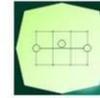


CONCEDENTE



CONCESSIONARIA



SOCIETÀ DI PROGETTO
BREBEMI SPA

CUP E3 1 B05000390007

COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE
DI CONNESSIONE TRA LE CITTA' DI
BRESCIA E MILANO

PROCEDURA AUTORIZZATIVA D. LGS 163/2006
DELIBERA C.I.P.E. DI APPROVAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO N° 19/2016

INTERCONNESSIONE A35-A4
PROGETTO ESECUTIVO

I - INTERCONNESSIONE

II - INTERCONNESSIONE A35-A4

IDA20 - ADEGUAMENTO INTERFERENZA IDRAULICA IDA20
RELAZIONE TECNICA E DI CALCOLO

PROGETTAZIONE:



VERIFICA:

IL PROGETTISTA RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE
IMPRESA RIZZAROTTI E C. S.P.A.
DOTT. ING. PIETRO MAZZOLI
ORDINE DEGLI INGEGNERI DI PARMA N. 821

IL DIRETTORE TECNICO
IMPRESA RIZZAROTTI E C. S.P.A.
DOTT. ING. SABINO DEL BALZO
ORDINE DEGLI INGEGNERI DI POTENZA N. 631

APPROVATO SDP

I.D.	IDENTIFICAZIONE ELABORATO											PROGR.		DATA:	
65684	EMITT. 04	TIPO RC	FASE E	M.A. I	LOTTO II	OPERA ID	PROC. OPERA AZO	TRATTO 00	PART. 00	PROGR. 001	PART. DOC. 00	STATO A	REV. 00	LUG 2016	SCALA:

ELABORAZIONE PROGETTUALE				REVISIONE								
IL PROGETTISTA PIACENTINI INGEGNERI S.R.L. DOTT. ING. LUCA PIACENTINI ORDINE DEGLI INGEGNERI DI BOLOGNA N. 4152				N.	REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	DATA	CONTROLLATO	DATA	APPROVATO
				A	00	EMISSIONE	29/07/2016	PIACENTINI	29/07/2016	MAZZOLI	29/07/2016	MAZZOLI

	IL CONCEDENTE 	IL CONCESSIONARIO Società di Progetto Brebemi SpA
--	--------------------------	---

IL PRESENTE DOCUMENTO NON POTRA' ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O ALTRIMENTI PUBBLICATO, IN TUTTO O IN PARTE, SENZA IL CONSENSO SCRITTO DELLA SdP BREBEMI S.P.A. OGNI UTILIZZO NON AUTORIZZATO SARA' PERSEGUITO A NORMA DI LEGGE
 THIS DOCUMENT MAY NOT BE COPIED, REPRODUCED OR PUBLISHED, EITHER IN PART OR IN ITS ENTIRETY, WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF SdP BREBEMI S.P.A. UNAUTHORIZED USE WILL BE PROSECUTED BY LAW

INDICE

1.	DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	3
2.	NORMATIVA E RIFERIMENTI	5
2.1	Opere in c.a. e strutture metalliche	5
2.2	Strade	5
2.3	Altri documenti	6
3.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....	7
3.1	Calcestruzzo per magrone di sottofondazione	7
3.2	Calcestruzzo per strutture.....	7
3.3	Acciaio per cemento armato	7
3.4	Durabilità e prescrizioni sui materiali	8
4.	COMBINAZIONI DI CARICO.....	10
4.1	Combinazioni per la verifica allo SLU	10
4.2	Combinazioni per la verifica allo SLE	10
5.	PARAMETRI GEOTECNICI.....	12
6.	PROLUNGAMENTO DELLO SCATOLARE ESISTENTE.....	13
7.	ELEMENTO SPECIALE DI COLLEGAMENTO	14
7.1	Geometria della struttura	14
7.2	Analisi dei carichi elementari.....	14
7.2.1	<i>Peso proprio dell'elemento strutturale</i>	<i>14</i>
7.2.2	<i>Carichi permanenti portati.....</i>	<i>14</i>
7.2.3	<i>Carichi da traffico stradale transitante sopra la struttura scatolare</i>	<i>15</i>
7.3	Combinazioni di riferimento.....	16
8.	VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....	19
8.1	Elemento speciale di collegamento	19
8.2	Criteri di verifica	19
8.2.1	<i>Resistenza a sforzo normale e flessione</i>	<i>19</i>
8.2.2	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per taglio.....</i>	<i>20</i>
8.2.3	<i>Verifiche allo stato limite di fessurazione.....</i>	<i>21</i>
8.2.4	<i>Verifiche delle tensioni in esercizio.....</i>	<i>24</i>
8.3	Tabulati di verifica.....	24
8.3.1	<i>Mezzeria elemento speciale di collegamento</i>	<i>24</i>

