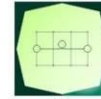


CONCEDENTE



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

IDAY9 - ADEGUAMENTO INTERFERENZA IDRAULICA IDA19  
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:		
65678	EMITT. 04	TIPO RC	FASE E	M.A. I	LOTTO II	OPERA ID	PROC. OPERA AY9	TRATTO 00	PART. 00	PROGR. 001	PART.DOC. 00	STATO A	REV. 00	LUG 2016	DATA:	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

	<b>IL CONCEDENTE</b> 	<b>IL CONCESSIONARIO</b>  Società di Progetto <b>Brebemi SpA</b>
--	--------------------------	---

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**

<b>1.</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'OPERA.....</b>	<b>3</b>
<b>2.</b>	<b>NORMATIVA E RIFERIMENTI .....</b>	<b>4</b>
2.1	Opere in c.a. e strutture metalliche .....	4
2.2	Strade .....	4
2.3	Altri documenti .....	5
<b>3.</b>	<b>CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....</b>	<b>6</b>
3.1	Calcestruzzo per magrone di sottofondazione .....	6
3.2	Calcestruzzo per strutture.....	6
3.3	Acciaio per cemento armato .....	6
3.4	Durabilità e prescrizioni sui materiali .....	7
<b>4.</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO .....</b>	<b>9</b>
4.1	Combinazioni per la verifica allo SLU .....	9
4.2	Combinazioni per la verifica allo SLE .....	10
<b>5.</b>	<b>PARAMETRI GEOTECNICI.....</b>	<b>11</b>
<b>6.</b>	<b>PROLUNGAMENTO DELLO SCATOLARE ESISTENTE .....</b>	<b>12</b>
<b>7.</b>	<b>ELEMENTO SPECIALE DI COLLEGAMENTO .....</b>	<b>13</b>
7.1	Geometria della struttura .....	13
7.2	Analisi dei carichi elementari.....	13
7.2.1	<i>Peso proprio dell'elemento strutturale .....</i>	<i>13</i>
7.2.2	<i>Carichi permanenti portati.....</i>	<i>13</i>
7.2.3	<i>Carichi da traffico stradale transitante sopra la struttura scatolare .....</i>	<i>14</i>
7.3	Combinazioni di riferimento.....	15
<b>8.</b>	<b>VERIFICHE DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI.....</b>	<b>18</b>
8.1	Elemento speciale di collegamento .....	18
8.2	Criteri di verifica .....	18
8.2.1	<i>Resistenza a sforzo normale e flessione .....</i>	<i>18</i>
8.2.2	<i>Verifiche allo stato limite ultimo per taglio.....</i>	<i>19</i>
8.2.3	<i>Verifiche allo stato limite di fessurazione.....</i>	<i>20</i>
8.2.4	<i>Verifiche delle tensioni in esercizio.....</i>	<i>23</i>
8.3	Tabulati di verifica.....	23
8.3.1	<i>Mezzeria elemento speciale di collegamento .....</i>	<i>23</i>



