

Quadro normativo di riferimento e verifiche effettuate

Nella nuova release del software STS Verifiche agli Stati Limite sono implementate le verifiche nel seguito elencate:

Sezioni non precomprese

Verifica	Formulazione secondo norme	Sezioni simmetriche Flessione retta	Sezioni generiche Fless. deviata
Verifica a rottura per sforzo normale e flessione	Testo Unico / DM1992 / Eurocodice 2 / ACI	X	X
Verifica a rottura per taglio	Testo Unico	X	
Verifica stato limite di Decompressione e formazione delle fessure	Testo Unico / DM1992 / utente	X	
Verifica stato limite di apertura delle fessure	circ. minist. 24/06/1993 (DM1992) circ.minist. 02/02/2009 (TU)	X	
Controllo delle tensioni in esercizio	Testo Unico / DM1992 / utente	X	X
Diagramma ampiezza teorica fessure	circ. minist. 24/06/1993 (DM1992) circ.minist. 02/02/2009 (TU)	X	
Dominio di rottura	Testo Unico / DM1992 / Eurocodice 2 / ACI	X	

Sezioni precomprese

Verifica	Formulazione secondo norme	Sezioni simmetriche Flessione retta	Sezioni generiche Fless. deviata
Verifica a rottura per sforzo normale e flessione	Testo Unico / DM1992 / Eurocodice 2 / ACI	X	X
Verifica a rottura per taglio	Testo Unico	X	
Verifica stato limite di decompressione		X	X
Verifica stato limite di formazione delle fessure	Testo Unico par. 3.2.10 DM92 (ver. a fessuraz. per flessione)	X	X
Controllo delle tensioni al tiro ed in esercizio	Testo Unico / DM1992 / utente	X	X
Controllo delle tensioni principali in esercizio	par. 3.2.6.1 DM1992	X	X
Dimensionamento delle armature a taglio	par. 3.2.9 DM1992	X	X

Sono contemplate inoltre le sezioni precomprese in due fasi, ovvero:

- taglio dei trefoli in cassero
- tesatura di seconda fase dei cavi post-tesi

E' il caso ad esempio di elementi prefabbricati (tegoli/travi/impalcati da ponte ecc.) per cui è prevista una prima fase di tesatura in cassero per consentirne la movimentazione; il completamento della precompressione avviene a seguito del varo in opera e/o della effettuazione di getti di II fase.

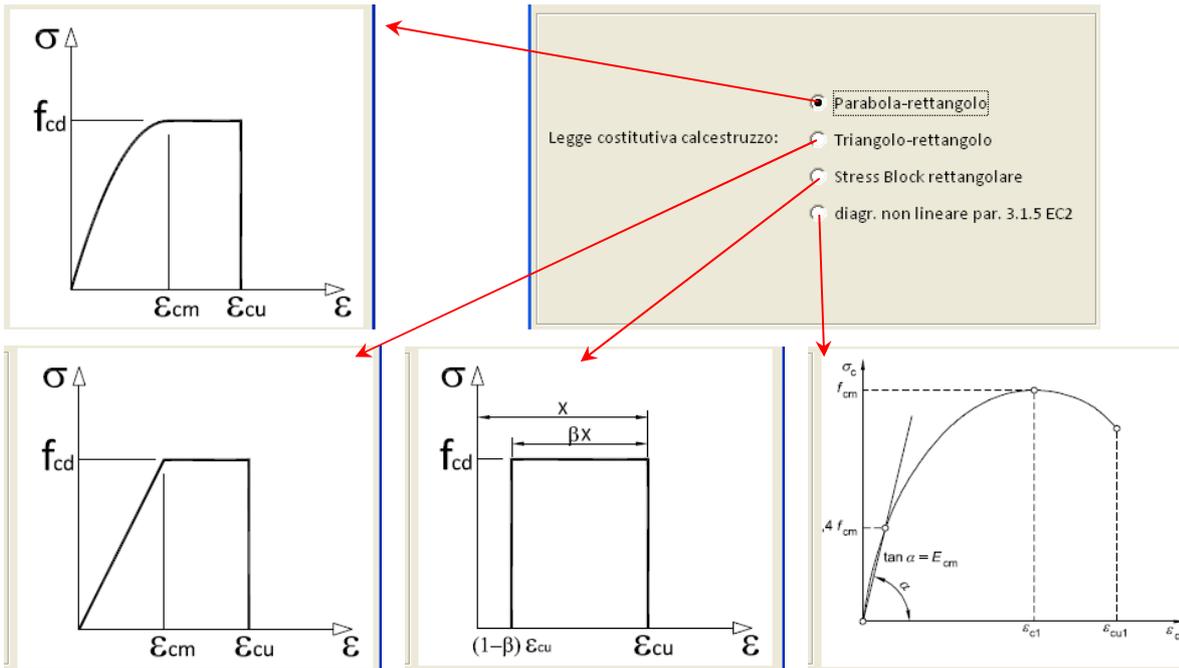
Si rimanda agli esempi allegati alla presente specifica.

Verifica a rottura per sforzo normale e flessione: algoritmi e coefficienti per le verifiche

Sono disponibili le seguenti curve costitutive da utilizzarsi per le verifiche a rottura (resistenza a sforzo normale e flessione) :

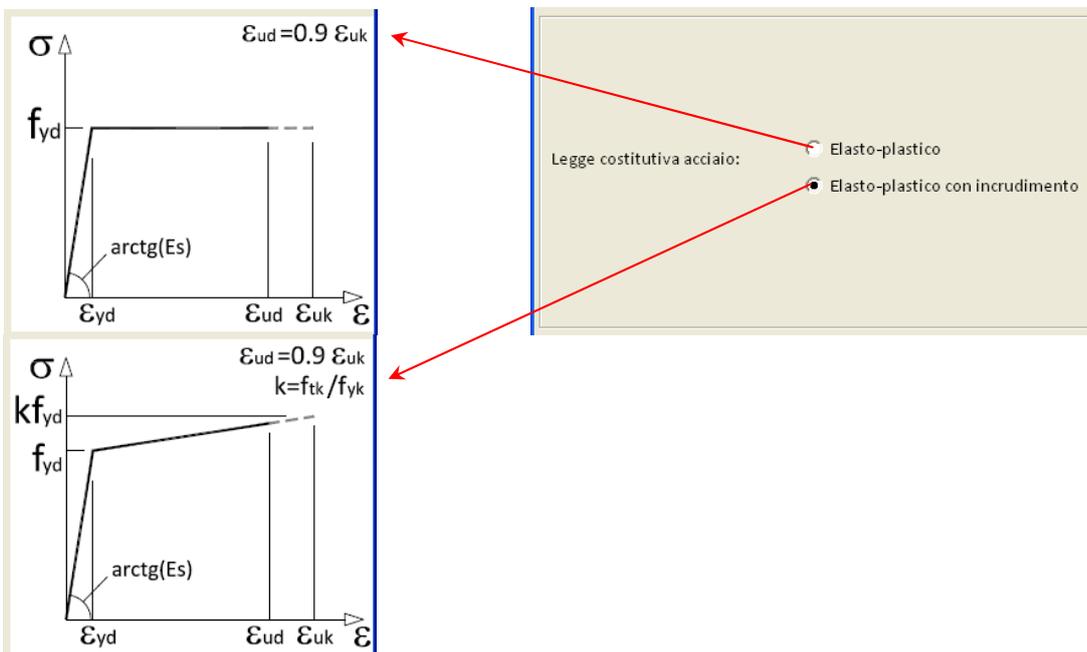
- calcestruzzo:

- parabola rettangolo: [curva (a) par. 4.1.2.1.2.2 Testo Unico]
- triangolo rettangolo: [curva (b) par. 4.1.2.1.2.2 Testo Unico]
- stress block: [curva (c) par. 4.1.2.1.2.2 Testo Unico]
- diagramma non lineare sforzi/deformazioni [par. 3.1.5. Eurocodice 2]



- acciaio:

- elasto-plastica con incrudimento: [curva (a) par. 4.1.2.1.2.3 Testo Unico]
- elastica perfettamente plastica: [curva (b) par. 4.1.2.1.2.3 Testo Unico]



Le grandezze caratteristiche di ogni curva vengono specificate in una apposita sezione con la notazione propria del Testo Unico:

GRANDEZZA	VALORE
Altezza dello Stress Block rettangolare (β)	0.8
Accorciamento ultimo del calcestruzzo a flessione (ε_{cu})	0.0035
Accorciamento ultimo del calcestruzzo a compressione (ε_{cm})	0.002
Allungamento ultimo acciaio normale ($\varepsilon_{ud} = 0.9 \varepsilon_{uk}$)	0.0675
Allungamento ultimo acciaio da precompressione ($\varepsilon_{ud} = 0.9 \varepsilon_{uk}$)	0.0315
Coefficiente riduttivo per resistenza di lunga durata calcestruzzo (α_{cc})	0.85
Rapporto resistenza cilindrica/cubica calcestruzzo (f_{ck}/R_{ck})	0.8
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo (γ_c)	1.5
Coefficiente di sicurezza acciaio (γ_s)	1.15

Assumi Annulla

Viene mantenuta la possibilità di effettuare le verifiche a rottura secondo la norma anglosassone ACI (American Concrete Institute), opzione interessante se si opere su commesse estere (Emirati Arabi / America / Canada / Regno Unito):

GRANDEZZA	VALORE	UNITA'
Altezza dello Stress Block rettangolare (β_1 - par. 10.2.7.3 ACI 318)	0.85	
Accorciamento ultimo del calcestruzzo a flessione (par. 10.2.6 ACI 318)	0.003	
Accorciamento ultimo del calcestruzzo a compressione (par. 10.2.6 ACI 318)	0.00175	
Allungamento ultimo acciaio normale (par. 10.2.4 ACI 318)	0.12	
Allungamento ultimo acciaio da precompressione (par. 10.2.4 ACI 318)	0.12	
Coefficiente di riduzione delle resistenze (ϕ - par. 9.3.2 ACI 318)	0.9	
Resistenza cilindrica calcestruzzo (f_c - par. 5.6.3 ACI 318)	30	(N/mm ²)
Resistenza a snervamento acciaio normale (f_y - par. 3.5 ACI 318)	420	(N/mm ²)
Resistenza a snervamento acciaio preteso aderente (f_y - par. 3.5 ACI 318)	1800	(N/mm ²)
Resistenza a snervamento acciaio preteso inguainato (f_y - par. 3.5 ACI 318)	1800	(N/mm ²)

Assumi Annulla

Tassi di lavoro Limite

In questa sezione vengono definiti i tassi limite dei materiali per le verifiche agli Stati Limite di Esercizio. A differenza della precedente versione l'utente è libero di immettere qualsiasi valore (espresso nella unità di misura di riferimento).

E' possibile tuttavia impostare il software per utilizzare i parametri propri del Testo Unico oppure quelli del DM1992. Stabilita una delle due impostazioni il programma:

- calcola i tassi limite per le singole verifiche partendo dalle caratteristiche dell'acciaio e del calcestruzzo ;
- abilita / disabilita alcune verifiche (barrate in rosso nell'immagine posta sotto) ;
- modifica la formulazione alla base del calcolo dell'ampiezza teorica delle fessure (secondo circolare del 24/06/1993 se si utilizza il DM1992 oppure secondo circolare del 02/02/2009 se si utilizza il Testo Unico).

Pertanto la scelta della norma di riferimento in questa sezione adegua il funzionamento del programma anche nelle scelte delle verifiche da effettuare / delle metodologie di calcolo.

L'utente può liberamente modificare ogni parametro, qualora si indichi un valore di tensione corrispondente a quello specificato da una delle due norme il codice lo riconosce e "riattiva" le verifiche di riferimento.

GRANDEZZA	RIF. NORMA	VALORE	UNITA'	
Trazione iniziale massima calcestruzzo	UTENTE	0.00	(N/mm ²)	
Compressione iniziale massima calcestruzzo	= 0.70 fckj (4.1.8.1.4 NTC08) =	19.60	(N/mm ²)	TASSI DI LAVORO LIMITE AGLI ESTREMI DI SEZIONI PRECOMPRESSE
Trazione massima calcestruzzo in esercizio	UTENTE	0.00	(N/mm ²)	
Compressione max. calcestruzzo azioni Q.P.	= 0.45 fck (4.1.2.2.5.1 NTC08) =	12.60	(N/mm ²)	
Compressione max. calcestruzzo azioni Rare	= 0.60 fck (4.1.2.2.5.1 NTC08) =	16.80	(N/mm ²)	
Tensione principale di trazione	UTENTE	0.00	(N/mm ²)	
Tensione principale di compressione	UTENTE	0.00	(N/mm ²)	
Compressione max. calcestruzzo azioni Q.P.	= 0.45 fck (4.1.2.2.5.1 NTC08) =	12.60	(N/mm ²)	TASSI DI LAVORO LIMITE IN SEZIONE PARZIALIZZATA
Compressione max. calcestruzzo azioni Rare	= 0.60 fck (4.1.2.2.5.1 NTC08) =	16.80	(N/mm ²)	
Tensione massima acciaio normale	= 0.80 fyk (4.1.2.2.5.2 NTC08) =	360.00	(N/mm ²)	
Tensione per stato limite di fessurazione	UTENTE	0.00	(N/mm ²)	VER. A FESSURAZ. SECONDO PAR. 3.2.10 DM. 18.03.1992
Sicurezza a fessurazione minima di norma	UTENTE	0.00		
Tensione per stato limite di fessurazione	= fctm/1.2 (4.1.2.2.4.1 NTC08) =	2.31	(N/mm ²)	S. L. DI FORMAZIONE DELLE FESSURE
Ampiezza limite w1 fessure	= 0.2 mm (4.1.2.2.4.1 NTC08) =	0.20	(mm)	STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE
Ampiezza limite w2 fessure	= 0.3 mm (4.1.2.2.4.1 NTC08) =	0.30	(mm)	
Ampiezza limite w2 fessure	= 0.4 mm (DM92/NTC08) =	0.40	(mm)	
Sicurezza a rottura minima di norma	= 1.0 (NTC08) =	1.00		SICUREZZA A ROTTURA

OK Annulla Valori DM 1992/96 **Valori DM 2008 (TU)**

GRANDEZZA	RIF. NORMA	VALORE	UNITA'	
Trazione iniziale massima calcestruzzo	= 0.08 Rckj (3.2.5.2 DM92)	2.80	(N/mm ²)	
Compressione iniziale massima calcestruzzo	= 0.48 Rckj (3.2.5.2 DM92)	16.80	(N/mm ²)	TASSI DI LAVORO LIMITE AGLI ESTREMI DI SEZIONI PRECOMPRESSE
Trazione massima calcestruzzo in esercizio	= 0.06 Rck (3.2.5.1 DM92)	2.10	(N/mm ²)	
Compressione max. calcestruzzo azioni Q.P.	UTENTE	0.00	(N/mm ²)	
Compressione max. calcestruzzo azioni Rare	= 0.38 Rck (3.2.5.1 DM92)	13.30	(N/mm ²)	
Tensione principale di trazione	= 0.06 Rck (3.2.6.1 DM92)	2.10	(N/mm ²)	TENSIONI PRINCIPALI SECONDO PAR. 3.2.6 DM. 18.03.1992
Tensione principale di compressione	= 0.24 Rck (3.2.6.1 DM92)	8.40	(N/mm ²)	
Compressione max. calcestruzzo azioni Q.P.	UTENTE	0.00	(N/mm ²)	TASSI DI LAVORO LIMITE IN SEZIONE PARZIALIZZATA
Compressione max. calcestruzzo azioni Rare	= 6+(Rck-15)/4 (MPa 3.1.3 DM92)	11.00	(N/mm ²)	
Tensione massima acciaio normale	= 255 (MPa 3.1.6 DM92)	255.00	(N/mm ²)	
Tensione per stato limite di fessurazione	= 1.2 fctm (3.2.10 DM92)	3.46	(N/mm ²)	VER. A FESSURAZ. SECONDO PAR. 3.2.10 DM. 18.03.1992
Sicurezza a fessurazione minima di norma	= 1.2 (3.2.10 DM92)	1.20		
Tensione per stato limite di fessurazione	= 0.7 x 1.2 x fctm (4.2.4.2 DM92)	2.42	(N/mm ²)	S. L. DI FORMAZIONE DELLE FESSURE
Ampiezza limite w1 fessure	= 0.1 mm (4.2.4.2 DM92)	0.10	(mm)	STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE
Ampiezza limite w2 fessure	= 0.2 mm (4.2.4.2 DM92)	0.20	(mm)	
Ampiezza limite w2 fessure	= 0.4 mm (DM92/NTC08)	0.40	(mm)	
Sicurezza a rottura minima di norma	= 1.5 (DM92)	1.50		SICUREZZA A ROTTURA

OK Annulla **Valori DM 1992/96** Valori DM 2008 (TU)

Il codice adegua i tassi limite a valle di eventuali modifiche delle caratteristiche meccaniche dell'acciaio e del calcestruzzo (si veda la relativa sezione).

Caratteristiche dei materiali

Nella finestra si inseriscono le caratteristiche meccaniche dell'acciaio e del calcestruzzo. Rispetto alla precedente versione sono state aggiunte le tensioni caratteristiche di rottura dell'acciaio (necessarie per la schematizzazione della curva elastoplastica con incrudimento).