1. DESCRIZIONE DELL'OPERA

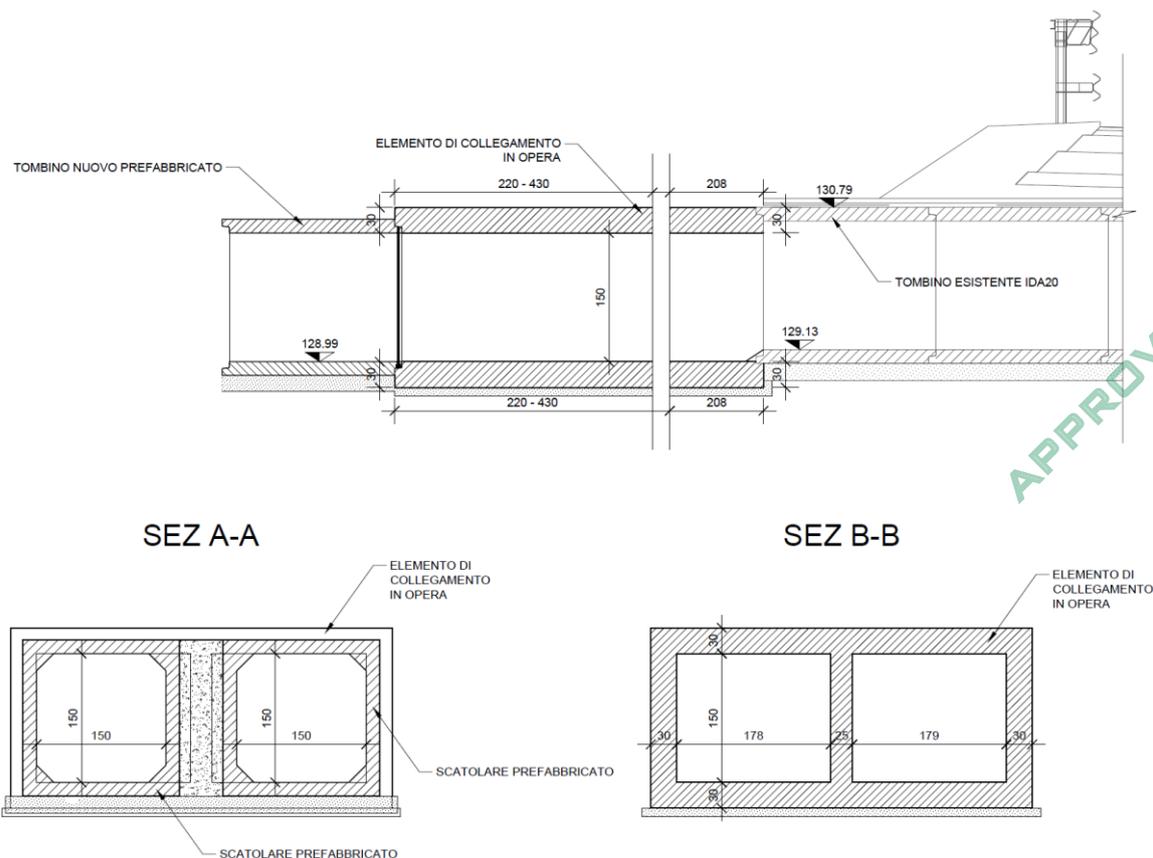
La presente relazione di calcolo riguarda l'adeguamento del tombino scatolare IDA20 situato nel ramo di "Collegamento Tangenziale direzione Brescia (BS)" dello svincolo di Interconnessione che collega l'Autostrada A35 BreBeMi alla Tangenziale in direzione BS, nell'ambito del piu' generale Progetto Esecutivo dell'Interconnessione tra la citata Autostrada A35 BreBeMi e l'Autostrada A4.

All'interno dell'opera di ampliamento del collegamento autostradale è previsto l'allungamento di scotalari idraulici esistenti attraverso l'utilizzo di sezioni scotalari prefabbricate. Oggetto della presente relazione di calcolo è il tombino scatolare IDAZ0 costituito da due scotalari distinti affiancati di dimensioni interne massime $(150+150) \times 150$ cm e 125×200 cm.

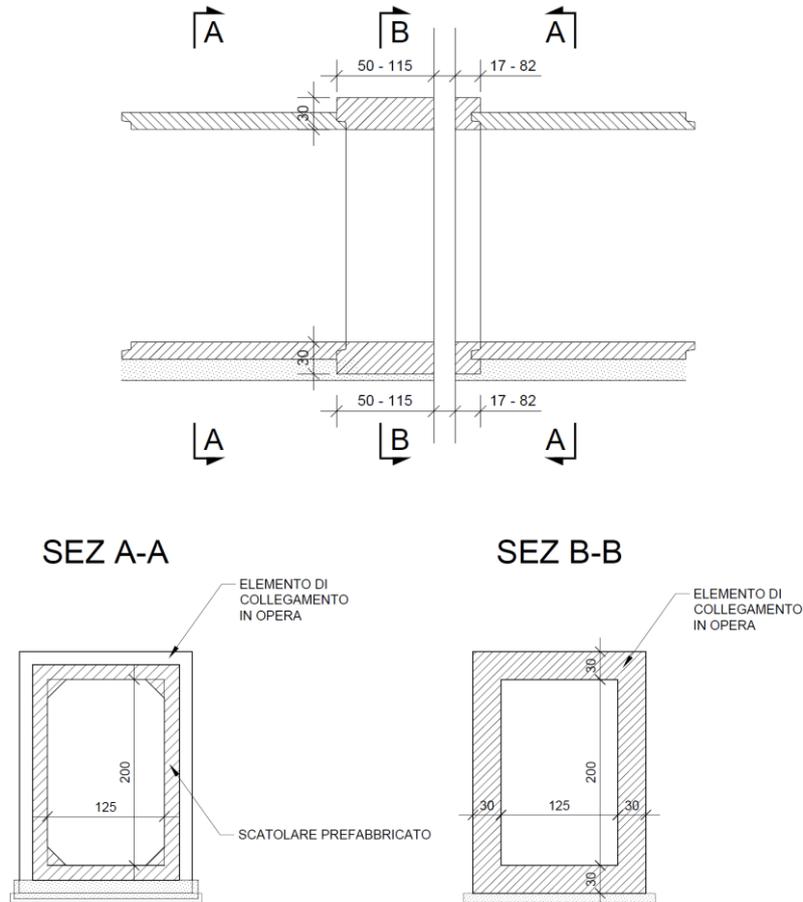
L'intervento di allungamento prevede la connessione delle nuove sezioni con il tombino esistente in cls armato gettato in opera attraverso il getto di un elemento speciale di collegamento debitamente progettato.

Si riportano di seguito alcune sezioni del tombini scotalari oggetto di analisi:

- Tombino scatolare



- Passo uomo



L'altezza di ricoprimento dello scatolare assunta ai fini del calcolo della struttura è pari a 0.55m.
Non si riscontra interferenza con la falda.

Le azioni considerate nel calcolo sono quelle tipiche di una struttura interrata con le aggiunte delle azioni di tipo stradale, con applicazione della Normativa sui ponti stradali D. M. Min. II. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni.

	Doc. N. 65684-IDAZ0-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11IDAZ0000000100	REV. A00	FOGLIO 5 di 29
--	---------------------------------	--	-------------	-------------------

2. NORMATIVA E RIFERIMENTI

I calcoli e le disposizioni esecutive sono conformi alle norme attualmente in vigore.

