IF CRASC '17
IV Convegno di Ingegneria Forense
VII Convegno su CRolli, Affidabilità Strutturale, Consolidamento
POLITECNICO DI MILANO, 14-16 SETTEMBRE 2017

# LA RESPONSABILITÀ DEI DANNI PRODOTTI SUL COSTRUITO DA COSTRUZIONI SOPRAVVENUTE

M. Acito
*Politecnico di Milano, Milano*

A. Migliacci
*Presidente Consorzio CISE, Milano*

V. Lavermicocca
*Assegnista di Ricerca al Politecnico di Milano, Milano*

## SOMMARIO

Nella memoria si affronta il tema della valutazione delle responsabilità dei diversi "attori" in causa nei contenziosi di danni prodotti sul costruito preesistente da costruzioni sopravvenute.
Il problema ricorre nelle nostre città tutte le volte che si interviene con nuove costruzioni, o nella ricostruzione o ampliamento di edifici specie in sotterraneo di edifici, in prossimità del costruito. Generalmente, si va dal caso classico delle paratie tirantate per realizzare le costruzioni in adiacenza, al caso dei cavi metropolitani nelle zone più densamente urbanizzate.
Il concetto semplificato di "chi prima arriva ha vinto", che ha spesso ispirato la giurisprudenza, rischia di non essere consono in tutti quei casi in cui nel costruito si riscontrano carenze da degrado e/o incuria, vizi e difetti gravi.
Il tema è già stato affrontato in letteratura con proposte di suddivisione delle responsabilità, le quali mettono giustamente in conto le carenze del costruito. In questa memoria, si cerca di commisurare tali responsabilità allo stato delle conoscenze e agli obblighi dei disposti normativi, eventualmente disattesi all'epoca della realizzazione del costruito.

## 1. INTRODUZIONE

La memoria tratta la questione dei danni resi palesi o prodotti in costruzioni esistenti da costruzioni sopravvenute, ossia dai lavori di esecuzione di nuove costruzioni, o talvolta dal loro servizio, ovviamente quando le costruzioni sopravvenute sono adiacenti o possono influenzare quelle esistenti.
In particolare si tratterà il caso di edifici esistenti nei quali si manifestano danni, specie nelle opere di finitura, all'atto dell'esecuzione di lavori nelle adiacenze (tipico è il caso delle

paratie eseguite a fianco di un edificio esistente), ma i risultati sono ovviamente applicabili a tutte le costruzioni allorché si manifestino le circostanze suddette (Fig. 1).
Come è noto, le Normative Tecniche vigenti (NTC-2008), al punto 6.5.1, criteri di progetto delle opere di sostegno, assegnano la responsabilità della verifica degli effetti sul costruito preesistente alla costruzione sopravvenuta.[1]
Tali verifiche, però, anche se fatte con riferimento ad un adeguato livello di conoscenza del costruito e con conseguenti adeguate scelte progettuali, non possono escludere il manifestarsi di effetti, in quanto questi possono essere riferiti a carenze non palesi e/o vizi occulti del costruito esistente, oltreché ad errori di progettazione e/o di esecuzione della costruzione sopravvenuta.

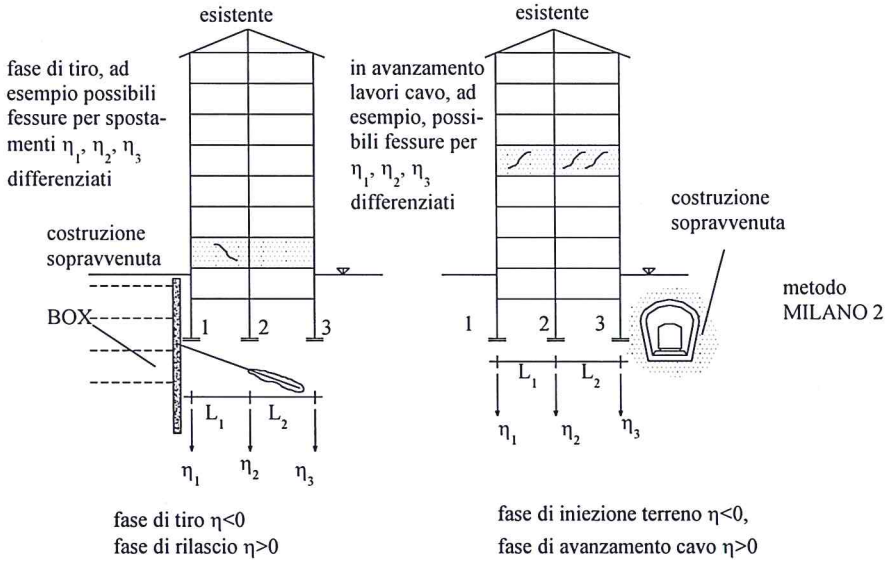
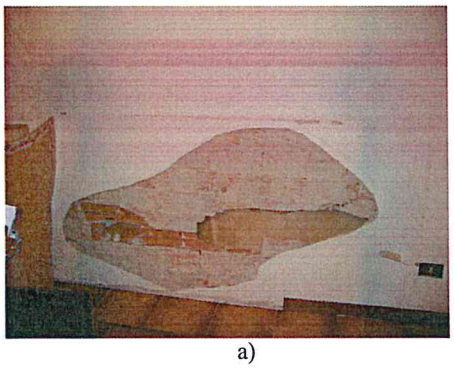



