



COMUNE DI LUCCA

Dipartimento 5 Opere Pubbliche
U.O. 5.3 Strade

NUOVA VIABILITÀ TRA SS 439 SARZANESE E SS 12 PISANA
NEL TRATTO TRA VIA SARZANESE E VIA DEI SILLORI

PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO n. :

ELO4

Oggetto:

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

REV	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
1	07.05.2021	Emissione	G.Cesan	M. Ceccarelli	
2	29.06.2021	Revisione	G.Cesan	M. Ceccarelli	

IL PROGETTISTA:

Ing. Marco Ceccarelli - Viale Puccini, 1780
55100 - LUCCA - Tel.: 0583/511648
Fax: 0583/511030
E-mail: tecnico@deltaingegnerasrl.com

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Ing. Andrea Biggi
U.O. 5.3 Strade Comune di Lucca

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Pietro Barsanti
Via Buiamonti, 29 - 55100 LUCCA

1. Premessa

La presente relazione è relativa ai calcoli di dimensionamento e verifica delle opere strutturali necessarie per la realizzazione del nuovo attraversamento che verrà realizzato con manufatti scatolari prefabbricati con sezione utile larga 3.00 m ed altezza utile 2.80 m.

I calcoli sono relativi in particolare della platea di basamento in calcestruzzo cementizio armato, su cui poggeranno gli scatolari, e dei muri d'ala, anch'essi in calcestruzzo cementizio armato. Tutti gli elementi avranno uno spessore pari a 30 cm. I muri d'ala saranno rivestiti, sul lato esterno, con muratura di pietrame.

Per il dimensionamento delle strutture è stato considerato il carico da traffico secondo lo schema n°1 per i ponti stradali (par. 5.1.3.3 delle NTC 2018).

Per quanto riguarda la spinta del terreno, è stata considerata la spinta a riposo in condizione statica e la spinta attiva e l'incremento dinamico secondo la teoria di Mononobe-Okabe in condizione sismica.

In concomitanza del carico da traffico è stato considerato un sovraccarico sulle pareti verticali e trasmesso dal terreno pari a 2000 daN/m².

2. Normativa di riferimento

Le analisi strutturali contenute nella presente relazione sono state eseguite in base alla normativa vigente in particolare:

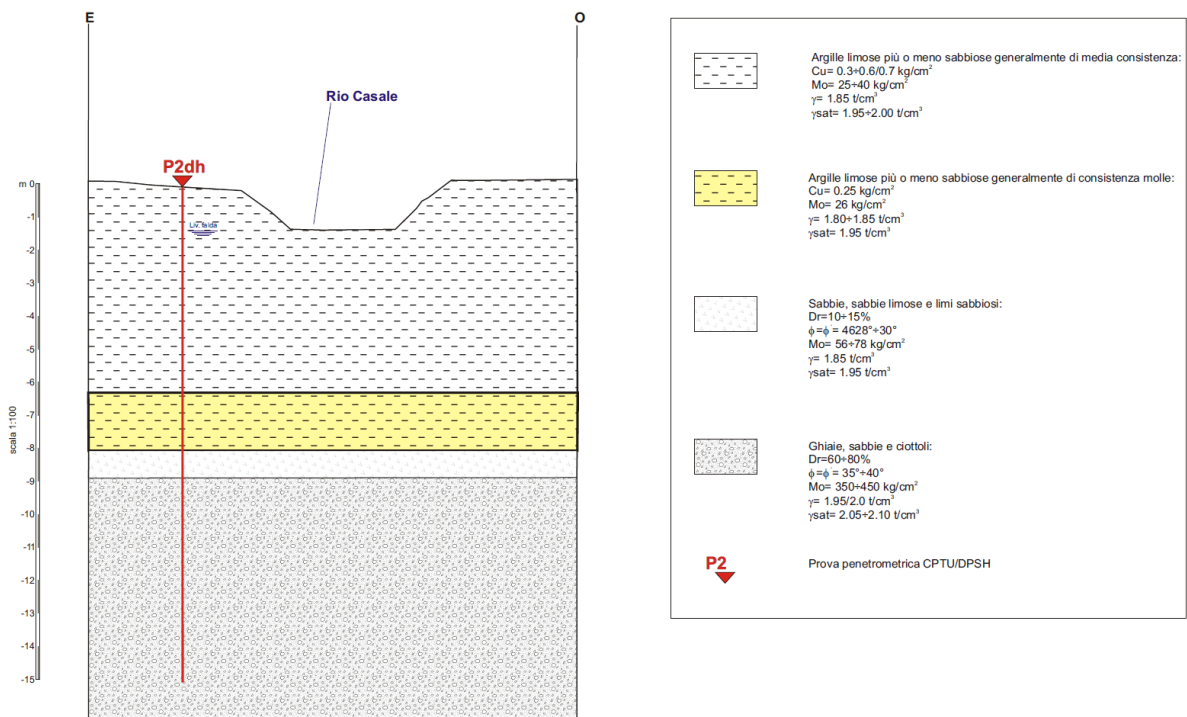
DM 17.01.2018 “Norme tecniche per le costruzioni”

Circolare Ministero Infrastrutture e Trasporti n. 7 del 21.01.2019
“Istruzioni per l’applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”

3. Relazione geotecnica

I calcoli geotecnici sono stati condotti sulla base dei parametri forniti dal tecnico incaricato dott. Geol. Pietro Barsanti di Lucca e qui di seguito riassunti:

Fig. 3 - Sezione stratigrafica e geotecnica - Scala 1:100



Ai parametri geotecnici sono stati applicati i coefficienti di cui alla 6.2.II NTC 2018:

Parametro	M1	M2
tangente angolo attrito	1.00	1.25
coesione efficace	1.00	1.25
resistenza non drenata	1.00	1.40
Peso specifico	1.00	1.00

4. Input sismico

Vita nominale 50 anni
Classe d'uso II
Periodo di riferimento 50 anni

Coordinate:

Lat. 43.8460

Long 10.4568

Coefficiente topografico T1

Categoria del suolo:

In conformità con quanto indicato nella relazione geologica si assume:

Categoria di suolo **C**

Per le verifiche della struttura
Si considerano i seguenti parametri:

SLV

Pvr	10%
Tr	475 anni
ag	0.130
F ₀	2.379
T _c *	0.458 sec

SLD

Pvr	63%
Tr	50 anni
ag	0.053
F ₀	2.546
T _c *	0.416 sec

Coefficienti di cui al punto 7.11.6.3.2 delle **NTC2018**

α = secondo il grafico 7.11.2

β = secondo il grafico 7.11.3

5. Valutazione di affidabilità dei codici di calcolo utilizzati

Il codice di calcolo per la verifica della struttura è PRO_SAP RY2020(a) vers. 20.7.0 della 2Si di Ferrara, anch'esso posseduto con **regolare licenza**.

