



COMUNE DI PISA

DIREZIONE DN 15

COORDINATORE LL.PP E EDILIZIA PUBBLICA

LAVORI DI COMPLETAMENTO PER IL RECUPERO E LA RIQUALIFICAZIONE DEL COMPLESSO EX STALLETTE

PROGETTO ESECUTIVO

Responsabile Unico del Procedimento Ing. M. Aiello

Gruppo di progettazione:

PROGETTO ARCHITETTONICO:

Ing. Stefano GARZELLA

Geom. Pierluigi COSTA

Geom. Francesca FAVILLI

PROGETTO STRUTTURALE:

Ing. Benedetto Maggio

PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI:

Ing. Massimo MARTINI

PROGETTO IMPIANTI TERMOMECCANICI E IDRO-SANITARI:

Ing. Stefano SARTOR

SUPERVISIONE ASPETTI STORICO-ARTISTICI:

Arch. Sergio ALABISO

COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Relazione tecnica specialistica - STRUTTURE

Codice elaborato Rev.

ES A 1

Data

MAGGIO 2015

Scala

Rev.	Data	Motivazione	Redatto	Verificato	Approvato

EXSTALLETTE – EDIFICIO B

RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA

Sommario

EXSTALLETTE – EDIFICIO B	1
RELAZIONE TECNICO-ILLUSTRATIVA	1
1. NOTIZIE STORICHE.....	2
2. STATO ATTUALE.....	2
3. INTERVENTO PROGETTUALE	4
4. RELAZIONE SULLE FONDAZIONI.....	7
5. RIFERIMENTI NORMATIVI IN BASE AI QUALI SONO STATE SVOLTE LE ELABORAZIONI DI CALCOLO;.....	8
6. MATERIALI IMPIEGATI.....	9
6.1 CALCESTRUZZO STRUTTURALE	9
6.1.1 GENERALITA'	9
6.1.2 Strutture di fondazione	9
6.2 CALCESTRUZZO MAGRO	9
6.3 CALCESTRUZZO ALLEGGERITO IN ELEVATO.....	10
6.4 ACCIAIO DA CEMENTO ARMATO.....	10
6.5 ACCIAIO DA COSTRUZIONE.....	10
6.6 SOLAIO LIGNEO.....	10
6.7 MURATURE	10
6.8 MALTA PER INTONACI ARMATI e CONSOLIDAMENTO VOLTE	10
6.9 RETI FIBRA DI VETRO	10
6.10 CONNETTORI IN FIBRA ARAMIDICA.....	11
7. PIANO DI MANUTENZIONE.....	12

1. NOTIZIE STORICHE

Non si hanno molte notizie in merito. Gli edifici, situati presso la torre di Sant'Agnese, appena a sud delle mura storiche della città di Pisa, risultano edificati nella metà del XIX secolo e sono stati impiegati nel tempo come macelli, stalle, residenze. Le strutture sono tipiche dell'epoca (tetto con travi e travicelli lignei, volte in foglio, pareti in mattoni e malta di calce), sebbene sia indubbiamente verosimile che la parete ovest risalga ad un periodo precedente, probabilmente coevo delle mura tesse, dato il suo spessore (quasi 2 m, come quello delle mura, su cui si attesta a nord) e la sua fattura; e sebbene le condizioni attuali risentano di interventi pregressi anche recenti con impiego di materiali in uso oggi (strutture in calcestruzzo armato)

2. STATO ATTUALE

L'edificio, di pianta rettangolare delle dimensioni di 19,0x6,60 m, presenta una struttura atipica. Verso ovest è presente uno spesso muro (larghezza 1,90 circa) che sembra avere le stesse caratteristiche costruttive delle mura storiche della città, su cui si innesta verso nord. Esso è stato rimaneggiato e probabilmente ridimensionato in altezza per consentire l'accesso da terra attraverso una scala che si sviluppa sulla sinistra dell'ingresso e che probabilmente proseguiva proprio sul muro stesso. Gli ultimi gradini, scavati all'interno di esso sono ancora perfettamente conservati e rappresentano la parte terminale dell'accesso al Camminamento sulle mura stesse.

Ad est del muraglione si sviluppa, con spessori di murature più usuali generalmente variabili tra i 30 e i 50 cm, l'edificio che, a parte il vano scale già detto, presenta 3 campi di solaio e si sviluppa su due piani.

Le murature sono prevalentemente costituite da laterizi pieni di pezzatura varia e da malta di calce. Le teste dei laterizi più regolari, visibili nei muri trasversali in corrispondenza delle aperture di collegamento ai piani, sono di 14-15 cm.

