Consorzio di Bonifica PIANURA di FERRARA

44121 Ferrara - Via Borgo dei Leoni, 28
Codice Fiscale 93076450381
Tel.: 0532.218211 - Fax: 0532.211402
E-mail: info@bonificaferrara.it

PROGETTO CIARLE

PROGETTO ESECUTIVO

OPERE DI COMPETENZA DEL MINISTERO DELLE POLITICHE AGRICOLE.
RETE RURALE NAZIONALE 2014–2020.
BANDO PSRN PROGRAMMA SVILUPPO RURALE NAZIONALE–SOTTOMISURA 4.3–
OPERAZIONE 4.3.1–INVESTIMENTI IN INFRASTRUTTURE IRRIGUE

LAVORI DI IMPLEMENTAZIONE PRIMARIA DEL SISTEMA IRRIGUO CIARLE
NEI COMUNI DI POGGIO RENATICO E TERRE DEL RENO (FE)–
CONDOTTO DISTRIBUTORE SUD E IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO

CUP : J81E17000370006

CALCOLI ESECUTIVI

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE IN C.A.

Oggetto dell'elaborato:
ALLEGATO A - REPORT PONTE

Elab. n°
7.e.1.1

Pos. arch.

Data: 12 MAGGIO 2017

Scala:

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
(Dott. Ing. Marco Volpin)

GRUPPO DI PROGETTAZIONE
IL PROGETTISTA
(Ing. Valeria Chierici)

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI FERRARA
N. 1324 Albo
dott. ing.
Valeria CHIERICI

I COLLABORATORI TECNICI
Geom. Cesare Formignani
Ing. Laura Montanari
Geom . Marcello Nepoti
Geom. Carlo Mazzanti
Geom. Pietro Ghisellini
Geom. Federico Sarto

Elab.:

Aggiornamenti:
30 MARZO 2020

File:

STUDIO ITA

INGEGNERIA CIVILE E TECNOLOGIE ANTINCENDIO

Comuni di Poggio Renatico e Terre del Reno

Provincia di Ferrara

Lavori di implementazione primaria del sistema irriguo Ciarle nei comuni di Poggio Renatico e Terre del Reno (FE) – Condotto distributore Sud e impianto di sollevamento

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE DI CALCOLO PONTE SU VIA BIANCHI

Committente:

Consorzio di Bonifica **PIANURA di FERRARA**
44121 Ferrara - Via Borgo dei Leoni, 28
Codice Fiscale 93076450381
Tel.: 0532.218211 - Fax: 0532.211402
E-mail: info@bonificaferrara.it

Progettista:

STUDIO ITA

ing. Elisa Maniezzo

Elab. n.:

R02

Rev.: **1°EMISS.**

Data: **24.03.20**

1°emiss.	24.03.2020	1° emissione	BMVitelletti	EManiezzo	EManiezzo
Rev.:	*Data*	*Descrizione*	*Eseguito*	*Controllato*	*Approvato*

1 INDICE

1 INDICE 2
2 RIFERIMENTI NORMATIVI 3
3 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI 4
4 PREMESSA 7
5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI 8
5.1 Conglomerato cementizio 8
5.2 Acciaio per cemento armato 8
6 DURABILITÀ DELLE OPERE 9
6.1 Calcolo del copriferro 11
7 ANALISI DEI CARICHI 13
7.1 Carichi permanenti strutturali (g_1) 13
7.2 Spinta del terreno e falda 13
7.3 Carichi mobili verticali sulla soletta superiore 14
7.4 Spinta del sovraccarico sul rilevato 15
7.5 Azione sismica 17
8 PONTE SU VIA BIANCHI 18
8.1 Analisi strutturale 19
8.1.1 Modello 19
8.1.2 Azioni 20
8.1.3 Casi di carico 21
8.1.4 Combinazioni di carico 23
8.1.5 Sollecitazioni 23
8.2 Verifiche 25

ALLEGATI

ALLEGATO A: Report ponte su via Bianchi

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

[NT_1]. D.M. 14.01.2018 "Norme tecniche per le costruzioni (Gazzetta ufficiale 20/02/2018 n. 42)"

[NT_2]. Circolare applicativa 21.01.2019 "Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17/01/2018

3 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

RIFERIMENTI PER CALCOLO STRUTTURALE

[B1]. A.I.C.A.P. [2006] - "Guida all'uso dell'Eurocodice 2"

[B2]. ANTONIO MIGLIACCI, FRANCO MOLA [2003] - "Progetto agli stati limite delle strutture in c.a."

[B3]. CSI COMPUTER & STRUCTURE [2009] - "SAP 2000 user's manual"

[B4]. C. CESTELLI GUIDI [1987] - "Cemento armato precompresso"

[B5]. DAVID COLLINGS [2005] - "Steel-concrete composite bridge"

[B6]. ERASMO VIOLA [1992] - "Scienza delle costruzioni"

[B7]. INTERNETIONAL CENTRE FOR MECHANICAL SCIENCES [2003] - "Strutture composte: nuove costruzioni – recupero – ponti"

[B8]. LUIGI SABTARELLA [1998] - "Il cemento armato: la tecnica e la statica"

[B9]. MARIO PETRANGELI [1996] - "Progettazione e costruzione di ponti"

[B10]. MARCELLO ARICI, ENZO SIVIERO [2005] - "Nuovi orientamenti per la progettazione di Ponti e Viadotti"

[B11]. NIGEL R. HEWSON [2006] -"Prestressed concrete bridge: design and construction"

[B12]. O. BELLUZZI [1996] - "Scienza delle costruzioni"

[B13]. PAOLO RUGALI [2008] - "Calcolo di strutture in acciaio; guida all'Eurocodice 3"

[B14]. P. POZZATI, C. CECCOLI [2000] - "Teoria e tecnica delle strutture"

[B15]. R. WALTHER, B. HOURIET, W. ISLER, P. MOIA, J.F. KLEIN [2008] - "Cable stayed bridges"

[B16]. WAI-FAH CHEN, LIAN DUAN [2000] - "Bridge engineering, substructure design"

RIFERIMENTI PER CALCOLO SISMICO

[B17]. ANDRE' PREUMONT, KAZUTO SETO [2008] - "Active control of structures"

[B18]. AMR S. ELNASHI, LUIGI DI SARNO [2008] - "Foundamental of earthquake engineering"

[B19]. C. CASAROTTI, R. PINHO, G.M. CALVI [2006] - "Adaptive pushover-based methods for seismic assessment and design of bridge structure"

[B20]. C.G. LAI, S. FOTI, M. ROTA [2009] – "Input sismico e stabilità geotecnica dei siti in costruzione"

[B21]. D. PIETRA, G.M. CALVI, R. PINHO [2008] - "Displacement-based sismic design of isolated bridge"

[B22]. ERASMO VIOLA [2001] - "Fondamenti di dinamica e vibrazione delle strutture"

[B23]. IUSS PRESS, rivista quadrimestrale - "Progettazione sismica"

[B24]. M.J.N. PRIESTLEY, G.M. CALVI, M.J. KOWLASKY [2007] - "Displacement-based seismic design of structures"

[B25]. P.E. PINTO, P. FRANCHIN, A. LUPOI [2009] - "Valutazione e consolidamento sismico dei ponti esistenti"

[B26]. P.E. PINTO, R. GIANNINI, P. FRANCHIN [2004] - "seismic reliability analysis of structures"

RIFERIMENTI PER CALCOLO GEOTECNICO

[B27]. ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA [1984] - "Raccomandazioni sui pali di fondazione"

[B28]. BRINCH-HANSEN, J. [1961] - "A General Formula for Bearing Capacity" - The Danish Geotechnical Institute, Bull. n.11, Copenhagen.

[B29]. BRINCH-HANSEN, J. [1970] - "A Revised and Extended Formula for Bearing Capacity" - The Danish Geotechnical Institute, Bull. n.28, Copenhagen.

[B30]. BUSTAMANTE M. & DOIX B. (1985)- "Une méthode pour le calcul des tirants et des micropieux injectés" Bulletin Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, n°140, nov.-déc., ref. 3047

[B31]. BUSTAMANTE M., GIANESELLI L.. [1982] - "Pile bearing capacity prediction by means of static penetrometer CPT" -.Pr. of the 2th European symposium on penetration testing, Amsterdam.

[B32]. BOWLES J.E. [1991] - "Fondazioni – Progetto e Analisi" - Editore McGraw-Hill

[B33]. CARLO CESTELLI GUIDI [1987] - "Geotecnica e tecnica delle fondazioni"

[B34]. DE BEER, E.E., LADANYI, B. [1961] - "Etude experimentale de la capacite portante du sable sous des fondations circulaires etablies en surface". 5th ICSMFE, Paris, 1, 577-581.

[B35]. GROUP 7.0 for windows [2000] - Technical & User's manual – Ensoft Inc.

[B36]. H.G. POULOS, E.H. DAVIS [2002] - "Analisi e progettazione di fondazioni su pali"

[B37]. JAMIOLKOWSKI M. et al. [1983] - "Scale effects of ultimate pile capacity" - Discussion, JGED, ASCE.

[B38]. LANCELLOTTA R. [1991] " Geotecnica" – Edizioni Zanichelli.

[B39]. MEYERHOF, G.G. [1951] - "The Ultimate Bearing Capacity of Foundations" - Geotechnique, 2, 301-332.

[B40]. MEYERHOF, G.G. [1951] - "Some recent research on the bearing capacity of foundations" - Canadian Geotechnical Journal,1, 16-26

[B41]. MEYERHOF G.G., SASTRY V.V.R.N. [1978] - "Bearing capacity of piles in layered

soils. Part 1. Clay overlying sand" - Canadian Geotechnical Journal, 15,171-182, 183-189.

[B42]. REESE L.C., WRIGHT S.J. [1977] - "Drilled shaft manual" - U.S. Dept. Transportation, Offices of Research and Development, Implementation Div., HDV 2, Washington D.C., vol.1

[B43]. REESE L.C., W.R.COX, F.D. KOOP [1974] - "Analysis of lateralli loaded piles in sand" – Paper N° OCT 2080, Proceedings, Fifth Annual Offshore Technology Conference, Houston, Texas, 1975.

[B44]. REESE L.C., W.R.COX, F.D. KOOP [1975] - "Field testing and analysis of laterally loaded piles in stiff clay" – Paper N° OCT 2313, Proceedings, Seventh Offshore Technology Conference, Houston, Texas, 1975.

[B45]. REESE L.C., WELCH R.C. [1975] - "Lateral loading of deep foundations in stiff clay" – Journal of the geotechnical Division, ASCE, Vol. 101, No GT7, Proocedings Paper 11456, 1975, pp. 633 – 649.

[B46]. SKEMPTON, A. W. [1951] - "The bearing capacity of clays" - Building Research Congress, London, 1, 180-189.

[B47]. VESIC, A.S. [1970] - "Tests on instrumented Piles, Ogeechee River Site" - JSMFD, ASCE, V. 96, N. SM2, Proc. Paper 7170, March.

[B48]. VESIC, A.S. [1973] - "Analysis of Ultimate Loads of Shallow Foundations". - JSMFD, ASCE, Jan., 45-73.

[B49]. WELCH, R.C., REESE L.C. [1972] - "Laterally loaded Behavior of drilled shafts" – Research Report N° 3-5-65-89, conducted for Texas Highway Department and U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Bureau of Public Roads, by Center for Highway Research, The University of Austin.

4 PREMESSA

La presente relazione si inserisce nel Progetto Esecutivo dei “Lavori di implementazione primaria del sistema irriguo Ciarle nei comuni di Poggio Renatico e Terre del Reno (FE) – Condotto distributore Sud e impianto di sollevamento”.

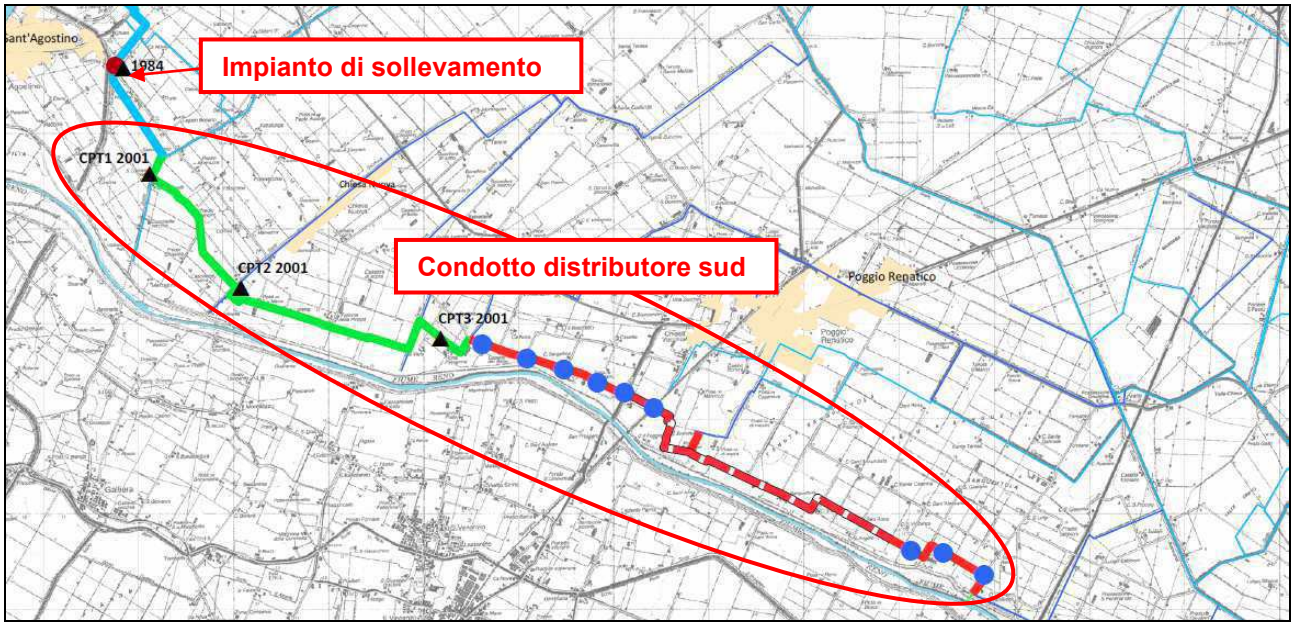


Figura 1: Quadro di unione.

