. Claudio Preci.

Si riporta comunque un estratto per evidenziarne l'esito.



Lo spettro RSL definisce un'azione sismica orizzontale mediamente inferiore rispetto a quanto derivabile secondo approccio semplificato NTC2018 per una categoria di sottosuolo di tipo C e per la classe d'uso III.
In forza di ciò risulta ragionevole e cautelativo adottare, ai fini di progettazione, l'azione sismica derivabile secondo approccio semplificato (categorie di sottosuolo) come esplicitato da normativa tecnica NTC2018.

4.6 CRITERI DI CALCOLO

In ottemperanza al D.M. del 17.01.2018 (Norme tecniche per le costruzioni), i calcoli sono condotti con il metodo semiprobabilistico agli stati limite.
Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezzain conformità a quanto prescritto al cap. 5 delle NTC 2018.

Combinazioni per la verifica allo SLU

Le verifiche agli stati limite ultimi sono eseguiti in riferimento ai seguenti stati limite:
- Stato limite di resistenza del terreno (GEO);
- Stato limite di equilibrio come corpo rigido (EQU) ;
- Stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi strutturali (STR).

Nel paragrafo 6.4.2.1., la NTC 2018 stabilisce che le verifiche strutturali e geotecniche per le fondazioni superficiali devono essere eseguite con l'Approccio 2 (A1+M1+R3), per quanto riguarda la parte in elevazione non c'è alcuna differenza tra Approccio 1 e 2 in quanto i coefficienti più gravosi risultano essere in entrambi i casi A1 e M1.
Le verifiche delle fondazioni e dell'elevazione saranno quindi condotte unicamente con l'approccio progettuale "Approccio 2", utilizzando i coefficienti parziali riportati nella tabella seguente.
Nell' "Approccio 2" si impiega una combinazione di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1), per la resistenza dei materiali (M1) e, eventualmente, per la resistenza globale del sistema (R3).

Per i coefficienti parziali γ_M per i parametri geotecnici e i coefficienti γ_R che operano direttamente sulla resistenza globale di opere e sistemi geotecnici si veda il capitolo 6 delle Norme Tecniche 2018.

I coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico SLU e i coefficienti ψ di combinazione per tutte le combinazioni sono riportati rispettivamente nelle tabele 5.1.V e 5.1.VI:

Tab. 5.1.V – *Coefficienti parziali di sicurezza per le combinazioni di carico agli SLU*

		Coefficiente	EQU[1]	A1	A2
Azioni permanenti g_1 e g_3	favorevoli sfavorevoli	γ_{G1} e γ_{G3}	0,90 1,10	1,00 1,35	1,00 1,00
Azioni permanenti non strutturali [2] g_2	favorevoli sfavorevoli	γ_{G2}	0,00 1,50	0,00 1,50	0,00 1,30
Azioni variabili da traffico	favorevoli sfavorevoli	γ_Q	0,00 1,35	0,00 1,35	0,00 1,15
Azioni variabili	favorevoli sfavorevoli	γ_{Qi}	0,00 1,50	0,00 1,50	0,00 1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{\varepsilon 1}$	0,90 1,00[3]	1,00 1,00[4]	1,00 1,00
Ritiro e viscosità, Cedimenti vincolari	favorevoli sfavorevoli	$\gamma_{\varepsilon 2}$, $\gamma_{\varepsilon 3}$, $\gamma_{\varepsilon 4}$	0,00 1,20	0,00 1,20	0,00 1,00

[1] Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori della colonna A2.
[2] Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali, o di una parte di essi (ad esempio 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 validi per le azioni permanenti.
[3] 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna
[4] 1,20 per effetti locali

Tab. 5.1.VI - *Coefficienti ψ per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali*

Azioni	Gruppo di azioni (Tab. 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tab. 5.1.IV)	Schema 1 (carichi tandem)	0,75	0,75	0,0
	Schemi 1, 5 e 6 (carichi distribuiti	0,40	0,40	0,0
	Schemi 3 e 4 (carichi concentrati)	0,40	0,40	0,0
	Schema 2	0,0	0,75	0,0
	2	0,0	0,0	0,0
	3	0,0	0,0	0,0
	4 (folla)	--	0,75	0,0
	5	0,0	0,0	0,0
Vento	a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	in esecuzione	0,8	0,0	0,0
	a ponte carico SLU e SLE	0,6	0,0	0,0
Neve	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	in esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	SLU e SLE	0,6	0,6	0,5

La combinazioni utilizzate per le verifiche agli stati limite ultimi sono la combinazione fondamentale e la combinazione eccezionale:

$\gamma_{G1}\times G_1 + \gamma_{G2}\times G_2 + \gamma_P\times P + \gamma_{Q1}\times Q_{k1} + \gamma_{Q2}\times\psi_{02}\times Q_{k2} + \gamma_{Q3}\times\psi_{03}\times Q_{k3} + \ldots$ (2.5.1) *COMBINAZIONE FONDAMENTALE*

$G_1 + G_2 + P + Ad + \psi_{21}\times Q_{k1} + \psi_{22}\times Q_{k2} + \psi_{23}\times Q_{k3} + \ldots$ (2.5.6) *COMBINAZIONE ECCEZIONALE*

Combinazioni per la verifica allo SLE

Ai fini delle verifiche degli stati limite di esercizio (fessurazione/ stato tensionale) si definiscono le seguenti combinazioni:

$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02}\times Q_{k2} + \psi_{03}\times Q_{k3} + \ldots$ (2.5.2) *COMBINAZIONE RARA*

$G_1 + G_2 + P + \psi_{11}\times Q_{k1} + \psi_{22}\times Q_{k2} + \psi_{23}\times Q_{k3} + \ldots$ (2.5.3) *COMBINAZIONE FREQUENTE*

$G_1 + G_2 + P + \psi_{21}\times Q_{k1} + \psi_{22}\times Q_{k2} + \psi_{23}\times Q_{k3} + \ldots$ (2.5.4) *COMBINAZIONE QUASI PERMANENTE*

Combinazione sismica

La norma prescrive la seguente combinazione sismica:

$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21}\times Q_{k1} + \psi_{22}\times Q_{k2} + \ldots$ (2.5.5) *COMBINAZIONE SISMICA*

4.7 ANALISI E RISULTATI

Per gli scatolari idraulici prefabbricati in c.a. è stato eseguito un dimensionamento in funzione del ricoprimento presente sopra la soletta superiore e dei carichi stradali mobili presenti nella Normativa vigente e associati ai ponti di prima categoria.
Per il calcolo del dei muri di sostegno presenti ai lati degli scatolari verrà utilizzata una progettazione di una struttura a mensola in c.a. con comportamento elastico.

I risultati delle analisi rispecchiano il dimensionamento di massima effettuato a monte della progettazione.
Le sollecitazioni sono in linea con i calcoli manuali puntalmente effettuati per la verifica dell'attendibilità del codice di calcolo.
Conformi sono anche le configurazioni deformate.

Nella relazione specialistica verranno descritti più nel dettaglio i dimensionamenti, le sollecitazioni e le verifiche.