

Superficiali o profonde. Da esercizio o da ritiro, da flessione o da taglio. Ecco come studiare fessura per fessura le cause, i pericoli e le conseguenze dei diversi fenomeni nelle murature in mattoni e nelle strutture in calcestruzzo.

FESSURE MURARIE: CHE FARE?

Giacomo Cusmano



Nel settore delle costruzioni edili non è raro imbattersi in casi di studio e lavoro in cui nello stabile o nell'appartamento sono presenti lesioni murarie.

Ogni fessura è la manifestazione di un problema o difetto dell'edificio e diviene importante, fin da subito, capire se essa è interpretabile come un segnale di pericolo per gli utenti della costruzione o se viceversa, pur essendo fastidiosa da un punto di vista estetico, è "gestibile" nell'ambito di ordinari interventi di manutenzione della costruzione.

E' bene premettere innanzitutto che anche se le fessure si manifestano palesemente su strutture non è detto a priori che queste siano pericolose.

Le fessure che usualmente si manifestano negli edifici possono essere riassunte nelle seguenti famiglie:

- strutturali da esercizio;
- strutturali da crisi (formazione di cerniere plastiche, degrado progressivo da strutture iperstatiche ad isostatiche);
- da ritiro o da viscosità;
- da movimento per dilatazioni non consentite causa assenza di giunti;
- da assorbimento differenziato di umidità;
- per cedimenti della fondazione;

- per vibrazioni, terremoto;
- per espansione di parti interne (corrosione di barre, tubi non ben isolati);
- dovute a specifiche del luogo (condizioni climatiche, incendi, ecc...).

In edilizia si è solito impiegare molti materiali che resistono bene ad azioni di compressione, ma poco ad azioni di trazione (mattoni e calcestruzzo ne sono un emblema) e quindi bastano bassi stati tensionali di trazione a causare spaccature locali improvvise (generalmente di spessori limitati a qualche decimo di millimetro).

Nelle strutture in calcestruzzo armato lo stesso progettista, consapevole di questo aspetto, spesso non considera nei calcoli delle travi la resistenza a trazione del materiale (ipotizza che il materiale si lesioni); dove è prevista trazione inserisce delle barre di armatura in acciaio che assorbono gli sforzi interni (formando così il calcestruzzo "armato").

Ne consegue quindi un primo aspetto importante: anche se sono presenti fessure una struttura può mantenere quasi inalterata la propria resistenza, rimandando nel tempo la necessità di interventi di ripristino. Altresì, spesso, si ha a che fare con strutture a telaio iperstatiche in cui al formarsi di cerniere plastiche per eccessi di carico o altri problemi si hanno sì deformazioni amplificate con formazione di lesioni, ma non crolli di parti. Vi è un grado minore di sicurezza, ma comunque sicurezza.

Premesso questo il tecnico di cantiere non può in ogni caso esimersi dallo studiare il fenomeno fessurativo e interpretare la natura del problema che ha di fronte e soprattutto, per l'edificio nel suo complesso, capire se si debba parlare di assestamento o viceversa di fenomeno che si aggrava sempre di più sino a portare al crollo futuro di elementi portanti.

Indipendentemente dal tipo di studio che si può compiere in modo più o meno sofisticato, occorre che il tecnico abbia chiaro alcuni concetti:

- "fessura" = allontanamento di parti (sulle tavole di rilievo delle frecce perpendicolari alla traccia della lesione aiutano a simulare i movimenti della costruzione);

- fessura uniforme nelle dimensioni = allontanamento reciproco con traslazione;
- fessura che da ampia diventa stretta sino a scomparire = rotazione dell'elemento portante su cui si manifesta la lesione;

A fronte di questi concetti di base è possibile identificare delle lesioni "standard" correlate a specifici fenomeni, fermo restando che la disomogeneità dei materiali e la presenza di finestre, porte, tavolati interni possono alterare con "varianti sul tema" gli schemi teorici.