Figura 1. Esempi di lavori in adiacenza

Le vicende di controversie legali scaturite dal palesarsi di danni sul costruito coincidenti con la realizzazione di costruzioni sopravvenute non sono affatto rare, e si ritrovano in molti edifici delle nostre città: edifici che per decenni hanno prestato il loro servizio sostanzialmente con soddisfazione degli utenti ed al massimo con l'intervento di opere di manutenzione ordinaria per far fronte a qualche modesta lesione nelle opere di finitura più fragili o più esposte. Talvolta l'edificio nel corso degli anni, specie nei casi dell'edilizia più pove-

[1] (6.5.1. - Criteri di progetto) *"In presenza di costruzioni preesistenti, il comportamento dell'opera di sostegno deve garantirne i previsti livelli di funzionalità e stabilità. In particolare, devono essere valutati gli spostamenti del terreno a tergo dell'opera e verificata la loro compatibilità con le condizioni di sicurezza e funzionalità delle costruzioni preesistenti. Inoltre, nel caso in cui in fase costruttiva o a seguito della adozione di sistemi di drenaggio si determini una modifica delle pressioni interstiziali nel sottosuolo, se ne devono valutare gli effetti, anche in termini di stabilità e funzionalità delle costruzioni preesistenti."*

ra, può mostrare segni di danno più palesi, ma ancora lo si considera agibile, senza che gli utenti assumano iniziative di manutenzione. Ma può anche darsi che tali manifestazioni lesive restino latenti, non inducendo gli utenti a preoccupazioni per l'uso e, tantomeno, ad assumere iniziative.
Ad un certo momento però, improvvisamente, nell'edificio si vengono ad evidenziare lesioni e segni di danno, diffusi qua e là apparentemente secondo un quadro difficile da razionalizzare, sia perché le manifestazioni lesive latenti potevano trovarsi più o meno vicine alla soglia della loro comparsa, talché è facile che si evidenzino in maniera diversa, sia perché le manifestazioni già visibili possono aumentare con modalità diverse, accompagnandosi spesso da nuovi segni di danno (Fig. 2).



a)

b)

Figura 2. Esempi di danni: a) schiacciamento tramezzo; b) fessurazione muratura perimetrale

Uno strutturista di fronte a queste situazioni dovrebbe riuscire a trovare la causa, diciamo scatenante, che ha reso palesi le manifestazioni lesive latenti o accresciuto quelle già visibili, accompagnandole spesso da nuove. E, trovata la causa, dovrebbe riuscire a dimostrarne la rilevanza nei confronti di quanto poteva già esistere.
Per la prima questione (la causa), anche l'uomo della strada rivolge subito l'attenzione alle nuove situazioni che l'edificio ha dovuto affrontare e quindi, nel caso specifico, ai lavori in atto o eseguiti nelle adiacenze, mentre per la dimostrazione della sua rilevanza la cosa è più difficile, soprattutto se si vuole arrivare a quantificare le colpe e non a fermarsi a semplici aggettivazioni.
Un modo di procedere, veramente sbrigativo, sarebbe quello di attribuire tutta la colpa alla causa sopravvenuta, ossia ai lavori nelle adiacenze dell'edificio. Ma questo modo di procedere non tiene conto delle deficienze proprie dell'edificio esistente o di sue eventuali anomalie, giacché, se è vero che esso funzionava in modo anche soddisfacente fino al momento dei lavori nelle adiacenze, è altresì vero che esso poteva contenere palesi o latenti segni di danno per cause proprie. L'aggettivo "scatenante" dato alla causa sopravvenuta è corretto, ma altre cause, proprie dell'edificio, possono aver partecipato a formare i danni, cosicché occorre una diversa procedura per riconoscere e poi quantificare le colpe. Cioè, si deve proporre un modo di procedere che tenga conto di tutto ciò.
Innanzitutto, occorre individuare per le diverse tipologie di danno tutte le possibili componenti che vi hanno un ruolo attivo, anche quelle preesistenti proprie dell'edificio, compo-

nenti che diremo "tecniche", sulla base delle quali, diversamente pesate, attribuire le diverse percentuali tecniche di colpa, proprio per le diverse tipologie di danno. Successivamente, poiché alcune di tali componenti sono sopravvenute (come quelle imputabili ai lavori nelle adiacenze), senza che fosse obbligo dei costruttori dell'edificio di tenerne conto quando lo realizzarono, nonché spesso, anche come conseguenza dell'imperizia e/o del risparmio degli esecutori dell'edificio, occorre definire almeno due coefficienti, o il loro unico rapporto, che possono dirsi coefficienti d'importanza, da applicare alle precedenti percentuali tecniche di colpa per far pesare il ruolo che queste altre circostanze hanno avuto nella vicenda.
Pertanto, i passi da compiere nei successivi paragrafi saranno quelli di:

a) definire le diverse percentuali tecniche di colpa per le diverse tipologie di danno;
b) individuare i coefficienti d'importanza più confacenti nel caso specifico, allo scopo di giungere alle percentuali definitive di colpa, le quali mettono così in conto tutti gli elementi che hanno avuto un ruolo nella vicenda.