In particolare il presente documento contiene i calcoli relativi il ponte su Via Bianchi ubicato come descritto nella figura seguente.

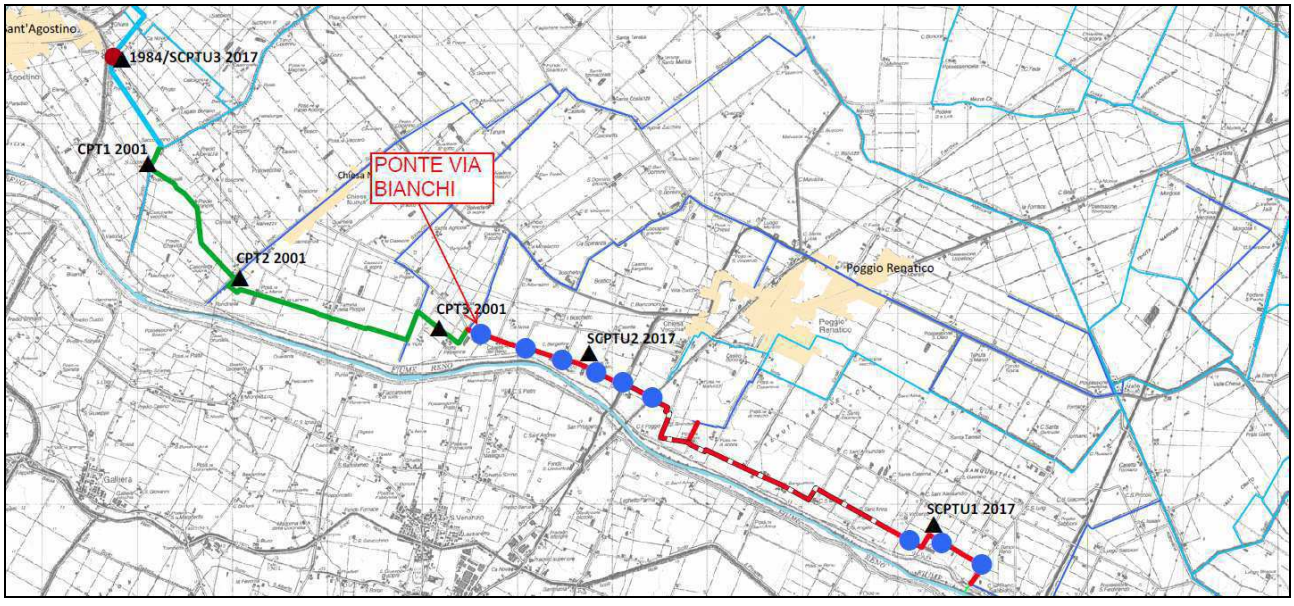


Figura 2: Ubicazione ponte su via Bianchi.

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

5.1 Conglomerato cementizio

Classe	C25/30
Resistenza caratteristica cubica	$f_{ck,cube}$ = 30 N/mm^2
Resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck,cyl}$ = 25 N/mm^2
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck}/\gamma_c = 0,85 * f_{ck}/1,5$ = 14,167 N/mm^2
Resistenza a trazione media	$f_{ctm} = 0,30 * f_{ck}^{2/3}$ = 2,565 N/mm^2
Resistenza a trazione (frattile 5%)	$f_{ctk\ 0,05} = 0,7 * f_{ctm}$= 1,795 N/mm^2
Resistenza a trazione di calcolo	$f_{ctd} = f_{ctk0,05} / \gamma_c$ = 1,197 N/mm^2
Classe di esposizione	XC2
Classe di consistenza	S4

5.2 Acciaio per cemento armato

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

Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq$ 450 N/mm^2
Tensione caratteristica a rottura	$f_{tk} \geq$ 540 N/mm^2
Resistenza di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$= 450/1,15 = 391,30 N/mm^2
Deformazione caratteristica al carico massimo	ε_{uk} = 7,5 %
Deformazione di progetto	ε_{ud} = 6,75 %

6 DURABILITÀ DELLE OPERE

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.

1 Nessun rischio di corrosione o di attacco		
X0	Calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, abrasione o attacco chimico. Calcestruzzo con armatura o inserti metallici molto asciutto.	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria molto bassa.
2 Corrosione indotta da carbonatazione		
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Calcestruzzo all'interno di edifici con bassa umidità relativa. Calcestruzzo costantemente immerso in acqua
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo. Molte fondazioni
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria moderata oppure elevata. Calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia
XC4	Ciclicamente bagnato e asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2
3 Corrosione indotta da cloruri		
XD1	Umidità moderata	Superfici di calcestruzzo esposte a nebbia salina
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Piscine. Calcestruzzo esposto ad acque industriali contenenti cloruri
XD3	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri Pavimentazioni stradali e di parcheggi
4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare		
XS1	Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare	Strutture prossime oppure sulla costa
XS2	Permanentemente sommerso	Parti di strutture marine
XS3	Zone esposte alle onde, agli spruzzi oppure alle maree	Parti di strutture marine
5 Attacco di cicli gelo/disgelo		
XF1	Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo
XF2	Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo di strutture stradali esposte al gelo e nebbia di agenti antigelo
XF3	Elevata saturazione d'acqua, senza antigelo	Superfici orizzontali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo
XF4	Elevata saturazione d'acqua, con antigelo oppure acqua di mare	Strade e impalcati da ponte esposti agli agenti antigelo Superfici di calcestruzzo esposte direttamente a nebbia contenente agenti antigelo e al gelo

6. Attacco chimico		
XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo	Suoli naturali ed acqua del terreno
XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo	Suoli naturali ed acqua del terreno
XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo	Suoli naturali ed acqua del terreno

Per le opere della presente relazione si adottano le classi di esposizione indicate al capitolo 5.1 ricordando che per ciascuna classe di esposizione le condizioni ambientali da considerare sono le seguenti.

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

Nella tabella seguente si riportano per completezza anche i limiti di apertura delle fessure in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature:

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	$\leq w_2$
b	*Aggressive*	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	*Molto aggressive*	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

Per tutte le parti strutturali componenti l'opera in progetto si utilizzano armature **poco sensibili**.

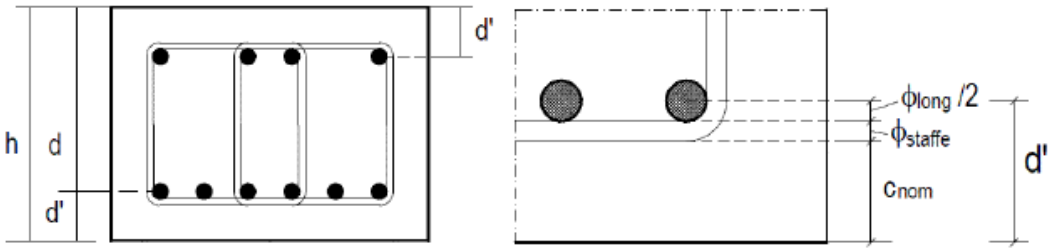
6.1 Calcolo del copriferro

Ai fini della protezione delle armature dala corrosione, lo strato di ricoprimento del calcestruzzo (copriferro) deve essere dimensionato in funzione dell'aggressività dell'ambiente e della sensibilità delle armature alla corrosione, tenendo anche conto delle tolleranze di posa delle armature; a tale scopo si può fare utile riferimento alla UNI EN 1992 1-1.

Dunque, il calcolo del copriferro di progetto è stato condotto in ottemperanza a quanto prescritto dall'EC2.

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$$

$$c_{min} = \max (c_{min,b} ; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} ; 10mm)$$



Specificatamente:

- c_{nom}= copriferro minimo di progetto (ved. formula soprastante);
- $c_{min,b}$= copriferro minimo per garantire l'aderenza – tale valore è stabilito dalla tabella seguente.

prospetto 4.2 **Copriferro minimo, $c_{min,b}$, richiesto con riferimento all'aderenza**

Requisito relativo all'aderenza	
Disposizione delle armature	Copriferro minimo $c_{min,b}$ *)
Isolate	Diametro della barra
Raggruppate	Diametro equivalente (ϕ_n) (vedere punto 8.9.1)
*) Se la dimensione nominale massima dell'aggregato è maggiore di 32 mm, si raccomanda di maggiorare $c_{min,b}$ di 5 mm.	

Nel caso in oggetto le armature possono essere di tipo raggruppato essendoci sovrapposizione tra i ferri principali.

$c_{min,\ dur}$= copriferro minimo per garantire la durabilità – tale valore è stabilito dalla tabella seguente sulla base della classe di esposizione e della classe strutturale.

prospetto 4.4N **Valori del copriferro minimo, $c_{min,dur}$, requisiti con riferimento alla durabilità per acciai da armatura ordinaria, in accordo alla EN 10080**

Requisito ambientale per $c_{min,dur}$ (mm)							
Classe strutturale	Classe di esposizione secondo il prospetto 4.1						
	X0	XC1	XC2 / XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2 / XS2	XD3 / XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

Nel caso di specie la struttura rientra nella classe di esposizione

XC2 con classe strutturale **S4**

Δc_{dev}= tolleranza di esecuzione varia da 0 a 10 mm.

Per il caso in oggetto è stata posta pari a 5mm.

Pertanto, nel caso in oggetto ed in riferimento alle armature principali si ha:

MANIFATTI IN C.A.

VERIFICA DI DURABILITA' EC 2	
Classe di esposizione	XC2
Classe strutturale	S4
Misura aggregato MAX	32
Armature isolate	si
Numero Barre	/
$c_{min,dur}$	25
Φ	16
$c_{min,b}$	16
c_{min}	25
Δc_{dev}	5
c_{nom}	30
c_{prog}	30
VERIFICA	OK

7 ANALISI DEI CARICHI

Nel presente capitolo verranno riportati tutti i carichi agenti sui manufatti, indicando le modalità di calcolo dell'azione, ma senza indicarne il valore numerico, che sarà esplicitato nel capitolo dedicato al manufatto specifico.

7.1 Carichi permanenti strutturali (g_1)

I pesi propri della struttura e dei carichi permanenti portati vengono calcolati sulla base della tipologia costruttiva e del pacchetto di carico gravante sul manufattto. In tutti i casi studiati, questo contributo viene calcolato attraverso un foglio di calcolo elettronico dedicato.

7.2 Spinta del terreno e falda

Il contributo dato dalla spinta del terreno, è stato valutato considerando il coefficiente di spinta a riposo $\lambda_{o,}$ calcolato a partire dai seguenti parametri geotecnici:

γ=	19	[kN/mc]
ϕ=	30	[°]
ko=	0,500	

Sulla base della tipologia di manufatto, è stato possibile non considerare la presenza della falda.
L'andamento delle spinte con la profondità è dato dall'espressione seguente:

$p_h = \lambda_a \gamma_t z$

che determina il consueto diagramma trapezoidale delle pressioni orizzontali, agenti sui piedritti.

Naturalmente queste spinte saranno opportunamente combinate, utilizzando i valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere nell'analisi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi.

7.3 Carichi mobili verticali sulla soletta superiore

Segnatamente i manufatti posti al di sotto delle strade, è necessario l'inserimento dei carichi mobili da traffico.

Con riferimento alle norme vigenti come azioni variabili da traffico gravante sulla soletta superiore si assume lo schema di carico 1. Il carico di normativa applicato è il $Q_{1.k}$, ossia il mezzo convenzionale.

Tale carico viene posizionato ortogonalmente all'asse del sottopasso e considerato ripartito, sia in direzione longitudinale che trasversale, con un angolo di diffusione di 30° attraverso il rilevato stradale, e 45° sino al piano medio della soletta superiore.

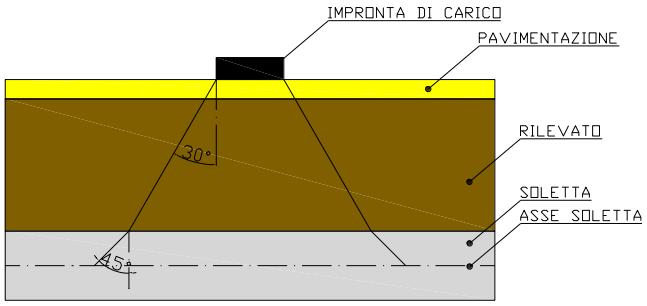


Figura 3: Diffusione impronta di carico

In direzione trasversale, quale base collaborante viene considerato un valore pari alla larghezza di ingombro dello schema di carico carico uguale a 2,40 m aumentata dello spessore di diffusione del carico.

Limitando la diffusione del carico lato seconda colonna di carico a 0,30m (come in *Figura 4*).

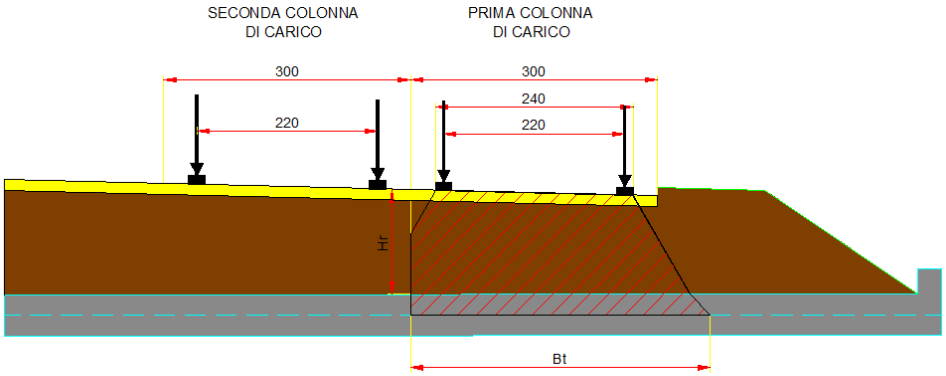


Figura 4: Diffusione trasversale del carico mobile

Come carico accidentale gravante sulla soletta superiore, si ipotizza anche il caso in cui l'intera soletta sia gravata da un carico distribuito di intensità pari a 9 kN/m^2.

