

**INPS**



**DIREZIONE REGIONALE INPS VENEZIA**  
**Dorsoduro 3500/D**

**Consolidamento e Ripristino della capacità portante del solaio di calpestio del Piano terra dello stabile Inps di Venezia , Dorsoduro 3500/d comprese opere accessorie.**

**RELAZIONE DI PROGETTO DEFINITIVO**  
**E**  
**SCHEMI GRAFICI**

Lo stabile di proprietà INPS, sito in VENEZIA Dorsoduro 3500/D, è adibito a sede della Direzione Regionale Veneto dell'Istituto Nazionale della Previdenza Sociale.

Lo stabile si sviluppa su n. 5 livelli (p.t., 1°, 2°, 3° e 4°) più un piano sottotetto per una cubatura complessiva di circa 15.000,00 mc ed una superficie di circa un migliaio di mq a piano .

Il Piano terra dell'edificio è adibito a sala riunione ( a dx ingresso principale) e in parte ad archivi. Su altre zone insistono le apparecchiature della Cabina elettrica.

Ai piani superiori sono presenti gli Uffici della sede Inps.

Il sovraccarico originario dei solai del p.t. è riportato in Kg. 350/mq e 400/mq nelle due zone ingresso il suo spessore complessivo è stato misurato in cm. 30.

Al di sotto del piano terra dell'edificio è presente uno spazio intercapedine (piano interrato) di altezza pari mediamente a mt. 1,80.

Tale vano – al quale si accede per mezzo di un paio di botole a pavimento – è privo di aereazione ed è soggetto ad infiltrazioni che variano in funzione dei movimenti della marea.

Tra l'altro, in tale vano, è stato rilevato un consistente accumulo di liquami provenienti dagli scarichi fognari che corrono vincolati all'intradosso del solaio di copertura.

E ciò a causa di dissesti che hanno interessato le tubazioni degli scarichi fognari ,variamente dissestate, e che hanno dato luogo a una evacuazione di liquido che è andato a depositarsi all'interno degli ambienti di tali locali interrati.

Si è proceduto pertanto ad una prima fase di espurgo degli spazi interrati con l'ausilio di pompe idonee , provvedendo ad incanalare i liquami nel pozzetto a monte dell'impianto di depurazione e provvedendo a smaltire il materiale misto/fango presso discariche autorizzate fino a rendere i locali in questione quantomeno agibili a proprio personale, adeguatamente protetto con apposite tute e maschere, al fine di potere effettuare le necessarie riparazione della condotta fognaria.

Si è quindi potuto provvedere così ad una sistemazione provvisoria della tubazione distaccatasi dai supporti fissati direttamente all'intradosso del solaio.

Si è poi proceduto ad effettuare una ricognizione visiva e fotografica dello stato di conservazione dell'intradosso solaio di copertura del vano in questione.

**Grazie a tale attività è stato possibile evidenziare un avanzato stato di degrado a zona del laterizio del solaio (pignatte e fondelli di travetto) con il conseguente danneggiamento del calcestruzzo sottostante e dei ferri delle armature.**

**Evidentemente tale struttura orizzontale è esposta in ambiente fortemente aggressivo (chimicamente e anche dal punto di vista igrometrico).**

**In molti casi il copriferro risulta completamente assente per fenomeni di carbonatazione e il ferro appare completamente ossidato e distaccato dal travetto.**

A questo punto si è proceduto a definire le operazioni utili a conseguire l'obiettivo di ripristinare la capacità portante delle strutture orizzontali utilizzando la soluzione meno invasiva e impattante con la continuità funzionale della sede Inps.

Prima di procedere con le operazioni di ripristino e consolidamento della struttura si rende, però, necessario procedere ad un alleggerimento della stessa struttura orizzontale. Per fare questo si è previsto – in assenza di spazi dove immagazzinare il materiale di archivio – effettuare degli spostamenti "a zona" dello stesso materiale.

Nel caso di zone non "alleggeribili" si provvederà –se necessario - a realizzare dei sistemi di rinforzo alternativi (come putrelle in acciaio).

Tenuto conto delle caratteristiche della struttura sulla quale intervenire e del contesto ove installare il cantiere si è deciso di procedere al rinforzo del solaio latero-cementizio utilizzando un sistema FRP ( Il termine FRP è l'acronimo di Fiber Reinforced Polymer , ossia Materiale Polimerico Fibrorinforzato.