La suddivisione degli oneri per la riparazione dei danni, per le diverse tipologie, discende allora come logica conseguenza da tali percentuali definitive di colpa.

## 2. DEFINIZIONE DELLE PERCENTUALI TECNICHE DI COLPA

In un edificio datato, gli elementi costruttivi, sia portanti (strutture) che portati (finiture e impianti), risentono del logorio dell'uso e del cimento prodotto dalle azioni applicate. Se però queste azioni sono state applicate in maniera corretta, ed ovviamente se sono state correttamente considerate nel progetto, resta solo il logorio dell'uso che può aver dato luogo a segni palesi o latenti di danno. Per altro verso, il cosiddetto "respiro" termico dell'edificio dopo due o, al massimo, tre anni di vita ha avuto ormai modo di stabilizzarsi e non è più motivo di danni.
Se però questi segni di danno si evidenziano improvvisamente ed aumentano quando vengono eseguiti lavori nelle adiacenze, ciò sta a significare che molto probabilmente tali lavori hanno applicato altre azioni all'edificio.

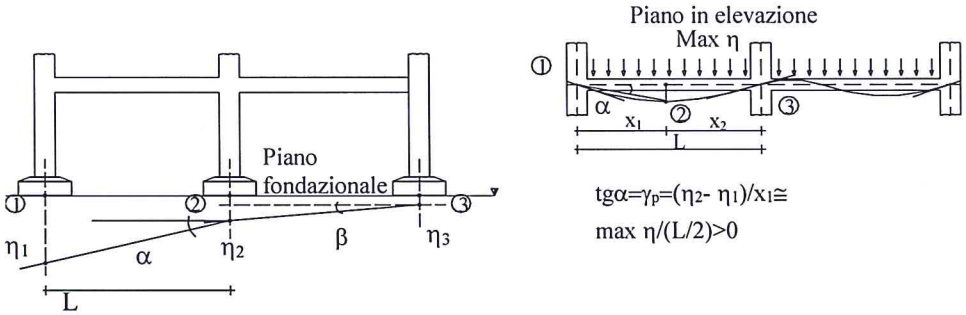
Orbene, poiché in un edificio di caratteristiche ordinarie le azioni più significative, specie nei riguardi delle finiture (tavolati, intonaci, pavimenti, serramenti e infissi), al di là degli effetti conseguenti all'uso e agli anni, sono costituite dagli spostamenti differenziali di punti diversi dell'edificio, ai quali spostamenti differenziali le finiture devono per così dire riuscire ad adeguarsi, un parametro significativo per la misura, sia delle azioni proprie dell'edificio, quando lo si può fare, sia di quelle imputabili ai lavori nelle vicinanze, può essere ravvisato in tali spostamenti differenziali $\delta$, o meglio nel rapporto fra essi e la distanza L dei punti cui si riferiscono, rapporto chiamato "distorsione" e indicato con $\gamma=\delta/L$.
Nella successiva figura 3, sono indicate in a) le distorsioni fondazionali ($\gamma_f$), dovute a cedimenti differenziati del terreno, e in b) le distorsioni di piano ($\gamma_p$), dovute alla deformabilità degli impalcati. Spesso accade che le sollecitazioni negli elementi strutturali possano ritenersi linearmente crescenti al crescere della distorsione $\gamma^*=\gamma/L^*$ rapportata alla distanza $L^*$ che interessa, diventando così il parametro significativo per pari estremi e rigidità degli elementi.
Tuttavia, quello che conta è vedere gli effetti prodotti da tali distorsioni sulle finiture, ad

esempio su un tavolato che occupi la luce L fra due pilastri contigui. Per questo problema, non ha proprio interesse la valutazione delle sollecitazioni (momenti M e taglio V) in un elemento strutturale snello di luce L e di rigidità B costante, prodotte dal cedimento differenziale $\delta$ dei suoi estremi (ossia, dalla $\gamma_f=\delta/L$) o corrispondenti al cedimento $\eta$ della sua campata (ossia, alla $\gamma_p=\eta/(L/2)$).
Comunque, come è facile calcolare in fase elastica, tali valutazioni, tenendo conto di una parziale cedevolezza dei vincoli agli estremi dell'elemento, potrebbero condurre ai seguenti ordini di grandezza:

per una distorsione $\gamma_f=\delta/L$, M (incastro)$=(5B)\cdot\gamma^*_f$
V$=(10B/L)\cdot\gamma^*_f$,

per una distorsione $\gamma_p=\eta/(L/2)$, M (incastro e campata)$=(5\div7\ B)\cdot\gamma^*_p$
V$=(16B/L)\cdot\gamma^*_p$,

con una confrontabile corrispondenza dei valori (si ricordi, $\gamma^*_f=\gamma_f/L$, $\gamma^*_p=\gamma_p/(L/2)$).