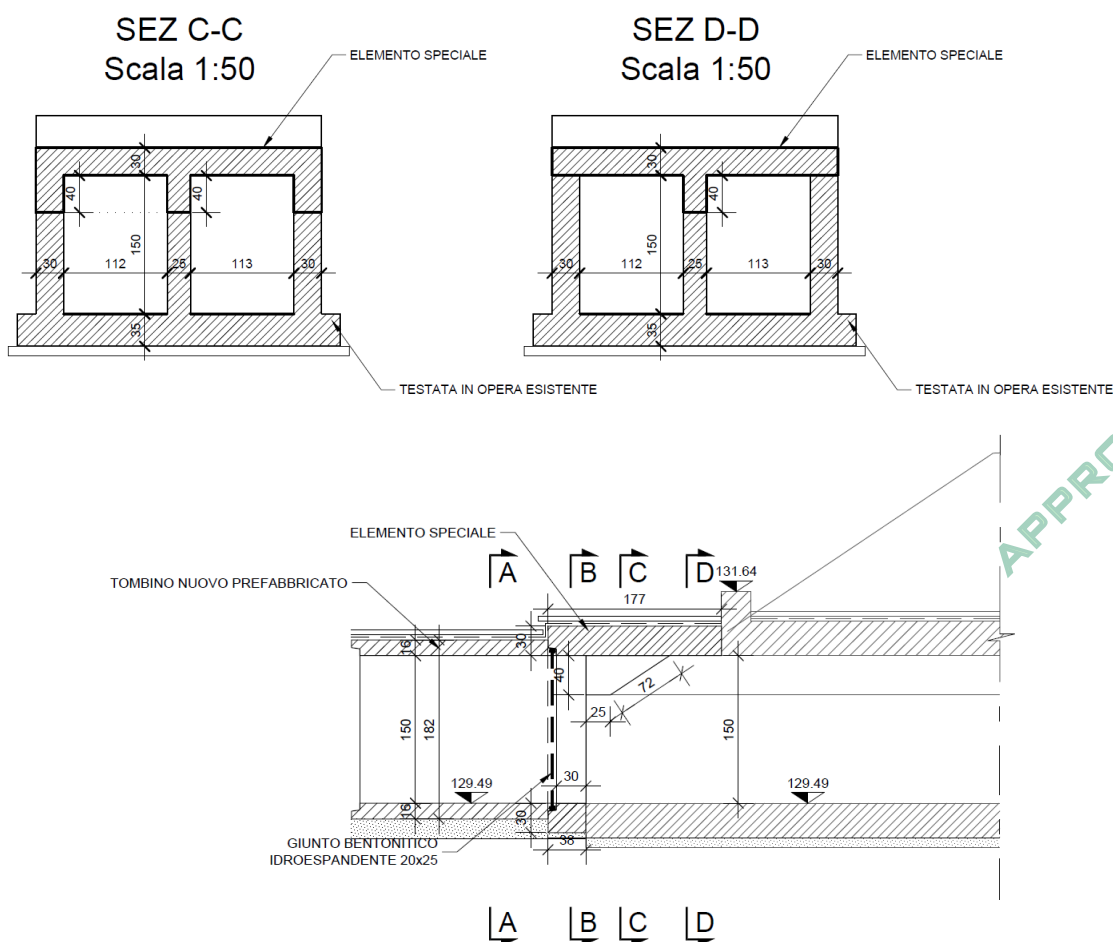
## 1. DESCRIZIONE DELL'OPERA

La presente relazione di calcolo riguarda l'adeguamento del tombino scatolare IDA19 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 scatolari idraulicisistenti attraverso l'utilizzo di sezioni scatolari prefabbricate. Oggetto della presente relazione di calcolo è il tombino scatolare IDAY9 composto da due sezioni affiancate di dimensioni interne massime 120X150cm.

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 tombino scatolare oggetto di analisi:



APPROVATO SDP

L'altezza di ricoprimento dello scatolare assunta ai fini del calcolo della struttura è pari a 1.37m.

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.

Società di Progetto

**Brebemi SpA**

delle azioni di  
14 gennaio 2008

Norme tecniche per le costruzioni.

	Doc. N. 65678-IDAY9-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11DAY9000000100	REV. A00	FOGLIO 4 di 27
--	---------------------------------	---	-------------	-------------------

## 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. 65678-IDAY9-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11DAY9000000100	REV. A00	FOGLIO 5 di 27
--	---------------------------------	---	-------------	-------------------

- 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
$\nu$	=	0.2	Coefficiente di Poisson
Ecm	=	33643 MPa	Modulo elastico
$\gamma_c$	=	1.5	Coefficiente parziale di sicurezza
$\alpha_{cc}$	=	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
$\epsilon_{cu}$	=	0.0035	Deformazione a rottura per il calcestruzzo
$\epsilon_{c0}$	=	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. 65678-IDAY9-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11DAY9000000100	REV. A00	FOGLIO 8 di 27
--	---------------------------------	---	-------------	-------------------

