

Comune di Siligo

Provincia di Sassari

OGGETTO: Interventi di rigenerazione urbana finalizzati alla riqualificazione e al riordino degli ambiti urbani del centro di aggregazione sociale e dell'area esterna.

Legge regionale 19 dicembre 2023 n. 17 - articolo 1, commi 17 e 18

COMMITTENTE: Comune di Siligo

PROGETTISTA: Geom. Giovanni Mari - Arch. Adele Pinna

PROGETTO ESECUTIVO

TAVOLA

B

ELABORATO

Relazione strutture

scala

protocollo

revisione

data



Responsabile del Servizio Tecnico

Comune di Siligo

Ing. MASSIMILIANO CARBONI

Via Francesco Cossiga 42

07040 SILIGO

tel. 079 836003

RELAZIONE TECNICA STRUTTURALE

L'intervento strutturale in oggetto riguarda l'eliminazione di alcuni pilastri portanti del piano terra, con la loro sostituzione con travatura portante in CLS armato. I pilastri sono quattro della dimensione di 30x30 che sorreggono altri due piani sovrastanti, con una luce di 3,65 m tra uno e l'altro. La luce definitiva che dovrà essere sostenuta dall'intervento sarà di 10,45 m.

L'intervento sarà realizzato con una specifica sequenza di fasi :

- Scavi con verifica delle ipotesi del contesto, con valutazione delle fondazioni e di un campionamento delle consistenze del CLS portato a nudo
- Realizzazione del sistema di sostegno temporaneo
- Esecuzione di forature o passaggi necessari per la continuità del sistema definitivo in sostituzione dei pilastri.
- Eliminazione dei pilastri tramite loro demolizione , con l'ausilio di sistemi di sostegno temporanei.
- Posizionamento dei rinforzi di FRP nelle zone di massimo sforzo
- Eliminazione dei sostegni provvisori a seguito di adeguata maturazione dei getti

Le verifiche svolte al momento saranno ampliate in fase di scavo affinché siano confermate le condizioni minime di progetto. Qualora si dovessero presentare situazioni differenti le fasi e le lavorazioni dovranno essere rimodulate secondo le risultanze aggiornate.

La procedura principale sarà quella di inserire al di sotto della trave esistente, che al momento poggia sui pilastri, di una nuova trave dimensionata per sorreggere i carichi previsti. Adeguata attenzione dovrà essere applicata nella corretta e coordinata sequenza delle fasi al fine di evitare condizioni di carico non sostenute. La procedura deve considerare la presenza di elementi che non potranno essere rimossi e inserire i nuovi elementi portanti in maniera da non produrre interferenze o condizioni di cedimento successive. I sostegni in CLS avranno appoggio su specifiche strutture ricavate alle estremità delle travi. In un caso , quello che confina con la facciata principale è stato rinvenuto dalle verifiche in situ di un muro in CLS che sorregge la facciata, gettato in maniera inclinata verso l'interno della sala. Tale elemento è nascosto da una muratura in blocchi di spessore 30 cm . Il progetto prevede di realizzare un elemento portante nel muro inclinato realizzando un cuneo in CLS a riempimento con opportuni agganci con barre armate tale da realizzare la partenza delle nuove travi creando un ancoraggio con la struttura portante posteriore. La parte opposta dovrà essere sorretta da apposito muro in CLS, su specifica fondazione la cui definitiva esecuzione sarà definita a seguito degli scavi. Come da disegni allegati il sistema in CLS armato utilizzerà acciaio in barre tonde ad aderenza migliorata del tipo B450A e B450C, lavorato e tagliato a misura, sagomato e posto in opera a regola d'arte, compreso ogni sfrido, legature ed eventuale saldatura se richiesta nonché tutti gli oneri derivanti dai controlli e dalle certificazioni di legge; con impiego di barre con diametro da 10 a 16 mm. Il calcestruzzo a durabilità garantita per opere strutturali dovrà avere una classe di consistenza S4 , con dimensione massima dell'aggregato inerte di 31,5 mm, con classe di

resistenza caratteristica C35/45 a norma UNI 11104:2016, UNI EN 206-1, NTC di cui al D.M. 17/01/2018 e Linee Guida Consiglio Sup. LLPP - classe di esposizione XC1 - XC2

