
**RELAZIONE TECNICA E PROPOSTA DI INTERVENTO STRUTTURALE
CONSEQUENTE A FENOMENI FESSURATIVI DI PARTE DELLE
MURATURE PORTANTI IN ELEVAZIONE**

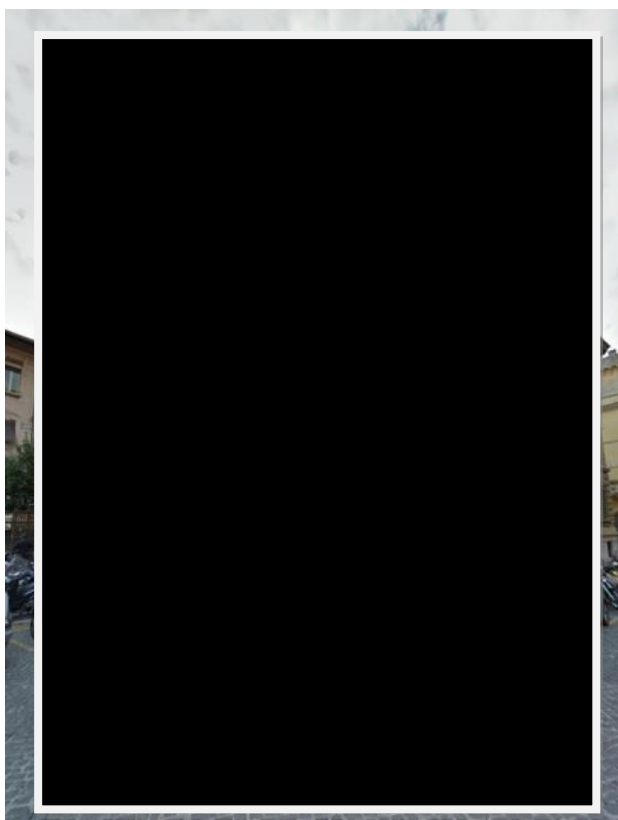
Sommario

1- Ubicazione e descrizione del fabbricato:.....	3
2- Descrizione della tipologia strutturale e dei materiali.....	5
3- Descrizione della porzione d'intervento, dello stato attuale e delle possibili cause.....	8
4- Interventi proposti.....	10
4.1- Iniezioni.....	12
4.2- Intonaco armato.....	13
4.3- Catena.....	14

1- UBICAZIONE E DESCRIZIONE DEL FABBRICATO:



1.1. Gli interventi in questione riguardano un fabbricato situato nel centro storico di Roma e, in particolare, un appartamento sito al primo piano di via _____, nella zona prossima _____. Il Piano Regolatore Generale inserisce la palazzina nella zona omogenea T2: *“Tessuti di espansione rinascimentale e moderna pre-unitaria”*. Il Ministero dei Beni culturali ha sottoposto lo stesso a un vincolo che ne impedisce qualsiasi intervento diverso dal restauro conservativo, prescrivendo nello specifico tutte le lavorazioni che, a discrezione del funzionario responsabile, si ritengono compatibili con i criteri di tutela monumentale. Premesso ciò, ogni intervento proposto, sebbene mirato alla specifica soluzione dei problemi statico-strutturali del fabbricato, ha come obiettivo prioritario la tutela dell'integrità stilistico-storica dello stesso, è pertanto necessario l'utilizzo di tecniche e metodi di intervento innovativi che attualmente, per la loro natura, risultano essere i meno invasivi e meno costosi.