Gli FRP appartengono alla vasta famiglia dei compositi strutturali e sono materiali costituiti da fibre di rinforzo immerse in una matrice polimerica).

Nei compositi fibrorinforzati le fibre svolgono il ruolo di elementi portanti, sia in termini di resistenza che di rigidità, mentre la matrice, oltre a proteggere le fibre, funge da elemento di trasferimento degli sforzi tra le fibre e l'elemento strutturale al quale il composto viene applicato.

Nei composti a matrice polimerica la stessa matrice è, generalmente, a base di resine epossidiche.

Nel nostro caso il rinforzo è costituito da fibre di carbonio ad alta resistenza ed elevato modulo elastico.

#### RINFORZO STRUTTURALE CON FIBRE DI CARBONIO

L'intervento di rinforzo con FRP agisce in maniera semplice ed efficace, andando a sopperire alla mancanza di capacità portante della struttura. L'innovazione introdotta da tale intervento sostituisce definitivamente approcci storici di rinforzo.

Il sistema di rinforzo prevede l'utilizzo di fibre di carbonio annegate in una matrice costituita da resina epossidica. Il sistema, applicato sulla superficie opportunamente pulita e trattata con un primer per migliorarne l'adesione, consente una soluzione efficace e flessibile, adatta a differenti geometrie degli elementi strutturali.

Il rinforzo tramite FRP è perfettamente contemplato dalla normativa italiana, che attraverso la norma CNR DT 200/2004 (revisionata 03/2012) per le strutture in c.a. , c.a.p. e muratura, stabilisce le modalità per la corretta progettazione del rinforzo. Tale normativa è stata successivamente presa come riferimento per la progettazione attraverso la circolare esplicativa n. 617 del 02/02/2009 riguardante le nuove norme tecniche per le costruzioni del 2008. Al punto C 8.7.1.8. di tale circolare si recita "Nel caso in cui nell'intervento si faccia uso di materiali compositi (FRP), ai fini delle verifiche di sicurezza degli elementi rinforzati si possono adottare le Istruzioni CNR DT 200/2004 e ss.mm.ii.". Il CNR ha reso disponibili attraverso norme successive, istruzioni per la progettazione con materiali compositi (FRP) anche per strutture lignee e metalliche. Un approccio di questo tipo risulta quindi flessibilmente ed efficacemente applicabile a tutti i campi dell'ingegneria strutturale.

I materiali da impiegare in queste particolari fattispecie devono essere qualificati e certificati ai sensi della "LINEA GUIDA per la identificazione , la qualificazione ed il controllo di accettazione di compositi fibrorinforzati a matrice polimerica (FRP) da utilizzarsi per il consolidamento strutturale di costruzioni esistenti" approvata con Decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei lavori pubblici n. 220 del 09 luglio 2015.

Si sono previste, per l'applicazione del sistema FRP con fibre di carbonio n. 5 fasi, che devono essere in ogni caso precedute dalla regolarizzazione del substrato.

Nel caso in cui siano presenti delle fessure si rendono necessarie preventivamente delle iniezioni consolidanti o ricostruzioni a base di resine.

#### FASE 1

Preparazione del substrato mediante rimozione delle parti incoerenti, ricostruzione delle zone mancanti e pulizia delle superfici.

#### FASE 2

Applicazione di una prima mano di resina adesiva impregnante.

#### FASE 3

Stesura delle strisce di tessuto in fibra di carbonio parallele alle linee dello sforzo dell'elemento strutturale da rinforzare .

#### FASE 4

Applicazione di una seconda mano di resina adesiva impregnante e successiva rullatura.

#### FASE 5

Applicazione a spolvero di sabbia silicea di granulometria fino ad 1 mm, su resina fresca per consentire il successivo aggrappo dell'intonaco

Nel caso specifico , per giungere a definire un percorso atto a consentire l'impostazione di una metodologia utile soprattutto alla determinazione dei costi dell'intervento si è ipotizzato il tracciato che segue:

E' chiaro che la Progettazione esecutiva, da redigere ai sensi dei più recenti aggiornamenti delle istruzioni CNR-DT- 200 dovrà tenere conto di tutti gli aspetti di dettaglio che necessariamente – in questa fase – non sono stati presi in considerazione.

