

UN CONTRIBUTO ALLA VALUTAZIONE DELLE RESPONSABILITÀ DEGLI EFFETTI PRODOTTI SUL COSTRUITO DA COSTRUZIONI SOPRAVVENUTE

MAURIZIO ACITO, Politecnico di Milano
ANTONIO MIGLIACCI, Politecnico di Milano

SUMMARY

This paper presents guidelines for a new procedure suitable for the evaluation of fault sharing, expressed in percentages, of all plaintiffs in a lawsuit regarding damage made clear or caused by development of new constructions.

The problem is very frequent in our towns, starting from the classical case of anchored sheetpiles for excavation in the vicinity of existing buildings to underground cable systems for densely urbanized zones.

1. PREMESSE E PRINCIPI

Specie nei contesti urbani si dà sovente il caso di costruzioni sopravvenute che producono effetti su costruzioni esistenti. Tali effetti possono consistere in danni alle opere di finitura (ad esempio, fessure nei tavolati, disservizio di pavimenti o di serramenti), o addirittura lesioni nelle strutture portanti, oppure consistere in vibrazioni o rumori immessi nella costruzione esistente.

E' prassi ricorrente attribuire interamente la colpa al sopravvenuto, secondo la dizione semplificata di "chi prima arriva ha vinto", od oggettivamente appellandosi alla considerazione semplicistica che l'esistente stava bene e che i danni e i difetti sono apparsi solo al sopraggiungere della nuova costruzione la quale, quindi, va considerata come la sola responsabile di quanto è avvenuto.

Orbene, nella lunga esperienza dei lavori svolti, ad esempio, dalla Metropolitana Milanese SpA nel sottosuolo di Milano per la realizzazione dei cavi metropolitani, la stessa tecnica, impiegata con gli stessi magisteri, mezzi e materiali lungo un fronte di edifici affacciati su una via, ha prodotto in alcuni edifici lesioni ed effetti indesiderati ed in altri nessuna conseguenza. ^(*) Ciò sta a dire

^(*) A questo riguardo, proprio per cautelarsi nei confronti di situazioni anomale del costruito, va ricordato che la MM SpA non solo allestiva lungo il tracciato da realizzare una specie di mappa di vulnerabilità "in scala" degli edifici esistenti, ma addegnava la strumentazione di lettura degli assestamenti e mi-

che l'originaria situazione degli edifici stessi non può essere dimenticata nel riconoscimento delle colpe per quanto è avvenuto.

Pertanto, come si era fatto in [01], proprio riferendosi a parametri base che determinano il buon servizio di una costruzione si può tentare di costruire una matrice di pesi di responsabilità, "i numeri" a fianco delle righe essendo i singoli effetti prodotti e i "numeri" al di sopra delle colonne essendo le diverse cause tecniche corrispondenti ai parametri base, sia per l'esistente che per il sopravvenuto.

Quindi occorre: inizialmente a), vedere di individuare tali parametri base, successivamente b), e in modo invero non poco soggettivo, basandosi sull'esperienza e sulle possibili valutazioni in merito (o meglio abbracciando la strada di un calcolo "fuzzy" per l'intera valutazione), attribuire un valore ai singoli elementi della matrice che rappresentano appunto i diversi pesi di responsabilità.

L'adimensionalizzazione di tali pesi conduce alle "percentuali tecniche di responsabilità".

Ma altre componenti oggettive, a parte l'estraneità nei confronti all'esistente di ciò che viene attuato dal sopravvenuto, possono avere contribuito alla manifestazione degli effetti indesiderati, cosicché occorre correggere tali percentuali tecniche di responsabilità con opportuni "coefficienti d'importanza" (da lasciare invero alla discrezionalità del Giudice che formulerà, se del caso, la sentenza) per i quali si possono suggerire comunque campi di valori plausibili, anche se sempre un poco soggettivi.

