POLITECNICO DI TORINO
Repository ISTITUZIONALE

RINFORZI STRUTTURALI IN FRP: Nuove piste curling al Palazzetto del ghiaccio di Torino

Original
RINFORZI STRUTTURALI IN FRP: Nuove piste curling al Palazzetto del ghiaccio di Torino / Manzone, F.. - In: INGENIO. - ISSN 2307-8928. - settembre:(2018).

Availability:
This version is available at: 11583/2787608 since: 2020-01-31T09:10:58Z

Publisher:
ingenio

Published
DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

12 October 2024

RINFORZI STRUTTURALI IN FRP
Nuove piste curling al Palazzetto del ghiaccio di Torino

di **Fabio Manzone**
Ingegnere, libero professionista, Docente esterno Politecnico di Torino

in collaborazione con **Chiara Falcini**
Architetto, Ufficio Stampa Fibre Net S.p.A.

Il palazzetto del ghiaccio "PalaTazzoli" di Torino, con una capienza fino a 3000 posti a sedere, ha ospitato gli allenamenti di short-track e pattinaggio di figura durante le Olimpiadi del 2005 e, dopo la chiusura dei Giochi, è diventato il palaghiaccio della città conservando la propria funzione.
Alcuni interventi recenti hanno riguardato l'installazione di nuovi impianti tecnologici sulla copertura delle due piste ghiaccio, denominate pista 1 e pista 2, e la realizzazione di due nuove piste per la pratica del gioco del curling.
Il presente articolo tratta del rinforzo strutturale con FRP, oggi coperto da CVT, per la realizzazione delle piste curling, dalle analisi strutturali alle verifiche di sicurezza eseguite in fase di progettazione fino alla realizzazione in cantiere delle opere di rinforzo.

Cos'è il CVT?
Il CVT – Certificato di Valutazione Tecnica, previsto dalle NTC 2018 come documento di valutazione e accettazione dei materiali innovativi ad uso strutturale, rappresenta per la DDLL il primo strumento di accettazione dei materiali in cantiere. Tale certificazione contiene al suo interno le informazioni essenziali riguardanti il materiale, dalle caratteristiche fisico-meccaniche, alla configurazione del rinforzo, alle temperature di esercizio, alle modalità di controllo di accettazione in cantiere.

L'EDIFICIO

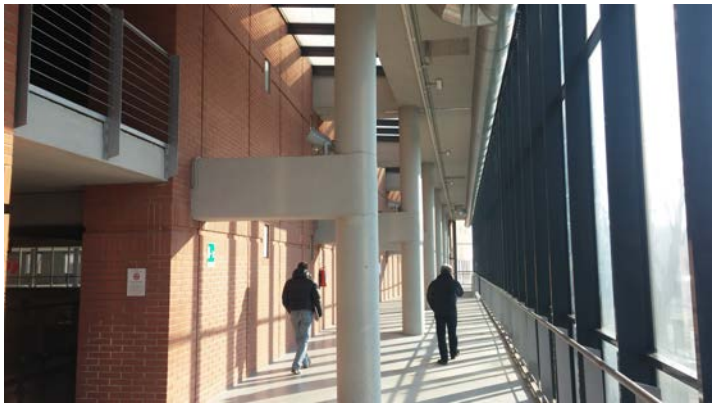
In antitesi con le architetture industriali circostanti, l'edificio si presenta come un grosso volume che si affaccia su corso Tozzoli con un profilo curvilineo marcato da un muro in mattoni a facciavista, parallelo al corso cittadino, oltre il quale si snoda un grande foyer vetrato. Gli accessi avvengono dalle due piazze poste ai due estremi dell'edificio sui lati corti e la pista del ghiaccio si pone ad una quota di -4,5 metri con un'altezza complessiva di circa 14 metri sotto trave.

Le gradinate delle tribune si distribuiscono in maniera rettilinea lungo i lati della pista e sono sormontate da due ordini di palchi con accesso direttamente dal foyer.

La copertura è realizzata con una struttura in legno lamellare in forma di cassettonato regolare con tamponamenti in grigliato metallico.

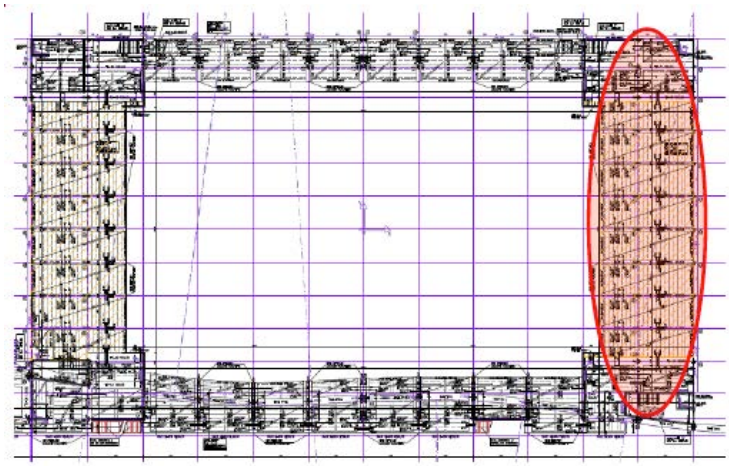
1a. Vista delle tribune di pista 1 lato Via Arborea in corrispondenza di uno dei due ingressi al palaghiaccio.

1b. La copertura in legno lamellare.



1c. Il foyer esterno.

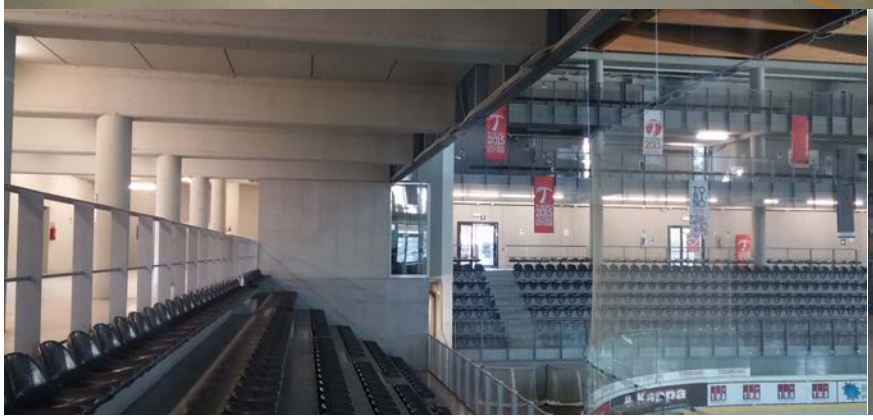
Le piste per il curling previste al piano primo dell'edificio, sul lato corto del palazzetto verso via Arborea, sostituiscono i locali adibiti a sala stampa per una superficie complessiva di circa 500mq. La realizzazione delle nuove piste ha comportato il rinforzo delle strutture esistenti (solai, travi e pilastri in calcestruzzo) con materiali compositi FRP (Fiber Reinforced Polymers) a causa dell'incremento dei carichi permanenti agenti su di esse.



2. Pianta secondo solaio, strutture oggetto di intervento.

3a. Gli ambienti a piano primo che saranno adibiti a piste curling.

3b,c. Gli ambienti a piano primo che saranno adibiti a piste curling.



4a,b,c. Vista degli spazi a piano terreno.