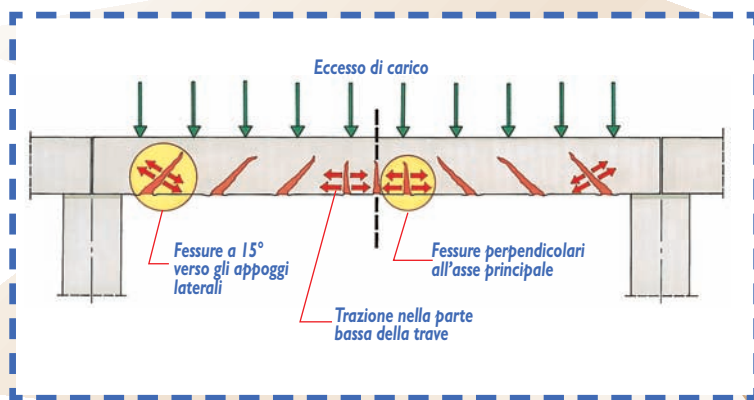
Le fessure da flessione su travi o solette in c.a. si manifestano generalmente nella zona centrale dell'elemento portante e sono caratterizzate da segni perpendicolari all'asse principale; tali segni di distacco sono evidenti nell'intradosso (cioè nella parte bassa dove c'è trazione), ma non proseguono nella zona alta della trave (dove c'è compressione); in sintesi le fessure da flessione da ampie in basso diventano strette verso l'alto. Spesso, a fessure nella zona centrale dell'elemento portante si affiancano in contemporanea, verso gli appoggi laterali, fessure a 45° sui due fianchi laterali (fessure da taglio).

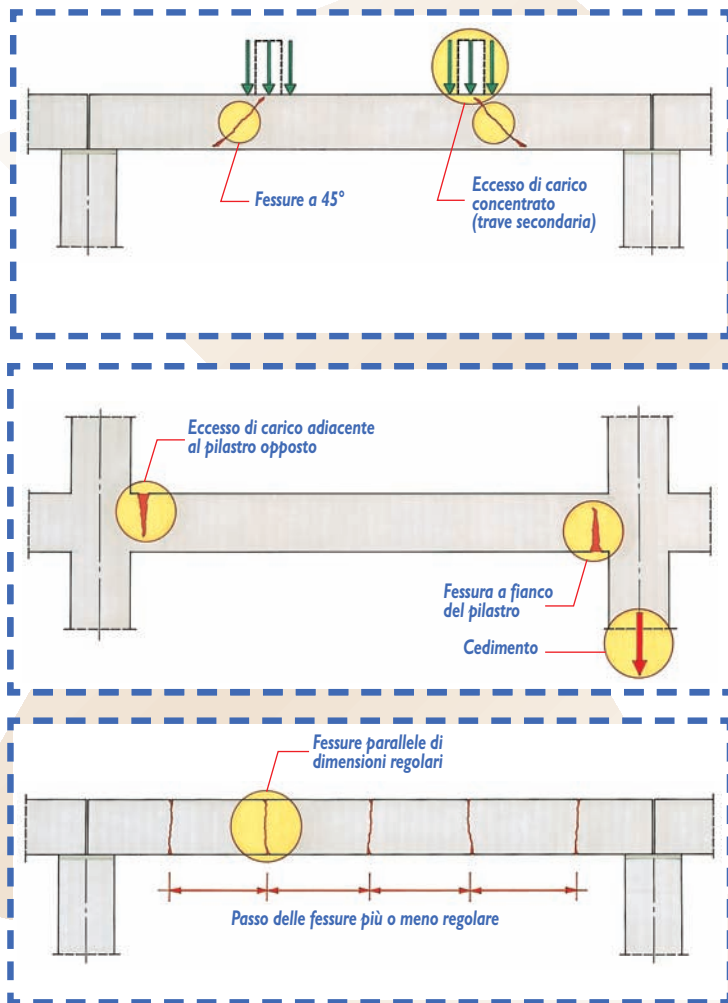
Vi è da evidenziare che le fessure possono essere strutturali da esercizio o da crisi: in generale, quindi, in casi di questo tipo è sempre consigliabile un monitoraggio o controllo nel tempo.

Tra le cause del fenomeno vi possono essere eccessi di carico, bassa rigidezza strutturale o anche assenza di un'adeguata armatura all'interno della trave.



Nel disegno, schematizzazione delle fessure da flessione e taglio su travi o solette in c.a.





Nei disegni sopra, in ordine, esempi di fessure da taglio su travi in c.a., da cedimenti differenziati, su strutture a telaio, da ritiro.