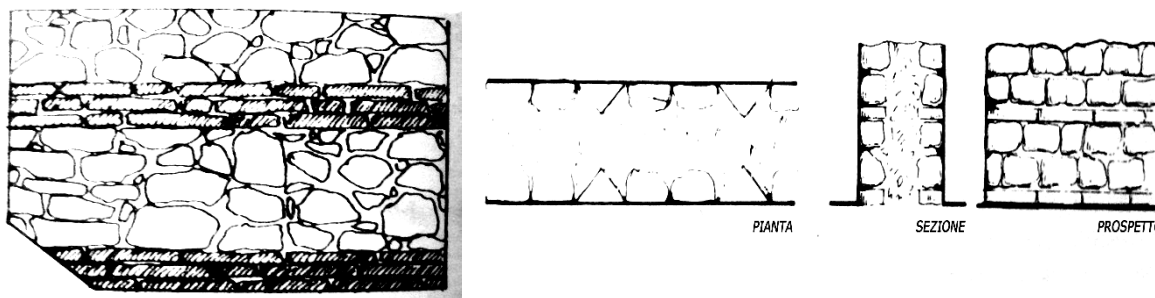
1.2. Il fabbricato è costituito da tre piani fuori terra con una copertura praticabile nella quale sono presenti due unità immobiliari, attualmente abitate e di più recente costruzione visto che le stesse non rispettano affatto lo stile e lo sviluppo verticale della palazzina. Esiste anche un piano interrato, nel quale sono presenti delle ulteriori unità immobiliari differenti per destinazione. L'illuminazione, l'areazione (e la salubrità) di questi locali è consentita da un'intercapedine praticabile, larga circa 2 metri, presente sui due lati dell'edificio che non affacciano su strada, nonchè dalla chiostrina della palazzina che arriva anche essa fino ai locali interrati. Si rileva che nelle intercapedini gli infissi sono identici per posizione e dimensione a quelli dell'intero fabbricato, mentre nei due prospetti che affacciano su strada, anche se la posizione degli infissi risulta essere la medesima, le dimensioni e la tipologia cambiano. L'interpiano è di 392 cm ed è uguale in tutti i piani compreso quello interrato, fatta eccezione, si presume, per le citate unità presenti in copertura, nelle quali non è stato possibile accedere.

2- DESCRIZIONE DELLA TIPOLOGIA STRUTTURALE E DEI MATERIALI

La tipologia strutturale del fabbricato è comune alle costruzioni della stessa epoca, e presenta:

- a. Fondazioni superficiali continue;
- b. Strutture di elevazione piane a pareti portanti;
- c. Struttura orizzontale lineare per travi principale e piana per struttura secondaria;

Si ipotizza che **le fondazioni**, anche se non è stato possibile fare indagini approfondite, siano state realizzate con cordoli di mattoni e nella migliore delle ipotesi con archi rovesci di spinta a diretto contatto con il terreno. Il vespaio presenta una maglia realizzata con file di laterizi disposti per fascia con un'altezza di 50 cm sulle quali si poggia la tessitura del primo solaio (piano interrato). Lo strato impermeabile è realizzato con una miscela bituminosa a grana grossa.



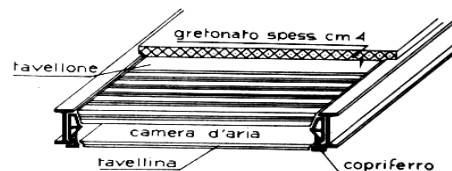
La struttura di elevazione è stata realizzata con muratura portante lungo tutto il perimetro e i muri interni, anch'essi portanti, legati ortogonalmente a quelli perimetrali. Le chiostrine, che procedono lungo tutta l'altezza del fabbricato, caratterizzano con la loro perimetrazione la maglia strutturale dei muri interni. La tecnica con la quale è stata realizzata la muratura portante è assimilabile a quella dell'"opus listatum" con un'apparecchiatura muraria a ricorsi (2 ricorsi), con blocchi di pietra in materiale tufaceo (100 cm tra un ricorso e l'altro), il tutto legato con una miscela a base di calce. Le aperture sulla muratura portante sono state realizzate: internamente con piattabande in mattoni e conci ad arco ellittico radiale a due teste; esternamente, invece, risulta doppiamente incastrata una trave IPE nella muratura per la realizzazione delle aperture dei prospetti; un arco a tutto sesto caratterizza le aperture che affacciano sulla chiostrina.