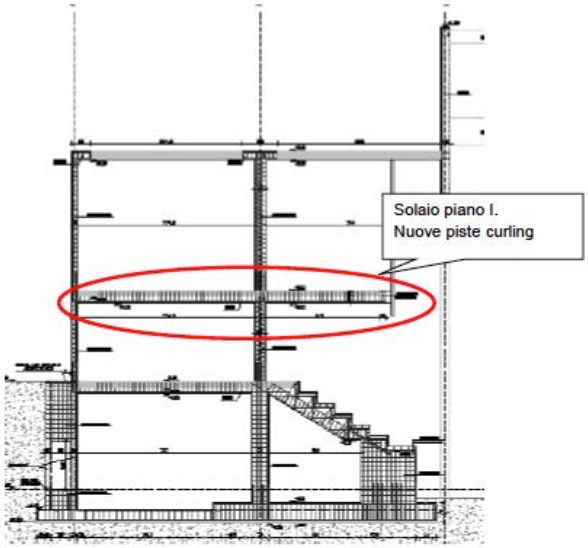
Fibre Net SpA
Via Jacopo Stellini, 3 - 33050 Z.I.U. Pavia di Udine (Ud) - Italy
C.F. e P.IVA 02212620302 - Capitale Sociale € 1.000.000,00 i.v. - N. REA UD – 243635
T. +39.0432.600918 - F. +39.0432.526199 - info@fibrenet.info - www.fibrenet.it

LE STRUTTURE ESISTENTI

Nella porzione centrale del fronte, la struttura è costituita da telai in c.a. gettato in opera (pilastri e travi) posti ad interasse 470cm. Tra i telai è presente un solaio in lastre predalles (h=23cm piano primo, h=32cm piano di copertura) con cappa collaborante ad estradosso.

Nella sezione del telaio tipo, lato est (figura 5) sono leggibili gli elementi strutturali interessati dai nuovi interventi, ossia:

- solaio a lastra, secondo solaio – spessori 23 cm per i telai centrali e 32cm per le porzioni di estremità;
- travi secondo solaio – ribassate dim. 50x100 cm per i telai centrali, in spessore 120x32cm-80x32 per le porzioni di estremità;
- pilastri interni piano interrato – rettangolari dim. 50x75 cm;
- pilastri interni piano terra e piano primo – circolari dim. ø50 cm;
- pilastri di bordo piano terra e piano primo– rettangolari dim. 25x50 cm;



5. Sezione telaio tipo – LATO EST

Per quanto attiene le caratteristiche geometriche degli elementi strutturali, la porzione di edificio interessata dai rinforzi presenta:

FONDAZIONI

Le fondazioni dei telai del lato corto EST del palazzetto sono composte da travi a T rovescia, denominate "TR1", di larghezza pari a 200 cm e altezza pari a 75 cm nella parte centrale e a 50 cm nelle zone laterali. E' presente inoltre un cordolo di collegamento 50x50cm tra le travi TR1 e il muro controterra verso il lato esterno (via Arborea).

PILASTRI

I pilastri soggetti all'incremento dei carichi derivante dall'installazione delle nuove piste curling sono identificabili in due gruppi: pilastri interni e pilastri di bordo differenziano per carico e sezione trasversale.

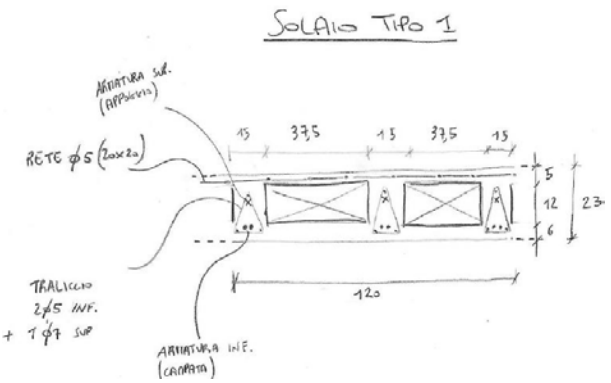
TRAVI

Le travi di interesse per l'intervento sono situate su secondo solaio (piano primo). Sono travi ribassate aventi sezione rettangolare pari a 50x100 cm, e sezioni in spessore rettangolari pari a 120x32cm.

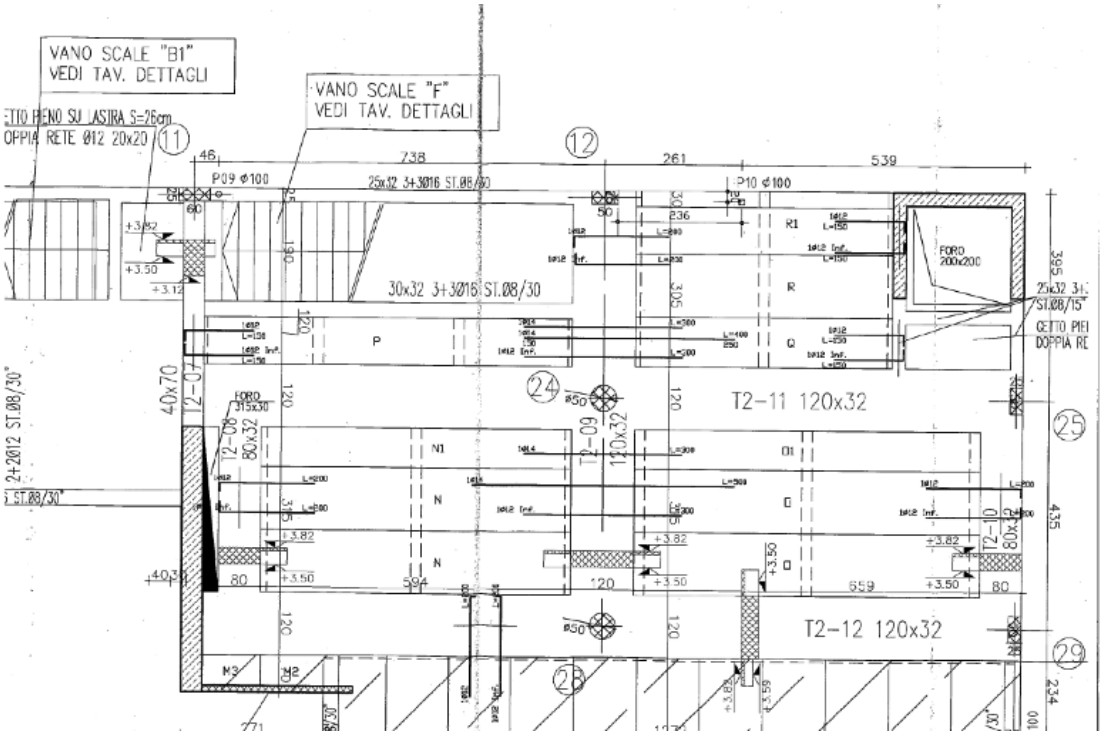
SOLAI

I solai in oggetto, nella parte centrale-solaio tipo 1, sono costituiti da lastra prefabbricate C.A.N. con cappa collaborante superiore aventi larghezza 120cm (n. 3 tralicci da 15 cm e n. 2 blocchi di alleggerimento interposti di larghezza pari a 37.5 cm) e spessore totale 23 cm (6+12+5).

Nelle porzioni esterne, solaio di tipo 2, lo spessore è pari a 32 cm (6+20+6).



6a. Schema solaio tipo 1, spessore 23 cm.



6b. Estratto dalla pianta del progetto costruttivo, lastre solaio tipo 2.