GRANDEZZA	VALORE	UNITA'
Coefficiente iniziale d'omogen. acciaio/calcestruzzo	15	
Coefficiente d'omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15	
Resistenza cubica caratteristica calcestruzzo (R_{ck})	35	(N/mm ²)
Resistenza cubica caratteristica iniziale calcestruzzo (R_{ckj})	35	(N/mm ²)
Modulo elastico acciaio normale	210000	(N/mm ²)
Modulo elastico acciaio preteso aderente	205000	(N/mm ²)
Modulo elastico acciaio preteso inguainato	205000	(N/mm ²)
Tensione caratt. di snervamento acciaio normale (f_{yk})	450	(N/mm ²)
Tensione caratt. di snervamento acciaio preteso aderente ($f_{p(L)k}$)	1670	(N/mm ²)
Tensione caratt. di snervamento acciaio preteso inguainato ($f_{p(L)k}$)	1670	(N/mm ²)
Tensione caratteristica di rottura acciaio normale (f_{tk})	540	(N/mm ²)
Tensione caratteristica di rottura acciaio preteso aderente (f_{ptk})	1860	(N/mm ²)
Tensione caratteristica di rottura acciaio preteso inguainato (f_{ptk})	1860	(N/mm ²)
Tensione iniziale acciaio preteso aderente (σ_{spi})	1488	(N/mm ²)
Tensione iniziale acciaio preteso inguainato (σ_{spi})	1395	(N/mm ²)
Coefficiente di ritiro (ε_{cs})	0.0003	
Coefficiente di viscosità (ϕ)	2.3	
Coefficiente di rilassamento acciaio aderente ($\Delta\sigma_r$)	0.06	
Coefficiente di rilassamento acciaio inguainato ($\Delta\sigma_r$)	0.06	
Tensione finale massima acciaio preteso aderente	1336	(N/mm ²)
Tensione finale massima acciaio preteso inguainato	1336	(N/mm ²)
Inclinazione (rad) acciaio preteso inguainato	0	
Tasso di dimensionamento acciaio per verifica a taglio	220	(N/mm ²)
Tasso di dimensionamento acciaio per ver. a scorrimento	150	(N/mm ²)

Assumi Annulla

Nel caso di sezioni precomprese in due fasi (taglio trefoli allo scassero e tiro cavi post-tesi in esercizio) i termini per il calcolo delle cadute di tensione devono essere specificati separatamente per le due differenti armature:

GRANDEZZA	VALORE	UNITA'
Tensione iniziale acciaio preteso inguainato (σ_{spi})	1395	(N/mm ²)
Coefficiente di ritiro (ε_{cs} - per calcolo cadute trefoli aderenti)	0.0003	
Coefficiente di viscosità (ϕ - per calcolo cadute trefoli aderenti)	2.3	
Coefficiente di ritiro (ε_{cs} - per calcolo cadute cavi)	0.00025	
Coefficiente di viscosità (ϕ - per calcolo cadute cavi)	2	

Armature ordinarie : barre e staffe

A fianco della celle in cui si definiscono gli strati di armatura (flessione retta) o le singole barre (flessione deviata) è stata inserita una finestra grafica che indica la posizione del generico strato (o della generica barra) di armatura nella sezione.

Per le sole sezioni calcolate in flessione retta è possibile indicare diametro passo e tipologia delle staffe.

Armature normali; profilo di prima fase

Immissione manuale delle armature

Strato n°	n° ferri=	Y= (m)	Diam.= (mm)
1	3	0.06	20
2	3	0.06	16
3	3	0.12	20
4	3	0.65	16
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

Gestione lista

Immetti tondo
Immetti barra: ϕ 8

Definizione staffe
 ϕ 12 / 0.2 mm/(m) Copriferro (m)
staffa a 2 braccia 0.03

sezione in flessione retta (caso di una sezione con getto di II fase)

Armature normali; profilo di prima fase

Immissione manuale delle armature

Ferro n°	X= (cm)	Y= (cm)	Diametro= (mm)
1	21.2	23.7	26
2	21.2	-23.7	26
3	-21.2	-23.7	26
4	-21.2	23.7	26
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

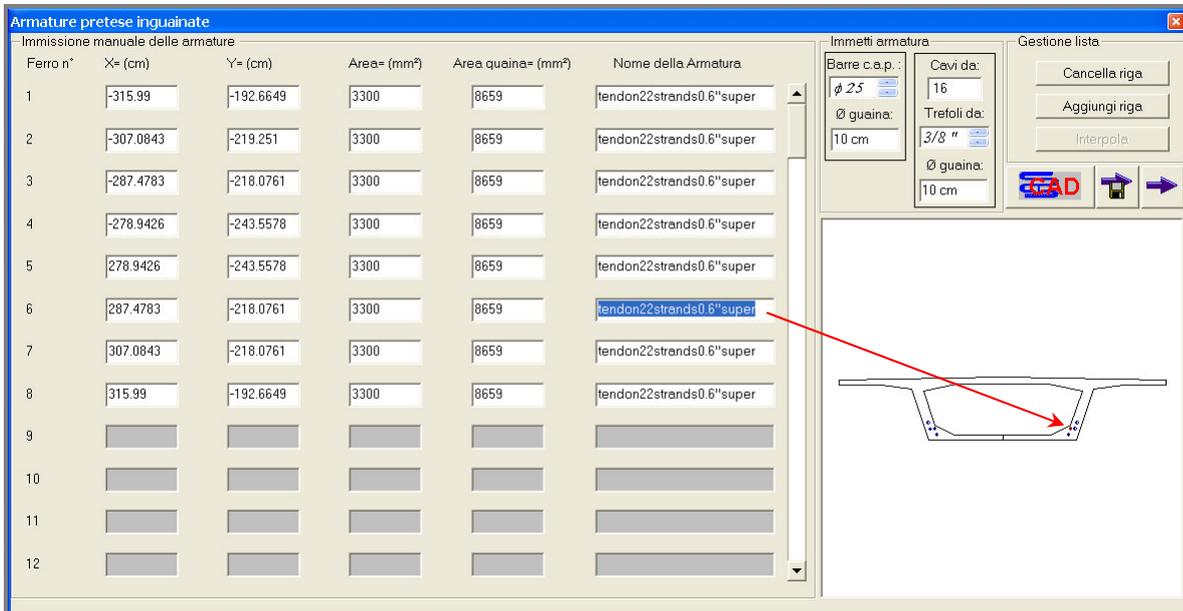
Gestione lista

Immetti tondo
Immetti barra: ϕ 8

sezione in flessione deviata

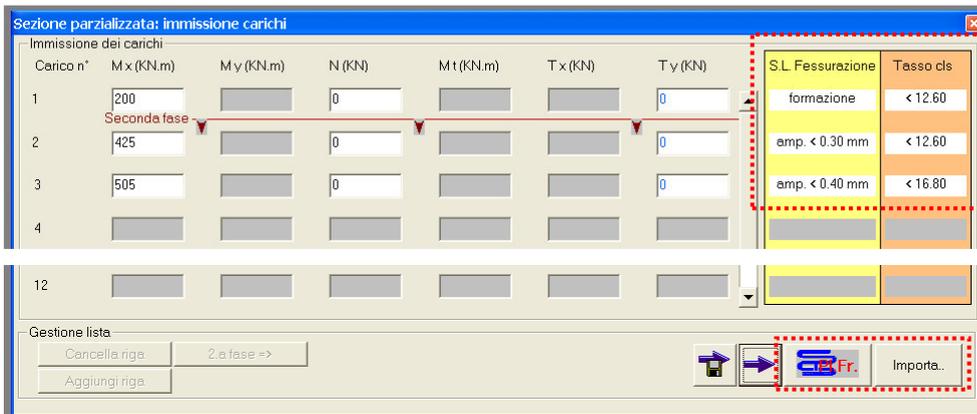
Armature di precompressione : trefoli e cavi

Anche per le armature di precompressione, trefoli o cavi postesi, una finestra grafica indica la posizione dello strato di armature (flessione retta) o della generica armatura (flessione deviata) nella sezione:



Sollecitazioni per le verifiche agli Stati Limite di Esercizio

La finestra di input delle sollecitazioni per le verifiche in esercizio di sezioni **non precomprese** è quella sotto riportata:



Sono presenti a destra due colonne che consentono di definire i controlli da effettuare per ogni condizione di carico:

- stato limite di decompressione, formazione o ampiezza fessure (solo in flessione retta)
- stato limite di controllo dei tassi nei materiali (flessione retta e deviata)

Nell'output scritto (sia tabulare che sotto forma di relazione di verifica) si eseguono le verifiche richieste dall'utente e si mettono in evidenza gli eventuali superamenti degli stati limite specificati.

E' inoltre possibile importare sollecitazioni di verifica dal software STS Telai Piani oppure da un file di testo con separatori di campo (tabulazione, virgola, punto e virgola) facilmente ottenibile da Excel.

Nel caso di sezioni **precomprese** viene visualizzata la finestra di input seguente:

Sezione precompressa: immissione sollecitazioni												
Immissione dei carichi												
Carico n°	Mx (KN.m)	My (KN.m)	N (KN)	Mt (KN.m)	Tx (KN)	Ty (KN)	Tipo	Descrizione del carico	S.L. Fessurazione	Tassi cls		
									σ_{tr}	σ_{c}		
-Sezione di prima fase con fori-												
1	0		0			0	3	Effetti iperstatici Precompr.				
2	2000		0			200	1	Peso proprio	< 0.00	< 13.07		
3	0		0			0	3	Effetti iperstatici cavi	< 0.00	< 13.07		
-Sezione di prima fase con cavi cementati-												
4	1500		0			200	1	getto soletta di II fase	< 0.00	< 13.07		
5	600		0			100	1	carichi permanenti	< 0.00	< 13.07		
-Sezione di seconda fase-												
6	600		0			100	2	Accidentale	decompress.	< 0.00	< 13.07	
7												

Utilizzando le colonne a destra è possibile indicare:

- il controllo dello stato limite di decompressione o formazione fessure (flessione retta e deviata)
- il controllo dei tassi agli estremi della sezione (flessione retta e deviata)

Nell'output scritto (sia tabulare che sotto forma di relazione di verifica) si eseguono le verifiche richieste dall'utente e si mettono in evidenza gli eventuali superamenti degli stati limite specificati.

L'esempio riportato è relativo ad un caso di sezione **precompressa in due fasi**; gli steps di carico con codice "3" (nella colonna "Tipo") identificano, il primo il taglio dei trefoli aderenti, il secondo la messa in tensione dei cavi postesi (si rimanda agli esempi allegati alla presente specifica).

Per ogni dettaglio sulla definizione della storia di carico delle sezioni precomprese si rimanda al manuale d'uso del software.

Esempi di calcolo

Nelle pagine si riportano tre esempi di calcolo:

- Trave prefabbricata non precompressa con soletta di II fase – calcolo in flessione retta
- Tegolo precompresso in due fasi con getto di completamento – calcolo in flessione retta
- Pilastro – calcolo in flessione deviata

Si riporta per intero la fase di input dei parametri descrittivi della sezione, delle sollecitazioni di verifica, delle ipotesi di calcolo e dei tassi di norma, di esportazione dei risultati.

Le armature sono definite per strati successivi posizionati ad una data altezza a partire dall'intradosso sezione, si definiscono le armature ordinarie presenti nella sezione di prima e di seconda fase e le staffe.

Armature normali; profilo di prima fase

Immissione manuale delle armature

Strato n°	n° ferri=	Y= (cm)	Diam.= (mm)
1	3	6	20
2	3	6	16
3	3	12	20
4	3	65	16
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

Gestione lista
 Cancella riga
 Aggiungi riga
 Interpolazione

Immetti tondo
 Immetti barra: ϕ 8

Definizione staffe
 ϕ 8 / 20 mm/(cm)
 staffa a 2 braccia

Copriferro (cm)
 2

Armature posizionate nella sezione di prima fase (trave ad "I")

Armature normali; profilo di seconda fase

Immissione manuale delle armature

Strato n°	n° ferri=	Y= (cm)	Diam.= (mm)
1	6	73.5	12
2	6	81.5	12
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			

Gestione lista
 Cancella riga
 Aggiungi riga
 Interpolazione

Immetti tondo
 Immetti barra: ϕ 8

Definizione staffe
 ϕ 8 / 20 mm/(cm)
 staffa a 2 braccia

Copriferro (cm)
 2

Armature posizionate nella sezione di seconda fase (getto soletta superiore)

Si inseriscono/si controllano quindi le caratteristiche dei materiali, acciaio e calcestruzzo, nel caso specifico si ipotizza di utilizzare un calcestruzzo classe C35/45 e un acciaio B450 C.

La finestra delle caratteristiche dei materiali è generale e contempla anche grandezze che non vengono utilizzate per il caso in esame. Le impostazioni delle caratteristiche dei materiali sono conservate per ogni sezione.

GRANDEZZA	VALORE	UNITA'
Coefficiente iniziale d'omogen. acciaio/calcestruzzo	15	
Coefficiente d'omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15	
Resistenza cubica caratteristica calcestruzzo (R_{ck})	45	(N/mm ²)
Resistenza cubica caratteristica iniziale calcestruzzo (R_{ckj})	45	(N/mm ²)
Modulo elastico acciaio normale	205000	(N/mm ²)
Modulo elastico acciaio preteso aderente	210000	(N/mm ²)
Modulo elastico acciaio preteso inguainato	210000	(N/mm ²)
Tensione caratt. di snervamento acciaio normale (f_{yk})	450	(N/mm ²)
Tensione caratt. di snervamento acciaio preteso aderente ($f_{p(1)k}$)	1670	(N/mm ²)
Tensione caratt. di snervamento acciaio preteso inguainato ($f_{p(1)k}$)	1670	(N/mm ²)
Tensione caratteristica di rottura acciaio normale (f_{tk})	540	(N/mm ²)
Tensione caratteristica di rottura acciaio preteso aderente (f_{ptk})	1860	(N/mm ²)

Assumi Annulla

NOTA: Il calcolo delle tensioni nei materiali in condizioni di esercizio, viene fatta utilizzando il coefficiente di omogeneizzazione che viene convenzionalmente assunto pari a 15 per sezioni non precomprese.

Si impostano / si controllano i tassi di lavoro limite per le verifiche agli SLE, è sufficiente aprire la relativa finestra e selezionare l'opzione "Valori DM2008 (Testo Unico)". L'utente può anche evitare tale operazione in quanto il software assume il Testo Unico come quadro normativo di riferimento e aggiorna i tassi di lavoro in base alle caratteristiche di acciaio e calcestruzzo.

GRANDEZZA	RIF. NORMA	VALORE	UNITA'	
Trazione iniziale massima calcestruzzo	UTENTE	0.00	(N/mm ²)	
Compressione iniziale massima calcestruzzo	= 0.70 fck (4.1.8.1.4 NTC08) =	26.15	(N/mm ²)	TASSI DI LAVORO LIMITE AGLI ESTREMI DI SEZIONI PRECOMPRESSE
Trazione massima calcestruzzo in esercizio	UTENTE	0.00	(N/mm ²)	
Compressione max. calcestruzzo azioni Q.P.	= 0.45 fck (4.1.2.2.5.1 NTC08) =	16.81	(N/mm ²)	TASSI DI LAVORO LIMITE IN SEZIONE PARZIALIZZATA
Compressione max. calcestruzzo azioni Rare	= 0.60 fck (4.1.2.2.5.1 NTC08) =	22.41	(N/mm ²)	
Tensione principale di trazione	UTENTE	0.00	(N/mm ²)	TENSIONI PRINCIPALI SECONDO PAR. 3.2.6 DM. 18.03.1992
Tensione principale di compressione	UTENTE	0.00	(N/mm ²)	
Compressione max. calcestruzzo azioni Q.P.	= 0.45 fck (4.1.2.2.5.1 NTC08) =	16.81	(N/mm ²)	TASSI DI LAVORO LIMITE IN SEZIONE PARZIALIZZATA
Compressione max. calcestruzzo azioni Rare	= 0.60 fck (4.1.2.2.5.1 NTC08) =	22.41	(N/mm ²)	
Tensione massima acciaio normale	= 0.80 fyk (4.1.2.2.5.2 NTC08) =	360.00	(N/mm ²)	
Tensione di formaz. della fessura (flessione)	UTENTE	0.00	(N/mm ²)	VER. A FESSURAZ. SECONDO PAR. 3.2.10 DM. 18.03.1992
Sicurezza a fessurazione minima di norma	UTENTE	0.00		
Tensione di formazione della fessura	= fctm/1.2 (4.1.2.2.4.1 NTC08) =	2.79	(N/mm ²)	S. L. DI FORMAZIONE DELLE FESSURE
Ampiezza limite w1 fessure	= 0.2 mm (4.1.2.2.4.1 NTC08) =	0.20	(mm)	STATO LIMITE DI APERTURA DELLE FESSURE
Ampiezza limite w2 fessure	= 0.3 mm (4.1.2.2.4.1 NTC08) =	0.30	(mm)	
Ampiezza limite w2 fessure	= 0.4 mm (DM92/NTC08) =	0.40	(mm)	
Sicurezza a rottura minima di norma	= 1.0 (NTC08) =	1.00		SICUREZZA A ROTTURA

OK Annulla Valori DM 1992/96 Valori DM 2008 (TU)

NOTA IMPORTANTE: il programma calcola il valore della resistenza cilindrica caratteristica a 28 giorni del calcestruzzo (fck) mediante il coefficiente di correlazione fck/Rck di cui al paragrafo 11.2.10.1 del Testo Unico:

$$fck = 0.83 * Rck \quad [formula 10.2.1]$$

Qualora l'utente desideri utilizzare la resistenza cilindrica caratteristica corrispondente alla classe o al mix design di riferimento può farlo intervenendo sul rapporto fck/Rck nella sezione "algoritmi e coefficienti per le verifiche".

L'utente deve altresì controllare le curve costitutive di acciaio e calcestruzzo utilizzate per le verifiche a rottura, il programma parte dalle caratteristiche di seguito riportate:

Algoritmi utilizzati nelle verifiche a rottura

Verifiche a rottura secondo standard EuroCodice (Testo Unico)
 Verifiche a rottura secondo standard A.C.I.