tgα=$\gamma_f$=δ/L=($\eta_2$– $\eta_1$)/L<0 (antioraria)

a) distorsione fondazionale

b) distorsione di piano

Figura 3. Distorsioni fondazionali e di piano

In conclusione, proprio per il fatto che si tratta di andare a vedere gli effetti prodotti da tali distorsioni sulle finiture, tutti gli Autori sono concordi di riferirsi semplicemente alle distorsioni $\gamma_f$ e $\gamma_p$, quali azioni applicate all'edificio, e nel limitarne i valori entro limiti ammissibili allo scopo di evitare danneggiamenti alle finiture, come si vedrà più avanti. Valori maggiori possono essere ammessi per le strutture.
Con riferimento, quindi, alle distorsioni fondazionali $\gamma_f$ e di piano $\gamma_p$, per una determinata tipologia di danno, se si attribuisse peso (2,0) alla distorsione di piano, si potrebbe attribuire alle distorsioni fondazionali un peso pari al precedente (2,0) moltiplicato per il rapporto $\gamma_f/\gamma_p$ tra i valori delle suddette distorsioni.
Fra le distorsioni fondazionali da considerare vi sono ovviamente, sia quelle proprie dell'edificio, dovute all'applicazione dei pesi dell'edificio sul suo piano fondazionale, sia quelle eventualmente prodotte dai lavori nelle adiacenze. In tal modo, anche queste distorsioni prodotte da tali lavori, una volta quantificatane la presenza, vengono considerate alla

stregua di quelle messe in conto a suo tempo dal costruttore dell'edificio, anche se queste dovute ai lavori nelle adiacenze nessuna legge fa obbligo al costruttore di considerarle. Ma anche queste distorsioni dovute a tali lavori vanno considerate, al fine di potere stabilire la parte di colpa tecnica da attribuire ad esse.

Naturalmente, la valutazione delle quote fondazionali imputabili ai pesi dell'edificio deve far riferimento alle quote veramente "efficaci". Tale efficacia deve tenere conto di svariate questioni:

- innanzitutto, con un suolo fondazionale privo di "viscosità" (come è ad esempio il caso ghiaioso/sabbioso del terreno di Milano, vedasi ad esempio, [1]), le distorsioni dovute al peso delle strutture dell'edificio (mediamente per edifici residenziali pari a circa il 50÷60% del totale, comprensivo dei carichi variabili) non hanno alcun effetto sulle finiture che vengono eseguite dopo,
- l'effetto del peso delle finiture ed impianti (mediamente pari al 25÷30% del totale) va ridotto un poco, poiché, ad esempio, i tavolati dei piani alti non influenzano quelli dei piani bassi, che in genere vengono eseguiti successivamente, mentre l'effetto dei carichi variabili (al massimo pari al 15÷20% del totale) va scontato per la non contemporaneità.

Le considerazioni precedenti, salvo analisi meglio dosate, portano a dire che le distorsioni fondazionali vanno ridotte intorno allo 0,90, rispetto a quelle prodotte dai pesi totali dell'edificio, carichi variabili compresi, per avere le quote efficaci nei riguardi delle strutture e intorno allo 0,40 nei riguardi delle finiture.
Inoltre, v'è poi da considerare l'età di applicazione di tali distorsioni, poiché gli adattamenti di carattere non elastico che avvengono nel corso degli anni ne attenuano gli effetti (ad esempio, almeno per circa 1/3), a parte le concrete circostanze legate ad eventuali rifacimenti delle finiture che possono fare uscire indenni tali rifacimenti da qualsiasi patimento per colpa delle distorsioni fondazionali proprie dell'edificio, avvenute ben prima del rifacimento.

È scontato dire che tutte le precedenti distorsioni fondazionali vanno calcolate mediante apposite teorie e programmi di calcolo agli E.F., in grado di descrivere con buona attendibilità la realtà fisico-meccanica del problema.
Tuttavia, come si è fatto notare, occorre considerare tutte le possibili componenti in causa e a tutte occorre attribuire un peso, sempre per ogni tipologia di danno, anche se tali componenti non sono sempre riconducibili a distorsioni, ma sono frutto invece di altre vicissitudini e circostanze. Tali componenti, per facilitare la suddetta attribuzione di pesi, possono essere raggruppate in due famiglie, le ordinarie e le congenite, ove le prime sono quelle connesse alle tipologie costruttive ordinarie dell'edificio in relazione all'uso ordinario che se ne è fatto fino al momento dei lavori nelle vicinanze, mentre le seconde dipendono, sia da particolarità costruttive proprie dell'edificio, sia da particolari modalità d'uso (ad esempio, un tempo prolungato e severo), che l'edificio si è trovato ad avere. Mentre alle prime, in relazione al peso attribuito alla deformabilità degli impalcati, che può farsi valere da (1,0) a (3,0), con valore medio (2,0), si può ragionevolmente attribuire un peso conforme ai valori precedenti, ossia fra (1,0) e (3,0), per le seconde è tutto da vedere ed il peso da attribuire ad

