

Consolidamento e impermeabilizzazione con betoncino additivato

Mordagà Mirko, Ingegnere, Docente a contratto presso DESTEC - Dipartimento di Ingegneria dell'Energia, dei Sistemi del Territorio e delle Costruzioni - Università di Pisa.

L'intervento in esame riguarda la risoluzione di un problema di infiltrazione di una parete contro terra, realizzata in muratura mista a pietre, facente parte di un edificio contiguo ad una torre, entrambi di epoca medievale. Al di sotto del muro in esame è presente un antico corridoio anch'esso risalente al periodo medievale.

ANALISI DEL CONTESTO

La parete che presentava problemi di infiltrazione, è una parete controterra che fa parte di un edificio storico risalente all'impianto medievale, di un borgo in provincia di Pisa. L'edificio in esame è sviluppato su tre piani fuori terra. Il piano terra ha tre lati liberi, e uno confinante con un altro edificio. La parete che costituisce il confine è realizzata in muratura mista a pietre e mattoni, per il tratto controterra, e in pietra a conci squadrati per il tratto in comune con la torre medievale.



Figura 1 Facciata dell'edificio oggetto di intervento

La parete controterra in esame, oltre ad essere una delle pareti portanti dell'edificio, prosegue verticalmente ad un livello interrato e costituisce una delle pareti del corridoio sotterraneo che collega il palazzo signorile, antistante l'edificio in esame, con l'esterno delle mura del nucleo medievale. Il livello superiore del terreno, confinante con la parete controterra è realizzato con pietre murate a secco, presumibilmente di epoca medievale, che costituiscono il selciato della chiostra a cielo aperto del palazzo comunale adiacente.