Imposta i coefficienti

Legge costitutiva calcestruzzo:

- Parabola-rettangolo
- Triangolo-rettangolo
- Stress Block rettangolare
- diagr. non lineare par. 3.1.5 EC2

Legge costitutiva acciaio:

- Elasto-plastico
- Elasto-plastico con incrudimento

Assumi Annulla

Coefficienti Testo Unico - Eurocodice

GRANDEZZA	VALORE
Altezza dello Stress Block rettangolare (β)	0.8
Accorciamento ultimo del calcestruzzo a flessione (ϵ_{cu})	0.0035
Accorciamento ultimo del calcestruzzo a compressione (ϵ_{cm})	0.002
Allungamento ultimo acciaio normale ($\epsilon_{ud} = 0.9 \epsilon_{uk}$)	0.0675
Allungamento ultimo acciaio da precompressione ($\epsilon_{ud} = 0.9 \epsilon_{uk}$)	0.0315
Coefficiente riduttivo per resistenza di lunga durata calcestruzzo (α_{cc})	0.85
Rapporto resistenza cilindrica/cubica calcestruzzo (f_{ck}/R_{ck})	0.83
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo (γ_c)	1.5
Coefficiente di sicurezza acciaio (γ_s)	1.15

Assumi Annulla

Il rapporto f_{ck}/R_{ck} specificato in questa sezione ha effetto sul calcolo di tutte le grandezze derivanti da f_{ck} fra cui la tensione di formazione delle fessure (Stato Limite di Fessurazione) e i tassi limite del calcestruzzo per le verifiche in esercizio. L'utente può tuttavia inserire a mano tali valori nella finestra di cui a pagina precedente, scorrelando in questo modo la resistenza del calcestruzzo per il calcolo a rottura, la resistenza a trazione e le tensioni limite in esercizio. I tassi "personalizzati" non vengono tuttavia adeguati dal programma a seguito di variazioni della resistenza cubica (R_{ck}) o del rapporto resistenza cilindrica/cubica (f_{ck}/R_{ck}).

L'utente inserisce le sollecitazioni per le verifiche in esercizio e specifica per ogni condizione di carico i controlli che il software effettuerà:

Sezione parzializzata: immissione carichi

Immissione dei carichi

Carico n°	Mx (KN.m)	My (KN.m)	N (KN)	Mt (KN.m)	Tx (KN)	Ty (KN)	S.L. Fessurazione	Tasso cls
1	200		0			0	< 16.81
2	425		0			0	emp. < 0.30 mm	< 16.81
3	505		0			0	emp. < 0.40 mm	< 22.41
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								

Gestione lista

Si noti che i limiti indicati, tassi nei materiali e ampiezza teorica delle fessure, sono quelli specificati in precedenza nella apposita sezione. Nella finestra sotto l'utente inserisce i carichi per la verifica a rottura.

Calcolo a rottura: immissione carichi

Immissione dei carichi

Carico n°	Mx (KN.m)	My (KN.m)	N (KN)	Mt (KN.m)	Tx (KN)	Ty (KN)
1	760		0			300
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						

Gestione lista

Qui di seguito si riporta l'output completo (relazione di verifica e output grafico) prodotto dal software

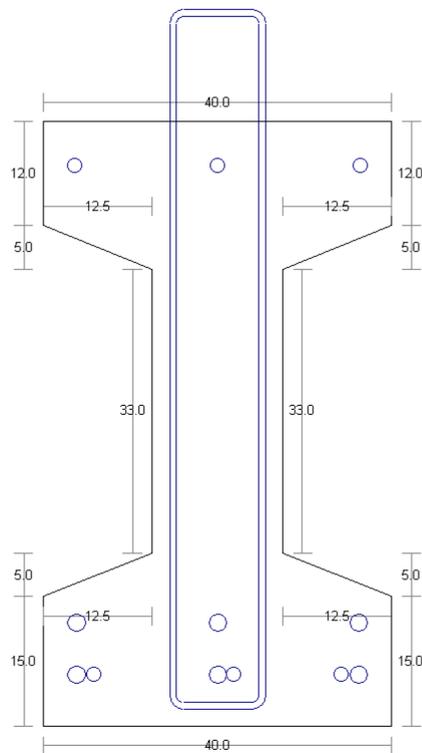
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE TRASVERSALE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

5 Trapezi elementari - 11 Parametri geometrici - **Profilo di prima fase**

Unità di misura:(cm) - Elenco dei parametri ad iniziare dall'estradosso

b1 40.0
h2 12.0 b3 40.0
h4 5.0 b5 15.0
h6 33.0 b7 15.0
h8 5.0 b9 40.0
h10 15.0 b11 40.0

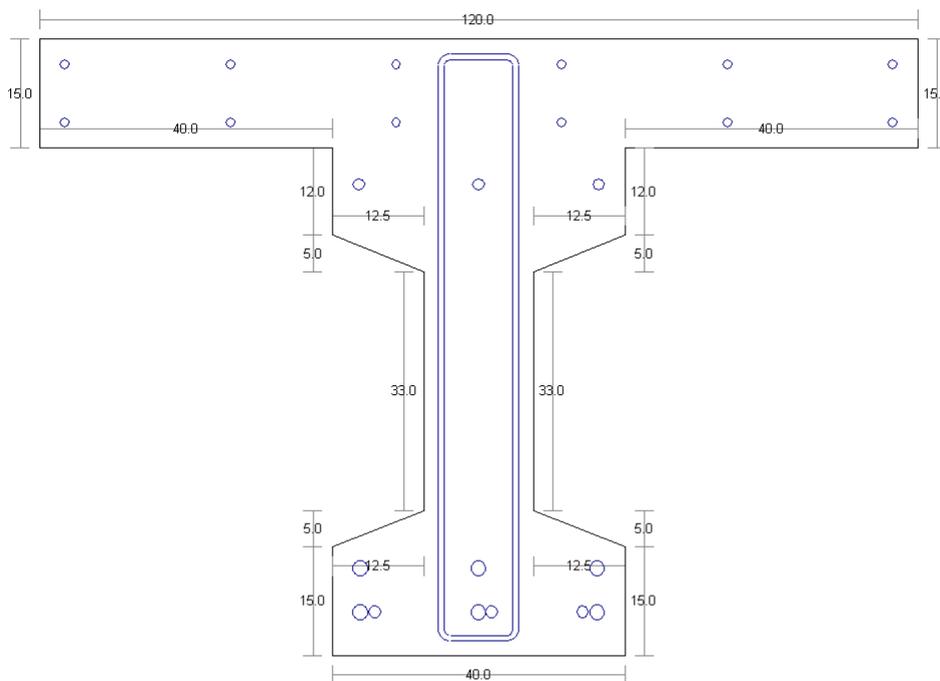


 Software Tecnico Sangalli
Scala di rappresentazione 5.533 (cm)
Geometria della sezione di prima fase SEZIONE: [ese 1]

7 Trapezi elementari - 15 Parametri geometrici - **Profilo di seconda fase**

Unita` di misura:(cm) - Elenco dei parametri ad iniziare dall'estradosso

b1 120.0
h2 15.0 b3 120.0
h4 0.0 b5 40.0
h6 12.0 b7 40.0
h8 5.0 b9 15.0
h10 33.0 b11 15.0
h12 5.0 b13 40.0
h14 15.0 b15 40.0



 Software Tecnico Sangalli
Scala di rappresentazione 6.59 (cm)
Geometria della sezione di seconda fase SEZIONE: [ese 1]

Descrizione dell'armatura normale

3 ϕ 20 mm posizionati a 6.0 cm da intradosso
 3 ϕ 16 mm posizionati a 6.0 cm da intradosso
 3 ϕ 20 mm posizionati a 12.0 cm da intradosso
 3 ϕ 16 mm posizionati a 65.0 cm da intradosso

Area armatura normale = 3091.3 (mm²) a 19.3 cm da intrad.

Descrizione dell'armatura normale 2° fase

6 ϕ 12 mm posizionati a 73.5 cm da intradosso
 6 ϕ 12 mm posizionati a 81.5 cm da intradosso

Area armatura normale 1°,2° fase = 4448.5 (mm²) a 37.1 cm da intrad.

Coefficiente d'omogeneizzazione dell'armatura =15



Profilo di 1° fase - sezione di solo calcestruzzo

Distanza baricentro da intradosso	= 34.2 (cm)
Area della sezione	= 1850.00 (cm ²)
Momento d'inerzia baricentrico	= 1023803.00 (cm ⁴)
Modulo di Resistenza superiore	= 28621.60 (cm ³)
Modulo di Resistenza inferiore	= 29909.75 (cm ³)
Altezza della sezione	= 70.0 (cm)
Braccio di leva interno	= 51.4 (cm)

Profilo di 2° fase - sezione di solo calcestruzzo

Distanza baricentro da intradosso	= 55.6 (cm)
Area della sezione	= 3650.00 (cm ²)
Momento d'inerzia baricentrico	= 2765721.00 (cm ⁴)
Modulo di Resistenza superiore	= 93971.42 (cm ³)
Modulo di Resistenza inferiore	= 49771.38 (cm ³)
Altezza della sezione	= 85.0 (cm)
Braccio di leva interno	= 63.4 (cm)

Profilo di 1° fase - sezione con armatura omogeneizzata

Distanza baricentro da intradosso	= 31.4 (cm)
Area della sezione	= 2282.79 (cm ²)
Momento d'inerzia baricentrico	= 1323220.00 (cm ⁴)
Modulo di Resistenza superiore	= 34286.62 (cm ³)
Modulo di Resistenza inferiore	= 42131.21 (cm ³)

Profilo di 2° fase - sezione con armatura omogeneizzata

Distanza baricentro da intradosso	= 52.9 (cm)
Area della sezione	= 4272.79 (cm ²)
Momento d'inerzia baricentrico	= 3618799.00 (cm ⁴)
Modulo di Resistenza superiore	= 211308.70 (cm ³)
Modulo di Resistenza inferiore	= 68441.48 (cm ³)
Modulo di Resistenza superiore II	= 112645.20 (cm ³)

VERIFICA IN SEZIONE PARZIALIZZATA - VERIFICA DELLE TENSIONI IN ESERCIZIO

Convenzioni di segno

Sono positive le trazioni

Sono positivi i momenti che tendono l'intradosso sezione

Coefficiente d'omogeneizzazione dell'armatura = 15

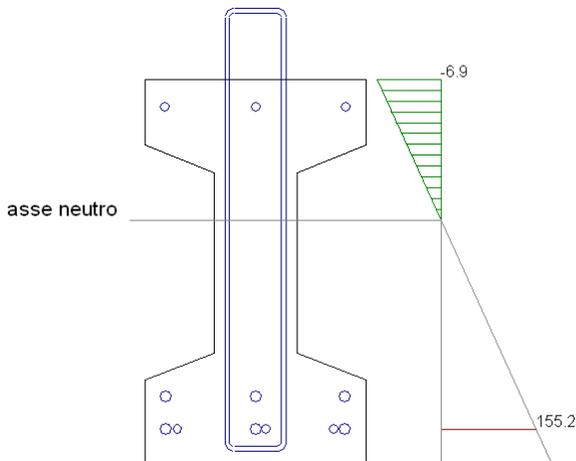
Condizione di carico 1

Momento = 200.0 (KN.m)

Sforzo normale = 0.0 (KN)

Profilo di prima fase

Compressione massima nel calcestruzzo = -6.94 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 155.17 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 25.7 (cm)
Braccio di leva interno = 54.9 (cm)



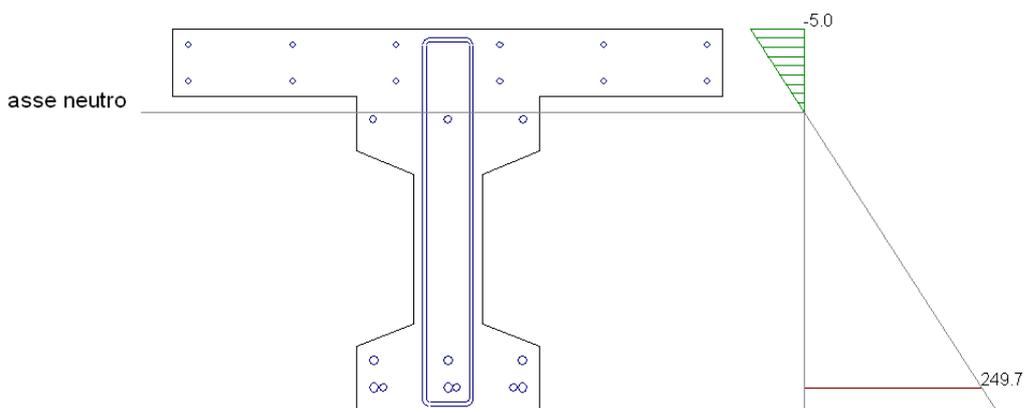
Condizione di carico 2

Momento = 425.0 (KN.m)

Sforzo normale = 0.0 (KN)

Profilo di seconda fase

Compressione massima nel calcestruzzo = -5.03 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 249.68 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 18.3 (cm)
Braccio di leva interno = 70.5 (cm)

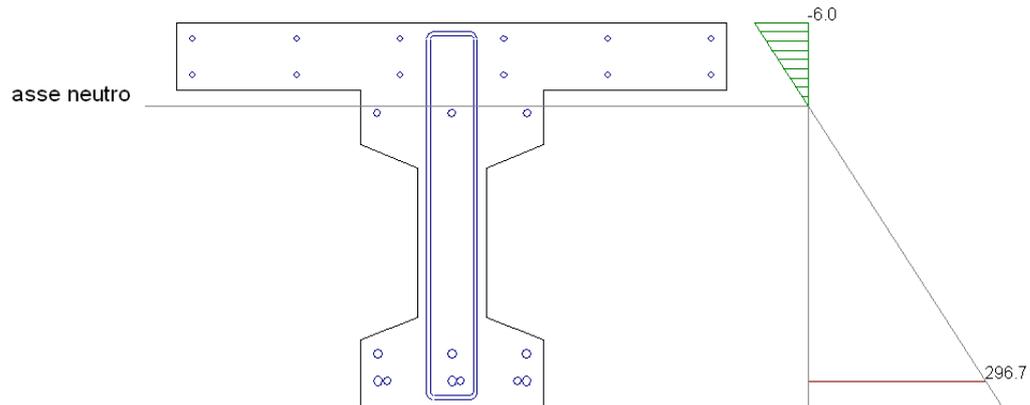


Condizione di carico 3

Momento = 505.0 (KN.m)
Sforzo normale = 0.0 (KN)

Profilo di seconda fase

Compressione massima nel calcestruzzo = -5.98 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio = 296.68 (N/mm²)
Distanza asse neutro da lembo compresso = 18.3 (cm)
Braccio di leva interno = 70.5 (cm)



VERIFICA A FESSURAZIONE SECONDO PAR. 4.1.2.2.4 TESTO UNICO

resistenza media a trazione $f_{ctm} = 0.30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3.35 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
 tensione di formazione della fessura $\sigma_t = f_{ctm} / 1.2 = 2.79 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
 coefficienti per calcolo dell'ampiezza teorica delle fessure:

$$\alpha_e = E_s / E_{cls} = 5.92$$

$$k_t = 0.6/0.4 \quad (\text{carichi di breve/lunga durata})$$

$$k_1 = 0.8 \quad (\text{barre ad aderenza migliorata})$$

$$k_2 = (\varepsilon_1 + \varepsilon_2) / 2\varepsilon_1 \quad (0.5 \text{ nel caso di flessione})$$

$$k_3 = 3.4$$

$$k_4 = 0.425$$

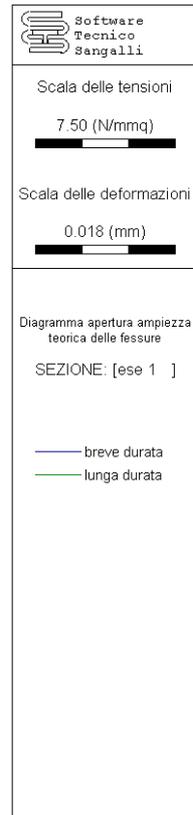
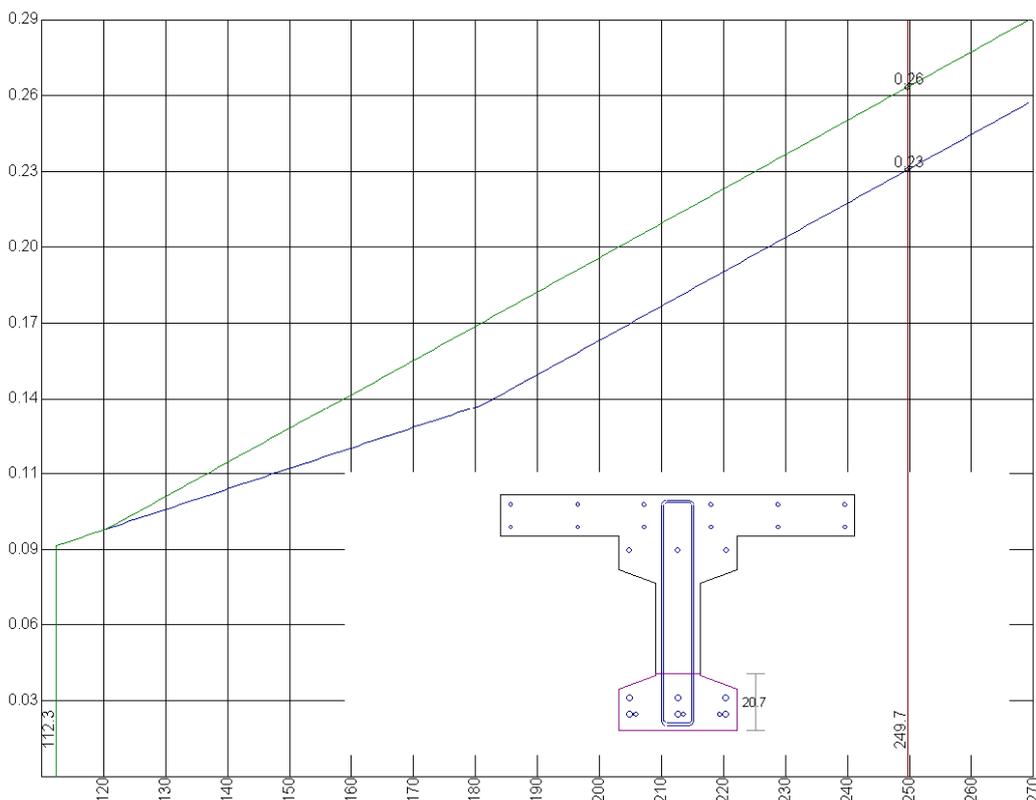
condizione di carico n. 2 (S.L. di apertura delle fessure, $w_{lim} = w_2$)