La struttura orizzontale è stata realizzata con un solaio a travi di acciaio. Non essendo stato possibile effettuare indagini più approfondite, si ipotizza dalla tipologia di tecniche costruttive e

dai manuali tecnici l'esistenza di un solaio a tavelloni con copriferro e tavelline. Questa tipologia di solaio presenta una tessitura con travi a I sulle quali è incastrato un fondello di laterizio che ha la funzione di copriferro e sostegno dei tavelloni superiori e delle tavelline inferiori tra le quali è presente una camera d'aria come isolamento termoacustico. Il tutto è rifinito superiormente con un gretonato dallo spessore circa di 4 cm e inferiormente da intonaco a coprire. Di seguito si riporta una tabella della tipologia in esame:



solaio con tavelloni su copriferro e camera d'aria con tavelle



*DAL MANUALE DELL'ARCHITETTO

I materiali per le varie tipologie strutturali sono:

- vespaio: laterizi pieni formato UNI con ricorsi di malta di spessore massimo di 0,8 cm;
- cordoli di mattoni: blocchi di pietra presumibilmente di tufo allettati su malta;
- riempimento: materiale di risulta come conci, mattoni rotti e altro, legati da malta a base cementizia.
- ricorsi: laterizi pieni formato UNI con ricorsi di malta di spessore massimo di 0,8 cm;
- blocchi di pietra: presumibilmente di tufo, di grandi dimensioni, circa 40 cm² allettati su malta;
- riempimento tra i due strati: materiale di risulta presumibilmente battuto composto da scarti costruttivi e legato tramite malta;
- angolari e giunzioni realizzate in laterizi pieni formato UNI per tutta l'altezza dell'interpiano con il metodo del concatenamento a blocco, prima di fascia poi di testa;
- intonaco interno spessore compreso tra 2 e 3 cm;
- intonaco esterno: bugnatura dove presente e intonaco di spessore circa 3 cm;

- piattabande: in mattoni e conci dove a due teste e dove a una testa;
- architravi infissi: travi in acciaio tipo IPE incastrate nella muratura, le dimensioni sono presumibilmente tutte IPE 160;
- archi chiostrine: arco a tutto sesto radiale con mattoni a due teste o a due anelli concentrici;
- trave I: in acciaio estruso presumibilmente annegata nella muratura dimensioni variabili rispetto alla luce di tessitura del solaio con interasse di circa 1,10 metri;
- gretonato: realizzato con una miscela di malta e pozzolana;
- tavellone: in laterizio forato dimensioni sconosciute lunghezza presumibilmente di 1,10 metri;
- tavellina: in laterizio forato dimensioni sconosciute lunghezza presumibilmente di 1,10 metri;
- copriferro-fondello: in laterizio, incastrato sulle travi a I;
- pavimenti: i pavimenti sono realizzati con mattonelle di graniglia pressata dallo spessore di 2,5 cm;
- intonaco spessore tra 1,5 e 2 cm.

3- DESCRIZIONE DELLA PORZIONE D'INTERVENTO, DELLO STATO ATTUALE E POSSIBILI CAUSE DEI FENOMENI DEGENERATIVI

La porzione di struttura interessata da fenomeni fessurativi è sia la struttura di elevazione, muro perimetrale della chiostrina e muro perimetrale esterno che affaccia sul giardino, sia la tessitura del solaio tra queste due murature.

Dalla chiostrina ovest è chiaramente visibile una crepa longitudinale in corrispondenza della chiave di volta dell'apertura ad arco, questa parte dall'intradosso dell'arco stesso e prosegue per circa 30/40 centimetri verticalmente e si interrompe all'incirca in corrispondenza del solaio interno. Questa situazione si ripete in maniera del tutto analoga per tutti e quattro i piani del fabbricato, con la differenza che tra il primo e il secondo piano questa è più pronunciata e profonda. La presenza di alcuni misuratori di fessure, benché sia ignota la data della loro installazione, fanno presupporre che quel tipo di crepa sia stata già all'attenzione del condominio e comunque che, per quanto alcune crepe siano preoccupanti, la situazione si sia stabilizzata. All'interno dell'appartamento al primo piano è stato possibile riscontrare che la crepa attraversa tutto l'intradosso e prosegue lungo l'arco all'interno. La crepa, diminuendo di profondità e spessore nel nodo muro-solaio, aumenta di nuovo nel solaio, attraversandolo in maniera quasi del tutto rettilinea lungo il travetto. In alcuni punti è visibile una seconda crepa in corrispondenza di un altro travetto, parallela a quella sopracitata. Infine, la crepa si interrompe in corrispondenza del nodo, dove, all'incirca a venti centimetri dalla precedente, si riapre un'altra crepa che termina all'interno del cassonetto che ospita la serranda dell'infisso. Al di fuori del muro perimetrale esterno è possibile riscontrare alcune altre crepe sullo strato di rivestimento, in questo caso il bugnato, in corrispondenza della crepa interna.