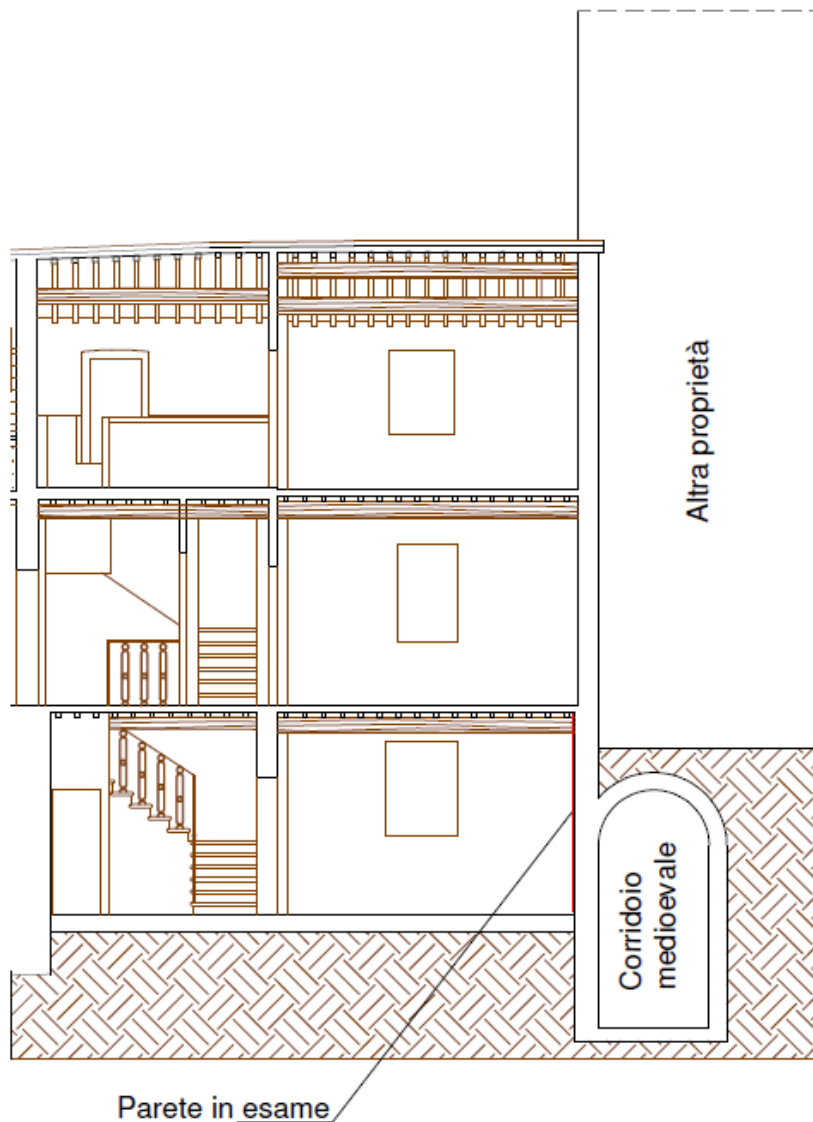


Figura 2 Sezione parziale dell'edificio oggetto di intervento

STUDIO DELLE CAUSE DI INFILTRAZIONE

La condizione vetusta, in cui gravava l'edificio prima dei lavori, non ha permesso di individuare possibili problemi di infiltrazione. La presenza di umidità nelle pareti del piano terreno è di fatto tipica di costruzioni realizzate su tessuti storici, soprattutto medievali. Il caso in esame è anche

aggravato da una esposizione solare che, a causa delle strette vie del centro storico, ne rendono difficile l'irraggiamento solare se non per poche ore giornaliere.

Dopo la fase di stonacatura, è stato effettuato un controllo dell'umidità della parete e si è deciso di utilizzare un intonaco macroporoso. Le problematiche di infiltrazione non si erano ancora manifestate in modo palese. Monitorando la parete, dopo la fase di intonacatura, è emerso il problema delle infiltrazioni di acqua. Infatti, l'acqua inizialmente ha creato delle chiazze sulla muratura a circa 1,60 metri di altezza rispetto al piano del pavimento, per poi progressivamente interessare tutta la parete. Osservando con attenzione l'infiltrazione, questa tendeva ad aumentare ed essere ben visibile durante le intense piogge, proprio a dimostrare una correlazione con una infiltrazione da acqua piovana.

Esternamente, l'attacco tra la muratura ed il selciato medievale era stato opportunamente sigillato con malta elastica. Il selciato presentava una pendenza favorevole all'allontanamento delle acque meteoriche dalla parete, e la presenza di griglie per lo scolo di acque piovane non faceva ipotizzare problematiche di infiltrazione diretta. Osservando in dettaglio la chiostra si poteva osservare la presenza di fognature di recente realizzazione, anche se quest'ultime, per loro natura, non potevano essere messe in correlazione diretta con le acque meteoriche. Non è stato però possibile indagare il percorso dello scolo delle acque meteoriche dalla torre medievale. È infatti presumibile che le condotte medievali realizzate in cotto e in pietra, abbiano ceduto, creando le problematiche di infiltrazione fin qui descritte.

La chiostra, essendo di altra proprietà ed avendo un valore storico che non ne consentiva opere distruttive, non ha permesso la risoluzione del problema a monte.

RISOLUZIONE DEL PROBLEMA

Le infiltrazioni, che di per se rappresentano un problema per la salubrità dell'ambiente, nel caso in esame, hanno anche una ripercussione dal punto di vista strutturale. Infatti, il passaggio dell'acqua, a lungo andare, avrebbe potuto allargare le micro fessure presenti, creando un indebolimento della parete. Come si può notare dalla sezione di figura 2, la parete, oltre ad essere caricata verticalmente dal peso dei solai e dalla muratura soprastante, è sollecitata anche da un carico orizzontale esercitato dal terreno e dallo scarico della volta del corridoio interrato.

Potendo intervenire soltanto nella parte interna dell'edificio è stato realizzato un betoncino armato. Quest'ultimo, analizzando le sollecitazioni esercitate dal terreno e dalla volta, ed i vicoli della parete, è stato posto sul lato in trazione. Il betoncino ha di fatto migliorato il comportamento statico della parete non alterando l'assetto statico globale dell'edificio.

La scelta del sistema impermeabilizzante, per risolvere il problema dell'infiltrazione, è stata condizionata dalla natura della parete e dalle condizioni al contorno.

Non potendo intervenire sulla parte esterna della parete, l'unica soluzione possibile è stata quella di intervenire dall'interno. La tessitura della parete in pietre e mattoni non squadri, disposti irregolarmente e la presenza di piccole canalizzazioni di impianti, non ha consentito l'impiego di malte osmotiche in controspinta.



