

COMUNE DI
MONZA (MB)



COMUNE DI MONZA - ASSESSORATO LL.PP.

Settore Progettazioni, Manutenzioni

LAVORI DI RECUPERO E RESTAURO

SCUOLA EX BORSA DI VIA BOCCACCIO IN COMUNE DI MONZA (MB)

Responsabile Unico del Procedimento: **Arch. Daniele Lattuada**

PROGETTISTI INCARICATI



LA MERCURIO S.r.l.

Via Parini, 3 - 22020

San Fermo della Battaglia (CO) Loc. Cavallasca

P.IVA / C.F. 03645510136



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

Relazione tecnica sulle strutture

luglio 2017

S01

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	07.07.17	Emissione	La Mercurio	La Mercurio	La Mercurio

SOMMARIO

1.	PREMESSE	2
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
3.	STATO DI FATTO: ANALISI STORICO CRITICA – PIANO DELLE INDAGINI	3
4.	INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE	6
5.	ANALISI NUMERICHE: STATO DI FATTO E PROGETTO	8
6.	INTERVENTI DI PROGETTO	9
7.	SINTESI	11

1. PREMESSE

Il progetto di restauro dell'edificio ex Borsa si pone come obiettivo il recupero funzionale del fabbricato da destinarsi a complesso scolastico per ospitare l'istituto d'arte ISA di Monza.

L'edificio è di proprietà dell'Amministrazione Comunale ed è già stato utilizzato negli ultimi anni quale sede della Scuola superiore Istituto d'Arte sino al completo abbandono. La struttura è stata per molti anni abbandonata e versa in uno stato di avanzato e diffuso degrado.

L'edificio originario, progettato dall'architetto Luigi Canonica, risale al 1802 anno in cui l'architetto si prese carico della costruzione di un parco con riserva di caccia nei pressi della Villa Reale. Nel 1937 il fabbricato divenne sede della Civica Scuola serale Artigiana Paolo Borsa; la scuola rimase nell'ala della Villa fino ai primi anni '90 del novecento quando lo stato pericolante dell'edificio la costrinse a trasferirsi altrove. Negli ultimi decenni del secolo scorso si susseguirono una serie di interventi di ristrutturazione volti a mantenere la funzionalità della scuola e degli elementi di volta in volta interessati da degrado e dissesto statico. Nell'anno 2011 l'intero edificio venne dichiarato inagibile.

Con la presente relazione vengono analizzati in via preliminare gli interventi necessari per il consolidamento strutturale degli organismi edilizi esistenti. L'analisi si basa sulle informazioni desumibili dalle campagne di indagini eseguite sull'impianto strutturale esistente e sulle prime valutazioni numeriche eseguite nell'ambito della presente fase progettuale.

Gli obiettivi progettuali traggono origine dalla necessità di garantire il ripristino funzionale del complesso scolastico, mentre le scelte progettuali non possono essere svincolate dalle prescrizioni del codice dei beni culturali e del paesaggio. Pertanto la filosofia degli interventi di consolidamento e miglioramento strutturale non potranno che essere una mediazione tra le necessità di consolidamento strutturale ed i vincoli imposti per la conservazione degli elementi esistenti.

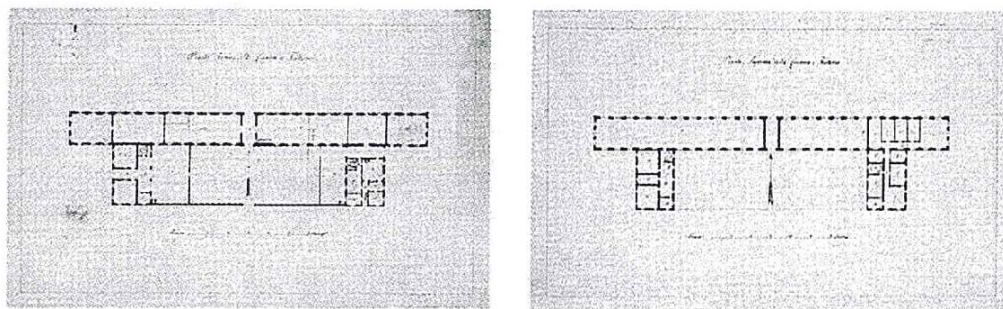
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nell'ambito delle analisi strutturali si prendono in considerazione le seguenti prescrizioni normative:

- D.M. 14.01.2008 – Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni e s.m.i.;
- Circolare 2.02.2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al D.M. 14.01.2008;
- D.Lgs. 22.01.2004 – Codice dei beni culturali e del paesaggio;
- Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 09.02.2011 – Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008.