2.1 Opere in c.a. e strutture metalliche

- D. M. Min. Il. TT. del 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n.617 “Istruzione per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008
- UNI EN 1991-1-5:2004 Parte 1-5: Azioni sulle strutture - Azioni in generale - Azioni termiche
- UNI EN 1991-2:2005 Parte 2: Azioni sulle strutture - Carichi da traffico sui ponti
- UNI EN 1992-1-1:2005 Parte 1-1: Progettazione delle strutture in calcestruzzo - Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1992-2:2006 Parte 2: Progettazione delle strutture in calcestruzzo- Ponti di calcestruzzo, Progettazione e dettagli costruttivi
- UNI EN 1997-1:2005 Parte 1: Progettazione geotecnica - Regole generali
- UNI EN 1998-1:2005 Parte 1: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici
- UNI EN 1998-2:2009 Parte 2: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Ponti
- UNI EN 1998-5:2005 Parte 5: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici
- UNI EN 197-1 giugno 2001 – “Cemento: composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni
- UNI EN 11104 marzo 2004 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”, Istruzioni complementari per l’applicazione delle EN 206-1
- UNI EN 206-1 ottobre 2006 – “Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità”
- Linee guida sul calcestruzzo strutturale - Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Servizio Tecnico Centrale

2.2 Strade

- D.M. 5 novembre 2001 – Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade
- D.M. 22 aprile 2004 – Modifica del decreto 5 novembre 2001, n. 6792, recante “Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade”
- Decreto Legislativo 30 aprile 1992 n. 285– Nuovo codice della strada;
- D.P.R. 16 dicembre 1992 n. 495 – Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada;
- D.Lgs. 15 gennaio 2002 n. 9 – disposizioni integrative e correttive del nuovo codice della strada, a norma dell’articolo 1, comma 1, della L. 22 marzo 2001, n. 85.
- D.L. 20 giugno 2002 n. 121 – disposizioni urgenti per garantire la sicurezza nella circolazione stradale

Società di Progetto
della strada, a
Brebemì SpA



	Doc. N. 65684-IDAZ0-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11IDAZ0000000100	REV. A00	FOGLIO 6 di 29
--	---------------------------------	--	-------------	-------------------

- L. 1 agosto 2002 n. 168 – conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 20 giugno 2002, n. 121, recante disposizioni urgenti per garantire la sicurezza nella circolazione stradale
- D.L. 27 giugno 2003 n. 151 – modifiche ed integrazioni al codice della strada
- L. 1 agosto 2003 n. 214 – conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 27 giugno 2003, n. 151, recante modifiche ed integrazioni al codice della strada
- D.M. 30 novembre 1999 n. 557 – Regolamento recante norme per la definizione delle caratteristiche tecniche delle piste ciclabili
- Bollettino CNR n. 150 – Norme sull’arredo funzionale delle strade urbane

2.3 Altri documenti

- CNR 10024/86 – Analisi mediante elaboratore: impostazione e redazione delle relazioni di calcolo

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

Per la realizzazione dell'opera è previsto l'impiego dei materiali elencati nel seguito.

3.1 Calcestruzzo per magrone di sottofondazione

Per il magrone di sottofondazione si prevede l'utilizzo di calcestruzzo di classe C16/20.

3.2 Calcestruzzo per strutture

Per la realizzazione della soletta superiore dell'elemento speciale di collegamento si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di C32/40 che presenta le seguenti caratteristiche:

Classe di resistenza	=	C32/40	
Rck	=	40 MPa	Valore caratteristico resistenza cubica
fck	=	33.2 MPa	Valore caratteristico resistenza cilindrica
fcm	=	41.2 MPa	Valore medio resistenza cilindrica
fctm	=	3.10 MPa	Valore medio resistenza a trazione semplice
fctm	=	3.72 MPa	Valore medio resistenza a trazione per flessione
ν	=	0.2	Coefficiente di Poisson
Ecm	=	33643 MPa	Modulo elastico
γ_c	=	1.5	Coefficiente parziale di sicurezza
α_{cc}	=	0.85	Coefficiente riduttivo per resistenze di lunga durata
fcd	=	18.81 MPa	Resistenza di calcolo a compressione
fctd	=	1.45 MPa	Resistenza di calcolo a trazione
ϵ_{cu}	=	0.0035	Deformazione a rottura per il calcestruzzo
ϵ_{c0}	=	0.002	Deformazione limite del tratto a parabola del legame costitutivo del calcestruzzo

3.3 Acciaio per cemento armato

Per le armature metalliche si adottano barre in acciaio del tipo B450C saldabile, controllato in stabilimento e che presentano le seguenti caratteristiche:

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
Tensione caratteristica a rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
Fattore di sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1.15$
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_{m,s} = 391.30 \text{ N/mm}^2$
Tensione massima di trazione (comb. Rara)	$\sigma_s = 0.80 f_{yk} = 360.00 \text{ N/mm}^2$

Società di Progetto
Brebemi SpA



3.4 Durabilità e prescrizioni sui materiali

Per garantire la durabilità delle strutture in calcestruzzo armato ordinario, esposte all'azione dell'ambiente, si devono adottare i 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 la definizione della relativa classe, si fa riferimento alle indicazioni contenute nelle Linee Guida sul calcestruzzo strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004.

Ai fini di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro nominale c_{nom} è somma di due contributi, il copriferro minimo c_{min} e la tolleranza di posizionamento h . Vale pertanto: $c_{nom} = c_{min} + h$.

La tolleranza di posizionamento delle armature "h", per le strutture gettate in opera, può essere assunta pari a 5 mm, nell'ipotesi in cui sia previsto controllo di qualità con misura dei copriferri.

In accordo con le specifiche dei materiali da utilizzarsi per l'opera in oggetto, si utilizzano i seguenti tipi di calcestruzzo e copri ferri minimi. Il copriferro è valutato in accordo a quanto prescritto nella Norma UNI EN 1992-1-1, mentre la classe di resistenza minima è definita in accordo al Prospetto 4 della Norma UNI 11104:2004.

Campi di impiego	Classe di esposizione ambientale	Classe di resistenza minima [C(fck/Rck)min]	Classe strutturale	Copriferro minimo $c_{min,dur}$	Copriferro nominale $c_{nom} = c_{min} + h$ (mm)
			VN=50	VN=50	VN=50
Elemento speciale di collegamento (soletta superiore)	XC4 XD1 XF1	C32/40	S4	35	40

Tabella 3.1 Classe di resistenza minima e copriferro nominale

In base a quanto definito nella tabella precedente e in accordo con quanto previsto nelle tabelle 4.2.III e 4.1.IV del D.M. 14 Gennaio 2008 si definiscono le condizioni ambientali ed i relativi limiti di apertura delle fessure accettabili per ciascun elemento strutturale.