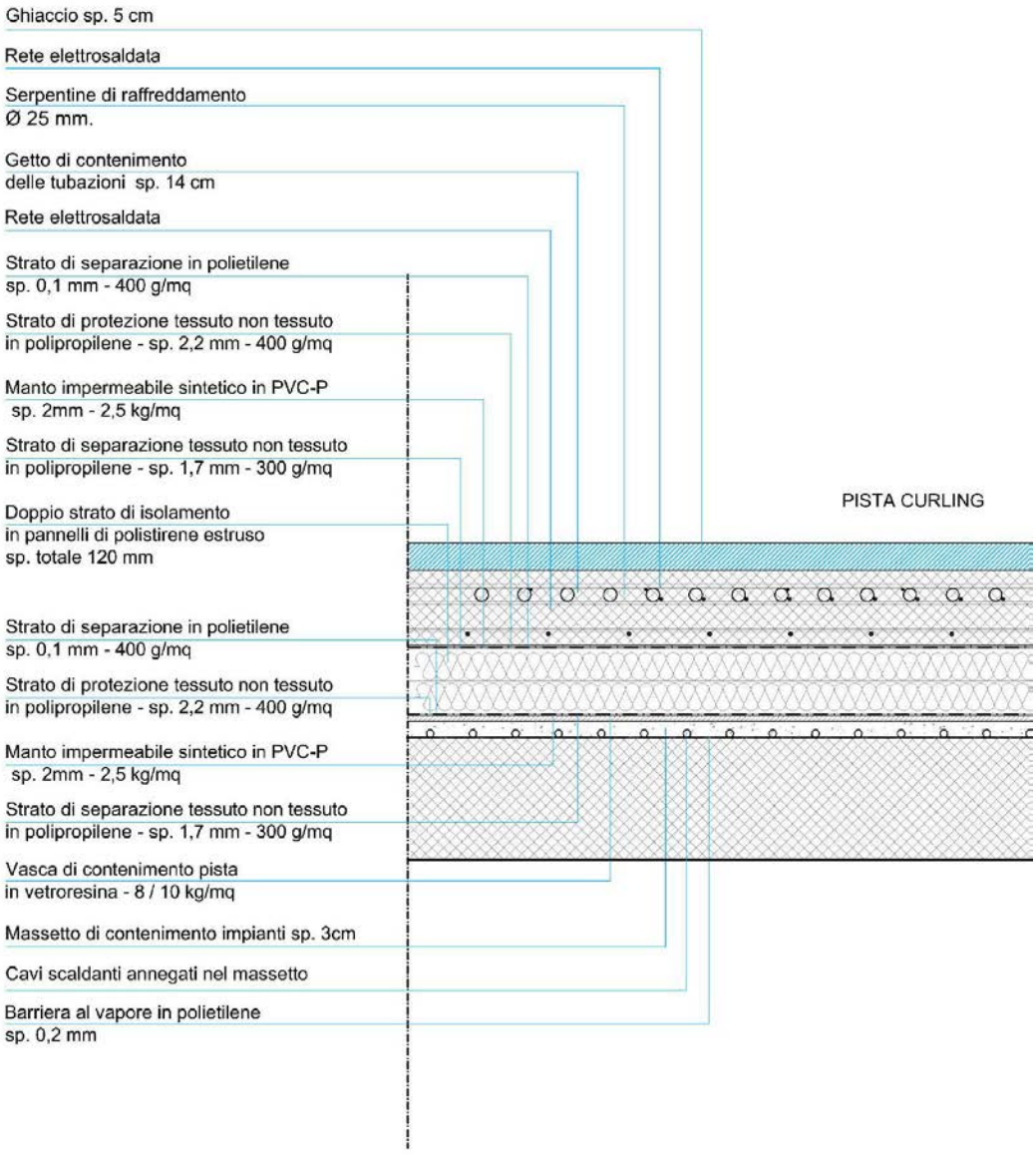
IL PROGETTO DI RINFORZO

L'intervento di rinforzo è stato progettato in ottemperanza alle Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14.01.2008 e s.m.i. ed in particolare del capitolo 4, 7 ed 8 per quanto concerne le opere di rinforzo strutturale.

Il Comune di Torino è classificato in zona sismica 4 ai sensi della classificazione emanata dalla Giunta Regionale (Deliberazione della G.Regionale 12 dicembre 2011, n. 4-3084).

L'intervento in oggetto si configura, secondo le definizioni del D.M. 14 gennaio 2008 e della Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009, come intervento di miglioramento di costruzione esistente.

Le 2 nuove piste curling previste in progetto insistono su circa l'80% della superficie del solaio del I piano e la nuova stratigrafia (figura 7), in aggiunta a quanto attualmente esistente, ha comportato un incremento dei carichi permanenti sugli elementi strutturali.



7. La nuova stratigrafia del solaio per accogliere le piste curling.

Per quanto attiene la variazione di destinazione d'uso, dunque, ossia la conversione della sala stampa in pista di allenamento per lo sport del curling, essa ha comportato la modifica dei carichi globali e conseguentemente la verifica dello stato esistente e dell'incremento previsto in progetto per definire i rinforzi necessari.
A tale scopo sono state condotte analisi per la caratterizzazione meccanica dei materiali esistenti mediante indagini in situ (ai sensi del par. C.8.5.3 della Circ. 617) che hanno previsto il prelievo di carote di cls e spezzoni di barre d'armatura per poter desumere i valori delle resistenze meccaniche del calcestruzzo in opera e delle barre d'armatura. In particolare:

CALCESTRUZZO (dati estratti da Relazione di calcolo del progetto esecutivo)
- **Rck 25 N/mm2** Fondazioni e muri controterra
- **Rck 30 N/mm2** Travi, pilastri e solai

Per la determinazione dei valori sono state eseguite indagini in situ, prove distruttive ed estrazione di carota di cls e prova di compressione.

ACCIAIO PER ARMATURE (dati estratti da Relazione di calcolo del progetto esecutivo)
- FeB44K **fyk = 430 MPa**

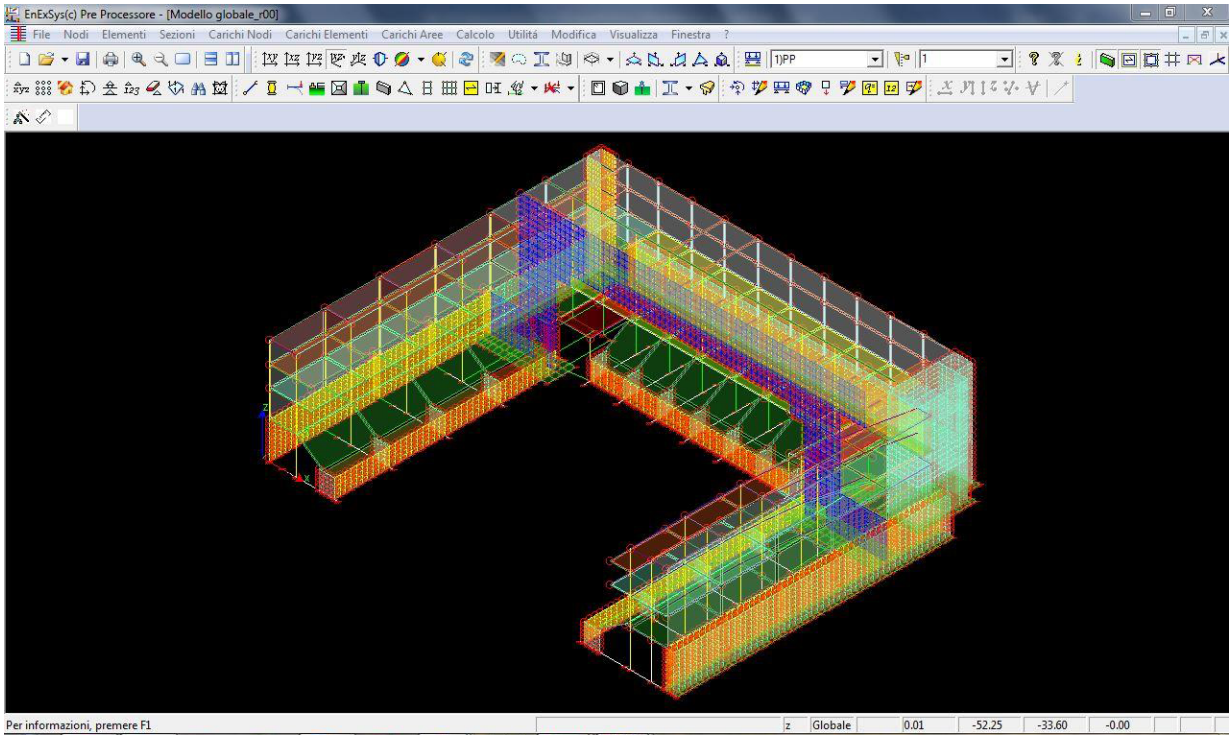
Per la determinazione dei valori sono state eseguite indagini in situ, prove distruttive e prove di trazione delle barre d'acciaio.