7.4 Spinta del sovraccarico sul rilevato

Il sovraccarico da considerare sul terrapieno adiacente la parete del manufatto, è quello generato dallo schema di carico 1, dove il carico tandem è sostituito da un carico uniformemente distribuito.

Il carico tandem trasformato in carico uniformemente distribuito assume il valore 600/(3*2,2)=90,91kN/m^2.

Il carico uniformemente distribuito q_{ik}=9 kN/m^2 viene sommato al carico tandem distribuito, mettendo in conto il ricoprimento con rilevato della struttura, il quale contribuisce a diffondere il carico fino al piano di estradosso soletta.

Schema di carico utilizzato a ridosso del rilevato (direzione asse corsia)

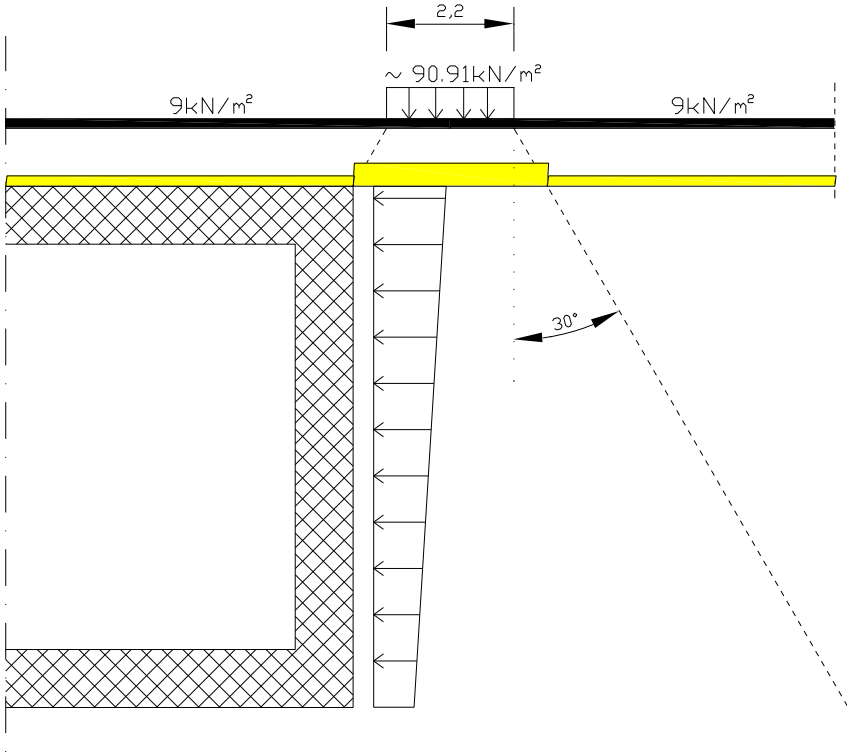
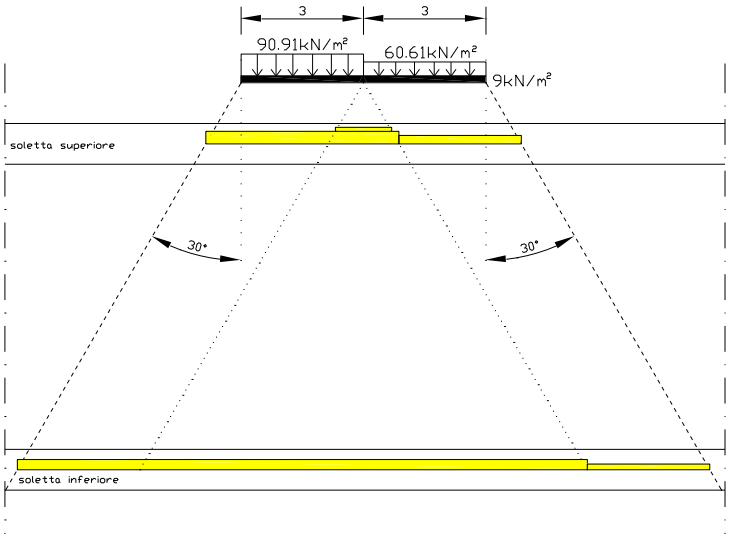
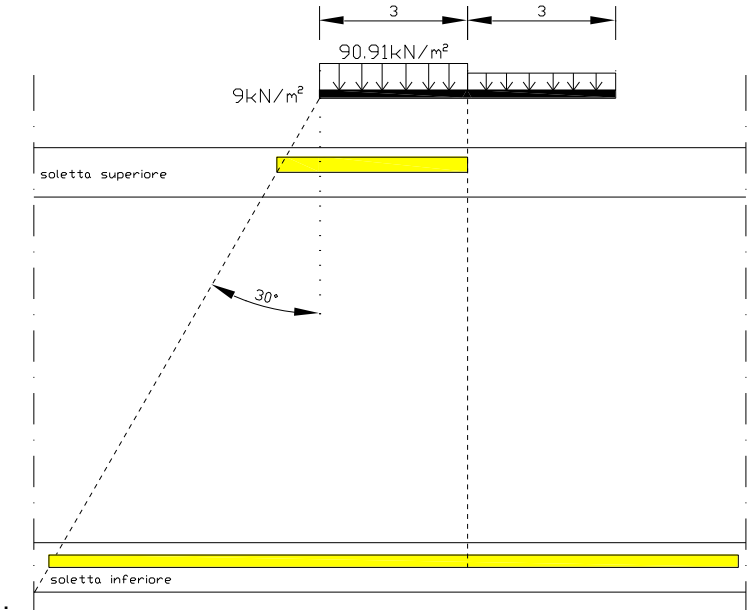


Figura 5: Spinta del sovraccarico sul rilevato

Utilizzando due colonne di carico, e la ripartizione trasversale del carico di superficie distribuito, si ottiene quanto riportato nell'immagine seguente:



Per il calcolo delle azioni agenti sulle pareti dello scatolare, si considera il carico distribuito dovuto alla colonna di carico 1, limitando la diffusione del carico sul lato della seconda colonna di carico come schema seguente:



Tale distribuzione di carico fornisce alle pareti una spinta variabile lungo l'altezza.

7.5 Azione sismica

Le opere in progetto sono state assimilate a “Opere e sistemi Geotecnici” normati dal punto di vista sismico al capitolo 7.11 delle NTC 2018. In particolare si è fatto riferimento al capitolo relativo le Opere di sostegno, per le quali è possibile eseguire l’analisi sismica con metodi pseudo-statici.
In questo caso, l’azione sismica è rappresentata da una forza statica equivalente pari al prodotto delle forze di gravità per un opportuno coefficiente sismico.
Nelle verifiche, i valori dei coefficienti sismici orizzontale kh e verticale kv, possono essere valutati mediante le espressioni:

$$k_h = \beta_m \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0.5 \cdot k_h$$

Dove:
β_m: è il coefficiente di riduzione dell’accelerazione massima attesa al sito;
a_{max}: accelerazione massima orizzontale attesa al sito;
g: accelerazione di gravità;

kh=	0,297	[-]
kv=	0,149	[-]
a_{max}=	0,297	[g]
a_g=	0,17	[g]
S_s=	1,80	[-]
S_t=	1,00	[-]
β=	1,00	[-]

8 PONTE SU VIA BIANCHI

Nell'immagine seguente si riporta la geometria dell'opera da eseguire.

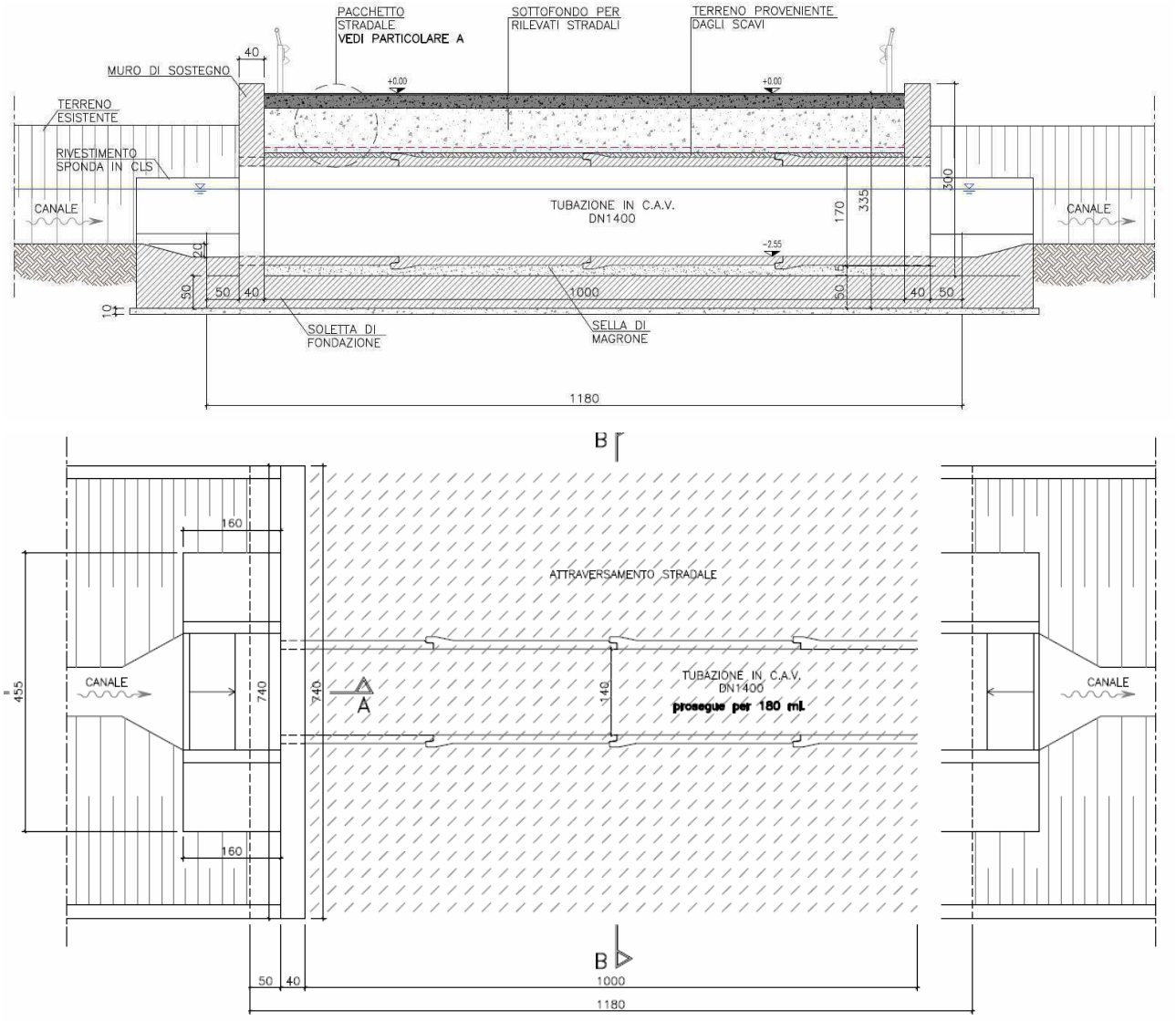


Figura 6:Geomtria opera.

8.1 Analisi strutturale

8.1.1 Modello

La struttura è stata analizzata mediante un programma di calcolo FEM denominato ProSap, prodotto dalla 2si di Ferrara.

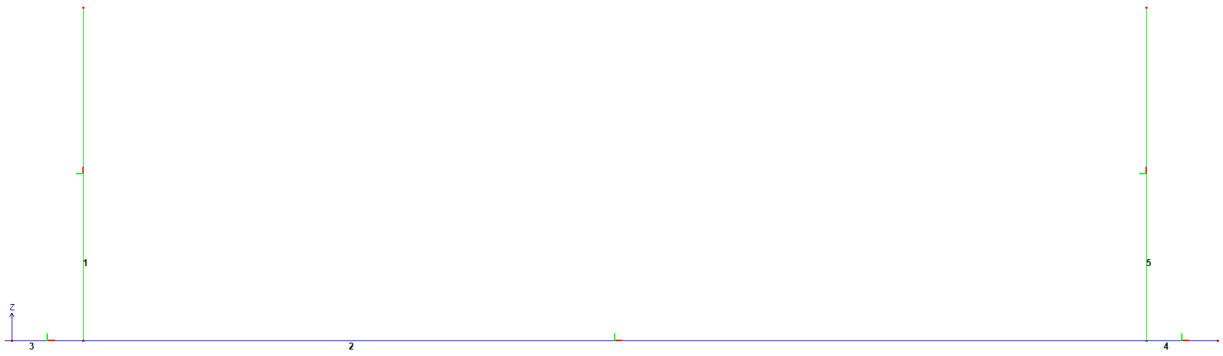


Figura 7:Modello fili fissi.

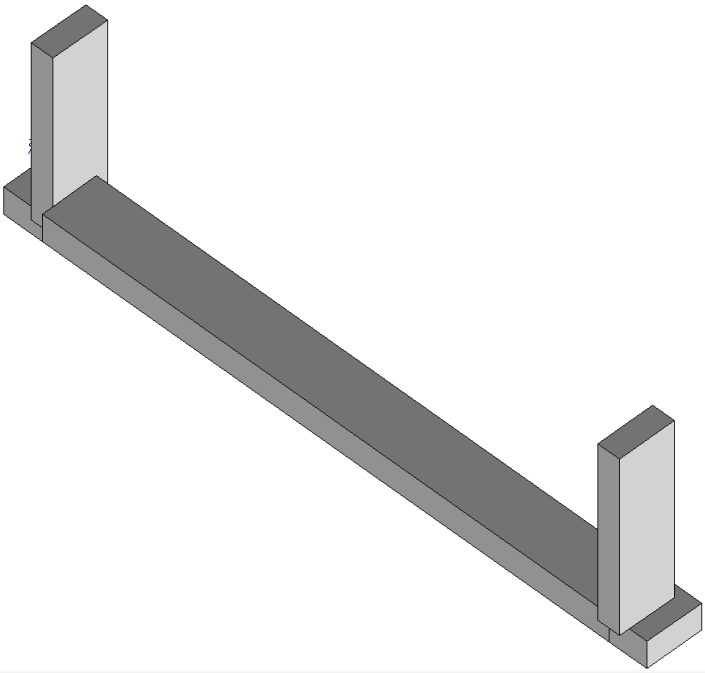


Figura 8: Modello solido veloce.