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 3.2 – Descrizione delle condizioni ambientali (tabella 4.2.III NTC 2008) **Brebemi SpA**

Nella tabella 4.1.IV del D.M. 14 Gennaio 2008, riportata di seguito per comodità, sono indicati i criteri di scelta dello stato limite di fessurazione con riferimento alle condizioni ambientale e al tipo di armatura. Nel

	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	65684-IDAZ0-A00.docx	04RCEI11IDAZ0000000100	A00	9 di 29

caso specifico si evidenziano i limiti di apertura delle fessure da utilizzare per le verifiche agli stati limite di esercizio.

Gruppi di esigenze	Condizioni ambientali	Combinazione di azioni	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	wd	Stato limite	wd
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w2$	ap. fessure	$\leq w3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w1$	ap. fessure	$\leq w2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w1$	ap. fessure	$\leq w2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w1$
c	Molto aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w1$

Tabella 3.3 - Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione (tabella 4.1.IV NTC 2008)

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



4. COMBINAZIONI DI CARICO

Le combinazioni di carico, considerate ai fini delle verifiche, sono stabilite in modo da garantire la sicurezza in conformità a quanto prescritto al cap. 2 delle NT.

4.1 Combinazioni per la verifica allo SLU

Lo stato limite ultimo per la presente opera si riferisce allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dal raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono l'opera.

Le verifiche agli stati limite ultimi sono eseguite in riferimento al seguente stato limite:

SLU di tipo strutturale: raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

Ai fini delle verifiche degli stati limite ultimi si definisce la seguente combinazione:

Fondamentale: $\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$

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

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 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
Vento q_5	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve q_5	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	T_k	0,6	0,6	0,5

4.2 Combinazioni per la verifica allo SLE

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

Frequente) $\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$

Quasi permanente) $\Rightarrow G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$
Rara) $\Rightarrow G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki} \Rightarrow (\Phi_d' = \Phi_k')$

APPROVATO SDP

5. PARAMETRI GEOTECNICI

I parametri geotecnici che caratterizzano i materiali da rilevati e reinterri sono:

$$\Phi'_k = 38^\circ$$

$$\gamma_m = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma'_m = 10 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_{\text{water}} = 10 \text{ kN/m}^3.$$

APPROVATO SDP

	Doc. N. 65684-IDAZ0-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11IDAZ0000000100	REV. A00	FOGLIO 13 di 29
--	---------------------------------	--	-------------	--------------------

6. PROLUNGAMENTO DELLO SCATOLARE ESISTENTE

L'opera di prolungamento del manufatto esistente viene realizzata con uno scatolare chiuso in elementi prefabbricati, tali elementi dovranno presentare caratteristiche meccaniche in grado di resistere alle sollecitazioni dovute ai pesi propri, alle azioni permanenti ed ai sovraccarichi variabili da traffico propri dei ponti di 1a categoria, ai sensi di quanto previsto al punto 5.1.3.3 del D.M. 14 gennaio 2008.

L'elemento d'imbocco del nuovo tombino è costituito da un prefabbricato a sezione aperta, tipo muro ad "U", dimensionato in modo tale da resistere alle sollecitazioni dovute ai pesi propri, alle azioni permanenti , nonchè ad un sovraccarico variabile sul piano campagna pari a 10.00 kN/mq.

APPROVATO SDP

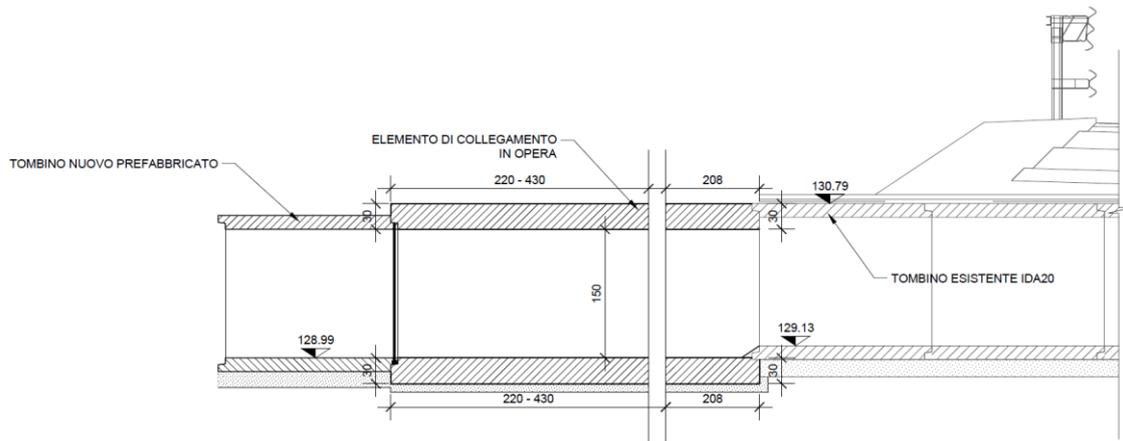
Società di Progetto
Brebemi SpA



7. ELEMENTO SPECIALE DI COLLEGAMENTO

7.1 Geometria della struttura

Come già mostrato in precedenza si riporta una sezione dello scatolare in oggetto in corrispondenza dell'elemento di collegamento tra sezione esistente e nuova sezione:



Il dimensionamento dell'elemento speciale di collegamento viene effettuato sulla base delle misure dedotte dall'elaborato grafico riportate nel seguito:

- Lunghezza elemento $L = \text{Var.}$ (si considera la sezione più sollecitata)
- Larghezza elemento $B = 1.80\text{m} + 1.80\text{m}$
- Spessore elemento $s = 0.30\text{m}$
- Spessore terreno ricoprimento $H = 0.55\text{m}$

7.2 Analisi dei carichi elementari

7.2.1 Peso proprio dell'elemento strutturale

Il peso proprio dell'elemento di collegamento risulta:

7.2.2 Carichi permanenti portati

I carichi permanenti portati sono rappresentati dal peso del terreno di ricoprimento e dalla sovrastruttura stradale.