Sono presenti su essi interventi recenti, come chiusure di vani con mattoni pieni o semipieni (primo piano e primo pianerottolo scala) o tipo doppio UNI (sottoscala) di foggia ed aspetto attuale, aperture di vani con architravature metalliche, nonché interventi meno recenti di chiusura di vani

con muratura di elementi laterizi tipo mezzana murati a coltello, rilevati sulla parete interna del vano scale.

Di recente fattura appare l'esecuzione di un cavedio a struttura in c.a., presumibilmente idoneo ad ospitare un vano ascensore e motivo del taglio della volta al primo piano in corrispondenza dell'ingresso, che risulta puntellata. Sono recenti anche le rampe della scala e la soletta di sbarco al secondo piano (limitato al solo campo contenente il vano ascensore), entrambe realizzate con solette di c.a., i cordoli coronamento del fabbricato, anch'essi di c.a. e la copertura a struttura lignea.

Gli orizzontamenti al primo piano sono voltati a botte con un leggero raccordo anche sui lati trasversali, sicchè potrebbero definirsi più propriamente a schifo. Le volte sono presumibilmente in foglio. La generatrice principale, ossia quella che definisce l'intradosso a botte, della volta del vano in adiacenza alle mura è ortogonale alle mura stesse, mentre quella del campo contiguo è orientata trasversalmente.

In corrispondenza dell'apertura ad arco dell'ingresso, sul lato opposto, ossia nello spessore del muraglione, è presente una nicchia ricavata con il taglio della muratura, probabilmente rimaneggiato più volte. Il tamponamento della nicchia verso l'esterno è murato in parte con laterizi simili ai doppio UNI, in parte con mattoni aventi forami orientati nella lunghezza e murati ad una testa, sicchè l'asse di maggior resistenza risulta orizzontale anziché verticale, come è norma che sia.

E' improponibile attribuire a tale tamponamento un significativo apporto di resistenza, data la sua tessitura muraria e la dimensione del tutto trascurabile rispetto alla mole del maschio circostante.

Nelle due campate a nord di quella di ingresso si ha notizia della realizzazione di un recente vespaio con elementi plastici del tipo "iglù".

La copertura della campata del vano ascensore risulta recentemente demolita. Sono presenti cordoli e travi di c.a. su cui reimpostarla. Tuttavia motivi geometrici di minima funzionalità dell'ascensore ne richiedono, nella ricostruzione, una traslazione media verso l'alto di circa 1,65 m. Le cordolature sommitali di c.a. già realizzate ne consentono l'agevole impostazione.

Per gli altri dettagli dello stato di fatto si veda anche l'apposita tavola grafica.

3. INTERVENTO PROGETTUALE

Elemento più significativo dell'intervento è la realizzazione della copertura della campata del vano ascensore ad un livello superiore, con un modesto aggravio di peso attribuibile alle pareti di sopraelevazione e alla veletta a forma di loggia sul lato ovest.

Dato la modesta estensione superficiale (13% della complessiva), ad avviso dello scrivente ha le caratteristiche di può ritenersi un intervento locale anche se l'innalzamento della copertura supera lo spessore normalmente attribuibile ad una trave di gronda.

Questa piccola "altana" di copertura del pianerottolo di arrivo di scale ed ascensore è prevista chiusa su lati sud e nord, aperta verso est, è delimitata da una paretina aperta in arcate sul lato ovest.

La copertura viene realizzata a struttura lignea con travi e travicelli di castagno. Una soletta di calcestruzzo alleggerito realizza l'irrigimento delle falde. Gli appoggi sono sulle tre pareti ai lati e sulla stessa struttura del vano ascensore.

Le pareti degli allineamenti murari interessati dal peso del manufatto – si ricorda che la massa aggiuntiva non supera le 7 tonnellate se si prescinde dalla copertura, comunque preesistente e da ricostituire - vengono rinforzate al fine di sopportare, anche dal punto di vista sismico, le nuove condizioni in assenza di aggravio tensionale, nell'ottica del miglioramento delle condizioni preesistenti.

Ciò viene realizzato in parte con cappa armata, in parte con rinfianco di parete in mattoni pieni, in parte con integrazione muraria. Il quarto lato, aperto, non è tuttavia privo di appoggio per la presenza della struttura del vano ascensore.