Così facendo, appare importante la prima fase (determinazione delle percentuali tecniche di responsabilità) che va a scavare sulle ragioni tecniche che hanno prodotto l'effetto indesiderato, anche per quanto riguarda la natura originaria dell'esistente. ^(**)

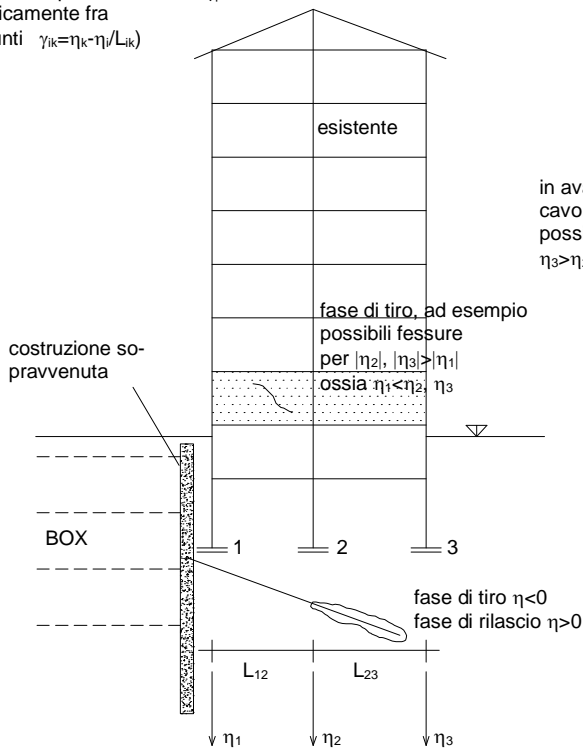
2. I PARAMETRI BASE

Le due figure 2.1 e 2.2. esprimono chiaramente quali possono essere i parametri base per la costruzione della matrice dei pesi delle responsabilità, sia per un caso statico che per un caso dinamico.

giorava la tecnologia dei lavori (ad esempio, intensificando le iniezioni) in corrispondenza degli edifici più "sensibili". Pur tuttavia, scappavano pur sempre su alcuni edifici effetti indesiderati.

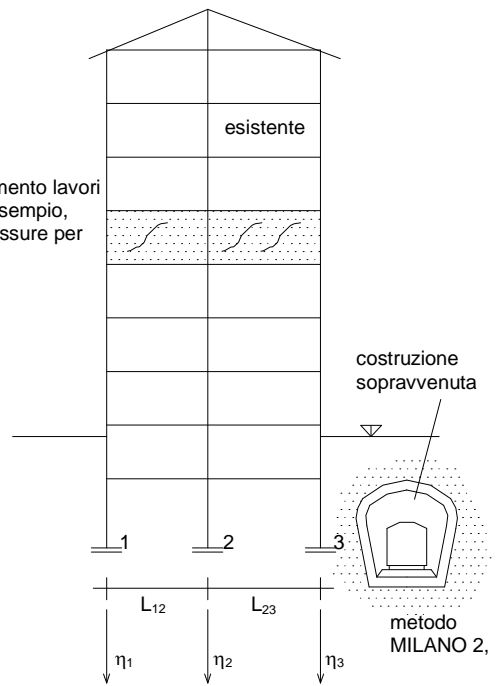
^(**) Al limite, viene quasi voglia di dire all'esistente: Ringrazia il Padreterno che ce l'hai fatta finora e che il mio sopravvenire ha messo in luce le tue pericolose deficienze alle quali ora si potrà pensare di provvedere in modo adeguato. Forse con l'applicazione del "Fascicolo del Fabbricato", almeno come principi ed espressione di obblighi, molte preesistenze prive della sicurezza di norma potrebbero essere sanate.

particolarità costruttive dell'esistente, strutturali o di finiture
 distorsioni fondazionali γ_f
 distorsioni di piano γ_p
 (genericamente fra due punti $\gamma_{ik} = \eta_k - \eta_i / L_{ik}$)



$\eta > 0$, verso il basso

in avanzamento lavori cavo, ad esempio, possibili fessure per $\eta_3 > \eta_2 > \eta_1$



fasi di iniezione terreno $\eta < 0$,
 fasi di avanzamento cavo $\eta > 0$,

$\eta > 0$, verso il basso

Figura 2.1. Parametri base per un caso statico

particolarità costruttive dell'esistente, strutturali o di finiture
 distorsioni γ_f
 accelerazioni α
 intensità dei rumori ρ