Le fessure specifiche da taglio su travi in c.a. possono viceversa formarsi in un qualsiasi punto della trave (quindi anche centrale e non per forza agli appoggi), con la solita caratteristica di sviluppo lungo i fianchi con inclinazione a 45°. Tali segni si manifestano allorché vi è un eccesso di carico concentrato (caso di trave secondaria poggiate su trave principale o di pesanti elementi appesi) o una mancanza di staffe concentrate sotto il carico puntuale. Tali fessure possono essere strutturali da esercizio o da crisi; negli interventi di ripristino è consigliabile ridurre il carico concentrato o rinforzare il sistema di distribuzione del carico.

Proseguendo la carrellata si citano le fessure da cedimenti differenziati (su strutture a telaio), caratterizzate da segni a soffitto (sulla trave) analoghi a quelli da flessione (lesioni ampie in basso e strette in alto), ma, si noti bene, a fianco del pilastro; in contemporanea, sul pavimento del piano superiore, compaiono segni adiacenti al pilastro diametralmente opposto.

Le fessure possono rappresentare assestamenti o un fenomeno di crisi in evoluzione; conviene dapprima verificare lo stato fisico dei pilastri sottostanti sino a terra e poi perlustrare l'area per capire se vi è stata alterazione delle condizioni di base (adiacenti scavi in corso, depressione della falda sotterranea, consolidamenti di terreni argillosi). Tra le più probabili cause si citano il cedimento di una fondazione o la crisi del primo pilastro per eccesso di carico.

Proseguendo le fessure da ritiro che si manifestano in strutture in calcestruzzo armato appaiono composte da segni lesionativi paralleli, a passo e dimensioni più o meno regolari, su tutta la trave; la regolarità delle fessure a volte è alterata dalla combinazione con fenomeni di flessione/taglio.

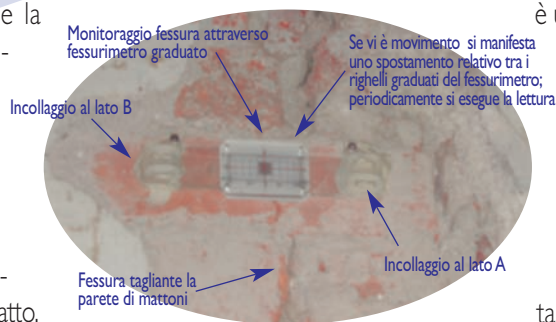
Come è noto il ritiro è una disidratazione con diminuzione di volume; il fenomeno fisico è naturale e quindi non desta eccessive preoccupazioni se non che espone maggiormente le parti interne all'azione di eventuali agenti ambientali aggressivi. Tra le cause di questa tipologia di fessure si annoverano in elenco un ambiente di maturazione eccessivamente secco con maturazione troppo repentina piuttosto che un'armatura eccessivamente concentrata.

Dopo questa panoramica occorre ricordare in ogni caso che su strutture a telaio le fessure non sono tutte di tipo strutturale. Alle spalle di ogni ipotesi che si compie in prima battuta, vi deve essere un'analisi complessiva di tutti i

fenomeni fisici primordiali che possono interessare un edificio.

A titolo di esempio per far comprendere tale affermazione, nella famiglia di fessure non strutturali si possono collocare le fessure murarie verticali in adiacenza di pilastri in c.a. o sui pilastri. In adiacenza di tali elementi portanti si

forma, a volte quindi non sempre, una lesione verticale di spessore più o meno regolare; in presenza di intonaco fortemente aggrappante la stessa devia sul pilastro per poi seguire una direzione retta in altra quota. In tale specifico caso, in caso di dubbio fondamentale è rompere l'intonaco sul pilastro per assicurarsi che la lesione non prosegua in profondità anche sull'elemento portante in c.a. In caso di esito negativo la lesione muraria non desta preoccupazioni di tipo strutturale, in quanto assimilabile a problemi di differenziale dilatazione tra materiali a contatto.



