

Le tipologie costruttive presentate nelle schede relative alle dieci scuole tipo si innestano cronologicamente nell'importante fase di passaggio da un'edilizia di tipo tradizionale in muratura portante, radicata nella cultura edilizia italiana, a quella innovativa a telai strutturali di cemento armato.

Un ruolo non marginale nello sviluppo delle tecnologie edilizie fu rivestito dalle sperimentazioni sulla prefabbricazione che avrebbero dovuto segnare il passaggio da una lavorazione di tipo "artigianale" a quella "industriale" di serie. Tuttavia a un indubbio risparmio di tempo nella costruzione di opere totalmente prefabbricate – elementi strutturali e non strutturali – non faceva sempre riscontro un'analoga economia di costi; ciò ha portato a un progressivo abbandono della prefabbricazione totale che è restata in uso nell'edilizia contem-

poranea, quasi esclusivamente nella realizzazione di elementi portanti e nell'edilizia industriale.

Un esempio di edificio prefabbricato sono i padiglioni della scuola di piazzale A. Garibaldi (cap. 2.3), in legno e acciaio, risalente al 1909, mentre la scuola nido di piazza Merolli (cap. 2.8), del 1972 – insieme ai tanti edifici scolastici costruiti negli anni Settanta del secolo scorso – costituisce un prezioso esempio di prefabbricazione totale in cemento armato con elementi prefabbricati portanti e di tamponatura. La progressiva diffusione di nuove tecniche costruttive durante tutta la prima metà del Novecento, specialmente quella a gabbia di cemento armato, si lega bene, contemporaneamente, all'incisiva evoluzione del pensiero pedagogico che porta alla mutazione, tra l'altro, degli spazi all'interno delle costruzioni sco-

lastiche e alla nascita di ambienti legati a una rinnovata didattica e a nuove esigenze funzionali. Lo spazio, prima rigidamente organizzato sulla successione di aule che si affacciano su un lungo e ampio corridoio, come per esempio nelle scuole di via Madonna dell'Orto del 1888 (cap. 2.1), di Lungotevere della Farnesina del 1912 (cap. 2.2) e di largo A. Oriani del 1933 (cap. 2.5), inizia ad articolarsi, oltre che in aule per la didattica tradizionale, anche in grandi spazi flessibili per attività ordinate o libere, laboratori per la lavorazione della ceramica, per la pittura, informatici, sale di recitazione ecc. Le nuove strutture a gabbia, pertanto, consentono la realizzazione di questi nuovi e più ampi spazi e l'organizzazione di ambienti flessibili che con partiture mobili possono essere adattati alle più disparate esigenze didattiche e/o ludiche.

DEGRADO STRUTTURALE: TIPOLOGIE DI DISSESTI NELLE COSTRUZIONI IN MURATURA, IN CEMENTO ARMATO E PREFABBRICATE

Lo studio delle dieci scuole campione offre un panorama e uno spunto di riflessione sulle manifestazioni di degrado delle strutture relativamente alle diverse tipologie costruttive.

L'analisi dello stato di conservazione degli edifici oggetto d'indagine è stato effettuato in maniera sistematica rilevando sia i dissesti inerenti le strutture portanti – lì dove visibili – sia i dissesti di elementi portati.

Nel presente studio i fenomeni degradativi osservati interessano in prevalenza le parti non strutturali degli edifici; in ogni caso tale degrado può però denunciare un anomalo comportamento statico dell'insieme anche quando lo stato fessurativo non ha – o non ha ancora – interessato la struttura portante. Alcune di queste forme di degrado superficiale sono state riscontrate prevalentemente negli edifici a telai di c.a., relativamente a tramezzature, murature di tamponamento, rivestimenti, pavimenti. Nella scuola di via Fabiola, alcune tramezzature sono interessate da fessurazioni di entità a volte rilevante (cap. 2.6, foto 1-4) con molta probabilità dovute a fenomeni di traslazione delle strutture fondali¹: su alcune pareti le fratture da taglio si presentano parallele e inclinate

(foto 1, 3), con inclinazione di circa 45° verso l'appoggio ceduto; in altri casi hanno andamento orizzontale o verticale lungo i margini tra elementi portanti in c.a. e murature di tamponamento (foto 2, 4). In questo edificio sono state notate, inoltre, dilatazioni anomale di giunti strutturali in più punti (foto 5), analogamente a quanto avvenuto nella scuola di via Crivelli seppure in forma più modesta.