3. STATO DI FATTO: ANALISI STORICO CRITICA – PIANO DELLE INDAGINI

L'impianto originario del fabbricato risale al 1802 anno in cui l'architetto Luigi Cannica fu incaricato della progettazione di un parco con riserva di caccia nei pressi della Villa Reale. Disegni conservati presso il "Fondo disegni antichi Villa reale di Monza" della Soprintendenza dei beni architettonici e paesaggistici di Milano dimostrano le varie ipotesi di utilizzo del fabbricato susseguitisi nel corso dei secoli. L'edificio venne utilizzato come annesso alla Villa Reale destinato ad alloggi, caserma, trattoria, scuderia e maneggio. Nel 1937 il fabbricato divenne sede della Civica Scuola serale Artigiana Paolo Borsa; negli ultimi anni, fino al 2011 quando l'edificio venne dichiarato inagibile, il fabbricato è stato sede dell'istituto d'arte ISA di Monza.



Disegni originali (primi decenni del 1800)

L'impianto strutturale attuale rispecchia sostanzialmente, per planimetria e volumi, quello originario di costruzione: l'edificio è articolato su due piani fuori terra con una superficie lorda di pavimento di circa 1700 mq per piano ed ha una volumetria complessiva di 11900 mc circa. Ci sono alcuni locali interrati, di modesto e limitato sviluppo planimetrico, adibiti a locali tecnici.

Nell'ambito del presente progetto, nel mese di giugno 2016 l'ing. Nicola Brini, su incarico dell'Amministrazione Comunale, ha eseguito una campagna di indagini volta ad identificare l'organismo strutturale per poter poi procedere con la valutazione statica e dinamica del fabbricato esistente. E' stata condotta una serie di rilievi e di indagini in sito per valutare le geometrie, le quantità e le qualità dei principali elementi portanti. Si è proceduto con:

- rilievi geometrici e visivi;
- assaggi localizzati;
- scavi e sbancamenti per il rilievo geometrico fondazionale;
- indagini endoscopiche;
- indagini termografiche;
- indagini pacometriche;
- prove di carbonatazione;
- prove di caratterizzazione degli elementi in legno;
- prove di compressione sulle murature.

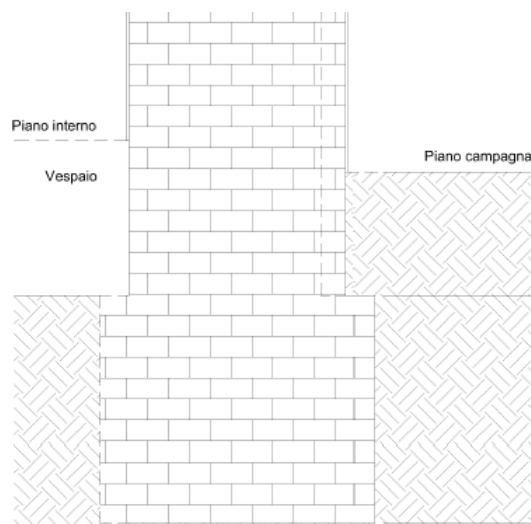
L'insieme delle indagini e l'analisi storico critica condotte pongono le basi per la conoscenza dello stato dell'edificio e per la successiva analisi numerica di valutazione statica dell'esistente e l'individuazione degli interventi di consolidamento.

Non è stato possibile indagare l'ala est del fabbricato perché inagibile. Valutata la congruità con il livello di approfondimento del presente progetto, si ritiene lecito ipotizzare che le strutture dell'ala est siano analoghe a quelle dell'ala ovest. In sede di progettazione definitiva ed esecutiva sarà necessario estendere le indagini ed approfondire la conoscenza anche dell'ala est.

I rilievi eseguiti confermano di fatto che l'impianto originario del fabbricato, per quanto riguarda lo sviluppo planimetrico ed altimetrico, non ha subito sostanziali variazioni nel corso della sua storia.