8.1.2 Azioni

Le azioni considerate sono state identificate come previsto al capitolo 7

Tipo	carico distribuito globale su trave

Id	Tipo	Pos.	fx	fy	fz	mx	my	mz
		cm	daN/cm	daN/cm	daN/cm	daN	daN	daN
1	Permanenti portati sbalzi	0.0	0.0	0.0	-38.70	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	-38.70	0.0	0.0	0.0
2	Spinta a riposo sx	0.0	27.07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	Spinta a riposo dx	0.0	-27.07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	Permanenti portati soletta	0.0	0.0	0.0	-54.15	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	-54.15	0.0	0.0	0.0
5	Qik centrato	0.0	0.0	0.0	-47.00	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	-47.00	0.0	0.0	0.0
6	Spinta carico veicolare piedritto sx	0.0	47.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		130.00	47.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	Spinta carico veicolare piedritto dx	0.0	-47.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		130.00	-47.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	Carico mobile distr. 9kN/mq Si	0.0	0.0	0.0	-4.50	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	-4.50	0.0	0.0	0.0
12	Carico mobile distr. 9kN/mq Pied. Sx	0.0	-4.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		130.00	-4.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	Carico mobile distr. 9kN/mq Pied. Dx	0.0	4.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		130.00	4.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

8.1.3 Casi di carico

Il programma consente l'applicazione di diverse tipologie di casi di carico.
Sono previsti i seguenti 11 tipi di casi di carico:

	Sigla	*Tipo*	*Descrizione*
1	**Ggk**	A	caso di carico comprensivo del peso proprio struttura
2	**Gk**	NA	caso di carico con azioni permanenti
3	**Qk**	NA	caso di carico con azioni variabili
4	**Gsk**	A	caso di carico comprensivo dei carichi permanenti sui solai e sulle coperture
5	**Qsk**	A	caso di carico comprensivo dei carichi variabili sui solai
6	**Qnk**	A	caso di carico comprensivo dei carichi di neve sulle coperture
7	**Qtk**	SA	caso di carico comprensivo di una variazione termica agente sulla struttura
8	**Qvk**	NA	caso di carico comprensivo di azioni da vento sulla struttura
9	**Esk**	SA	caso di carico sismico con analisi statica equivalente
10	**Edk**	SA	caso di carico sismico con analisi dinamica
11	**Etk**	NA	caso di carico comprensivo di azioni derivanti dall' incremento di spinta delle terre in condizione sismica
12	**Pk**	NA	caso di carico comprensivo di azioni derivanti da coazioni, cedimenti e precompressioni

Sono di tipo automatico A (ossia non prevedono introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico: 1-Ggk; 4-Gsk; 5-Qsk; 6-Qnk.

Sono di tipo semi-automatico SA (ossia prevedono una minima introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico:
7-Qtk, in quanto richiede solo il valore della variazione termica;
9-Esk e 10-Edk, in quanto richiedono il valore dell'angolo di ingresso del sisma e l'individuazione dei casi di carico partecipanti alla definizione delle masse.

Sono di tipo non automatico NA ossia prevedono la diretta applicazione di carichi generici agli elementi strutturali (si veda il precedente punto Modellazione delle Azioni) i restanti casi di carico.

Nella tabella successiva vengono riportati i casi di carico agenti sulla struttura, con l'indicazione dei dati relativi al caso di carico stesso:
Numero Tipo e *Sigla identificativa*, *Valore di riferimento* del caso di carico (se previsto).

In successione, per i casi di carico non automatici, viene riportato l'elenco di nodi ed elementi direttamente caricati con la sigla identificativa del carico.

Per i casi di carico di tipo sismico (9-Esk e 10-Edk), viene riportata la tabella di definizione delle masse: per ogni caso di carico partecipante alla definizione delle masse viene indicata la relativa aliquota (partecipazione) considerata. Si precisa che per i caso di carico 5-Qsk e 6-Qnk la partecipazione è prevista localmente per ogni elemento solaio o copertura presente nel modello (si confronti il valore Sksol nel capitolo relativo agli elementi solaio) e pertanto la loro partecipazione è di norma pari a uno.

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Gk1 (peso proprio della struttura)	
2	Gk	CDC=Gk1 (permanenti portati)	Azioni applicate:
			D2 : 2 Azione : Permanenti portati soletta
			D2 :da 3 a 4 Azione : Permanenti portati sbalzi
3	Gk	CDC=Gk1 (spinta a riposo)	Azioni applicate:
			D2 : 1 Azione : Spinta a riposo sx
			D2 : 5 Azione : Spinta a riposo dx
4	Qk	CDC=Qk (Qik centrato)	Azioni applicate:
			D2 : 2 Azione : Qik centrato
5	Qk	CDC=Qk (spinta sovraccarico su entrambi piedritti)	Azioni applicate:
			D2 : 1 Azione : Spinta carico veicolare piedritto sx
			D2 : 5 Azione : Spinta carico veicolare piedritto dx
6	Qk	CDC=Qk (Qik distribuito)	Azioni applicate:
			D2 : 1 Azione : Carico mobile distr. 9kN/mq Pied. Sx
			D2 : 2 Azione : Carico mobile distr. 9kN/mq Si
			D2 : 5 Azione : Carico mobile distr. 9kN/mq Pied. Dx

8.1.4 Combinazioni di carico

Le combinazioni di carico utilizzate, rispondenti a quanto richiesto dalle NTC 2018 sono le seguenti:

Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
1	SLU	Comb. SLU A1 1	
2	SLU	Comb. SLU A1 2	
3	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 3	
4	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 4	

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
1	1.35	1.35	1.35	1.50	1.50	1.50								
2	1.00	1.00	1.00	1.50	1.50	1.50								
3	1.00	1.00	1.00	0.75	0.75	0.75								
4	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0								

8.1.5 Sollecitazioni

Si riportano di seguito le principali azioni agenti sulla struttura.

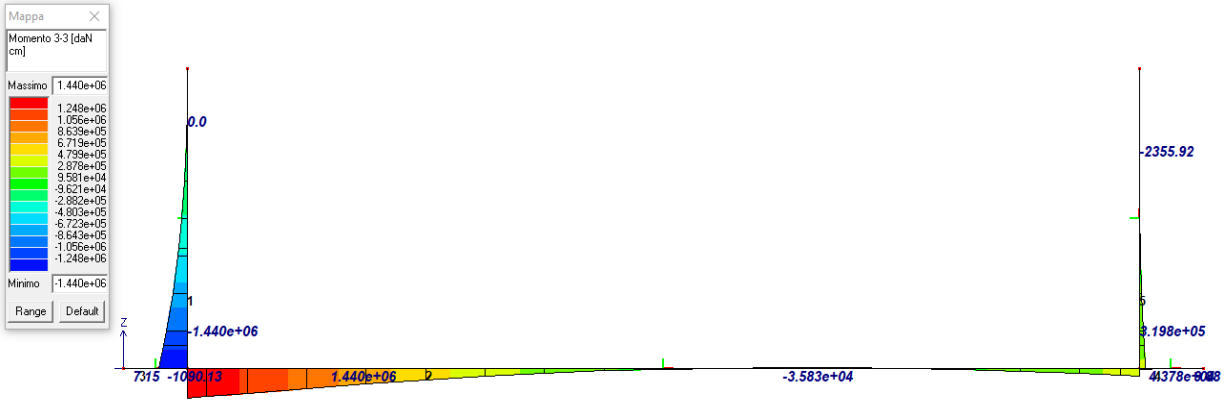


Figura 9: Max Momento positivo e negativo.

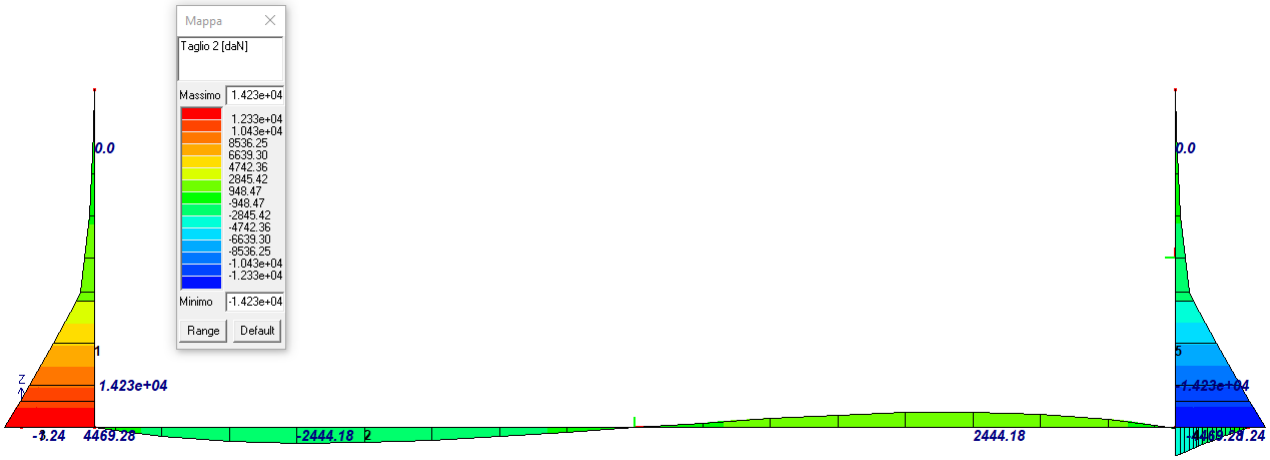


Figura 10: Max Taglio.

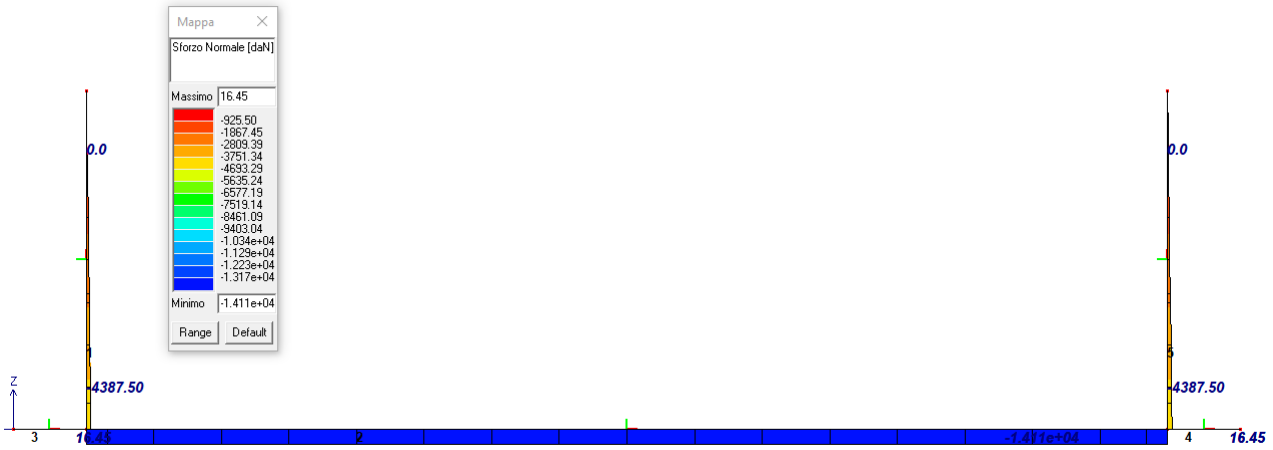


Figura 11: Max sforzo normale.

8.2 Verifiche

Le verifiche di resistenza sono state condotte sia per il piedritto, che per la soletta inferiore con il programma ProVLim della 2si di Ferrara.

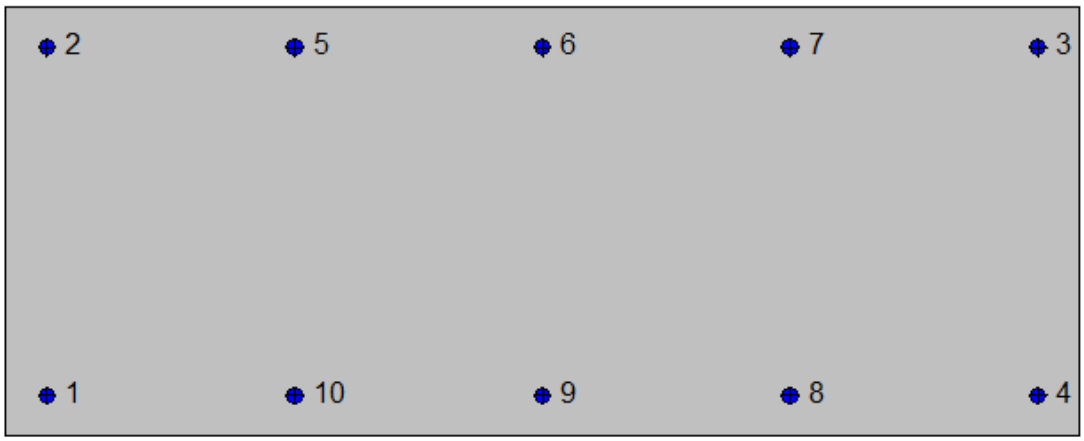
PIEDRITTO – INCASTRO

2SI s.r.l - ProVLIM - Verifica sezioni



Geometria della sezione:

Vert.	X	Y
n.	cm	cm
1	0,0	0,0
2	0,0	40,0
3	100,0	40,0
4	100,0	0,0



Armature:

Pos.	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	(s/n)
1	3,8	3,8	2,01	no
2	3,8	36,2	2,01	no
3	96,2	36,2	2,01	no
4	96,2	3,8	2,01	no
5	26,9	36,2	2,01	no
6	50,0	36,2	2,01	no
7	73,1	36,2	2,01	no
8	73,1	3,8	2,01	no
9	50,0	3,8	2,01	no
10	26,9	3,8	2,01	no

Normativa di riferimento:

D.M. 17/01/2018 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

Note:

Verifiche SLE per ambiente ordinario

Materiali:

Calcestruzzo classe: C25/30

Rck (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 300 daN/cmq

fck (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 249 daN/cmq

fctm (resistenza a trazione media) = 26 daN/cmq

G (modulo di elasticità tangenziale) = 140388 daN/cmq
E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 314470 daN/cmq
C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.12
Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050
Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: B450C
fyk (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cmq
fkt (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cmq
εuk (deformazione di rottura) = 0.075
G (modulo di elasticità tangenziale) = 770000 daN/cmq
E (modulo elastico) = 2000000 daN/cmq
C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30
Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012
Peso specifico = 7850 daN/mc

Verifiche stato limite ultimo:
Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:
Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla verifica: P)
Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla verifica: M)
Verifica con Nu costante (sigla verifica: N)

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	40,5	-85,8	0,0	P	69,9	-147,9	0,0	0,580	OK
				M	5504,6	-85,7	0,0	0,010	
				N	40,5	-143,1	0,0	0,600	
2	30,0	-72,6	0,0	P	60,5	-146,4	0,0	0,500	OK
				M	5593,8	-72,6	0,0	0,000	
				N	30,0	-141,4	0,0	0,510	

Riepilogo combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	40,5	-85,8	0,0	P	69,9	-147,9	0,0	0,580	OK
1	40,5	-85,8	0,0	M	5504,6	-85,7	0,0	0,010	OK

1	40,5	-85,8	0,0	N	40,5	-143,1	0,0	0,600	OK

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti:

Valori limite:

Fessure: WkL = 0,40 mm (verifica Ok per Wk/WkL < 1)

Cmb		Mx	My	N	Wk	Wk/WkL
n.	e	stato	kN m	kN m	kN	mm
3	OK	-55,1	0,0	30,0	0.00	0,00

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti:

Valori limite:

CLS: σcL = 11205,0 kN/mq (verifica Ok per $\sigma c/\sigma cL < 1$)

Fessure: WkL = 0,30 mm (verifica Ok per Wk/WkL < 1)

Cmb		Mx	My	N	σc	$\sigma c/\sigma cL$	Wk	Wk/WkL
n.	e	stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm
4	OK	-37,5	0,0	30,0	-2293,5	0,20	0.00	0,00

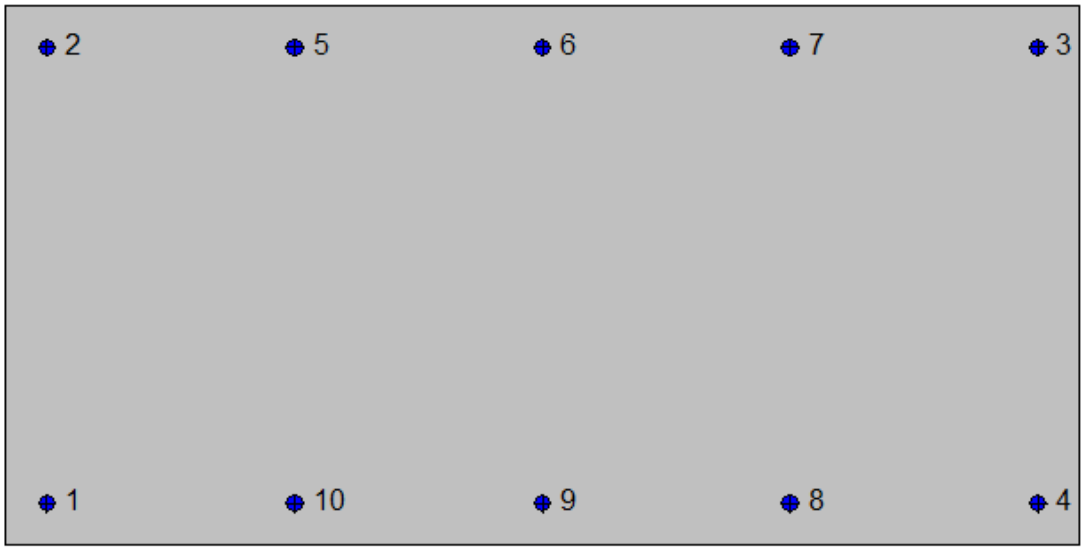
SOLETTA INFERIORE – INCASTRO

2SI s.r.l - ProVLIM - Verifica sezioni



Geometria della sezione:

Vert.	X	Y
n.	cm	cm
1	0,0	0,0
2	0,0	50,0
3	100,0	50,0
4	100,0	0,0



Armature:

Pos.	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	(s/n)
1	3,8	3,8	2,01	no
2	3,8	46,2	2,01	no
3	96,2	46,2	2,01	no
4	96,2	3,8	2,01	no
5	26,9	46,2	2,01	no
6	50,0	46,2	2,01	no
7	73,1	46,2	2,01	no
8	73,1	3,8	2,01	no
9	50,0	3,8	2,01	no
10	26,9	3,8	2,01	no

Normativa di riferimento:

D.M. 17/01/2018 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

Note:

Verifiche SLE per ambiente ordinario

Materiali:

Calcestruzzo classe: C25/30

Rck (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 300 daN/cmq

fck (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 249 daN/cmq

fctm (resistenza a trazione media) = 26 daN/cmq

G (modulo di elasticità tangenziale) = 140388 daN/cmq

E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 314470 daN/cmq

C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.12

Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050

Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: B450C

fyk (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cmq

fkt (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cmq

εuk (deformazione di rottura) = 0.075

G (modulo di elasticità tangenziale) = 770000 daN/cmq

E (modulo elastico) = 2000000 daN/cmq

C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30
Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012
Peso specifico = 7850 daN/mc

Verifiche stato limite ultimo:
Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:
Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla verifica: P)
Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla verifica: M)
Verifica con Nu costante (sigla verifica: N)

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	141,1	132,9	0,0	P	241,2	227,2	0,0	0,580	OK
				M	6696,3	132,8	0,0	0,020	
				N	141,1	206,0	0,0	0,640	
2	125,9	116,3	0,0	P	247,4	228,5	0,0	0,510	OK
				M	6786,2	116,2	0,0	0,020	
				N	125,9	202,7	0,0	0,570	

Riepilogo combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	141,1	132,9	0,0	P	241,2	227,2	0,0	0,580	OK
1	141,1	132,9	0,0	M	6696,3	132,8	0,0	0,020	OK
1	141,1	132,9	0,0	N	141,1	206,0	0,0	0,640	OK

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti:

Valori limite:
Fessure: WkL = 0,40 mm (verifica Ok per Wk/WkL < 1)

Cmb n.	e stato	Mx kN m	My kN m	N kN	Wk kN	Wk/WkL mm
3	OK	81,9	0,0	84,7	0.00	0,00

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti:

Valori limite:

CLS: σcL = 11205,0 kN/mq (verifica Ok per σc/σcL < 1)

Fessure: WkL = 0,30 mm (verifica Ok per Wk/WkL < 1)

Cmb	Mx	My	N	σc	σc/σcL	Wk	Wk/WkL
n.	e stato	kN m	kN m	kN	kN/mq		mm
4	OK	47,4	0,0	43,6	-1979,7	0,18	0.00	0,00

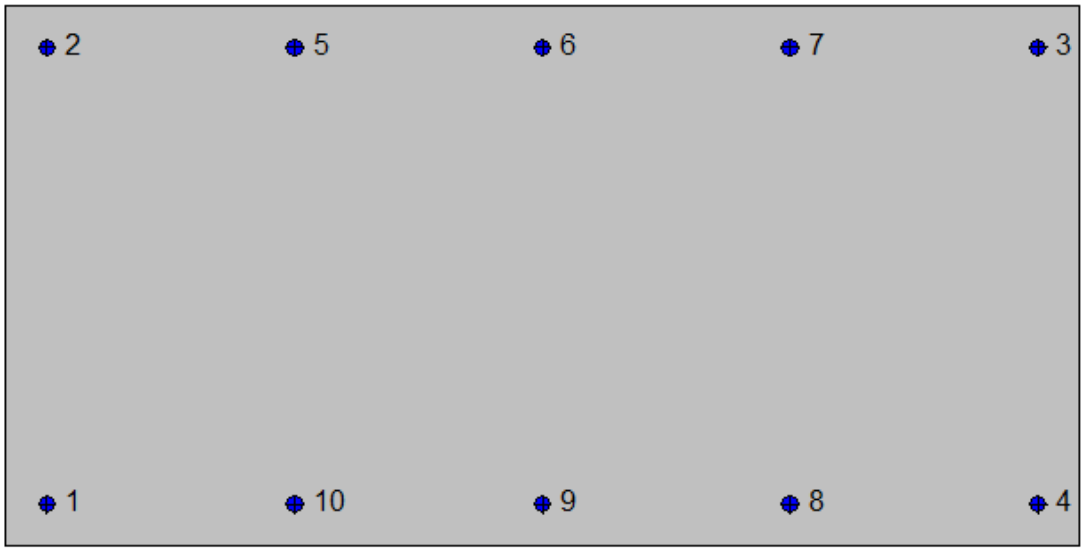
SOLETTA INFERIORE – MEZZERIA

2SI s.r.l - ProVLIM - Verifica sezioni



Geometria della sezione:

Vert.	X	Y
n.	cm	cm
1	0,0	0,0
2	0,0	50,0
3	100,0	50,0
4	100,0	0,0



Armature:

Pos.	X	Y	Area	Pretens.
n.	cm	cm	cmq	(s/n)
1	3,8	3,8	2,01	no
2	3,8	46,2	2,01	no
3	96,2	46,2	2,01	no
4	96,2	3,8	2,01	no
5	26,9	46,2	2,01	no
6	50,0	46,2	2,01	no
7	73,1	46,2	2,01	no
8	73,1	3,8	2,01	no
9	50,0	3,8	2,01	no
10	26,9	3,8	2,01	no

Normativa di riferimento:

D.M. 17/01/2018 - 'Norme tecniche per le costruzioni'

Note:

Verifiche SLE per ambiente ordinario

Materiali:

Calcestruzzo classe: C25/30

Rck (resistenza caratteristica cubica a compressione) = 300 daN/cmq

fck (resistenza caratteristica cilindrica a compressione) = 249 daN/cmq
fctm (resistenza a trazione media) = 26 daN/cmq
G (modulo di elasticità tangenziale) = 140388 daN/cmq
E (modulo elastico istantaneo iniziale) = 314470 daN/cmq
C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.12
Coefficiente di dilatazione termica = 0.000050
Peso specifico del calcestruzzo armato = 2500 daN/mc

Barre d'acciaio ad aderenza migliorata tipo: B450C
fyk (tensione caratteristica di snervamento) = 4500 daN/cmq
fkt (tensione caratteristica di rottura) = 5400 daN/cmq
εuk (deformazione di rottura) = 0.075
G (modulo di elasticità tangenziale) = 770000 daN/cmq
E (modulo elastico) = 2000000 daN/cmq
C. Poisson (coefficiente di contrazione trasversale) = 0.30
Coefficiente di dilatazione termica = 0.000012
Peso specifico = 7850 daN/mc

Verifiche stato limite ultimo:
Per ogni combinazione di carico saranno svolte le verifiche:
Verifica per Mxu, Myu e Nu proporzionali (sigla verifica: P)
Verifica con rapporto Mxu, Myu assegnato (sigla verifica: M)
Verifica con Nu costante (sigla verifica: N)

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	40,5	-85,8	0,0	P	92,4	-195,6	0,0	0,440	OK
				M	6950,8	-85,7	0,0	0,010	
				N	40,5	-184,5	0,0	0,460	
2	30,0	-72,6	0,0	P	79,7	-192,8	0,0	0,380	OK
				M	7021,2	-72,6	0,0	0,000	
				N	30,0	-182,2	0,0	0,400	

Riepilogo combinazioni maggiormente gravose:

Cmb.	N	Mx	My	Tipo	Nu	Mxu	Myu	Sd/Su	Verif.
	kN	kN m	kN m		kN	kN m	kN m		
1	40,5	-85,8	0,0	P	92,4	-195,6	0,0	0,440	OK

1	40,5	-85,8	0,0	M	6950,8	-85,7	0,0	0,010	OK
1	40,5	-85,8	0,0	N	40,5	-184,5	0,0	0,460	OK

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. frequenti:

Valori limite:

Fessure: WkL = 0,40 mm (verifica Ok per Wk/WkL < 1)

Cmb		Mx	My	N	Wk	Wk/WkL
n.	e stato		kN m	kN m	kN	mm
3	OK	-55,1	0,0	30,0	0.00	0,00

Verifiche stato limite di esercizio per c. c. quasi permanenti:

Valori limite:

CLS: σcL = 11205,0 kN/mq (verifica Ok per $\sigma c/\sigma cL < 1$)

Fessure: WkL = 0,30 mm (verifica Ok per Wk/WkL < 1)

Cmb		Mx	My	N	σc	$\sigma c/\sigma cL$	Wk	Wk/WkL
n.	e stato		kN m	kN m	kN	kN/mq		mm
4	OK	-37,5	0,0	30,0	-1561,8	0,14	0.00	0,00

ALLEGATO A:
OUTPUT DI CALCOLO PONTE SU VIA BIANCHI



PRO_SAP

PROfessional Structural Analysis Program

Relazione di calcolo strutturale impostata e redatta secondo le modalità previste nel D.M. 17 Gennaio 2018 cap. 10 “Redazione dei progetti strutturali esecutivi e delle relazioni di calcolo”.