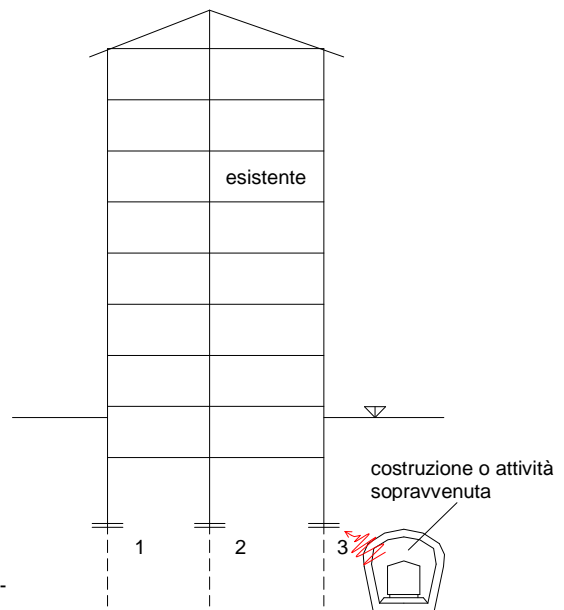
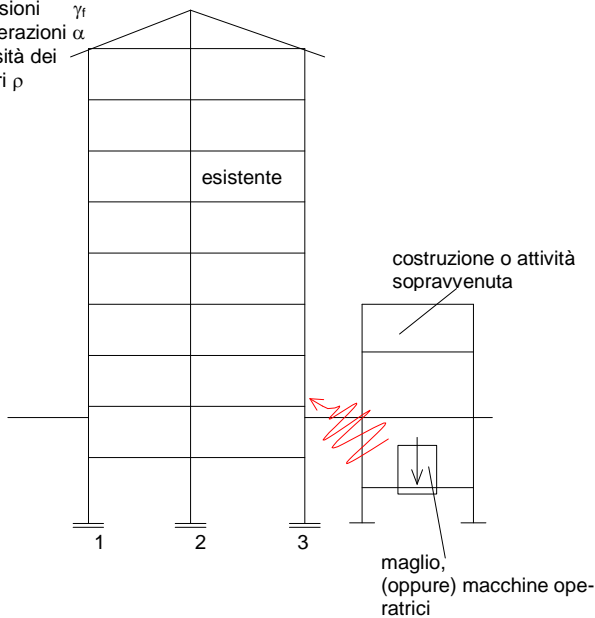


Figura 2.2. Parametri base per un caso "dinamico"

Per procedere, è ovviamente importante sapere calcolare o misurare l'entità di tali parametri base, avere poi in mente, per la tipologia della costruzione esistente, quali siano i corrispondenti valori massimi ammissibili di tali parametri, dettati dalla pratica o imposti da normative apposite (ad esempio, il livello delle accelerazioni o dei rumori), e, per le particolarità costruttive dell'esistente, sapere individuare il loro possibile contributo nei riguardi dell'effetto prodottosi, ciò appunto al fine di potere attribuire un valore ai singoli elementi p_{ik} delle matrici dei pesi delle responsabilità, come è rappresentato nella figura 2.3. (*)

| TABELLA DEI PESI DI RESPONSABILITÀ | | | | | | | | |
|------------------------------------|----------------|----------|----|----------|------------------|-------------|----|----------|
| EFFET. | CAUSE TECNICHE | | | | | | | |
| | esistente (e) | | | | sopravvenuto (s) | | | |
| | 1 | 2 | .. | m | m+1 | m+2 | .. | n |
| 1 | P_{11} | P_{12} | .. | P_{1m} | $P_{1,m+1}$ | $P_{1,m+2}$ | .. | P_{1n} |
| 2 | P_{21} | P_{22} | .. | P_{2m} | $P_{2,m+1}$ | $P_{2,m+2}$ | .. | P_{2n} |
| .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| r | P_{r1} | P_{r2} | .. | P_{rm} | $P_{r,m+1}$ | $P_{r,m+2}$ | .. | P_{rn} |