- Terreno di ricoprimento

APPROVATO SDP

- Sovrastruttura stradale

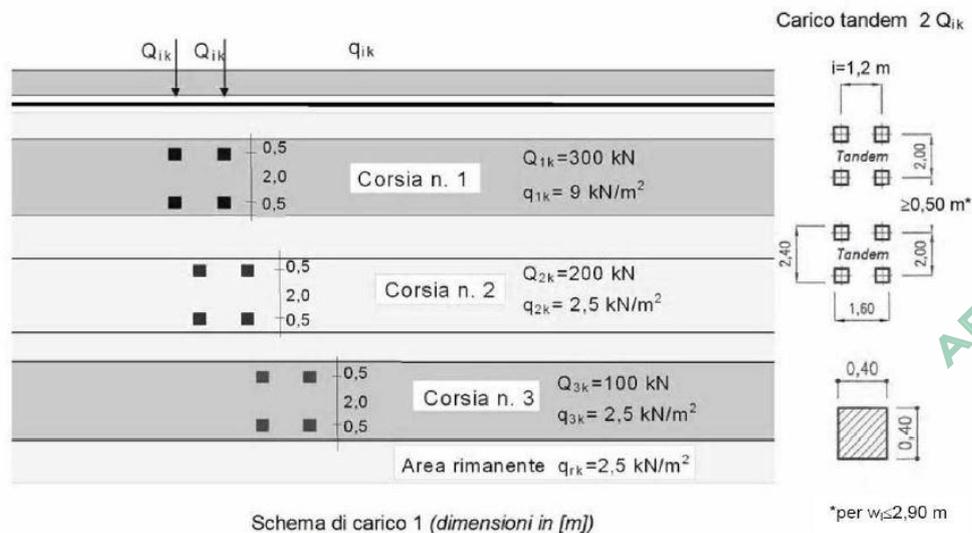
7.2.3 Carichi da traffico stradale transitante sopra la struttura scatolare

Carichi gravanti sull'elemento speciale di collegamento

Come azioni variabili da traffico si assume lo schema di carico 1 secondo il paragrafo 5.1.3.3.3 delle NT. Si considera la categoria stradale 1.

Lo schema 1 prevede la presenza di diverse corsie di carico, delle quali si riporta di seguito solo la prima, caratterizzata da:

- ✓ il carico $Q_{1,k}$ costituito da un mezzo convenzionale da $[4*150]$ kN a due assi da $[2*150]$ kN ognuno (carico tandem).
I quattro carichi concentrati sono disposti su impronte di dimensione 0.4×0.4 , poste ad un interasse ortogonale al senso di marcia di 2 m e 1.2 m in asse al senso di marcia;
- ✓ il carico ripartito $q_{1,k}$ da 9 kN/m^2 che interessa la lunghezza della corsia e la larghezza pari a 3 m .



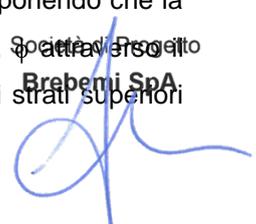
APPROVATO SDP

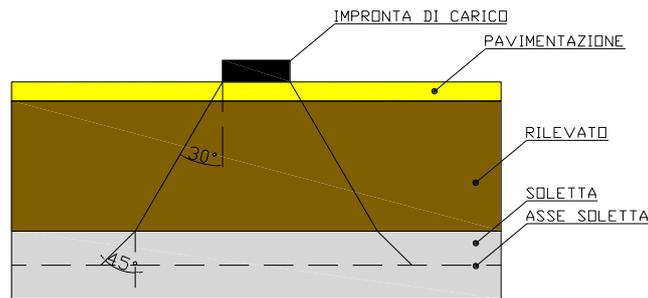
Le corsie appena descritte sono posizionate ortogonalmente all'asse del sottopasso e si considera la ripartizione sia in direzione longitudinale che trasversale.

Per quanto concerne il carico uniforme non si considera distribuzione longitudinale.

Per quanto concerne il carico tandem la superficie di diffusione del carico è determinata supponendo che la diffusione avvenga con un angolo di diffusione pari a 45° attraverso il pacchetto stradale, ~~per il caso di~~ rilevato stradale, 45° sino al piano medio della soletta superiore (qualora la diffusione sugli strati superiori non abbia già ecceduto le dimensioni dell'elemento speciale):

Società di Progetto
Brebemmi SpA





In direzione trasversale alla strada (ovvero longitudinale allo scatolare), la larghezza di diffusione viene considerata limitata dalla larghezza della corsia convenzionale.

Risulta pertanto:

- in direzione longitudinale alla strada:

$$L_{dl} = 1.2 + 0.4 + 2x (0.1 + 0.60 \cdot \text{tg}(38)) = 2.74\text{m.}$$

- in direzione trasversale alla strada:

$$L_{dl} = 2.0 + 0.4 + 2x (0.1 + 0.60 \cdot \text{tg}(38)) = 3.54\text{m} > 3.00\text{ m}$$

In direzione trasversale alla strada si assume pertanto una larghezza di diffusione pari alla larghezza della corsia convenzionale.

Il carico distribuito di riferimento per effetto del carico tandem è pertanto pari a:

$$Q_{1k,distribuito} = 600 / (2.74 \cdot 3.00) = 73.06\text{kN/m}^2.$$

Si considera inoltre contributo del carico distribuito di normativa:

$$q_{1k,distribuito} = 9.00\text{ kN/m}^2.$$

APPROVATO SDP

7.3 Combinazioni di riferimento

Si procede alla combinazione dei carichi mostrati in precedenza ai fini di massimizzare le sollecitazioni della struttura scatolare.

Per i coefficienti impiegati nelle combinazioni si fa di seguito riferimento a quanto riportato nelle NT:

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

		Coefficiente	EQU ⁽¹⁾	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali ⁽²⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	γ_Q	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	γ_{e1}	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 ⁽³⁾	1,00 ⁽⁴⁾	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{e2}, \gamma_{e3}, \gamma_{e4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

⁽¹⁾ Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.
⁽²⁾ Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti 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

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

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente ψ_0 di combinazione	Coefficiente ψ_1 (valori frequenti)	Coefficiente ψ_2 (valori quasi permanenti)
Azioni da traffico (Tabella 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 q_5	Vento a ponte scarico SLU e SLE	0,6	0,2	0,0
	Esecuzione	0,8	----	0,0
	Vento a ponte carico	0,6		
Neve q_5	SLU e SLE	0,0	0,0	0,0
	esecuzione	0,8	0,6	0,5
Temperatura	T_k	0,6	0,6	0,5

Per le combinazioni necessarie alla determinazione delle sollecitazioni di seguito utilizzate si utilizzano pertanto i coefficienti riportanti in tabella:

Combinazione	Pesi propri	Carichi permanenti portati	Carichi variabili tandem	Carichi variabili distribuiti
SLU	1.35	1.50	1.35	1.35
SLE Rara	1.00	1.00	1.00	1.00
SLE Frequente	1.00	1.00	0.75	0.40
SLE Quasi Permanente	1.00	1.00	0.00	0.00

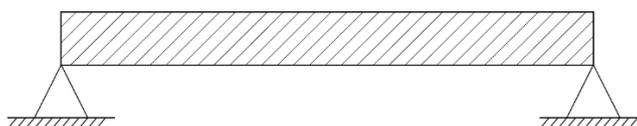
APPROVATO SDP

8. VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

8.1 Elemento speciale di collegamento

Di seguito si riportano le verifiche strutturali SLU e la verifica a fessurazione SLE dell'elemento speciale di collegamento.

