



# Comune di Padova

Settore Lavori Pubblici  
Ufficio Edilizia Monumentale

## PROGETTO ESECUTIVO - STRALCIO 1

PADOVA CELESTE PARCO DELLE MURA E DELLE ACQUE  
RESTAURO DELL'ALA EST DEL CASTELLO  
CARRARESI (LLPP EDP 2021/053)

### Progettisti

*coordinamento e progettazione generale:*  
**GALEAZZO ARCHITETTI ASSOCIATI**  
via P. E. Botta n.1 - 35138 Padova - 049 655427  
architettogaleazzo@studiogaleazzo.it

*progettazione strutturale:*  
**FACCIO ENGINEERING SRL**  
via Astichello n.18 - 35133 Padova - 049 8647020  
posta@faccioengineering.com

*progettazione impiantistica:*  
**TFE INGEGNERIA SRL**  
via Friuli Venezia Giulia n.8 - 30030 Pianiga (VE) - 041 5101542  
amministrazione@tfeingegneria.it

*coordinamento sicurezza e prevenzione incendi:*  
**ESSETIESSE INGEGNERIA SRL**  
via P. Bronzetti n.30 - 35138 Padova - 049 8808237  
amministrazione.ingegneria@essetiesse.it

*Restauratore Beni Culturali:*  
**ADRIANO CINCOTTO**  
Cannareggio 2588 - 30121 Venezia - 041 2750077  
cincottorestauro@gmail.com

*Esperto aspetti energetici e ambientali:*  
**ING. MARCO SORANZO**  
via Tintoretto n.16 - 35030 Selvazzano Dentro (PD) - 348 3109523  
ingmsoranzo@gmail.com

*Geologo:*  
**DOTT. GEOL. PAOLO CORNALE**  
Strada di Costabissara n.17 - 36100 Vicenza (VI) - 348 3979406  
paolo.cornale55@gmail.com

### CUP

H96J20001530008

LLPP EDP 2021/053

### N° Progetto

APPR\_00

Nome file  
EG\_RST

Data  
**Novembre 2023**

### Elaborato

**RELAZIONE SULLE  
STRUTTURE**

Scala  
.....

### Rup

Domenico Lo Bosco

### Capo Settore

Matteo Banfi

**INDICE**

1   PREMESSA..... 2

2   Materiali e tecnologie utilizzati. .... 3

3   IL PROGETTO STRUTTURALE..... 3

    3.1   Tav. OS.01..... 3

    3.2   Tav. OS.02..... 4

    3.3   Tav. OS.03..... 4

    3.4   Tav. OS.04..... 4

    3.5   Tav. OS.05..... 4

    3.6   Tav. OS.06..... 5

    3.7   Tav. OS.07..... 5

    3.8   Tav.OS.08..... 6

    3.9   Tav. OS.09..... 6

    3.10   Tav. OS.10..... 6

    3.11   Tav OS.11 ..... 7

    3.12   Tav. OS.12..... 7

    3.13   Tav. OS.13..... 7

    3.14   Tav. OS 14..... 7

    3.15   Tav OS.15..... 8

    3.16   Tav. OS.16..... 8

    3.17   Tavv. OS.17 - 18..... 8

## 1 PREMESSA

L'intervento di consolidamento dell'ala Est del castello dei Carraresi, ha come obiettivo da un lato il condizionamento di alcune problematiche strutturali legate alla vetustà del manufatto, dall'altro consentire la realizzazione della nuova funzione museale.

Lo svolgimento delle analisi -stratigrafiche, indagini del sottosuolo- hanno portato in luce alcune problematiche che hanno necessitato modifiche ed affinamenti nello sviluppo dell'esecutivo. L'impatto degli impianti e alcune richieste di approfondimenti e modifiche legate all'autorizzazione dell'Ente di Tutela, hanno di fatto, oltre a quanto citato, comportato le variazioni di seguito descritte.

Il principio generatore di entrambi gli approcci è stato comunque confermato, consistendo nel garantire la conservazione, per quanto possibile, dei materiali e delle unità tecnologiche esistenti, considerando inoltre il ricco apparato decorativo che, seppur frammentato, è presente in modo diffuso, con il necessario raggiungimento della sicurezza.