L'impianto strutturale risulta tipico dell'epoca della costruzione, per tipologia di materiali e particolari costruttivi; è stato interessato nella sua storia da interventi con particolare riferimento agli orizzontamenti che sono stati in parte sostituiti ed in parte rinforzati. Gli interventi si sono susseguiti in modo disarticolato senza un filo conduttore omogeneo ed organico.

L'impianto portante è costituito da muratura in mattoni pieni di spessore variabile da 25-30cm sino a 95-100cm. Le fondazioni, anch'esse in muratura, sono di tipo diretto e si affondano ad una quota media di circa -1,6m dal piano campagna.



Sezione tipologica delle fondazioni

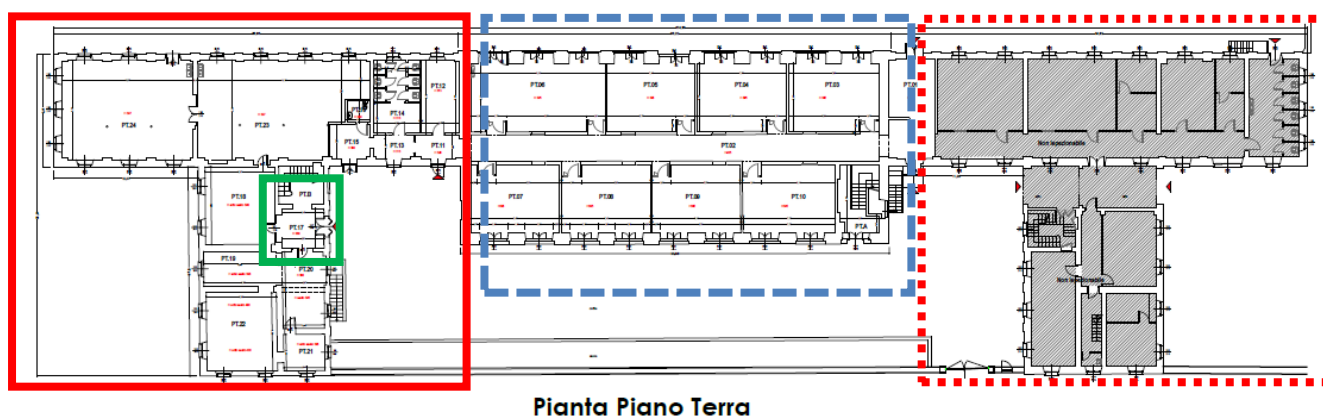
Le strutture orizzontali sono costituite da solai in legno o laterocemento. Le indagini eseguite hanno permesso di individuare una serie di interventi susseguitisi nel tempo e finalizzati a consolidare, in modo disorganico e disomogeneo, i diversi elementi strutturali interessati da fenomeni di dissesto o da necessità di adeguamento strutturale alle nuove funzioni. In modo particolare, nel corpo centrale al piano terra, si rilevano interventi di consolidamento dei solai lignei esistenti e la loro parziale

sostituzione (nella seconda metà del secolo scorso) con solai in latero cemento. In corrispondenza delle murature perimetrali su cui insistono i solai in laterocemento si rileva la presenza di un cordolo in calcestruzzo, di cui non è stato possibile rilevare l'armatura, realizzato contestualmente ai solai con lo scopo di collegare gli stessi alla muratura perimetrale.





In sintesi è possibile individuare le seguenti tipologie di orizzontamenti:

- solai in latero cemento risalenti alla seconda metà del secolo scorso realizzati contestualmente ad una fase di ristrutturazione, a copertura della porzione centrale del piano terra;
- solai a travetti in legno ed assito, rinforzati nel tempo con elementi lignei o travi in carpenteria metallica;
- solai costituiti da travi in acciaio, tavelloni in muratura e cappa collaborante in calcestruzzo.

Nella figura seguente si schematizzano le diverse tipologie dei solai identificate dai rilievi eseguiti.