Si considera uno schema semplificato di trave semplicemente appoggiata come mostrato nella figura seguente:



I calcoli di verifica sono effettuati con il metodo degli Stati Limite, applicando il combinato D. M.14.01.2008 con l'UNI EN 1992 (Eurocodice 2).

Le verifiche sono condotte agli Stati Limite Ultimi ed agli Stati Limite di Esercizio di seguito riportati.

Agli Stati Limite Ultimi:

- Resistenza a sforzo normale e flessione (paragrafo 4.1.2.1.2 NTC);
- Resistenza nei confronti di sollecitazioni taglianti (paragrafo 4.1.2.1.3 NTC).

Agli Stati Limite di Esercizio:

- Verifica di fessurazione (paragrafo 4.1.2.2.4);

8.2 Criteri di verifica

8.2.1 Resistenza a sforzo normale e flessione

Si fa riferimento alle ipotesi di base riportate nel paragrafo 4.1.2.1.2.1 delle NT:

- Conservazione delle sezioni piane,
- Perfetta aderenza tra acciaio e calcestruzzo,
- Resistenza a trazione del calcestruzzo nulla,
- Rottura del calcestruzzo determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima a compressione,
- Rottura dell'armatura tesa determinata dal raggiungimento della sua capacità deformativa ultima.

Per quanto concerne i materiali si adotta il diagramma di calcolo tensione-deformazione "parabola-rettangolo" per il calcestruzzo, elastico-perfettamente plastico per l'acciaio.

La verifica di resistenza si conduce confrontando $M_{Rd}(N_{Ed})$ con M_{Ed} come indicato di seguito:

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N. 65684-IDAZO-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11DAZ0000000100	REV. A00	FOGLIO 20 di 29
--	---------------------------------	---	-------------	--------------------

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed},$$

dove:

- M_{Rd} è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a N_{Ed} ,
 N_{Ed} è il valore di calcolo della compressione assiale (sforzo normale) dell'azione,
 M_{Ed} è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

8.2.2 Verifiche allo stato limite ultimo per taglio

Si distingue tra elementi non armati a taglio (paragrafo 4.1.2.1.3.1 delle NT) ed elementi armati a taglio con staffe (paragrafo 4.1.2.1.3.2 delle NT).

Elementi non armati a taglio

La verifica di resistenza si pone con:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed},$$

dove:

- V_{Rd} è il valore di calcolo della resistenza a taglio,
 V_{Ed} è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'elemento fessurato da momento flettente, la resistenza al taglio si valuta con:

$$V_{Rd} = \{0.18 k (100 \rho_1 f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \sigma_{cp}\} b_w d \geq (u_{min} + 0.15 \sigma_{cp}) b_w d$$

Con:

$$k = 1 + (200/d)^{1/2} \leq 2$$

$$u_{min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2}$$

e dove:

- d è l'altezza utile della sezione (in mm),
 ρ_1 è il rapporto geometrico di armatura longitudinale (≤ 0.02),
 σ_{cp} è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 f_{ck}$),
 b_w è la larghezza minima della sezione (in mm).

Elementi armati a taglio

La resistenza a taglio V_{Rd} per elementi strutturali dotati di specifica armatura a taglio è valutata sulla base di una adeguata schematizzazione a traliccio.

Gli elementi resistenti dell'ideale traliccio sono: le armature trasversali, le armature longitudinali, il corrente compresso di calcestruzzo ed i puntoni d'anima inclinati.

L'inclinazione ϑ dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i seguenti limiti.

$$1 \leq \text{ctg} \vartheta \leq 2.5.$$

La verifica di resistenza si pone con:

$$V_{Rd} \geq V_{Ed},$$

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



	Doc. N. 65684-IDAZO-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11DAZ0000000100	REV. A00	FOGLIO 21 di 29
--	---------------------------------	---	-------------	--------------------

dove:

V_{Ed} è il valore di calcolo dello sforzo di taglio agente.

Con riferimento all'armatura trasversale (staffe), la resistenza di calcolo a "taglio trazione" si calcola con:

$$V_{Rsd} = 0.9 d A_{sw}/s f_{yd} \text{ctg}\vartheta.$$

Con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" si calcola con:

$$V_{Rcd} = 0.9 d b_w \alpha_c f'_{cd} \text{ctg}\vartheta (1 + \text{ctg}^2\vartheta).$$

La resistenza al taglio della trave è la minore delle due sopra definite:

$$V_{Rd} = \min (V_{Rcd}, V_{Rsd}),$$

dove:

d è l'altezza utile della sezione,

σ_{cp} è la tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 f_{ck}$),

b_w è la larghezza minima della sezione,

A_{sw} è l'area dell'armatura trasversale,

s è l'interasse tra due armature trasversali consecutive,

f'_{cd} è la resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima,

α_c è il coefficiente maggiorativo funzione di σ_{cp} .

8.2.3 Verifiche allo stato limite di fessurazione

In ordine di severità si distinguono i seguenti stati limite:

a) Stato limite di decompressione nel quale la tensione normale è ovunque di compressione ed al più uguale a 0;

b) Stato limite di formazione delle fessure nel quale la tensione normale di trazione nella fibra più sollecitata è:

$$\sigma_{ct} = f_{ctm}/1.2,$$

con f_{ctm} definito definito nel paragrafo 11.2.10.2 delle NT;

c) Stato limite di apertura delle fessure, il valore limite di apertura della fessura calcolato al livello considerato è pari ad uno dei seguenti valori nominali:

$$w_1 = 0.2 \text{ mm},$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm},$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm}.$$

Lo stato limite di fessurazione è fissato in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione, come descritto nel seguito.