Pertanto quanto segue è da interpretare come fase propedeutica indicativa per la progettazione esecutiva vera e propria. Di conseguenza il progettista esecutivo procederà adottando propri elementi di valutazione.

## 1 – RICOSTRUZIONE DEI TRAVETTI AMMALORATI

a – Rimozione accurata del calcestruzzo degradato e inconsistente mediante martellinatura fino a trovare un supporto compatto.

Le armature metalliche in vista dovranno essere liberate dal calcestruzzo a contatto con le stesse mediante l'utilizzo di pistola ad aghi.

Posizionamento di nuova armatura metallica collaborante nel caso di notevole ossidazione dei ferri esistenti con forte riduzione della sezione ed inghisaggio della stessa con apposite resine epossidiche.

Sabbatura o idrosabbatura del calcestruzzo e delle armature metalliche ( bagno a saturazione delle zone da trattare ed eliminazione di ristagni d'acqua).

Protezione dei ferri mediante l'applicazione a pennello – a doppia mano - di malta idraulica monocomponente rialcalinizzante anticorrosiva (la prima mano sarà stesa sull'armatura metallica da proteggere, la seconda mano sarà applicata – come ponte adesivo – anche sul calcestruzzo da ripristinare. (Il prodotto da impiegare dovrà recare il marchio CE sulla base della UNI EN 1504-7 previsto per i materiali da impiegare per la protezione contro la corrosione delle armature, il produttore dovrà essere in grado di fornire adeguato report delle prove iniziali più significative effettuate presso laboratori ufficiali: test della protezione dalla corrosione dopo cicli di invecchiamento termico; Resistenza allo sfilamento delle barre trattate; Determinazione delle temperature di transizione vetrosa).

b – Ricostituzione dei travetti mediante utilizzo di malta cementizia di tipo idraulica, pronta all'uso, antiritiro ad effetto tissotropico addizionata con fibre sintetiche ed inibitori di corrosione, da applicare a cazzuola o a spruzzo con idonee intonacatrice (consumo previsto 18kg/mq ogni cm. di spessore).

Il prodotto dovrà essere resistente alla carbonatazione accelerata (UNI EN 13295 : Carbonatazione < a quella di controllo) con impermeabilità all'acqua < 0,5 (coefficiente di assorbimento capillare UNI EN 13057, infine dovrà essere marcato CE secondo UNI EN 1504-3.

## 2 – ESECUZIONE RINFORZO SOLAIO

a – Applicazione di rasatura di pareggio mediante l'utilizzo di stucco epossidico in misura di 2-3 Kg/mq all'intradosso dei travetti.

La resina epossidica bicomponente tixotropica priva di solventi per incollaggi strutturali sarà preparata ed applicata seguendo scrupolosamente le indicazioni riportate sulle schede tecniche fornite dalla Casa Produttrice. Si sono ipotizzate le seguenti caratteristiche:

indurimento completo a 25°C: 7 giorni

residuo secco (UNI 8309) : > 98%

resistenza a compressione a 1 gg. ASTM D695-02a: > 50 MPa

resistenza a compressione a 7 gg. ASTM D695-02a: > 56 MP

resistenza a flessione a 1 gg. ASTM D790: > 16 MPa

Resistenza all'aderenza UNI EN 1542: > 18 MPa

Adesione al calcestruzzo: > 3 (rottura del supporto) MPa.

Le caratteristiche di adesione su CLS e su acciaio, la resistenza a compressione e flessione del prodotto dovranno essere testate presso laboratori ufficiali prove sui materiali.

Il prodotto, infine , dovrà essere marcato CE come incollaggio strutturale secondo la EN 1504-4

b – applicazione a fresco di lamina in carbonio (come da relazione ,tecnica di calcolo). La lamina pultrusa in fibra di carbonio per consolidamenti strutturali con sistemi compositi.

Caratteristiche:

densità: 1,6 g/cm<sup>3</sup>;

resistenza meccanica a rottura: 3000 MPa;

modulo elastico: 170 GPa;

allungamento rottura a trazione: 1,9%;

c – predisposizione di travetti di legno opportunamente puntellati per tenere fissa la lamina al travetto fino ad indurimento dello stucco epossidico sottostante.

d – applicazione di resina epossidica fluida a due componenti a bassa viscosità, elevata adesione, estremamente bagnante per consentire lo spargimento di inerti di natura quarzifera.

e – applicazione di doppia mano – su supporto umido a superficie asciutta - di malta rasante pronta all'uso, composta di leganti idraulici, inerti selezionati di granulometria massima di 0.5 mm ed additivi chimici, con ottime caratteristiche di impermeabilità all'acqua, resistenza ai cicli di gelo e disgelo – per uno spessore totale medio di 3 mm e un consumo di circa 4,5 kg/m<sup>2</sup>.