Il fenomeno si manifesta allorché si ha una dilatazione differente tra pilastro e chiusura in mattoni forati causa continui sbalzi termici (ponte termico) o differente assorbimento d'umidità. La rottura viene evidentemente facilitata dalla presenza di un rivestimento interno poco elastico. Non è un caso che alcune imprese edili, in via preventiva, nella zona di passaggio da un materiale a un altro a rischio di lesione, facciano impiego di una rete portaintonaco. Oltre a edifici a telaio in c.a. il panorama edile italiano presenta numerose costruzioni in mura-

PRIMA IL RILIEVO, POI L'ANALISI E LA DIAGNOSI

Prima perlustrazione ed esame di tutte le lesioni

- analisi visiva di ogni dissesto
- percorrere l'intero edificio

Conoscenza dell'edificio

- esamina del progetto originale e delle varianti successive
- età della costruzione
- tipologia costruttiva
- rilievo di materiali inusuali
- uso e attività di ogni singola parte
- individuazione dello schema portante

Conoscenza delle condizioni al contorno

- presenza di rilevati, avvallamenti, dirupi
- presenza di nuovi edifici, recente demolizione di vecchi
- informazioni sul livello della falda, acque sotterranee
- informazioni su scavi recentemente eseguiti nei dintorni
- passaggio di mezzi pesanti – treni – metropolitana
- presenza di alberature ad alto fusto
- natura del terreno

Rilievo del quadro fessurativo

- individuazione di lunghezza, direzione, spessore, profondità di ogni fessura (fessura passante o apparente? Esamina)
- distribuzione e frequenza delle fessure
- rilievo di eventuale distorsione/fuori piano di componenti edili
- controllo della prosecuzione dei muri sino al piano terra
- verifica del fatto che le fessure non siano replicate da un lato e dall'altro del componente orizzontale (pavimento-soffitto)
- controllo dell'eventuale ripetizione delle fessure in parti analoghe dell'edificio
- realizzazione di tavole di progetto riportanti le lesioni (per una visione globale del comportamento dell'edificio)
- per edifici identici controllo della presenza di fessure negli stessi punti anche negli altri stabili

Analisi delle condizioni fisiche, delle sollecitazioni e delle resistenze attraverso...

- carotaggi, prove di carico in laboratorio, determinazione delle stratigrafie, endoscopie

- prove con martinetti piatti
- prove soniche
- prove piezometriche, geologiche e geotecniche
- impiego di pacometri, sclerometri, rilevatori di corrosione
- impiego di termometri ed igrometri

Diagnosi di tipo fisico – chimico

- controllo di repentini e frequenti cambiamenti di temperatura
- controllo del diverso grado di umidità delle parti in esame
- controllo dello stato dei giunti
- verifica del grado di corrosione delle parti metalliche
- controllo dell'eventuale presenza di condizioni ambientali aggressive

Diagnosi strutturali

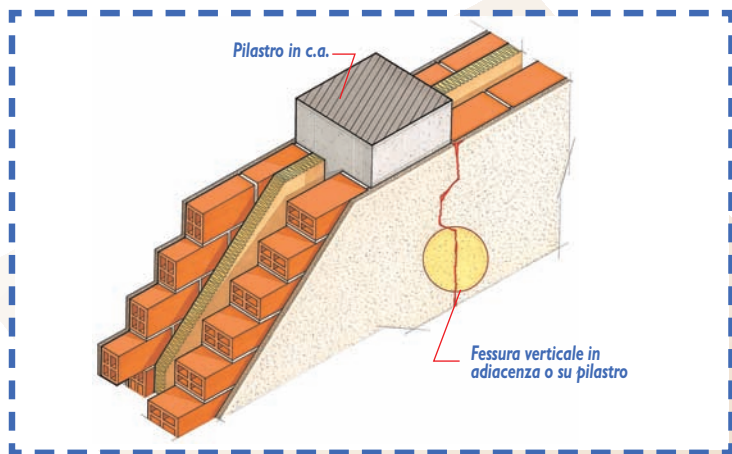
- studi e riflessioni su possibili movimenti – rotazioni delle singole parti
- ricostruzione del modello dell'edificio (impiego di programmi ad elementi finiti)
- simulazioni di possibili azioni di carico e della loro combinazione
- analisi dello stato tensionale
- verifica dei punti con tensione superiore a quella del materiale: tracciamento di fessure sulle tavole grafiche
- eventuale inserimento di cerniere plastiche
- ricerca di corrispondenza tra simulazione e quadro fessurativo rilevato in sito
- nuove simulazioni con nuove azioni o nuove combinazioni di carico se il risultato non convince
- controllo dell'andamento nel tempo delle fessure (assestamento o cedimenti con crisi?)