2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria S.r.l.
Via Garibaldi, 90
44121 Ferrara FE (Italy)

Tel. +39 0532 200091

www.2si.it
info@2si.it

D.M. 17/01/18 cap. 10.2 Affidabilità dei codici utilizzati
https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita/

INTESTAZIONE E CONTENUTI DELLA RELAZIONE

Progetto

Contenuti della relazione:
RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE
- Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo
- Affidabilità dei codici utilizzati
- Validazione dei codici
- Tipo di analisi svolta
- Modalità di presentazione dei risultati
- Informazioni generali sull'elaborazione
- Giudizio motivato di accettabilità dei risultati
STAMPA DEI DATI DI INGRESSO
- Normative prese a riferimento
- Criteri adottati per le misure di sicurezza
- Criteri seguiti nella schematizzazione della struttura, dei vincoli e delle sconessioni
- Interazione tra terreno e struttura
- Legami costitutivi adottati per la modellazione dei materiali e dei terreni
- Schematizzazione delle azioni, condizioni e combinazioni di carico
- Metodologie numeriche utilizzate per l' analisi strutturale
-Metodologie numeriche utilizzate per la progettazione e la verifica degli elementi strutturali
STAMPA DEI RISULTATI

Il Progettista:

31 marzo 2020

INTESTAZIONE E CONTENUTI DELLA RELAZIONE 3
Progetto 3
CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI 5
LEGENDA TABELLA DATI MATERIALI 5
MODELLAZIONE DELLE SEZIONI 10
LEGENDA TABELLA DATI SEZIONI 10
MODELLAZIONE STRUTTURA: NODI 12
LEGENDA TABELLA DATI NODI 12
TABELLA DATI NODI 12
MODELLAZIONE STRUTTURA: ELEMENTI TRAVE 13
TABELLA DATI TRAVI 13
MODELLAZIONE DELLE AZIONI 15
LEGENDA TABELLA DATI AZIONI 15
SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO 18
LEGENDA TABELLA CASI DI CARICO 18
DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI 19
LEGENDA TABELLA COMBINAZIONI DI CARICO 19

CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI

LEGENDA TABELLA DATI MATERIALI

Il programma consente l'uso di materiali diversi. Sono previsti i seguenti tipi di materiale:

1	materiale tipo cemento armato
2	materiale tipo acciaio
3	materiale tipo muratura
4	materiale tipo legno
5	materiale tipo generico

I materiali utilizzati nella modellazione sono individuati da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni materiale vengono riportati in tabella i seguenti dati:

Young	modulo di elasticità normale E
Poisson	coefficiente di contrazione trasversale ni
G	modulo di elasticità tangenziale
Gamma	peso specifico
Alfa	coefficiente di dilatazione termica
Fattore di confidenza FC m	Fattore di confidenza specifico per materiale; (è riportato solo se diverso da quello globale della struttura)
Fattore di confidenza FC a	Fattore di confidenza specifico per l'armatura (è riportato solo se diverso da quello globale della struttura)
Elasto-plastico	Materiale elastico perfettamente plastico per aste non lineari
Massima compressione	Massima tensione di compressione per aste non lineari
Massima trazione	Massima tensione di trazione per aste non lineari
Fattore attrito	Coefficinete di attrito per aste non lineari
Rapporto HRDb	Rapporto di hardening a flessione
Rapporto HRDv	Rapporto di hardening a taglio

I dati soprariportati vengono utilizzati per la modellazione dello schema statico e per la determinazione dei carichi inerziali e termici. In relazione al tipo di materiale vengono riportati inoltre:

1	cemento armato		
		Resistenza Rc	resistenza a cmpressione cubica
		Resistenza fctm	resistenza media a trazione semplice
		Coefficiente ksb	Coefficiente di riduzione della resistenza a compressione da utilizzare nello stress block
2	acciaio		
		Tensione ft	Valore della tensione di rottura
		Tensione fy	Valore della tensione di snervamento
		Resistenza fd	Resistenza di calcolo per SL CNR-UNI 10011
		Resistenza fd (>40)	Resistenza di calcolo per SL CNR-UNI 10011 per spessori > 40mm
		Tensione ammissibile	Tensione ammissibile CNR-UNI 10011
		Tensione ammissibile (>40)	Tensione ammissibile CNR-UNI 10011 per spessori > 40mm
3	muratura		
		Muratura consolidata	Muratura per la quale si prevedono interventi di rinforzo"
		Incremento resistenza	Incremento conseguito in termini di resistenza
		Incremento rigidezza	Incremento conseguito in termini di rigidezza
		Resistenza f	Valore della resistenza a compressione
		Resistenza fv0	Valore della resistenza a taglio in assenza di tensioni normali
		Resistenza fh	Valore della resistenza a compressione orizzontale
		Resistenza fb	Valore della resistenza a compressione dei blocchi
		Resistenza fbh	Valore della resistenza a compressione dei blocchi in

		direzione orizzontale
	Resistenza fv0h	Valore della resistenza a taglio in assenza di tensioni normali per le travi
	Resistenza ft	Valore della resistenza a trazione per fessurazione diagonale
	Resistenza fvlim	Valore della massima resistenza a taglio
	Resistenza fbt	Valore della resistenza a trazione dei blocchi
	Coefficiente mu	Coefficiente d'attrito utilizzato per la resistenza a taglio (tipicamente 0.4)
	Coefficiente fi	Coefficiente d'ingranamento utilizzato per la resistenza a taglio
	Coefficiente ksb	Coefficiente di riduzione della resistenza a compressione da utilizzare nello stress block
4	legno	
	E0,05	Modulo di elasticità corrispondente ad un frattile del 5%
	Resistenza fc0	Valore della resistenza a compressione parallela
	Resistenza ft0	Valore della resistenza a trazione parallela
	Resistenza fm	Valore della resistenza a flessione
	Resistenza fv	Valore della resistenza a taglio
	Resist. ft0k	Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per trazione
	Resist. fmk	Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per flessione
	Resist. fvk	Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per taglio
	Modulo E0,05	Modulo elastico parallelo caratteristico
	Lamellare	lamellare o massiccio

Nel tabulato si riportano sia i valori caratteristici che medi utilizzando gli uni e/o gli altri in relazione alle richieste di normativa ed alla tipologia di verifica. (Cap.7 NTC18 per materiali nuovi, Cap.8 NTC18 e relativa circolare 21/01/2019 per materiali esistenti, Linee Guida Reluis per incamiciatura CAM, CNR-DT 200 per interventi con FRP)

Vengono inoltre riportate le tabelle contenenti il riassunto delle informazioni assegnate nei criteri di progetto in uso.

Con riferimento al **Documento di Affidabilità** "Test di validazione del software di calcolo PRO_SAP e dei moduli aggiuntivi PRO_SAP Modulo Geotecnico, PRO_CAD nodi acciaio e PRO_MST" - versione Maggio 2011, disponibile per il download sul sito **www.2si.it**, si segnalano i seguenti esempi applicativi:

Modellazione di strutture in c.a.

Test N°	Titolo
41	GERARCHIA DELLE RESISTENZE PER TRAVI IN C.A.
42	GERARCHIA DELLE RESISTENZE PER PILASTRI IN C.A.
43	VERIFICA ALLE TA DI STRUTTURE IN C.A.
44	VERIFICA AGLI SLU DI STRUTTURE IN C.A.
45	VERIFICA A PUNZONAMENTO ALLO SLU DI PIASTRE IN C.A.
46	VERIFICA A PUNZONAMENTO ALLO SLU DI TRAVI IN C.A.
47	PROGETTAZIONE A TAGLIO DI STRUTTURE IN C.A. SECONDO IL D.M. 9/1/96
48	PROGETTAZIONE A TAGLIO DI STRUTTURE IN C.A. SECONDO IL D.M. 14/1/2008
49	VERIFICA ALLO SLE (TENSIONI E FESSURAZIONE) DI STRUTTURE IN C.A.
50	VERIFICA ALLO SLE (DEFORMAZIONE) DI STRUTTURE IN C.A.
51	FATTORE DI STRUTTURA
52	SOVRARESISTENZE
53	DETTAGLI COSTRUTTIVI C.A.: LIMITI D'ARMATURA PILASTRI E NODI TRAVE-PILASTRO
54	PARETI IN C.A. SNELLE IN ZONA SISMICA
80	ANALISI PUSHOVER DI UN EDIFICIO IN C.A.
120	PROGETTO E VERIFICA DI TRAVI PREM

Modellazione di strutture in acciaio

Test N°	Titolo
55	VERIFICA DI STABILITA' DI ASTE COMPRESSE IN ACCIAIO – METODO OMEGA

56	LUCE LIBERA DI TRAVI E ASTE IN ACCIAIO
57	LUCE LIBERA DI COLONNE IN ACCIAIO
58	SVERGOLAMENTO DI TRAVI IN ACCIAIO
59	FATTORE DI STRUTTURA
60	ACCIAIO D.M.2008
61	ACCIAIO EC3
62	GERARCHIA RESISTENZE STRUTTURE IN ACCIAIO
63	STABILITA' DI ASTE COMPOSTE IN ACCIAIO
73	COLLEGAMENTI IN ACCIAIO: NODO TRAVE COLONNA FLANGIATO CON PRESENZA IRRIGIDIMENTI TRASVERSALI
74	COLLEGAMENTI IN ACCIAIO: NODO TRAVE COLONNA FLANGIATO CON PRESENZA DI UN PIATTO DI RINFORZO SALDATO ALL'ANIMA DELLA COLONNA
75	COLLEGAMENTI IN ACCIAIO: NODO TRAVE COLONNA FLANGIATO CON PRESENZA DI DUE PIATTI DI RINFORZO SALDATI ALL'ANIMA DELLA COLONNA
76	COLLEGAMENTI IN ACCIAIO: NODO TRAVE COLONNA FLANGIATO A DUE VIE SU ALI COLONNA
77	COLLEGAMENTI IN ACCIAIO: NODO TRAVE COLONNA FLANGIATO A UNA VIA CON DUE COMBINAZIONI DI CARICO
78	COLLEGAMENTI IN ACCIAIO: NODO TRAVE COLONNA FLANGIATO SU ANIMA SENZA RINFORZI A QUATTRO FILE DI BULLONI DI CUI UNA SU PIASTRA INFERIORE E UNA SU PIASTRA SUPERIORE
79	VERIFICA DELLA PIASTRA NODO TRAVE COLONNA
85	TELAIO ACCIAIO: CONTROVENTI CONCENTRICI

Modellazione di strutture in muratura

Test N°	Titolo
81	ANALISI PUSHOVER DI UNA STRUTTURA IN MURATURA
84	ANALISI ELASTO PLASTICA INCREMENTALE, PARETE IN MURATURA
86	VERIFICA NON SISMICA DELLE MURATURE (D.M. 87 TA)
87	VERIFICA NON SISMICA DELLE MURATURE (D.M. 2005 SL)
88	FATTORE DI STRUTTURA

Modellazione di strutture in legno

Test N°	Titolo
17	SOLAIO: MISTO LEGNO-CALCESTRUZZO
89	VERIFICA ALLO SLU DI STRUTTURE IN LEGNO SECONDO EC5
90	VERIFICA ALLO SLE DI STRUTTURE IN LEGNO SECONDO EC5
91	FATTORE DI STRUTTURA
92	VERIFICHE EC5
93	SNELLEZZE EC5
94	VERIFICA AL FUOCO DI STRUTTURE IN LEGNO SECONDO EC5
117	PROGETTO E VERIFICA DI GUSCI IN MATERIALE XLAM
118	PROGETTO E VERIFICA DI PARETI IN MATERIALE XLAM E RELATIVI COLLEGAMENTI
119	PROGETTO E VERIFICA DI SOLAI IN MATERIALE XLAM

Id	Tipo / Note	V. caratt.	V. medio	Young	Poisson	G	Gamma	Alfa	Altri
		daN/cm2	daN/cm2	daN/cm2		daN/cm2	daN/cm3		
1	c.a. classe 30			3.122e+05	0.12	1.394e+05	2.50e-03	1.00e-05	
	Resistenza Rc	300.0							
	Resistenza fctm		26.1						
	Rapporto Rfessurata								1.00
	Coefficiente ksb								0.85
	Rapporto HRDb								1.00e-05

Id	Tipo / Note	V. caratt.	V. medio	Young	Poisson	G	Gamma	Alfa	Altri
	Rapporto HRDv								1.00e-05
4	c.a. classe 40			3.605e+05	0.12	1.609e+05	2.50e-03	1.00e-05	
	Resistenza Rc	400.0							
	Resistenza fctm		31.6						
	Rapporto Rfessurata								1.00
	Coefficiente ksb								0.85
	Rapporto HRDb								1.00e-05
	Rapporto HRDv								1.00e-05

Travi c.a.	1/7/..	2/8/..	3/9/..	4/10/..	5/11/..	6/12/..
Generalità						
Progetta a filo	No					
Af inf: da q*L*L /	0.0					
Armatura						
Minima tesa	0.33					
Minima compressa	0.33					
Massima tesa	0.81					
Da sezione	Si					
Usa armatura teorica	No					
Stati limite ultimi						
Tensione fy [daN/cm2]	4300.00					
Tensione fy staffe [daN/cm2]	4300.00					
Tipo acciaio	tipo C					
Coefficiente gamma s	1.15					
Coefficiente gamma c	1.50					
Verifiche con N costante	Si					
Fattore di ridistribuzione	0.0					
Modello per il confinamento						
Relazione tensio-deformativa	Mander					
Incrudimento acciaio	5.000e-03					
Fattore lambda	1.00					
epsilon max,s	4.000e-02					
epsilon cu2	4.500e-03					
epsilon c2	2.000e-03					
epsilon cy	1.500e-03					
Tensioni ammissibili						
Tensione amm. cls [daN/cm2]	97.50					
Tensione amm. acciaio [daN/cm2]	2600.00					
Rapporto omogeneizzazione N	15.00					
Massimo rapporto area compressa/tesa	1.00					
Staffe						
Diametro staffe	0.0					
Passo minimo [cm]	5.00					
Passo massimo [cm]	30.00					
Passo raffittito [cm]	15.00					
Lunghezza zona raffittita [cm]	50.00					
Ctg(Teta) Max	2.50					
Percentuale sagomati	0.0					
Luce di taglio per GR [cm]	1.00					
Adotta scorrimento medio	No					
Torsione non essenziale inclusa	Si					

Pilastri c.a.	1/7/..	2/8/..	3/9/..	4/10/..	5/11/..	6/12/..
Generalità						
Progetto armatura	Privilegia lati					
Progetta a filo	No					
Effetti del 2 ordine	Si					
Beta per 2-2	1.00					
Beta per 3-3	1.00					
Armatura						
Massima tesa	4.00					
Minima tesa	1.00					
Stati limite ultimi						
Tensione fy [daN/cm2]	4300.00					
Tensione fy staffe [daN/cm2]	4300.00					
Tipo acciaio	tipo C					
Coefficiente gamma s	1.15					
Coefficiente gamma c	1.50					
Verifiche con N costante	Si					
Modello per il confinamento						