Il prodotto dovrà essere marcato CE secondo le UNI EN 1504-3 e corredato, per i dati più rilevanti (adesione, contenuto di cloruri), da specifici report relativi alle prove iniziali di tipo eseguite presso laboratori ufficiali.

f – protezione finale dei travetti mediante verniciatura protettiva (doppia mano a pennello, rullo o spruzzo) con resina acrilica monocomponente per rivestimenti protettivi elastici, con ottime caratteristiche di adesione, resistenza all'usura e agli agenti atmosferici, ai cicli di gelo e disgelo, ai sali disgelanti, impermeabile all'acqua e agli agenti aggressivi presenti nell'atmosfera dell'ambiente (solfati, anidride carbonica, ozono). Consumo totale non inferiore a 0,5 kg/m<sup>2</sup>.

### 3 – RINZAFFO GENERALE INTRADOSSO SOLAI

a – Esecuzione di intonacatura dell'intradosso del solaio mediante applicazione di malta idraulica antiritiro pronta all'uso tissotropica addizionata con fibre sintetiche ed inibitori di corrosione, marcata CE come malta strutturale R3 sulla base della UNI EN 1504-3 e conforme alla normativa UNI8147, con elevata resistenza meccanica sia alle brevi che alle lunghe stagionature, forte adesione al calcestruzzo, alta resistenza ai solfati ed ottima durabilità anche in condizioni fortemente aggressive (zone marine, sali disgelanti, piogge acide).

Applicata a cazzuola o a spruzzo su supporto perfettamente pulito e compatto con bagno a saturazione della zona da trattare e eliminazione dell'eventuale acqua di ristagno.

Resistenza a compressione a 28 gg UNI EN 12190 MPa >25

Modulo elastico secante a compressione EN 13412 GPa >15

Contenuti di cloruri EN 1015-17 % < 0,05

Adesione a cls (UNI EN 1542) MPa > 1,5

Adesione a cls (UNI EN 1542) dopo cicli a secco EN 13687-4 MPa > 1,5

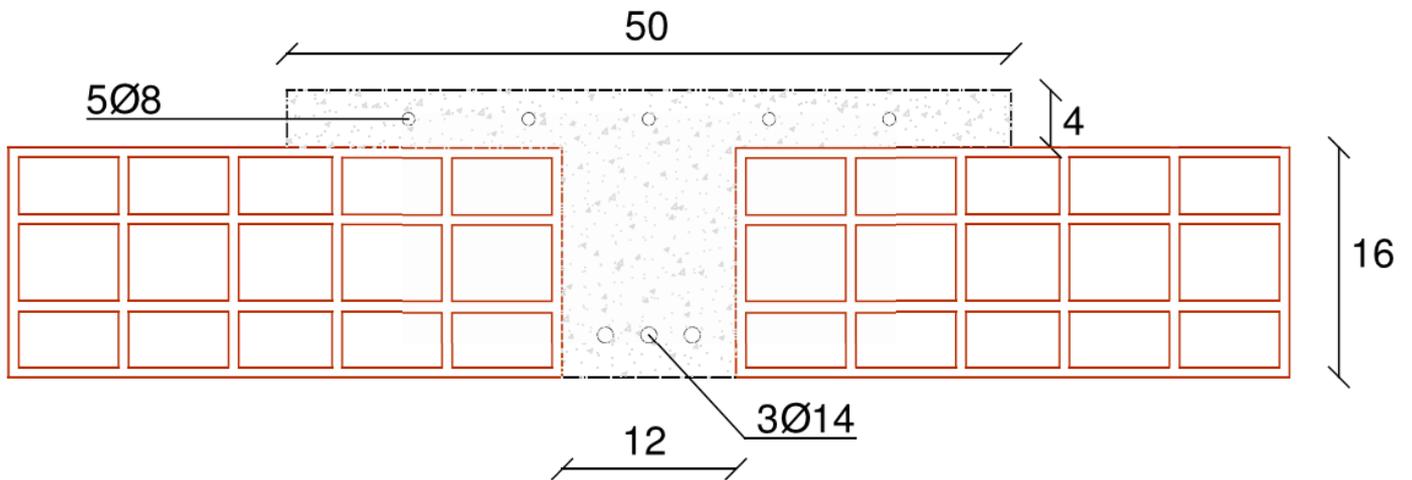
Adesione a cls (UNI EN 1542) dopo i cicli gelo disgelo EN 13687-1 MPa > 1,5