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software **ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico**. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione:

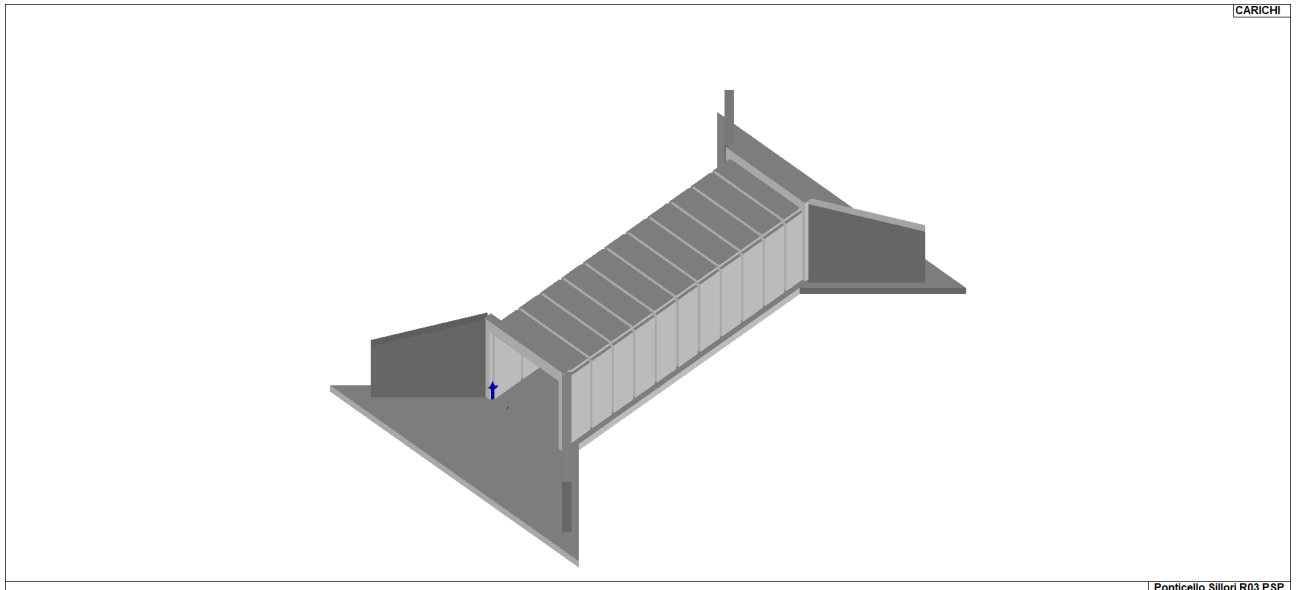
Affidabilità dei codici utilizzati

2S.I. ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link: <https://www.2si.it/it/prodotti/affidabilita/>

6. Analisi strutturale

Il modello è stato realizzato in con elementi bidimensionali. Gli scatolari sono stati inseriti distanziati tra di loro, in modo da non considerare lo scambi reciproco delle azioni. Il fine ultimo del modello è quello della verifica della soletta di fondazione e dei muri d'ala, rimandando alla relazione di calcolo del produttore la verifica degli scatolari stessi. I suddetti elementi scatolari svolgono quindi principalmente la funzione di trasferire il carico da traffico alla platea sottostante.



7. Analisi dei carichi

Peso proprio:

Computato direttamente dal programma

Spinta del terreno:

In condizioni statiche si considera la spinta del terreno a riposo, in condizioni dinamiche si considera la spinta attiva incrementata dalla spinta sismica determinata con le formule di Mononobe Okabe

La spinta del terreno è stata determinata considerando che venga realizzato un drenaggio, mediante materiale arido a pezzatura 4-7 cm in corrispondenza degli scatolari e come riempimento per realizzare il rilevato stradale. Quindi sono stati utilizzati i parametri geotecnici:

Peso specifico terreno asciutto $\gamma = 2000 \text{ daN/m}^3$

Angolo di attrito $\varphi = 30^\circ$

Coesione $c = 0 \text{ daN/cm}^2$

Coefficiente di spinta a riposo $K_0 = (1 - \sin \varphi) = 0.5$

Coefficiente di spinta attiva in condizioni statiche $K_{as} = 0.2973$

Coefficiente di spinta attiva in condizioni dinamiche $K_{ad} = 0.4697$

Considerando uno spessore di terreno per la formazione del rilevato pari a $h_1 = 70 \text{ cm}$ sopra il cielo dello scatolare e un'altezza di terreno alla quota di imposta della fondazione pari a $h_2 = 408 \text{ cm}$ si ha:

$$P_1 = K_0 \gamma h_1 = 0.5 \times 2000 \times 0.7 = 700 \text{ daN/m}^2 \text{ Pressione a quota } -70 \text{ cm}$$

$$P_2 = K_0 \gamma h_2 = 0.5 \times 2000 \times 4.08 = 4080 \text{ daN/m}^2 \text{ Pressione a quota } -408 \text{ cm}$$

$P_{sis} = (K_{ad} - K_{as}) \gamma h_2 / 2 = 0.1724 \times 2000 \times 4.08 / 2 = 703 \text{ daN/m}^2$ Pressione dinamica uniformemente distribuita su tutta l'altezza dello scatolare

Sovraccarico

$P_{sovr} = K_0 \times 2000 = 0.5 \times 2000 = 1000 \text{ daN/m}^2$ Pressione da sovraccarico uniformemente distribuita su tutta l'altezza dello scatolare

Peso del terreno sulla fondazione ($h = 400 \text{ cm}$)

$$P = \gamma h = 2000 \times 4 = 8000 \text{ daN/m}^2$$

Carico da traffico

Impronte di carico

2 corsie

$Q_{1k} = 300 \text{ KN}$ in 2 impronte da 150 KN ciascuna per la prima corsia

Considerando la distribuzione del carico a 45° dal piano di applicazione del carico al piano medio della soletta si ottiene una sola impronta di superficie pari a $3.44 \times 4.67 = 15.88 \text{ m}^2$, da cui si ottiene un carico distribuito su tale superficie pari a $30000 / 15.88 = 1889.44 \text{ daN/m}^2$

