

RELAZIONE SPECIALISTICA E DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

PROGETTO ESECUTIVO

OGGETTO:

- Lavori di manutenzione straordinaria per interventi locali di riparazione delle strutture dell'edificio adibito a Centro Natatorio "Cav. U. Trabattoni" ubicato a Seregno in località La Porada Via Colombo 12.
CUP B22H24011500004

LOCALITA':

- Centro Natatorio "Cav. U. Trabattoni", località La Porada Via Colombo 12, Seregno (MB)

COMMITTENTE:

- Comune di Seregno, Piazza Martiri della Libertà, 1 Seregno (MB)

RUP:

- Ing. Franco Greco

DATA:

- REV01 del 22.07.2025

Ns. rif: 0005-25

Il direttore generale
Ing. Mauro Bertoni

"Documento informatico firmato digitalmente ai sensi del D.P.R. 28/12/2000, n. 445 e del D.lgs
7/3/2005 n. 82, il quale sostituisce il documento cartaceo e la firma autografa"

INDICE

INTRODUZIONE.....	4
PREMESSA.....	4
DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE.....	4
UBICAZIONE DELLE OPERE	9
RINFORZO STATICO TRAVE TUBOLARE DI COPERTURA IN C.A.....	10

INTRODUZIONE

PREMESSA

Trattasi della progettazione esecutiva dei lavori di manutenzione straordinaria per interventi locali di riparazione delle strutture dell'edificio adibito a Centro Natatorio "Cav. U. Trabattoni", sito in Via G. Colombo n.12 a Seregno (MB).

La seguente relazione tecnica specialistica e di calcolo si riferisce nello specifico alla verifica e progettazione dell'intervento di rinforzo statico locale previsto per la trave tubolare di copertura in c.a. del centro natatorio.

* * * * *

DESCRIZIONE GENERALE DELLE OPERE

Trattasi di edificio esistente adibito a centro natatorio denominato "Cav. U. Trabattoni".

Il corpo edilizio originario fu costruito tra il 1974 ed il 1975 su progetto architettonico dell'Arch. Pino Zoppini, famoso proprio per architetture/impianti sportivi e strutturale del Prof. Ing. Antonio Migliacci.

Successivamente nel 1997, il corpo originario fu ristrutturato e ampliato mediante la realizzazione del corpo ad uso palestra e bar e la realizzazione di due locali ripostiglio.

L'impianto natatorio è costituito da diversi corpi di fabbrica connessi e comunicanti ed in particolare:

- *Corpo ingresso / uffici / bar / residenza custode, locali tecnici:* formato da n.1 piani interrati e n.1 piani fuori terra;
- *Corpo vasche, spogliatoi femminili e locali tecnici:* formato da n.1 piani interrati e n.1 piani fuori terra;
- *Corpo spogliatoi maschili:* formato da n.1 piani interrati;
- *Corpo palestra, bar estivo e ripostigli:* formato da n.1 fuori terra.

L'impianto natatorio è caratterizzato da uno schema strutturale a telaio con strutture verticali in muri e pilastri in c.a. e strutture orizzontali in travi in c.a.

La particolarità del fabbricato in oggetto è una trave in cemento armato a sezione variabile, da 3,25 m circa a 5,35 m circa, che scorre per tutta la lunghezza del corpo vasche, attraversabile internamente, avendo la funzione di mandare l'aria di termoventilazione nella sala vasche della piscina coperta.

La trave interamente in cemento armato è tubolare cava, e poggia su due pilastri a sbalzo da entrambi i lati, distanti 40 m circa. Su un lato la trave è tirantata alle fondazioni mediante profili tubolari in acciaio.

La trave funge anche da appoggio della copertura; la quale da un parte è orizzontale, realizzata con tegoloni LARCO prefabbricati in c.a.p. con sezioni a "TT", lunghi circa 14 m circa e posti ad interassi di 4,80

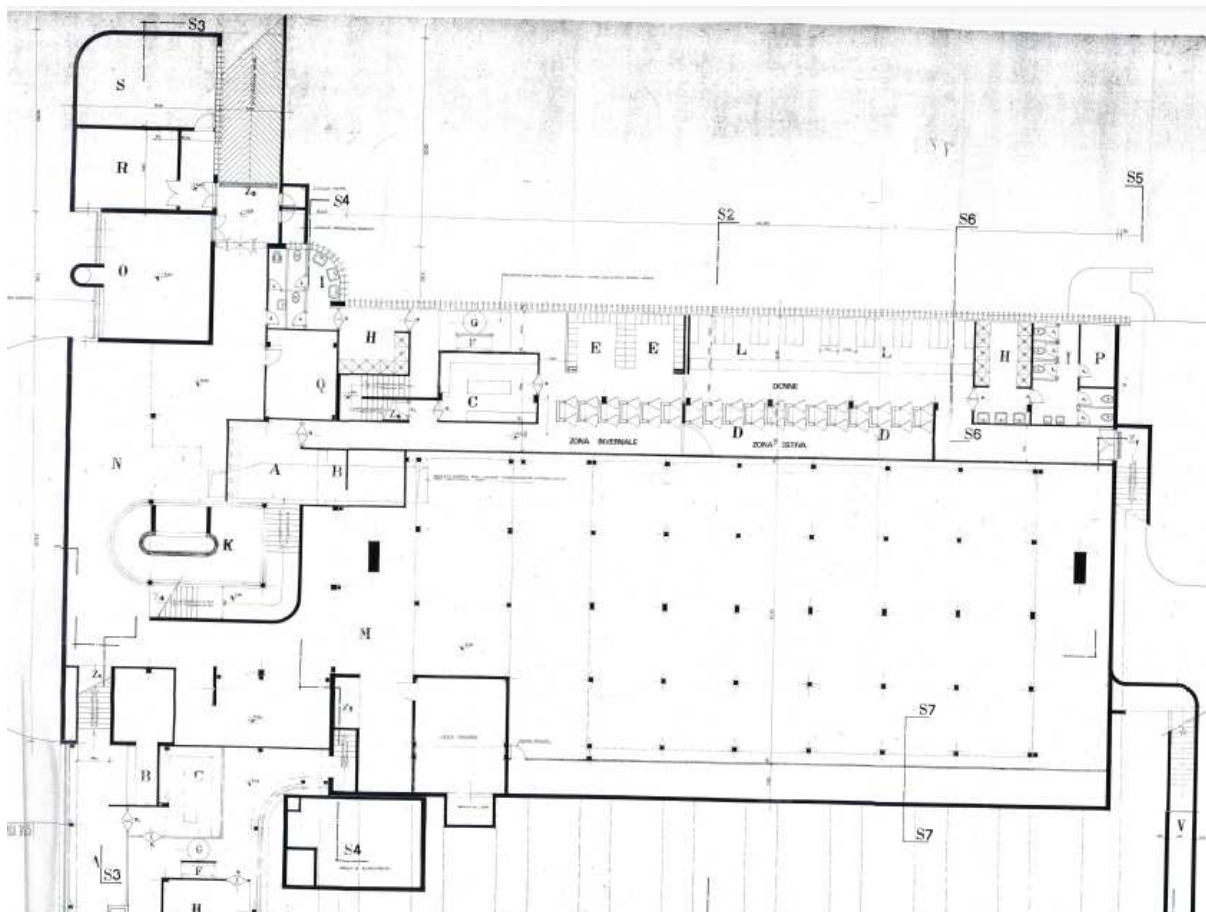
m circa. Fra di essi sono posti pannelli piani in c.a., alcuni dei quali con fori e cupolette in resina metacrilica traslucida per l'illuminazione. L'altra parte è composta da tegoli dello stesso tipo lunghi 20 m circa, inclinati e sporgenti dall'edificio per sette metri fino a toccare terra. Le fondazioni sono in parte a plinti isolati ed in parte a travi rovesce.