Resistenza alla carbonatazione accelerata, UNI EN 13295

Impermeabilità all'acqua (coefficiente di assorbimento capillare UNI EN 13057)



Per eccesso di cautela si è ipotizzata una sezione sottodimensionata rispetto a quella effettiva misurata in cm. 30.



Solaio in laterocemento con travetti con anima di larghezza 12 cm ed altezza 16 cm ed ipotizzati armati con 3Ø14 all'intradosso con copriferro 3 cm.

Soletta di spessore 4 cm rete  $\Phi 8$  passo 10 con copriferro di 2 cm; pignatte in laterizio di altezza 16

cm.

### Materiali

Si ipotizza che il pilastro dei seguenti materiali:

- C 20/25

$R_{ck} = 25 \text{ MPa}$

- B450C

$f_{yd} = 391,3 \text{ MPa}$

### Analisi dei carichi

Si vanno a rinforzare i travetti del solaio quindi per l'analisi di carichi si considererà come G<sub>1</sub> il solo peso proprio della sezione in calcestruzzo del anima travetto e soletta con:

$$\text{Area} = (0,16 \cdot 0,12) + (0,04 \cdot 0,5) = 0,0392 \text{ m}^2$$

$$G_1 = 2500 \text{ Kg/m}^3 \cdot 0,0392 \text{ m}^2 = 98 \text{ Kg/m}$$

Un solaio (16+4), da prontuario, ha un peso di 260 Kg/m<sup>2</sup> e quindi su un interasse di 5 m

$$S = 260 \text{ Kg/m}^2 \cdot 5 \text{ m} = 130 \text{ Kg/m}$$

Per determinare G<sub>2</sub> si prende il peso del solaio decurtato da G<sub>1</sub> già preso in considerazione. G<sub>2</sub> = S - G<sub>1</sub> = 130 Kg/m - 98 Kg/m = 32 Kg/m

Per il carico variabile si utilizza la Tab. 3.1.II della NTC08

**Tabella 3.1.II – Valori dei carichi d'esercizio per le diverse categorie di edifici**

Cat.	Ambienti	q <sub>k</sub> [kN/m <sup>2</sup> ]	Q <sub>k</sub> [kN]	H <sub>k</sub> [kN/m]
A	<b>Ambienti ad uso residenziale.</b> Sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree suscettibili di affollamento)	2,00	2,00	1,00
B	<b>Uffici.</b> Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	2,00 3,00	2,00 2,00	1,00 1,00
C	<b>Ambienti suscettibili di affollamento</b> Cat. C1 Ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole Cat. C2 Balconi, ballatoi e scale comuni, sale convegni, cinema, teatri, chiese, tribune con posti fissi Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, stazioni ferroviarie, sale da ballo, palestre, tribune libere, edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune	3,00 4,00 5,00	2,00 4,00 5,00	1,00 2,00 3,00
D	<b>Ambienti ad uso commerciale.</b> Cat. D1 Negozi Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini, librerie...	4,00 5,00	4,00 5,00	2,00 2,00
E	<b>Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale.</b> Cat. E1 Biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri Cat. E2 Ambienti ad uso industriale, da valutarsi caso per caso	≥ 6,00 —	6,00 —	1,00* —
F-G	<b>Rimesse e parcheggi.</b> Cat. F Rimesse e parcheggi per il transito di automezzi di peso a pieno carico fino a 30 kN Cat. G Rimesse e parcheggi per transito di automezzi di peso a pieno carico superiore a 30 kN: da valutarsi caso per caso	2,50 —	2 x 10,00 —	1,00** —
H	<b>Coperture e sottotetti</b> Cat. H1 Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione Cat. H2 Coperture praticabili Cat. H3 Coperture speciali (impianti, eliporti, altri) da valutarsi caso per caso	0,50 — —	1,20 — —	1,00 secondo categoria di appartenenza —
* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati				
** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso				

e si sceglie, a favore di sicurezza, un carico q<sub>sk</sub> = 6,00 KN/m<sup>2</sup> in quanto, come da informazioni da rilievo, l'edificio è adibito attualmente in parte come archivio e in parte come uffici pubblici.