Inserimento elementi FRP

A seguito della parte che interesserà i getti in cls sarà realizzata una ulteriore fascia di irrigidimento con il posizionamento dei rinforzi in FRPI materiali polimerici fibrorinforzati FRP (Fiber Reinforced Polymer) sono materiali compositi costituiti da fibre di rinforzo immerse in una matrice polimerica; possono essere composti da fibre aramidiche, di vetro o di carbonio, combinati in genere con adesivi strutturali polimerici. Tali materiali trovano ampia applicazione nelle opere di consolidamento strutturale.

I sistemi di rinforzo FRP, oggetto delle linee guida, sono di due tipi:

- **sistemi preformati** (*pre-cured systems*), costituiti principalmente da elementi a forma di lastre sottili (lamine o nastri) preparati in stabilimento mediante pultrusione, o altri processi produttivi di comprovata validità tecnologica, e successivamente incollati in cantiere alla membratura da rinforzare con collanti forniti dallo stesso Fabbricante, comunque consistenti in polimeri termoindurenti. Sono escluse le barre e gli elementi di altre sezioni, differenti da quella rettangolare sottile
- **sistemi impregnati in situ** ad esempio (*wet lay-up systems*), costituiti da fogli o tessuti di fibre uni o multi-direzionali, impregnati direttamente in cantiere con resina polimerica termoindurente, che può fungere anche da adesivo al substrato interessato dall'intervento di rinforzo. Le due fasi costituenti il sistema di rinforzo devono essere entrambe commercializzate dallo stesso Fabbricante. In caso di ricorso ad altri materiali al fine di garantire la corretta adesione al supporto (ad esempio primer o rasatura) si precisa che gli stessi saranno costituiti in ogni caso da polimeri termoindurenti.

Nel progetto analizzato si utilizzerà il secondo sistema con impregnamento in situ, con la caratteristica che questa tecnica operativa sarà di ulteriore rinforzo ad un nuovo elemento che sarà realizzato in situ sempre in CLS armato. Tale scelta progettuale, di rinforzo alla successivo rinforzo in CLS e non sul elemento esistente. Tale procedura è stata ipotizzata al fine di non avere un incapsulamento delle fibre all'interno dei due differenti elementi, senza una loro regolare visione e una diminuzione parziale della loro resistenza. In tali condizioni non si potrebbe inoltre avere un adeguata analisi visiva del decorso e dello stato delle fibre.

Come da disegni allegati il sistema in CLS armato utilizzerà acciaio in barre tonde ad aderenza migliorata del tipo B450A e B450C, lavorato e tagliato a misura, sagomato e posto in opera a regola d'arte, compreso ogni sfrido, legature ed eventuale saldatura se richiesta nonché tutti gli oneri derivanti dai controlli e dalle certificazioni di legge; con impiego di barre con diametro da 10 a 16 mm. Il calcestruzzo a durabilità garantita per opere strutturali dovrà avere una classe di consistenza S4, con dimensione massima dell'aggregato inerte di 31,5 mm, con classe di resistenza caratteristica C35/45 a norma UNI 11104:2016, UNI EN 206-1, NTC di cui al D.M. 17/01/2018 e Linee Guida Consiglio Sup. LLPP - classe di esposizione XC1 - XC2

Il rinforzo a flessione si rende necessario per elementi strutturali soggetti ad un momento flettente di progetto maggiore della corrispondente capacità flessionale. In questo specifico caso l'intervento è da considerarsi come aggiuntivo a quello previsto in progettazione.