Si ritiene fondamentale fare un'analisi, anche se le crepe non riguardano la struttura portante dell'edificio, di alcune crepe verticali presenti su un "tramezzo" all'interno dell'appartamento in oggetto. Questo è parallelo ai muri perimetrali ed è distante circa 1,40 metri dal muro della chiostrina. Le crepe del tramezzo si sviluppano in verticale, seguendo le isostatiche in corrispondenza della parte superiore della porta, interrompendosi a circa 15 cm dal muro ortogonale di un altro disimpegno.

Dalla situazione rilevata sul tramezzo sopra menzionato si intuisce che il solaio, attraverso un movimento verticale, si sia appoggiato sullo stesso, creando delle forze di compressione tali da

provocarne la fessurazione nel suo punto più debole, cioè in corrispondenza della porta. Da questa analisi sommaria si intuisce, quindi, che c'è stata una sollecitazione considerevole del solaio e che la resistenza della muratura sia scarsa. Le cause di questa sollecitazione possono essere molteplici, come, ad esempio, quelle dei carichi accidentali eccessivi, ma ciò che più preoccupa è la luce che copre questa tessitura. Infatti questa risulta essere di 6,20 metri. Gli stessi manuali tecnici prescrivono un interasse massimo di 1 metro e una luce massima compresa tra i 6 e gli 8 metri. L'interasse del solaio è sicuramente eccessivo, essendo quest'ultimo di circa 1,10 metri, contribuendo all'aumento dei carichi che gravano sulle travi. Benché la luce sia entro i massimi consentiti, tuttavia provoca, anche con piccoli incrementi di carico, un aumento esponenziale di momento al nodo. Supponendo che i travetti di questo solaio siano appoggiati da manuale e quindi su almeno i $\frac{2}{3}$ della muratura portante, scaricano comunque su di essa delle forze ingenti. Queste forze la muratura riesce a scaricarle sufficientemente, l'arco e la piattabanda invece, avendo superato la loro portanza massima, sono vicine al collasso. Attualmente questi due elementi, piattabanda e arco, avendo perso di fatto le loro capacità strutturali, hanno causato lo spostamento delle tensioni verso altri elementi. E, sicuramente, parte del carico è stato assorbito dal tramezzo fessurato citato precedentemente. In ogni piano, come già detto in precedenza, sussiste lo stesso problema, e risulta affatto necessario effettuare delle valutazioni e verifiche strutturali più approfondite sull'effettiva resistenza meccanica dell'arco e della piattabanda, senza escludere che ci sono state, probabilmente, delle anomalie anche in fase di costruzione del fabbricato, e ci sono carichi di esercizio eccessivi.

4- INTERVENTI PROPOSTI¹

Sulla base dello stato attuale rilevato e descritto nei paragrafi precedenti, si propongono interventi atti a scaricare il carico eccessivo sull'arco sopra descritto e ripristinare la resistenza della muratura, sia dell'arco stesso che dei piedritti nonché, ove al momento possibile, del "tramezzo" collaborante in muratura.

Per quanto riguarda l'incremento della resistenza della muratura dell'arco, anche in previsione dell'applicazione di una catena si consiglia l'iniezione di miscele leganti mediante l'iniezione nella muratura in modo diffuso e continuo di miscele leganti superfluide sino al riempimento dei vuoti presenti trattandosi di una muratura cosiddetta "a sacco" e, verosimilmente, con la presenza di vuoti disordinati.

Dal rilievo si evince che le caratteristiche della muratura possono essere paragonabili ai seguenti valori sottolineati nelle tabelle che seguono:

Tipologia di muratura	f_m	τ_0	E	G	w
	(N/cm ²)	(N/cm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(kN/m ³)
	Min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100 180	2,0 3,2	690 1050	230 350	19
Muratura a conci sbazzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	200 300	3,5 5,1	1020 1440	340 480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	260 380	5,6 7,4	1500 1980	500 660	21
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	140 240	2,8 4,2	900 1260	300 420	16
Muratura a blocchi lapidei squadrati	600 800	9,0 12,0	2400 3200	780 940	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	240 400	6,0 9,2	1200 1800	400 600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤ 40%)	500 800	24 32	3500 5600	875 1400	15
Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura < 45%)	400 600	30,0 40,0	3600 5400	1080 1620	12
Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%)	300 400	10,0 13,0	2700 3600	810 1080	11
Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. foratura tra 45% e 65%)	150 200	9,5 12,5	1200 1600	300 400	12
Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura < 45%)	300 440	18,0 24,0	2400 3520	600 880	14