$$Q = 6,00 \text{ KN/m}^2 \cdot 0,5 \text{ m} = 300 \text{ Kg/m}$$

## Combinazione delle azioni

Si usa la combinazione agli SLU:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$

**Tabella 2.6.I** – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup>Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Nella Tab. 2.6.I il significato dei simboli è il seguente:

- $\gamma_{G1}$  coefficiente parziale del peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno e dell'acqua, quando pertinenti;
- $\gamma_{G2}$  coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;
- $\gamma_{Qi}$  coefficiente parziale delle azioni variabili.

**Tabella 2.5.I** – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	$\psi_{0j}$	$\psi_{1j}$	$\psi_{2j}$
Categoria A Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Quindi si ha  $1,3 \cdot G_1 + 1,5 \cdot G_2 + 1,5 \cdot Q$

$$1,3 \cdot 98 \text{ Kg/m} + 1,5 \cdot 32 \text{ Kg/m} + 1,5 \cdot 300 \text{ Kg/m} = 625,4 \text{ Kg/m} = 6,254 \text{ KN/m}$$

Si considera uno schema statico di appoggio appoggio e si calcolano le sollecitazioni nel caso con luce maggiore, ossia  $l = 5,80$  m.

$$T = P \cdot l / 2 = 18,14 \text{ KN}$$

$$M = P \cdot l^2 / 8 = 26,30 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

### Sezione resistente

La sezione ipotizzata, avrebbe un momento resistente pari a  $M_{Rd} = 28,18 \text{ KN} \cdot \text{m}$

Strumenti Finestra ?

Verifica C.A. S.L.U. - File: Soletta stato iniziale

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

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

N\* figure elementari  Zoom N\* strati barre  Zoom

N*	b [cm]	h [cm]
1	50	4
2	12	16

N*	As [cm²]	d [cm]
1	2.51	2
2	4.62	17

Tipologia Sezione:  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.

Diagramma della sezione:

Sollecitazioni:  
 S.L.U.  Metodo n

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

Tipologia rottura:  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

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

Tipologia flessione:  
 Retta  Deviata

N\* rett.

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>  cm Col. modello

Precompresso

Materiali:

B450C		C20/25	
$\epsilon_{su}$	67.5 ‰	$\epsilon_{c2}$	2 ‰
$f_{yd}$	391.3 N/mm²	$\epsilon_{cu}$	3.5 ‰
$E_s$	200.000 N/mm²	$f_{cd}$	11.33
$E_s / E_c$	15	$f_{cc} / f_{cd}$	0.8
$\epsilon_{syd}$	1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$	8.5
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	$\tau_{co}$	0.5333
		$\tau_{c1}$	1.686

$M_{xRd}$   kN m

$\sigma_c$   N/mm²

$\sigma_s$   N/mm²

$\epsilon_c$   ‰

$\epsilon_s$   ‰

d  cm

x  w/d

$\delta$

## Intervento di rinforzo

Con i vari problemi di degrado dell'impalcato, è stata ipotizzata una sezione avente un'armatura a flessione di  $3\Phi 12$  e quindi un abbassamento del momento resistente.

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. The main window displays various input and output parameters for a structural analysis. The title bar indicates the file is 'Soletta stato iniziale'. The menu bar includes 'File', 'Materiali', 'Opzioni', 'Visualizza', 'Progetto Sez. Rett.', 'Sismica', and 'Normativa: NTC 2008 ?'. The interface is divided into several panels:

- Titolo:** A text input field.
- N° figure elementari:** Set to 2, with a 'Zoom' button.
- N° strati barre:** Set to 2, with a 'Zoom' button.
- Table 1:**