Figura 3 tessitura della parete controterra



Figura 4 Dettaglio della tessitura muraria

La presenza del betoncino ha invece suggerito l'utilizzo di additivi impermeabilizzanti. Nello specifico è stato utilizzato CRISTAL MIX¹ con il seguente mix design consigliato dal produttore:

TIPOLOGIA DEL CALCESTRUZZO				
Classe di resistenza	Classe di consistenza	Classe di esposizione	Rapporto A/C	D _{max}
RcK 30 MPa	S4	XC2	0,60	25 mm

In conformità alle Norme Tecniche per le Costruzioni Testo Unico DM 14/01/2008.

MIX DESIGN	DOSAGGIO DI CEMENTO		
	Cemento II/A-LI 32,5 R (Superbeton CE 0925-CPD-Ce a n. 43/2006)	Kg/m ³	320
	DOSAGGIO AGGREGATI SSA		
	Sabbia (Superbeton CE 1305-CPD-0 108)	Kg/m ³	905
	Ghiaia (Superbeton CE 1305-CPD-OI08)	Kg/m ³	675
	Ghiaia (Superbeton CE 1305-CPD-0108)	Kg/m ³	350
	DOSAGGIO ACQUA	lt/m ³	165
	DOSAGGIO ADDITIVO		
	Eco SL - 2,5 -5,0 (Betontechnik CE 1139-CPD-0008/03)	lt/m ³	1,6
	MASSA VOLUMICA TEORICA DEL CLS FRESCO	Kg/m ³	2416,6
	Il rapporto acqua/cemento teorico è pari a	0,52	

L'aggiunta dell'additivo **CRISTAL MIX** è stata fatta in ragione del 2% in peso sul cemento, pari a Kg/mc 6,40.

La particolarità dell'intervento sta proprio nell'applicazione "estrema" di un prodotto impiegato per la realizzazione dei garage interrati in cemento armato. Il prodotto con cristalli, viene semplicemente addizionato al calcestruzzo. Esso agisce in maniera costante per evitare che l'umidità penetri attraverso il calcestruzzo, attivando una reazione chimica all'interno dei pori e capillari al fine di migliorare il processo d'idratazione del cemento all'interno del calcestruzzo. Il prodotto favorisce lo sviluppo di ulteriori cristalli all'interno del calcestruzzo stesso utilizzando il naturale processo di idratazione tipico di questo materiale per ridurre la permeabilità. Il processo di idratazione così migliorato favorisce anche al calcestruzzo una più efficace capacità di autoriparazione nei confronti delle microcrepe sulla presenza di umidità.



¹ Cristal Mix certificato:



Figura 5 Fasi di stesura del betoncino armato.

L'utilizzo dell'additivo in esame ha consentito i seguenti vantaggi:

- l'impermeabilizzante interno alla massa del calcestruzzo;
- nel momento in cui viene usato tale sistema si ottiene un'impermeabilizzazione totale del getto effettuato;
- l'additivo aumenta sensibilmente la classe di resistenza del CLS apportando delle sensibili migliorie a breve e medio termine di maturazione;
- l'additivo aumenta sensibilmente lo Slump del cls;
- l'additivo ha un buon comportamento ideale in presenza di acqua salina per creare un'impermeabilizzazione completa;
- l'additivo lavora sia in spinta positiva che negativa;
- questo additivo rimane attivo permanentemente nel cls ed ha la proprietà di autosigillare per sempre fessurazioni nascenti fino a 0,6 mm;
- l'additivo utilizzato funge da catalizzatore tra le parti non idratate del cemento (sempre presenti in un cls) e l'acqua, formando migliaia di cristalli aghiformi che vanno a saturare tutte le porosità del cls;
- non è tossico ed è certificato anche per l'utilizzo in strutture per acqua potabile;
- l'additivo viene aggiunto al cls in autobetoniera in cantiere.

Infine la completa sigillatura ed impermeabilità è stata garantita utilizzando silicone bentonitico per la ripresa dei vari getti, oltre la sigillatura perimetrale della parete e degli impianti esistenti.



Figura 6 Dettaglio della sigillatura con silicone bentonitico.