Infatti viste le condizioni esecutive, di particolare difficoltà operativa, visto che le fasi lavorative sono svolte all'interno del piano terra, con complicazioni per lo spostamento e il posizionamento

dei materiali il progetto prevede il posizionamento di specifici supporti temporanei per lo svolgimento delle lavorazioni in sicurezza

Le verifiche degli elementi rinforzati devono essere condotte sia nei riguardi degli stati limite di esercizio (SLE) che nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU), come definiti nella Normativa vigente.

Si deve verificare, mediante il metodo dei coefficienti parziali, che, in tutte le situazioni prevedibili, adottando i valori di progetto (o di calcolo) delle azioni, delle sollecitazioni e delle resistenze, non sia violato alcuno stato limite. Deve cioè risultare:

$$E_d < R_d$$

dove E_d ed R_d sono, rispettivamente, i valori di progetto (o di calcolo) della generica domanda (effetto, sollecitazione, ecc.) presa in considerazione e della corrispondente capacità (in termini di resistenza o di deformazione) nell'ambito dello stato limite esaminato.

Di regola, per l'elemento rinforzato, non può essere considerato un incremento della capacità di calcolo, dovuto al solo FRP, superiore al 60% di quella dell'elemento non rinforzato. Tale limitazione non si applica per azioni eccezionali e sismiche.

Per gli stati limite ultimi, possibili valori da attribuire ai coefficienti parziali, che nel caso dei materiali e dei prodotti di composito fibrorinforzato vengono riportati nella seguente Tabella 2-1, distinguendo i casi in cui il collasso avviene per rottura o per distacco del composito:

Tabella 2-1 – Coefficienti parziali γ_m per i materiali ed i prodotti.

Modalità di collasso	Coefficiente parziale	Applicazione tipo A	Applicazione tipo B
Rottura	γ_f	1.10	1.25
Distacco	$\gamma_{f,d}$	1.20	1.50

Le proprietà meccaniche (per esempio la resistenza a trazione, la deformazione ultima ed il modulo di elasticità normale) di alcuni sistemi di FRP degradano in presenza di determinate condizioni ambientali quali: ambiente alcalino, umidità (acqua e soluzioni saline), temperature estreme, cicli termici, cicli di gelo e disgelo, radiazioni ultraviolette (UV).

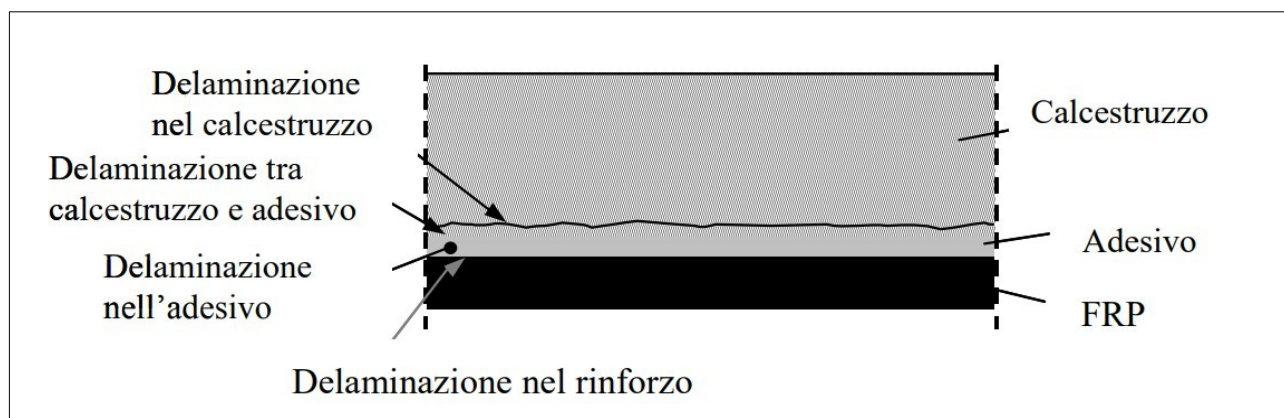
Di tali effetti si può tenere conto forfettariamente attraverso l'introduzione di un fattore di conversione ambientale, η_a , che per il caso in esame, essendo posizionato all'interno e non a contatto con ambienti di carattere estremo può essere considerato pari a $\eta_a = 0,95$.