Pilastri c.a.	**1/7/..**	**2/8/..**	**3/9/..**	**4/10/..**	**5/11/..**	**6/12/..**
Relazione tensio-deformativa	Mander					
Incrudimento acciaio	5.000e-03					
Fattore lambda	1.00					
epsilon max,s	4.000e-02					
epsilon cu2	4.500e-03					
epsilon c2	2.000e-03					
epsilon cy	1.500e-03					
Tensioni ammissibili						
Tensione amm. cls [daN/cm2]	97.50					
Tensione amm. acciaio [daN/cm2]	2600.00					
Rapporto omogeneizzazione N	15.00					
Staffe						
Diametro staffe	0.0					
Passo minimo [cm]	5.00					
Passo massimo [cm]	25.00					
Passo raffittito [cm]	15.00					
Lunghezza zona raffittita [cm]	45.00					
Ctg(Teta) Max	2.50					
Luce di taglio per GR [cm]	1.00					
Massimizza gerarchia	Si					

MODELLAZIONE DELLE SEZIONI

LEGENDA TABELLA DATI SEZIONI

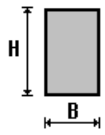
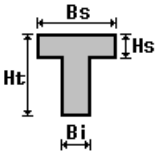
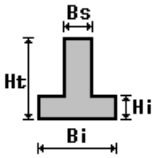
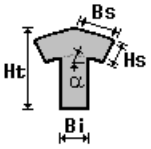
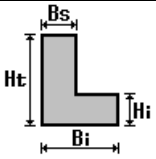
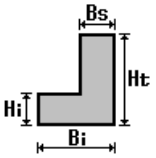
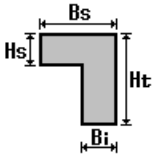
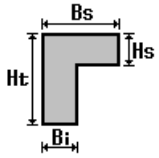
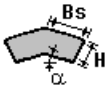
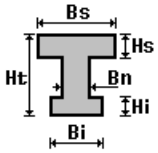
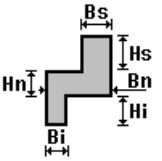
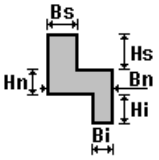
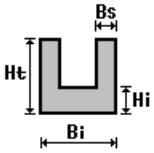
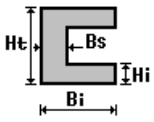
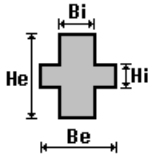
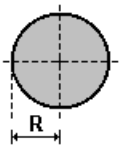
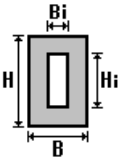
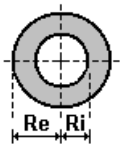
Il programma consente l'uso di sezioni diverse. Sono previsti i seguenti tipi di sezione:

1. sezione di tipo generico
2. profilati semplici
3. profilati accoppiati e speciali

Le sezioni utilizzate nella modellazione sono individuate da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni sezione vengono riportati in tabella i seguenti dati:

Area	area della sezione
A V2	area della sezione/fattore di taglio (per il taglio in direzione 2)
A V3	area della sezione/fattore di taglio (per il taglio in direzione 3)
Jt	fattore torsionale di rigidezza
J2-2	momento d'inerzia della sezione riferito all'asse 2
J3-3	momento d'inerzia della sezione riferito all'asse 3
W2-2	modulo di resistenza della sezione riferito all'asse 2
W3-3	modulo di resistenza della sezione riferito all'asse 3
Wp2-2	modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse 2
Wp3-3	modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse 3

I dati sopra riportati vengono utilizzati per la determinazione dei carichi inerziali e per la definizione delle rigidezze degli elementi strutturali; qualora il valore di Area V2 (e/o Area V3) sia nullo la deformabilità per taglio V2 (e/o V3) è trascurata. La valutazione delle caratteristiche inerziali delle sezioni è condotta nel riferimento 2-3 dell'elemento.

 rettangolare	 a T	 a T rovescia	 a T di colmo	 a L	 a L specchiata
 a L specchiata rovescia	 a L rovescia	 a L di colmo	 a doppio T	 a quattro specchiata	 a quattro
 a U	 a C	 a croce	 circolare	 rettangolare cava	 circolare cava

Per quanto concerne i profilati semplici ed accoppiati l'asse 2 del riferimento coincide con l'asse x riportato nei più diffusi profilatari.

Per quanto concerne le sezioni di tipo generico (tipo 1.):
i valori dimensionali con prefisso B sono riferiti all'asse 2
i valori dimensionali con prefisso H sono riferiti all'asse 3

Con riferimento al Documento di Affidabilità "Test di validazione del software di calcolo PRO_SAP e dei moduli aggiuntivi PRO_SAP Modulo Geotecnico, PRO_CAD nodi acciaio e PRO_MST" - versione Settembre 2014, disponibile per il download sul sito www.2si.it, si segnalano i seguenti esempi applicativi:

Test N°	Titolo
1	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E INERZIALI
45	VERIFICA AGLI SLU DI STRUTTURE IN C.A.
48	PROGETTAZIONE A TAGLIO DI STRUTTURE IN C.A. SECONDO IL D.M. 9/1/96
49	PROGETTAZIONE A TAGLIO DI STRUTTURE IN C.A. SECONDO IL D.M. 14/1/2008
50	VERIFICA ALLO SLE (TENSIONI E FESSURAZIONE) DI STRUTTURE IN C.A.
51	VERIFICA ALLO SLE (DEFORMAZIONE) DI STRUTTURE IN C.A.
104	ANALISI DI RESISTENZA AL FUOCO

Id	Tipo	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
		cm2	cm2	cm2	cm4	cm4	cm4	cm3	cm3	cm3	cm3
2	Rettangolare: b=100.00 h =50.00 - Si	5000.00	4166.67	4166.67	2.854e+06	4.167e+06	1.042e+06	8.333e+04	4.167e+04	1.250e+05	6.250e+04
3	Rettangolare: b=100.00 h =40.00 - Sp	4000.00	3333.33	3333.33	1.596e+06	3.333e+06	5.333e+05	6.667e+04	2.667e+04	1.000e+05	4.000e+04

MODELLAZIONE STRUTTURA: NODI

LEGENDA TABELLA DATI NODI

Il programma utilizza per la modellazione nodi strutturali.
Ogni nodo è individuato dalle coordinate cartesiane nel sistema di riferimento globale (X Y Z).
Ad ogni nodo è eventualmente associato un codice di vincolamento rigido, un codice di fondazione speciale, ed un set di sei molle (tre per le traslazioni, tre per le rotazioni). Le tabelle sottoriportate riflettono le succitate possibilità. In particolare per ogni nodo viene indicato in tabella:

Nodo	numero del nodo.
X	valore della coordinata X
Y	valore della coordinata Y
Z	valore della coordinata Z

Per i nodi ai quali sia associato un codice di vincolamento rigido, un codice di fondazione speciale o un set di molle viene indicato in tabella:

Nodo	numero del nodo.
X	valore della coordinata X
Y	valore della coordinata Y
Z	valore della coordinata Z
Note	eventuale codice di vincolo (es. v=110010 sei valori relativi ai sei gradi di libertà previsti per il nodo TxTyTzRxRyRz, il valore 1 indica che lo spostamento o rotazione relativo è impedito, il valore 0 indica che lo spostamento o rotazione relativo è libero).
Note	(FS = 1, 2,…) eventuale codice del tipo di fondazione speciale (1, 2,… fanno riferimento alle tipologie: plinto, palo, plinto su pali,…) che è collegato al nodo. (ISO = "id SIGLA") indice e sigla identificativa dell' eventuale isolatore sismico assegnato al nodo
Rig. TX	valore della rigidezza dei vincoli elastici eventualmente applicati al nodo, nello specifico TX (idem per TY, TZ, RX, RY, RZ).

Per strutture sismicamente isolate viene inoltre inserita la tabella delle caratteristiche per gli isolatori utilizzati; le caratteristiche sono indicate in conformità al cap. 7.10 del D.M. 17/01/18

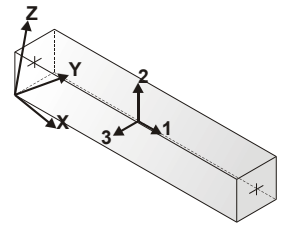
TABELLA DATI NODI

Nodo	X	Y	Z	Nodo	X	Y	Z	Nodo	X	Y	Z
	cm	cm	cm		cm	cm	cm		cm	cm	cm
1	70.0	0.0	0.0	2	70.0	0.0	325.0	3	1110.0	0.0	325.0
4	1110.0	0.0	0.0	5	0.0	0.0	0.0	6	1180.0	0.0	0.0

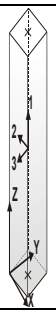
MODELLAZIONE STRUTTURA: ELEMENTI TRAVE

TABELLA DATI TRAVI

Il programma utilizza per la modellazione elementi a due nodi denominati in generale travi.
Ogni elemento trave è individuato dal nodo iniziale e dal nodo finale.
Ogni elemento è caratterizzato da un insieme di proprietà riportate in tabella che ne completano la modellazione.



orientamento elementi 2D non verticali



orientamento elementi 2D verticali

In particolare per ogni elemento viene indicato in tabella:

Elem.	numero dell'elemento
Note	codice di comportamento: trave, trave di fondazione, pilastro, asta, asta tesa, asta compressa,
Nodo I (J)	numero del nodo iniziale (finale)
Mat.	codice del materiale assegnato all'elemento
Sez.	codice della sezione assegnata all'elemento
Rotaz.	valore della rotazione dell'elemento, attorno al proprio asse, nel caso in cui l'orientamento di default non sia adottabile; l'orientamento di default prevede per gli elementi non verticali l'asse 2 contenuto nel piano verticale e l'asse 3 orizzontale, per gli elementi verticali l'asse 2 diretto secondo X negativo e l'asse 3 diretto secondo Y negativo
Svincolo I (J)	codici di svincolo per le azioni interne; i primi sei codici si riferiscono al nodo iniziale, i restanti sei al nodo finale (il valore 1 indica che la relativa azione interna non è attiva)
Wink V	costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) per la modellazione della trave su suolo elastico
Wink O	costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) per la modellazione del suolo elastico orizzontale

Con riferimento al **Documento di Affidabilità** "*Test di validazione del software di calcolo PRO_SAP e dei moduli aggiuntivi PRO_SAP Modulo Geotecnico, PRO_CAD nodi acciaio e PRO_MST*" - versione Settembre 2014, disponibile per il download sul sito **www.2si.it**, si segnalano i seguenti esempi applicativi:

Test N°	Titolo
2	TRAVI A UNA CAMPATA
3	TRAVE A PIU' CAMPATE
4	TRAVE A UNA CAMPATA SU TERRENO ALLA WINKLER
5	TRAVI SU TERRENO ALLA WINKLER CON CARICO TRASVERSALE
6	TELAI PIANI CON CERNIERE ALLA BASE
7	TELAI PIANI CON INCASTRI ALLA BASE
11	STRUTTURE SOGGETTE A VARIAZIONI TERMICHE
12	STRUTTURE SU TERRENO ALLA WINKLER SOTTOPOSTE A CARICHI DISTRIBUITI TRIANGOLARI
21	DRILLING
24	TENSIONI E ROTAZIONI RISPETTO ALLA CORDA DI ELEMENTI TRAVE
27	FRECCIA DI ELEMENTI TRAVE
42	GERARCHIA DELLE RESISTENZE PER TRAVI IN C.A.
43	GERARCHIA DELLE RESISTENZE PER PILASTRI IN C.A.
44	VERIFICA ALLE TA DI STRUTTURE IN C.A.
45	VERIFICA AGLI SLU DI STRUTTURE IN C.A.
47	VERIFICA A PUNZONAMENTO ALLO SLU DI TRAVI IN C.A.
48	PROGETTAZIONE A TAGLIO DI STRUTTURE IN C.A. SECONDO IL D.M. 9/1/96
49	PROGETTAZIONE A TAGLIO DI STRUTTURE IN C.A. SECONDO IL D.M. 14/1/2008
50	VERIFICA ALLO SLE (TENSIONI E FESSURAZIONE) DI STRUTTURE IN C.A.
51	VERIFICA ALLO SLE (DEFORMAZIONE) DI STRUTTURE IN C.A.
52	FATTORE DI STRUTTURA
53	SOVRARESISTENZE
54	DETTAGLI COSTRUTTIVI C.A.: LIMITI D'ARMATURA PILASTRI E NODI TRAVE-PILASTRO
56	VERIFICA DI STABILITA' DI ASTE COMPRESSE IN ACCIAIO – METODO OMEGA
57	LUCE LIBERA DI TRAVI E ASTE IN ACCIAIO
58	LUCE LIBERA DI COLONNE IN ACCIAIO
59	SVERGOLAMENTO DI TRAVI IN ACCIAIO
64	STABILITA' DI ASTE COMPOSTE IN ACCIAIO
73	VALUTAZIONE EFFETTO P-δ SU PILASTRATA
74	VALUTAZIONE EFFETTO P-δ SU TELAIO 3D
85	ANALISI PUSHOVER DI UN EDIFICIO IN C.A.
87	ANALISI ELASTO PLASTICA INCREMENTALE
88	ANALISI ELASTO PLASTICA INCREMENTALE
98	VERIFICA ALLO SLU DI STRUTTURE IN LEGNO SECONDO EC5
99	VERIFICA ALLO SLE DI STRUTTURE IN LEGNO SECONDO EC5
102	SNELLEZZE EC5
130	PROGETTO E VERIFICA DI TRAVI PREM