Momento di progetto $M = 425.00 \text{ (KN.m)}$
 Sforzo assiale di progetto $N = 0.00 \text{ (KN)}$

verifica su sezione di seconda fase $A_{omog} = 4272.79 \text{ (cm}^2\text{)} ; W_{omog} = 68441.48 \text{ (cm}^3\text{)}$
 tensione ad intradosso da sforzo assiale $\sigma_{intr} = N / A_{omog} - N \cdot e / W_{omog} = 0.00 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
 ($e = Y_{bar,cls} - Y_{bar,omog} = 2.69 \text{ cm}$)

momento di formazione della fessura $M_{fess} = (\sigma_t - \sigma_{intr}) \cdot W_{omog} = 191.18 \text{ (KN.m)} < 425.00$

altezza sezione $h = 85.00 \text{ (cm)}$
 distanza bar. armatura tesa da lembo comp. $d = 76.73 \text{ (cm)}$
 area armatura tesa $A_s = 2488.14 \text{ (mm}^2\text{)}$
 distanza asse neutro da lembo compresso $X = 18.34 \text{ (cm)}$
 altezza tirante teso $h_{c,eff} = 20.68 \text{ (cm)} (< (h-Y)/3, < h/2)$
 area tirante teso $A_{c,eff} = 747.73 \text{ (cm}^2\text{)} (\text{tirante teso ad intradosso sezione})$
 densità di armatura in zona tesa $\rho_{eff} = A_s / A_{c,eff} = 0.03328$
 ricoprimento armature tese $c = 5.00 \text{ (cm)}$
 diametro (equivalente) armature $\phi_{eq} = 18.86 \text{ (mm)}$
 tensione armatura tesa in sezione fessurata $\sigma_s = 249.68 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
 deformazione media unitaria barre (carichi di breve - lunga durata) $\varepsilon_{sm} = (\sigma_s - k_t \cdot f_{ctm} / \rho_{eff}) / (1 + \alpha_e \cdot \rho_{eff}) / E_s \geq 0.6 \cdot \sigma_s / E_s = 0.00086503 - 0.00098268$
 distanza massima fra le fessure $\Delta_{sm} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi_{eq} / \rho_{eff} = 266.34 \text{ (mm ; } \varepsilon_1 = 0.001338, \varepsilon_2 = 0.00, k_2 = 0.50)$
 ampiezza teorica delle fessure $w_d = \varepsilon_{sm} \cdot \Delta_{sm} = 0.230 - 0.262 \text{ (mm ; carichi di breve - lunga durata)}$



condizione di carico n. 3 (S.L. di apertura delle fessure, $w_{lim} = w_3$)

Momento di progetto $M = 505.00$ (KN.m)
Sforzo assiale di progetto $N = 0.00$ (KN)

verifica su sezione di seconda fase $A_{omog} = 4272.79$ (cm²) ; $W_{omog} = 68441.48$ (cm³)
tensione ad intradosso da sforzo assiale $\sigma_{intr} = N / A_{omog} - N \cdot e / W_{omog} = 0.00$ (N/mm²)

$$(e = Y_{bar,cls} - Y_{bar,omog} = 2.69 \text{ cm})$$

momento di formazione della fessura $M_{fess} = (\sigma_t - \sigma_{intr}) \cdot W_{omog} = 191.18$ (KN.m) < **505.00**

altezza sezione $h = 85.00$ (cm)

distanza bar. armatura tesa da lembo comp. $d = 76.73$ (cm)

area armatura tesa $A_s = 2488.14$ (mm²)

distanza asse neutro da lembo compresso $X = 18.34$ (cm)

altezza tirante teso $h_{c,eff} = 20.68$ (cm) (<(h-Y)/3, <h/2)

area tirante teso $A_{c,eff} = 747.73$ (cm²) (tirante teso ad intradosso sezione)

densità di armatura in zona tesa $\rho_{eff} = A_s / A_{c,eff} = 0.03328$

ricoprimento armature tese $c = 5.00$ (cm)

diametro (equivalente) armature $\phi_{eq} = 18.86$ (mm)

tensione armatura tesa in sezione fessurata $\sigma_s = 296.68$ (N/mm²)

deformazione media unitaria barre $\epsilon_{sm} = (\sigma_s - k_t \cdot f_{ctm} / \rho_{eff} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{eff})) / E_s \geq 0.6 \cdot \sigma_s / E_s = 0.00109430 - 0.00121194$

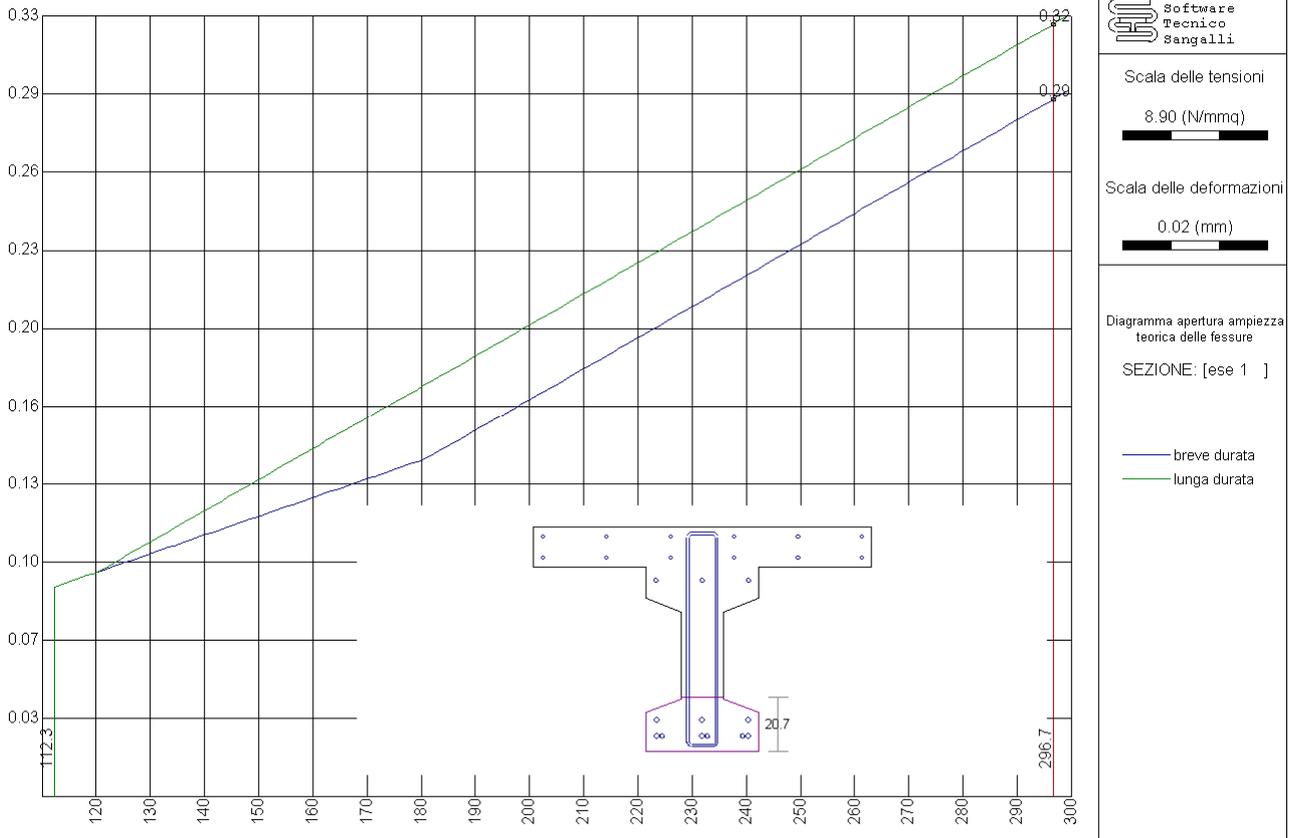
(carichi di breve - lunga durata)

distanza massima fra le fessure

$$\Delta_{sm} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi_{eq} / \rho_{eff} = 266.34 \text{ (mm ; } \epsilon_1 = 0.001590, \epsilon_2 = 0.00, k_2 = 0.50)$$

ampiezza teorica delle fessure

$$w_d = \epsilon_{sm} \cdot \Delta_{sm} = 0.291 - 0.323 \text{ (mm ; carichi di breve - lunga durata)}$$



VERIFICHE A ROTTURA - RESISTENZA A SFORZO NORMALE E FLESSIONE

Caratteristiche Fisico-Elastiche dei materiali

Modulo Elastico acciaio normale	= 205000.0 (N/mm ²)
Modulo Elastico calcestruzzo	= 34625.5 (N/mm ²)
Resistenza cubica caratteristica calcestruzzo	= 45.00 (N/mm ²)
Resistenza caratteristica a snervamento acciaio normale	= 450.00 (N/mm ²)
Resistenza caratteristica a rottura acciaio normale	= 540.00 (N/mm ²)

Ipotesi di calcolo

Legge costitutiva del calcestruzzo :	Parabola Rettangolo
Accorciamento ultimo calcestruzzo a flessione	$\epsilon_{cu} = 0.3500 \%$
Accorciamento ultimo calcestruzzo a compressione	$\epsilon_{cm} = 0.2000 \%$
Legge costitutiva dell'acciaio normale :	Elasto-plastica con incrudimento finita
Allungamento ultimo acciaio normale	$\epsilon_{ud} = 0.9 \epsilon_{uk} = 6.750 \%$
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	$\gamma_c = 1.500$
Coefficiente di sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1.150$
Termine di lunga durata	$\alpha_{cc} = 0.850$
Rapporto resistenza cilindrica/cubica	$f_{ck}/R_{ck} = 0.830$
Resistenza di progetto calcestruzzo	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck}/\gamma_c = 0.47 R_{ck}$
Resistenza di progetto dell'acciaio	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 0.87 f_{yk}$
Rapporto di sovrarresistenza acciaio normale	$k_n = f_{tk}/f_{yk} = 1.200$

Resistenze di progetto

Calcestruzzo	= 21.17 (N/mm ²)
Acciaio normale	$f_{yd} = 391.30$ (N/mm ²) - $k f_{yd} = 469.57$ (N/mm ²)

Convenzioni di segno

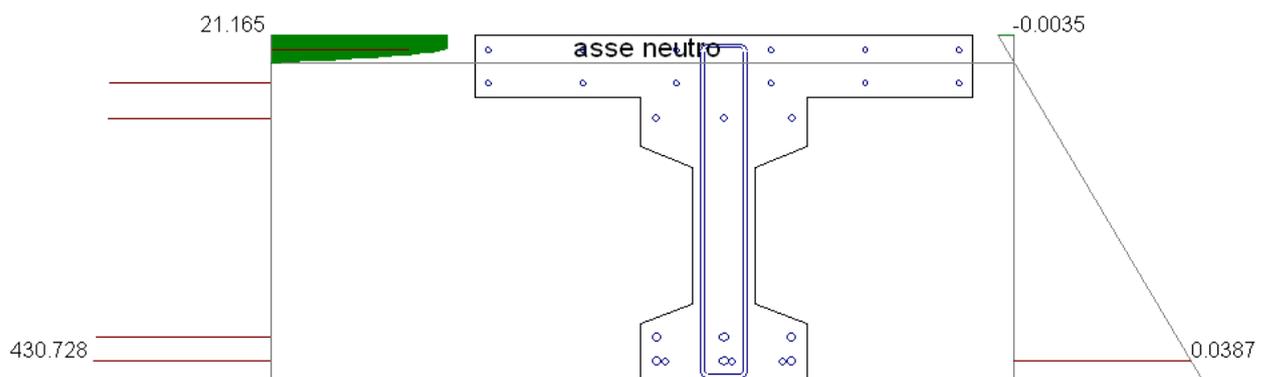
Sono positive le trazioni
Sono positivi i momenti che tendono l'intradosso sezione

Condizione di carico 1

Momento di Progetto M_d	= 760.0 (KN.m)
Sforzo di Progetto N_d	= 0.0 (KN)

Profilo di seconda fase

Distanza asse neutro da lembo compresso	= 6.5 (cm)
Momento di Rottura M_r	= 853.5 (KN.m)
Sforzo di Rottura N_r	= 1.1 (KN)
Rottura nel Dominio	3
Rapporto M_r/M_d	= 1.123



VERIFICHE A ROTTURA - RESISTENZA A SOLLECITAZIONI TAGLIANTI

Parametri di calcolo per tagli associati a momenti positivi (intradosso teso):

larghezza minima della sezione	$b_w = 15.00$ (cm)	fibra posta a	53.00 (cm)	da intradosso
altezza utile della sezione	$d = 76.73$ (cm)			
armatura longitudinale	$A_{sl} = 2488.14$ (mm ²)			
rapporto geometrico armatura	$\rho_1 = 0.0200$			

Armature verticali resistenti al taglio:

area dell'armatura trasversale	$A_{sw} = 100.53$ (mm ²)
interasse delle armature trasversali	$s = 20.00$ (cm)

Condizione di carico n. 1

taglio di progetto	$V_{ed} = 300.00$ (KN)
momento di progetto	$M_{ed} = 760.00$ (KN.m)
sforzo assiale di progetto	$N_{ed} = 0.00$ (KN)

Resistenza a taglio dell'elemento privo di staffe

tensione media di compressione	$\sigma_{cp} = 0.00$ (N/mm ²)
da precompressione :	0.00 (N/mm ²)
a sforzo assiale:	0.00 (N/mm ²)
$V_{Rd} = \{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d \leq (V_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d =$	87.86 (KN)
($k = 1.51$ $V_{min} = 0.40$ (N/mm ²))	
coefficiente di sicurezza dell'elemento privo di staffe =	0.29

Resistenza a taglio dell'elemento con armature trasversali resistenti al taglio

resistenza caratteristica calcestruzzo	$f_{ck} = 37.35$ (N/mm ²)	
resistenza ridotta calcestruzzo d'anima	$f'_{cd} = 10.58$ (N/mm ²)	
coefficiente maggiorativo	$\alpha_c = 1.00$	
tensione principale alla formazione delle fessure	$\sigma_1 = 0.00$ (N/mm ²)	
tensione tangenziale alla formazione delle fessure	$\tau = 0.00$ (N/mm ²)	
inclinazione minima dei puntoni di cls	$\cotg\theta_1 = \tau / \sigma_1 = 1.00$	
$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot A_{sw} / s \cdot f_{yd} \cdot \cotg\theta$	$= 339.56$ (KN)	resistenza a "taglio trazione"
$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \cotg\theta / (1 + \cotg^2\theta)$	$= 377.98$ (KN)	resistenza a "taglio compressione"
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo:	$\cotg\theta = 2.50$	condizione di "rottura bilanciata"
coefficiente di sicurezza dell'elemento dotato di staffe =	1.13	

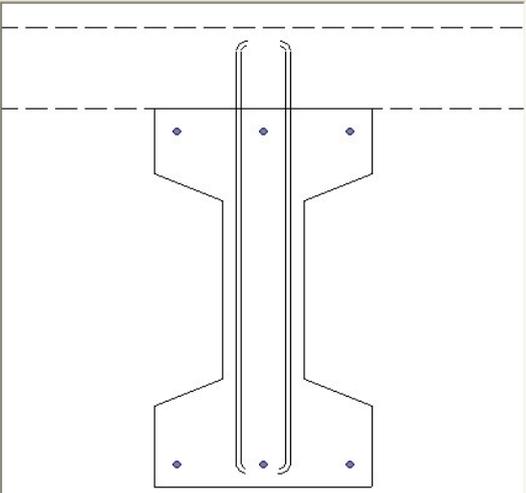
Caso n. 2: Tegolo precompresso in due fasi con getto di completamento

La sezione coincide come carpenteria con l'esempio precedente, le armature ordinarie della sezione di prima fase si riducono a 3 + 3 f12:

Armature normali; profilo di prima fase

Immissione manuale delle armature

Strato n°	n° ferri=	Y= (cm)	Diam.= (mm)
1	3	4.2	12
2	3	65.8	12
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			



Gestione lista

Immetti tondo
Immetti barra: ϕ 8

Definizione staffe
 ϕ 10 / 20 mm/(cm)
staffa a 2 braccia

Copriferro (cm)
2.5

Buttons: Cancella riga, Aggiungi riga, Interpola

Vengono definite le armature di precompressione: 4+4 trefoli da 0.5 pollici nel bulbo inferiore e 2 cavi da 5 trefoli da 3/8 di pollice nell'anima:

Armature pretese aderenti

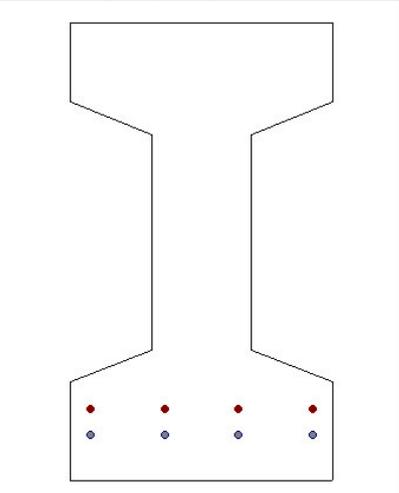
Immissione manuale delle armature

Strato n°	n° ferri=	Y= (cm)	Area= (mm²)	Nome della Armatura
1	4	7	93	trefolo da 0.5 pollici
2	4	11	93	trefolo da 0.5 pollici
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

Immetti armatura
Immetti un trefolo da:
3/8 "

Gestione lista

Buttons: Cancella riga, Aggiungi riga, Interpola



Armature pretese inguainate

Immissione manuale delle armature

Strato n°	n° ferri=	Y= (cm)	Area= (mm²)	Area quaina= (mm²)	Nome della Armatura
1	1	20	260	962.1128	cavo da 5 tref. 3/8 "
2	1	30	260	962.1128	cavo da 5 tref. 3/8 "
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					

Immetti armatura

Barre c.a.p.: ϕ 25

ϕ guaina: 10 cm

Cavi da: 16

Trefoli da: 3/8 "

ϕ guaina: 10 cm

Gestione lista

Cancella riga

Aggiungi riga

Interpola

CSAD

NOTA: se sono presenti due fasi di getto l'utente deve specificare se i cavi vengono iniettati sulla sezione di prima fase o sulla sezione finale, nel caso in esame la cementazione dei cavi avviene a seguito del getto di II fase.