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



## 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  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali**

Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente $\psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\psi_2$ (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)	⇒	$G_1 + G_2 + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	⇒	$(\Phi_d' = \Phi_k')$
Quasi permanente)	⇒	$G_1 + G_2 + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \sum_i \psi_{2i} \cdot Q_{ki}$	⇒	$(\Phi_d' = \Phi_k')$
Rara)	⇒	$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \sum_i \psi_{0i} \cdot Q_{ki}$	⇒	$(\Phi_d' = \Phi_k')$

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. 65678-IDAY9-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11DAY9000000100	REV. A00	FOGLIO 12 di 27
--	---------------------------------	---	-------------	--------------------

## 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, nonché ad un sovraccarico variabile sul piano campagna pari a 10.00 kN/mq.

APPROVATO SDP

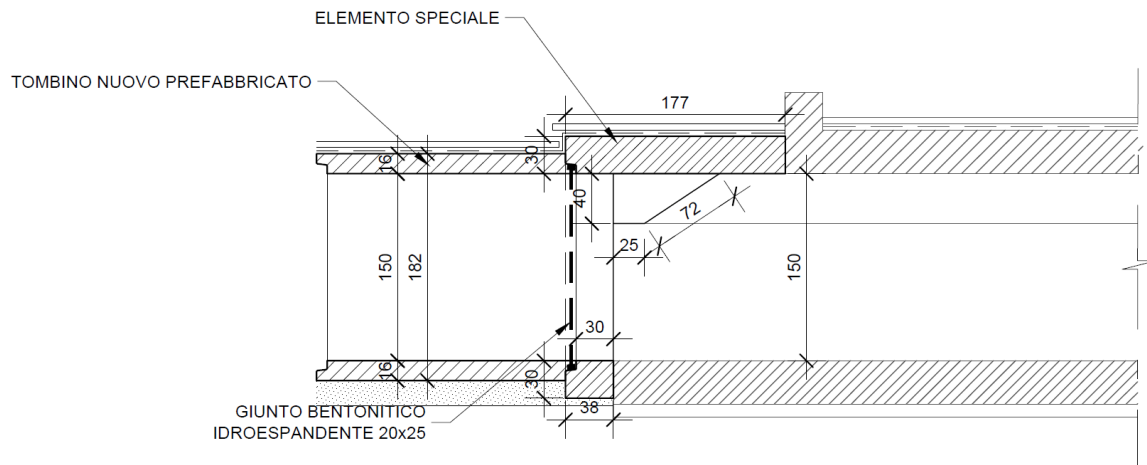
Società di Progetto  
**Brebemi SpA**



## 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  $L=1.20 + 1.20\text{m}$  (si considera una schema per luce di 1.20m)
- Larghezza elemento  $B=1.77\text{m}$
- Spessore elemento  $s=0.30\text{m}$
- Spessore terreno ricoprimento  $H=1.37\text{m}$  (uguale in entrambe le direzioni)

APPROVATO SDP

### 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 sovrastuttura stradale.

- Terreno di ricoprimento

Società di Progetto  
Brebemi SpA



- Sovrastruttura stradale

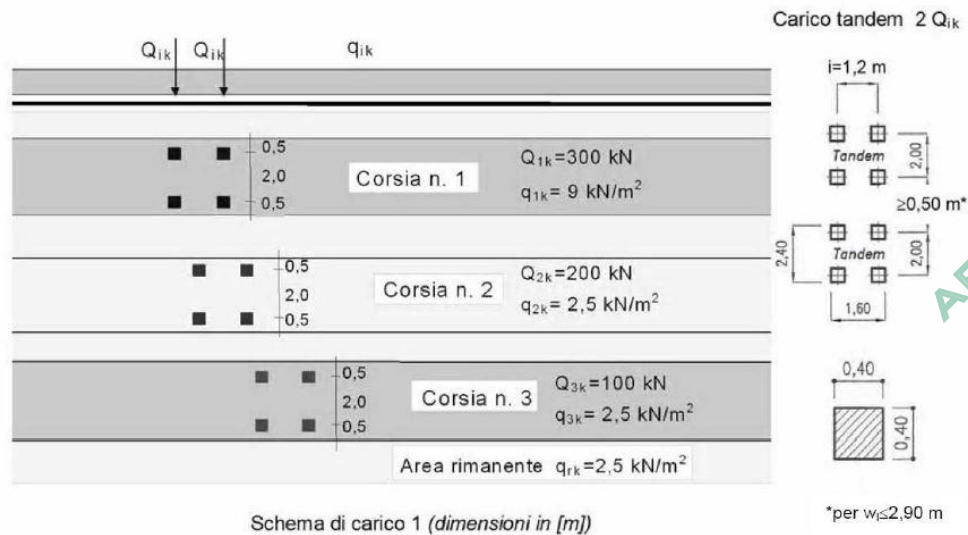
## 7.2.3 Carichi da traffico stradale transitante sopra la struttura scatolare