Queste considerazioni hanno suggerito di impostare gli interventi strutturali con miglioramenti locali, tesi a condizionare i meccanismi di collasso, in particolare inibendo la possibilità di sviluppo di danni di primo modo-ribaltamento fuori piano- delle compagini murarie, intervenendo con modifiche dei rapporti costruttivi tra impalcati e strutture verticali. L' sviluppo dei percorsi di visita e la futura destinazione espositiva ha poi comportato interventi di adeguamento dei percorsi integrando il sistema distributivo con passerelle in carpenteria metallica, nuovi collegamenti verticali, nuovo ascensore, e l'innalzamento della sicurezza delle strutture esistenti con rinforzi locali.

Le indagini svolte hanno evidenziato una qualità medio bassa e non omogenea delle murature, e un assetto degli impalcati frutto di trasformazioni recenti che hanno previsto sia la sostituzione totale di alcuni solai lignei con elementi in latero cemento, a loro volta in alcuni casi ulteriormente trasformati. E' presente inoltre al primo livello un solaio in voltine di acciaio e volterrane in laterizio. Le prove di carico effettuate su elementi in latero cemento e solai in legno, hanno dato complessivamente risultati non sempre in linea con la funzione prevista, e l'aleatorietà di questi esiti in particolare legata all'effettiva fattura degli elementi recenti, ha consigliato, anche in virtù dello stato di conservazione delle strutture in calcestruzzo armato, una demolizione totale e una ricostruzione in alcuni casi e in altri la scarifica della cappa, quasi sempre priva di armature di ripartizione, con la sostituzione della medesima e l'impiego di connettori.

Le indagini al di sotto del piano di campagna hanno rilevato la presenza di un grande vano voltato sotterraneo rinforzato con putrelle in acciaio ma non una situazione deficitaria del sistema fondale che verrà comunque controllato in sede di realizzazione delle nuove pavimentazioni. Il principio seguito è quello già emerso in sede di definitivo, la realizzazione di strutture di nuova concezione che affiancano l'esistente, interventi che dichiarano la propria contemporaneità in un confronto continuo con l'esistente. Il dialogo a volte dissonante

tra il presente ed il futuro, viene mitigato grazie alla scelta di materiali e finiture in grado, pur nella leggibilità, una lettura complessiva unitaria e non dissonante.

## 2 MATERIALI E TECNOLOGIE UTILIZZATI.

In sintesi per le murature sono state ipotizzate operazione di risarcitura dei giunti nel caso di decoesione degli stessi accompagnata da una sostituzione puntuale dei blocchi non più idonei, iniezioni di riagggregazione della muratura con malte di calce idraulica a medio contenuto di legante e alcuni tratti di scuci e cucì. In alcuni casi sono stati inseriti alcuni diatoni artificiali per garantire una maggiore omogeneità del masso murario. Tutti gli interventi sono rivolti ad innalzare la sicurezza delle strutture con una attenzione alla conduzione di interventi manutentivi, facilitati da una possibile ispezione diretta o comunque necessitanti di limitati smontaggi per l'ispezionabilità dei principali elementi strutturali

Di seguito commentiamo gli interventi descritti graficamente nelle tavole.

## 3 IL PROGETTO STRUTTURALE

### 3.1 TAV. OS.01

La tavola descrive l'intervento al piano terra propedeutico all'opera di scoprimento dell'apparato decorativo presente nella sequenza dei pilastri verso la corte interna del castello. L'intervento consente anche la realizzazione di varchi nelle stanze retrostanti la corte che ospiteranno una parte del percorso espositivo. oltre a questi obiettivi, verranno ricavati vani sotto pavimentali e passaggi trasversali allo sviluppo principale del corpo di fabbrica, per le dotazioni impiantistiche.