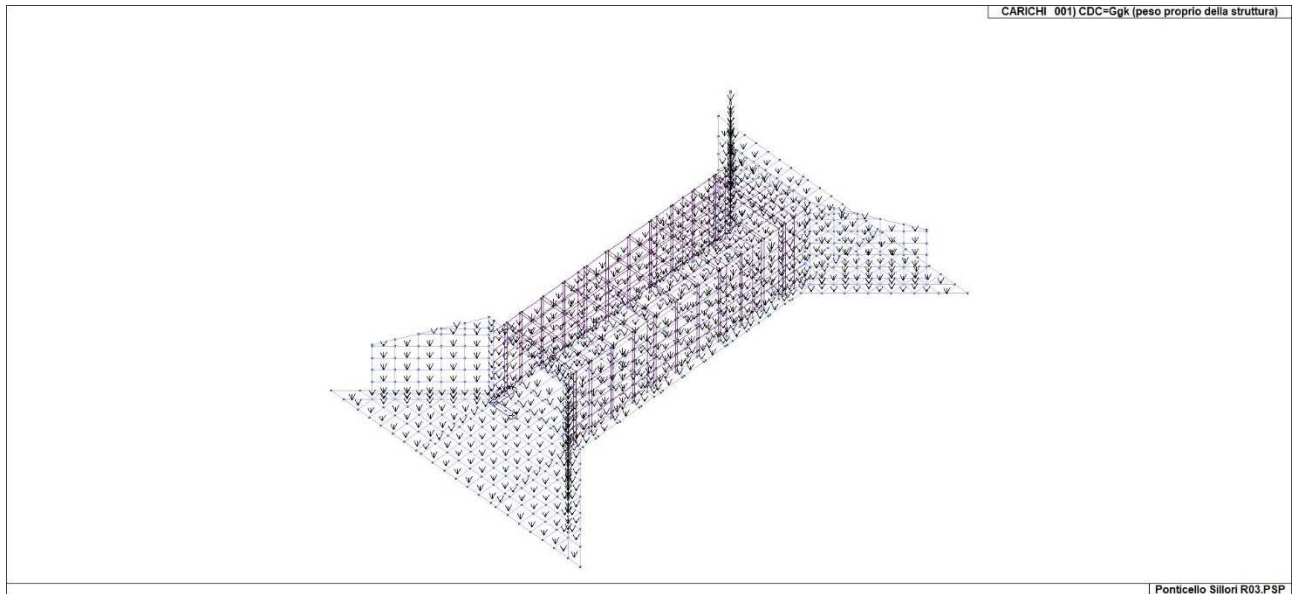
$$Q_{2k} = Q_{1k} \times 2/3 = 1270 \text{ daN/m}^2$$

Tali carichi verranno inseriti nel modello secondo 3 diverse configurazioni di carico come di seguito rappresentato.

Frenamento

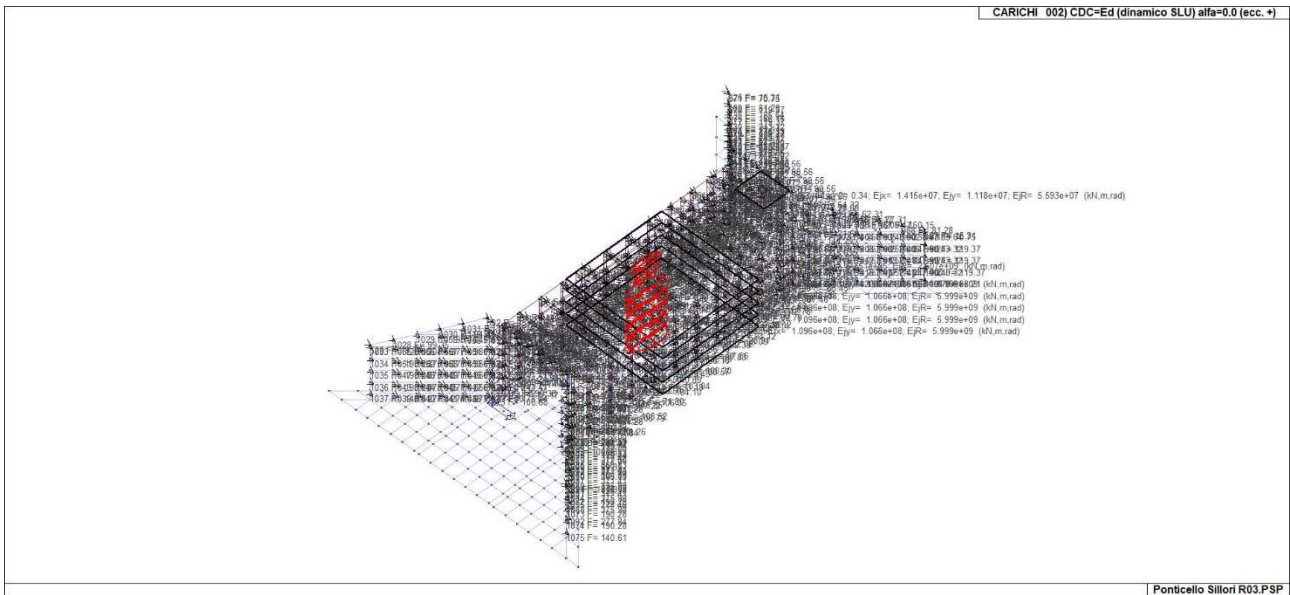
Non si tiene conto dell'azione di frenamento in quanto la distanza tra l'azione stessa ed il piano del cielo degli elementi non permette il trasferimento della stessa alla struttura.

Si riportano di seguito le figure relative ai carichi applicati:

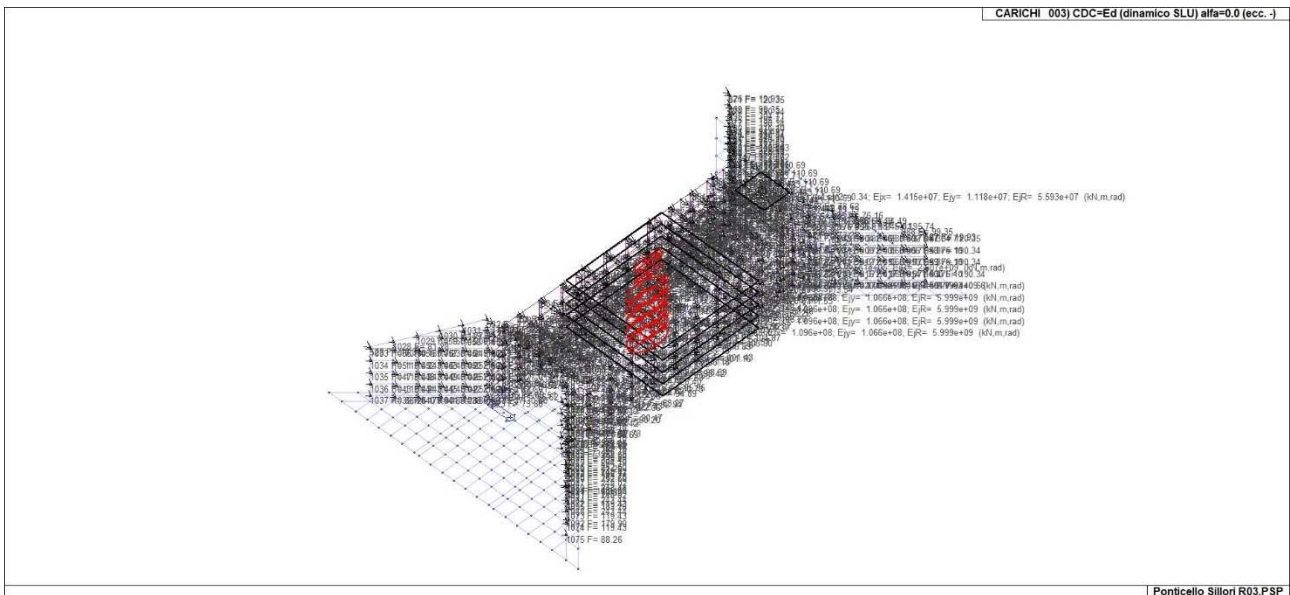


22_CDC_001_CDC=Ggk (peso proprio della struttura)