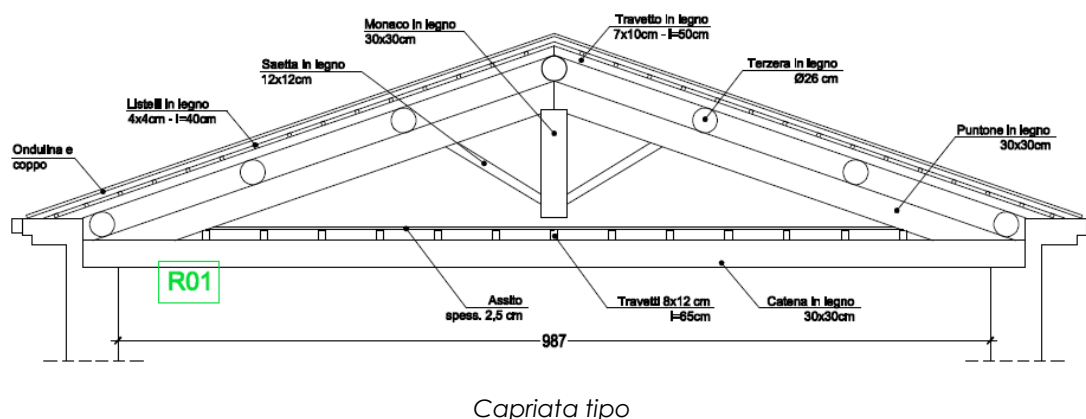


Pianta Piano Terra

-  solai a struttura in legno (consolidati con elementi metallici)
-  solai in latero cemento
-  solai a struttura metallica con tavelloni in laterizio e cappa collaborante in calcestruzzo
-  ala est- non agibile (indagini non eseguite)

La copertura ha struttura lignea costituita da capriate in legno su cui insistono gli elementi secondari (terzere, travetti secondari, puntoni). In corrispondenza della porzione centrale del fabbricato si rileva che le capriate sono state oggetto di interventi strutturali che hanno visto l'eliminazione della catena inferiore in legno e la posa di una nuova catena in acciaio ad una quota superiore; l'intervento sembra giustificato dalla realizzazione di un controsoffitto in travetti di legno ed assito posto ad una quota superiore rispetto al piano di appoggio dei puntoni.

La geometria degli elementi costituenti le capriate e gli elementi di orditura primari e secondari risulta variabile per la tecnologia e le modalità esecutive tipiche e caratteristiche dell'epoca della costruzione. Nel seguito si riporta una sezione tipologica di una delle capriate esistenti.



4. INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE

Contestualmente alla campagna di indagini condotta sul fabbricato è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche volta a fornire una prima caratterizzazione meccanica del terreno di sedime. Lo studio è stato eseguito dal dott. geologo Luigi Renna nel mese di giugno 2016.

Si sono eseguiti dapprima rilievi geologici e morfologici di campagna del territorio di interesse in un intorno significativo dell'area di progetto. Si è poi proceduto con l'acquisizione documentale dei dati reperibili in letteratura consultando, tra gli altri, lo studio della "Componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio" del Comune di Monza (con la variante al PGT entrata in vigore nel luglio 2016).

Per la caratterizzazione geotecnica si è predisposta una campagna geognostica caratterizzata da due prove penetrometriche dinamiche standard.

Per la caratterizzazione sismica del terreno di sedime è stata eseguita una prospezione sismica multicanale con acquisizione ed elaborazione dati mediante metodologia MASW e misura del microtremore sismico con tecnica HVSr.



Ubicazione prove penetrometriche e stendimento sismico

La geologia della zona è caratterizzata dalla presenza di sedimenti clastici di origine fluvioglaciale e alluvionale dell'alta pianura Padana milanese. I depositi del sito di intervento sono caratterizzati da una

certa omogeneità e costituiti da granulometria essenzialmente grossolana via via più addensati con i crescere della profondità.

Una delle peculiarità della zona, diffusamente evidenziata negli anni, è la presenza dei così detti "occhi pollini": si tratta di cavità di grandezza variabile da pochi centimetri ad alcuni metri che si manifestano in genere ad una profondità da pochi decimetri sotto al piano campagna sino ai 20m. Il meccanismo genetico è legato dall'erosione sotterranea dovuta essenzialmente a fenomeni di "piping" per effetto della variazione di falda sia per causa antropica che naturale.

Le prove penetrometriche sono state condotte sino ad una profondità massima di -17,4m dal piano campagna. I risultati delle prove eseguite e l'analisi documentale in letteratura hanno permesso di identificare un modello geotecnico omogeneo e sufficientemente completo nell'ambito del livello di approfondimento del presente progetto.