Oltre alle piscine, il fabbricato si presenta con le gradinate per il pubblico in corrispondenza del piano vasche, una zona ingresso con uffici e bar al piano terra, gli spogliatoi maschili, adiacenti al corpo piscine coperte, nel piano seminterrato, mentre quelli femminili si trovano al piano sottostante le gradinate della piscina coperta. Al piano interrato sono inoltre presenti anche locali tecnici.

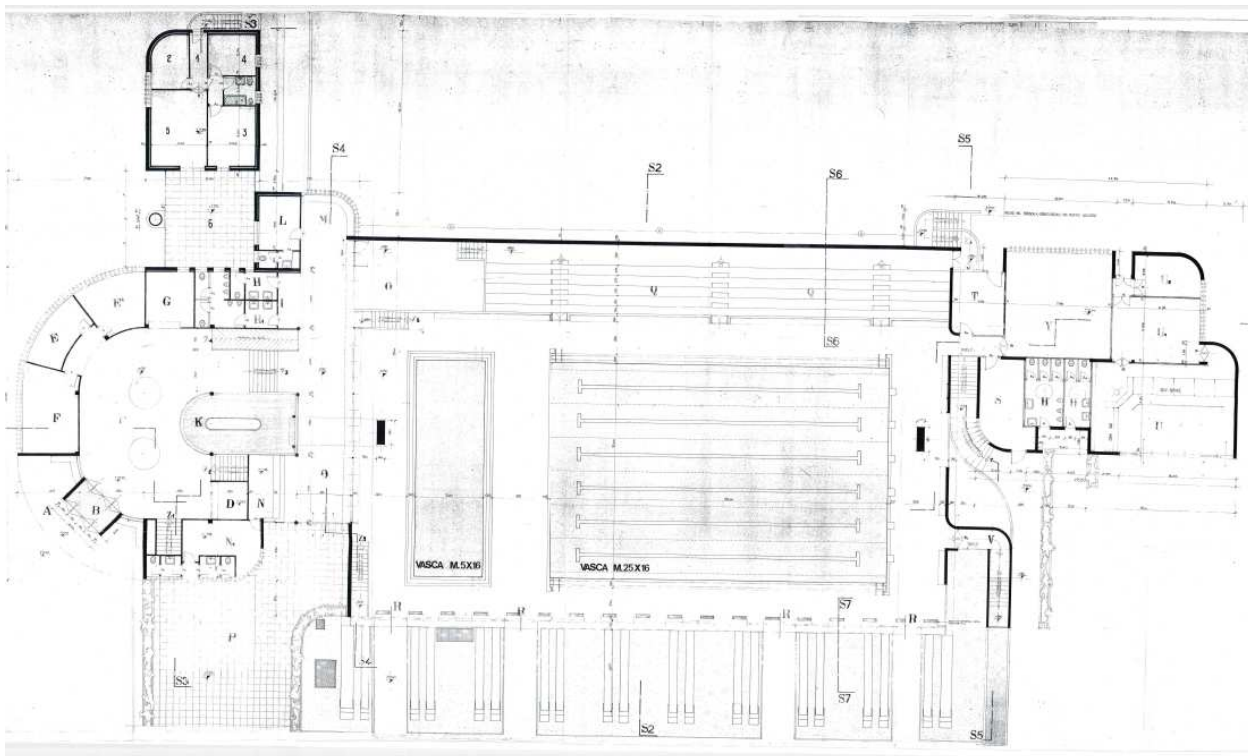
Infine al piano terra è presente un corpo di fabbrica adibito ad uso residenza custode.

I solai di copertura del piano interrato e terra sono stati realizzati con solette in laterocemento o c.a. pieno così come la copertura degli spogliatoi maschili.

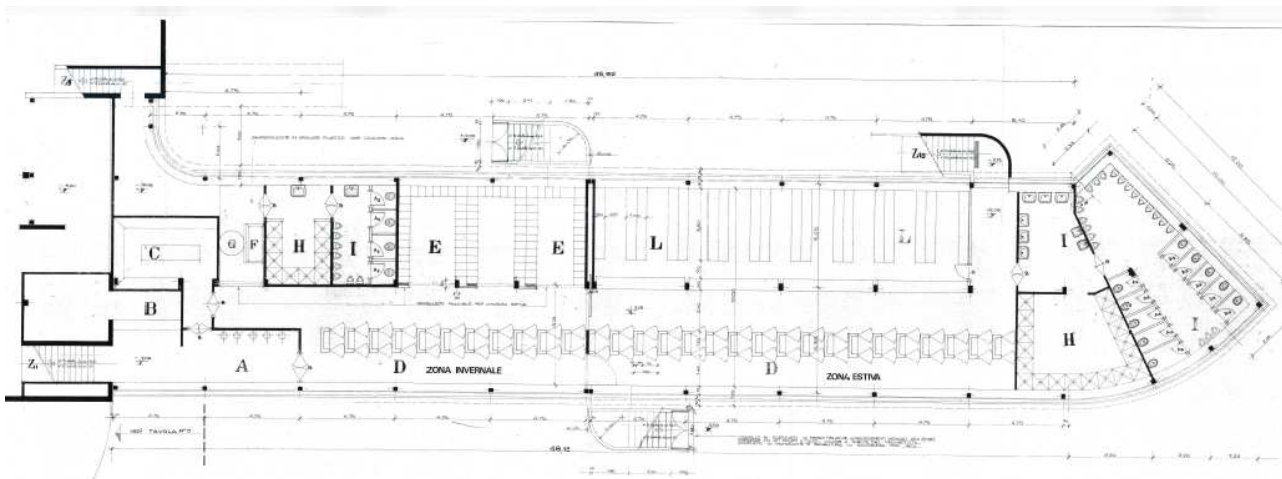
Il corpo in ampliamento ad uso palestra, bar e ripostiglio presenta solette in lastre prefabbricate (predalles) ed in laterocemento.