In questo edificio (cap. 2.7, foto 8, 9) le lesioni si localizzano sulla cortina di rivestimento esterno senza avere riscontro all'interno, disposte lungo i giunti di malta secondo una direttrice inclinata di circa 45°. Questo esempio costituisce un caso anomalo, non riscontrato altrove, dove la causa sembra essere di origine locale, per l'assenza di un adeguato cordolo sommitale di legatura e/o di adesione della cortina di rivestimento alla muratura di supporto. Altrove (cap. 2.7 foto 4, 5, 10, 11) si notano slittamenti dei giunti della cortina di rivestimento in laterizio in corrispondenza di alcuni pilastri. Le lesioni non si riscontrano all'interno degli ambienti e sembrerebbero interessare esclusivamente il rivestimento. Il dissesto potrebbe essere stato causato, dun-

que, da fenomeni di ritiro differenziato dell'insieme cemento armato-tamponatura-rivestimento.

In altri edifici in c.a. è stato riscontrato un fenomeno di degrado molto ricorrente, di tipo fisiologico, relativo agli intonaci di finitura interno ed esterno in corrispondenza dei confini tra elementi di c.a. e tamponature di laterizio.

L'intonaco, spesso realizzato con spessori ridotti e senza un'adeguata preparazione del supporto, presentando caratteristiche modeste di elasticità, non risulta essere in grado di assorbire le deformazioni derivanti dai fenomeni di ritiro viscoso del calcestruzzo, di flessione delle travi in c.a. e di differente dilatazione termica, soprattutto per gli intonaci esterni, tra c.a. e laterizio. Ciò causa fessurazioni nell'intonaco e distacchi; l'esposizione ciclica agli eventi atmosferici e soprattutto le infiltrazioni di acqua meteorica contribuiscono a distaccare ulteriormente l'intonaco fino a provocarne la caduta determinando lacune piuttosto considerevoli (scuola di via della Pisana, cap. 2.10, foto 5, 6).

L'intonaco perde la funzione di strato di sacrificio, ossia di protezione della sottostante struttura; nel c.a. ciò si manifesta con

deterioramento del copriferro – a volte anche con riduzione della sezione resistente – e conseguente ossidazione ed esfoliazione delle barre d'armatura (scuola di via Crivelli, cap. 2.7 foto 1, 2; scuola di via A. G. Barrili, cap. 2.5, foto 1, 2; scuola di via della Pisana, cap. 2.10, foto 1-4).

In merito alle strutture portanti in muratura non sono state osservate manifestazioni di dissesto strutturale rilevanti, fatta eccezione per la scuola di via Madonna dell'Orto (cap. 2.1): in una porzione dell'edificio, in prossimità dell'angolo su via di San Michele, sono state rilevate lesioni profonde e passanti ad andamento prevalentemente verticale in particolare in prossimità delle finestre e dei vani porta, regioni di minore resistenza (cap. 2.1, foto 3). Inoltre in corrispondenza di queste fessure anche la pavimentazione è segnata da una netta lesione e da una lieve pendenza. L'analisi globale del dissesto porta a supporre l'esistenza di un moto di traslazione differenziale del piano fondale localizzato in questa zona, poiché gli effetti sulla struttura scemano allontanandosi dallo spigolo del fabbricato (foto 5, 6).

Una manifestazione di dissesto che può verificarsi in strutture non originariamente realizzate per destinazione scolastica oppure in porzioni di edifici scolastici adattate successivamente per la didattica è relativo agli orizzontamenti che in questi casi presentano spesso portanza inferiore a quella richiesta dalla normativa per tale uso.

Ciò accade, ad esempio, nella succitata scuola di via Madonna dell'Orto dove i solai

in ferro e tavoloni dell'ultimo livello di aule risultano vibrare eccessivamente. Il fenomeno è sicuramente imputabile alla realizzazione di questo livello successivamente alla costruzione dell'intero fabbricato per cui il solaio, originariamente destinato a copertura dell'edificio con un

carico di esercizio basso, è poi diventato solaio di aula scolastica con un notevole incremento del carico accidentale. Pertanto anche se fosse soddisfatta una verifica a flessione delle travi di solaio probabilmente non si otterrebbe un analogo risultato nell'analisi della deformata.