Inoltre, in considerazione di un rinforzo eseguito con materiali compositi (nastri e lamine pultruse), sono state prese in considerazione le caratteristiche di tali materiali e, in particolare:
> **Nastri in materiale composito** a matrice polimerica e fibra di carbonio (CFRP) ad alta resistenza e tenacità:
- Grammatura 300-320 g/mq
- tensione di rottura del nastro ≥ 3500 Mpa
- tensione di rottura fibre di carbonio pari a 4700-4900 MPa,
- Densità della fibra ≈ 1.8 g/cm3
- modulo elastico fibre di carbonio e nastro pari a 240-250 GPa,
- allungamento a rottura fibre di carbonio ≥ 1,5%

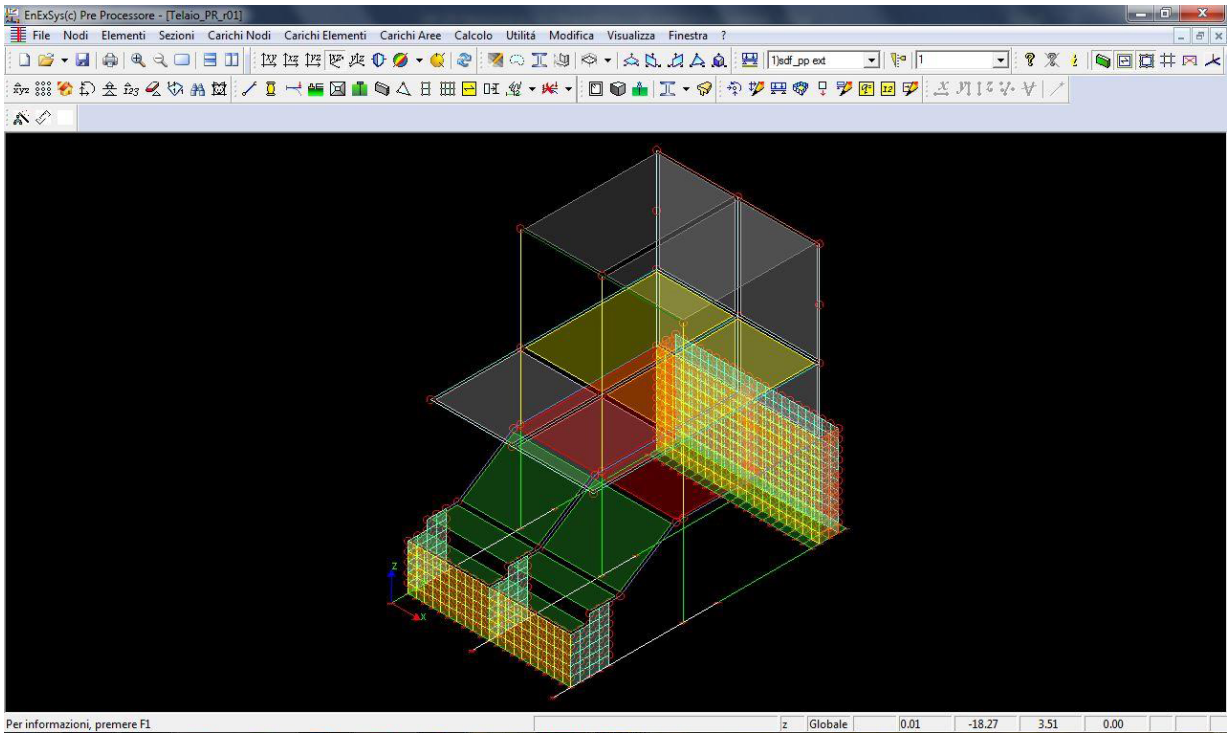
> **Lamina pultrusa in fibra di carbonio** (CFRP) ad alta resistenza e tenacità:
- tensione di rottura a trazione della lamina ≈ 2000 MPa
- modulo elastico a trazione della lamina ≥130 GPa
- allungamento a rottura della lamina ≥ 1,3%
- Densità della fibra 1,6 - 1.8 g/cm3
- Tensione di rottura a trazione area di fibre 3100-3500 MPa
- Modulo elastico a trazione area di fibre 230-250 GPa
- Allungamento a rottura fibra ≥ 0.9 %
- Malta per preparazione supporto per successivo incollaggio FRP
- Resistenza a trazione ≥ 2 Mpa

Per l'analisi del comportamento degli elementi strutturali interessati dall'incremento di carico conseguente alla nuova stratigrafia sono state condotte analisi globali e locali tramite 4 modelli di calcolo distinti attraverso l'utilizzo di software di calcolo agli elementi finiti.

È stato inoltre valutato il comportamento globale della struttura soggetta ai nuovi carichi tramite un modello della porzione EST del palazzetto, fino al primo giunto strutturale, posto sulla mezzeria dei lati lunghi delle tribune. In questa modellazione è stata considerata anche l'azione sismica.



8a. Modello globale della porzione EST del palazzetto.



8b. Modello del telaio tipo interessato dall'incremento di carichi.

VERIFICHE STRUTTURALI SLU e RINFORZI

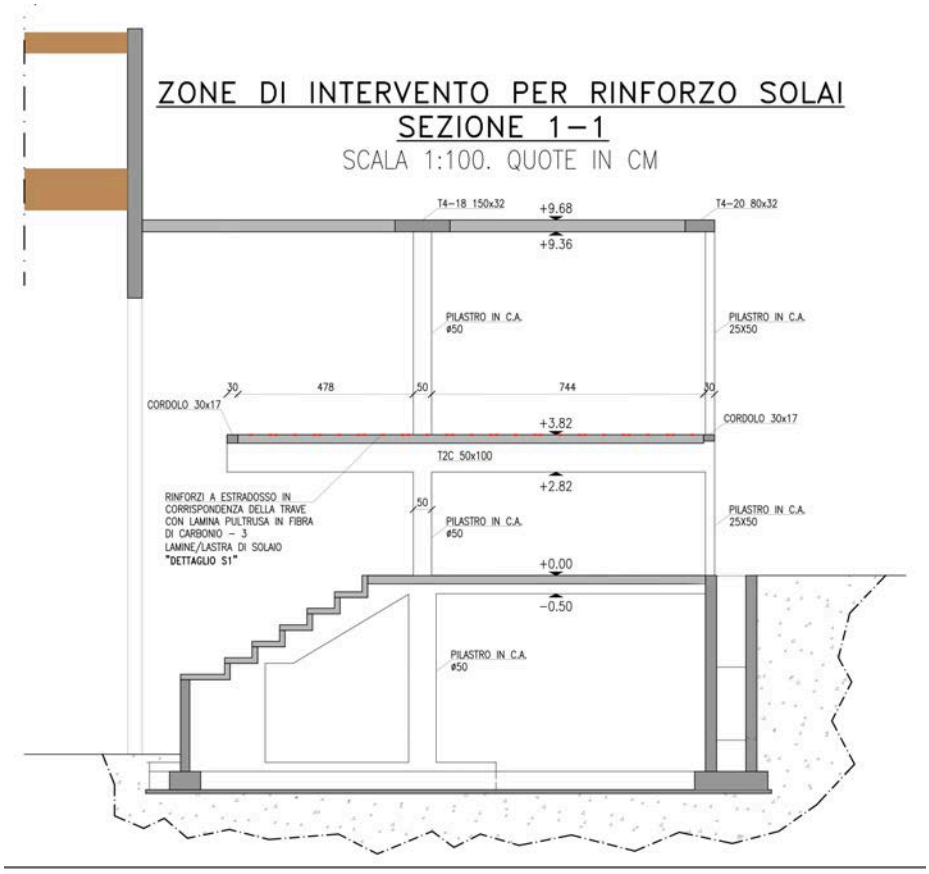
Sugli elementi interessati dall'aumento dei carichi derivante dall'installazione delle nuove piste ghiaccio sono state condotte verifiche strutturali SLU per definire i rinforzi necessari. Per ogni tipologia di elemento (solaio, travi e pilastri) sono state identificate le sezioni critiche, ossia quelle in cui si evidenziano le maggiori sollecitazioni, e in ognuna di esse è stata condotta la verifica a resistenza agli Stati Limite Ultimi statici nelle condizioni di carico relative allo stato di fatto e al progetto.