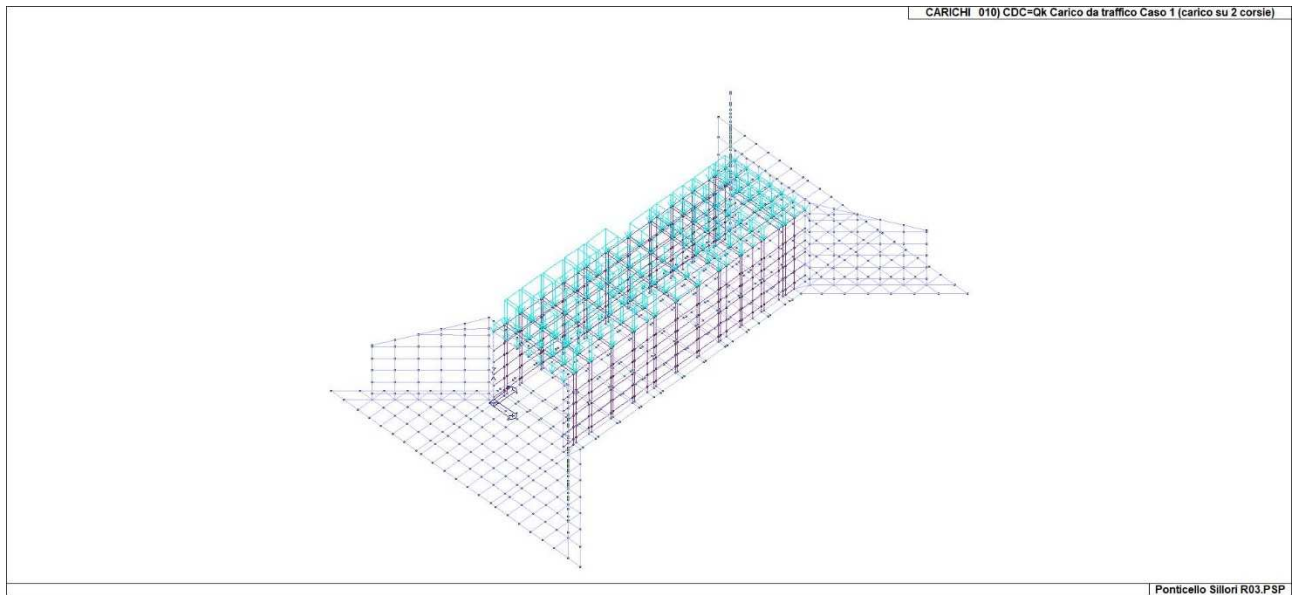
Relazione di calcolo strutturale



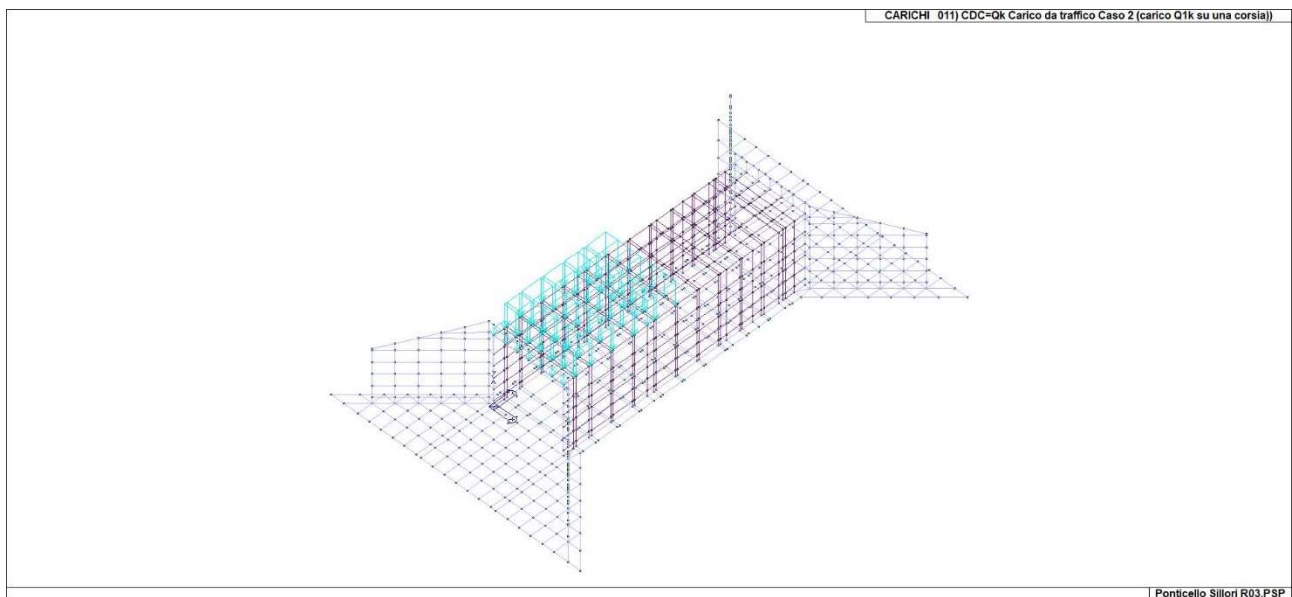
22_CDC_002_CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)



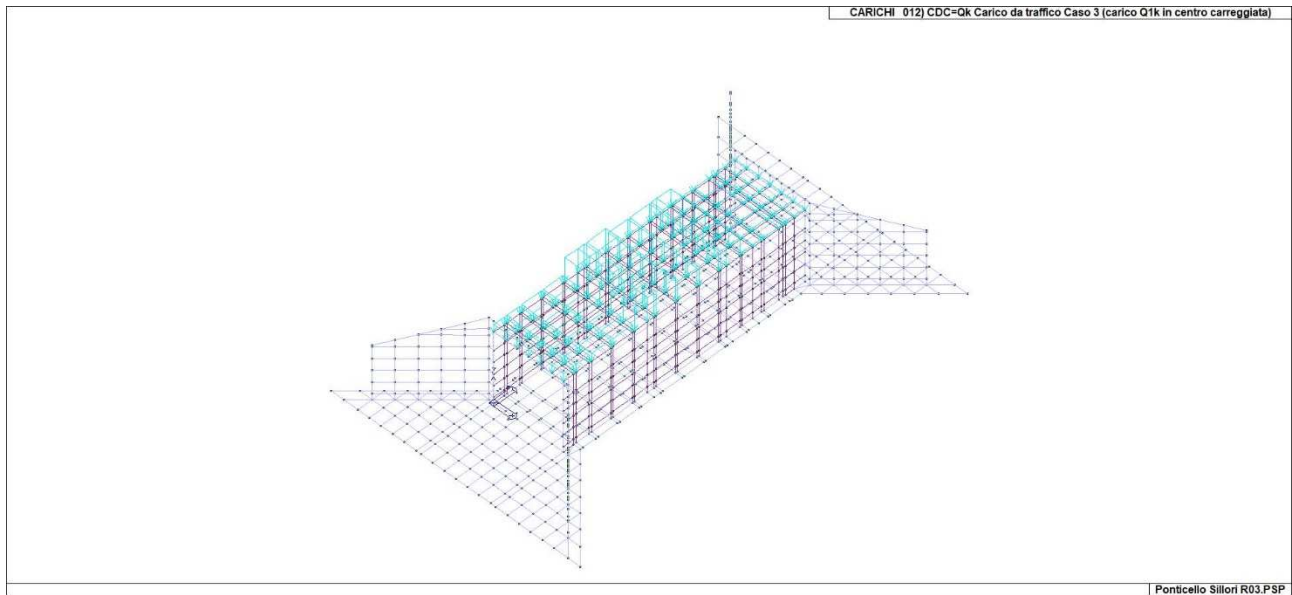
22_CDC_003_CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)