Dubitare delle precedenti diagnosi

- non fidarsi del primo esame: verificare in più punti ogni ipotesi
- possibile sovrapposizione di effetti; le cause possono essere molteplici: verificare l'ipotesi della presenza di due azioni simultanee

Se occorre monitoraggio nel tempo dell'edificio e delle lesioni attraverso...

- rilievi grafici degli estremi, biffe, vetrini
- fessurimetri, sensori di spostamento, inclinometri, centraline vibrometriche, sistemi optoelettronici
- strumenti topografici



Nel disegno sopra, esempio di fessure murarie verticali in adiacenza di pilastri o sui pilastri.

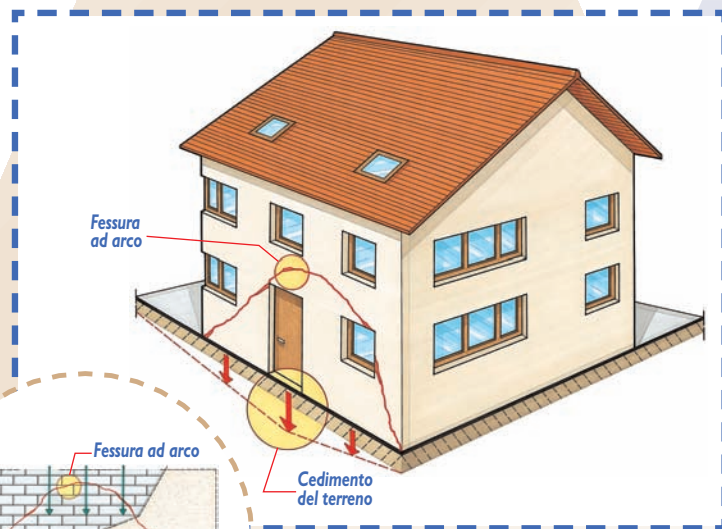
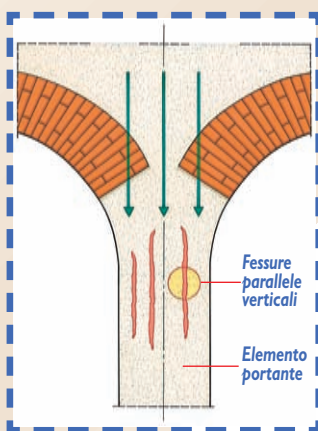
A lato, fessure parallele verticali su colonne o setti portanti in muratura.

Sotto, fessure ad arco su strutture murarie portanti o tamponamenti interni.

Nel disegno in alto della pagina a fronte, esempio di fessure identiche a ogni piano.

Sopra, le porte simmetriche rispetto ad un setto murario o pilastro. Al centro, fessure inclinate secondo una direzione sul setto portante di facciata.

In basso, fessure a croce sulla facciata dell'edificio.



tura che, causa l'età avanzata, appaiono le più ricche (in senso negativo) di segni di degrado. Le strutture di tale famiglia di costruzioni meritano in tal senso un'apposita elencazione di "fessure tipologiche".

Fra tutte le lesioni appaiono in primo luogo più pericolose le fessure parallele verticali su colonne o setti portanti in muratura. Un elemento compresso (come è il caso di una mura-

tura) oltre a subire una deformazione di schiacciamento verso il basso, subisce uno "spanciamento" laterale: se il carico è elevato si supera la debole resistenza a trazione del mattone con conseguente rottura proprio perpendicolarmente all'asse di carico. In sintesi un eccesso di carico su una colonna porta a fessure verticali, tra di loro simili e quasi passanti da un lato all'altro.

E' evidente che un intervento di ripristino risulta improcrastinabile. Attenzione deve essere rivolta a un fenomeno correlato che spesso appare, in prima battuta, poco chiaro: ampie colonne o setti di elevato spessore manifestano lesioni da schiacciamento.

Il lettore non deve infatti dimenticare i casi di colonne e muri "a sacco", dove in realtà la parte portante è solo esterna ed il nucleo centrale è composto da materiale incoerente.