Scelta necessaria:

Per il profilo ese 2 è stato definito un profilo di seconda fase; è necessario decidere se l'iniezione dei cavi viene effettuata sulla sezione di seconda fase o sulla sezione di prima fase.

Iniezione sul profilo di prima fase

Iniezione sul profilo di seconda fase

Si specificano le caratteristiche dei materiali: calcestruzzo, acciaio ordinario e acciaio armonico (trefoli e cavi). Il programma prevede l'inserimento di coefficienti di ritiro e flughe differenziati per i trefoli e per i cavi : essendo questi ultimi posti in tensione a seguito della maturazione parziale dell'elemento possono considerarsi cadute inferiori.

GRANDEZZA	VALORE	UNITA'
Coefficiente d'omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	6	
Resistenza cubica caratteristica calcestruzzo (R_{ck})	45	(N/mm ²)
Resistenza cubica caratteristica iniziale calcestruzzo (R_{ckj})	45	(N/mm ²)
Modulo elastico acciaio normale	205000	(N/mm ²)
Modulo elastico acciaio preteso aderente	210000	(N/mm ²)
Modulo elastico acciaio preteso inguainato	210000	(N/mm ²)
Tensione caratt. di snervamento acciaio normale (f_{yk})	450	(N/mm ²)
Tensione caratt. di snervamento acciaio preteso aderente ($f_{p(L)k}$)	1670	(N/mm ²)
Tensione caratt. di snervamento acciaio preteso inguainato ($f_{p(L)k}$)	1670	(N/mm ²)
Tensione caratteristica di rottura acciaio normale (f_{tk})	540	(N/mm ²)
Tensione caratteristica di rottura acciaio preteso aderente (f_{ptk})	1860	(N/mm ²)
Tensione caratteristica di rottura acciaio preteso inguainato (f_{ptk})	1860	(N/mm ²)
Tensione iniziale acciaio preteso aderente (σ_{spi})	1350	(N/mm ²)
Tensione iniziale acciaio preteso inguainato (σ_{spi})	1300	(N/mm ²)
Coefficiente di ritiro (ϵ_{cs} - per calcolo cadute trefoli aderenti)	0.0003	
Coefficiente di viscosità (ϕ - per calcolo cadute trefoli aderenti)	2.3	
Coefficiente di rilassamento acciaio aderente ($\Delta\sigma_r$)	0.06	
Coefficiente di rilassamento acciaio inguainato ($\Delta\sigma_r$)	0.06	
Tensione finale massima acciaio preteso aderente	1110	(N/mm ²)
Tensione finale massima acciaio preteso inguainato	1140	(N/mm ²)
Inclinazione (rad) acciaio preteso inguainato	0	
Tasso di dimensionamento acciaio per verifica a taglio	220	(N/mm ²)
Tasso di dimensionamento acciaio per ver. a scorrimento	150	(N/mm ²)
Coefficiente di ritiro (ϵ_{cs} - per calcolo cadute cavi)	0.00025	
Coefficiente di viscosità (ϕ - per calcolo cadute cavi)	2	

Assumi Annulla

NOTA: Il coefficiente di omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo viene convenzionalmente assunto pari a 6 per sezioni precomprese.

Per quanto attiene i tassi di lavoro limite e le impostazioni degli algoritmi per le verifiche a rottura si mantiene quanto esposto per il caso precedente.

L'esempio proposto, puramente teorico, prevede che il manufatto sia soggetto alle seguenti fasi esecutive:

- getto in cassero e attesa maturazione elemento prefabbricato ;
- taglio dei trefoli: il tegolo all'applicazione della precompressione si carica del proprio peso ;
- varo in opera ed esecuzione del getto di II fase (direttamente sul tegolo) ;
- messa in tensione dei cavi post-tesi (a seguito della maturazione del getto di II fase) , iniezione guaine cavi ;
- applicazione carichi permanenti (finiture ecc..) ;
- applicazione carichi accidentali (differenziati per combinazioni di carico: quasi permanente/frequente/rara) ;

L'utente deve specificare i carichi agenti in ogni fase andando altresì ad associare il singolo carico:

- alla sezione su cui agisce: il solo tegolo o la sezione ottenuta dopo l'effettuazione del getto di seconda fase (prima / dopo la cementazione dei cavi) ;
- agli steps di tesatura: sono riportati in finestra come loadings di carico "fittizio" caratterizzati dal codice carico **3** (colonna "Tipo"):
 - o il primo step agisce sempre come primo carico (Load n. 1) ;
 - o il secondo step agisce a seguito del peso del getto di II fase (load n. 4) ;

NOTE:

L'effetto coattivo della precompressione ovvero lo sforzo assiale e il momento flettente applicati "direttamente" dalle armature di precompressione (lo sforzo di taglio dei cavi se gli stessi sono inclinati) è calcolato direttamente dal codice considerando la posizione delle armature, la tensione di tiro e le successive perdite di tensione per ritiro, fluage, rilassamento. Se è presente un effetto iperstatico della precompressione, la cui valutazione spetta all'utente, lo stesso deve essere associato al relativo step di tesatura. Nell'esempio proposto si ipotizza che la tesatura dei trefoli/dei cavi non induca alcun effetto iperstatico sul tegolo, essendo l'elemento isostatico.

- alla natura del carico stesso: carico permanente (codice **1**) / carico accidentale (codice **2**) / carico fittizio (codice **3** da utilizzarsi solo per le fasi di tesatura) ;

Devono altresì essere definite le aliquote delle cadute di tensione, differenziate per armature aderenti e per armature inguainate, che agiscono prima del loading i-esimo.

Infine l'utente associa ad ogni loading di carico lo stato limite di riferimento per la verifica a fessurazione e per il controllo dei tassi nel cls (compressione massima iniziale oppure in esercizio in combinazione Q.P. / Rara).

Il software controlla la coerenza dei dati inseriti impedendo macroscopici errori nella definizione della storia di carico/precompressione della sezione.

Sezione precompressa: immissione sollecitazioni

Immissione dei carichi

Carico n°	Mx (KN.m)	My (KN.m)	N (KN)	Mt (KN.m)	Tx (KN)	Ty (KN)	Tipo	Descrizione del carico	S.L. Fessurazione	Tassi cls $\sigma_t <$	Tassi cls $\sigma_c <$
Sezione di prima fase con fori											
1	0		0			0	3	Effetti Iperstatici Precompr.			
2	150		0			0	1	Peso proprio		< 0.00	< 26.15
3	150		0			0	1	peso getto di II fase		< 0.00	< 16.81
Sezione di seconda fase con fori											
4	0		0			0	3	Effetti iperstatici cavi		< 0.00	< 16.81
Sezione di seconda fase con cavi cementati											
5	100		0			0	1	permanenti		< 0.00	< 16.81
6	200		0			0	2	Accidentali: comb. Q.P.	dec./fessur.	< 0.00	< 16.81
7	250		0			0	2	Accidentali: comb. Freq.	dec./fessur.	< 0.00	< 16.81
8	300		0			0	2	Accidentali: comb. Rara	dec./fessur.	< 0.00	< 22.41
9											
10											
11											
12											

Gestione lista
 Aggiungi riga Cancella riga Definisci le cadute di tensione
 Sezione di seconda fase con fori Sezione di seconda fase con cavi cementati

Finestra di inserimento della "storia di carico" della sezione precompressa (condizioni di esercizio)

Definizione delle cadute di tensione

Trefoli Cavi

Cadute di tensione per:

Ritiro (%)	Fluage (%)	Rilassam. (%)	Prima del carico:
100	100	100	3: 'peso getto di II fase'
0	0	0	4: 'Effetti iperstatici cavi'
0	0	0	5: 'permanenti'
0	0	0	6: 'Accidentali: comb. Q.P.'
0	0	0	7: 'Accidentali: comb. Freq.'
0	0	0	8: 'Accidentali: comb. Rara'
			9: ''
			10: ''
			11: ''
$\Sigma = 100$	$\Sigma = 100$	$\Sigma = 100$	

torna all'immissione dei carichi

Definizione delle cadute di tensione

Trefoli Cavi

Cadute di tensione per:

Ritiro (%)	Fluage (%)	Rilassam. (%)	Prima del carico:
			3: 'peso getto di II fase'
			4: 'Effetti iperstatici cavi'
100	100	100	5: 'permanenti'
0	0	0	6: 'Accidentali: comb. Q.P.'
0	0	0	7: 'Accidentali: comb. Freq.'
0	0	0	8: 'Accidentali: comb. Rara'
			9: ''
			10: ''
			11: ''
$\Sigma = 100$	$\Sigma = 100$	$\Sigma = 100$	

torna all'immissione dei carichi

Aliquote delle cadute di tensione che agiscono prima del loading i-esimo

Nella finestra sotto l'utente inserisce i carichi per la verifica a rottura, in presenza della sezione di seconda fase il software esegue convenzionalmente la verifica a rottura sulla sezione finale (l'utente può tuttavia scegliere di eseguire il calcolo a rottura della sezione di prima fase).

Calcolo a rottura: immissione carichi

Immissione dei carichi

Carico n°	M _x (KN.m)	M _y (KN.m)	N (KN)	M _t (KN.m)	T _x (KN)	T _y (KN)
1	980		0			0
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						

Gestione lista

Cancello riga. 2.a fase =>

Aggiungi riga.

    Importa..

Nota: non è stata inserita la sollecitazione tagliante in quanto la verifica a taglio verrà eseguita in seguito su una sezione differente (la sezione di appoggio del tegolo).

Qui di seguito si riporta l'output completo (relazione di verifica e output grafico) prodotto dal software

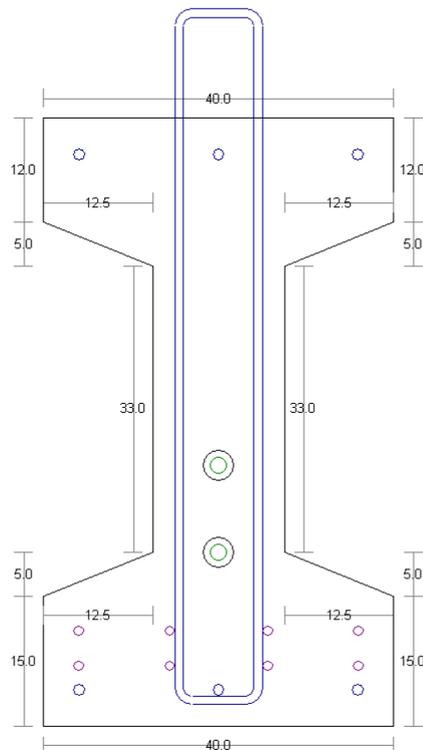
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE TRASVERSALE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

5 Trapezi elementari - 11 Parametri geometrici - **Profilo di prima fase**

Unita` di misura:(cm) - Elenco dei parametri ad iniziare dall'estradosso

b1 40.0
h2 12.0 b3 40.0
h4 5.0 b5 15.0
h6 33.0 b7 15.0
h8 5.0 b9 40.0
h10 15.0 b11 40.0

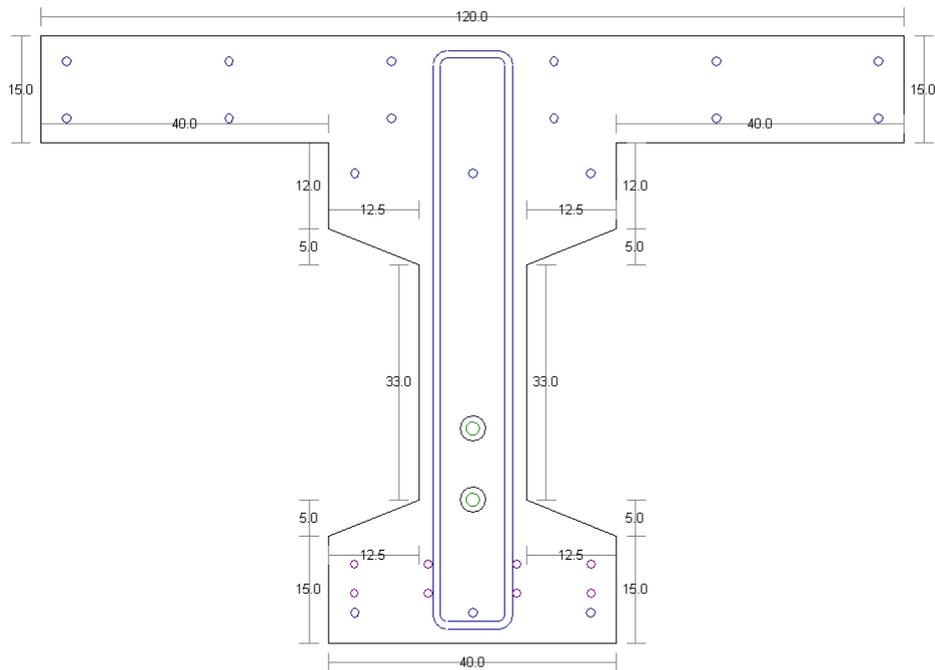


 Software Tecnico Sangalli
Scala di rappresentazione 5.50 (cm)
Geometria della sezione di prima fase SEZIONE: [ese 2]

7 Trapezi elementari - 15 Parametri geometrici - **Profilo di seconda fase**

Unita` di misura:(cm) - Elenco dei parametri ad iniziare dall'estradosso

b1 120.0
h2 15.0 b3 120.0
h4 0.0 b5 40.0
h6 12.0 b7 40.0
h8 5.0 b9 15.0
h10 33.0 b11 15.0
h12 5.0 b13 40.0
h14 15.0 b15 40.0



Descrizione dell'armatura normale

3 $\phi 12$ mm posizionati a 4.2 cm da intradosso
3 $\phi 12$ mm posizionati a 65.8 cm da intradosso

Area armatura normale = 678.6 (mm²) a 35.0 cm da intrad.

Descrizione dell'armatura normale 2° fase

6 $\phi 12$ mm posizionati a 73.5 cm da intradosso
6 $\phi 12$ mm posizionati a 81.5 cm da intradosso

Area armatura normale 1°,2° fase = 2035.8 (mm²) a 63.3 cm da intrad.

Descrizione dell'armatura pretesa aderente

4 trefolo da 0.5 pollici a 7.0 cm da intradosso
4 trefolo da 0.5 pollici a 11.0 cm da intradosso

Area armatura pretesa aderente = 744.0 (mm²) a 9.0 cm da intrad.

Descrizione dell'armatura pretesa inguainata

1 cavo da 5 tref. 3/8 " a 20.0 cm da intradosso
1 cavo da 5 tref. 3/8 " a 30.0 cm da intradosso

Area armatura pretesa inguainata = 520.0 (mm²) a 25.0 cm da intrad.
Area delle guaine = 1924.2 (mm²) a 25.0 cm da intrad.