In tutti i casi in cui la verifica con i carichi di progetto non ha dato risposta soddisfacente, la sezione è stata ritenuta inadeguata e da rinforzare con FRP (Fiber Reinforced Polymers). In particolare:

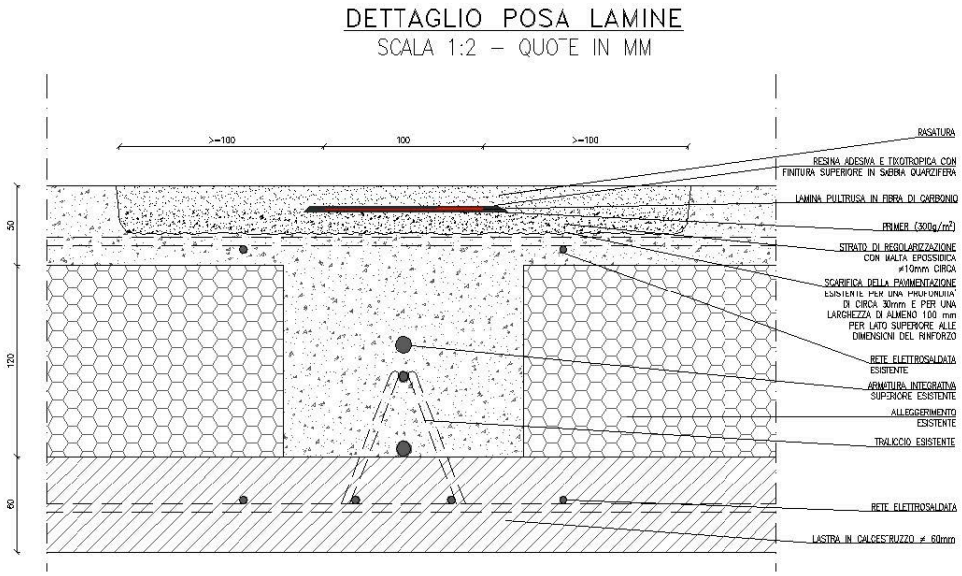
> Solaio tipo 1, h=23 cm (8 campate)

verifiche per singola lastra di solaio avente larghezza 120 cm e n. 3 tralicci resistenti di dimensioni 15x23 cm ciascuno.

INTERVENTO DI RINFORZO > la sezione resistente è rinforzata attraverso lamine pultruse in fibre di carbonio.



9. Intervento di progetto, sezione per solaio tipo 1

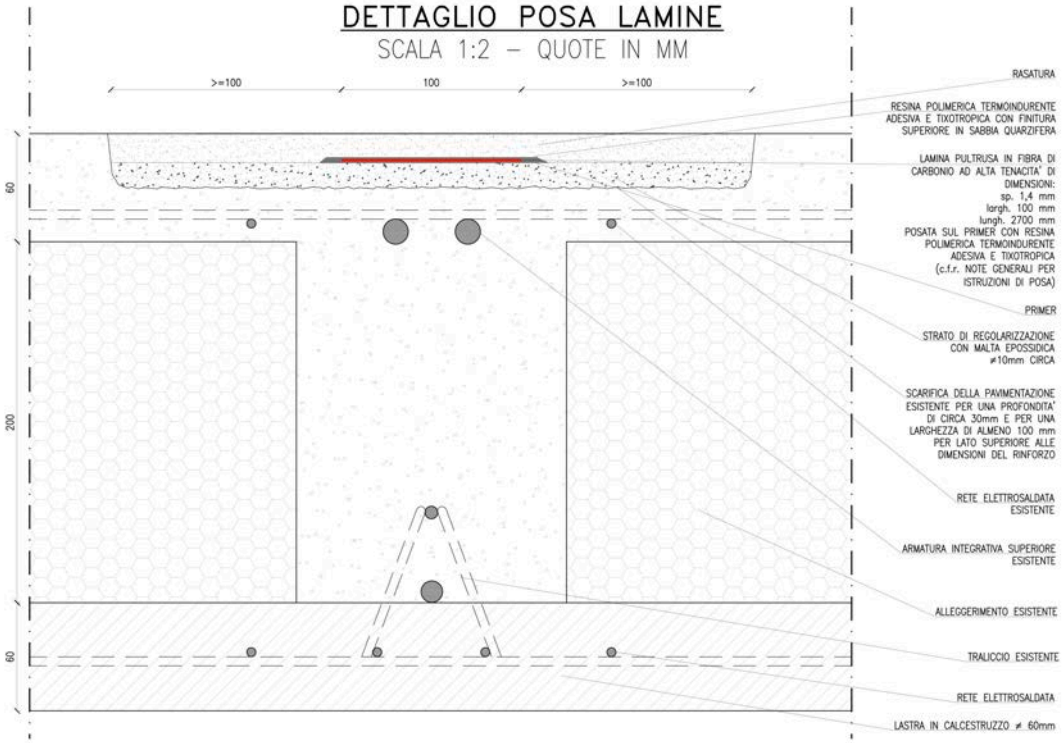


10. Rinforzo tipico solaio h=23 cm

> Solaio tipo 2, h=32 cm (2 campate)

verifiche per singola lastra di solaio avente larghezza 120 cm e n. 3 tralicci resistenti di larghezza 15 cm ciascuno.

INTERVENTO DI RINFORZO > la sezione resistente è rinforzata attraverso lamine pultruse in fibre di carbonio.

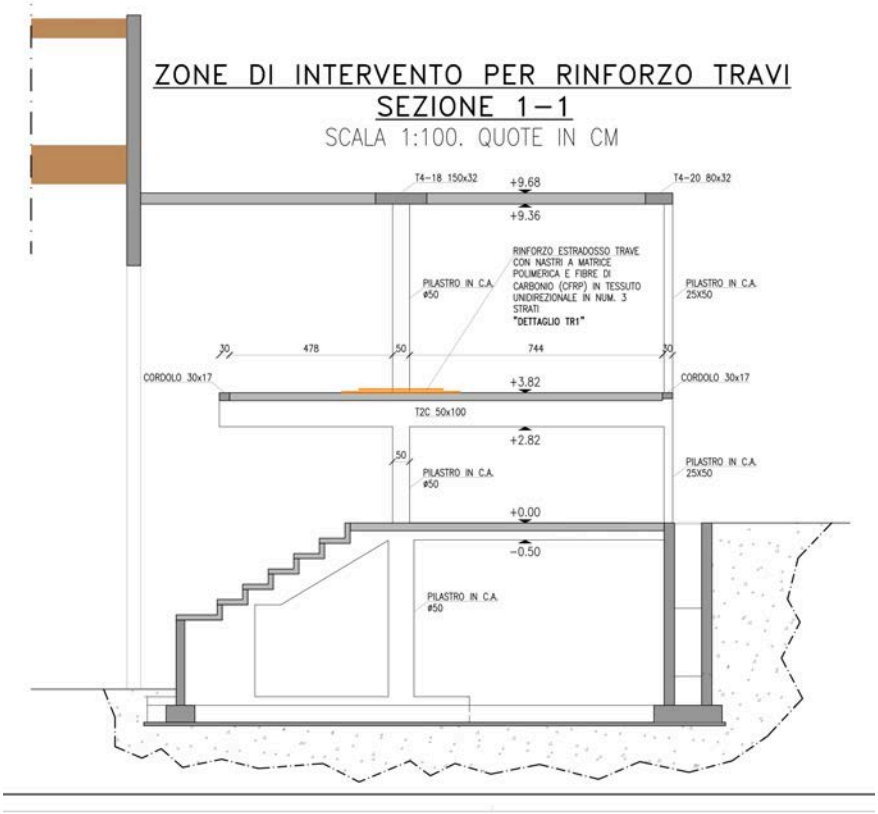


11. Dettaglio di posa delle lamine in pultruso in corrispondenza di solaio tipo 2.

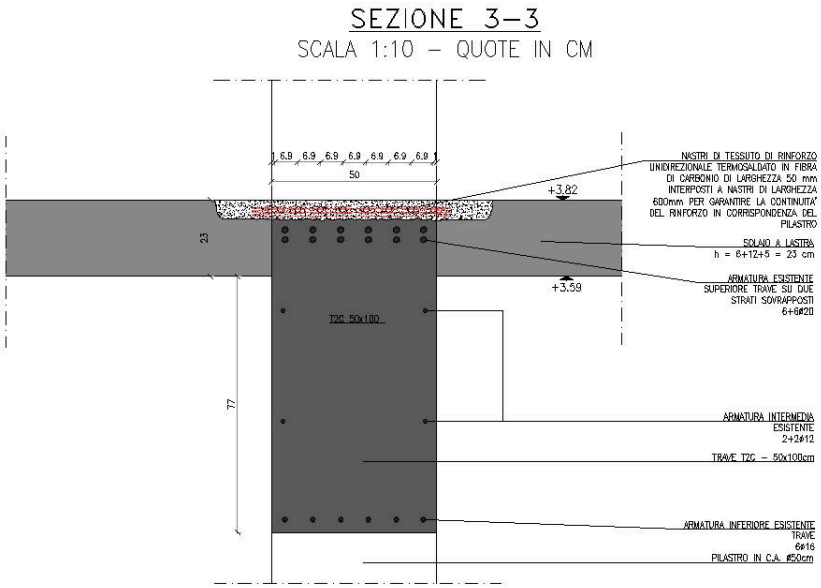
> Travi di telaio ribassate 50x100 cm

verifica condotta nella sezione con il massimo momento positivo agente (momento in campata).