esse può arrivare a valori anche ben superiori a quello attribuito agli impalcati, (2,0). Solo un'analisi accurata di quanto accade in presenza di tali "accidenti" e di quanto sarebbe invece accaduto in loro assenza, può orientare sul valore del peso da attribuire ad essi con ragione.
Ad esempio, ancora quando le azioni prodotte dalle componenti in causa sono riconducibili a distorsioni, nel caso di impalcati eccessivamente deformabili si può ragionare nel modo seguente. Se è vero che per la tipologia dell'edificio in questione (ad esempio, con tavolati tradizionali in laterizio e intonaco a gesso) si deve porre come limite alla distorsione "efficace" di piano il valore $\gamma_p \leq 1/1250$, allorché nella realtà costruttiva dell'edificio risultasse invece $\gamma_p = 1/500$, allora, oltre ad attribuire ad esempio il peso (2,0) alla deformabilità degli impalcati, si dovrebbe attribuire il peso (3,0) alla particolarità costruttiva "impalcati eccessivamente deformabili," in modo da ottenere complessivamente il peso (5,0), poiché proprio per tale deformabilità la distorsione efficace è nella realtà (1/500): (1/1250)= 1250/500=2,5 volte maggiore dell'ordinario, cosicché il peso da attribuire agli impalcati dovrebbe essere 2,5x(2,0)=(5,0).

Naturalmente, anche per le distorsioni di piano occorre riferirsi alle quote efficaci.
In relazione ai tempi costruttivi dei tavolati, che peraltro interagiscono con gli impalcati impedendone le libere deformazioni, si possono definire la quota di deformazione viscosa da attribuire al peso strutturale degli impalcati e quella da attribuire al peso dei tavolati, che sono eseguiti successivamente, (la relativa quota elastica non va conteggiata poiché i tavolati durante la loro esecuzione si "adeguano" alla deformazione degli impalcati).
Per il peso da attribuire alle restanti finiture ed impianti va invece considerata sia la quota elastica che quella viscosa, questa però ancora più ridotta, perché le date di esecuzione sono ancora più successive. Per i carichi variabili va considerata, ovviamente, la sola quota elastica.

Costruite in tal modo le quote di deformazione da considerare, la loro somma porta a definire la deformazione massima max $\eta$, non proprio nella mezzeria della campata di luce L, ma quasi, talché la distorsione di piano può essere calcolata con la relazione $\gamma_p$=(max $\eta$): (L/2).
Tale valore efficace va poi corretto con l'applicazione di un coefficiente sull'ordine dello 0,8÷0,9 (a volere essere pessimistici), poiché la relativa max $\eta$ è stata valutata nell'ipotesi che i tavolati possano consentire liberamente la deformazione degli impalcati.
Tuttavia, quando non si ha la possibilità di riferirsi a parametri ben definiti (quali le distorsioni), solo l'esperienza professionale e il vaglio delle informazioni raccolte possono portare ad attribuire ragionevoli pesi alle componenti in causa, (ai quali pesi, data l'incertezza, conviene attribuire valori arrotondati allo 0,5). Soprattutto in queste circostanze l'attribuzione dei pesi contiene aspetti soggettivi di giudizio, per cui, proprio allora può rivelarsi prezioso un trattamento "fuzzy" dei pesi, secondo regole conosciute (si veda ad esempio, Klir G. J. And Yuan BO).
Comunque, l'attribuzione dei pesi tecnici alle diverse componenti in causa si traduce nell'allestimento della sottostante tabella (Tab. 1) nella quale per il danno dell'i -esima tipologia (i=1,2,....,r) si hanno i pesi $p_{ij}$ in relazione all'j – esima componente in causa (j=1,2,....,s).

| Tipologie di danno (i=1,…,r) | Lato Edificio Esistente (j=1,2,…,q) ordinarie | | | congenite | | | Lato Lavori (j=q+1, q+2,…,s) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | | h | h+1 | q | q+1 | | | s-1 | s |
| $d_1$ | $p_{11}$ | $p_{12}$ | | $p_{1h}$ | $p_{1\,h+1}$ | $p_{1q}$ | $p_{1\,q+1}$ | | | $p_{1\,s-1}$ | $p_{1s}$ |
| | $\pi_{11}$ | $\pi_{12}$ | | $\pi_{1h}$ | $\pi_{1\,h+1}$ | $\pi_{1q}$ | $\pi_{1\,q+1}$ | | | $\pi_{1\,s-1}$ | $\pi_{1s}$ |
| $d_2$ | $p_{21}$ | $p_{22}$ | | $p_{2h}$ | $p_{2\,h+1}$ | $p_{2q}$ | $p_{2\,q+1}$ | | | $p_{2\,s-1}$ | $p_{2s}$ |
| | $\pi_{21}$ | $\pi_{22}$ | | $\pi_{2h}$ | $\pi_{2\,h+1}$ | $\pi_{2q}$ | $\pi_{2\,q+1}$ | | | $\pi_{2\,s-1}$ | $\pi_{2s}$ |
| | | | | | | | | | | | |
| $d_i$ | $p_{i1}$ | $p_{i2}$ | | $p_{ih}$ | $p_{i\,h+1}$ | $p_{iq}$ | $p_{i\,q+1}$ | | | $p_{i\,s-1}$ | $p_{is}$ |
| | $\pi_{i1}$ | $\pi_{i\,2}$ | | $\pi_{ih}$ | $\pi_{i\,h+1}$ | $\pi_{iq}$ | $\pi_{i\,q+1}$ | | | $\pi_{i\,s-1}$ | $\pi_{is}$ |
| | | | | | | | | | | | |
| $d_r$ | $p_{r1}$ | $p_{r2}$ | | $p_{rh}$ | $p_{r\,h+1}$ | $p_{rq}$ | $p_{r\,q+1}$ | | | $p_{r\,s-1}$ | $p_{r\,s}$ |
| | $\pi_{r1}$ | $\pi_{r2}$ | | $\pi_{rh}$ | $\pi_{r\,h+1}$ | $\pi_{rq}$ | $\pi_{r\,q+1}$ | | | $\pi_{r\,s-1}$ | $\pi_{rs}$ |