L'intervento prevede oltre alle demolizioni e gli interventi accennati, la realizzazione di una grande trave composta in acciaio, realizzata con una doppia IPE 330, prevista in conci per la facilitazione della posa. La sequenza esposta nella tavola prevede prima la disposizione dei conci terminali della trave poggianti sulla mensola e la successiva posa di concio terminale. Il nodo trave - muratura viene realizzato per mezzo di una scarpa di appoggio ancorata alla parete mediante tasselli chimici. La solidarizzazione dei conci avviene con la realizzazione di flange di testa e un collegamento meccanico con bulloni. Gli elementi della trave composta, due IPE 330, sono solidarizzati all'estradosso con un piatto metallico saldato. I pilastri in muratura sono rinforzati grazie al posizionamento di lamiere in acciaio rese solidali previa preliminare stesa di malta tixotropica di regolarizzazione e successivo ancoraggio della piastra con tasselli chimici. Il pilastro così rinforzato è collegato ad una fondazione che è costituita dal dado esistente in muratura, del quale è opportuna una verifica di cantiere con una eventuale opera di consolidamento con rabberciamento e iniezione di calce idraulica colloidale in gel, ed una cinturazione ad anello in calcestruzzo armato, tale da garantire una tensione su terreno compatibile con la natura dello stesso descritto nella Tav. OS.02. I dadi di fondazione sono collegati dalla probabile presenza della fondazione sottomuro, demolito come accennato, e rinforzata come descritto nella Tav. OS.02.

### 3.2 TAV. OS.02

La struttura di fondazione dei pilastri esistenti e rinforzati, è costituita da plinti collegati mediante la realizzazione di una cuffia metallica che andrà a integrare la fondazione in muratura esistente. La muratura citata sarà oggetto di un preliminare controllo e l'eventuale intervento migliorativo sarà costituito da un ripasso della muratura e eventuale iniezione di consolidamento la muratura. Il plinto esistente, come accennato in precedenza, prevede un rinforzo per ridurre lo stato tensionale sul terreno, ottenuto grazie ad una cinturazione in calcestruzzo armato, resa solidale con la fondazione di collegamento dei plinti e la struttura in muratura esistente mediante barre di collegamento inghisate con resina epossidica.

### 3.3 TAV. OS.03

Il nuovo piano di calpestio è realizzato mediante il posizionamento di un solaio in lamiera grecata tipo A75/P 760, s= 1,2 mm, che poggia nella parte terminale su un profilo metallico, L 150 x 12, ancorato con tasselli alla muratura esistente e negli appoggi intermedi su muretti in laterizio di nuova realizzazione. Tra gli appoggi intermedi, nella parte centrale della stanza, è prevista la disposizione di un vano impiantistico che per consentire l'ispezionabilità, realizzato con una struttura a griglia metallica costituita da profili IPE 140. La tavola descrive alcuni dettagli presenti nella OS.01 in particolare la struttura metallica di appoggio della nuova pavimentazione in pietra e la disposizione di piedini regolabili, posati su magrone di pulizia in cls armato con rete diametro 6 mm maglia 20 x 20. Questa soluzione consente il passaggio e la posa di elementi facenti parte del sistema impiantistico. Nella trave di fondazione rinforzata con la cuffia metallica e connessa con la muratura mediante barre in acciaio, sono previsti dei passaggi impiantistici realizzati mediante un imbotte in lamiera per la continuità della struttura fondale.

### 3.4 TAV. OS.04

La tavola descrive la struttura a passerella del piano terra. Il sistema strutturale prevede la realizzazione di un graticolato di profili a T 100 x 11 sempre in acciaio. Per la riduzione della luce delle lastre in pietra è stata prevista la disposizione di profili scatolari 50 x 30 x 3. Il sistema è collegato alla muratura esistente mediante profili metallici L 120 x 10 ancorati alla parete. Il parapetto è realizzato con barre tonde del diametro 20 mm collegati mediante saldatura al profilo scatolare di bordo 120 x 50 x 5. Il corrimano è realizzato con una saponetta in acciaio 50 x 20.

### 3.5 TAV. OS.05

La tavola descrive l'intervento al piano terra della torre che è costituito principalmente da un vano sotto pavimentale con appoggi di bordo realizzati per l'ispezionabilità con una struttura a griglia metallica costituita da profili IPE 140 e lastre pavimentali amovibili. La struttura è completata nella parte rimanente, da una griglia metallica di appoggio della nuova pavimentazione avente modulo 60 x 60 cm, con la disposizione di piedini regolabili, posati su magrone di pulizia in cls armato con rete diametro 6 mm maglia 20 x 20. La struttura di appoggio alla pavimentazione appena accennata è realizzata con una lamiera grecata tipo A 55/P 600 s= 0,7 mm appoggiata su profili L 150x12. Nel vano adiacente che vede l'allocazione del corpo scala, è prevista una struttura di appoggio di una soletta in cls armato con rete elettrosaldata del diametro di 6 mm

maglia 20x20 spessore 5 cm, per il passaggio sotto pavimentale degli impianti. La struttura è realizzata con casseri a perdere poggianti su magrone in cls dello spessore di 10 cm armato con rete elettrosaldata diametro 6 mm e maglia 20 x 20.