N°	b [cm]	h [cm]
1	50	4
2	12	16
- Table 2:**

N°	As [cm²]	d [cm]
1	2.51	2
2	3.39	17
- Sollecitazioni:** Includes 'S.L.U.' and 'Metodo n' tabs, and input fields for  $N_{Ed}$ ,  $M_{xEd}$ , and  $M_{yEd}$  in kN and kNm.
- P.to applicazione N:** Radio buttons for 'Centro', 'Baricentro cls', and 'Coord.[cm]'. Includes input fields for  $x_N$  and  $y_N$ .
- Tipo rottura:** 'Lato calcestruzzo - Acciaio snervato'.
- Materiali:** A table for material properties for B450C and C20/25, including  $\epsilon_{su}$ ,  $f_{yd}$ ,  $E_s$ ,  $E_s/E_c$ ,  $\epsilon_{syd}$ ,  $\sigma_{s,adm}$ ,  $\epsilon_{c2}$ ,  $\epsilon_{cu}$ ,  $f_{cd}$ ,  $f_{cc}/f_{cd}$ ,  $\sigma_{c,adm}$ ,  $\tau_{co}$ , and  $\tau_{cl}$ .
- M<sub>xRd</sub>:** Input field set to 21 kNm.
- Stress and Strain:**  $\sigma_c$  (-11.33 N/mm²),  $\sigma_s$  (391.3 N/mm²),  $\epsilon_c$  (3.5 ‰),  $\epsilon_s$  (21.96 ‰).
- Geometry:**  $d$  (17 cm),  $x$  (2.337),  $x/d$  (0.1375),  $\delta$  (0.7).
- Metodo di calcolo:** Radio buttons for 'S.L.U.+', 'S.L.U.-', and 'Metodo n'.
- Tipo flessione:** Radio buttons for 'Retta' and 'Devata'.
- Buttons:** 'Calcola MRd', 'Dominio M-N', 'L<sub>0</sub> 0 cm', 'Col. modello', and 'Precompresso'.

In questo caso  $M_{Rd} = 21.00 \text{ KN}\cdot\text{m}$  e quindi un abbassamento del momento resistente di circa 25%.  
Su questa sezione si va a dimostrare il bisogno di rinforzo.

## Verifiche

Inserire i dati richiesti nelle celle verdi  
Output nelle celle rosse

### DEFORMAZIONI INIZIALI

Epsilon 0 [-]	Deformazione iniziale	0
---------------	-----------------------	---

### MATERIALI ORIGINARI – GEOMETRIA

B [mm]	Larghezza ala T	500
hs [mm]	Spessore soletta	40
b [mm]	Interasse strisce o larghezza faccia	120
h [mm]	Altezza sezione	200
d1 [mm]	Copriferro inferiore	30
d2 [mm]	Copriferro superiore	20
A s1 [mmq]	Area inferiore	339
A s2 [mmq]	Area superiore	251
A sw [mmq]	Area staffe	
s [mm]	Passo staffe	
rc [mm]	Raggio curvatura spigolo	30
hw [mm]	altezza anima – per le verifiche a taglio	

### MATERIALI ORIGINARI – PROPRIETA'

Rck [Mpa]	Dato di progetto	25
fcd [Mpa]	Dato di progetto	17
f cm [Mpa]	Dato di progetto	28.75
f ctm [Mpa]	Dato di progetto	2.27
fyd [Mpa]	Dato di progetto	391
FC	Fattore di Confidenza	1.00

### COMPOSITO – GEOMETRIA

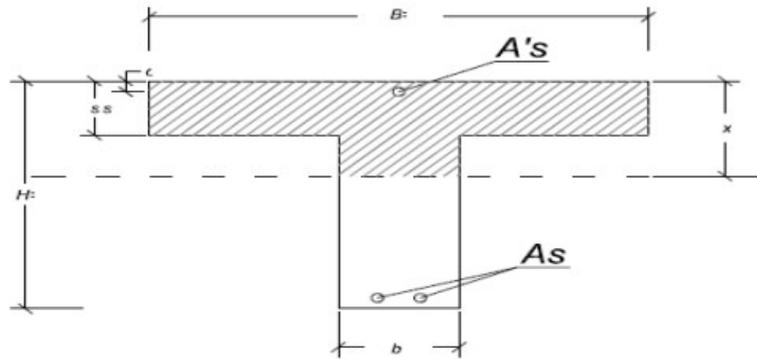
Barbano

#### Rinforzi lungo l'asse dell'elemento (Flessione)

	Selezione il tessuto	Kimatech PLATE	Fibra: Carbonio; Tessitura: Monoassiale
bf [mm]	Larghezza fascia	50	Larghezze standard: 50, 90, 120 mm
tf [mm]	Spessore fascia	1,4	
n [-]	Numero di strati	1	
Presidi antidelaminazione	Forza ultima garantita da ciascun presidio FRP-LOCK [N]	40000	
	Numero di presidi posizionati in ciascuna estremità della fascia	0	