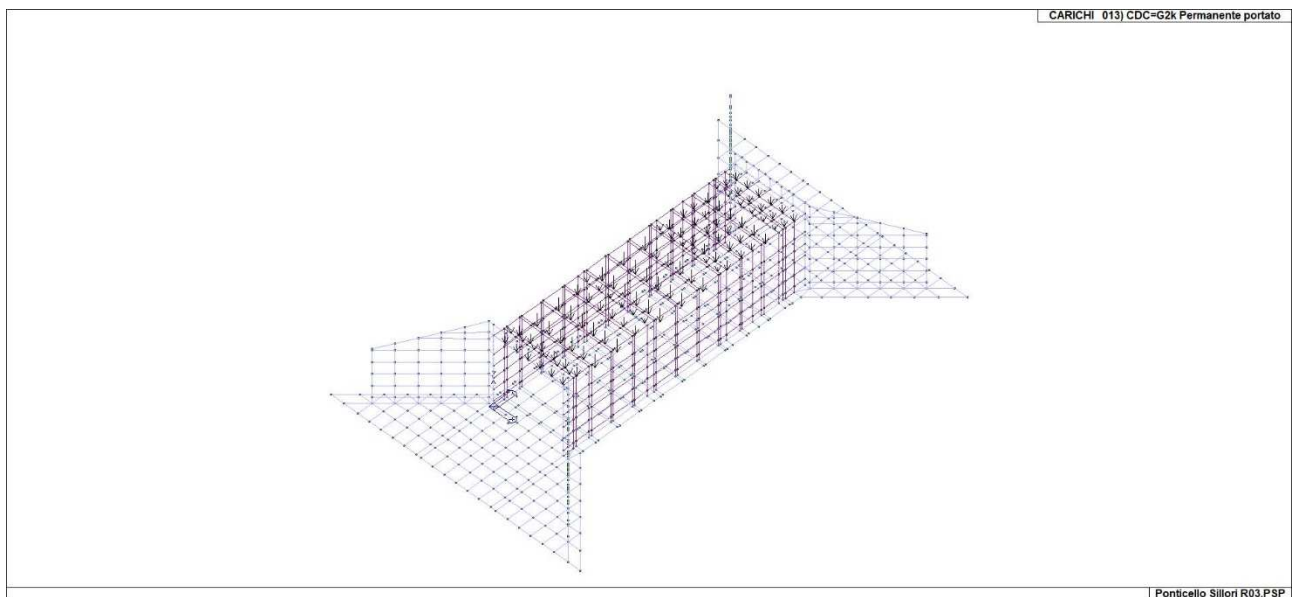
22_CDC_010_CDC=Qk Carico da traffico Caso 1 (carico su 2 corsie)



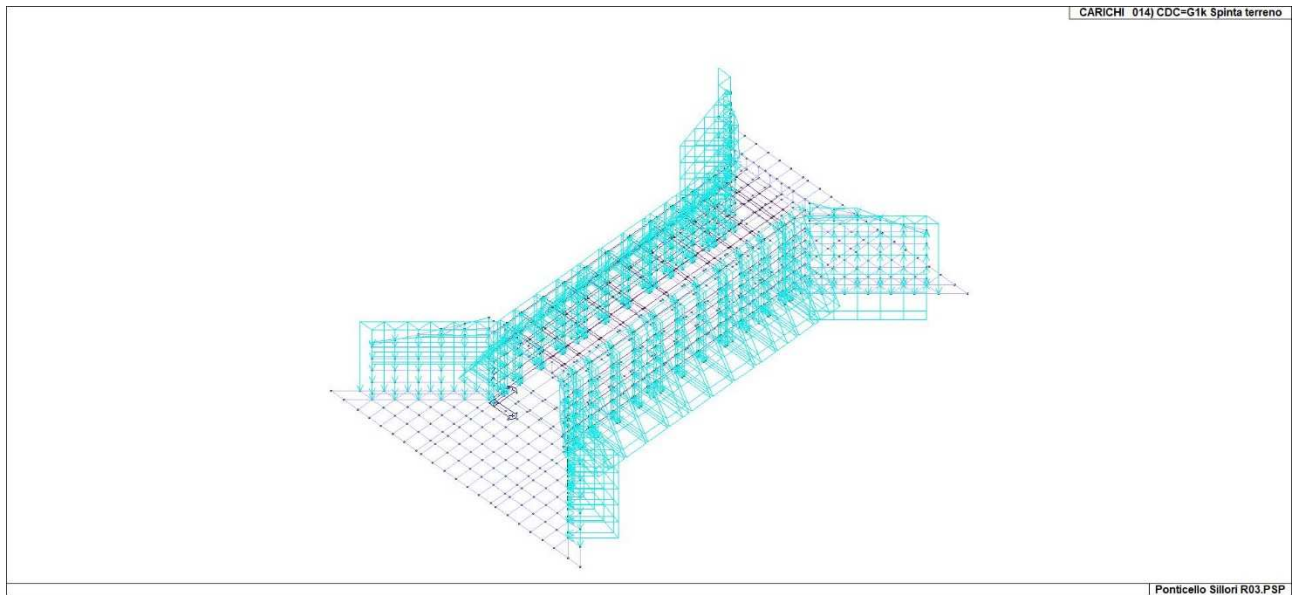
22_CDC_011_CDC=Qk Carico da traffico Caso 2 (carico Q1k su una corsia))