Le indagini hanno evidenziato, al di sotto di uno strato superficiale di pavimentazione in asfalto, una prima unità litotecnica costituita da depositi scarsamente addensati o sciolti di natura limoso-argillosa-sabbiosa attribuibili al primo substrato di terreni di riporto o depositi glaciali ferrettizzati legati al fenomeno degli occhi pollini. L'orizzonte si affonda fino alla quota di -8,7m per la prova P2 e -15,6m per la prova P1.

Al di sotto di questo primo strato sono presenti depositi ghiaioso sabiosi da moderatamente addensati ad addensati con presenza diffusa di trovanti e ciotoli.

Nell'ambito dell'esecuzione delle prove è stato inserito un piezometro nel foro di prova P1 che è risultato asciutto a conferma dell'assetto idrogeologico della zona di interesse che, dai dati reperibili in letteratura, risulta caratterizzata da circolazione idrica sotterranea organizzata in falde multistrato profonde.

Gli sismici eseguiti hanno permesso di identificare il terreno, in accordo alla classificazione sismica del D.M. 14.01.2008, come terreno di classe "C".

Nella tabella seguente si riassumono le caratteristiche meccaniche medie dei due orizzonti individuati.

parametri geotecnici	Peso unitario de terreno	Coesione non drenata	Angolo di resistenza al tagli efficace	Classificazione AGI	Velocità di propagazione delle onde S
	γ_{nat} (t/m ³)	Cu (kg/cm ²)	ϕ	Denominazione	Vs (m/s)
STRATO 1	1,6	0	22°	Da scarsamente addensato a sciolto	170-195
da -0,0 a -8,7/-15,6 m					
STRATO 2	1,9	0	30°	Da moderatamente addensato a molto addensato	315-360
oltre -8,7/-15,6 m					

Nella successiva fase di progettazione definitiva ed esecutiva le indagini dovranno essere integrate ed approfondite.

5. ANALISI NUMERICHE: STATO DI FATTO E PROGETTO

Sulla base dell'interpretazione delle indagini geometriche e materiche eseguite, nonché della campagna geognostica, si è proceduto alla modellazione della struttura nella configurazione dello stato di fatto ed in quella di progetto. Le analisi sono state svolte, su incarico della Amministrazione Comunale, dall'ing. Nicola Brini nel mese di giugno 2016. Si rimanda al relativo allegato per le valutazioni di dettaglio.

La modellazione tiene conto dello stato di fatto e dell'ipotizzabile comportamento reale dell'organismo strutturale; le scelte progettuali si basano sui risultati dell'indagine numerica tenendo in considerazione i vincoli di intervento imposti sul fabbricato.

A sintesi delle valutazioni preliminari sullo stato di fatto si riassumono nel seguito le principali osservazioni:

- la struttura muraria non presenta un comportamento organico e globale di tipo "scatolare" per assenza di dettagli costruttivi in grado di garantire tale comportamento: scarso ammorsamento dei solai alle murature, murature slegate e non ammorsate, assenza di cerchiature o di tiranti;
- i solai sono disomogenei per materiali e rigidezze: da un lato i solai in laterocemento della porzione centrale del fabbricato sono assimilabili ad impalcati infinitamente rigidi, sebbene possa essere poco affidabile il sistema di ammorsamento alle murature perimetrali; dall'altro i solai lignei o a struttura metallica non sono assimilabili a piani rigidi e di fatto non sono in grado di rendere solidali le murature e ridistribuire alle stesse le azioni sismiche. L'assenza dei piani rigidi impone pertanto che la maggior parte dei maschi murari sia assimilabile ad elementi isolati con comportamento a mensola a tutta altezza. L'assenza di collegamenti ed ammorsamenti tra gli elementi murari privilegia infatti comportamenti di collasso disarticolati e locali rispetto a comportamenti omogenei e globali;

- gli orizzontamenti non presentano un adeguato coefficiente di sicurezza al collasso nei confronti dei carichi di esercizio previsti;
- le strutture lignee di copertura, sebbene non spingenti per la presenza delle catene in legno o in acciaio, presentano scarso ammorsamento alla testa dei muri; la tipologia costruttiva inoltre non è assimilabile a piano rigido e pertanto non è in grado di rendere solidali le murature;
- le valutazioni di natura geotecnica suggeriscono, anche con riferimento alla classe di fattibilità geologica ed alle corrispondenti limitazioni previste, un intervento di rinforzo delle fondazioni in grado di limitare l'attivazione di cedimenti o riportare i carichi ai substrati più profondi.