### 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).
  - ✓ il carico ripartito  $q_{1,k}$  da  $9 \text{ kN/m}^2$  che interessa la lunghezza della corsia e la larghezza pari a 3 m.
- I quattro carichi concentrati sono disposti su impronte di dimensione  $0.4 \times 0.4$ , poste ad un interasse ortogonale al senso di marcia di 2 m e 1.2 m in asse al senso di marcia;



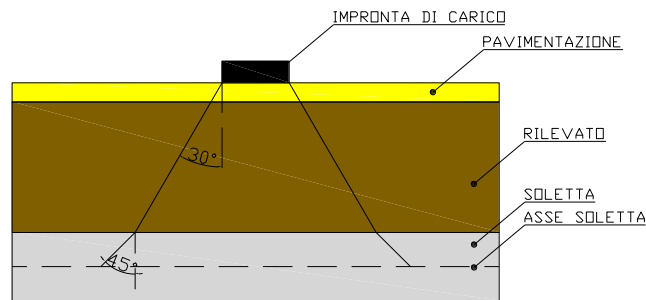
APPROVATO SDP

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  $45^\circ$  attraverso il pacchetto stradale,  $\phi$  attraverso il rilevato stradale,  $45^\circ$  sino al piano medio della soletta superiore (qualora la diffusione sugli strati superiori non abbia già ecceduto le dimensioni dell'elemento speciale):

Stefano Di Gregorio  
Brahmi 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:

$$L_{dl} = 1.2 + 0.4 + 2x (0.1 + 1.42 \cdot \text{tg}(38)) = 4.02\text{m.}$$

- in direzione trasversale alla strada:

$$L_{dl} = 2.0 + 0.4 + 2x (0.1 + 1.42 \cdot \text{tg}(38)) = 3.97\text{m} > 3.00\text{ m}$$

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:

$$Q_{1k,distribuito} = 600 / (4.02 \cdot 3.00) = 49.77\text{kN/m}^2.$$

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 <sup>(1)</sup>	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,10	1,35	1,00
Carichi permanenti non strutturali <sup>(2)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Carichi variabili da traffico	favorevoli	$\gamma_Q$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,35	1,35	1,15
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,50	1,50	1,30
Distorsioni e presollecitazioni di progetto	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 1}$	0,90	1,00	1,00
	sfavorevoli		1,00 <sup>(3)</sup>	1,00 <sup>(4)</sup>	1,00
Ritiro e viscosità, Variazioni termiche, Cedimenti vincolari	favorevoli	$\gamma_{\epsilon 2}, \gamma_{\epsilon 3}, \gamma_{\epsilon 4}$	0,00	0,00	0,00
	sfavorevoli		1,20	1,20	1,00

<sup>(1)</sup> Equilibrio che non coinvolga i parametri di deformabilità e resistenza del terreno; altrimenti si applicano i valori di GEO.  
<sup>(2)</sup> 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.  
<sup>(3)</sup> 1,30 per instabilità in strutture con precompressione esterna  
<sup>(4)</sup> 1,20 per effetti locali

**Tabella 5.1.VI - Coefficienti  $\psi$  per le azioni variabili per ponti stradali e pedonali**


Azioni	Gruppo di azioni (Tabella 5.1.IV)	Coefficiente $\psi_0$ di combinazione	Coefficiente $\psi_1$ (valori frequenti)	Coefficiente $\psi_2$ (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