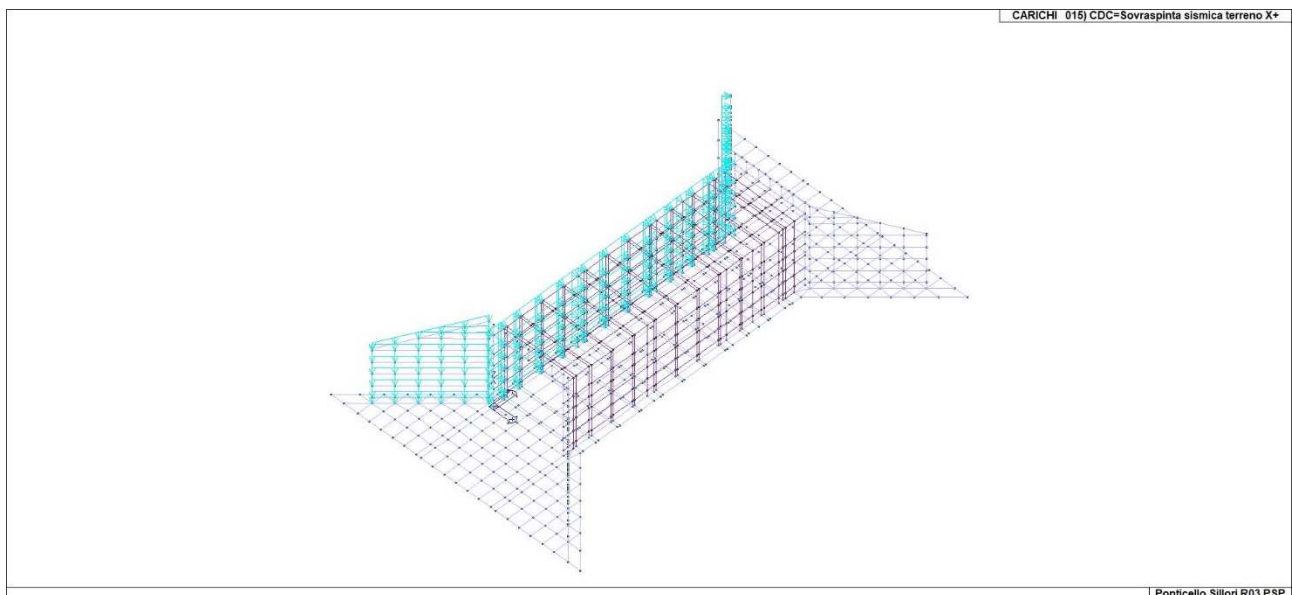
22_CDC_012_CDC=Qk Carico da traffico Caso 3 (carico Q1k in centro carreggiata)