Un fenomeno analogo, ma di modestissima entità, che rientra nella normale deformazione elastica della struttura, si verifica nella scuola di via Crivelli (cap. 2.7) in cui i solai in travetti di c.a. e laterizio, a causa della notevole luce di 10,80 m che coprono, vibrano maggiormente rispetto agli altri solai dell'edificio.

Un'altra tipologia costruttiva riscontrata, seppure in minor numero, è quella in prefabbricato. Un esempio è la scuola all'aperto di



piazzale A. Garibaldi (cap. 2.3) costituita da un gruppo di due padiglioni risalenti al 1939 realizzati in legno con controventi e cerchiature metalliche e basamento in muratura e da altri due padiglioni aggiunti nel 1950 e realizzati in c.a. Altro esempio di prefabbricazione in c.a. è la scuola di piazza P. Merolli (cap. 2.8). In questi tipi di fabbricati il dissesto più ricorrente è costituito da "scollamenti" e distacchi degli elementi di tamponatura dalle strutture portanti (scuola di piazzale A. Garibaldi, cap. 2.3, foto 5; scuola di piazza P. Merolli, cap. 2.8, foto 2, 10).

Nella scuola di piazza P. Merolli i distacchi sono maggiormente accentuati a causa di un probabile slittamento e/o cedimento del terreno verificatosi in prossimità dell'angolo sud-est (cap. 2.8, foto 3-6).

RICERCA DELLE CAUSE E DIAGNOSI

La determinazione delle cause che hanno dato origine ai dissesti strutturali rilevati attraverso la lettura dei quadri fessurativi e deformativi, è l'operazione maggiormente difficoltosa e delicata nel campo del consolidamento strutturale. Un corretto iter metodologico prevede:

- 1) la conoscenza del manufatto eseguita attraverso la rilevazione geometrica, strutturale e dello stato fessurativo e la ricerca storica;
- 2) le indagini e i monitoraggi finalizzati all'acquisizione di dati relativi alla stabilità del manufatto (indagini sul terreno di fondazione e sulla struttura fondale; indagini di tipo meccanico per l'individuazione dello stato tensionale di esercizio o di rottura della muratura, indagini qualitative per la defini-

zione della composizione e stato di conservazione della struttura; analisi degli orizzontamenti attraverso prove di carico per la determinazione della portanza; monitoraggio di lesioni attraverso strumentazioni meccaniche o elettroniche – biffe, deformometri, fessurimetri, inclinometri – finalizzato al controllo dell'evoluzione del processo deformativo e/o fessurativo);

- 3) il progetto di consolidamento. Le fasi relative ai rilievi, indagini ed i monitoraggi è fondamentale per una corretta interpretazione del danno e, quindi, per l'individuazione delle cause perturbatrici. Tuttavia spesso si tende a penalizzare la fase delle indagini e del monitoraggio, riservandovi modeste risorse economiche, con il rischio di non interpretare cor-

rettamente la causa e di elaborare, successivamente, progetti di interventi poco opportuni e ancor meno efficaci al fine dell'eliminazione totale della causa stessa.

In molti edifici scolastici analizzati sarebbe opportuno implementare un piano di indagini diagnostiche: ad esempio saggi sul terreno fondale e sulle strutture di fondazione nella scuola di via Fabiola (cap. 2.6), nella scuola di via Madonna dell'Orto (cap. 2.1) e nella scuola di piazza Merolli (cap. 2.8); il monitoraggio di lesioni nella scuola di via Crivelli (cap. 2.7) e di via Madonna dell'Orto (cap. 2.1); in quest'ultima sarebbe opportuno eseguire anche prove di carico sui solai dell'ultimo livello ed eventualmente anche nella scuola di via Crivelli (cap. 2.7).

Gli interventi di consolidamento appartengono a quella categoria di opere che rientrano nel termine generico di restauro. Si può pertanto intendere l'intervento di consolidamento un intervento di restauro statico finalizzato al ripristino o all'incremento delle potenzialità statiche del manufatto nel rispetto della sua originaria concezione costruttiva e strutturale. Vediamo ora come tale intervento deve rispondere ai requisiti propri del restauro:

- minimo intervento;
- durabilità;
- distinguibilità;
- reversibilità;
- compatibilità chimica, fisica, meccanica.

Difficoltà oggettive spesso non consentono di soddisfare tutti i requisiti necessari, ma per realizzare un corretto intervento il progettista dovrà porsi l'obiettivo di soddisfare il maggior numero di essi.