¹ Si rappresenta che la presente proposta di intervento strutturale è stata fatta con la collaborazione e il parere espresso dall'Ing. Miriam Jailil, sulla base di documentazione fotografica e dettagliata e sulle informazioni fornite dal sottoscritto.

Dei valori sopra indicati verranno presi a favore di una maggiore sicurezza i valori minimi per la parte che ospita l'apertura ad arco. Si presume una $f_m=140N/cm^2$, valore maggiorato dai coefficienti elencati nella tabella per la quale la presenza di ricorsi e listature risulta influente ai fini dell'aumento della resistenza, mentre l'intervento di iniezioni di miscele leganti aumenta la resistenza della muratura di 1,7 volte, raggiungendo il valore indicativo di $238 N/cm^2$.

Tipologia di muratura	Malta buona	Giunti sottili (<10 mm)	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Nucleo scadente e/o ampio	Iniezione di miscele leganti	Intonaco armato *
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	-	1,3	1,5	0,9	2	2,5
Muratura a conci sbozzati, con parametro di limitato spessore e	1,4	1,2	1,2	1,5	0,8	1,7	2
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	-	1,1	1,3	0,8	1,5	1,5
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,5	1,5	-	1,5	0,9	1,7	2
Muratura a blocchi lapidei squadriati	1,2	1,2	-	1,2	0,7	1,2	1,2
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	1,5	1,5	-	1,3	0,7	1,5	1,5

Nel caso in cui si voglia dare alla muratura una maggiore resistenza nonostante le iniezioni di malta, ovvero si ritenga che queste non risultino sufficienti a contrastare le spinte dell'arco si potrà procedere anche all'inserimento di un'eventuale catena.

Per quanto riguarda il tramezzo collaborante invece, si ipotizza una $f_m=240 N/cm^2$ che con l'applicazione di intonaco armato potrebbe aumentare di 1,5 volte la resistenza del tramezzo stimata fino a $f_m=360 N/cm^2$.

4.1- INIEZIONI

L'intervento di iniezioni armate di malta superfluida proposto comprende tutta la superficie dell'arco all'intradosso e quella dei piedritti nei quali potrà essere inserita, per migliorare la sicurezza, la catena e che assorbono i carichi scaricati dall'arco ed almeno per l'area di 1 metro dalla faccia interna dei piedritti dell'arco.

Si consiglia l'utilizzo del legante a base cementizia ad alta resistenza ai solfati per il confezionamento di malte d'iniezione superfluide **"Stabilcem ARS"** o di caratteristiche paragonabili.

Viene scelta la modalità di iniezione per gravità a discapito di quella a pressione per impedire la disgregazione e lo sfacelo dell'apparecchio murario data la discutibile consistenza.

Le fasi dell'esecuzione delle iniezioni sono:

a) preparazione della parete, mediante:

- rimozione dell'intonaco interno;
- lavaggio della superficie muraria con acqua o con getti di vapore, pulizia meccanica abrasiva, impacchi;

b) perforazione e inserimento cannule;

- c) lavaggio con acqua o aria, in particolare: - con acqua o aria per rimuovere eventuali impurità, con acqua per imbibire la parete ed evitare la segregazione della miscela:

d) iniezione della miscela per gravità;

e) rimozione degli iniettori e chiusura dei fori con malta pozzolanica ed inerti.

In fase esecutiva dovranno essere controllati i percorsi e le fuoriuscite di miscela, rilevandone le quantità. Particolare attenzione dovrà, inoltre, essere posta nella scelta della miscela da iniettare per verificare la compatibilità chimico-fisica-meccanica con la tipologia muraria oggetto dell'intervento.