Figura 2.3. Pesi di responsabilità tecniche

L'adimensionalizzazione per righe attraverso la banale relazione metrica:

$$\pi_{ik} = p_{ik} / \sum_{k=1}^n p_{ik}, \quad (i = 1, 2, \dots, r), \quad (1)$$

conduce per ogni singolo effetto ad individuare il valore percentuale tecnico della responsabilità attribuibile ad ogni singola causa (fig. 2.4). (*)

| TABELLA DELLE PERCENTUALI DI RESPONSABILITÀ | | | | | | | | |
|---|----------------|------------|----|------------|------------------|---------------|----|------------|
| EFFET. | CAUSE TECNICHE | | | | | | | |
| | esistente (e) | | | | sopravvenuto (s) | | | |
| | 1 | 2 | .. | m | m+1 | m+2 | .. | n |
| 1 | Π_{11} | Π_{12} | .. | Π_{1m} | $\Pi_{1,m+1}$ | $\Pi_{1,m+2}$ | .. | Π_{1n} |
| 2 | Π_{21} | Π_{22} | .. | Π_{2m} | $\Pi_{2,m+1}$ | $\Pi_{2,m+2}$ | .. | Π_{2n} |
| .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| r | Π_{r1} | Π_{r2} | .. | Π_{rm} | $\Pi_{r,m+1}$ | $\Pi_{r,m+2}$ | .. | Π_{rn} |

Figura 2.4. Percentuali di responsabilità tecniche

L'ovvia relazione di somma, limitata al sopravvenuto (pedice S):

$$\Pi_{iS} = \sum_{k=m+1}^n \pi_{ik}, \quad (i = 1, 2, \dots, r) \quad (2)$$

fornisce poi il valore percentuale tecnico della responsabilità del sopravvenuto nei riguardi del singolo effetto (fig. 2.5) e, se poi si vuole, attraverso la relazione di somma:

$$\Pi_S = \sum_{i=1}^r \Pi_{iS} \quad (3)$$

si può avere come orientamento un valore globale della percentuale tecnica di responsabilità attribuibile al sopravvenuto.

| VETTORE DELLE RESPONSABILITÀ DEL SOPRAVVENUTO | |
|---|-------------|
| effetto | percentuale |
| 1 | Π_{1S} |
| 2 | Π_{2S} |
| .. | .. |
| .. | .. |
| .. | .. |
| r | Π_{rS} |

Figura 2.5. Percentuali di responsabilità tecniche, P_{iS} , ($i=1, 2, \dots, r$)

Tuttavia, è conveniente fare riferimento alle singole Π_{iS} per i singoli effetti, poiché ogni effetto richiede per la sua sistemazione un intervento specifico e quindi un costo, per la suddivisione del quale occorre appunto conoscere la relativa percentuale di responsabilità.

In modo ovvio per l'esistente (pedice E), si hanno le relazioni:

$$\Pi_{iE} = \sum_{k=1}^m \pi_{ik}, \quad (i = 1, 2, \dots, r), \quad (2')$$

$$\Pi_E = \sum_{i=1}^r \Pi_{iE}, \quad (3')$$

con le evidenti somme:

$$\Pi_{iE} + \Pi_{iS} = 1, \quad (i = 1, 2, \dots, r), \quad (4)$$

$$\Pi_E + \Pi_S = 1,$$

in virtù delle quali, se fa comodo, si può ragionare solo sulle responsabilità lato sopravvenuto.

3.1. COEFFICIENTI D'IMPORTANZA

La necessità di introdurre tali coefficienti a correzione del vettore $|\Pi_S|$ è dovuta alla seguente fondamentale considerazione che, se le cause tecniche (corrispondenti ai parametri base) imputabili al sopravvenuto vengono messe sullo stesso piatto della bilancia di quelle dell'esistente, ciò significa che i costruttori di un edificio sono quindi obbligati a tener conto anche delle ipotetiche azioni che potrebbero essere applicate in futuro al loro edificio, ad esempio per lavori nelle adiacenze.

Ma nessuna Legge sulle costruzioni può imporre ad un costruttore di tenerne conto, a parte il fatto che sarebbe praticamente impossibile quantificarne l'entità: ad esempio, se il parametro base è costituito dalle distorsioni fondazionali γ_f , quale entità dovrebbe essere attribuita alle distorsioni "provenienti" dall'esterno da mettere in conto (1/500 o 1/1000 o anche solo 1/2000) ?