Le combinazioni di riferimento sono:

Società di Progetto
sensibilità delle
Brebemi SpA



	Doc. N.	CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	65684-IDAZO-A00.docx	04RCEI11DAZ0000000100	A00	22 di 29

- le combinazioni Quasi Permanenti,
- le combinazioni Frequenti.

Le condizioni ambientali si distinguono come riportato nella tabella seguente:

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

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

Perquanto concerne la sensibilità delle armature, trattandosi di armature di acciaio ordinario queste si considerano poco sensibili.

La scelta dei limiti di fessurazione si esegue sulla base di quanto riportato nella tabella seguente:

Tabella 4.1.IV – Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

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

w_1, w_2, w_3 sono definiti al § 4.1.2.2.4.1, il valore di calcolo w_d è definito al § 4.1.2.2.4.6.

Per quanto concerne gli stati limite di decompressione ("a" nell'elenco precedente) e di formazione delle fessure ("b"), le tensioni sono calcolate in base alle caratteristiche geometriche e meccaniche della sezione omogeneizzata non fessurata.

Per quanto concerne lo stato limite di apertura delle fessure il valore di calcolo di apertura w_d non deve superare i valori nominali w_1, w_2, w_3 secondo quanto riportato nella tabella precedente.

Il valore di calcolo è dato da:

$$w_d = 1.7 w_m,$$

dove:

w_m rappresenta l'ampiezza media delle fessure.

L'ampiezza media delle fessure w_m è calcolata come prodotto della deformazione media delle barre d'armatura ϵ_{sm} per la distanza tra le fessure Δ_{sm} :

$$w_m = \epsilon_{sm} \Delta_{sm}.$$

Per i valori di ϵ_{sm} ed Δ_{sm} si fa riferimento a quanto indicato da comprovata letteratura tecnica.

Nella Circolare Applicativa del 2009, si fa riferimento al seguente calcolo per w_d :

Società di Progetto
Brebemi SpA



$$W_d = \epsilon_{sm} \Delta_{smax}$$

dove:

Δ_{smax} rappresenta la distanza massima tra le fessure.

La deformazione unitaria delle barre, ϵ_{sm} , può essere calcolata con la seguente espressione:

$$\epsilon_{sm} = 1/E_s [\sigma_s - k_t f_{ctm} / \rho_{eff} (1 + \alpha_e \rho_{eff})] \geq 0.6 \sigma_s / E_s,$$

dove:

σ_s è la tensione nell'armatura tesa valutata considerando la sezione fessurata,

α_e è il rapporto E_s/E_{cm} ,

ρ_{eff} è pari ad $A_s/A_{c,eff}$,

$A_{c,eff}$ è l'area efficace di calcestruzzo teso attorno all'armatura, di altezza $h_{c,ef}$, dove $h_{c,ef}$ è il valore minore tra $2.5(h-d)$, $(h-x)/3$ ed $h/2$ (come indicato in figura seguente).

Nel caso di elementi in trazione, in cui esistono due aree efficaci, l'una all'estradosso e l'altra all'intradosso, entrambe le aree vanno considerate separatamente,

k_t è un fattore dipendente dalla durata del carico.

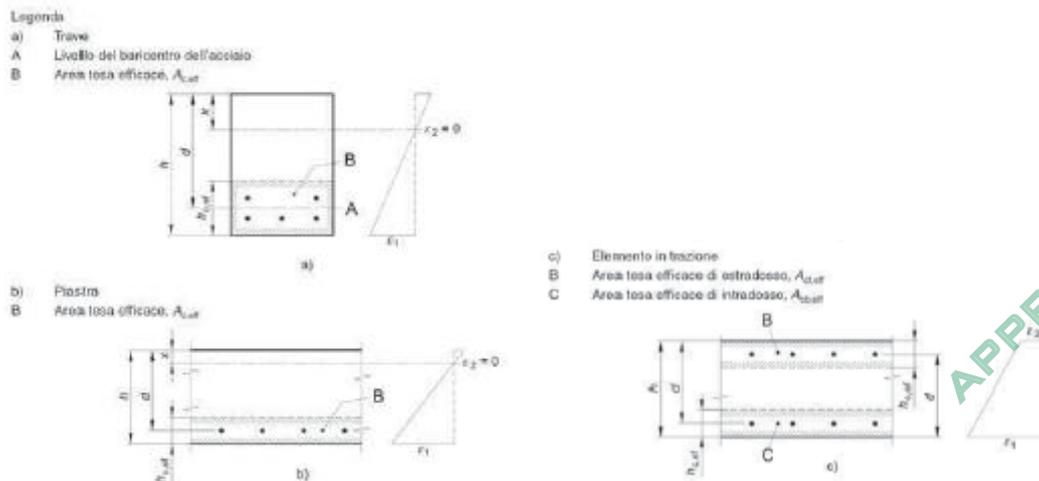


Fig. C4.1.9 Area tesa efficace. Casi tipici.

Per quanto concerne la distanza massima Δ_{smax} , nel caso in cui l'armatura sia disposta con una spaziatura non superiore a $5(c + \phi/2)$, essa può essere valutata come segue:

$$\Delta_{smax} = k_3 c + k_1 k_2 k_3 k_4 \phi / \rho_{eff},$$

dove:

ϕ è il diametro delle barre.

Se nella sezione sono impiegate barre di diametro diverso si raccomanda l'uso di un opportuno diametro equivalente ϕ_{eq} .

c è il ricoprimento delle barre di armatura,

Società di Progetto

Brebemi SpA

- k_1 è funzione dell'aderenza delle armature,
 k_2 è funzione dello stato sollecitativo di trazione o flessione,
 k_3 assume il valore fisso di 3.4,
 k_4 assume il valore fisso di 0.425.