4.2- INTONACO ARMATO

Per quanto riguarda il “tramezzo” collaborante viene consigliato, sempre ove possibile in questo momento e comunque da programmare in un prossimo futuro, il confinamento e l'aumento di resistenza e di sezione mediante l'utilizzo dell'intonaco armato che dovrà essere effettuato su entrambe le facce del muro, e per tutta la sua estensione. Di rilevante importanza per la buona riuscita dell'intervento sarà la corretta esecuzione in opera per evitarne l'inefficacia o addirittura la dannosità. L'efficacia dell'intervento è strettamente legata alla capacità dei connettori trasversali di trasmettere e ripartire le azioni.

Il setto di muratura in oggetto è lungo 7 m e alto 4 m; l'intervento affinché risulti collaborativo dovrà essere applicato su entrambe le facce per un totale di 56 mq di intonaco armato.

Fasi di esecuzione, nel caso si realizzi anche questo intervento, sono le seguenti:

- a) Preparazione della parete attraverso pulizia e messa a vivo del paramento murario;
- b) foratura del supporto e fissaggio dei monconi in acciaio e della rete metallica;
- c) applicazione di malta tixotropica bicomponente del tipo **“BS 38/39 2.5 MuCis”** o di caratteristiche paragonabili.

4.3- CATENA

L'inserimento della catena nell'arco è proposto per dare maggiore sicurezza alla muratura già rinforzata mediante le iniezioni di malta. In tal caso verrà previsto l'inserimento della catena modello "DYWIDAG" per ristabilire l'equilibrio delle spinte indotte sulle murature di appoggio ed impedire l'allontanamento fra esse.

PRE-DIMENSIONAMENTO DI MASSIMA DELLA CATENA:

Di norma si consiglia di inserire le catene alle reni dell'arco e deve essere dotata di adeguata rigidità e poste in opera con una presollecitazione in modo da assorbire parte dell'azione spingente ma necessita attenzione anche a valori eccessivi del tiro stesso per non indurre