### 3.6 TAV. OS.06

La tavola descrive il primo piano. In particolare è descritta la realizzazione di una asola a ridosso della muratura perimetrale per la leggibilità totale dell'apparato decorativo costituito dal sistema di pilastri decorati e ghiera degli archi. L'asola realizzata per mezzo della parziale demolizione del solaio esistente, strutturalmente sfrutta l'armatura del solaio in opera, che consente un comportamento a mensola, e da una chiusura di bordo realizzata con una lamiera a C di 5 mm vincolata alla struttura residua. La lamiera fungerà da ferma getto della nuova pavimentazione e da ancoraggio del nuovo parapetto costituito da un montante realizzato con piatti metallici 80 x 12. La lamiera di bordo sarà posata dopo la realizzazione di una regolarizzazione della parte residuale della demolizione del solaio in malta tixotropica. La solidarizzazione della lamiera al solaio esistente, avviene per mezzo di una barra passante del diametro di 20 mm verticale posizionata ogni 60 cm in corrispondenza di ogni travetto del solaio esistente. La struttura di bordo è completata dalla disposizione di profilo da L 100 x 6 ferma getto posto al di sopra della C precedentemente citata.

Oltre all'intervento di realizzazione dell'asola, si esegue il rinforzo del solaio in latero cemento esistente. La verifica strutturale porta la necessità di rinforzi a taglio in corrispondenza dell'appoggio alla muratura realizzato con la disposizione di un profilo UPN 65 solidarizzato al travetto esistente mediante barre diam. 14 mm passo 10 cm. In campata il rinforzo consiste nella disposizione di connettori da cls tipo Nano CEM- E passo 8/25 cm. E' prevista la connessione del solaio alla muratura di appoggio mediante la disposizione di una barra inghisata diam. 16 mm saldata al profilo UPN 65 per ogni travetto. Il rinforzo è completato dalla posa di una cappa in cls da 5 cm armata con rete elettrosaldata da 6 mm maglia 20 x 20, posata su un materassino in EPS per raggiungere la quota di progetto. Questa disposizione consente la realizzazione di una nervatura sempre in cls al di sopra della sezione in c.a. esistente. Il collegamento tra i due elementi è ottenuto per mezzo dei connettori del diametro di 7,5 mm tipo Nano CEM – E Tecnaria descritti in precedenza.

### 3.7 TAV. OS.07

La tavola descrive l'intervento sul secondo solaio che prevede la realizzazione del vano impiantistico sotto pavimentale come descritto nella Tav. OS.03 e il completamento del pavimento con un sistema flottante basato sulla posa di piedini regolabili e moduli 60 x 60 cm. La struttura è realizzata con appoggi di bordo realizzati per l'ispezionabilità in griglia metallica costituita da profili IPE 140 e lastre pavimentali amovibili. In corrispondenza della struttura del nuovo elevatore, descritta successivamente, è disposto un profilo ad L 120 x 12 per l'appoggio della parte residuale del solaio demolito.

### 3.8 TAV.OS.08

La tavola descrive la realizzazione di due strutture reticolari di piano, inserite per il condizionamento dei possibili danni di primo modo della muratura perimetrale verso la corte interna.

Al secondo livello di piano è realizzato un rinforzo FRCM, definito con strisce bidirezionali in PBO di larghezza 20 cm, incollate sulla soletta del solaio in latero cemento esistente con primer epossidico. Il rinforzo descritto è vincolato alle murature d'ambito con la posa di fiocchi in fibra PBO, passo 40 cm. Il solaio in legno esistente è rinforzato, previa demolizione preliminare della cappa, con soletta in cls armata con rete elettrosaldata diametro 8 mm maglia 20 x 20. La collaborazione tra il rinforzo e la struttura esistente è realizzata con connettori diam. 14 mm passo 15 cm.