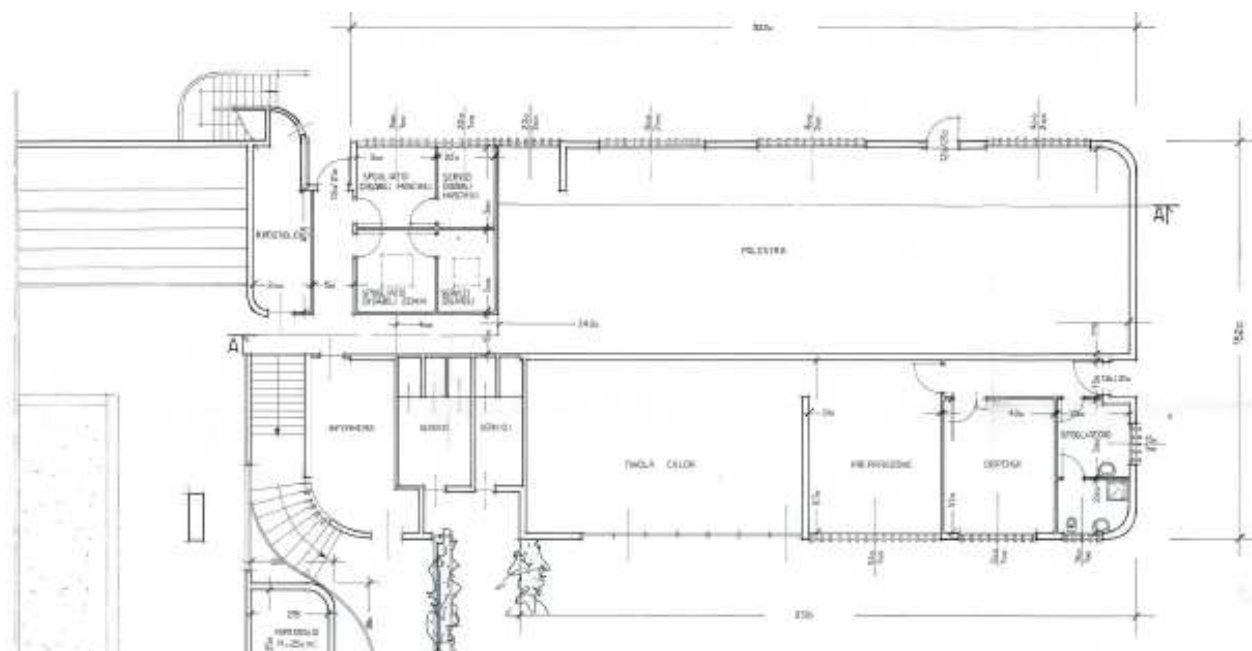
- Progetto originario Piano spogliatoi -



- Progetto originario Piano vasche -



- Progetto originario Piano spogliatoi maschili -



- Progetto ampliamento Corpo ad uso palestra, bar e ripostiglio -

Architectural section drawing of the 'SQUADRA VENTILAZIONE' (Ventilation Squad) for the 'SQUADRA VENTILAZIONE' (Ventilation Squad). The drawing shows a long, low-profile structure with a series of arched openings along its top. The interior is divided into several sections, including a large central hall and smaller rooms. The drawing is labeled with various dimensions and technical specifications.

Architectural section drawing of the Casa di Via S. Maria in Bologna. The drawing shows a cross-section of the building, revealing the internal structure and layout. Key rooms and areas are labeled: ABITAZIONE CUSTODE (Guard's Quarters), CASSA (Hall), CALDAIA (Boiler Room), and SOGGIORNO MASCHILI (Men's Living Room). The drawing includes structural details, floor levels, and a scale bar. The title 'CASA DI VIA S. MARIA' is prominently displayed at the top.

Pagina 8 di 25

UBICAZIONE DELLE OPERE



Edificio in oggetto —————

RINFORZO STATICO TRAVE TUBOLARE DI COPERTURA IN C.A.

Nel seguito si riportano le ipotesi adottate in sede di calcolo per la verifica allo stato di fatto e stato di progetto della trave tubolare di copertura in c.a. che sostiene la copertura in tegoli prefabbricati del centro natatorio.

Nel dettaglio trattasi di opere di rinforzo statico locale della trave tubolare di copertura in c.a. che, a seguito di condizioni ambientali aggressive (presenza di ioni cloruro), presenta una generale presenza di degrado e ammaloramento sulle strutture in c.a. con presenza di distacco di copriferro e barre completamente ossidate.

Normativa di riferimento

- D.M. 17.01.2018 *“Nuove norme tecniche per le costruzioni”*
- Circolare esplicativa n.7 del 21.01.2019 *“Istruzioni per l’applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018”*

Metodo di calcolo

Ai fini delle verifiche numeriche, viene adottato il metodo di calcolo allo Stati Limite Ultimo secondo quanto previsto dalla vigente normativa tecnica di cui al D.M. 17 gennaio 2018 (N.TC. 2018).

Combinazioni delle azioni

Per le verifiche agli stati limite vengono considerate le seguenti combinazioni di carico con i coefficienti della tabella 2.5.I di seguito riportata:

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{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 – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 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

Combinazioni agli stati limite di esercizio (S.L.E.)

-Combinazione caratteristica (rara):

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} \cdot Q_{k2} + \Psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

-Combinazione frequente:

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{11} \cdot Q_{k1} + \Psi_{12} \cdot Q_{k2} + \Psi_{13} \cdot Q_{k3} + \dots$$

-Combinazione quasi permanente:

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

-Combinazione sismica:

$$E + G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} \cdot Q_{k1} + \Psi_{22} \cdot Q_{k2} + \Psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazioni agli stati limite ultimi (S.L.U.)