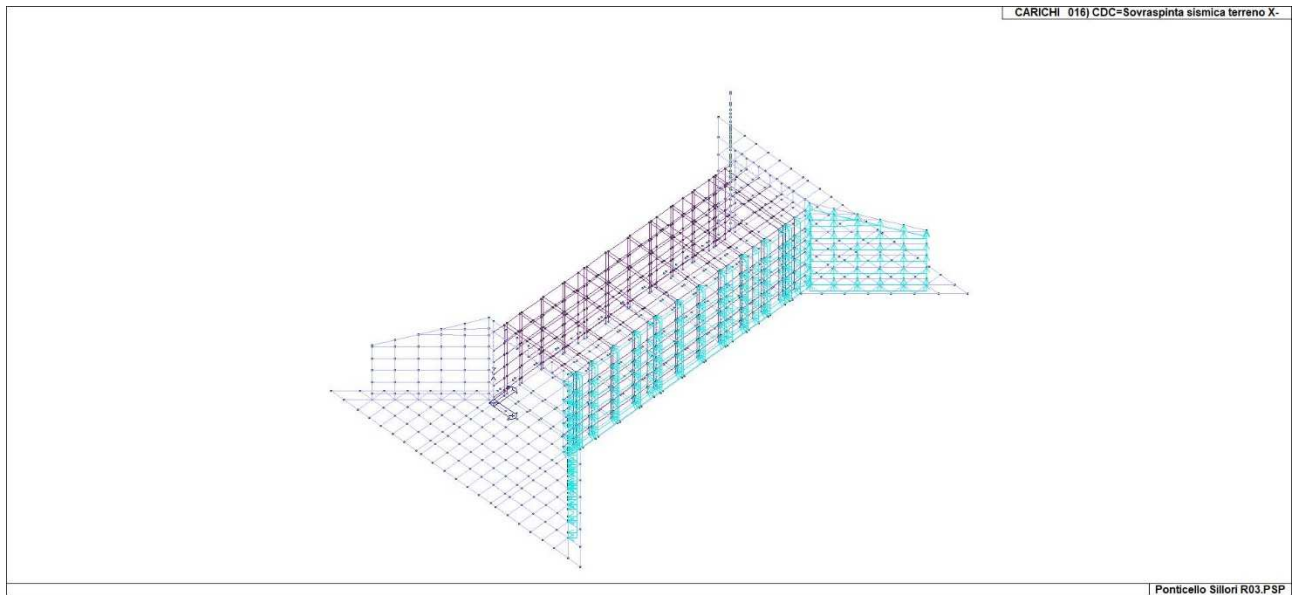
22_CDC_013_CDC=G2k Permanente portato



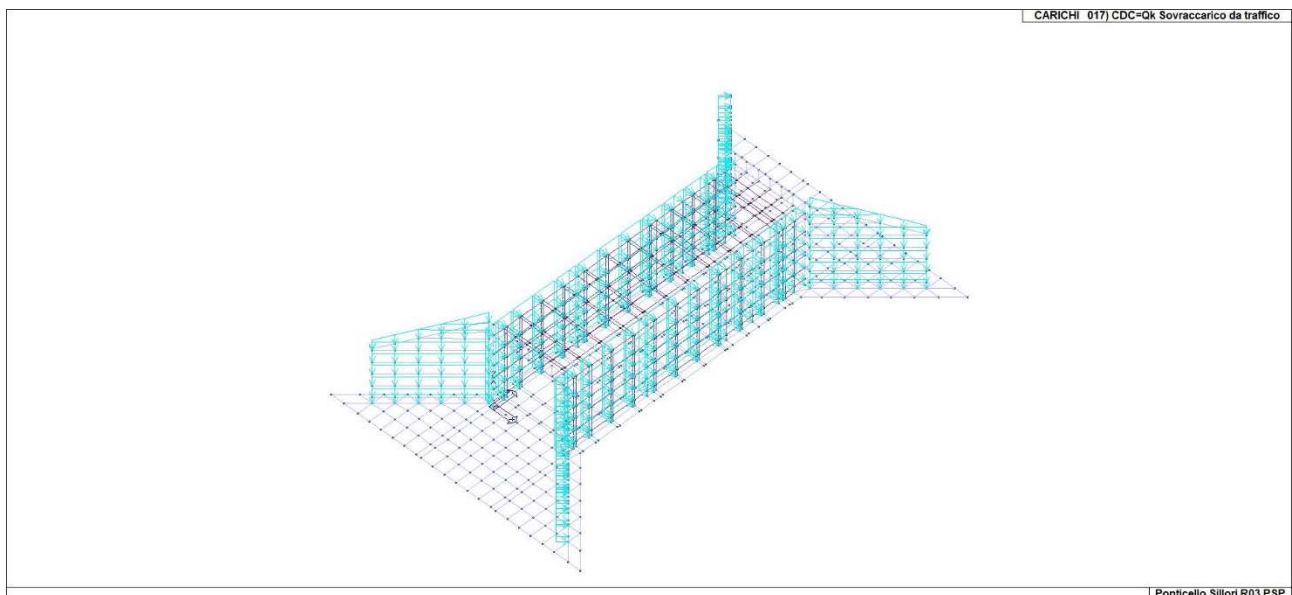
22_CDC_014_CDC=G1k Spinta terreno



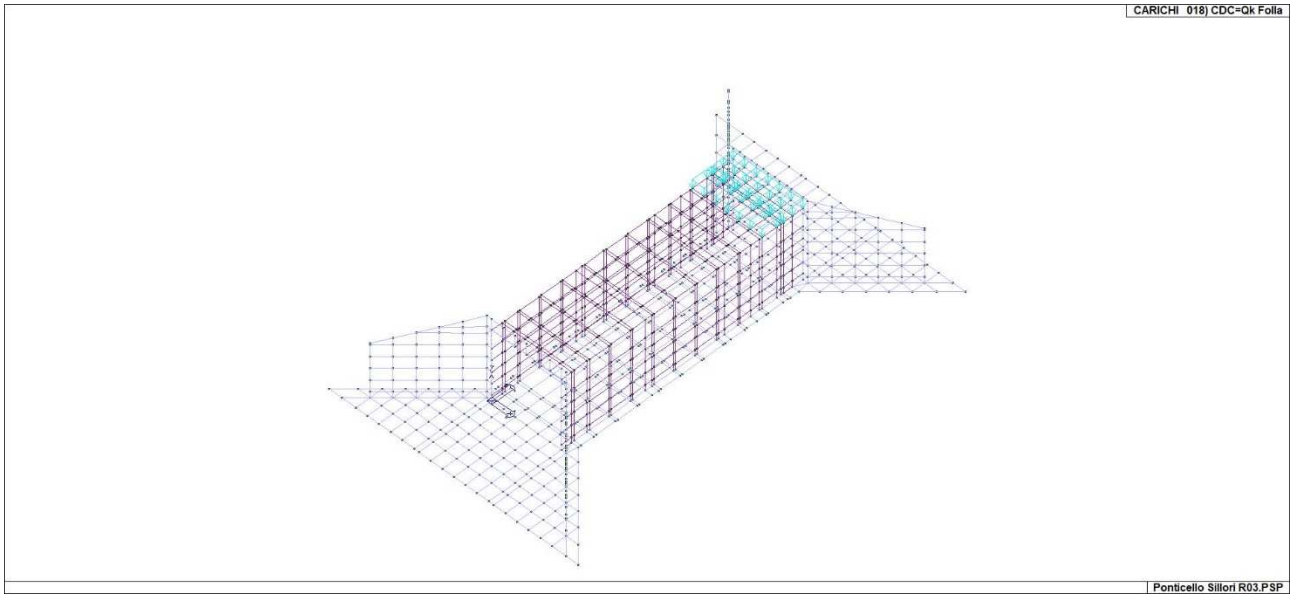
22_CDC_015_CDC=Sovraspinta sismica terreno X+



22_CDC_016_CDC=Sovrappinta sismica terreno X-



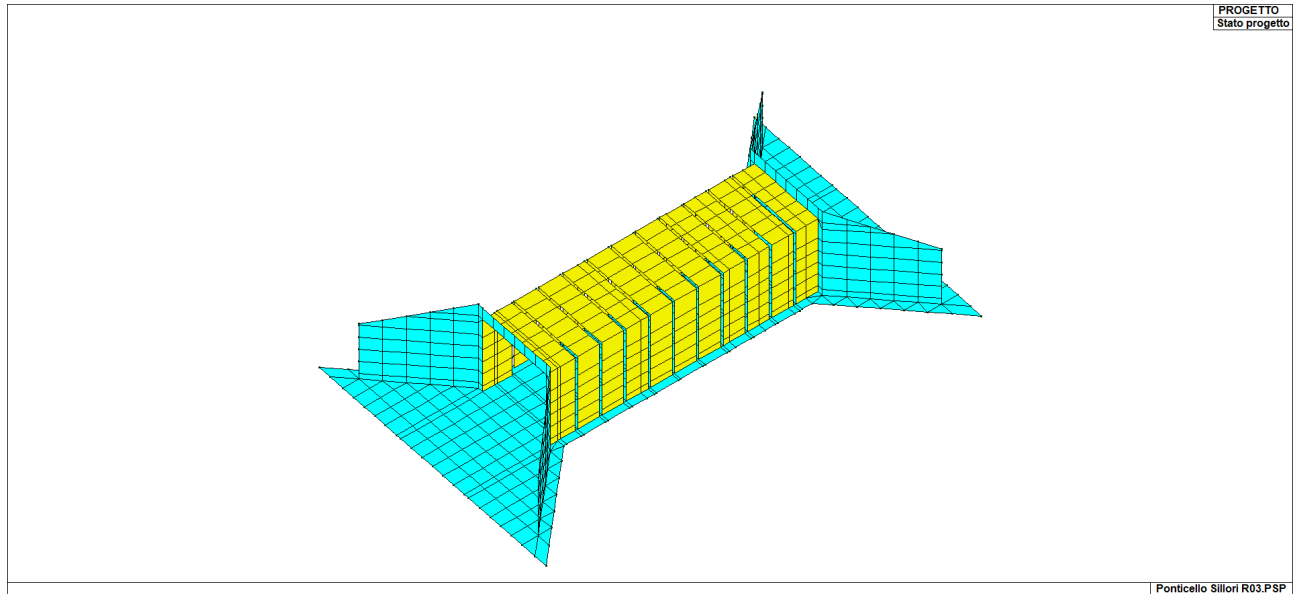
22_CDC_017_CDC=Qk Sovraccarico da traffico