8.2.4 Verifiche delle tensioni in esercizio

La massima tensione di compressione del calcestruzzo σ_c deve rispettare la seguente limitazione:

$$\begin{aligned}\sigma_c < 0.60 f_{ck} & \text{ per combinazione caratteristica (rara),} \\ \sigma_c < 0.45 f_{ck} & \text{ per combinazione quasi permanente.}\end{aligned}$$

La tensione massima per l'acciaio σ_s deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_s < 0.80 f_{yk} \quad \text{per combinazione caratteristica.}$$

8.3 Tabulati di verifica

8.3.1 Mezzeria elemento speciale di collegamento

Sollecitazioni di verifica

	Tmax [kN/m]	M [kNm/m]
Inviluppo SLU	-122.4	55.1
Inviluppo SLE Rare	-90.7	40.8
Inviluppo SLE Frequenti	-69.4	31.2
Inviluppo SLE Quasi Permanenti	-16.8	7.6

APPROVATO SDP

Verifica flessionale agli SLU

Titolo : _____

N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	10.05	5
2	10.05	25

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

Materiali

B450C		C28/35	
ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2}	2 ‰
f _{yd}	391.3 N/mm ²	ϵ_{cu}	3.5 ‰
E _s	200'000 N/mm ²	f _{cd}	15.87
E _s /E _c	15	f _{cc} /f _{cd}	0.8
ϵ_{syd}	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	11
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm ²	τ_{co}	0.6667
		τ_{c1}	1.971

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²

σ_s N/mm²

ϵ_c ‰

ϵ_s ‰

d cm

x x/d δ

Calcola MRd **Dominio M-N** **Col. modello**

cm N° rett.

Precompresso

APPROVATO SDP

Verifica delle tensioni di esercizio

SLE Rare

TITOLO : _____

N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	10.05	5
			2	10.05	25

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali
 B450C C28/35

ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 15.87
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6667
 τ_{c1} 1.971

σ_c -4.666 N/mm²
 σ_s 181.3 N/mm²
 ϵ_s 0.9067 ‰
 d 25 cm
 x 6.962 x/d 0.2785
 δ 0.7881

Verifica N° iterazioni:

Precompresso

SLE Frequenti (per perfezionamento verifica di fessurazione)

TITOLO : _____

N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	10.05	5
			2	10.05	25

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali
 B450C C28/35

ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 15.87
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6667
 τ_{c1} 1.971

σ_c -3.568 N/mm²
 σ_s 138.7 N/mm²
 ϵ_s 0.6933 ‰
 d 25 cm
 x 6.962 x/d 0.2785
 δ 0.7881

Verifica N° iterazioni:

Precompresso

APPROVATO SDP

SLE Quasi Permanenti

Titolo : _____

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	100	30	1	10.05	5
			2	10.05	25

Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali
 B450C C28/35
 ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 15.87
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.6667
 τ_{c1} 1.971

σ_c -0.8691 N/mm²
 σ_s 33.78 N/mm²
 ϵ_s 0.1689 ‰
 d 25 cm
 x 6.962 x/d 0.2785
 δ 0.7881

Verifica N° iterazioni: 4
 Precompresso

Verifica di fessurazione

SLE Frequenti

Caratteristiche dei materiali			
Coefficiente di omogeneizzazione t=0	n0 =	6	
Coefficiente di omogeneizzazione t=inf	ninf =	19	
Classe cls	f_{ck} =	28	N/mm²
Modulo elastico acciaio	E_s =	2.10E+05	N/mm²
Modulo elastico cls t=0	E_{cm0} =	3.23E+04	N/mm²
Modulo elastico cls t=inf	E_{cm-inf} =	1.08E+04	N/mm²
Caratteristiche della sezione			
Altezza	h =	30	cm
Larghezza	B =	100	cm
Copriferro baricentrico acciaio teso	cb =	4.80	cm
Area acciaio teso	A_s =	10.05	cm²
Ricoprimento barre esterne tese	c =	4.0	cm
Diametro massimo barre tese	F =	1.6	cm
Diametro medio equivalente	Fm =	1.6	cm
Sezione fessurata: apertura fessure			
Tensione media barre (l'intera area in A)	s_{sm} =	138.70	N/mm²
Asse neutro	x =	6.96	cm

APPROVATO SDP

 Società di Progetto
Brebemi SpA

Altezza utile	d =	25.20	cm
Deformazione lembo inferiore	$e_1 =$	8.34E-04	
Deformazione lembo superiore	$e_2 =$	0.00	
Distanza media fra due fessure attigue			
Distanza media barre	s =	20.0	cm
Coefficiente k_2	$k_2 =$	0.50	
Coefficiente k_3	$k_3 =$	3.400	
Larghezza efficace	$b_{eff} =$	100.0	cm
Altezza efficace	$h_{c,eff} =$	7.7	cm
Area efficace	$A_{ceff} =$	767.9	cm ²
Area armature poste in A_{ceff}	$A_s =$	10.05	cm ²
Distanza massima fra due fessure	$D_{smax} =$	34.38	cm
Coefficiente k_t	$k_t =$	0.4	
Coefficiente k_1	$k_1 =$	0.8	
Coefficiente k_4	$k_4 =$	0.425	
Deformazione unitaria media	$e_{sm} =$	3.96E-04	
Ampiezza fessura	$w_k =$	0.136	mm

Poiché l'apertura delle fessure per la Condizione di Carico SLE Frequente è inferiore al limite proprio della Condizione di Carico Quasi Permanente, la verifica per quest'ultima Condizione di Carico risulta implicitamente verificata.

Verifica a taglio

V_{sdu}	122.4	kN
M_{sdu}	-	kNm
N_{sdu}	0	kN
R_{ck}	35	N/mm ²
f_{ck}	28	N/mm ²
$\gamma_c =$	1.3	
f_{yk}	450	N/mm ²
b_w	100	cm
d	26.00	cm
A_{sl}	10.05	cm ²
c	4.00	cm
α	90	gradi
α	1.57	rad
θ	21.80	gradi
$ctg\theta$	2.50	

APPROVATO SDP

Società di Progetto
Brebemi SpA



θ_{imposto}	21.80	gradi
A_{sw}	0	cm^2
passo staffe	0	cm
f_{cd}	18.308	N/mm^2
$f_{\text{ctd}_{0,05}}$	1.240	N/mm^2
f_{yd}	391.304	N/mm^2
σ_{cp}	0.0000	N/mm^2
<i>verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
V_{Rd}	149.473	kN
$V_{\text{Rd,min}}$	123.833	kN
$\rho_{\text{sw,min}}$	0.000941	
$s_{\text{l,max}}$	19.50	cm
$A_{\text{sw,min}}$	1.834	$\text{cm}^2/s_{\text{l,max}}$

Essendo il taglio resistente maggiore del taglio sollecitante la verifica risulta soddisfatta senza armatura a taglio.

APPROVATO SDP