Coefficiente d'omogeneizzazione dell'armatura =6

Profilo di 1° fase - sezione di solo calcestruzzo

Distanza baricentro da intradosso	= 34.2 (cm)
Area della sezione	= 1850.00 (cm ²)
Momento d'inerzia baricentrico	= 1023803.00 (cm ⁴)
Modulo di Resistenza superiore	= 28621.60 (cm ³)
Modulo di Resistenza inferiore	= 29909.75 (cm ³)
Altezza della sezione	= 70.0 (cm)
Braccio di leva interno	= 51.4 (cm)

Profilo di 2° fase - sezione di solo calcestruzzo

Distanza baricentro da intradosso	= 55.6 (cm)
Area della sezione	= 3650.00 (cm ²)
Momento d'inerzia baricentrico	= 2765721.00 (cm ⁴)
Modulo di Resistenza superiore	= 93971.42 (cm ³)
Modulo di Resistenza inferiore	= 49771.38 (cm ³)
Altezza della sezione	= 85.0 (cm)
Braccio di leva interno	= 63.4 (cm)

Profilo di 1° fase - sezione con fori

Distanza baricentro da intradosso	= 33.8 (cm)
Area della sezione	= 1901.89 (cm ²)
Momento d'inerzia baricentrico	= 1077433.00 (cm ⁴)
Modulo di Resistenza superiore	= 29799.04 (cm ³)
Modulo di Resistenza inferiore	= 31835.86 (cm ³)

Profilo di 2° fase - sezione con fori

Distanza baricentro da intradosso	= 55.5 (cm)
Area della sezione	= 3769.75 (cm ²)
Momento d'inerzia baricentrico	= 2908313.00 (cm ⁴)
Modulo di Resistenza superiore	= 200223.20 (cm ³)
Modulo di Resistenza inferiore	= 52425.98 (cm ³)
Modulo di Resistenza superiore II	= 98502.23 (cm ³)

Profilo di 2° fase - sezione con cavi cementati

Distanza baricentro da intradosso	= 55.2 (cm)
Area della sezione	= 3800.95 (cm ²)
Momento d'inerzia baricentrico	= 2937830.00 (cm ⁴)
Modulo di Resistenza superiore	= 198831.20 (cm ³)
Modulo di Resistenza inferiore	= 53197.95 (cm ³)
Modulo di Resistenza superiore II	= 98666.02 (cm ³)

PRECOMPRESSIONE PER FASI - VERIFICA DELLA SEZIONE

Caratteristiche Fisico-Elastiche dei materiali

Modulo Elastico acciaio normale	= 205000.0 (N/mm ²)
Modulo Elastico acciaio preteso aderente	= 210000.0 (N/mm ²)
Modulo Elastico acciaio preteso inguainato	= 210000.0 (N/mm ²)
Modulo Elastico calcestruzzo	= 34625.5 (N/mm ²)
Resistenza cubica caratteristica calcestruzzo	= 45.00 (N/mm ²)
Resistenza cubica iniziale (alla tesatura):	= 45.00 (N/mm ²)
Coefficiente di caduta per ritiro nei trefoli aderenti	= 0.0300 %
Coefficiente di caduta per fluage nei trefoli aderenti	= 2.3000
Rilassamento a tempo infinito acciaio aderente	= 6.0 %
Coefficiente di caduta per ritiro nei cavi post tesi	= 0.0250 %
Coefficiente di caduta per fluage nei cavi post tesi	= 2.0000
Rilassamento a tempo infinito acciaio inguainato	= 6.0 %

Convenzioni di segno

Sono positive le trazioni
Sono positivi i momenti che tendono l'intradosso sezione
Coefficiente d'omogeneizzazione dell'armatura =6

Tensioni coattive iniziali nel calcestruzzo

(Profilo di 1° fase - sezione con fori)
Tensione iniziale nell'armatura pretesa aderente = 1350.00 (N/mm²)
Sforzo coattivo di precompressione = 1004.4 (KN)
Momento coattivo di precompressione = -249.5 (KN.m)
Eccentricita` della precompressione = -24.8 (cm)

Al lembo inferiore sezione = -13.12 (N/mm²)
Al lembo superiore sezione = 3.09 (N/mm²)
Nel baricentro sezione = -5.28 (N/mm²)

Effetti da Peso proprio

(Profilo di 1° fase - sezione con fori)
Momento = 150.0 (KN.m)

Al lembo inferiore sezione = 4.71 (N/mm²)
Al lembo superiore sezione = -5.03 (N/mm²)

Tensioni risultanti :

Al lembo inferiore sezione = -8.41 (N/mm²)
Al lembo superiore sezione = -1.94 (N/mm²)

Tensione nel baricentro acciaio preteso aderente = -7.58 (N/mm²)
Cadute da accorciamento elastico nell'acciaio aderente = 45.95 (N/mm²)

Cadute di tensione nel tempo (1° step)

(Profilo di 1° fase - sezione con fori)
Tensione nel baricentro acciaio preteso aderente = -7.58 (N/mm²)
Cadute di tensione da ritiro acciaio aderente (100%) = 63.00 (N/mm²)
Cadute di tensione da fluage acciaio aderente (100%) = 105.68 (N/mm²)
Cadute di tensione da rilas. acciaio aderente (100%) = 55.70 (N/mm²)

Sforzo coattivo di precompressione = -166.9 (KN)
Momento coattivo di precompressione = 41.5 (KN.m)

Al lembo inferiore sezione = 2.18 (N/mm²)
Al lembo superiore sezione = -0.52 (N/mm²)

Tensioni risultanti :

Al lembo inferiore sezione = -6.23 (N/mm²)
Al lembo superiore sezione = -2.46 (N/mm²)

Effetti da peso getto di II fase

(Profilo di 1° fase - sezione con fori)
Momento = 150.0 (KN.m)

Al lembo inferiore sezione = 4.71 (N/mm²)
Al lembo superiore sezione = -5.03 (N/mm²)

Tensioni risultanti :

Al lembo inferiore sezione = -1.51 (N/mm²)
Al lembo superiore sezione = -7.49 (N/mm²)

Effetti da Tesatura Dei Cavi

(Profilo di 2° fase - sezione con fori)

Tensione iniziale nell'armatura pretesa inguainata	= 1300.00 (N/mm ²)
Sforzo coattivo di precompressione	= 676.0 (KN)
Momento coattivo di precompressione	= -206.0 (KN.m)
Eccentricita` della precompressione	= -30.5 (cm)

Al lembo inferiore sezione	= -5.72 (N/mm ²)
Al lembo superiore sezione	= -0.76 (N/mm ²)
Al lembo del getto di II fase	= 0.30 (N/mm ²)
Nel baricentro sezione	= -1.79 (N/mm ²)

Tensione nel baricentro acciaio preteso aderente	= -5.09 (N/mm ²)
Cadute da accorciamento elastico nell'acciaio aderente	= 30.84 (N/mm ²)
Cadute totali nell'acciaio aderente	= 301.17 (N/mm ²)
Tensione finale nell'armatura pretesa aderente	= 1048.83 (N/mm ²)

Tensioni risultanti :

Al lembo inferiore sezione	= -7.24 (N/mm ²)
Al lembo superiore sezione	= -8.25 (N/mm ²)
Al lembo del getto di II fase	= 0.30 (N/mm ²) > 0.0

Tensioni coattive nel calcestruzzo alla tesatura dei cavi

Al lembo inferiore sezione	= -16.66 (N/mm ²)
Al lembo superiore sezione	= 1.81 (N/mm ²)
Al lembo del getto di II fase	= 0.30 (N/mm ²)
Nel baricentro sezione	= -7.73 (N/mm ²) (Profilo di 1° fase)
Nel baricentro sezione	= -2.02 (N/mm ²) (Profilo di 2° fase)

Effetti da permanenti

(Profilo di 2° fase - sezione con cavi cementati)

Momento	= 100.0 (KN.m)
---------	----------------

Al lembo inferiore sezione	= 1.88 (N/mm ²)
Al lembo superiore sezione	= -0.50 (N/mm ²)
Al lembo del getto di II fase	= -1.01 (N/mm ²)

Tensioni risultanti :

Al lembo inferiore sezione	= -5.36 (N/mm ²)
Al lembo superiore sezione	= -8.76 (N/mm ²)
Al lembo del getto di II fase	= -0.72 (N/mm ²)

Cadute di tensione nel tempo (2° step)

(Profilo di 2° fase - sezione con cavi cementati)

Tensione nel baricentro acciaio preteso inguainato	= -6.57 (N/mm ²)
Cadute di tensione da ritiro acciaio inguainato (100%)	= 52.50 (N/mm ²)
Cadute di tensione da fluage acciaio inguainato (100%)	= 79.71 (N/mm ²)
Cadute di tensione da rilas. acciaio inguainato (100%)	= 58.17 (N/mm ²)

Cadute totali nell'acciaio inguainato	= 190.38 (N/mm ²)
Tensione finale nell'armatura pretesa inguainata	= 1109.62 (N/mm ²)

Sforzo coattivo di precompressione	= -99.0 (KN)
Momento coattivo di precompressione	= 29.9 (KN.m)

Al lembo inferiore sezione	= 0.82 (N/mm ²)
Al lembo superiore sezione	= 0.11 (N/mm ²)
Al lembo del getto di II fase	= -0.04 (N/mm ²)

Tensioni risultanti :

Al lembo inferiore sezione = -4.54 (N/mm²)
Al lembo superiore sezione = -8.65 (N/mm²)
Al lembo del getto di II fase = -0.76 (N/mm²)

Tensioni coattive finali nel calcestruzzo

Al lembo inferiore sezione = -15.84 (N/mm²)
Al lembo superiore sezione = 1.92 (N/mm²)
Al lembo del getto di II fase = 0.26 (N/mm²)
Nel baricentro sezione = -7.25 (N/mm²) (Profilo di 1° fase)
Nel baricentro sezione = -1.83 (N/mm²) (Profilo di 2° fase)

Effetti da Accidentali: comb. Q.P.

(Profilo di 2° fase - sezione con cavi cementati)
Momento = 200.0 (KN.m)

Al lembo inferiore sezione = 3.76 (N/mm²)
Al lembo superiore sezione = -1.01 (N/mm²)
Al lembo del getto di II fase = -2.03 (N/mm²)

Tensioni risultanti :

Al lembo inferiore sezione = -0.78 (N/mm²)
Al lembo superiore sezione = -9.65 (N/mm²)
Al lembo del getto di II fase = -2.78 (N/mm²)

Momento agente nella condizione di carico in esame = 600.0 (KN.m)
Sicurezza a decompressione = 1.07
Sicurezza a fessurazione = 1.32

Effetti da Accidentali: comb. Freq.

(Profilo di 2° fase - sezione con cavi cementati)
Momento = 250.0 (KN.m)

Al lembo inferiore sezione = 4.70 (N/mm²)
Al lembo superiore sezione = -1.26 (N/mm²)
Al lembo del getto di II fase = -2.53 (N/mm²)

Tensioni risultanti :

Al lembo inferiore sezione = 0.16 (N/mm²) **> 0.0**
Al lembo superiore sezione = -9.90 (N/mm²)
Al lembo del getto di II fase = -3.29 (N/mm²)

Momento agente nella condizione di carico in esame = 650.0 (KN.m)
Sicurezza a decompressione = 0.99 **< 1.00**
Sicurezza a fessurazione = 1.22

Effetti da Accidentali: comb. Rara

(Profilo di 2° fase - sezione con cavi cementati)
Momento = 300.0 (KN.m)

Al lembo inferiore sezione = 5.64 (N/mm²)
Al lembo superiore sezione = -1.51 (N/mm²)
Al lembo del getto di II fase = -3.04 (N/mm²)

Tensioni risultanti :

Al lembo inferiore sezione = 1.10 (N/mm²) > 0.0
Al lembo superiore sezione = -10.16 (N/mm²)
Al lembo del getto di II fase = -3.80 (N/mm²)

Momento agente nella condizione di carico in esame = 700.0 (KN.m)
Sicurezza a decompressione = 0.92 < 1.00
Sicurezza a fessurazione = 1.13

Momento che genera la decompressione ad intradosso = 641.3 (KN.m)
Momento che genera la fessurazione ad intradosso = 789.9 (KN.m)
Trazione di riferimento per la formazione delle fessure $\sigma_t = f_{ctm}/1.2 = 2.79$ (N/mm²)

VERIFICHE A ROTTURA - RESISTENZA A SFORZO NORMALE E FLESSIONE

Caratteristiche Fisico-Elastiche dei materiali

Modulo Elastico acciaio normale = 205000.0 (N/mm²)
Modulo Elastico acciaio preteso aderente = 210000.0 (N/mm²)
Modulo Elastico acciaio preteso inguainato = 210000.0 (N/mm²)
Modulo Elastico calcestruzzo = 34625.5 (N/mm²)
Resistenza cubica caratteristica calcestruzzo = 45.00 (N/mm²)
Resistenza cubica iniziale (alla tesatura): = 45.00 (N/mm²)
Resistenza caratteristica a snervamento acciaio normale = 450.00 (N/mm²)
Resistenza caratt. a snervamento acciaio preteso aderente = 1670.00 (N/mm²)
Resistenza caratt. a snervamento acciaio preteso inguainato = 1670.00 (N/mm²)
Resistenza caratteristica a rottura acciaio normale = 540.00 (N/mm²)
Resistenza caratt. a rottura acciaio preteso aderente = 1860.00 (N/mm²)
Resistenza caratt. a rottura acciaio preteso inguainato = 1860.00 (N/mm²)

Ipotesi di calcolo

Legge costitutiva del calcestruzzo : Parabola Rettangolo
Accorciamento ultimo calcestruzzo a flessione $\epsilon_{cu} = 0.3500$ %
Accorciamento ultimo calcestruzzo a compressione $\epsilon_{cm} = 0.2000$ %
Legge costitutiva dell'acciaio normale : Elasto-plastica con incrudimento finita
Allungamento ultimo acciaio normale $\epsilon_{ud} = 0.9 \epsilon_{uk} = 6.750$ %
Legge costitutiva dell'acciaio preteso : Elasto-plastica con incrudimento finita
Allungamento ultimo acciaio preteso $\epsilon_{ud} = 0.9 \epsilon_{uk} = 3.150$ %
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo $\gamma_c = 1.500$
Coefficiente di sicurezza acciaio $\gamma_s = 1.150$
Termine di lunga durata $\alpha_{cc} = 0.850$
Rapporto resistenza cilindrica/cubica $f_{ck}/R_{ck} = 0.830$
Resistenza di progetto calcestruzzo $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck}/\gamma_c = 0.47 R_{ck}$
Resistenza di progetto dell'acciaio $f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 0.87 f_{yk}$
Rapporto di sovraresistenza acciaio normale $k_n = f_{tk}/f_{yk} = 1.200$
Rapporto di sovraresistenza acciaio pret. aderente $k_a = f_{ptk}/f_{p(1)k} = 1.114$
Rapporto di sovraresistenza acciaio post. inguainato $k_i = f_{ptk}/f_{p(1)k} = 1.114$

Resistenze di progetto

Calcestruzzo = 21.17 (N/mm²)
Acciaio normale $f_{yd} = 391.30$ (N/mm²) - $k f_{yd} = 469.57$ (N/mm²)
Acciaio preteso aderente $f_{yd} = 1452.17$ (N/mm²) - $k f_{yd} = 1617.39$ (N/mm²)
Acciaio preteso inguainato $f_{yd} = 1452.17$ (N/mm²) - $k f_{yd} = 1617.39$ (N/mm²)

Convenzioni di segno

Sono positive le trazioni
Sono positivi i momenti che tendono l'intradosso sezione

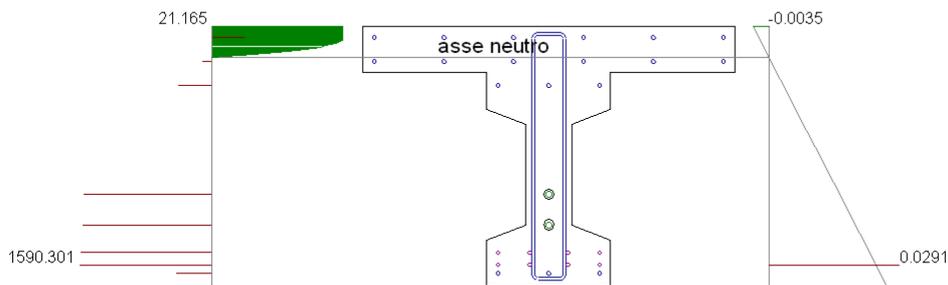
Acciaio Preteso; Allungamento alla Decompressione

Acciaio tipo aderente = 0.5386 %
Acciaio tipo inguainato = 0.5558 %

Condizione di carico 1

Momento di Progetto M_d = 980.0 (KN.m)
Sforzo di Progetto N_d = 0.0 (KN)
Profilo di seconda fase

Distanza asse neutro da lembo compresso = 10.0 (cm)
Momento di Rottura M_r = 1431.7 (KN.m)
Sforzo di Rottura N_r = 1.3 (KN)
Rottura nel Dominio 3
Rapporto M_r/M_d = 1.461



Software
Tecnico
Sangalli

Scala sezione
15.582 (cm)

Posizione asse neutro
a rottura

SEZIONE: [ese 2]

Cond. di carico n. 1

La verifica a taglio viene eseguita in corrispondenza della sezione di appoggio del tegolo. Rispetto alla geometria analizzata in precedenza la sezione si differenzia per gli aspetti seguenti:

- l'anima della profilo è ispessita ;
- è presente solo uno dei due strati di trefoli in quanto si ipotizza che quello più basso sia neutralizzato nelle porzioni esterne del tegolo ;
- i cavi risultano rialzati: più alti e con dotati di un inclinazione media di 0.2 radianti (11.5 ° circa) ;
- le staffe sono in maggior numero e di diametro maggiore .

Si ricorda che il caso trattato è puramente teorico; di seguito si riporta l'output della sola verifica a taglio.