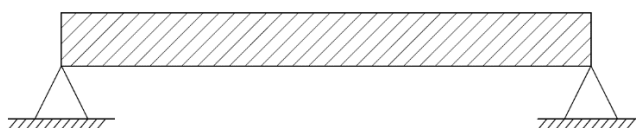
	Doc. N. 65678-IDAY9-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11DAY9000000100	REV. A00	FOGLIO 18 di 27
--	---------------------------------	---	-------------	--------------------

## 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. 65678-IDAY9-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11DAY9000000100	REV. A00	FOGLIO 19 di 27
--	---------------------------------	---	-------------	--------------------

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

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),  
 $\rho_1$  è il rapporto geometrico di armatura longitudinale ( $\leq 0.02$ ),  
 $\sigma_{cp}$  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  $\vartheta$  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. 65678-IDAY9-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11DAY9000000100	REV. A00	FOGLIO 20 di 27
--	---------------------------------	---	-------------	--------------------

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,

$\sigma_{cp}$  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,

$\alpha_c$  è il coefficiente maggiorativo funzione di  $\sigma_{cp}$ .

### 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. 65678-IDAY9-A00.docx	CODIFICA DOCUMENTO 04RCEI11DAY9000000100	REV. A00	FOGLIO 21 di 27
--	---------------------------------	---	-------------	--------------------

- 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  $\epsilon_{sm}$  per la distanza tra le fessure  $\Delta_{sm}$ :

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

Per i valori di  $\epsilon_{sm}$  ed  $\Delta_{sm}$  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:

$\Delta_{smax}$  rappresenta la distanza massima tra le fessure.

La deformazione unitaria delle barre,  $\epsilon_{sm}$ , 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:

$\sigma_s$  è la tensione nell'armatura tesa valutata considerando la sezione fessurata,

$\alpha_e$  è il rapporto  $E_s/E_{cm}$ ,

$\rho_{eff}$  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.

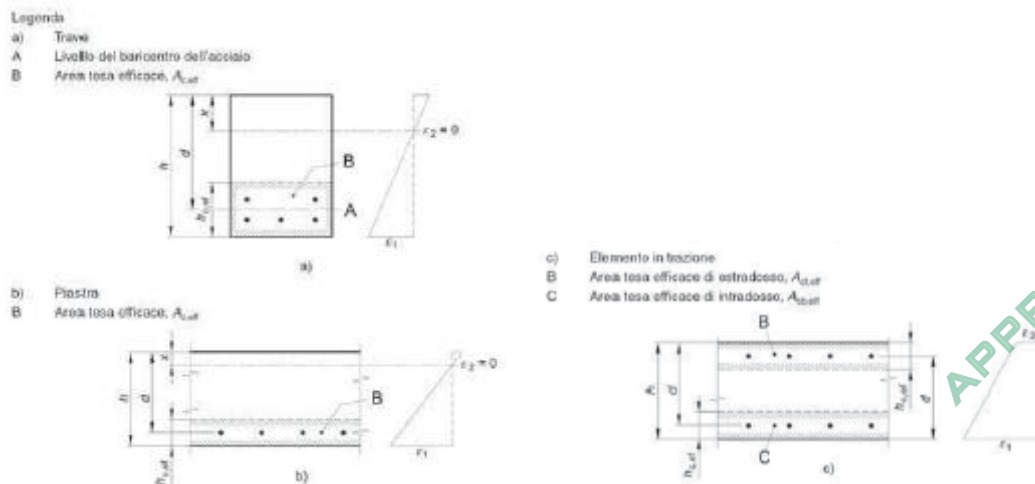


Fig. C4.1.9 Area tesa efficace. Casi tipici.

Per quanto concerne la distanza massima  $\Delta_{smax}$ , 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:

$\phi$  è il diametro delle barre.