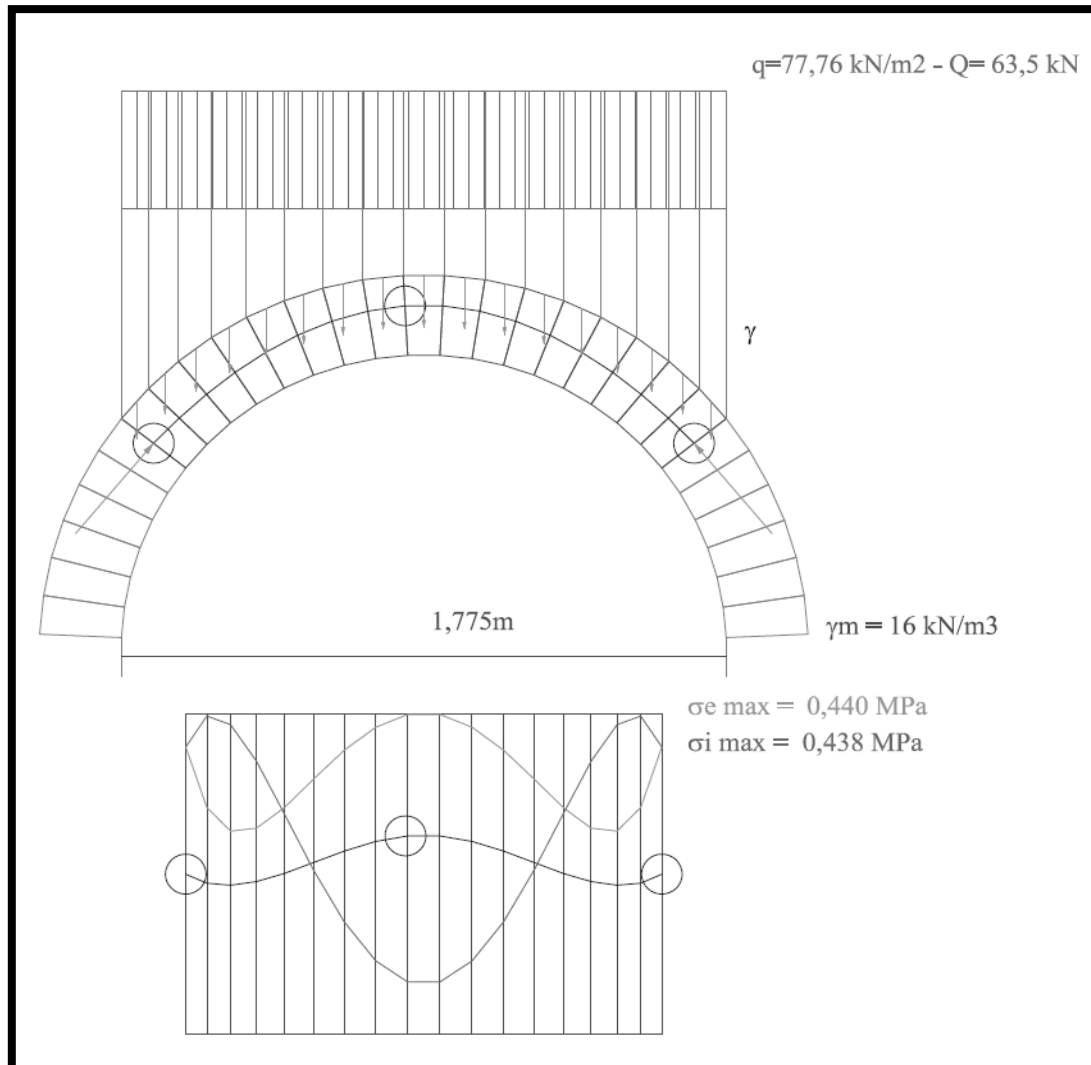
Totali solaio		kN/m ³	volume [m ³]	spessore [m]		kN/m ²
		/	0,23	0,36		3,43
Combinazioni delle azioni: fondamentale (SLU)						[Kn/m ²]
$E_d = \gamma_{g1} \times G_1 + \gamma_{g2} \times G_2 + \gamma_{q1} \times Q_{k1} + \gamma_{q2} \times \psi_{02} \times Q_{k2} + \gamma_{q3} \times \psi_{03} \times Q_{k3}$						7,76
P _{ed} travetto		P _{ed} = E _d x i _t		[kN/m]		→ 3,882
carichi solaio su muratura		metri	puro	[kN]	[kN]	[kN/m]
muro	lunghezza IPE + Y			V*ed 1	V*ed 2	Ped su muro
STR 2	1,7			3,98	3,98	15,92
STR 3	1,9				6,02	12,03
STR 4	2			6,02		12,03
muro	//	interpiano	∑ Ped solai [kN/m]	Ped muro [kN]	∑ Ped	Ped tot. su ogni IPE + p.pr. [kN/m]
STR 2	2		31,83	41,92	73,75	37,00
STR 3	2		24,07	41,92	65,99	33,12
STR 4	2		24,07	41,92	65,99	33,12

danneggiamenti localizzati. Per il dimensionamento della catena da porre all'altezza delle reni dell'arco, ci si è valse dell'analisi dei carichi del solaio che grava sulla struttura in questioni scaricando su travetti posti ad interasse di 1,2 m fra loro.