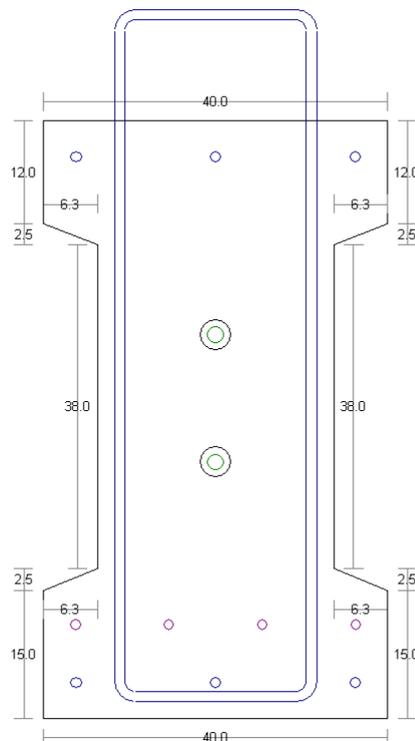
CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE TRASVERSALE

Sezione descritta con il metodo dei trapezi elementari

5 Trapezi elementari - 11 Parametri geometrici - **Profilo di prima fase**

Unità di misura:(cm) - Elenco dei parametri ad iniziare dall'estradosso

- b1 40.0
- h2 12.0 b3 40.0
- h4 2.5 b5 27.5
- h6 38.0 b7 27.5
- h8 2.5 b9 40.0
- h10 15.0 b11 40.0

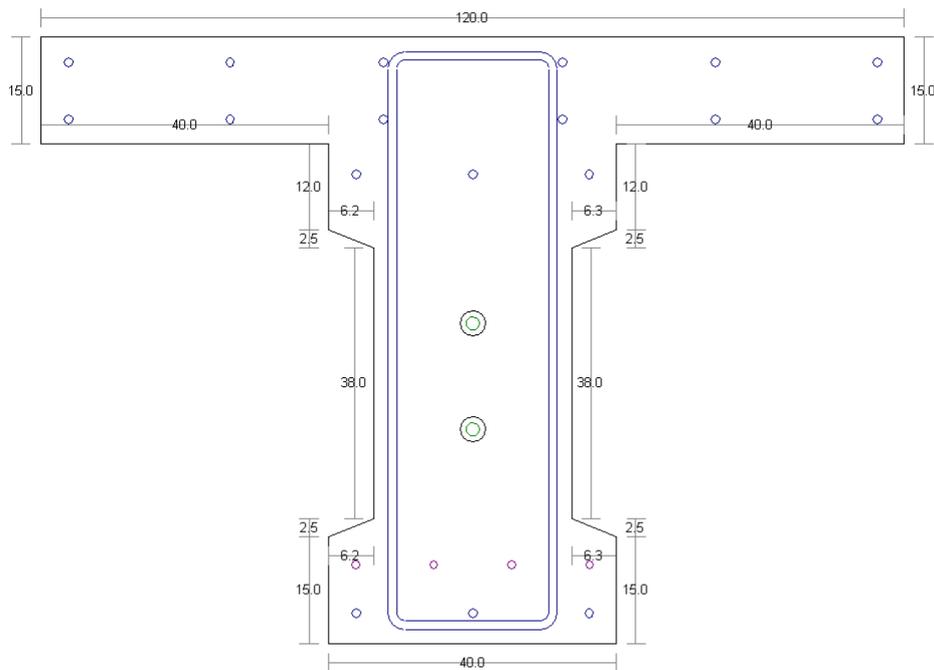


 Software Tecnico Sangalli
Scala di rappresentazione 5.60 (cm) 
Geometria della sezione di prima fase SEZIONE: [ese 3]

7 Trapezi elementari - 15 Parametri geometrici - **Profilo di seconda fase**

Unita` di misura:(cm) - Elenco dei parametri ad iniziare dall'estradosso

b1 120.0
h2 15.0 b3 120.0
h4 0.0 b5 40.0
h6 12.0 b7 40.0
h8 2.5 b9 27.5
h10 38.0 b11 27.5
h12 2.5 b13 40.0
h14 15.0 b15 40.0



 Software Tecnico Sangalli
Scala di rappresentazione 6.70 (cm)
Geometria della sezione di seconda fase SEZIONE: [ese 3]

Descrizione dell'armatura normale

3 ϕ 12 mm posizionati a 4.2 cm da intradosso

3 ϕ 12 mm posizionati a 65.8 cm da intradosso

Area armatura normale = 678.6 (mm²) a 35.0 cm da intrad.

Descrizione dell'armatura normale 2° fase

6 ϕ 12 mm posizionati a 73.5 cm da intradosso

6 ϕ 12 mm posizionati a 81.5 cm da intradosso

Area armatura normale 1°,2° fase = 2035.8 (mm²) a 63.3 cm da intrad.

Descrizione dell'armatura pretesa aderente

4 trefolo da 0.5 pollici a 11.0 cm da intradosso

Area armatura pretesa aderente = 372.0 (mm²) a 11.0 cm da intrad.



Descrizione dell'armatura pretesa inguainata

1 cavo da 5 tref. 3/8 " a 45.0 cm da intradosso

1 cavo da 5 tref. 3/8 " a 30.0 cm da intradosso

Area armatura pretesa inguainata = 520.0 (mm²) a 37.5 cm da intrad.

Area delle guaine = 1924.2 (mm²) a 37.5 cm da intrad.

Coefficiente d'omogeneizzazione dell'armatura =6

Profilo di 1° fase - sezione di solo calcestruzzo

Distanza baricentro da intradosso = 34.7 (cm)
Area della sezione = 2293.75 (cm²)
Momento d'inerzia baricentrico = 1072481.00 (cm⁴)
Modulo di Resistenza superiore = 30355.19 (cm³)
Modulo di Resistenza inferiore = 30934.93 (cm³)
Altezza della sezione = 70.0 (cm)
Braccio di leva interno = 48.9 (cm)

Profilo di 2° fase - sezione di solo calcestruzzo

Distanza baricentro da intradosso = 53.5 (cm)
Area della sezione = 4093.75 (cm²)
Momento d'inerzia baricentrico = 2956416.00 (cm⁴)
Modulo di Resistenza superiore = 93859.02 (cm³)
Modulo di Resistenza inferiore = 55258.53 (cm³)
Altezza della sezione = 85.0 (cm)
Braccio di leva interno = 60.9 (cm)

Profilo di 1° fase - sezione con fori

Distanza baricentro da intradosso = 34.5 (cm)
Area della sezione = 2327.04 (cm²)
Momento d'inerzia baricentrico = 1113754.00 (cm⁴)
Modulo di Resistenza superiore = 31339.08 (cm³)
Modulo di Resistenza inferiore = 32319.11 (cm³)

Profilo di 2° fase - sezione con fori

Distanza baricentro da intradosso = 53.6 (cm)
Area della sezione = 4194.90 (cm²)
Momento d'inerzia baricentrico = 3067910.00 (cm⁴)
Modulo di Resistenza superiore = 187353.70 (cm³)
Modulo di Resistenza inferiore = 57210.40 (cm³)
Modulo di Resistenza superiore II = 97782.11 (cm³)

Profilo di 2° fase - sezione con cavi cementati

Distanza baricentro da intradosso = 53.5 (cm)
Area della sezione = 4226.10 (cm²)
Momento d'inerzia baricentrico = 3077716.00 (cm⁴)
Modulo di Resistenza superiore = 186596.10 (cm³)
Modulo di Resistenza inferiore = 57520.96 (cm³)
Modulo di Resistenza superiore II = 97723.88 (cm³)

VERIFICHE A ROTTURA - RESISTENZA A SOLLECITAZIONI TAGLIANTI

Parametri di calcolo per tagli associati a momenti positivi (intradosso teso):

larghezza minima della sezione	$b_w = 25.75$ (cm)	fibra posta a	45.00 (cm)	da intradosso
altezza utile della sezione	$d = 80.80$ (cm)			
armatura longitudinale	$A_{sl} = 339.29$ (mm ²)			
rapporto geometrico armatura	$\rho_1 = 0.0016$			

Armature verticali resistenti al taglio:

area dell'armatura trasversale	$A_{sw} = 226.19$ (mm ²)
interasse delle armature trasversali	$s = 15.00$ (cm)

Inclinazione dei cavi di precompressione:

inclinazione armature inguainate	$= 11.46^\circ$
taglio da precompressione	$V_{cavi} = -117.64$ (KN)

Condizione di carico n. 1

taglio di progetto da carichi esterni	$V_{ed} = 800.00$ (KN)
momento di progetto	$M_{ed} = 100.00$ (KN.m)
sforzo assiale di progetto	$N_{ed} = 0.00$ (KN)
taglio risultante di progetto	$V_{cavi} + V_{ed} = 682.36$ (KN)

Resistenza a taglio dell'elemento privo di staffe

tensione media di compressione	$\sigma_{cp} = 2.65$ (N/mm ²)
da precompressione :	2.65 (N/mm ²)
a sforzo assiale:	0.00 (N/mm ²)
$V_{Rd} = \{0.18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \sigma_{cp}\} \cdot b_w \cdot d \leq (V_{min} + 0.15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d = 164.15$ (KN)	
($k = 1.50$ $V_{min} = 0.39$ (N/mm ²))	
coefficiente di sicurezza dell'elemento privo di staffe	$= 0.24$

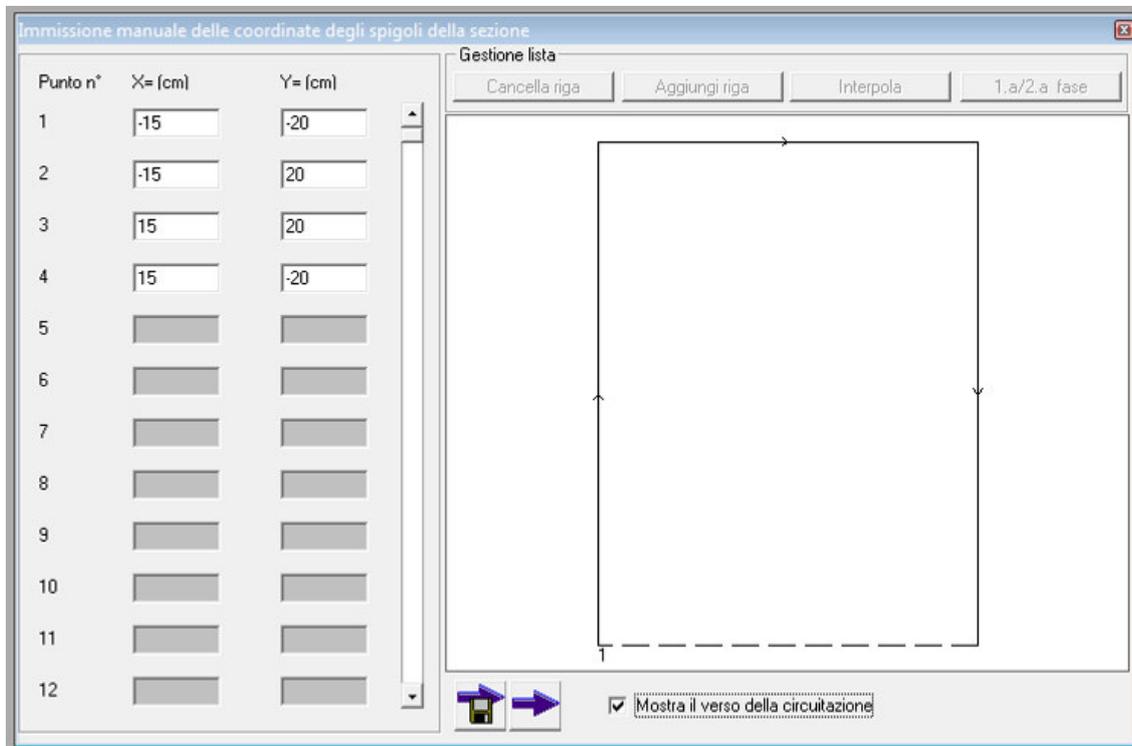
Resistenza a taglio dell'elemento con armature trasversali resistenti al taglio

resistenza caratteristica calcestruzzo	$f_{ck} = 37.35$ (N/mm ²)
resistenza ridotta calcestruzzo d'anima	$f'_{cd} = 10.58$ (N/mm ²)
coefficiente maggiorativo	$\alpha_c = 1.13$
tensione principale alla formazione delle fessure	$\sigma_1 = 2.79$ (N/mm ²)
tensione tangenziale alla formazione delle fessure	$\tau = 3.90$ (N/mm ²)
inclinazione minima dei puntoni di cls	$\cotg\theta_1 = \tau / \sigma_1 = 1.40$
$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot A_{sw} / s \cdot f_{yd} \cdot \cotg\theta$	$= 878.92$ (KN) resistenza a "taglio trazione"
$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \cotg\theta / (1 + \cotg^2\theta)$	$= 878.92$ (KN) resistenza a "taglio compressione"
Inclinazione dei puntoni di calcestruzzo:	$\cotg\theta = 2.05$ condizione di "rottura bilanciata"
coefficiente di sicurezza dell'elemento dotato di staffe	$= 1.29$

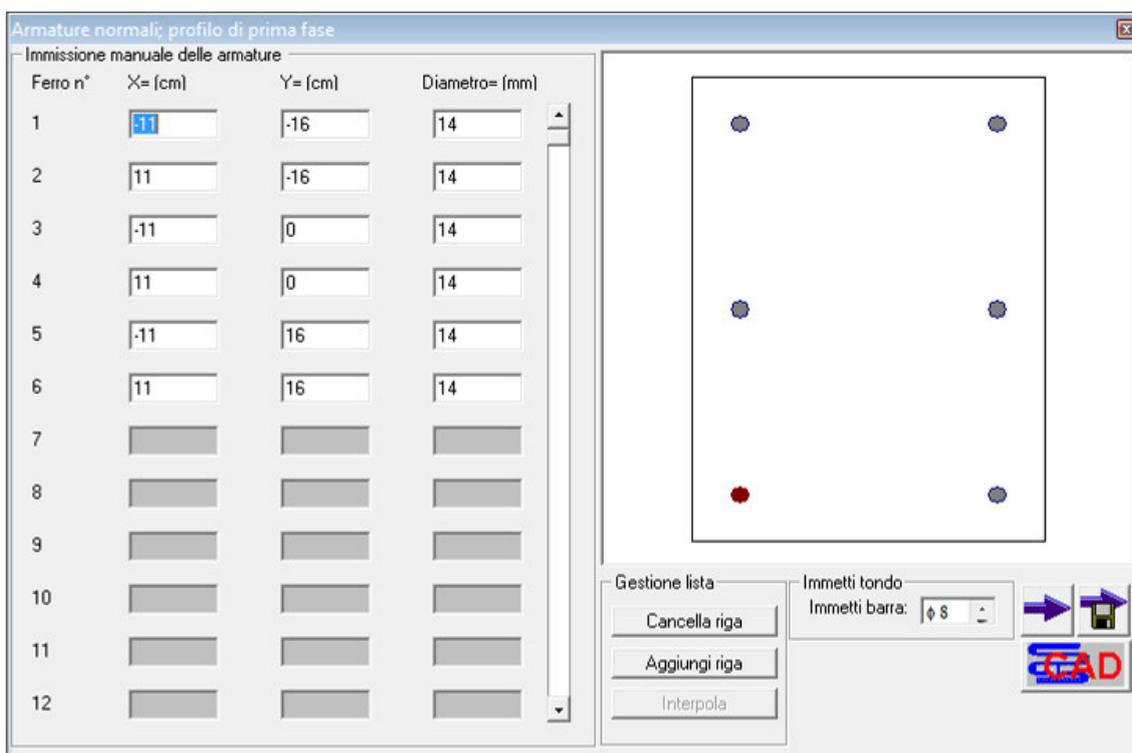
Caso n. 3 pilastro – calcolo in flessione deviata

Esempio di calcolo in flessione deviata di un pilastro di sezione rettangolare 30 x 40 cm

Immissione manuale della geometria del pilastro: si definiscono i vertici della sezione.



Le armature sono definite inserendo le coordinate baricentriche e il diametro, si assumono barre $\phi 14$.



Si inseriscono quindi le caratteristiche dei materiali, acciaio (B450C) e calcestruzzo (C25/30).

GRANDEZZA	VALORE	UNITA'
Coefficiente iniziale d'omogen. acciaio/calcestruzzo	15	
Coefficiente d'omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	15	
Resistenza cubica caratteristica calcestruzzo (R_{ck})	30	(N/mm ²)
Resistenza cubica caratteristica iniziale calcestruzzo (R_{ckj})	30	(N/mm ²)
Modulo elastico acciaio normale	210000	(N/mm ²)
Modulo elastico acciaio preteso aderente	210000	(N/mm ²)
Modulo elastico acciaio preteso inguainato	210000	(N/mm ²)
Tensione caratt. di snervamento acciaio normale (f_{yk})	450	(N/mm ²)
Tensione caratt. di snervamento acciaio preteso aderente ($f_{p(1)k}$)	1850	(N/mm ²)
Tensione caratt. di snervamento acciaio preteso inguainato ($f_{p(1)}$)	1900	(N/mm ²)
Tensione caratteristica di rottura acciaio normale (f_{tk})	540	(N/mm ²)
Tensione caratteristica di rottura acciaio preteso aderente (f_{ptk})	0	(N/mm ²)

Assumi Annulla

Il programma ovviamente adegua i tassi di lavoro limite dei materiali alla resistenza del calcestruzzo:

GRANDEZZA	RIF. NORMA	VALORE	UNITA'
Trazione iniziale massima calcestruzzo	UTENTE	0.00	(N/mm ²)
Compressione iniziale massima calcestruzzo	= 0.70 fckj (4.1.8.1.4 NTC08) =	17.43	(N/mm ²)
Trazione massima calcestruzzo in esercizio	UTENTE	0.00	(N/mm ²)
Compressione max. calcestruzzo azioni Q.P.	= 0.45 fck (4.1.2.2.5.1 NTC08) =	11.21	(N/mm ²)
Compressione max. calcestruzzo azioni Rare	= 0.60 fck (4.1.2.2.5.1 NTC08) =	14.94	(N/mm ²)
Tensione principale di trazione	UTENTE	0.00	(N/mm ²)
Tensione principale di compressione	UTENTE	0.00	(N/mm ²)
Compressione max. calcestruzzo azioni Q.P.	= 0.45 fck (4.1.2.2.5.1 NTC08) =	11.21	(N/mm ²)
Compressione max. calcestruzzo azioni Rare	= 0.60 fck (4.1.2.2.5.1 NTC08) =	14.94	(N/mm ²)
Tensione massima acciaio normale	= 0.80 f _{yk} (4.1.2.2.5.2 NTC08) =	360.00	(N/mm ²)
Tensione per stato limite di fessurazione	UTENTE	0.00	(N/mm ²)
Sicurezza a fessurazione minima di norma	UTENTE	0.00	
Tensione per stato limite di fessurazione	= f _{ctm} /1.2 (4.1.2.2.4.1 NTC08) =	2.13	(N/mm ²)
Ampiezza limite w1 fessure	= 0.2 mm (4.1.2.2.4.1 NTC08) =	0.20	(mm)
Ampiezza limite w2 fessure	= 0.3 mm (4.1.2.2.4.1 NTC08) =	0.30	(mm)
Ampiezza limite w2 fessure	= 0.4 mm (DM92/NTC08) =	0.40	(mm)
Sicurezza a rottura minima di norma	= 1.0 (NTC08) =	1.00	

OK Annulla Valori DM 1992/96 Valori DM 2009/11

L'utente inserisce le sollecitazioni per le verifiche agli SLE e specifica per ogni condizione di carico il tasso di lavoro limite (combinazione Q.P. per il loading 1 e Rare per il loading 2):

Sezione parzializzata: immissione carichi

Immissione dei carichi

Carico n°	M x (KN.m)	M y (KN.m)	N (KN)	M t (KN.m)	T x (KN)	T y (KN)	Tasso cls
1	18	32	-108	0	0	0	< 11.21
2	52	13	-154	0	0	0	< 14.94
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							

Gestione lista

Cancello riga

Aggiungi riga

Importa..