Il condizionamento del fuori piombo esistente e della possibilità di ribaltamento del pannello murario, è completato con la realizzazione di una reticolare in carpenteria metallica disposta nella parte sommitale del muro perimetrale. La reticolare è realizzata con profili L 150x100x10 per i correnti superiori ed inferiori, con diagonali in piatto 120 x 10. La struttura di rinforzo è ancorata alle murature d'ambito con barre di ancoraggio diam 14 mm ogni 30 cm di lunghezza pari a 2/3 lo spessore murario. Il sistema di rinforzo è completato con la posa di catene in acciaio realizzate in piatto metallico 100 x 10, collegato alle murature di controvento con barre diam 14 mm passo 30 cm e la parte terminale collegata alle murature longitudinali mediante una scarpa ad L in acciaio e barra di ancoraggio del diametro di 16 mm con lunghezza pari a 2/3 lo spessore del muro.

### 3.9 TAV. OS.09

La realizzazione del nuovo solaio visto l'impegno strutturale è prevista con un impalcato in latero cemento con un doppio travetto alternato ad uno singolo e la disposizione di una correa in c.a., armatura 2 + 2 diam. 14 e staffe diametro 8 mm ogni 15 cm.

L'attacco a muro con un profilo in carpenteria metallica L 150 x 14, ancorato con tasselli chimici del diam. 16 mm passo 30 cm L= 30 cm e per il rinforzo prevede la posa in opera di una barra diam 12 mm ogni 20 cm disposta a quinconce e una barra di chiusura del getto del diam. 12 mm con quattro barre longitudinali diam 14 mm.

La nuova trave in c.a. 60 x 33 che consente l'appoggio al solaio esistente, è inserita in uno scasso della muratura di imposta condizionato mediante la stesa di uno strato di regolarizzazione di malta tixotropica fibrorinforzata e piastra metallica di ripartizione spessore 10 mm

### 3.10 TAV. OS.10

Consolidamento di un solaio ligneo esistente con la tecnica legno - legno. L'intervento prevede il rinforzo della struttura lignea primaria, con la posa di un pancone da 5 cm, collegato alla trave lignea esistente mediante connettori M 14 passo 15cm.

La trave principale presenta un irrigidimento del vincolo mediante la posa di un profilo metallico ad L 100x250x8, ancorato all'estradosso dell'elemento ligneo con una barra diam 14 mm passante e presentando nella parte intradossale una rondella con bullone.

### 3.11 TAV OS.11

La tavola descrive l'intervento all'ultimo solaio. E' prevista la demolizione di una porzione dell'impalcato esistente per la realizzazione di un volume a doppia altezza. La demolizione riguarda anche una porzione di solaio esistente per inserire il nuovo ascensore descritto successivamente. La demolizione del solaio esistente prevede la ricostituzione di un impalcato in latero cemento avente spessore 20 + 4 in appoggio ad un profilo ad L 150x12 ancorato alla muratura con tasselli del diam 14 mm/ 30 cm. La parte terminale del solaio è realizzata con un getto di calcestruzzo armato 25 x 24 con 4 barre diam 14mm e una barra diam 14 mm come armatura longitudinale.

La trave in calcestruzzo armato esistente che funge da chiusura del solaio parzialmente demolito, viene rinforzata con la tecnica del *beton plaqué*, rivestendo con lamiera da 12mm tutto lo sviluppo in sezione dell'elemento resistente. Il solaio esistente risezionato viene consolidato nella parte dell'ultimo travetto eliminato con due travi in calcestruzzo armato con 4 barre diam 14mm e staffe diam 8mm ogni 20 cm. Queste strutture sono ancorate alla muratura mediante una scarpa metallica collegata al muro esistente mediante 6 barre diam 16mm.

### 3.12 TAV. OS.12

La tavola descrive il rinforzo di un solaio in legno mediante la disposizione di una cappa collaborante in cls da 5 cm con rete elettrosaldata di diam 6mm maglia 20 x 20 e connettori di collaborazione consistenti in barre del diam di 14 mm con passo 15 cm.