Gli sforzi si concentrano sul perimetro e l'elemento portante tende ad andare in crisi se gli stessi superano il valore della tensione massima di rottura.

Altrettanto frequenti su murature sono le fessure ad arco su strutture murarie portanti o tamponamenti interni. Ogni singola fessura si presenta a forma di arco (per l'appunto) più o meno regolare, con deviazioni di forma e passaggio in corrispondenza degli spigoli di porte e finestre; la lesione muraria è passante, ossia taglia tutto l'elemento murario ed è riconoscibile da un lato e dall'altro. Il fenomeno è la tipica espressione di un cedimento della parte portante sottostante, sia che si tratti di terreno (in caso di muri al piano terra) che di travi o solai (nei casi ai piani superiori)

Proprio perché la fessura si manifesta sia su elementi portanti sia su semplici divisori interni, occorre sempre verificare ciò che accade non tanto all'elemento danneggiato (che mantiene in ogni caso l'equilibrio) quanto alle strutture sottostanti che possono avere gravi problemi. Occorre capire il perché dell'improvvisa deformazione dell'elemento sottostante.

Osservare una singola fessura spesso non è operazione sufficiente per identificare i problemi reali dell'edificio nel suo complesso.

A supporto di tale tesi si cita il caso di fessure identiche, a ogni piano, sopra le porte, simmetriche rispetto a un setto murario o pilastro. Le singole fessure, spesso su tavolati, sono di per se stesse poco significative in ogni appartamento, ma tagliano a circa 45° il tavolato (quindi sono passanti) e si ripetono parallele ad ogni piano; altresì, riportando le stesse su tavola di prospetto o sezione dell'edificio, appaiono simmetriche rispetto ad un

asse. Sulla tavola di rilievo, le fessure di ogni piano (virtualmente unite da una linea immaginaria) formano un arco. Se ciò avviene (gli archi di lesione muraria sono solo teorici in quanto la presenza dei solai in c.a. altera ed interrompe lo schema teorico) la più probabile causa è il cedimento della fondazione di un pilastro o di un setto murario centrale portante.

Ogni volta che si esamina un problema di fessure fondamentale è dunque l'analisi del quadro globale dei degradi.

Sempre su tale impostazione si cita il caso di *fessure identiche, tutte inclinate secondo una direzione, sul setto portante di facciata, a ogni piano, sopra le porte o le finestre.*