L'utente inserisce le sollecitazioni per il calcolo a rottura:

Calcolo a rottura: immissione carichi

Immissione dei carichi

Carico n°	M x (KN.m)	M y (KN.m)	N (KN)	M t (KN.m)	T x (KN)	T y (KN)
1	27.5	48.4	-161.3	0	0	0
2	77.5	19.7	-230.8	0	0	0
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						

Gestione lista

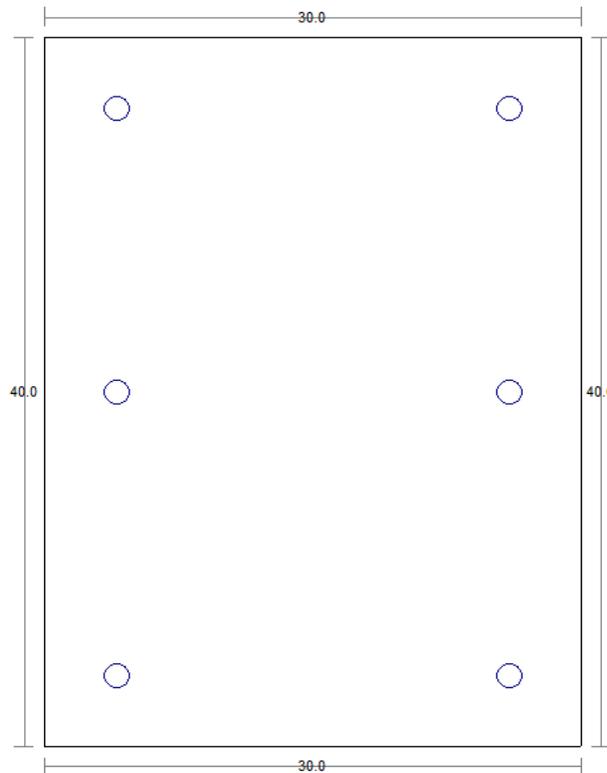
Cancello riga

Aggiungi riga

Importa..

Si riporta nel seguito l'output di calcolo:

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DELLA SEZIONE TRASVERSALE



 Software Tecnico Sangalli
Scala di rappresentazione 2.834 (cm)
Geometria della sezione di prima fase SEZIONE: [30x40]

Sezione descritta per punti

Coordinate dei vertici della sezione

Vertice 1:	X = -15.00 (cm)	Y = -20.00 (cm)
Vertice 2:	X = -15.00 (cm)	Y = 20.00 (cm)
Vertice 3:	X = 15.00 (cm)	Y = 20.00 (cm)
Vertice 4:	X = 15.00 (cm)	Y = -20.00 (cm)

Descrizione dell'armatura

Armatura normale

φ 14.0 mm	X = -11.00 (cm)	Y = -16.00 (cm)
φ 14.0 mm	X = 11.00 (cm)	Y = -16.00 (cm)
φ 14.0 mm	X = -11.00 (cm)	Y = 0.00 (cm)
φ 14.0 mm	X = 11.00 (cm)	Y = 0.00 (cm)
φ 14.0 mm	X = -11.00 (cm)	Y = 16.00 (cm)
φ 14.0 mm	X = 11.00 (cm)	Y = 16.00 (cm)

Area armatura normale	= 9.2 (cm ²)
Ascissa X del baricentro armatura normale	= 0.0 (cm)
Ordinata Y del baricentro armatura normale	= 0.0 (cm)

Sezione di solo calcestruzzo

Area della sezione	= 1200.00 (cm ²)
Ascissa X del baricentro sezione	= 0.0 (cm)
Ordinata Y del baricentro sezione	= 0.0 (cm)
Momento d'inerzia principale massimo	= 160000.00 (cm ⁴)



Momento d'Inerzia principale minimo	=	90000.01 (cm ⁴)
Semidiametro maggiore dell'ellisse d'Inerzia	=	11.5 (cm)
Semidiametro minore dell'ellisse d'Inerzia	=	8.7 (cm)
Inclinazione diametro maggiore sull'asse X	=	90.0 deg.
Momento d'inerzia baricentrico secondo X	=	160000.00 (cm ⁴)
Momento d'inerzia baricentrico secondo Y	=	90000.00 (cm ⁴)

Sezione con armatura omogeneizzata

Area della sezione	=	1329.31 (cm ²)
Ascissa X del baricentro sezione	=	0.0 (cm)
Ordinata Y del baricentro sezione	=	0.0 (cm)
Momento d'Inerzia principale massimo	=	182068.60 (cm ⁴)
Momento d'Inerzia principale minimo	=	105646.30 (cm ⁴)
Semidiametro maggiore dell'ellisse d'Inerzia	=	11.7 (cm)
Semidiametro minore dell'ellisse d'Inerzia	=	8.9 (cm)
Inclinazione diametro maggiore sull'asse X	=	90.0 deg.
Momento d'inerzia baricentrico secondo X	=	182068.60 (cm ⁴)
Momento d'inerzia baricentrico secondo Y	=	105646.30 (cm ⁴)
Coefficiente d'omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo	=	15

VERIFICA IN SEZIONE PARZIALIZZATA - VERIFICA DELLE TENSIONI IN ESERCIZIO

Convenzioni di segno

Sono positive le trazioni

Sono positivi i momenti orari

Coefficiente d'omogeneizzazione acciaio/calcestruzzo = 15

Condizione di carico n° 1

Momento secondo X = 18.00 (KN.m)

Momento secondo Y = 32.00 (KN.m)

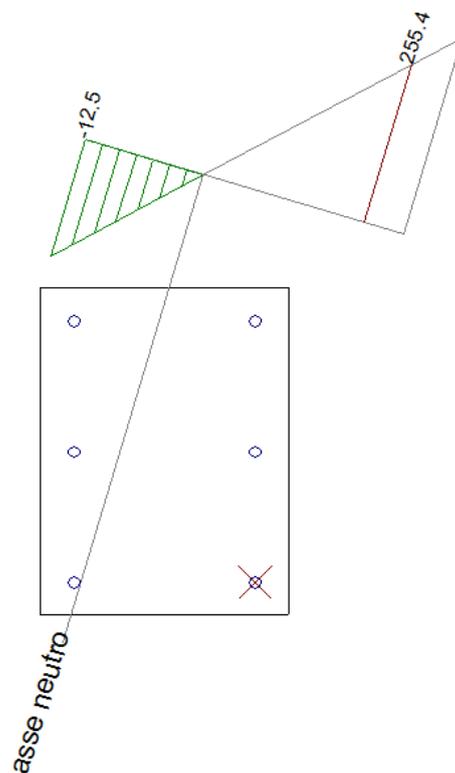
Sforzo Normale = -108.00 (KN)

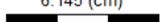
Compressione massima nel calcestruzzo (vertice 2) = -12.51 (N/mm²) < -11.21

Trazione massima nell'acciaio (tondo 2) = 255.38 (N/mm²)

Inclinazione dell'asse neutro sull'asse X = 73.34 (deg.)

Distanza asse neutro dal tondo n° 2 = 20.3 (cm)



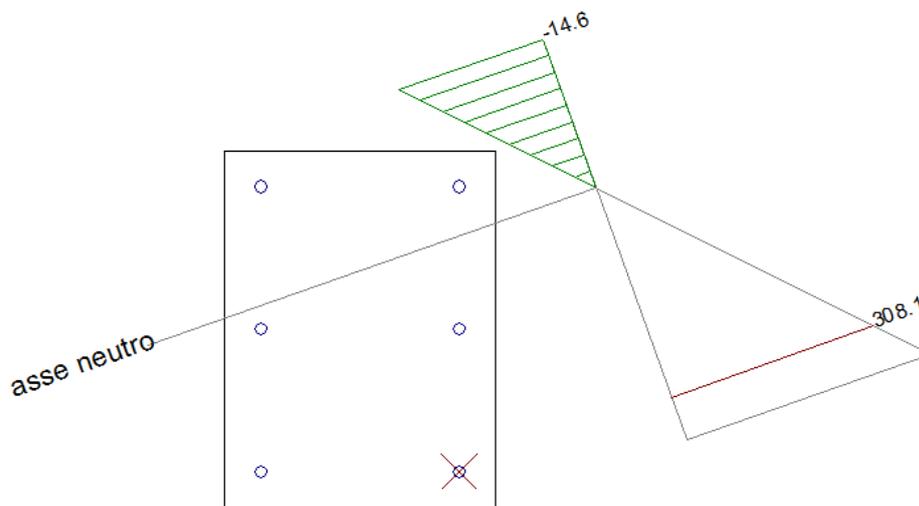
 Software Tecnico Sangalli
Scala sezione 6.145 (cm) 
Posizione asse neutro in sez. parzializzata SEZIONE: [30x40]
Cond. di carico n.1

In questo caso il software segnala che viene superata la tensione di compressione massima nel calcestruzzo nelle condizione di azioni quasi permanenti (Q.P.)

Condizione di carico n° 2

Momento secondo X = 52.00 (KN.m)
Momento secondo Y = 13.00 (KN.m)
Sforzo Normale = -154.00 (KN)

Compressione massima nel calcestruzzo (vertice 2) = -14.60 (N/mm²)
Trazione massima nell'acciaio (tondo 2) = 308.09 (N/mm²)
Inclinazione dell'asse neutro sull'asse X = 19.56 (deg.)
Distanza asse neutro dal tondo n° 2 = 24.9 (cm)



VERIFICHE A ROTTURA - RESISTENZA A SFORZO NORMALE E FLESSIONE

Caratteristiche Fisico-Elastiche dei materiali

Modulo Elastico acciaio normale	= 210000.0 (N/mm ²)
Modulo Elastico calcestruzzo	= 31447.2 (N/mm ²)
Resistenza cubica caratteristica calcestruzzo	= 30.00 (N/mm ²)
Resistenza caratteristica a snervamento acciaio normale	= 450.00 (N/mm ²)
Resistenza caratteristica a rottura acciaio normale	= 540.00 (N/mm ²)

Ipotesi di calcolo

Legge costitutiva del calcestruzzo :	Parabola Rettangolo
Accorciamento ultimo calcestruzzo a flessione	$\epsilon_{cu} = 0.3500 \%$
Accorciamento ultimo calcestruzzo a compressione	$\epsilon_{cm} = 0.2000 \%$
Legge costitutiva dell'acciaio normale :	Elasto-plastica con incrudimento finita
Allungamento ultimo acciaio normale	$\epsilon_{ud} = 0.9 \epsilon_{uk} = 6.750 \%$
Coefficiente di sicurezza calcestruzzo	$\gamma_c = 1.500$
Coefficiente di sicurezza acciaio	$\gamma_s = 1.150$
Termine di lunga durata	$\alpha_{cc} = 0.850$
Rapporto resistenza cilindrica/cubica	$f_{ck}/R_{ck} = 0.830$
Resistenza di progetto calcestruzzo	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck}/\gamma_c = 0.47 R_{ck}$
Resistenza di progetto dell'acciaio	$f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s = 0.87 f_{yk}$
Rapporto di sovrarresistenza acciaio normale	$k_n = f_{tk}/f_{yk} = 1.200$

Resistenze di progetto

Calcestruzzo	= 14.11 (N/mm ²)
Acciaio normale	$f_{yd} = 391.30$ (N/mm ²) - $k f_{yd} = 469.57$ (N/mm ²)

Convenzioni di segno

Sono positive le trazioni
Sono positivi i momenti orari

Condizione di carico n° 1

Momento di progetto M_{xd} = 27.50 (KN.m)
 Momento di progetto M_{yd} = 48.40 (KN.m)
 Sforzo di progetto N_d = -161.30 (KN)

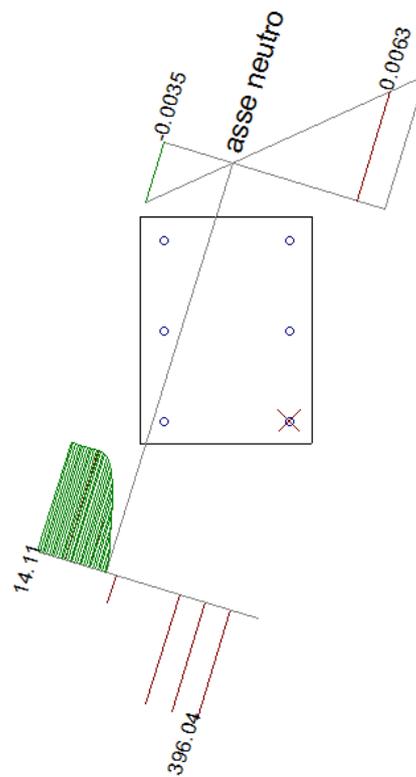
Momento di rottura M_{xr} = 33.19 (KN.m)
 Momento di rottura M_{yr} = 58.48 (KN.m)
 Sforzo di rottura N_r = -161.08 (KN)

Rottura nel Dominio 3

Distanza asse neutro dal tondo n° 2 = 22.7 (cm)
 Distanza asse neutro dal vertice 2 = 12.6 (cm)
 Inclinazione dell'asse neutro sull'asse X = 73.00 (deg.)

Sicurezza a rottura M_{xr}/M_{xd} = 1.207

Sicurezza a rottura M_{yr}/M_{yd} = 1.208



 Software Tecnico Sangalli
Scala sezione 8.874 (cm)
Posizione asse neutro a rottura SEZIONE: [30x40]
Cond. di carico n.1

Condizione di carico n° 2

Momento di progetto M_{xd} = 77.50 (KN.m)
 Momento di progetto M_{yd} = 19.70 (KN.m)
 Sforzo di progetto N_d = -230.80 (KN)

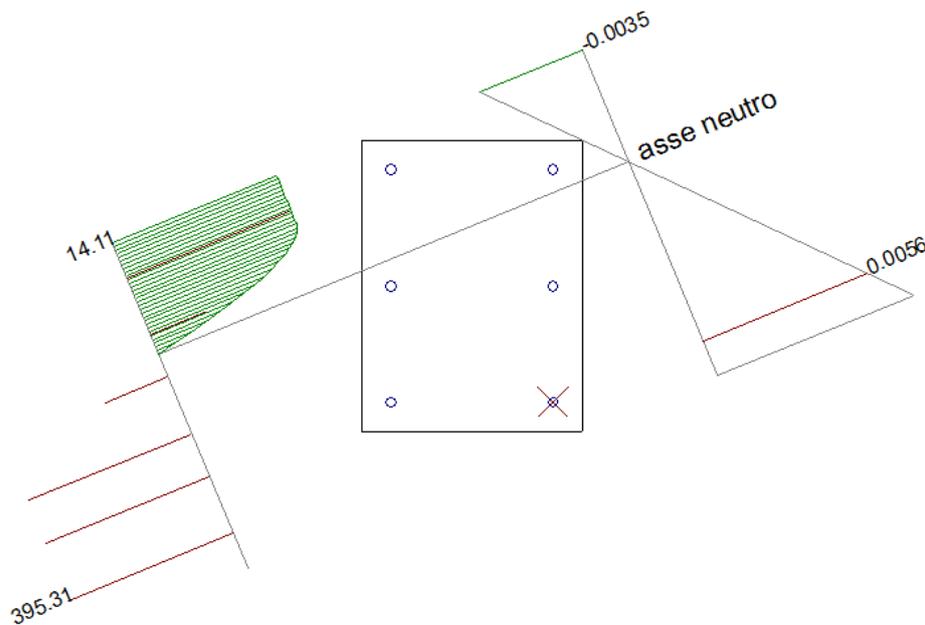
Momento di rottura M_{xr} = 84.59 (KN.m)
 Momento di rottura M_{yr} = 21.48 (KN.m)
 Sforzo di rottura N_r = -230.54 (KN)

Rottura nel Dominio 3

Distanza asse neutro dal tondo n° 2 = 26.6 (cm)
 Distanza asse neutro dal vertice 2 = 16.6 (cm)
 Inclinazione dell'asse neutro sull'asse X = 22.46 (deg.)

Sicurezza a rottura M_{xr}/M_{xd} = 1.091

Sicurezza a rottura M_{yr}/M_{yd} = 1.090



 Software Tecnico Sangalli
Scala sezione 6.897 (cm)
Posizione asse neutro a rottura SEZIONE: [30x40]
Cond. di carico n.2