Secondo il D.M. 17 gennaio 2018 le verifiche agli stati limite ultimi si distinguono in:

- Lo stato limite di equilibrio, EQU che considera la struttura, il terreno o l'insieme terreno struttura come corpi rigidi (es. verifica di ribaltamento dei muri di sostegno)
- Lo stato limite di resistenza della struttura, STR, riguarda anche gli elementi di fondazione e di sostegno del terreno, e da prendersi a riferimento per tutti i dimensionamenti strutturali.

- Lo stato limite di resistenza del terreno, GEO, che deve essere preso a riferimento per il dimensionamento geotecnico delle opere di fondazione e di sostegno, in generale per le strutture che interagiscono direttamente con il terreno.

La combinazione fondamentale per gli S.L.U. è:

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_p \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Dove i coefficienti γ_p e γ_q sono i coefficienti parziali per le azioni definiti nella tabella 2.6.I del D.M. 17 gennaio 2018 di seguito riportata:

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

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Caratteristiche dei materiali

Trave Acciaio: B450C (armatura esistente, nuovi spinotti e nuove staffe integrative)
 Calcestruzzo: Rck 380 (sezione esistente)

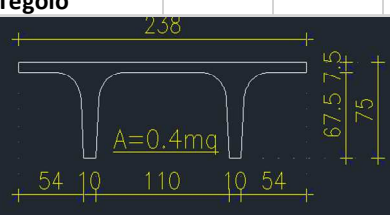
NOTA: le caratteristiche meccaniche del calcestruzzo e delle barre d'armatura della sezione esistente sono desunte in base a quanto rilevato in sito ed in base all'epoca di costruzione delle strutture.

Analisi dei carichi - stato di fatto / stato di progetto

Si riporta nel seguito l'analisi dei carichi a cui le strutture risultano essere sottoposte (peso proprio e carichi permanenti):

Carico permanente Copertura in tegoli prefabbricati in 2 differenti schemi:

- Campata chiusa (tegolo + coppella), luce di calcolo: $13.36 / 2 = 6.68$ m
- Campata aperta (tegolo + lucernario), luce di calcolo: $20.80 / 2 = 10.40$ m

Tegolo		
		
Area	0.40 mq	
L_camp_chiusa	13.36 m	
Interasse	4.76 m	
L_camp_aperta	20.80 m	
Interasse	4.76 m	

Coppella		
Area	0.19 mq	
L_camp_dx	13.36 m	
Interasse	4.76 m	

Pertanto si perviene ad un valore del peso proprio delle strutture portate dalla trave pari a:

PESO PROPRIO		
Camp_chiusa	2061.19 kg/m di trave	
Camp_aperta	2184.87 kg/m di trave	
Imperm.	20 kg/mq	
Camp_chiusa	133.60 kg/m di trave	
Camp_aperta	208.00 kg/m di trave	
PERMANENTI	4587.66 kg/m di trave	

Sovraccarico accidentale neve 120 daN/m² (NTC 2018)

Neve	120 kg/mq	
Camp_chiusa	801.60 kg/m di trave	
Camp_aperta	1248.00 kg/m di trave	
Neve	2049.60 kg/m di trave	

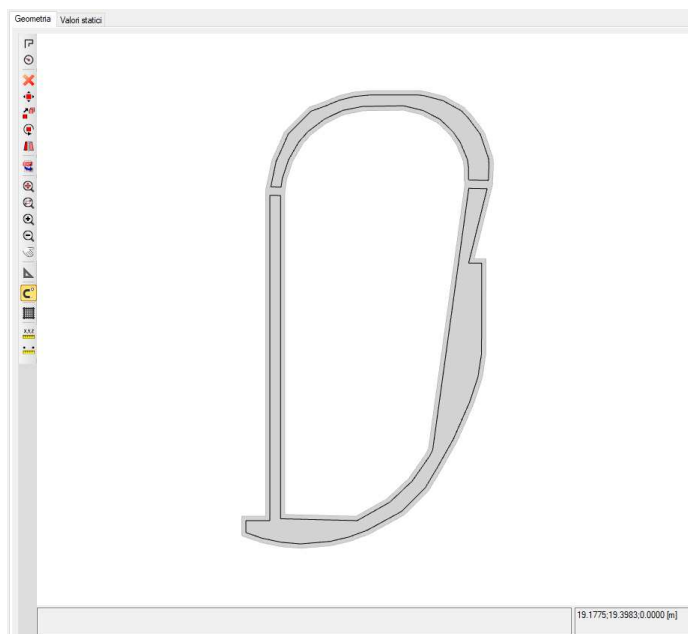
La combinazione di carico utilizzata per le verifiche di confronto allo Stato Limite Ultimo porta ad valore pari a:

TOTALE 9038 daN/m di trave

A questi valori va aggiunto il peso proprio della trave in c.a che viene calcolato automaticamente dal programma di calcolo .