Un altro intervento si localizza al primo piano, dove vengono svuotati i riempimenti delle volte, realizzato un rinforzo con fibra di vetro e realizzato un nuovo riempimento di materiale coerente ma più leggero di quello esistente, ossia un calcestruzzo di leca e calce ad alta resistenza debolmente armato. Ciò consente tra l'altro, attraverso l'impiego di barre terminanti con capochiave ed ammorsamenti nelle murature perimetrali, di ancorare con efficacia lo stesso orizzontamento alle pareti in muratura. Si precisa che quest'ultimo intervento non è dettato dalla necessità, perché non vi sono indizi di deficienza statica, ma dall'opportunità di una riduzione della vulnerabilità sismica tipica delle volte in foglio. Le tramezzature soprastanti sono previste in cartongesso, al fine di evitare inutili appesantimenti localizzati. Nella campata del vano scale, l'attuale volta tagliata e puntellata, verrà demolita e sostituita con un solaio ligneo avente le stesse caratteristiche costruttive

di quelle descritte per l'altana. Una serie di cordolature leggere e connessioni vengono adottate sempre allo scopo di una valida connessione alle pareti. Nel complesso, a questo piano, è prevista una riduzione del carico permanente, con il vantaggio che può conseguirne in termini di azione sismica.

Sia al fine di rendere neutra l'altana rispetto alle strutture preesistenti, anche in fondazione, viene eseguito, al piano terra, un nuovo vespaio aerato, bordato da cordolature ammorsare alle superfici laterali delle pareti esistenti, in grado di rinfiancarle ed aiutarle a diffondere sul terreno il modesto incremento di carico. Ciò consente tra l'altro di uniformare la soluzione adottata in passato nelle altre campate per isolare il capestio del piano terra.

Lo schema di intervento, ossia il suddetto rinfianco, viene replicato su due lati della parete esterna. Ciò non perché si abbiano indizi di deficienza statica in fondazione dell'edificio esistente – il quadro fessurativo è di fatto inesistente – ma soltanto per un adeguamento alla necessaria portanza, nell'ipotesi che la parete non abbia già allargamenti fondali di dimensione pressoché simile a quella prevista. Un accurata indagine di scavo in corso d'opera potrà eventualmente escludere l'utilità del rinfianco.

Non essendo risultata attendibile la modellazione spaziale, quindi abbandonata, l'analisi del confronto tra condizioni iniziali e finali è stata effettuata sui tre allineamenti coinvolti dalla sopraelevazione, ossia quelli delimitanti la campata del vano ascensore verso ovest, sud e nord. Sul lato est viene realizzata una nuova parete che chiude il sistema, conferendogli anche la necessaria rigidità a torsione. La parete non emerge dalla falda del tetto, ma viene connessa, attraverso un cordolo di coronamento alla struttura dell'ascensore, cui è affidato il trasferimento dell'azione tagliante fino alla nuova copertura. Non potendosi considerare rigidi gli orizzontamenti della struttura, non ha significato il confronto analitico per allineamenti differenti, in quanto per essi le condizioni iniziali e finali sono di fatto coincidenti.

Il confronto ha evidenziato che le condizioni degli allineamenti coinvolti sono migliorate (in termini di pga) rispetto a quelle originarie, quantunque in maniera non significativa. In particolare è possibile notare che l'allineamento ovest, in cui sia la massa sia la rigidità sono in gran parte attribuibili a quelle della parete stessa. Pertanto sia l'incremento di massa sia quello di rigidità sono del tutto trascurabili e il miglioramento si apprezza solo sulla seconda o terza cifra decimale della pga. Ciò risulta ancor meno significativo se si pensa che lo stesso allineamento, sia nella

condizione attuale, sia in quella modificata, ha un indice di resistenza superiore ad 1, ovvero una sismoresistenza adeguata all'accelerazione di progetto della zona.

IL Progettista delle Strutture

(Ing. Benedetto Maggio)

4. RELAZIONE SULLE FONDAZIONI

Il sistema fondale non è significativamente interessato dall'intervento, che non prevede apprezzabili variazioni di carico su un edificio che non presenta quadri fessurativi indizio di deficienza delle fondazioni.

La relazione geologica e di caratterizzazione geotecnica redatta dal Dott. Geol. Marco Redini è comunque stata di aiuto per escludere la presenza di sabbie suscettibili di liquefazione e per attribuire il parametro S all'azione sismica, dipendente dal tipo di terreno risultato "C", tuttavia ininfluente in gran parte delle analisi stante la natura di confronto delle analisi stesse tra stato attuale e modificato.