INTERVENTO DI RINFORZO > la sezione resistente è rinforzata attraverso nastri in materiale composito a matrice polimerica e fibra di carbonio;



12. Intervento di progetto, sezione rinforzo travi.

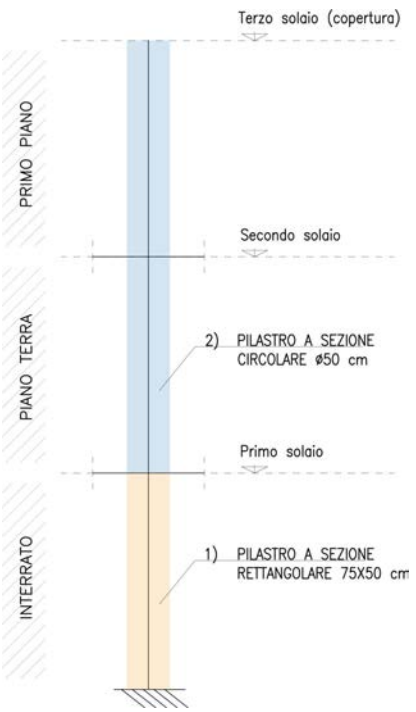


13. Dettaglio di posa del rinforzo sulle travi telaio ribassate.

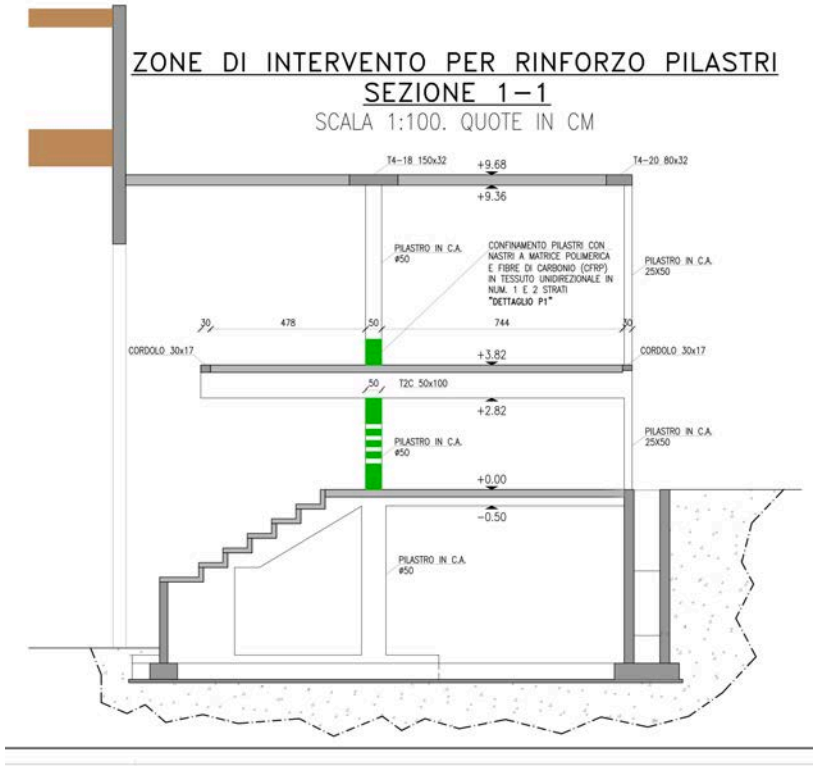
> Travi in spessore 120x32 cm su 1 campata (lato sud)
INTERVENTO DI RINFORZO > la sezione resistente è rinforzata attraverso nastri in materiale composito a matrice polimerica e fibra di carbonio;

> Travi in spessore 120x32 cm su 2 campate (lato nord)
INTERVENTO DI RINFORZO > la sezione resistente è rinforzata attraverso nastri in materiale composito a matrice polimerica e fibra di carbonio;

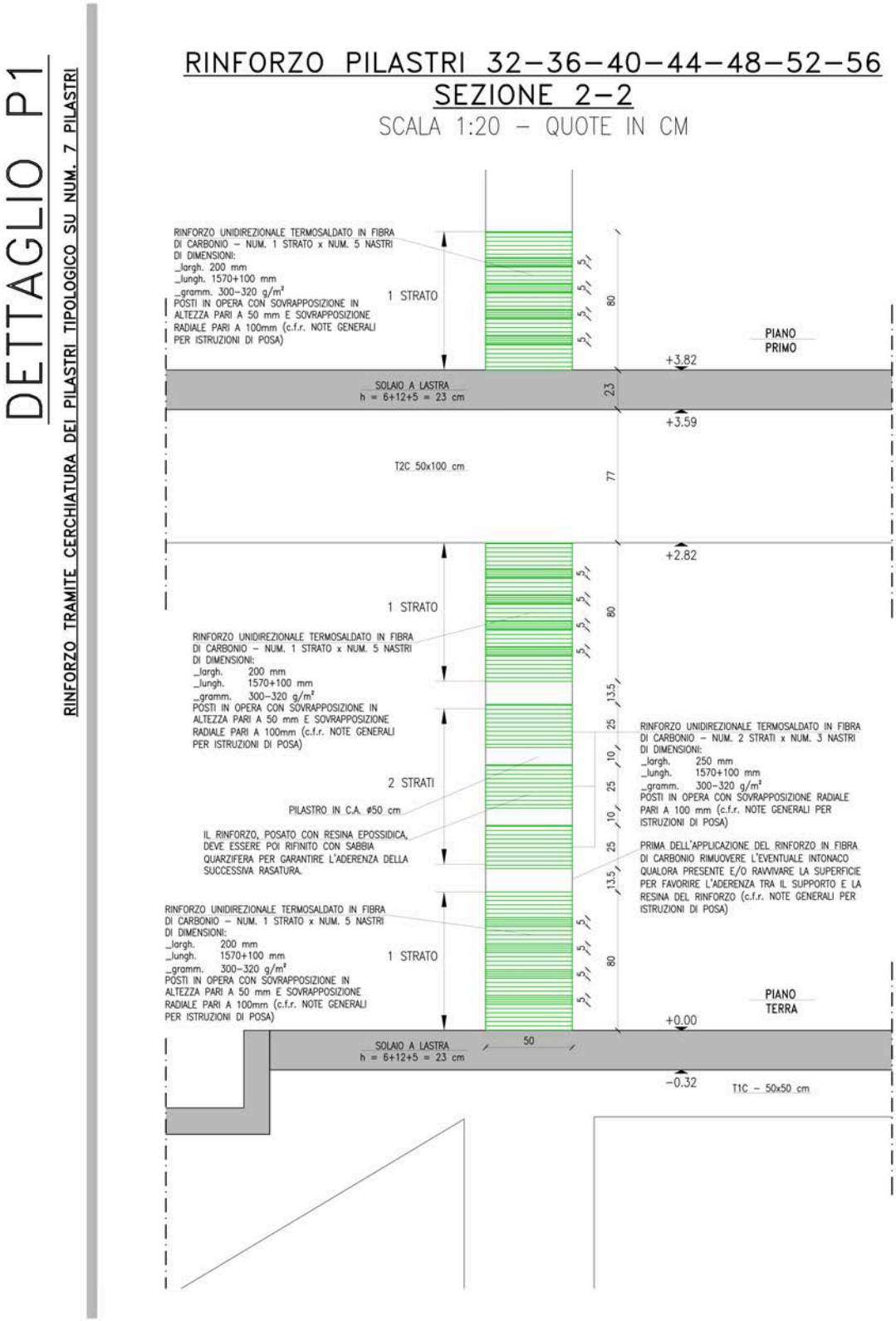
> Pilastri interni
I pilastri, composti da due diverse sezioni, sono stati verificati con tutte le contemporanee sollecitazioni agenti agli estremi di ogni trave ed è risultato non necessario incrementarne la resistenza.
Il progetto prevede comunque il confinamento dei pilastri per migliorare la resistenza a compressione dell'elemento pilastro e migliorare la duttilità in corrispondenza del nodo pilastro-trave.