Se un approccio corretto all'intervento di consolidamento contempla, tra l'altro, la lettura critica della compagine strutturale e costruttiva, un intervento relativo ad una specifica tipologia di dissesto non potrà essere indifferentemente predisposto per diversi organismi strutturali.

Nonostante la tecnologia degli ultimi decenni si sia sviluppata notevolmente nel campo del restauro statico, mettendo a disposizione tecniche e materiali innovativi, sarebbe opportuno che esse si affiancassero a tecniche e materiali di tipo tradizionale, senza sopprimerle perché nelle strutture storiche murarie esse si innestano rispettando maggiormente il lessico strutturale originario. Tuttavia l'uso di queste tecniche, che indubbiamente qualificano l'intervento di restauro statico e che anche da un punto di vista di "filosofia" del restauro lo rendono cor-

retto, è sempre meno diffuso a causa della modesta presenza di maestranze specializzate e del conseguente elevato costo, in relazione anche ai tempi di realizzazione spesso più lunghi rispetto all'esecuzione di interventi di tipo moderno.

La scuola di via Madonna dell'Orto, un edificio realizzato nel 1888 in muratura portante, ad esempio, presenta dissesti localizzati in un'angolata del fabbricato (cap. 2.1, paragrafo "dissesti") che, da quanto è stato possibile osservare, sono riconducibili a moti traslativi delle fondazioni. Attraverso indagini geologiche, dovranno essere preventivamente determinate la stratigrafia e le caratteristiche meccaniche del terreno, mentre con opportuni monitoraggi dovrà essere verificata l'eventuale progressione del moto o lo stato di quiete. Successivamente potrà essere predisposto un intervento di consolidamento:

- superficiale, se il terreno presenta in strati superficiali opportune caratteristiche di resistenza;
- profondo, se il terreno adeguatamente resistente si trova in strati non superficiali.

Un intervento di tipo superficiale è la sottofondazione (in muratura o c.a.) che prevede un approfondimento ed un allargamento dell'originaria base fondale, estesa lungo le pareti murarie portanti.

Nel caso in cui si debbano raggiungere strati più profondi di terreno potranno essere realizzati micropali di cls armati (tipo palo radice) i quali, mediante l'aderenza laterale, trasmettono il carico al terreno che attraversano. Una volta assicurata la stabilità del sistema fondale, il decorso fessurativo delle pareti murarie termina, pertanto dovranno essere eliminate tutte le soluzioni di continuità prodottesi nel tempo (cap. 2.1, foto 3-6). Tali fessurazioni potranno essere risarcite mediante sostruzione a cucì e scuci da eseguire con l'utilizzo di mattoni pieni da ammorsare bene con la vecchia muratura, secondo i cri-

teri – semplici, ma spesso disattesi – della regola dell'arte.

Un altro esempio di intervento è relativo ad una struttura in c.a – scuola di via Fabiola, realizzata nel 1977 (cap. 2.6)– che presenta dissesti anch'essa causati da cedimenti fondali. L'edificio è situato su un declivio della collina Monteverde di Roma, è conformato a gradoni ed ha un sistema di fondazione superficiale a plinti isolati collegati da cordoli. Anche in questo caso dovranno essere eseguiti saggi sul terreno e monitoraggi allo scopo di avere un quadro globale sulle condizioni e caratteristiche del terreno e sulla natura del moto. Prima di implementare un intervento di consolidamento dovrà inoltre



essere verificata l'eventuale esistenza di un moto franoso e il livello di falda. Si potrà successivamente valutare di intervenire o con sottofondazioni in c.a. o con palificate in c.a.; nel caso venga accertata la presenza di un moto franoso dovranno essere previste opere per la stabilizzazione del pendio.

Nei casi di cedimenti di fondazione potrà anche essere valutata l'opportunità di intervenire attraverso iniezioni di miscele consolidante dei terreni. Tale intervento potrà essere effettuato in terreni incoerenti – ghiaiosi e sabbiosi – resi iniettabili dalla presenza di vuoti; al contrario, questo intervento non potrà essere previsto per terreni eminentemente argillosi che hanno un modestissimo grado di assorbimento della miscela cementante.

1 Per un approfondimento sulle caratteristiche geologiche dei terreni e sui dissesti di fondazione cfr. Cap. 1.5.1.