L'analisi eseguita sullo stato di fatto, condotta con riferimento al sistema globale, potrebbe quindi risultare poco significativa e di scarsa rispondenza al comportamento sismico reale della struttura: è stata comunque eseguita per poter evidenziare le principali criticità e fornire linee di indirizzo per le scelte progettuali degli interventi di miglioramento.

6. INTERVENTI DI PROGETTO

Sulla base dell'interpretazione delle analisi numeriche eseguite è quindi possibile identificare la filosofia progettuale degli interventi tenendo inoltre conto delle limitazioni imposte dal vincolo della natura monumentale del fabbricato. Nell'ambito delle prescrizioni del capitolo 8 del D.M. 14.01.2008, "Costruzioni esistenti", gli interventi di progetto si configurano come interventi di miglioramento globale ed interventi di carattere locale.

Le scelte si pongono pertanto i seguenti obiettivi:

- la creazione di piani rigidi: permette di ottenere un comportamento globale del tipo scatolare e di limitare o ridurre i rischi di meccanismi di collasso locale dei maschi murari e delle pareti; l'intervento prevede la creazione di due piani rigidi a livello del primo piano e del sottoetto;
- l'intervento di consolidamento locale o di rifacimento dei solai: permette di garantire la sicurezza nei confronti dei carichi di esercizio previsti;
- l'ammorsamento delle murature tra di loro e con i solai esistenti: permette di privilegiare un comportamento globale dell'organismo strutturale limitando l'attivazione di fenomeni di collasso locale;
- il consolidamento delle murature: permette di intervenire localmente per il ripristino delle porzioni di muratura ammalorata; la realizzazione dell'intonaco strutturale su alcuni maschi murari permette di incrementarne la resistenza a taglio senza di fatto variare in modo significativo il centro di rigidità dell'intero impianto murario e la conseguente redistribuzione delle azioni rispetto alla configurazione esistente;
- il consolidamento delle fondazioni: permette di limitare l'attivazione di cedimenti incrementali o differenziali.

Coerentemente con le scelte progettuali di natura strutturale, le scelte progettuali architettoniche sono condotte con i seguenti obiettivi:

- limitazione dell'incremento dei carichi permanenti in fondazione entro il 10% dei carichi esistenti attraverso la rimozione delle finiture esistenti e la posa di nuove finiture privilegiando l'utilizzo di materiali leggeri;
- destinazioni d'uso coerenti con quelle precedenti senza incrementi significativi dei sovraccarichi di esercizio;
- mantenimento delle aperture esistenti (porte e finestre) senza alterazione significativa della geometria e delle rigidità di piano dei maschi murari e delle pareti.

Nell'ottica del conseguimento degli obiettivi prefissati è possibile pertanto individuare i seguenti interventi di consolidamento strutturale:

- consolidamento delle fondazioni attraverso micropali trivellati; valutato il fatto che le azioni trasmesse in fondazione non subiscono un incremento significativo rispetto alla configurazione esistente e che allo stato attuale non sono visibili fenomeni di dissesto indotti da cedimenti assoluti o differenziali delle fondazioni stesse, si ritiene congruo dimensionare i micropali come elementi riduttori dei cedimenti; il consolidamento avviene attraverso l'infissione di micropali sui due lati della fondazione e la loro solidarizzazione attraverso cordoli continui in calcestruzzo armato;
- consolidamento delle murature: nell'ottica di ottenere un miglioramento si prevedono interventi locali di consolidamento con iniezioni di malte in corrispondenza delle porzioni di muratura più degradata o con tecniche del tipo "cuci-scuci"; si prevede inoltre la posa di tiranti in corrispondenza dei maschi murari e l'ammorsamento delle murature ai solai. I tiranti permettono di contribuire a garantire un comportamento di tipo globale della scatola muraria, attualmente non garantito per l'assenza di piani rigidi e per lo scarso ammorsamento tra i muri ortogonali, prevenendo meccanismi di collasso locale (tipicamente fuori piano) dei maschi murari. L'ammorsamento dei muri ortogonali, laddove non è possibile inserire un tirante, viene previsto con barre filettate in acciaio ancorate con opportuna malta cementizia antiritiro (o resina epossidica); si prevede in oltre di intervenire localmente su alcuni maschi murari con la realizzazione di intonaco strutturale con rete in acciaio e malta a base di calce;
- consolidamento dei solai:
 - o al primo piano si prevede l'adeguamento statico dei solai ai sovraccarichi di esercizio previsti; per i solai in laterocemento della porzione centrale si prevede il rinforzo con fibre di carbonio, mentre per i solai in legno od acciaio delle ali est ed ovest si prevede la completa demolizione e la sostituzione con solai in legno e cappa collaborante in calcestruzzo armato (alleggerito) opportunamente resi solidali ai muri perimetrali;