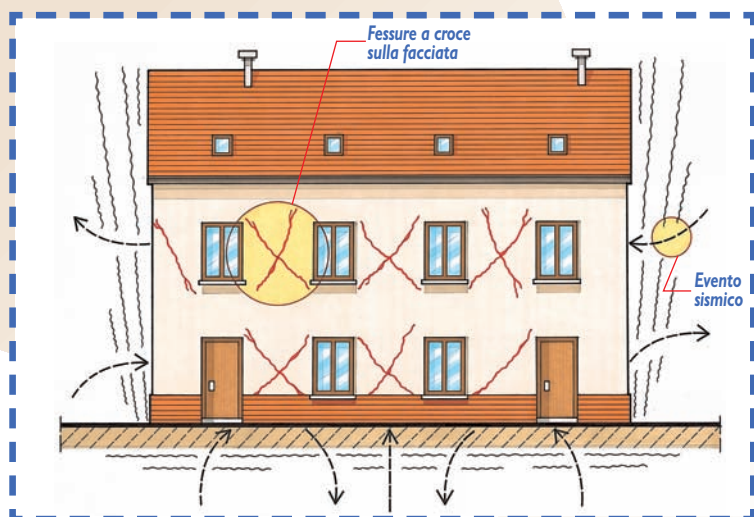
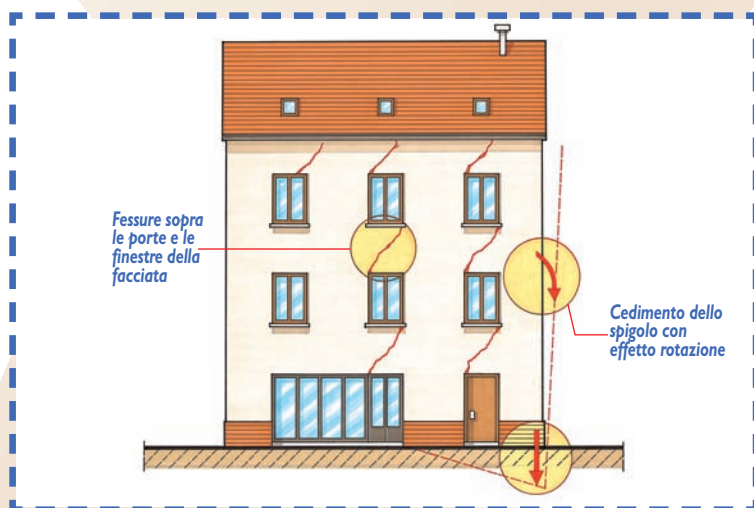
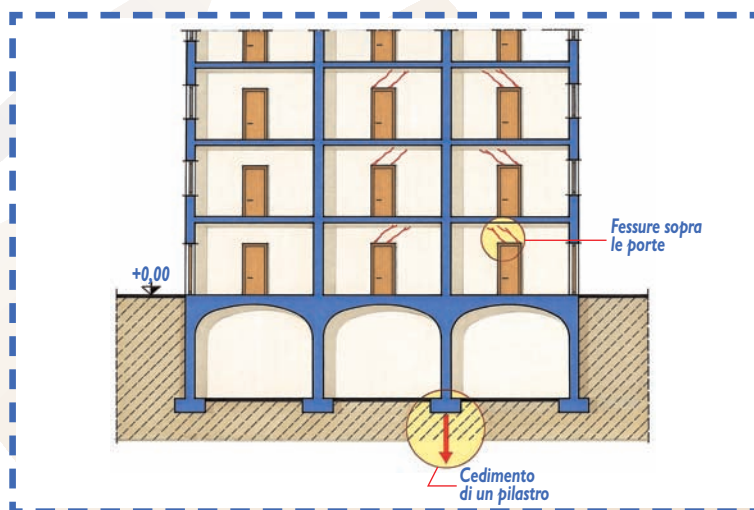
Il fenomeno è per l'appunto analogo a quello inerente il cedimento verso il basso di un setto o pilastro, ma in questo caso non vi è simmetria rispetto ad un asse, bensì le fessure inclinate sono tutte dirette verso un estremo inferiore della costruzione. L'angolo d'inclinazione delle fessure non è ovviamente a priori fisso, ma può variare a seconda della dimensione dei setti murari, della loro consistenza e della dislocazione più o meno regolare delle aperture sul prospetto in esame.

Con un'attenta riflessione si può dedurre che a tale quadro di lesioni si associa verosimilmente la presenza di una rotazione di una porzione dell'edificio, causa cedimento non uniforme, ma concentrato del terreno sottostante uno spigolo dell'abitato.

Un ultimo sguardo va rivolto alle tipiche *fessure a croce sulle facciate dell'immobile in muratura.*

Sui prospetti si notano fessure passanti che formano delle croci (più o meno simmetriche) inclinate di circa 30-45°. Ciò è dovuto ad un precedente evento sismico, ovvero ad un fenomeno che impone sulle strutture esistenti traslazioni miste a rotazioni locali alternate nelle due direzioni (da cui non una ma due fessure simmetriche inclinate rispetto ad un asse centrale e con un centro in comune). Le lesioni a croce possono essere pericolose se tagliano tutti i setti continui verticali, in quanto creano discontinuità degli elementi portanti principali dello stabile, mentre destano minori preoccupazioni se sono sopra e sotto le finestre.

A conclusione di questa breve, ma significativa panoramica si deve necessariamente evidenziare al lettore che gli schemi riportati sono ovviamente puramente indicativi; non è raro in casi reali, imbattersi in situazioni miste in cui diverse sollecitazioni e problemi si manifestano contemporaneamente e quindi fondamentale, al di là dell'imparare a riconoscere le famiglie di fessure più classiche, è l'acquisizione di un metodo di lavoro.



Non basta partire da casi di analisi già svizzerati: di volta in volta bisogna avere l'umiltà di partire da zero e seguire un percorso di analisi razionale e ben impostato. La qualità del risultato di diagnosi non mancherà. ■