(*) Anche se non si procede per via "fuzzy", a tali pesi conviene attribuire valori interi fra i numeri compresi dallo 0 al 5, o al massimo anche valori sul mezzo (ad esempio, 0; 0,5; 1,0; 1,5 e così via).

Cioè, proprio allo scopo principale di far pesare il fatto che le componenti di causa lato sopravvenuto sono estranee all'esistente (il quale infatti fino al loro sopraggiungere poteva essere tenuto in servizio, né aveva alcuna possibilità di influenzare su tali cause), e per tener conto delle altre componenti oggettive che possono avere contribuito a produrre gli effetti indesiderati, alle precedenti percentuali tecniche di responsabilità, ossia alle componenti sia del vettore $|\Pi_E|$ che del vettore $|\Pi_S|$, vanno applicati coefficienti correttivi c_{iE} e c_{iS} , sempre in modo tale da rispettare per le nuove percentuali le regole di somma del tipo (4). Tali coefficienti:

- per l'estraneità delle componenti di causa imputabili al sopravvenuto rispetto all'esistente, devono appesantire le componenti Π_{iS} ,
- nel conteggiare le altre cause oggettive possono invece andare a sfavore, o anche a favore, del sopravvenuto, appesantendo, o invece alleggerendo, le sue percentuali Π_{iE} .

Poiché, per i buoni motivi prima illustrati, prevale quasi sempre la necessità di appesantire le percentuali Π_{iS} , a tali coefficienti vanno dati quasi sempre valori dei loro rapporti $n_i = c_{iS}/c_{iE} > 1$, ($i = 1, 2, \dots, r$). E poiché i precedenti pesi p_{ik} di responsabilità sono stati attribuiti a secondo della tipologia dell'effetto che si è prodotto, si può pensare di

accettare la semplificazione di assegnare solo due coefficienti c_E e c_S , indipendentemente dalla tipologia dell'effetto prodotti, e quindi un solo rapporto $n = c_S/c_E > 1$.

In tal modo, le percentuali definitive di responsabilità vengono date dalle relazioni (apice asterisco):

$$\begin{cases} \Pi_{iE}^* = 1 \cdot \Pi_{iE} / (1 \cdot \Pi_{iE} + n \cdot \Pi_{iS}) \\ \Pi_{iS}^* = n \cdot \Pi_{iS} / (1 \cdot \Pi_{iE} + n \cdot \Pi_{iS}), (i = 1, 2, \dots, r). \end{cases} \quad (5)$$

Facendo apparire il rapporto m_i fra le percentuali tecniche di responsabilità lato sopravvenuto (S) e lato esistente (E), sempre riferite all'i-esima tipologia dell'effetto, ossia:

$$m_i = \Pi_{iS} / \Pi_{iE}, (i = 1, 2, \dots, r),$$

le precedenti relazioni (5) si scrivono:

$$\begin{cases} \Pi_{iE}^* = 1 / (1 + n \cdot m_i) \\ \Pi_{iS}^* = n \cdot m_i / (1 + n \cdot m_i), (i = 1, 2, \dots, r). \end{cases} \quad (5')$$

Esse sono rappresentate nella figura 3.1 al variare di n per alcuni valori di tale coefficiente m_i .