DATI							
Solaio latero cementizio		h[m]	b[m]	l[m]	materiale	Y [Kn/m3]	interasse
G1	soletta	0,020	1	1	cls	25,00	
	tavellone	0,250	0,4	1	lat	8,00	0,5
	travetto	0,250	0,1	1	cls	25,00	0,5
G2	intonaco	0,010	1	1	cls	18,00	/
	massetto	0,060	1	1	cls	16,00	/
	pav. 1	0,030	1	1	klinker	9,00	/
	pav. 2	0,020	1	1	arg. Espa.	6,86	/
	pav. 3	0,015	1	1	gress A	21,60	/
	pav.4	0,015	1	1	graniglia	24,52	/
	isolante polist.	0,050	±	±	pol	0,34	/
	partizione	0,000	0	0	0	0,00	/
	guaina betonica	0,010	±	±	pol	9,22	/
barr. al vapore	0,005	±	±	pol	0,50	/	
2.5.3_Combinazione delle azioni fondamentali allo SLU: DATI COMUNI A TUTTI I SOLAI							
Q _{kn}	[kN/m ²]	Y A1 STR tab.2.6.1	sfavorevole	ψ _{0j}	coeff. comb.		
Q _{k1} = Cat. A	2,00	Y _{g1}	1,3	no az. Variabile	/		
Q _{k1} = Cat. C2	4,00	/	/	/	/		
Q _{k1} = Cat. H1	0,50	/	/	/	/		
Q _{k2} = affollam.	0,00	Y _{g2}	1,5	ψ ₀₂ A	0,5		
Q _{k3} = neve	0,48	Y _{q1}	1,5	ψ ₀₃ neve	0,5		
Q _{k4} = vento				ψ ₀₄ vento	0,6		
PARTIZIONI COMUNI							
tipo	h	l	sp.	peso MQ	peso ML [kn/m]	peso TRAV	peso NTC
PEV1	3,75	/	0,31	1,88	7,04	3,52	ecc!
PIV2	3,75	/	0,10	0,93	3,49	1,74	#RIF!
STR 2	3,75	/	0,60	11,18	41,92	decrem	20,96
STR 3	3,75	/	0,60	11,18	41,92	decrem	20,96
STR 4	3,75	/	0,60	11,18	41,92	decrem	20,96
solaio: taglio e momento travetto sem incastrato							
da - a	l[m]	d[m]	b inf[m]	b sup[m]	Ved [kN]	M+ [kN]	M- [kN]
1-2 di (BC)	4,10	0,22	0,10	0,30	7,96	6,53	5,44
2-3 di (BC)	4,10	0,22	0,10	0,30	7,96	6,53	5,44
3-4 di (BC)	6,20	0,22	0,10	0,30	12,03	14,92	12,44
* non potendo effettuare indagini approfondite delle reali condizioni e dell'effettiva tessitura della maglia si ipotizza la situazione più gravosa di carico sulle murature di intervento							

tipo profilato	kg/m
IPE 140	12,89

Il carico così calcolato avvalendosi della combinazione fondamentale allo SLU è un valore di 7,76 KN/mq che per il calcolo delle tensioni è considerato assimilabile ad un carico uniformemente distribuito che produce il seguente andamento delle tensioni:



Dai calcoli effettuati per il dimensionamento della catena da inserire alla reni dell'arco si evince che:

$$T = 28,14 \text{ kN}$$

Pertanto si propone di utilizzare un tondino di acciaio S235 di diametro almeno pari ad un $\Phi 13$.

Andrà posizionata all'altezza delle reni dell'arco: 222 cm.

Posta a metà dello spessore del setto di muro: a 33 cm.

La lunghezza della catena sarà di almeno 177 ,5 cm a cui aggiungere il manicotto per la messa in tiro e le parti che andranno annegate nella muratura (le dimensioni variano a seconda del tipo di dispositivo di serraggio e di ammorsamento).

La suddetta barra dovrà essere munita di dispositivo di serraggio di estremità o intermedio. L'allungamento si ottiene avvitando progressivamente il dado terminale delle catene,oppure il manicotto intermedio. Mediante un calibro di precisione si valuta l'entità. L'uso di una chiave dinamometrica permette di calibrare e conoscere in maniera sufficientemente precisa l'effettiva tensione presente nel tirante al termine dell'operazione. Per facilitare l'avvitamento dei bulloni e dei manicotti, anche per tiranti muniti di dispositivi di serraggio a freddo, si potrebbe comunque riscaldare la catena in un tratto centrale, provocandone così l'allungamento.

Le fasi di posa in opera dopo aver rinforzato la muratura con le iniezioni saranno le seguenti:

- 1) Segnatura dei livelli e degli assi dei tiranti
- 2) Foratura delle pareti
- 3) Eventuale consolidamento della muratura interessata dall'ancoraggio
- 4) Preparazione e inserimento dei tiranti
- 5) Posizionamento dell'organo di ritegno
- 6) Messa in tensione dei tiranti
- 7) Sigillatura di fori e scanalature

CONCLUSIONI

In conclusione, per la proposta di intervento in oggetto, si ritiene che debbano essere sicuramente effettuati gli interventi:

- a) mediante le iniezioni di malta nelle pareti dell'arco per il rinforzo delle pareti circostanti;
- b) il contestuale inserimento di una catena all'intradosso dello stesso arco;
- c) mediante le iniezioni di malta nelle pareti della piattabanda dell'infisso per il rinforzo delle pareti circostanti
- c) ove possibile al momento si suggerisce anche l'intervento sul tramezzo collaborante mediante la tecnica dell'intonaco armato. e.

Roma, 6 marzo 2014