Le indagini effettuate per la caratterizzazione meccanica dei terreni sono una CPTU e un sondaggio a 20 m.

Da essi è stato dedotta una fitta alternanza di argille limi e sabbie. Verosimilmente le fondazioni esistenti dovrebbero insistere sul secondo strato (argilla tenera – $c_u=31 \text{ kN/m}^2$). Ciò è senz'altro favorevole alla sicurezza in quanto lo strato appena sottostante ha caratteristiche decisamente migliori (Limo argilloso – $c_u=115 \text{ kN/m}^2$).

La falda è stata rilevata a -2 m dal p.c. (vedi CPTU)

Quantunque sia citata in relazione la classe d'uso III, che si è voluto continuare ad prudentemente nelle analisi sismiche eseguite, l'edificio non risulta suscettibile di significativo affollamento, essendo destinato a normali uffici.

Il Progettista delle Strutture
(Ing. Benedetto Maggio)

5. RIFERIMENTI NORMATIVI IN BASE AI QUALI SONO STATE SVOLTE LE ELABORAZIONI DI CALCOLO;

La normativa seguita per le elaborazioni di calcolo è la seguente:

- 1) D.M. 14.01.2008 “Norme tecniche per le costruzioni”;
- 2) Circolare n° 617 del 02/02/2009 - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»
- 3)

Il Progettista delle Strutture

(Ing. Benedetto Maggio)

6. MATERIALI IMPIEGATI

6.1 CALCESTRUZZO STRUTTURALE

6.1.1 GENERALITA'

Con riferimento prevalente alle UNI EN 206-1, si prevede la utilizzazione, per tutte le strutture di cemento armato, di calcestruzzo a prestazioni garantite, avente caratteristiche aggiuntive concernenti la composizione della miscela.

Poiché la costruzione sorge nell'entroterra, in zona non esposta al gelo, sulla base del Prospetto II della UNI EN 206-1, la classe di esposizione risulta la XC2 (bagnato, raramente asciutto) per le travi di fondazione e XC3 (umidità moderata) per gli ambienti interni (elevazione) anche in considerazione della diretta esposizione della superficie faccia vista.

In corso d'opera saranno eseguiti i controlli di cui al capitolo 11 del D.M. 14.01.2008

6.1.2 Strutture di fondazione

Prestazioni garantite:

Resistenza caratteristica a 28 giorni: Classe C25/30 N/mm²

Classe di consistenza: almeno S4 (abbassamento al cono superiore a 100 mm)

Assorbimento di acqua secondo UNI 7699: minore del 12%

Prescrizioni sulla miscela:

Dosaggio minimo di cemento: 300 kg/m³

Dimensione massima nominale dell'aggregato: 32 mm

Rapporto acqua/cemento: 0,60

Additivo fluidificante non dannoso per la durabilità del calcestruzzo e la corrosione delle armature

Additivo fluidificante non dannoso per la durabilità del calcestruzzo e per la corrosione delle armature.

6.2 CALCESTRUZZO MAGRO

Per sottofondazioni, riempimenti e getti non armati, si impiegherà calcestruzzo con resistenza caratteristica a 28 giorni: Classe C12/15 N/mm².

6.3 CALCESTRUZZO ALLEGGERITO IN ELEVATO

Calcestruzzo leggero avente : Classe LC22/28N/mm². Inerte argilla espansa. Peso specifico in opera ≤ 1600 daN/mc premiscelato a peso e resistenza garantita – Consistenza S4.

6.4 ACCIAIO DA CEMENTO ARMATO

4.3.1.- Acciaio in barre tonde ad aderenza migliorata, saldabile, tipo 450C controllato in stabilimento, avente caratteristiche meccaniche e tecnologiche di cui al punto 11.3.2. del D.M. 14.01.2008.

4.3.2.- Acciaio in reti elettrosaldate 450C o 450A, aventi caratteristiche meccaniche e tecnologiche di cui al punto 11.3.2. del D.M. 14.01.2008.

6.5 ACCIAIO DA COSTRUZIONE

3.5.1.- Acciaio tipo S 275 secondo UNI EN 10025-2 verniciato

4.4.2.- Tirafondi e bulloni classe 8.8 cadmiati

4.4.3.- saldature di classe 1

6.6 SOLAIO LIGNEO

La qualificazione è regolata dai punti A e C del capitolo 11.1 ovvero dal punto 11.7.10 del D.M. 14/01/2008.

Il Legno dovrà essere massiccio di Classe di resistenza D30 (secondo UNI EN 338).