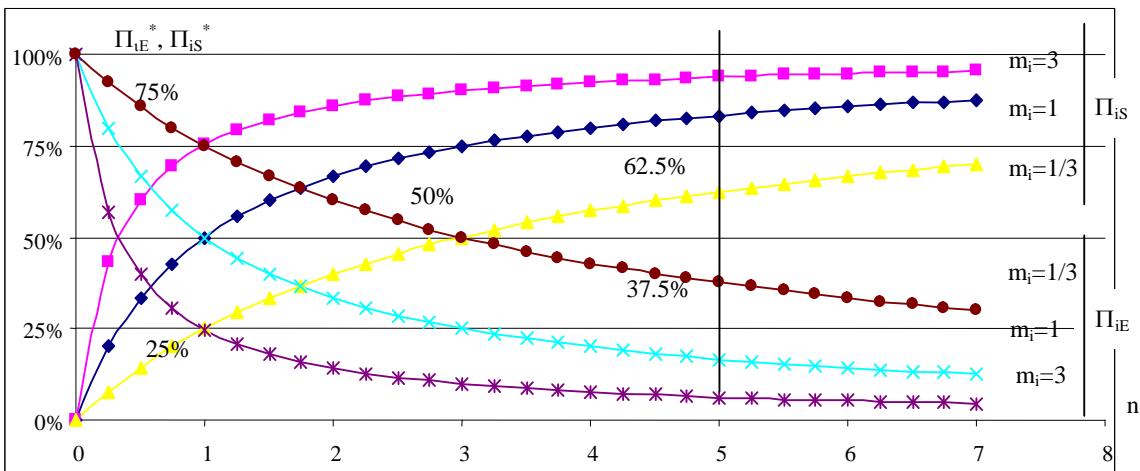


Figura 3.1. Introduzione dei coefficienti d'importanza

Come si può vedere, pur partendo da un grosso riconoscimento di responsabilità a carico dell'esistente (ad esempio, perché si tratta di una costruzione obsoleta, con stati tensionali eccessivi, finiture malandate, impalcati molto deformabili, assenza di adeguati controventi), quindi addirittura con $m_i = 1/3$ ossia $\Pi_{iE} = 75\%$ e $\Pi_{iS} = 25\%$ in

relazione ad un determinato difetto (ad esempio, fessurazioni nei tavolati trasversali), anche solo con $n = 3$ le due nuove percentuali definitive diventano fra loro uguali $\Pi_{iE} = \Pi_{iS} = 50\%$ e per $n = 5$ il riconoscimento di colpa si ribalta avendosi $\Pi_{iE} = 37,5\%$ e $\Pi_{iS} = 62,5\%$.

4. SCELTA DEI PESI DI RESPONSABILITA' E SVILUPPI DEL CALCOLO

La scelta dei pesi di responsabilità costituisce il momento più difficile e delicato dell'intera procedura di valutazione. Senza abbracciare un calcolo fuzzy, qualche insegnamento (peraltro da mettere a base di qualsiasi calcolo fuzzy) può essere il seguente, con riferimento ad un esempio sintomatico.

Supponiamo di considerare fra i parametri base la distorsione fondazionale γ_f e di tralasciare gli effetti sui tavolati trasversali (fessure, lesioni ed eventuali schiacciamenti). Si tratta allora di saper valutare, da un lato, le distorsioni γ_{fE} accumulate nella costruzione esistente nel corso del tempo, tenendo conto ovviamente solo di quelle che possono avere avuto un ruolo efficace sui tavolati, e, dall'altro lato, le distorsioni γ_{fS} prodotte dai lavori della costruzione sopravvenuta, queste nella loro totalità essendo i tavolati in questione preesistenti.

Come primo passo immediato, va verificato che la somma ($\gamma_{fE} + \gamma_{fS}$) possa pervenire nel campo dei valori delle distorsioni fondazionali aventi significatività nei confronti della tipologia costrut-

tiva esistente per il suddetto effetto sui tavolati trasversali. In questa verifica, solo l'esperienza può suggerire tali valori, che possono spaziare da 1/500 a 1/2000 a seconda della minore o maggiore sensibilità della costruzione in questione, tenendo conto inoltre che, nei riguardi degli effetti dannosi sui tavolati, a tali distorsioni fondazionali vanno poi sommate quelle di piano γ_p , che possono avere un campo di valori assai prossimo al precedente.

Naturalmente, la valutazione di tali distorsioni non è sempre agevole e spesso richiede metodi di analisi anche sofisticati. Ad esempio, nella citata [1], per la situazione di figura 4.1 si è dovuto ricorrere a modellazioni particolari della Geotecnica, sia per gli elementi costitutivi della paratia e del tirante, sia per gli elementi di terreno (suolo ghiaioso-sabbioso di Milano), al fine di ottenere valori attendibili per gli spostamenti η dei piedi fondazionali A, B, C, D, E dell'edificio esistente nella diverse fasi di esecuzione dei lavori della costruzione sopravvenuta.