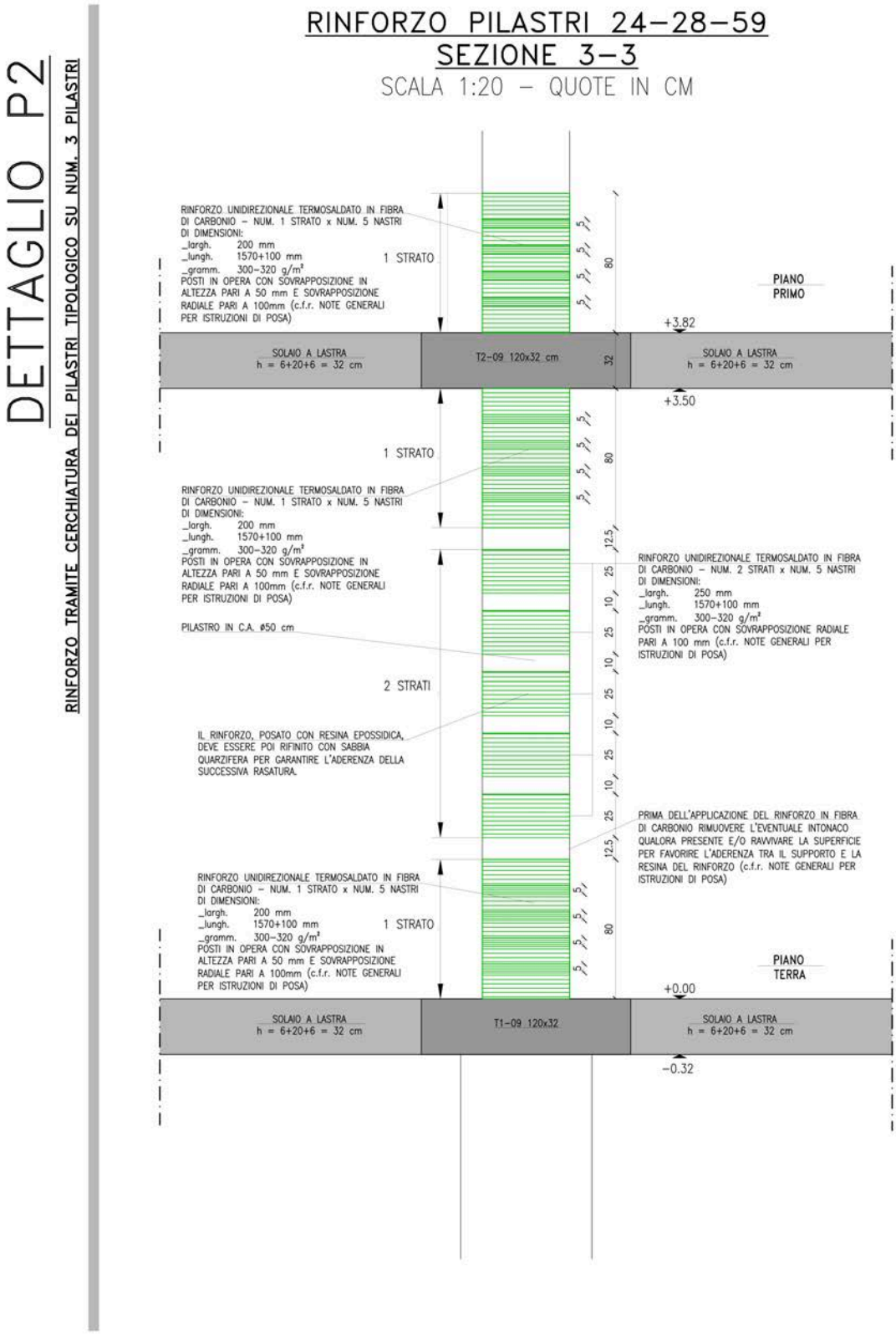
14. Pilastri interni



15. Intervento di progetto, sezione rinforzo pilastri.

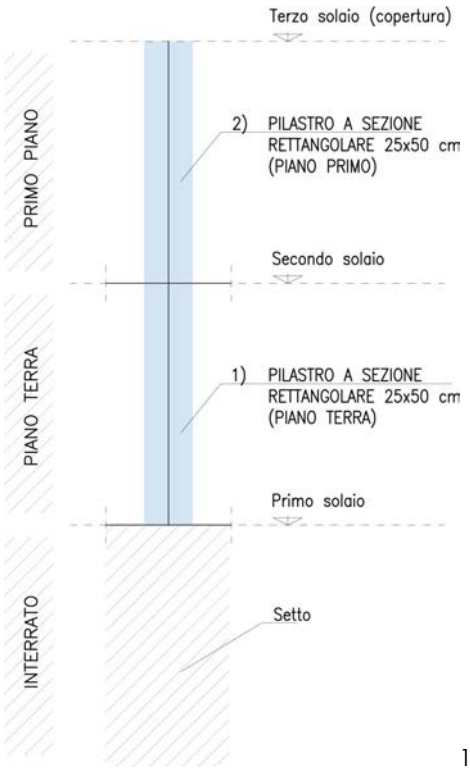


16a. Estratto dal progetto esecutivo. Dettaglio del confinamento dei pilastri.



16b. Estratto dal progetto esecutivo. Dettaglio del confinamento dei pilastri.

> Pilastri perimetrali
I pilastri in oggetto hanno sezione costante di dimensione 25x50 cm e si sviluppano dal primo al terzo solaio (copertura). Le verifiche hanno dimostrano che i pilastri interessati dal nuovo intervento non necessitano di interventi di rinforzo.



17. Pilastri perimetrali

> Fondazioni 200x75 cm
Le verifiche condotte sulle fondazioni soggette ai nuovi carici hanno dimostrato non essere necessario alcun rinforzo.

A conclusione delle verifiche di calcolo, sia locali che globali, e sia statiche che dinamiche/sismiche, è stato possibile concludere che l'incremento dei carichi dovuto all'inserimento delle nuove piste di curling è inferiore al 10% dei carichi in fondazione e tale da non alterare lo schema statico ("intervento Locale" ai sensi delle NTC 2008).
Dal punto di vista sismico non sono state riscontrate modifiche al comportamento della struttura in quanto l'azione di controvento è esercitata principalmente dai setti a lato dell'area interessata dall'incremento dei carichi.
Al fine di garantire comunque un miglioramento del comportamento sismico della struttura sono stati rinforzati gli elementi verticali (pilastri) conferendo loro una maggiore resistenza ai carichi verticali ma soprattutto un miglior confinamento in corrispondenza dell'attacco sulla trave e garantendo un miglioramento del comportamento duttile.