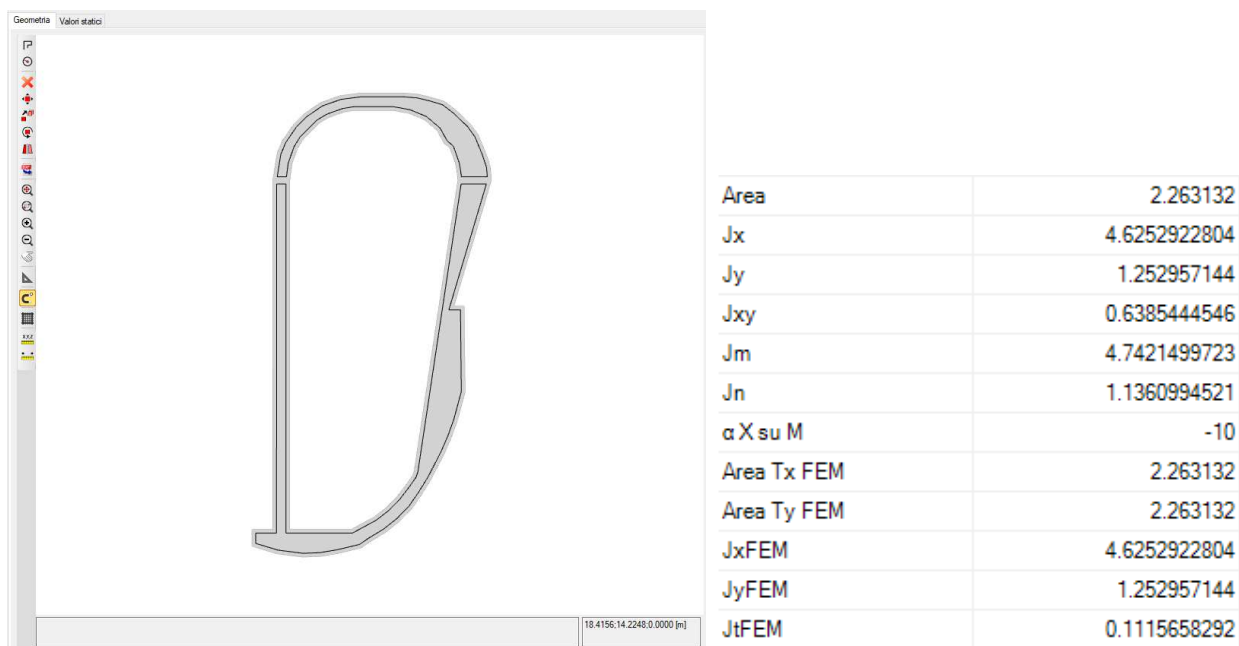
Caratteristiche geometriche

Ricavando le caratteristiche geometriche da quanto riportato nel paragrafo “Assaggi localizzati / Rilievi geometrici”, le sezioni minime e massime della trave ad anello, con le relative caratteristiche meccaniche, sono riportate nelle seguenti immagini:



Area	1.944692
Jx	2.8658211816
Jy	0.9551627896
Jxy	0.3893401317
Jm	2.9421118821
Jn	0.8788720891
$\alpha X su M$	-11
Area Tx FEM	1.944692
Area Ty FEM	1.944692
JxFEM	2.8658211816
JyFEM	0.9551627896
JtFEM	0.0935768723

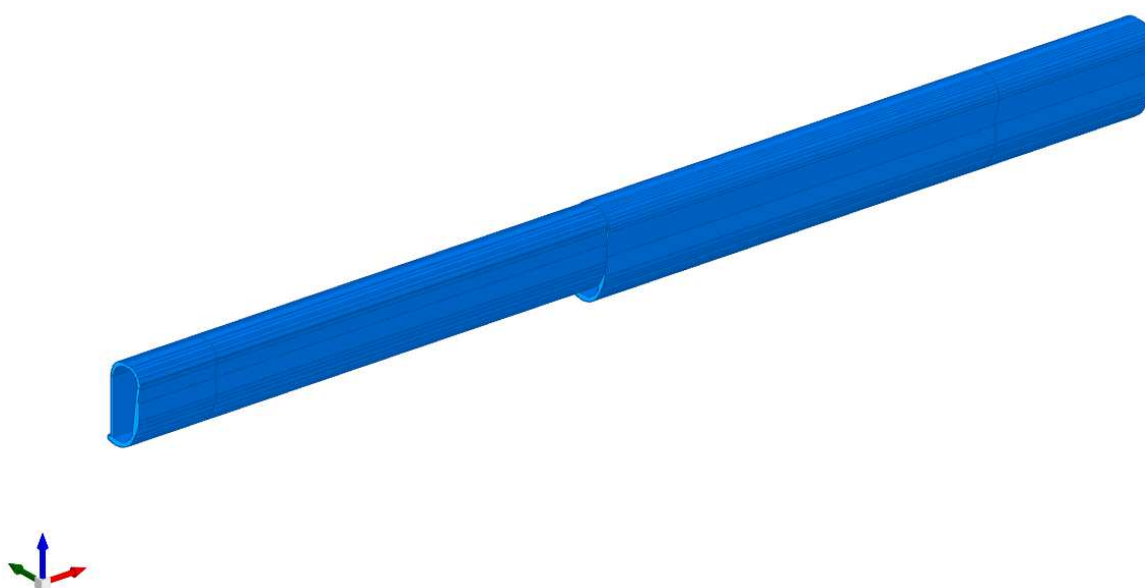
Caratteristiche geometriche e meccaniche sezione di altezza minima



Caratteristiche geometriche e meccaniche sezione di altezza minima

Schema statico adottato

Per l'elemento strutturale in oggetto si adotta lo schema statico di trave a campata multipla su 3 appoggi con carico distribuito sull'intera lunghezza.



Modello di calcolo ad elementi finiti della trave

Verifica a taglio delle sezioni critiche

A seguito delle ipotesi suddette adottate in sede di calcolo sono state effettuate le verifiche di resistenza a taglio nelle sezioni critiche della trave corrispondenti agli appoggi, in particolare nelle sezioni di destra e sinistra degli stessi.

Appoggio 1			
Tmax_sx	64943 kg	Tmax_dx	240272 kg
d	3320 cm	d	3360 cm
ϕ_{staffa}	12 mm	ϕ_{staffa}	12 mm
n° bracci	2	n° bracci	2
Asw	226 mmq	Asw	226 mmq
s	200 mm	s	200 mm
f _{yd}	391 N/mmq	f _{yd}	391 N/mmq
α	90 °	α	90 °
	1.57 rad		1.57 rad
θ	45 °	θ	45 °
	0.79 rad		0.79 rad
ctg θ	1.00 1< θ <2.5	ctg θ	1.00 1< θ <2.5
ctg α	6E-17	ctg α	6E-17
sen α	1	sen α	1
V_Rsd	1321325 N 132133 kg	V_Rsd	1337245 N 133724 kg
Coef. Sic	2.03	Coef. Sic	0.56

Appoggio 2			
Tmax_sx	353289 kg	Tmax_dx	343038 kg
d	4460 cm	d	4500 cm
ϕ_{staffa}	16 mm	ϕ_{staffa}	16 mm
n° bracci	2	n° bracci	2
Asw	402 mmq	Asw	402 mmq
s	200 mm	s	200 mm
f _{yd}	391 N/mmq	f _{yd}	391 N/mmq
α	90 °	α	90 °
	1.57 rad		1.57 rad
θ	45 °	θ	45 °
	0.79 rad		0.79 rad
ctg θ	1.00 1< θ <2.5	ctg θ	1.00 1< θ <2.5
ctg α	6E-17	ctg α	6E-17
sen α	1	sen α	1
V_Rsd	3155615 N 315561 kg	V_Rsd	3183916 N 318392 kg
Coef. Sic	0.89	Coef. Sic	0.93