Tabella 1. Tabella dei pesi

Da tale matrice [P] dei pesi $p_{ij}$, fissata una determinata "metrica", si può ottenere la matrice [Π] delle percentuali $\pi_{ij}$. La metrica più semplice è rappresentata dalla normalizzazione, ossia dall'operatore per righe (peso generico/somma dei pesi):

$$\pi_{ij} = p_{ij} / \sum_{j=1}^{s} p_{ij}, \ (1=1,2. \ldots,r), \qquad (1)$$

in modo da avere appunto $\sum_{j=1}^{s} \pi_{ij} = 1$ ,(i=1,2 …,r), per tutte le r tipologie di danno.

Tuttavia, si possono proporre metriche diverse per passare dalla [P] alla [Π], ad esempio la metrica "esponenziale": $\pi_{ij} = p_{ij}^{\,k} / \sum_{j=1}^{s} p_{ij}^{\,k}$ , con $k \geq 0$.

Con tale metrica, la percentuale $\Pi_{iL}$ lato lavori, a carico dei quali vi sia ad esempio la sola componente s – esima, al variare di k mostra l'andamento di figura 4, a), che tende asintoticamente al valore 1=100% a partire dal valore 1/s per k=0. Nella figura 4, b), è rappresentato un caso numerico nel quale s=5 e, lato Lavori, si abbia appunto a carico la sola componente n° 5. Con i pesi della tabellina riportati in figura, per l'i – esima tipologia di danno risulta:

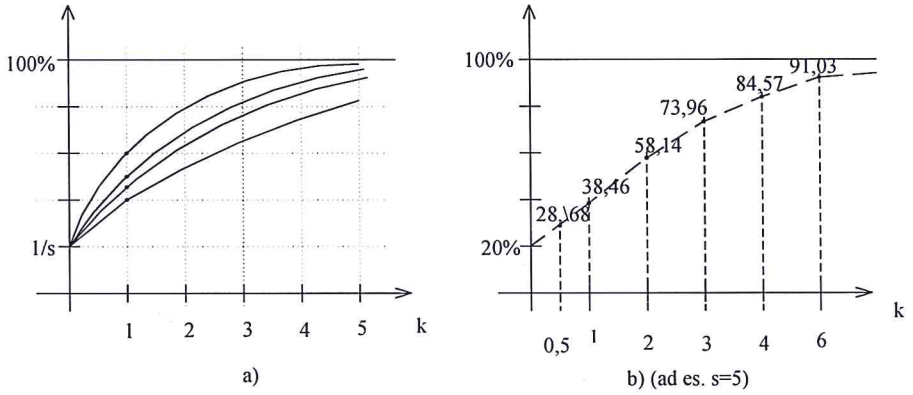
$$\Pi_{iL} = (5,0^k) : (1,0^k + 2,0^k + 2,0^k + 3,0^k + 5,0^k),$$

la quale fornisce per k=1 il valore 38,46%.

Le percentuali lato edificio (E), o lato lavori (L), sono poi date per ogni tipologia di danno, (i=1,2,….,r), dai vettori $\Pi_E$, $\Pi_L$ di componenti:

$$\Pi_{iE} = \sum_{j=1}^{q} \pi_{ij}$$
$$\Pi_{iL} = \sum_{j=q+1}^{s} \pi_{ij}, \ (i=1,2,\ldots,r), \qquad (2)$$

ovviamente con $\Pi_{iE} + \Pi_{iL} = 1$ per qualsiasi i, come è rappresentato nella tabella (Tab. 2).




| | 1 2 3 4 | s=5 |
|---|---|---|
| $p_{ij}$= | 1,0 2,0 2,0 3,0 | 5,0 |
| | Lato Edificio (E) | Lavori (L) |

Figura 4. "metrica" di passaggio dai pesi alle percentuali di colpa

| Percentuali di colpa | |
|---|---|
| lato edificio (E) $\Pi_{iE}$ | lato lavori (L) $\Pi_{iL}$ |
| $\Pi_{1E}=\sum_{j=1}^{q} \pi_{1j}$ | $\Pi_{1L}=\sum_{j=q+1}^{s} \pi_{1j}$ |
| $\Pi_{2E}=\sum_{j=1}^{q} \pi_{2j}$ | $\Pi_{2L}=\sum_{j=q+1}^{s} \pi_{2j}$ |
| $\Pi_{iE}=\sum_{j=1}^{q} \pi_{ij}$ | $\Pi_{iL}=\sum_{j=q+1}^{s} \pi_{ij}$ |
| $\Pi_{rE}=\sum_{j=1}^{q} \pi_{rj}$ | $\Pi_{rL}=\sum_{j=q+1}^{s} \pi_{rj}$ |

Tabella 2. Percentuali di colpa

La soluzione ora rappresentata determina tecnicamente, quanto meglio possibile, i vettori $[\Pi_E]$ e $[\Pi_L]$, ossia le percentuali di colpa $\Pi_{iE}$ e $\Pi_{iL}$ da attribuire alle due Parti in causa, per ogni tipologia di danno.