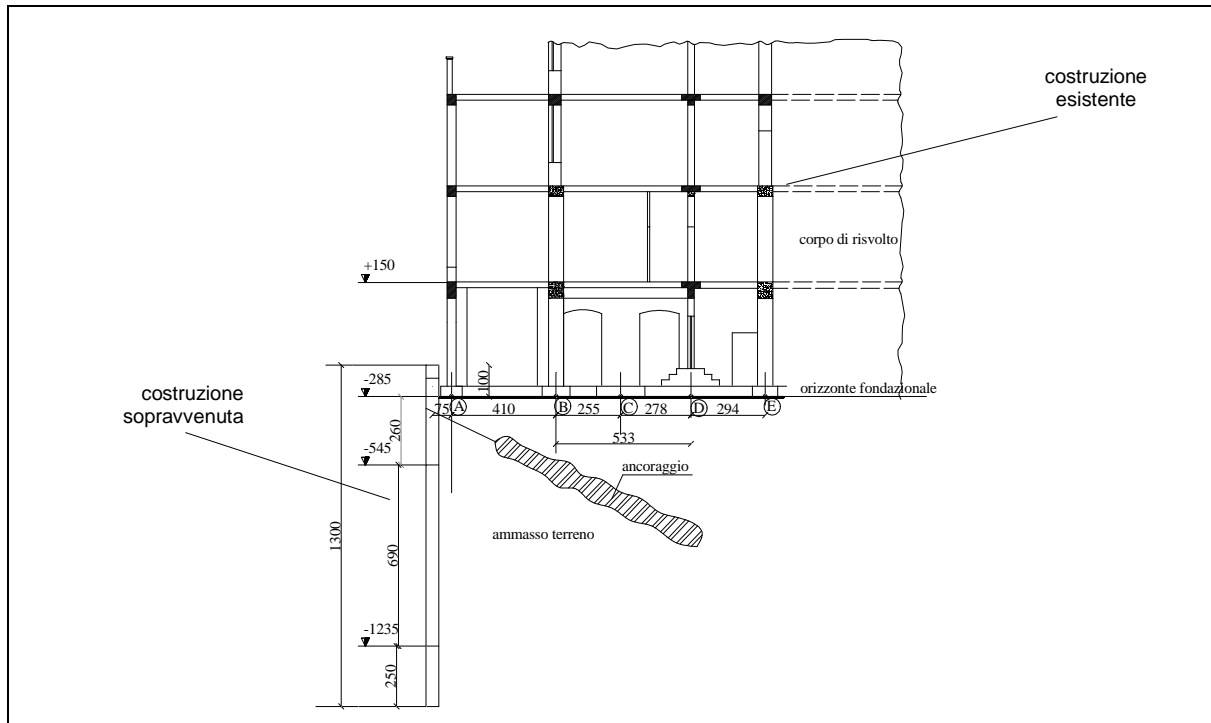


Figura 4.1. Sezione tipica dell'edificio di riferimento

Come secondo passo, atteso che il cumulo delle distorsioni fondazionali sia da mettere in

conto nei riguardi degli effetti sui tavolati trasversali, si tratta di assegnare pesi di responsabilità

alle γ_{fE} proprie dell'esistente e alle γ_{fS} prodotte dal sopravvenuto. Ad esempio, si può stabilire che complessivamente, rispetto alle altre cause di effetto sui tavolati, alle distorsioni fondazionali si possa attribuire il peso 6, suddividendo poi tale peso fra le distorsioni proprie dell'esistente e quelle prodotte dal sopravvenuto all'incirca in proporzione ai loro valori. Nel caso in questione, si è potuto così attribuire il peso 2,5 a quelle dell'esistente e il peso 3,5 a quelle del sopravvenuto.