Appoggio 3	
Tmax_sx	217453 kg
d	4700 cm
ϕ _staffa	16 mm
n° bracci	2
Asw	402 mmq
s	200 mm
f _{yd}	391 N/mm ²
α	90 °
	1.57 rad
θ	45 °
	0.79 rad
ctg θ	1.00 $1 < \theta < 2.5$
ctg α	6E-17
sen α	1
V_Rsd	3325424 N
	332542 kg
Coef. Sic.	1.53

I calcoli eseguiti confermano che le sezioni di destra del primo appoggio e di sinistra del secondo appoggio, dato lo stato conservativo attuale in cui un anello di staffatura è compromesso, non sono in grado di resistere alle sollecitazioni di taglio di progetto secondo l'attuale normativa tecnica di cui al D.M. 17/01/2018. E' pertanto necessario provvedere ad un rinforzo a taglio finalizzato a ripristinare l'anello di staffatura compromesso.

Descrizione dell'intervento di rinforzo statico

Al fine di ripristinare i coefficienti di sicurezza a taglio della trave, si è previsto di eseguire un rinforzo statico della stessa lavorando direttamente al suo interno mediante l'esecuzione delle seguenti fasi:

- Rimozione dello strato isolante presente all'interno della trave tubolare di copertura in c.a. lungo tutto lo sviluppo della sua superficie.
- Asportazione del calcestruzzo ammalorato dalle zone fortemente degradate con mezzi meccanici e/o mediante idroscarifica ad alta pressione. Spessore 40 mm;
- Rimozione delle staffe degradate, spazzolatura manuale fino al grado St 2 o sabbiatura delle armature metalliche affioranti in punti localizzati, fino al grado Sa 2,5 e lavaggio delle superfici.
- Realizzazione dei fori per l'alloggiamento degli spinotti e delle staffe a U, e successivamente procedere all'inserimento delle barre d'armatura con idoneo ancorante chimico; posizionamento delle nuove staffe a sostituzione delle staffe esistenti oramai degradate. Tutti gli spinotti successivamente andranno legati e saldati alle nuove staffe.
- Protezione anticorrosiva ricalcinizzante dei ferri d'armatura con boiacca passivante a base di cementi, inerti selezionati, resine ed additivi, applicata in due mani a pennello.
- Ricostruzione della sezione in strato unico di 5 cm mediante applicazione a spruzzo di malta cementizia, monocomponente, polimero modificata, tixotropica, contenente fibre sintetiche in poliacrilonitrile.
- Regolarizzazione superficiale di tutte le superfici di calcestruzzo e delle parti ricostruite con malte cementizie mediante applicazione a spatola e rifinitura a frattazzo di spugna di malta cementizia per rasature per uno spessore di 2 mm compresi la bagnatura fino a saturazione delle superfici.

Le operazioni di rinforzo statico all'interno della trave saranno eseguite previa:

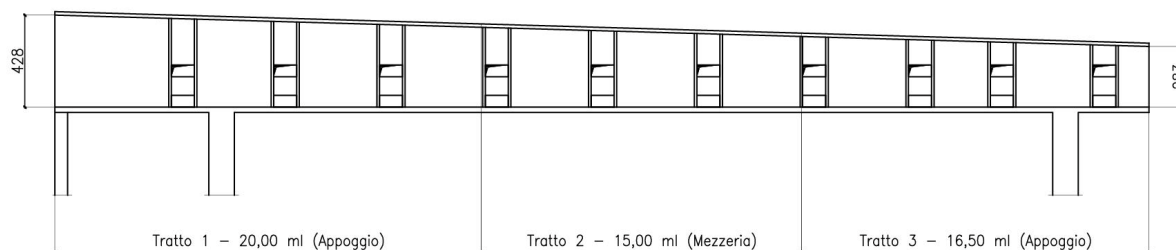
- rimozione dell'impianto elettrico presente al suo interno, comprensivo dell'alimentazione dei fari attualmente presenti in corrispondenza dei fori presenti sulla trave;
- realizzazione del nuovo impianto di illuminazione ordinaria/sicurezza nella zona vasche / zona tribune e relativa alimentazione provvisoria.

Una volta concluse le lavorazioni, la superficie interna della trave tubolare in c.a. dovrà rimanere senza applicazioni di strato isolante.

Per quanto riguarda le lavorazioni strutturali che prevedono operazioni di asportazione con successiva ricostruzione della sezione, considerata la sezione variabile della trave, in sede di progetto si è deciso di suddividere l'elemento in tre tratti principali (per maggiori dettagli si rimanda all'immagine sotto riportata):

- Tratto 1 in corrispondenza del primo appoggio della trave (adiacente all'ingresso del centro natatorio);

- Tratto 2 in corrispondenza della mezzeria della trave;
- Tratto 3 in corrispondenza del secondo appoggio della trave.



Al fine di non indebolire contemporaneamente tutto lo sviluppo della trave durante le operazioni di scarifica e di perforazione si è previsto di procedere con le lavorazioni suddividendo ogni tratto in fasce di circa 3 / 4 metri.

Le fasi strutturali partiranno dagli appoggi e verranno eseguite per fasce alterne tra il Tratto 1 e il Tratto 3, arrivando fino alla mezzeria.

Nelle singole fasce le attività di asportazione e la successiva ricostruzione verranno eseguite procedendo su metà della sezione della trave, per poi passare successivamente alla restante porzione.

Le operazioni di rinforzo statico dovranno essere eseguite ad impianto di riscaldamento e di ventilazione spento (periodo da Maggio a Settembre circa).

Verifiche del rinforzo a taglio

L'intervento di rinforzo statico necessario per ripristinare l'anello di staffatura oramai compromesso prevede nello specifico la posa in opera di idonei spinotti, realizzati con barre di armatura ad aderenza migliorata (acciaio B450C), ed il ripristino delle staffe interne (acciaio B450C) oramai degradate. I nuovi spinotti verranno ancorati alle anime verticali interne della trave in c.a. mediante idoneo ancorante chimico epossidico e verranno connessi alle nuove staffe integrative interne.

La nuova carpenteria sarà integrata nella sezione di trave ricostruita per uno spessore totale di 5 cm.

Considerata la sezione variabile della trave, le armature finalizzate al rinforzo statico varieranno a seconda delle sollecitazioni di progetto secondo l'attuale normativa tecnica di cui al D.M. 17/01/2018.