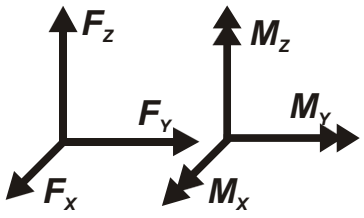
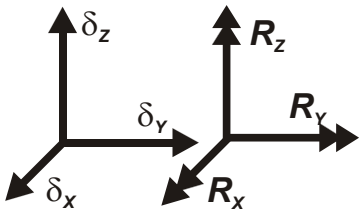
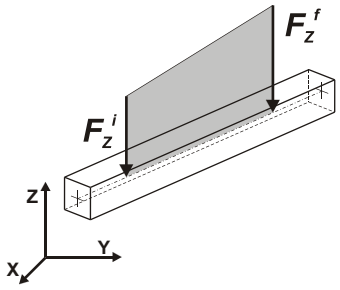
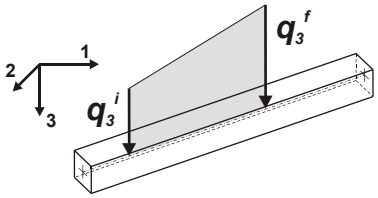
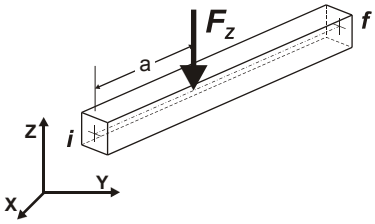
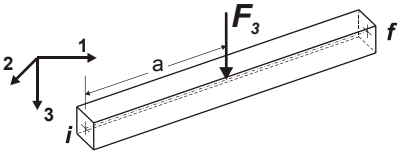
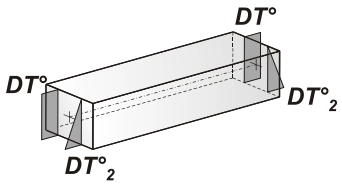
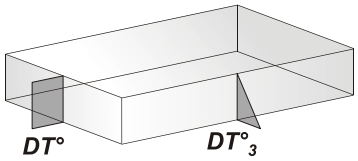
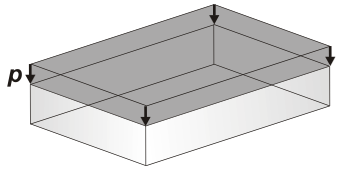
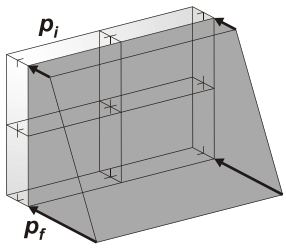
Elem.	Note	Nodo I	Nodo J	Mat.	Sez.	Rotaz. gradi	Svincolo I	Svincolo J	Wink V daN/cm3	Wink O daN/cm3
1	Pilas.	1	2	4	3					
2	Trave f.	1	4	1	2				1.30	1.00
3	Trave f.	5	1	1	2				1.30	1.00
4	Trave f.	4	6	1	2				1.30	1.00
5	Pilas.	4	3	4	3					

MODELLAZIONE DELLE AZIONI

LEGENDA TABELLA DATI AZIONI

Il programma consente l'uso di diverse tipologie di carico (azioni). Le azioni utilizzate nella modellazione sono individuate da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni azione applicata alla struttura viene di riportato il codice, il tipo e la sigla identificativa. Le tabelle successive dettagliano i valori caratteristici di ogni azione in relazione al tipo. Le tabelle riportano infatti i seguenti dati in relazione al tipo:

1	**carico concentrato nodale** 6 dati (forza Fx, Fy, Fz, momento Mx, My, Mz)
2	**spostamento nodale impresso** 6 dati (spostamento Tx,Ty,Tz, rotazione Rx,Ry,Rz)
3	**carico distribuito globale su elemento tipo trave** 7 dati (fx,fy,fz,mx,my,mz,ascissa di inizio carico) 7 dati (fx,fy,fz,mx,my,mz,ascissa di fine carico)
4	**carico distribuito locale su elemento tipo trave** 7 dati (f1,f2,f3,m1,m2,m3,ascissa di inizio carico) 7 dati (f1,f2,f3,m1,m2,m3,ascissa di fine carico)
5	**carico concentrato globale su elemento tipo trave** 7 dati (Fx,Fy,Fz,Mx,My,Mz,ascissa di carico)
6	**carico concentrato locale su elemento tipo trave** 7 dati (F1, F2, F3, M1, M2, M3, ascissa di carico)
7	**variazione termica applicata ad elemento tipo trave** 7 dati (variazioni termiche: uniforme, media e differenza in altezza e larghezza al nodo iniziale e finale)
8	**carico di pressione uniforme su elemento tipo piastra** 1 dato (pressione)
9	**carico di pressione variabile su elemento tipo piastra** 4 dati (pressione, quota, pressione, quota)
10	**variazione termica applicata ad elemento tipo piastra** 2 dati (variazioni termiche: media e differenza nello spessore)
11	**carico variabile generale su elementi tipo trave e piastra** 1 dato descrizione della tipologia 4 dati per segmento (posizione, valore, posizione, valore) la tipologia precisa l'ascissa di definizione, la direzione del carico, la modalità di carico e la larghezza d'influenza per gli elementi tipo trave
12	**gruppo di carichi con impronta su piastra** 9 dati (numero di ripetizioni in direzione X e Y, valore di ciascun carico, posizione centrale del primo, dimensioni dell' impronta, interasse tra i carichi

 Carico concentrato nodale	 Spostamento impresso
 Carico distribuito globale	 Carico distribuito locale
 Carico concentrato globale	 Carico concentrato locale
 Carico termico 2D	 Carico termico 3D
 Carico pressione uniforme	 Carico pressione variabile

Tipo **carico distribuito globale su trave**

Id	Tipo	Pos.	fx	fy	fz	mx	my	mz
		cm	daN/cm	daN/cm	daN/cm	daN	daN	daN
1	Permanenti portati sbalzi	0.0	0.0	0.0	-38.70	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	-38.70	0.0	0.0	0.0
2	Spinta a riposo sx	0.0	27.07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	Spinta a riposo dx	0.0	-27.07	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	Permanenti portati soletta	0.0	0.0	0.0	-54.15	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	-54.15	0.0	0.0	0.0
5	Qik centrato	0.0	0.0	0.0	-47.00	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	-47.00	0.0	0.0	0.0
6	Spinta carico veicolare piedritto sx	0.0	47.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		130.00	47.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	Spinta carico veicolare piedritto dx	0.0	-47.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		130.00	-47.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	Carico mobile distr. 9kN/mq Si	0.0	0.0	0.0	-4.50	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	-4.50	0.0	0.0	0.0
12	Carico mobile distr. 9kN/mq Pied. Sx	0.0	-4.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Id	Tipo	Pos.	fx	fy	fz	mx	my	mz
		130.00	-4.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	Carico mobile distr. 9kN/mq Pied. Dx	0.0	4.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		130.00	4.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO

LEGENDA TABELLA CASI DI CARICO

Il programma consente l'applicazione di diverse tipologie di casi di carico.
Sono previsti i seguenti 11 tipi di casi di carico:

	Sigla	***Tipo***	***Descrizione***
1	**Ggk**	A	caso di carico comprensivo del peso proprio struttura
2	**Gk**	NA	caso di carico con azioni permanenti
3	**Qk**	NA	caso di carico con azioni variabili
4	**Gsk**	A	caso di carico comprensivo dei carichi permanenti sui solai e sulle coperture
5	**Qsk**	A	caso di carico comprensivo dei carichi variabili sui solai
6	**Qnk**	A	caso di carico comprensivo dei carichi di neve sulle coperture
7	**Qtk**	SA	caso di carico comprensivo di una variazione termica agente sulla struttura
8	**Qvk**	NA	caso di carico comprensivo di azioni da vento sulla struttura
9	**Esk**	SA	caso di carico sismico con analisi statica equivalente
10	**Edk**	SA	caso di carico sismico con analisi dinamica
11	**Etk**	NA	caso di carico comprensivo di azioni derivanti dall' incremento di spinta delle terre in condizione sismica
12	**Pk**	NA	caso di carico comprensivo di azioni derivanti da coazioni, cedimenti e precompressioni

Sono di tipo automatico A (ossia non prevedono introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico: 1-Ggk; 4-Gsk; 5-Qsk; 6-Qnk.

Sono di tipo semi-automatico SA (ossia prevedono una minima introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico:
7-Qtk, in quanto richiede solo il valore della variazione termica;
9-Esk e 10-Edk, in quanto richiedono il valore dell'angolo di ingresso del sisma e l'individuazione dei casi di carico partecipanti alla definizione delle masse.

Sono di tipo non automatico NA ossia prevedono la diretta applicazione di carichi generici agli elementi strutturali (si veda il precedente punto Modellazione delle Azioni) i restanti casi di carico.

Nella tabella successiva vengono riportati i casi di carico agenti sulla struttura, con l'indicazione dei dati relativi al caso di carico stesso: *Numero Tipo* e *Sigla identificativa*, *Valore di riferimento* del caso di carico (se previsto).

In successione, per i casi di carico non automatici, viene riportato l'elenco di nodi ed elementi direttamente caricati con la sigla identificativa del carico.

Per i casi di carico di tipo sismico (9-Esk e 10-Edk), viene riportata la tabella di definizione delle masse: per ogni caso di carico partecipante alla definizione delle masse viene indicata la relativa aliquota (partecipazione) considerata. Si precisa che per i caso di carico 5-Qsk e 6-Qnk la partecipazione è prevista localmente per ogni elemento solaio o copertura presente nel modello (si confronti il valore Sksol nel capitolo relativo agli elementi solaio) e pertanto la loro partecipazione è di norma pari a uno.

CDC	**Tipo**	**Sigla Id**	**Note**
1	Ggk	CDC=Gk1 (peso proprio della struttura)	
2	Gk	CDC=Gk1 (permanenti portati)	Azioni applicate:
			D2 : 2 Azione : Permanenti portati soletta
			D2 :da 3 a 4 Azione : Permanenti portati sbalzi
3	Gk	CDC=Gk1 (spinta a riposo)	Azioni applicate:
			D2 : 1 Azione : Spinta a riposo sx
			D2 : 5 Azione : Spinta a riposo dx
4	Qk	CDC=Qk (Qik centrato)	Azioni applicate:
			D2 : 2 Azione : Qik centrato
5	Qk	CDC=Qk (spinta sovraccarico su entrambi piedritti)	Azioni applicate:
			D2 : 1 Azione : Spinta carico veicolare piedritto sx
			D2 : 5 Azione : Spinta carico veicolare piedritto dx
6	Qk	CDC=Qk (Qik distribuito)	Azioni applicate:
			D2 : 1 Azione : Carico mobile distr. 9kN/mq Pied. Sx
			D2 : 2 Azione : Carico mobile distr. 9kN/mq Si
			D2 : 5 Azione : Carico mobile distr. 9kN/mq Pied. Dx

DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI

LEGENDA TABELLA COMBINAZIONI DI CARICO

Il programma combina i diversi tipi di casi di carico (CDC) secondo le regole previste dalla normativa vigente.
Le combinazioni previste sono destinate al controllo di sicurezza della struttura ed alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

La prima tabella delle combinazioni riportata di seguito comprende le seguenti informazioni: Numero, Tipo, Sigla identificativa. Una seconda tabella riporta il peso nella combinazione assunto per ogni caso di carico.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

***Combinazione fondamentale** SLU*

$\gamma G1 \cdot G1 + \gamma G2 \cdot G2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q1 \cdot Qk1 + \gamma Q2 \cdot \psi 02 \cdot Qk2 + \gamma Q3 \cdot \psi 03 \cdot Qk3 + \ldots$

***Combinazione caratteristica** (rara) SLE*

$G1 + G2 + P + Qk1 + \psi 02 \cdot Qk2 + \psi 03 \cdot Qk3 + \ldots$

***Combinazione frequente** SLE*

$G1 + G2 + P + \psi 11 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \ldots$

***Combinazione quasi permanente** SLE*

$G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \ldots$

***Combinazione sismica**, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E*

$E + G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \ldots$

***Combinazione eccezionale**, impiegata per gli stati limite connessi alle azioni eccezionali*

$G1 + G2 + Ad + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \ldots$

Dove:

NTC 2018 Tabella 2.5.I

Destinazione d'uso/azione	***ψ0***	***ψ1***	***ψ2***
Categoria A residenziali	*0,70*	*0,50*	*0,30*
Categoria B uffici	*0,70*	*0,50*	*0,30*
Categoria C ambienti suscettibili di affollamento	*0,70*	*0,70*	*0,60*
Categoria D ambienti ad uso commerciale	*0,70*	*0,70*	*0,60*
Categoria E biblioteche, archivi, magazzini,…	*1,00*	*0,90*	*0,80*
Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli <= 30kN)	*0,70*	*0,70*	*0,60*
Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli > 30kN)	*0,70*	*0,50*	*0,30*
Categoria H Coperture	*0,00*	*0,00*	*0,00*
Vento	*0,60*	*0,20*	*0,00*
Neve a quota <= 1000 m	*0,50*	*0,20*	*0,00*
Neve a quota > 1000 m	*0,70*	*0,50*	*0,20*
Variazioni Termiche	*0,60*	*0,50*	*0,00*

Nelle verifiche possono essere adottati in alternativa due diversi approcci progettuali:
- per l'approccio 1 si considerano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti di sicurezza parziali per le azioni, per i materiali e per la resistenza globale (combinazione 1 con coefficienti A1 e combinazione 2 con coefficienti A2),
- per l'approccio 2 si definisce un'unica combinazione per le azioni, per la resistenza dei materiali e per la resistenza globale (con coefficienti A1).

NTC 2018 Tabella 2.6.I

		Coefficiente γf	***EQU***	***A1***	***A2***
Carichi permanenti	*Favorevoli*	*γG1*	*0,9*	*1,0*	*1,0*
	Sfavorevoli		*1,1*	*1,3*	*1,0*
Carichi permanenti non strutturali *(Non compiutamente definiti)*	*Favorevoli*	*γG2*	*0,8*	*0,8*	*0,8*
	Sfavorevoli		*1,5*	*1,5*	*1,3*
Carichi variabili	*Favorevoli*	*γQi*	*0,0*	*0,0*	*0,0*
	Sfavorevoli		*1,5*	*1,5*	*1,3*

Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
1	SLU	Comb. SLU A1 1	
2	SLU	Comb. SLU A1 2	
3	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 3	
4	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 4	

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
1	1.35	1.35	1.35	1.50	1.50	1.50								
2	1.00	1.00	1.00	1.50	1.50	1.50								
3	1.00	1.00	1.00	0.75	0.75	0.75								
4	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0								