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

$c$  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  $\sigma_c$  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  $\sigma_s$  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

	<b>Tmax</b> <b>[kN/m]</b>	<b>M</b> <b>[kNm/m]</b>
Inviluppo SLU	-76.0	22.8
Inviluppo SLE Rare	-56.3	16.9
Inviluppo SLE Frequenti	-45.6	13.7
Inviluppo SLE Quasi Permanenti	-21.1	6.3

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	7.70	5
2	7.70	25

**Sollecitazioni**  
S.L.U.  Metodo n

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

**Materiali**  
**B450C** **C28/35**  
 $\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200'000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  15.87  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8 ?  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  11  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0.6667  
 $\tau_{c1}$  1.971

**Calcolo**  
 $M_{xRd}$  76.82 kN m  
 $\sigma_c$  -15.87 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  391.3 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_c$  3.5 ‰  
 $\epsilon_s$  19.86 ‰  
 $d$  25 cm  
 $x$  3.746  $x/d$  0.1498  
 $\delta$  0.7

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

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

**Tipo flessione**  
 Retta  Deviata

N° rett. 100  
 Calcola MRd  Dominio M-N   
 L<sub>0</sub>  cm Col. modello   
 Precompresso

**Verifica delle tensioni di esercizio**

SLE Rare

**Titolo :** \_\_\_\_\_

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	7.70	5
2	7.70	25

**Sollecitazioni**  
S.L.U.  Metodo n

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

**Materiali**  
**B450C** **C28/35**  
 $\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰  
 $f_{yd}$  391.3 N/mm<sup>2</sup>  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰  
 $E_s$  200'000 N/mm<sup>2</sup>  $f_{cd}$  15.87  
 $E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8 ?  
 $\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  11  
 $\sigma_{s,adm}$  255 N/mm<sup>2</sup>  $\tau_{co}$  0.6667  
 $\tau_{c1}$  1.971

**Calcolo**  
 $\sigma_c$  -2.187 N/mm<sup>2</sup>  
 $\sigma_s$  96.75 N/mm<sup>2</sup>  
 $\epsilon_s$  0.4838 ‰  
 $d$  25 cm  
 $x$  6.329  $x/d$  0.2532  
 $\delta$  0.7565

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

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

**Verifica**  
 N° iterazioni:   
 Precompresso

APPROVATO SDP

Società di Progetto  
Brebemi SpA



SLE Frequenti (per perfezionamento verifica di fessurazione)

**Titolo :** \_\_\_\_\_

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	7.70	5
2	7.70	25

**Sollecitazioni**  
S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>xEd</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>  kNm

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

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

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

**Materiali**  
B450C C28/35  
ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰  
f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>  ‰  
E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  ‰  
σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>  ‰  
τ<sub>c1</sub>  ‰

σ<sub>c</sub>  N/mm²  
σ<sub>s</sub>  N/mm²  
ε<sub>s</sub>  ‰  
d 25 cm  
x 6.329 x/d 0.2532  
δ 0.7565

Verifica  N° iterazioni:

Precompresso

SLE Quasi Permanenti

**Titolo :** \_\_\_\_\_

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	100	30

N°	As [cm²]	d [cm]
1	7.70	5
2	7.70	25

**Sollecitazioni**  
S.L.U.  Metodo n

N<sub>Ed</sub>  kN  
M<sub>xEd</sub>  kNm  
M<sub>yEd</sub>  kNm

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

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

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

**Materiali**  
B450C C28/35  
ε<sub>su</sub>  ‰ ε<sub>c2</sub>  ‰  
f<sub>yd</sub>  N/mm² ε<sub>cu</sub>  ‰  
E<sub>s</sub>  N/mm² f<sub>cd</sub>  ‰  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub>  f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub>  ?  
ε<sub>syd</sub>  ‰ σ<sub>c,adm</sub>  ‰  
σ<sub>s,adm</sub>  N/mm² τ<sub>co</sub>  ‰  
τ<sub>c1</sub>  ‰

σ<sub>c</sub>  N/mm²  
σ<sub>s</sub>  N/mm²  
ε<sub>s</sub>  ‰  
d 25 cm  
x 6.329 x/d 0.2532  
δ 0.7565