Caratteristica di resistenza a flessione $f_{m,k} = 30 \text{ N/mm}^2$

6.7 MURATURE

Si useranno di norma mattoni semipieni con percentuale di foratura <45% ovvero mattoni pieni (se richiesto dalla D.L.)

$F_{bk} \geq 20 \text{ N/mm}^2$

Malta a prestazione garantita M10

6.8 MALTA PER INTONACI ARMATI e CONSOLIDAMENTO VOLTE

Malta da muratura, garantita per intonaci armati, a prestazione garantita per l'utilizzo esterno in elementi soggetti a requisiti strutturali", di classe M 15.

6.9 RETI FIBRA DI VETRO

Grammatura 250 g/m²

Modulo elastico 62-75 GPa;

Resistenza filamento >3000 MPa

Allungamento % a rottura >3

6.10 CONNETTORI IN FIBRA ARAMIDICA

diametro 10 mm

Modulo elastico ≥ 100 GPa;

Resistenza a trazione ≥ 1600 MPa;

Allungamento % a rottura $\geq 1,5$

Il Progettista delle Strutture

(Ing. Benedetto Maggio)

7. PIANO DI MANUTENZIONE

Per gli elementi metallici interni la manutenzione potrà limitarsi ad una ispezione periodica (ogni 5 anni) alla ricerca di eventuali comparse ruggine o screpolature delle superfici in vista.

Eventuali riparazioni per riscontrata ossidazione dell'acciaio dovranno essere eseguiti con idonei prodotti, rispettando il ciclo di lavorazione di seguito descritto:

- spazzolatura e smerigliatura delle superfici fino a ritrovare il vivo del metallo;
- applicazione di vernice zincante a freddo data in due mani sul metallo, preventivamente disossidato.

Per le teste delle catene esposte (capochiavi) l'ispezione visiva deve invece avvenire ogni 2 anni, con eventuali analoghi provvedimenti.

Per le strutture di fondazione non si possono di norma effettuare controlli diretti. Si potrà verificare nel tempo la riuscita dell'opera di sottofondazione attraverso il monitoraggio di un'eventuale evoluzione delle lesioni eliminate. Eventuali riparazioni per riscontrato ammaloramento dei copriferri dovrà essere eseguita con idonei prodotti, rispettando il ciclo di lavorazione di seguito descritto:

- scarifica con martello demolitore e finitura manuale delle superfici degradate di c.s. fino a raggiungere la superficie sana e compatta, secondo le necessità;
- pulizia con idropulitrice o sabbiatrice di tutte le superfici esposte per la preparazione alle lavorazioni successive;
- applicazione di anticorrosivo bicomponente alcalinizzante dato in due mani sui ferri di armatura scoperti, preventivamente disossidati;
- applicazione di malta reoplastica premiscelata e rinforzata con fibre sintetiche, data per spessore qualsiasi, necessario per ripristinare la planarità delle superfici e successiva rasatura delle superfici trattate con analogo prodotto ed idonea attrezzatura;
- applicazione di due mani pittura protettiva a tutte le superfici in vista, con prodotto monocomponente a base acrilica, tipo traspirante anticarbonatazione.

Per le strutture in elevazione di c.a. si farà un controllo visivo ogni due anni. Va tenuto conto del fatto che eventuali ammaloramenti sono in genere segnalati da rigonfiamenti dell'intonaco o screpolature dei rivestimenti superficiali. La manutenzione delle strutture rinforzate con cappe e telai metallici potrà essere limitata all'ispezione periodica annuale alla ricerca di eventuali comparse micro fessure, screpolature o affioramenti di colature rugginose sulle superfici in vista.

Eventuali riparazioni per riscontrato ammaloramento dei copriferri dovrà essere eseguita con idonei prodotti, rispettando il ciclo di lavorazione prima descritto per le strutture di fondazione.

Per le volte rinforzate l'unico controllo possibile è quello della formazione di eventuali fessurazioni in intradosso. Nel qual caso è necessaria apposita valutazione caso per caso in quanto l'intervento eventualmente necessario non potrà considerarsi di manutenzione ordinaria.

Per i solai lignei si prescrive un controllo visivo con carrello elevatore ogni 5 anni, contestualmente al controllo delle travi metalliche).

Qualora vi fossero segni di ammaloramento dovuti ad aggressione di parassiti in genere si procederà ad idoneo trattamento a mezzo di idonei trattamenti superficiali in dipendenza del problema individuato.

Il Progettista delle Strutture

(Ing. Benedetto Maggio)