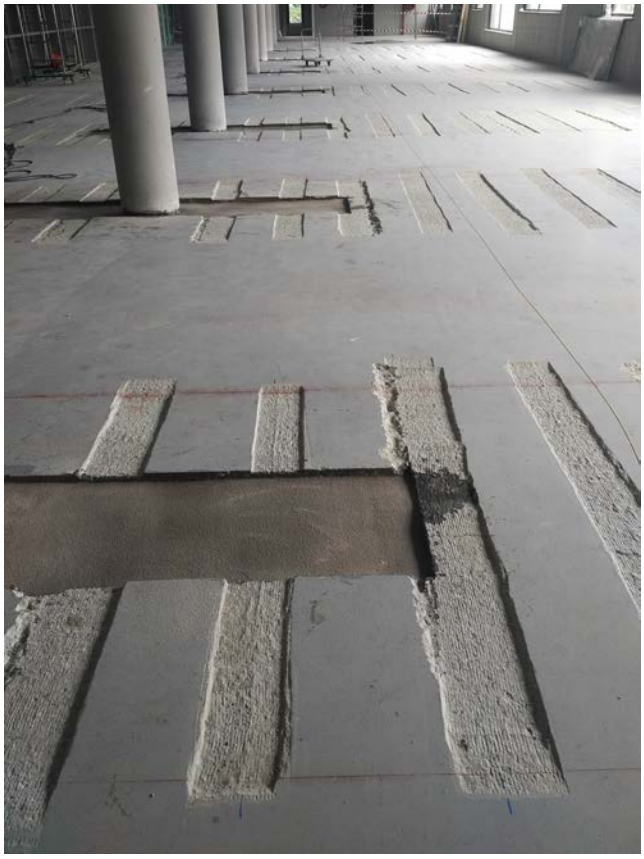
RINFORZO CON MATERIALI FIBRE NET

Gli interventi di rinforzo in cantiere sono stati eseguiti con sistema **Betontex Epoxy di FibreNet** che prevede l'impiego di materiali in fibra di carbonio in abbinamento a resine epossidiche per costituire un sistema FRP – Fiber Reinforced Polymer, realizzato secondo un ciclo di posa prestabilito. In particolare, sono stati utilizzati lamine pultruse e tessuti unidirezionali termosaldati, entrambi in fibra di carbonio ad alta resistenza.

L'intervento realizzato al Palaghiaccio ha previsto tre differenti modalità di rinforzo in corrispondenza degli elementi strutturali interessati di seguito descritti nel dettaglio:
- rinforzo in estradosso del solaio tipo predalles con lamine pultruse preformate in fibra di carbonio
- rinforzo in estradosso delle travi in c.a. gettate in opera con tessuto in fibra di carbonio
- confinamento di pilastri in c.a. gettati in opera con tessuto in fibra di carbonio

> Rinforzo su estradosso lastre di solaio tipo predalles

Il rinforzo a flessione è stato realizzato in estradosso del solaio mediante posa in opera di n. 3 lamine pultruse preformate in fibra di carbonio - lamine Betontex tipo FBCPUL 10-14 di Fibre Net - per ogni singola lastra debitamente preparata e trattata con primer a base di resina epossidica, applicate in corrispondenza dei tralicci resistenti. La singola lamina, con larghezza 100 mm, lunghezza variabile 200/300 cm e spessore 1,4 mm, è stata posata ed incollata con resina epossidica.



18a,b. Predisposizione delle superfici per la posa dei rinforzi.

Fibre Net SpA
Via Jacopo Stellini, 3 - 33050 Z.I.U. Pavia di Udine (Ud) - Italy
C.F. e P.IVA 02212620302 - Capitale Sociale € 1.000.000,00 i.v. - N. REA UD – 243635
T. +39.0432.600918 - F. +39.0432.526199 - info@fibrenet.info - www.fibrenet.it

18c. Dettagli delle fasi di posa del rinforzo con lamine pultruse.

> Rinforzo su estradosso travi in c.a. gettato in opera

Il rinforzo a flessione è stato realizzato su estradosso della trave esistente in corrispondenza dell'appoggio sui pilastri intermedi, mediante posa in opera di n. 3 strati di tessuto unidirezionale termosaldato in fibra di carbonio, sistema Betontex tipo FB-GV330-HT (grammatura minima 300 g/mq) con larghezza minima pari a 60 cm.

I 3 strati di tessuto sono stati posati su superficie impregnata con primer di base e successiva applicazione di resina epossidica. In corrispondenza dell'incrocio pilastro-trave sono stati eseguiti fori passanti alla base del pilastro tondo con successivo inserimento di nastri resinati all'interno del foro e poi risvoltati sui nastri presenti sulla faccia della trave.

Sulle travi in spessore 120x32 è stato realizzato un rinforzo ad intradosso mediante applicazione di n. 2 nastri da 90 cm per una lunghezza di 300 cm.

19a,b,c. La posa del rinforzo alla base del pilastro tondo.

> Confinamento pilastri Ø50cm in c.a. gettato in opera

I pilastri esistenti sono stati oggetto di confinamento, ossia intervento di cerchiatura, con posa di tessuto unidirezionale termosaldato in fibra di carbonio, sistema Betontex tipo FB-GV330-HT di Fibre Net.

Il tessuto, con grammatura minima 300 g/mq, è stato posato per tutta l'altezza del pilastro al piano terra e per una porzione a base del pilastro al piano primo.

La fasciatura continua, con sovrapposizione minima del nastro pari a 5cm ogni 20cm, è stata realizzata per un altezza pari a 80 cm alla base ed in sommità del pilastro del piano terra ed alla base del pilastro del piano primo. In corrispondenza dei pilastri al piano terra, tra le fasce continue sono stati posati n. 2 nastri pieni di spessore 2 5cm interasse 35cm.

POSA IN CANTIERE

La posa del sistema FRP **Betontex Epoxy di FibreNet** in cantiere prevede una fase di pulizia del sottofondo con strumenti meccanici di precisione e di preparazione del supporto attraverso ricostruzione della planarità superficiale, al fine di garantire una perfetta aderenza tra sistema di rinforzo e calcestruzzo.

La superficie del sottofondo di posa viene impregnata con un primo strato di resina epossidica fluida ad elevata penetrazione, cosiddetto *primer,* che penetra nello strato del calcestruzzo per qualche decimo di millimetro e, dopo adeguato tempo di attesa, si procede alla stesura di uno strato sottile di resina con agente tixotropizzante su cui viene posato il tessuto "secco" in fibra di carbonio. Il sistema così ottenuto viene impregnato in maniera uniforme con l'ausilio di un 'rullo frangibolle' che migliora ulteriormente l'aderenza rispetto al calcestruzzo sottostante. Un ulteriore ciclo di resina impregnante completa la posa del tessuto. In questo modo si ottiene un composito matrice+rinforzo realizzato direttamente "in situ".

Infine si procede all'applicazione di sabbia di quarzo asciutta per ottenere una superficie di adesione adatta all'intonaco di finitura successivamente applicato.

Per quanto attiene la posa delle lamine, il procedimento è analogo a quello dei tessuti con la sola differenza che, steso il primer sulla superficie di posa, la lamina, che è già un composito fibra di carbonio + resina termoindurente, lavorato attraverso un processo di pultrusione per ottenere un elemento preformato, viene "incollata" e resa aderente con la superficie attraverso una resina epossidica, attraverso un processo che quindi non richiede la formazione del composito "in situ".

Fibre Net SpA
Via Jacopo Stellini, 3 - 33050 Z.I.U. Pavia di Udine (Ud) - Italy
C.F. e P.IVA 02212620302 - Capitale Sociale € 1.000.000,00 i.v. - N. REA UD – 243635
T. +39.0432.600918 - F. +39.0432.526199 - info@fibrenet.info - www.fibrenet.it

SCHEDA CANTIERE
Oggetto_**Interventi di manutenzione straordinaria al Palazzo del ghiaccio**, Corso Tazzoli, Torino
Committente_Comune di Torino
Progettazione strutturale e DL_Ing. Fabio Manzone, Torino
Impresa appaltante_Gruppo Tecnoimprese srl, Torino
Posatore materiali FibreNet_VER-PONT S.R.L., San Gillio, Torino

Fibre Net SpA
Via Jacopo Stellini, 3 - 33050 Z.I.U. Pavia di Udine (Ud) - Italy
C.F. e P.IVA 02212620302 - Capitale Sociale € 1.000.000,00 i.v. - N. REA UD – 243635
T. +39.0432.600918 - F. +39.0432.526199 - info@fibrenet.info - www.fibrenet.it