### COMPOSITO – PROPRIETA'

	Tipo esposizione	Interna
--	------------------	---------



## RISULTATI VERIFICHE

E' possibile verificare i calcoli per le singole verifiche nei rispettivi fogli in basso

### Verifica a flessione

**Verifica soddisfatta**

Msd [KN*m]	Momento sollecitante	26,3
x [mm]	Posizione asse neutro Form 4.15	40,203311
	Equilibrio alla traslazione (cambiare il valore di x fino ad ottenere zero in questa casella)	19904
Mrd [KN*m]	MOMENTO RESISTENTE Form 4.16	29

**DEFORMAZIONI INIZIALI**

Epsilon 0 [-]	Deformazione iniziale	0
---------------	-----------------------	---

**MATERIALI ORIGINARI – GEOMETRIA**

B [mm]	Larghezza ala T	500
ss [mm]	Spessore soletta	40
b [mm]	Interasse tra due larghezze	120
h [mm]	facchia	200
d1 [mm]	Altezza sezione	30
d2 [mm]	Copriferro inferiore	20
d [mm]	Copriferro superiore	170
A s1 [mmq]	Altezza utile	339
A s2 [mmq]	Area inferiore	251
	Area superiore	

**MATERIALI ORIGINARI – PROPRIETA'**

Rck [Mpa]	Dato di progetto	25
fcd [Mpa]	Dato di progetto	17
f cm [Mpa]	Dato di progetto	29
f ctm [Mpa]	Dato di progetto	2
epsilon c0 [-]	Dato di progetto	0,00175
epsilon cu [-]	Dato di progetto	0,00350
Ec [Mpa]	Dato di progetto	30200
fyd [Mpa]	Dato di progetto	391
epsilon yd [-]	Dato di progetto	0,0019
Ey [Mpa]	Dato di progetto	206000

**COMPOSITO – GEOMETRIA**

	Selezione il tessuto	Kimitech PLATE
bf [mm]	Larghezza fascia	50
tf [mm]	Spessore fascia	1,4
n [-]	Numero di strati	1
Presidi antidelaminazione	Forza ultima garantita da ciascun preside FRP [kN]	40000
	Numero FRP [kN] condizionati in tensione sul composito, garantita da ciascuna estremità della fascia	0
	Forza ultima garantita dalla presenza dell'ancoraggio di presidi	0
	Deformazione a rottura garantita	0,0000

**COMPOSITO – PROPRIETA'**

E fk [Mpa]	Dato sperimentale	170000
epsilon fd [-]	Formula 4.14	0,0028
	Tipo esposizione	Interna
	etaa Tabella 3.2	0,95
	epsilon fk Dato sperimentale	0,018
	gamma f Tabella 3.1	1,1
	epsilon fdd Form 4.7	0,0028
	k q, par 4.1.4	1,25
	gamma f,d par 3.4.1	1,2
	b/fb (Valore effettivo)	0,42
	b/fb (Valore di calcolo)	0,42
	k b, Form 4.3 Valore effettivo	1,06
	k b Valore di calcolo	1,06
	k G,2 Par 4.1.4	0,1
	FC	1,00

**VERIFICA**

Tipo di rottura	Par 4.2.2.3	1
	mu f1-2 Form 13.9	0,51
	mu f Form 13.8	0,10
	mu s Form 13.10	0,39
x [mm]	Posizione asse neutro Form 4.15	40,203311
		19904
	epsilon CLS	0,00070
	epsilon s1	0,00227
	epsilon s2	0,00035
	epsilon f	0,00279
	sigma CLS	16,66667
	sigma s1	391,30435
	sigma s2	72,64341
	sigma f	474,15810
	Risultante sforzi di compressione	40203
	Distanza risultante Fc	13
	psi	0,500
	lambda	0,333
Mrd [KN*m]	Form 4.16	29



Con l'applicazione della lamina in carbonio ( $l = 50 \text{ mm}$ ) all'intradosso del travetto si ha un momento resistente della sezione pari a  $M_{rd} = 29 \text{ KN}\cdot\text{m}$  maggiore del momento sollecitate precedentemente calcolato  $M_d = 26,30 \text{ KN}\cdot\text{m}$ .

Si riporta il dettaglio della sezione rinforzata