Si riporta nel seguito il dettaglio delle carpenteria secondo i tre tratti di trave sopra descritti:

- **Tratto 1 – Appoggio:** Spinotti 6Ø16/20" per ciascuna anima verticale; Staffe integrative Ø16/20"
- **Tratto 2 – Mezzeria:** Spinotti 5Ø12/40" per ciascuna anima verticale; Staffe integrative Ø16/40"
- **Tratto 3 – Appoggio:** Spinotti 6Ø16/20" per ciascuna anima verticale; Staffe integrative Ø16/20"

Per maggior dettagli circa la carpenteria si rimanda alla relativa tavola grafica.

I calcoli di dimensionamento e verifica degli spinotti sono stati eseguiti secondo l'Eurocodice EC2-1-1 e le linee guida EOTA TR066, ipotizzando di affidare al rinforzo in questione una percentuale di taglio di progetto che allo stato di fatto la trave in c.a. non è in grado di supportare a causa dell'anello di staffatura interno oramai compromesso.

Nel seguito si riporta la verifica a tranciamento degli spinotti in acciaio in progetto e la verifica a taglio dell'interfaccia tra calcestruzzo esistente-calcestruzzo nuovo per i tre tratti di trave sopra descritti mediante le seguenti correlazioni:

Verifica a tranciamento dell'acciaio

$$V_{Rd} = \frac{A_s f_{yd}}{\sqrt{3}} > V_{Ed}$$

dove V_{Ed} è l'azione a taglio di progetto su singola parete allo SLU

Verifica a tranciamento calcolando l'azione tagliante nell'interfaccia tra calcestruzzi gettati in tempi diversi
secondo la formulazione prevista al 6.2.5 dell'Eurocodice 1992-1-1.

$$v_{Rdi} = c f_{ctd} + \mu \sigma_n + f_{yd} (\mu \sin \alpha + \cos \alpha) > v_{Edi}$$

dove v_{Edi} è l'azione di progetto della tensione tangenziale all'interfaccia tra calcestruzzo esistente-calcestruzzo nuovo su singola parete allo SLU

SEZIONE con tipologia staffatura originale α – Tratto 1 (Appoggio)

GEOMETRIA SEZIONE

Sp. Orig.	12	cm
Sp. Rinf.	5	cm

PORZIONE ARMATURA TIPO α

Ved	240272	daN	Taglio di progetto globale sulla sezione allo SLU
% V rinf	44	%	% di taglio di progetto da affidare al rinforzo
Lati rinf	2		n° lati su cui eseguire il rinforzo
Ved	52860	daN	Taglio di progetto su singola parete allo SLU
ϕ	1		a favore di sicurezza
z	144	cm	braccio di leva sezione trasversale composta (0,9 x d totale)
bi	100	cm	larghezza dell'interfaccia della sezione trasversale composta

v _{ed,i}	3,7	daN/cm ²
	0,37	N/mm ²

σ_n	0	tensione prodotta dalla minima forza esterna simultanea al taglio (+ compres, - traz)
c	0,4	scabrezza di 3 mm e passo circa 40 mm ottenuta con graffatura,
μ	0,7	esposizione aggregati o altri metodi equivalenti
R _{ck}	38,3	N/mm ² resistenza cubica caratteristica cls
f _{ck}	31,8	N/mm ² resistenza cilindrica caratteristica cls
f _{ctd}	1,40	N/mm ² resistenza a trazione di progetto cls
f _{cd}	18,01	N/mm ² resistenza a compressione di progetto cls
f _{yd}	391	N/mm ² tensione di snervamento di progetto armatura
L _{calcolo}	1000	mm lunghezza sezione di calcolo
s	200	mm passo spinotti
diam sp	16	mm diametro spinotti
n spin	6	- n° spinotti sulla stessa linea della sezione
A _s	6032	mm ² area degli spinotti
A _i	1600000	mm ² area sezione
ρ	0,004	-
α	90	° limitato tra 45° e 90°
	1,57	rad
v	0,52	- coefficiente di riduzione per sez. fessurata

Verifica a tranciamento dell'acciaio

V _{Rd} =	1361655	N	>	V _{Ed} =	528598	N
-------------------	---------	---	---	-------------------	--------	---

Verifica a taglio dell'interfaccia tra calcestruzzo esistente-calcestruzzo nuovo

V _{Rd,i} =	1,59	N/mm ²	>	V _{Ed,i} =	0,37	N/mm ²
---------------------	------	-------------------	---	---------------------	------	-------------------

SEZIONE con tipologia staffatura originale β - Tratto 2 (Mezzeria)

GEOMETRIA SEZIONE

Sp. Orig.	12	cm
Sp. Rinf.	4	cm

PORZIONE ARMATURA TIPO β

Ved	183438	daN	Taglio di progetto globale sulla sezione allo SLU
% V rinf	1	%	% di taglio di progetto da affidare al rinforzo
Lati rinf	2		n° lati su cui eseguire il rinforzo
Ved	917	daN	Taglio di progetto su singola parete allo SLU
ϕ	1		a favore di sicurezza
z	144	cm	braccio di leva sezione trasversale composta (0,9 x d totale)
bi	100	cm	larghezza dell'interfaccia della sezione trasversale composta

v _{ed,i}	0,1	daN/cm ²
	0,01	N/mm ²

σ_n	0	tensione prodotta dalla minima forza esterna simultanea al taglio (+ compres, - traz)
c	0,4	scabrezza di 3mm e passo circa 40mm ottenuta con graffatura,
μ	0,7	esposizione aggregati o altri metodi equivalenti
R _{ck}	38,3	N/mm ² resistenza cubica caratteristica cls
f _{ck}	31,8	N/mm ² resistenza caratteristica cls
f _{ctd}	1,40	N/mm ² resistenza a trazione di progetto cls
f _{cd}	18,01	N/mm ² resistenza a compressione di progetto cls
f _{yd}	391	N/mm ² tensione di snervamento di progetto armatura
L _{calcolo}	1000	mm lunghezza sezione di calcolo
s	400	mm passo spinotti
diam sp	12	mm diametro spinotti
n spin	5	n° spinotti sulla stessa linea della sezione
A _s	1414	mm ² area degli spinotti
A _i	1600000	mm ² area sezione
ρ	0,001	-
α	90	° limitato tra 45° e 90°
	1,57	rad
v	0,52	coefficiente di riduzione per sez. fessurata