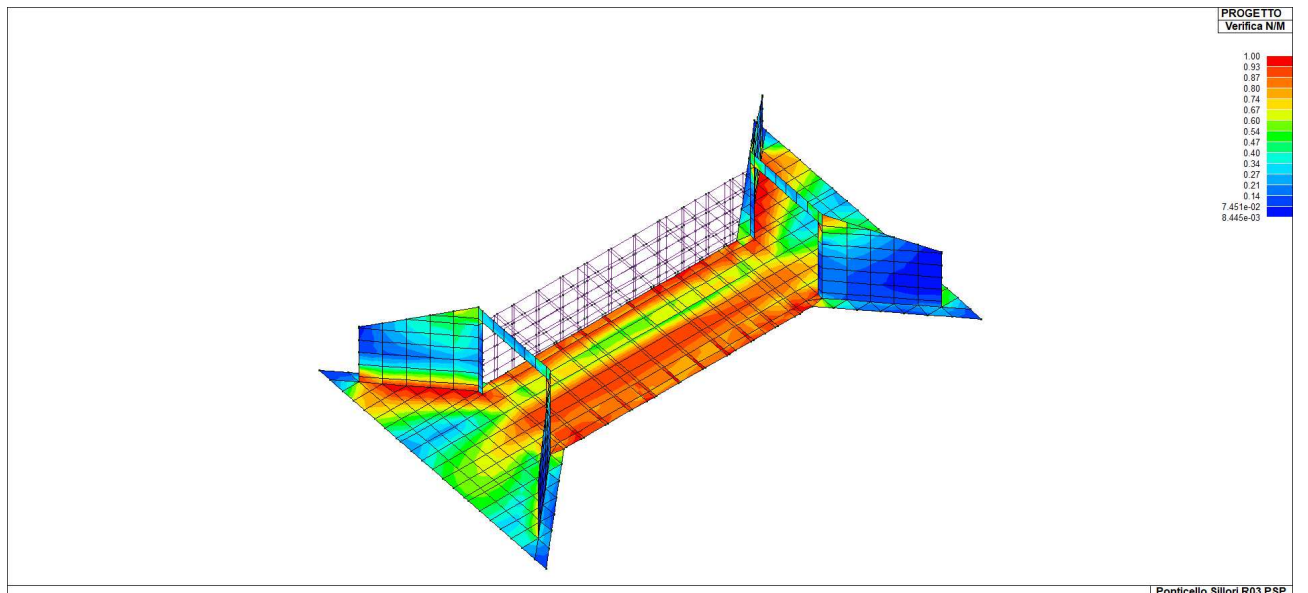
22_CDC_018_CDC=Qk Folla

9. Riepilogo verifiche strutturali

Si riportano di seguito le figure che rappresentano le verifiche effettuate:

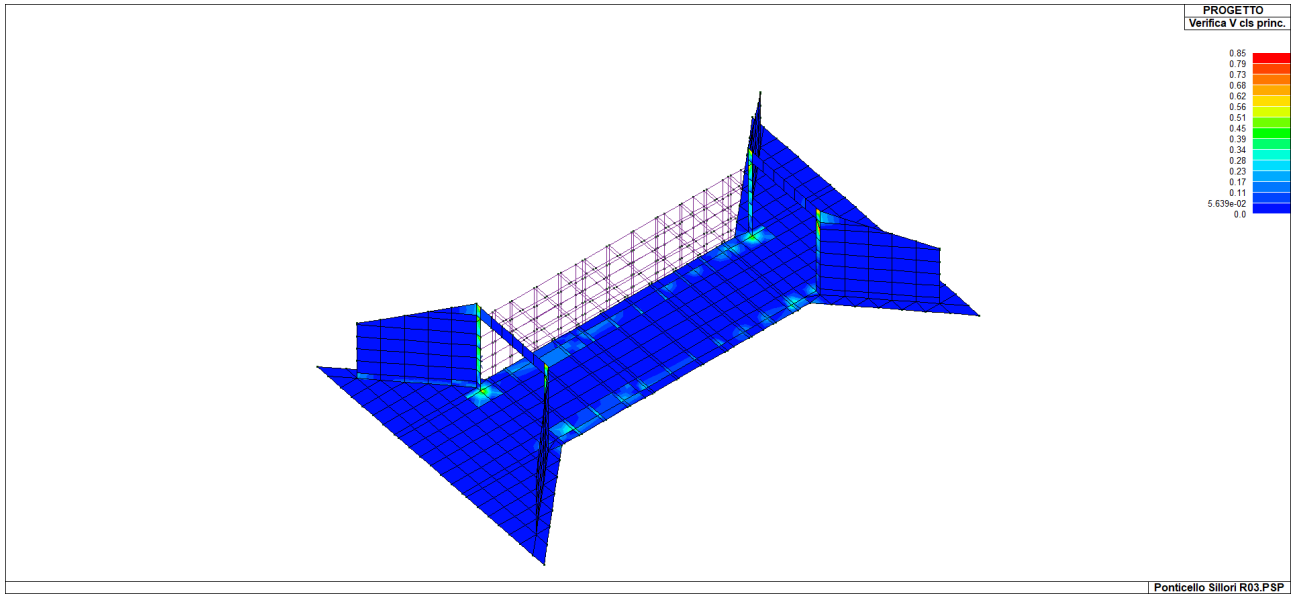


Verifica elementi: in ciano gli elementi verificati, in rosso gli elementi non verificati, in giallo gli elementi non calcolati



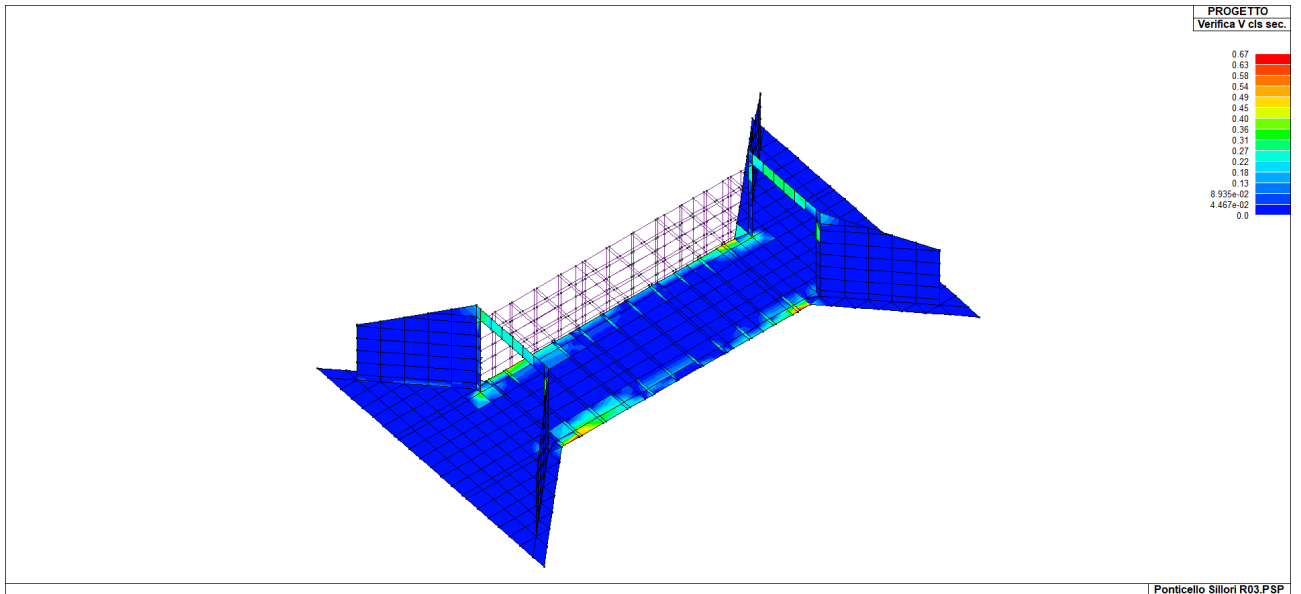
Verifica a pressoflessione normalizzata a 1

Relazione di calcolo strutturale



Relazione di calcolo strutturale

Verifica a Taglio in direzione principale



Verifica a Taglio in direzione secondaria

Lucca, 29 giugno 2021

Ing. Marco Giovanni Ceccarelli
((Documento sottoscritto con firma digitale ai sensi del
DPR 445/2000 e del D.Lgs. 82/2005 e ss.mm. e ii.)

Ing. Marco Giovanni Ceccarelli
Viale G.Puccini 1780 S.Anna – 55100 Lucca
tecnico@deltaingegneriasrl.com