In maniera simile, si possono stabilire i pesi per le distorsioni γ_p di piano (tenendo in giusta considerazione i valori dei pesi assegnati a quelle fondazionali), mentre per le altre cause (sempre nei riguardi dell'effetto sui tavolati) non si può che fare ricorso all'esperienza (sempre però tenendo in giusta considerazione i pesi assegnati alle precedenti cause distorcenti). Si può così essere in grado di allestire la j-esima riga della matrice dei pesi di figura 2.3, essendo j=effetti (fessure, lesioni, etc.) sui tavolati, come è rappresentato nella sottostante figure 4.2 dove i simboli per le diverse cause hanno il seguente significato:

- μ = materiale (tipo di tavolati,intonato)
- τ = tecnologia (modalità di esecuzione)
- ι = impianto strutturale (robustezza costruttiva)
- υ = uso e manutenzione
- γ_p = distorsione di piano
- γ_f = distorsione fondazionale
- θ = rumore^(*).

| PESI P_{jk} DI RESPONSABILITÀ | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---------------|--------|---------|------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|----------|---|
| effetto | esistente (E) | | | | | | sopravenuto (S) | | | 0 |
| | μ | τ | ι | υ | γ_{fE} | γ_{fE} | γ_{pS} | γ_{fS} | θ | |
| j=effetti sui tavolati | 1,0 | 0,5 | 0 | 1,0 | 1,5 | 2,5 | 0,5 | 3,5 | 0 | |
| .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | |

Figura 4.2. Pesi P_{jk} di responsabilità tecniche

In figura 4.3 sono poi riportate le relative percentuali π_{jk} di responsabilità tecniche e quindi, con la somma limitata al sopravvenuto, la percentuale tecnica $\Pi_{jS} \cong 38,1$, cosicché $\Pi_{jE} \cong 1 - \Pi_{jS} \cong 61,9$
 $\Pi_{jE} \cong 1 - \Pi_{jS} = 61,9$ ed
 $m_i = \Pi_{jS} / \Pi_{jE} = 38,1/61,9 \cong 0,615$.

| PERCENTUALI Π_{jk} DI RESPONSABILITÀ TECNICHE | | | | | | | | | | |
|---|---------------|------|----|------|-------|-------|-----------------|-------|----|------------|
| j=effetti sui tavolati | esistente (E) | | | | | | sopravenuto (S) | | | Π_{jS} |
| | 9,52 | 4,76 | 0 | 9,52 | 14,29 | 23,82 | 4,76 | 33,33 | 0 | |
| .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. | 38,09 |

Figura 4.3. Percentuali di Responsabilità tecniche

Considerando applicabile un coefficiente d'importanza $n = 4$, il che sta a significare attribuire una grande colpa al sopravvenuto (questione questa di sola spettanza del Giudice, anche sulla base delle testimonianze e degli sviluppi del procedimento giudiziario), si avrebbero per l'j-esimo effetto (tavolati) le seguenti percentuali definitive di responsabilità:

$$\Pi_{jE}^* = 1/(1 + 4 \cdot 0,615) = 28,9$$

$$\Pi_{jS}^* = 4 \cdot 0,615 / (1 + 4 \cdot 0,615) = 71,1$$

con il risultato quindi di ribaltare in questa ipotesi la precedente valutazione tecnica, ottenendo in cifra tonda nei riguardi dell'j-esimo effetto una percentuale di colpa del 70% per il sopravvenuto e del 30% per l'esistente. ^(*)

BIBLIOGRAFIA

- [01] BURCHI G., MIGLIACCI A., "La questione dei danni resi palesi o prodotti da costruzioni sopravvenute" Convegno Nazionale TECNICA e DIRITTO, IUAV, Venezia 2002.
- [02] LANCELLOTTA R., "Geotecnica", Zanichelli, Editore, Bologna 1997.

^(*) Nella lingua greca, con la fonìa italiana: μ =mi, τ =tau, ι =iota, υ =ipsilon, θ =thita.
 La riga dei pesi in questione ora presentata è quella assegnata in un caso pratico studiato.

^(*) Il valore $n=4$, piuttosto elevato in questo caso, a parte per l'estraneità dei lavori del sopravvenuto sul quale l'esistente non poteva avere voce in capitolo vuole tener conto del fatto che il sopravvenuto non si era affatto interessato della consistenza e posizione delle basi fondazionali, della costruzione esistente, collocando le fondazioni dei suoi tiranti ben al di sotto delle distanze di sicurezza consigliate nella letteratura geotecnica, ossia troppo vicine a tali basi fondazionali (vedasi la fig. 4.1 e [2] come riferimento).