Verifica  N° iterazioni:

Precompresso

APPROVATO SDP

## Verifica di fessurazione

SLE Frequenti

<b>Caratteristiche dei materiali</b>			
Coefficiente di omogeneizzazione t=0	n0 =	6	
Coefficiente di omogeneizzazione t=inf	ninf =	19	
Classe cls	f <sub>ck</sub> =	28	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico acciaio	E <sub>s</sub> =	2.10E+05	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico cls t=0	E <sub>cm0</sub> =	3.23E+04	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico cls t=inf	E <sub>cm-inf</sub> =	1.08E+04	N/mm <sup>2</sup>
<b>Caratteristiche della sezione</b>			
Altezza	h=	30	cm
Larghezza	B =	100	cm
Copri ferro baricentrico acciaio teso	cb =	4.70	cm
Area acciaio teso	A <sub>s</sub> =	7.70	cm <sup>2</sup>
Ricoprimento barre esterne tese	c =	4.0	cm
Diametro massimo barre tese	F =	1.4	cm
Diametro medio equivalente	Fm =	1.4	cm
<b>Sezione fessurata: apertura fessure</b>			
Tensione media barre (l'intera area in A)	S <sub>sm</sub> =	78.43	N/mm <sup>2</sup>
Asse neutro	x=	6.33	cm
Altezza utile	d=	25.30	cm
Deformazione lembo inferiore	e <sub>1</sub> =	4.66E-04	
Deformazione lembo superiore	e <sub>2</sub> =	0.00	
<b>Distanza media fra due fessure attigue</b>			
Distanza media barre	s =	20.0	cm
Coefficiente k <sub>2</sub>	k <sub>2</sub> =	0.50	
Coefficiente k <sub>3</sub>	k <sub>3</sub> =	3.400	
Larghezza efficace	b <sub>eff</sub> =	100.0	cm
Altezza efficace	h <sub>C,eff</sub> =	7.9	cm
Area efficace	A <sub>ceff</sub> =	789.0	cm <sup>2</sup>
Area armature poste in A <sub>ceff</sub>	A <sub>s</sub> =	7.70	cm <sup>2</sup>
Distanza massima fra due fessure	D <sub>smax</sub> =	38.00	cm
Coefficiente kt	kt=	0.4	
Coefficiente k <sub>1</sub>	k <sub>1</sub> =	0.8	
Coefficiente k <sub>4</sub>	k <sub>4</sub> =	0.425	
<b>Deformazione unitaria media</b>	e <sub>sm</sub> =	2.24E-04	
<b>Ampiezza fessura</b>	w <sub>k</sub> =	<b>0.085</b>	<b>mm</b>

APPROVATO SDP

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

$V_{sdu}$	76	kN
$M_{sdu}$	-	kNm
$N_{sdu}$	0	kN
$R_{ck}$	35	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	28	N/mm <sup>2</sup>
$\gamma_c$	1.3	
$f_{yk}$	450	N/mm <sup>2</sup>
$bw$	100	cm
$d$	26.00	cm
$Asl$	7.7	cm <sup>2</sup>
$c$	4.00	cm
$\alpha$	90	gradi
$\alpha$	1.57	rad
$\theta$	21.80	gradi
$ctg\theta$	2.50	
$\theta_{imposto}$	21.80	gradi
$Asw$	0	cm <sup>2</sup>
passo staffe	0	cm
$f_{cd}$	18.308	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ctd_{0,05}}$	1.240	N/mm <sup>2</sup>
$f_{yd}$	391.304	N/mm <sup>2</sup>
$\sigma_{cp}$	0.0000	N/mm <sup>2</sup>
<i>verifica senza armatura resistente a taglio</i>		
$V_{Rd}$	136.775	kN
$V_{Rd,min}$	123.833	kN
$\rho_{sw,min}$	0.000941	
$s_{l,max}$	19.50	cm
$A_{sw,min}$	1.834	cm <sup>2</sup> / $s_{l,max}$

APPROVATO SDP

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