Con tale attribuzione tecnica, anche le componenti in causa lato lavori (j=q+1, ....,s) vengono messe sullo stesso piatto della bilancia, come se i costruttori dell'edificio avessero dovuto tenere conto anche di esse al momento della costruzione.

Ma non può essere così, giacché nessuna Legge sulle costruzioni impone ad un costruttore di tenere conto nella progettazione e nell'esecuzione di un suo edificio di eventuali azioni che potrebbero essere applicate ad esso da futuri ipotetici lavori nelle adiacenze. Peraltro, in buona sostanza, giacché tali lavori si traducono in genere nella formazione di distorsioni fondazionali per l'edificio in questione, v'è da chiedersi, posto proprio che si vo-

glia tenerne conto, quale entità sia da attribuire a tali distorsioni provenienti dall'esterno, cioè prodotte da un estraneo (1/500, o 1/750, oppure solo1/1000?).

Ovviamente, mai si segue questa strada, cosicché, introdotte tali distorsioni "estranee" fra le diverse componenti in causa, e calcolati i vettori delle percentuali tecniche $[\Pi_E]$ e $[\Pi_L]$, occorre vedere di correggere tali vettori per tenere conto del fatto che le componenti in causa lato lavori sono "estranee" e, come tali, poiché la scelta del progetto e delle tecniche esecutive di tali lavori sono dipesi da un estraneo, possono anche aver prodotto azioni particolarmente gravose per l'imperizia o per il voluto risparmio tenuti da tale estraneo nella realizzazione dei suoi lavori. Inoltre, è importante commisurare il peso delle diverse componenti di cause anche alle caratteristiche proprie di tali componenti di cause. È importante, infatti, sapere se la componente di causa scaturisca o meno dalla non osservanza di norme vigenti o dalle regole connesse alla buona costruzione e oculata manutenzione.
Per questa importante questione si dà una possibile soluzione nel paragrafo successivo

## 3. COEFFICIENTI D'IMPORTANZA

Il problema di cui si è detto al termine del paragrafo precedente può essere risolto individuando due coefficienti $c_{iE}$ , $c_{iL}$ da applicare alle r componenti dei vettori $[\Pi_E]$ e$[\Pi_L]$ in modo da "appesantire" il vettore $[\Pi_L]$ delle percentuali di colpa a carico dei lavori e "alleggerire" quello $[\Pi_E]$ che spetta all'edificio.

Innanzitutto, si deve subito puntualizzare che lo scopo di tali coefficienti è quello di far pesare il fatto che le componenti in causa lato lavori sono estranee all'edificio, il quale fino al loro sopravvenire era tenuto in servizio con sostanziale soddisfazione degli utenti. Che inoltre, proprio perché estranee, su di esse non ha potuto intervenire la proprietà dell'edificio, cercando di alleviare le azioni ad esse conseguenti, magari attraverso una progettazione ed esecuzione più sagaci fatte a suo tempo.

Inoltre, si vuole tenere conto dell'origine delle componenti di causa. Una componente di causa originata da inosservanza delle normative vigenti è molto più grave di una che rifletta lo stato di conoscenza e le regole del buon costruire. Con riferimento alla generica componente di danno, per una preesistenza realizzata in assenza di norme, che riflette la conoscenza e le tecniche dell'epoca della costruzione, si deve considerare un coefficiente $c_E$ molto basso ($c_E \rightarrow 0$). Per contro, per una costruzione sopravvenuta, realizzata non rispettando le disposizioni normative vigenti o in sfregio alle regole del buon costruire, si deve considerare un coefficiente $c_L$ molto grande ($c_L \rightarrow \infty$).

Per semplicità, poiché i rapporti di peso tecnico fra le varie componenti sono già stati dosati attraverso le precedenti attribuzioni di peso a seconda della tipologia di danno, si potrebbero individuare due soli coefficienti $c_E$ e $c_L$, indipendentemente dalla tipologia di danno. In maniera equivalente, assegnando a $c_E$ il valore 1, sarebbe sufficiente individuare il solo rapporto $n=c_L / c_E >1$ da utilizzare nelle relazioni seguenti:

$$\left| \begin{array}{l} \Pi^*_{iE} = (1 \cdot \Pi_{iE})/(1 \cdot \Pi_{iE} + n \cdot \Pi_{iL}) \\ \Pi^*_{iL} = (n \cdot \Pi_{iL})/(1 \cdot \Pi_{iE} + n \cdot \Pi_{iL}), \end{array} \right. \qquad (3)$$

che conducono ai nuovi vettori $[\Pi^*_E]$ e $[\Pi^*_L]$ delle percentuali di colpa definitive.