Verifica a tranciamento dell'acciaio

V _{Rd} =	319138	N	>	V _{Ed} =	9172	N
-------------------	--------	---	---	-------------------	------	---

Verifica a taglio dell'interfaccia tra calcestruzzo esistente-calcestruzzo nuovo

V _{Rd,i} =	0,80	N/mm ²	>	V _{Ed,i} =	0,01	N/mm ²
---------------------	------	-------------------	---	---------------------	------	-------------------

SEZIONE con tipologia staffatura originale y - Tratto 3 (Appoggio)

GEOMETRIA SEZIONE

Sp. Orig.	12	cm
Sp. Rinf.	4	cm

PORZIONE ARMATURA TIPO Y

Ved	353289	daN	Taglio di progetto globale sulla sezione allo SLU
% V rinf	11	%	% di taglio di progetto da affidare al rinforzo
Lati rinf	2		n° lati su cui eseguire il inforzo
Ved	19431	daN	Taglio di progetto su singola parete allo SLU
ℓ	1		a favore di sicurezza
z	144	cm	braccio di leva sezione trasversale composta (0,9 x d totale)
bi	100	cm	larghezza dell'interfaccia della sezione trasversale composta

v _{ed,i}	1,3	daN/cm ²
	0,13	N/mm ²

σ _n	0	tensione prodotta dalla minima forza esterna simultanea al taglio (+ compresx, - traz)
c	0,4	scabrezza di 3mm e passo circa 40mm ottenuta con graffatura,
μ	0,7	esposizione aggregati o altri metodi equivalenti
R _{ck}	38,3	N/mm ² resistenza cubica caratteristica cls
f_{ck}	31,8	N/mm ² resistenza caratteristica cls
f _{ctd}	1,40	N/mm ² resistenza a trazione di progetto cls
f _{cd}	18,01	N/mm ² resistenza a compressione di progetto cls
f _{yd}	391	N/mm ² tensione di snervamento di progetto armatura
L _{calcolo}	1000	mm lunghezza sezione di calcolo
s	200	mm passo spinotti
diam sp	16	mm diametro spinotti
n spin	6	n° spinotti sulla stessa linea della sezione
A _s	6032	mm ² area degli spinotti
A _i	1600000	mm ² area sezione
ρ	0,004	-
α	90	° limitato tra 45° e 90°
	1,57	rad
v	0,52	coefficiente di riduzione per sez. fessurata

Verifica a tranciamento dell'acciaio

V _{Rd} =	1361655	N	>	V _{Ed} =	194309	N
-------------------	---------	---	---	-------------------	--------	---

Verifica a taglio dell'interfaccia tra calcestruzzo esistente-calcestruzzo nuovo

V _{Rd,i} =	1,59	N/mm ²	>	V _{Ed,i} =	0,13	N/mm ²
---------------------	------	-------------------	---	---------------------	------	-------------------

Rinforzo del dente di appoggio tegoli

Oltre a ripristinare l'anello di staffatura compromesso sarà necessario prevedere il ripristino della connessione a taglio del dente di appoggio inferiore del tegolo piano di copertura.

A tal scopo si prevede la posa in opera di nuove staffe a U che saranno posizionate a cavallo delle nuove staffe integrative ed avranno il compito di ripristinare il collegamento tra il lembo inferiore della trave e le nuove staffe. Tali staffe verranno ancorate alla trave in c.a. mediante idoneo ancorante chimico epossidico (si prescrive una resistenza di progetto minima per la resina pari a 49,2 kN per una barra Ø12 mm).

In sede di progetto verranno previste staffe a U, con barre da diametro 12 mm a passo 40 cm (per maggior dettagli si rimanda alla relativa tavola grafica).

Di seguito si riportano le verifiche numeriche delle staffe a U in progetto.

Anchorage length and lap length for characteristic steel strength $f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$ for good bond conditions							
$l_{a,min}$	Minimum anchorage length for simply supported connections under tension loading assuming $\sigma_{yk} = f_{yk}$						
$l_{a,min}$	Minimum anchorage length for overlap splice joint						
$l_{a,y}$	Anchorage length for simply supported connections (design for yielding)						
$l_{a,PR,y}$	Anchorage length for overlap joint (design for yielding)						
c_2	Coefficient of Concrete Cover						

Rebar-size [mm]	Concrete class	Design Resistance (Yielding) [kN]	$l_{a,min}$ [mm]	$l_{a,min}$ [mm]	$l_{a,y}$ ($c_2=1$) [mm]	$l_{a,y}$ ($c_2=0,7$) [mm]	$l_{a,PR,y}$ ($c_2=1$) [mm]	$l_{a,PR,y}$ ($c_2=0,7$) [mm]
ø8	C20/25	21,9	113	200	378	265	567	398
	C50/60		100	200	202	142	303	213
ø10	C20/25	34,1	142	255	473	331	710	497
	C50/60		100	200	253	177	380	290
ø12	C20/25	49,2	170	255	567	397	851	596
	C50/60		120	200	303	212	455	318

Rebar-size	Concrete class	Design Resistance (Yielding) [kN]	Cracked concrete bond resistance as per ETA			Uncracked concrete bond resistance as per ETA		
mm			$l_{bd,v}$ ($c_d=3\phi$) [mm]	$l_{bd,v}$ ($c_d=5\phi$) [mm]	$l_{bd,v}$ ($c_d=8\phi$) [mm]	$l_{bd,v}$ ($c_d=3\phi$) [mm]	$l_{bd,v}$ ($c_d=5\phi$) [mm]	$l_{bd,v}$ ($c_d=8\phi$) [mm]
ø8	C20/25	21,9	-	149	131	-	149	131
	C50/60		-	119	119	-	119	119
ø10	C20/25	34,1	-	209	113	-	209	109
	C50/60		-	108	103	-	108	100
ø12	C20/25	49,2	-	252	145	-	252	131
	C50/60		-	132	132	-	132	119

TRAZIONE MAX DA SOSTENERE ALLO SLU			
Nmax	4983 kg/m di trave totale		
Passo uncini	40 cm		
N° uncini	2 (4 gambe)		
Nmax,gamba	498 kg - trazione massima sulla singola "gamba" dell'uncino		
l _{b,min}	252 mm	calcestruzzo fessurato	
Nrd,k	49,2 kN -->	4920 kg	
l _{b,eff}	100 mm		
Nrd,k,eff	1952 kg		
γ _{m,cls}	1.5		
γ _{m,acc}	1.15		
Nrd,gamba	1132 kg	OK!!	