Meccanismi Di Rottura Per Delaminazione

Nel rinforzo di elementi di c.a. mediante tessuti di materiale composito, il ruolo dell'aderenza tra calcestruzzo e composito assume grande importanza in quanto il meccanismo di rottura per delaminazione (perdita di aderenza) è di tipo fragile. Nello spirito del criterio di gerarchia delle resistenze tale meccanismo di crisi non deve precedere il collasso per flessione o per taglio dell'elemento rinforzato.

La perdita di aderenza tra composito e calcestruzzo può riguardare lamine o tessuti applicati all'intradosso di travi di c.a. per il rinforzo a flessione e sulle facce laterali (usualmente tessuti) per

il rinforzo a taglio. In linea di principio, la delaminazione può prodursi all'interno dell'adesivo, tra calcestruzzo ed adesivo, nel calcestruzzo o all'interno del rinforzo (ad esempio tra strati di tessuto orditi con differenti angoli di inclinazione delle fibre). Nel caso di rinforzi posti correttamente in opera, poiché la resistenza dell'adesivo è in genere molto più elevata di quella a trazione del calcestruzzo, la delaminazione avviene sempre all'interno di quest'ultimo con l'asportazione di uno strato di materiale, il cui spessore può variare da pochi millimetri fino ad interessare l'intero copriferro delle barre di armatura. Nel caso in progetto gli spessori di adesivo saranno applicati su materiale nuovo che dovrà necessariamente avere un tempo di stagionatura sufficiente, sia per la tenuta che per la corretta applicazione, che avverrà per fasi differenti. L'eliminazione dei pilastri presenti dovrà essere eseguita in modalità alternata al fine di garantire una corretta sovrapposizione delle fibre per la lunghezza necessaria.



Schema grafico di delaminazione.

Nella considerazione che il supporto sia di nuova fattura, le condizioni di delaminazione sono decisamente ridotte nella considerazione che i tempi di maturazione del CLS dovranno essere garantiti prima dell'applicazione delle fibre. Le caratteristiche dei materiali previsti in progetto sono le seguenti

La lamina che sarà utilizzata dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- Tensione di rottura a trazione: > 2.200 Mpa;
- Allungamento a rottura: 1.3%
- Modulo elastico a trazione: 165 Gpa
- Densità: 1.6 g/cmc.

Il sistema verrà posto in opera secondo le seguenti fasi e metodologie :

- tagliare la lamina in carbonio della lunghezza opportuna rispetto al rinforzo da eseguire, mediante utilizzo di un flessibile.
- pulire con acetone o solvente idoneo le facce della lamella eliminando eventuali tracce di sporco e di grasso sulle superfici.
- sul supporto precedentemente preparato applicare con spatola uno specifico adesivo epossidico bi componente, una quantità analoga andrà spalmata anche su una faccia della lamella.
- inserire all'intradosso della trave o del solaio la lamina in carbonio precedentemente tagliata che sarà applicata con una buona pressione con un rullo di gomma dura.
- successiva puntellatura temporanea per garantire un'efficace adesione della lamella al supporto.

Ampliamento fondazioni

Le condizioni al contorno per quanto riguarda la specifica sezione riguardante le fondazioni, prevede una realizzazione di un nuovo piano fondale. La conoscenza in merito alla reale situazione non sono al momento definibili con certezza. In questa condizione si suppone la realizzazione di una fondazione per parte delle dimensioni di 100x500 cm. Tale fondazione ha un appoggio su

materiale roccioso e non su terreno di riporto. Saranno comunque realizzati saggi profondi in fase di scavo per la verifica di tutto il piano fondale delle reali condizioni delle sottostrutture in maniera tale da valutarne le consistenza e l'eventuale connessione praticabile. Le caratteristiche dei materiali saranno le stesse di quelle previste per le strutture in elevazione e travi.

ALLEGATO n.1
TABULATI DI CALCOLO