### 3.13 TAV. OS.13

La tavola descrive il rinforzo della scala in pietra esistente. Oltre all'intervento di consolidamento diretto della pietra realizzato mediante eventuali imperniature in acciaio inox diametro 6 mm per la cucitura delle fessurazioni del gradino e un consolidamento corticale del materiale lapideo mediante applicazione a pennello di silicato di etile, è previsto un rinforzo eseguito con un tubo quadrato ancorato alla muratura mediante una piastrina in acciaio s= 3 mm ancorata alla muratura mediante la disposizione di 4 barre 10 mm. All'intradosso del tubo è prevista la posa di lamiera in acciaio inox AISI 304 finitura bronzo spessore 1,5 mm, fori da 4 mm con interasse 6 mm. La lamiera viene solidarizzata al tubo strutturale mediante rivetti in acciaio.

### 3.14 TAV. OS 14

La struttura portante dell'ascensore è prevista in carpenteria metallica, costituita da 4 profili tubolari in acciaio 100 x 5 mm, ancorati ad una fondazione a platea 180 x 180 x 15 armata con staffoni nelle due direzioni ortogonali del diam 12mm/ 15 L 380 cm. La colonna in acciaio è collegata alla fondazione mediante piastra e contro piastra dim 30 x30 x10 ancorata alla platea con 4 barre diam 16 mm L = 12 cm. Le colonne sono vincolate al piano di sbarco mediante la disposizione di piatti metallici spessore 200xLx10(mm) collegati



all'impalcato di piano con 2 barre diam 14mm/20cm L = 40 cm. La parte sommitale presenta un controvento a croce di S. Andrea realizzato con piatto metallico 30 x 3 x L(mm), ancorato al profilo tubolare di coronamento con barre del diam. di 10mm.

### 3.15 TAV OS.15

Realizzazione del nuovo pianerottolo di sbarco della scala realizzato in cls armato consistente in una soletta s= 15 cm con doppia armatura ortogonale del diam. 12 mm/15 cm. La soletta è ancorata alla muratura mediante barre da 12 mm L= 35 passo 45 cm.

### 3.16 TAV. OS.16

Intervento di risarcitura dei plessi fessurativi con tecnica differenziata in relazione alla dimensione della gola. Per dimensioni inferiori a cm 1,5 intasamento con malta di calce idraulica dosaggio 60 kg/mc. Per dimensioni della gola superiori a 1,5cm e inferiore a 3cm tecnica combinata di iniezione con dosaggio 60 kg/mc e rincocciatura con rasatura finale con malta di calce idraulica.

Rinforzo della trave rampante in legno mediante profilo metallico ad L 150x150x15 ancorato alla struttura lignea con barre diam 10mm passo 25cm. Collegamento del nuovo parapetto metallico alla struttura di rinforzo in acciaio utilizzando le barre precedentemente descritte. Disposizione di catena in acciaio con barra diam 20mm collegato con angolare metallico 150 x 150 x10 con inghisaggio in resina epossidica di 2 + 2 barre diam 14mm L= 30 cm.

### 3.17 TAVV. OS.17 - 18

Realizzazione di nuovo vano tecnico ottenuto dalla ristrutturazione di un edificio esistente.

Realizzazione di platea di fondazione spessore 20 cm posata su strato di magrone da 10 cm e armata con rete elettrosaldata diam 10mm maglia 20 x 20, collegata alla muratura mediante scassi nella muratura ed inserimento di connessioni a coda di rondine del diametro di 12mm passo 80 cm. Il primo solaio è costituito da una struttura primaria in acciaio HEA 180 passo 80 cm con soletta in lamiera grecata tipo A 55 P 600 spessore 10/10.

La soletta è ancorata alla muratura mediante la posa di barre diam 12mm per nervatura L = 80 cm inghisate nella muratura

La copertura è realizzata con struttura principale in HEA 160/ 80 cm, soletta in lamiera grecata tipo A 55 P 800 spessore 10/10 collegata alla muratura esistente integrata con un cordolo sommitale in calcestruzzo armato di nuova realizzazione. Il collegamento avviene per mezzo di una barra in acciaio diam 12mm annegata nel cordolo citato.

Infine, è prevista la realizzazione foro di passaggio a Nord dell'edificio "biglietteria" realizzato nella muratura esistente con la posa di tre profili IPE 240, collegati all'estradosso con piastra in acciaio s=12 mm previa preliminare regolarizzazione dello scasso della muratura realizzato con malta tixotropica fibrorinforzata.