È interessante fare apparire nelle relazioni precedenti il rapporto $m_i$ fra le percentuali tecniche lato Lavori e lato Edificio (sempre per la i – esima tipologia di danno), ossia:

$$m_i = \Pi_{iL}/\Pi_{iE}, \ (i=1,2,\ldots,r). \qquad (4)$$

Le relazioni precedenti (3) si scrivono allora (sempre per la generica i):

$$\left| \begin{array}{l} \Pi^*_{iE} = 1/(1+m_i \cdot n) \\ \Pi^*_{iL} = m_i \cdot n/(1+m_i \cdot n), \end{array} \right. \qquad (3')$$

e sono rappresentate nella figura 5 per alcuni valori di tale $m_i$.

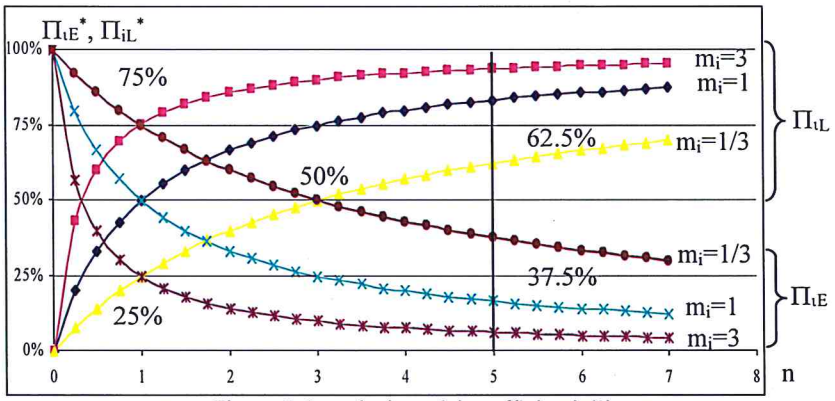



Figura 5. Introduzione dei coefficienti d'importanza

Come si può vedere, pur partendo da un grosso riconoscimento di colpa a carico dell'edificio per motivi tecnici (ad esempio, perché si tratta di un edificio anziano e piuttosto malandato, con debolezze intrinseche e solai molto deformabili), addirittura con $m_i=1/3$, ossia $\Pi_{iE}=75{,}0\%$ e $\Pi_{iL}=25{,}0\%$, anche solo con n=3 le due nuove percentuali definitive diventano fra loro uguali $\Pi^*_{iE}=\Pi^*_{iL}=50\%$ e per n=5 il riconoscimento di colpa si ribalta avendosi $\Pi^*_{iE}=37{,}5\%$ e $\Pi^*_{iL}=62{,}5\%$.

Per inciso, vale la pena di notare che assegnando il rapporto $m=\Pi_E/\Pi_L$ e sapendo che $\Pi_E+\Pi_L=1$, si ha subito $\Pi_E=1/(1+m)$, $\Pi_L=m/(1+m)$, (non si è posto qui per semplicità l'indice i). Per le nuove percentuali asteriscate valgono ovviamente relazioni analoghe, ossia:

$m^*=\Pi^*_E/\Pi^*_L$, $\Pi^*_E=1/(1+m^*)$ e $\Pi^*_L=m^*/(1+m^*)$, avendosi inoltre l'utile relazione $m^*=m.n$, (fig. 6), che facilita il passaggio dalle ($\Pi_E$, $\Pi_L$) alle ($\Pi^*_E$, $\Pi^*_L$).

Per concludere, senza avere la pretesa di generalizzare, ed anche in relazione alla maggiore o minore cautela usata dall'estraneo nel realizzare i suoi lavori nelle vicinanze, si possono consigliare per il parametro n valori di almeno 3 e fino a 5, ma anche oltre nei casi più clamorosi. In questo modo, si può trarre una valutazione sufficientemente razionale della partecipazione di colpa fra i vari attori della vicenda. Si supera così il concetto semplicistico di "chi prima arriva ha vinto", attribuendo anche all'edificio esistente la sua giusta parte di colpa.

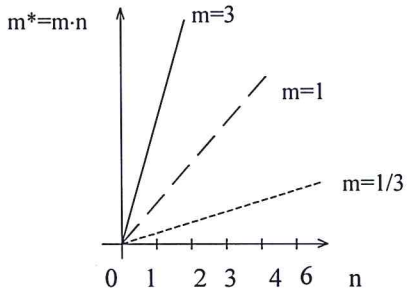



Figura 6. Legame fra m* ed m

## BIBLIOGRAFIA

Viggiani C.: Fondazioni, Editore Hevelius (2002).

Lancellotta R.: Geotecnica, Zanichelli Editore, pag. 495 (1997).

Klir G. J. and Yuan BO: "Fuzzy Sets and Fuzzy Logic"- Theory and Applications, Prentice Hall 1995.

Decreto Ministero Infrastrutture del 14.01.2008: Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni – Supplemento Ordinario n. 47/L alla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 51 del 29.02.08.

Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14.01.08 n. 617 del 07.03.08 - Supplemento Ordinario n. 27 alla Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana n. 47 del 26.02.09.