- o al piano sottotetto si prevede la posa di solai in legno con assito incrociato o lastra in XLAM opportunamente resi solidali alle murature perimetrali;
- consolidamento degli elementi di copertura: si prevede di intervenire sui nodi tra gli elementi attraverso l'utilizzo di elementi in acciaio, viti, piastre e squadre, in modo tale da collegare gli elementi secondari a quelli principali; localmente, laddove ammalorati, si prevede la sostituzione dei singoli elementi. In fase di progettazione definitiva si dovrà provvedere alla verifica puntuale dei singoli elementi e valutarne il consolidamento lo sostituzione, privilegiando in via prioritaria l'intervento di consolidamento con mantenimento degli elementi originari.

Nella tavola grafica allegata sono individuati gli interventi più significativi in progetto.

7. SINTESI

Il progetto di recupero e restauro dell'edificio ex Borsa si pone come obiettivo il recupero funzionale del fabbricato da destinarsi a complesso scolastico per ospitare l'istituto d'arte ISA di Monza. Dal punto di vista strutturale le scelte progettuali sono il risultato della sintesi di compromesso tra le necessità di consolidamento scaturite dalle analisi condotte e le limitazioni di tutela e conservazione imposti sul fabbricato stesso.

La campagna di indagini eseguita ha rilevato che il fabbricato rispecchia sostanzialmente, per tipologia e materiali, le tecniche costruttive caratteristiche dell'epoca della costruzione. Il fabbricato non ha subito sostanziali variazioni plano altimetriche nel corso della sua storia, ma ha subito invece una serie di interventi disarticolati e non omogenei a carattere prevalentemente locale volti a ripristinare o sostituire di volta in volta elementi strutturali interessati da collasso o degrado.

Le analisi condotte evidenziano le principali criticità della struttura esistente:

- mancanza di un comportamento globale di tipo "scatolare" dell'impianto murario, per assenza di piani rigidi e per scarso ammorsamento dei maschi murari;
- inadeguatezza dei solai a garantire la resistenza nei confronti dei sovraccarichi di esercizio;
- fondazioni di tipo superficiale su terreno scarsamente addensato che può prevedere l'innescio di cedimenti differenziali non trascurabili.

La risoluzione di queste criticità, evidenziata da una seconda analisi numerica, permette di ottenere un deciso e significativo miglioramento dell'organismo strutturale sia nel suo insieme (riduzione degli spostamenti e maggior numero di elementi verificati) sia nei confronti di possibili meccanismi di collasso locale.

In questa ottica si prevedono i seguenti interventi principali:

- rinforzo delle fondazioni con elementi riduttori dei cedimenti;
- rinforzo o rifacimento dei solai garantendo la portata dei carichi di esercizio;
- consolidamento delle murature laddove ammalorate e consolidamento di alcuni maschi murari con intonaco strutturale;
- interventi organici volti all'ottenimento di un comportamento di tipo "scatolare" attraverso la creazione di piani rigidi (a livello del piano terra ed al livello del sottotetto) e l'ammorsamento delle murature con tiranti o interventi locali agli spigoli;
- consolidamento degli elementi in legno di copertura con intervento sui singoli elementi e sui nodi dando priorità al mantenimento degli elementi esistenti.

La tipologia degli interventi sarà in grado di perseguire un miglioramento globale ed adeguamenti locali (solai) della struttura nell'ambito delle prescrizioni di cui al § 8 del D.M. 14.01.2008 permettendo il recupero funzionale del fabbricato nei confronti delle destinazioni d'uso previste nel progetto.