

PROPENSIONE ALL’AFFIDABILITA’ DEGLI ELEMENTI TECNICI (Norma UNI 11156 – parte 2)

La valutazione dell’affidabilità determina una valutazione

della **probabilità** di non accadimento di **guasto** del componente edilizio
nell’arco di tempo della **vita utile** del componente edilizio **in esercizio**.

Si produce una stima espressa tramite valori numerici compresi tra 0 e 1 o tramite valori percentuali compresi tra 0 e 100%.

Ovviamente, il complemento a 1 o a 100 del valore stimato rappresenta il rischio di entrata in crisi dell’elemento durante la vita utile.

Il metodo proposto, detto della

Valutazione della propensione all’affidabilità **globale**,

determina il risultato come media dei valori di quattro tipi di affidabilità (le **affidabilità elementari**):

$$A_g = A_f + A_e + A_i + A_c / 4$$

dove:

A_f è l’Affidabilità **Funzionale**

A_e è l’Affidabilità **Esecutiva**

A_i è l’Affidabilità **Inerente**

A_c è l’Affidabilità **Critica**.

All'interno di ciascuna Affidabilità Elementare si individuano più
classi di criteri di giudizio
e, all'interno di queste, più
criteri di giudizio e relativi **criteri di calcolo**.

Da ciascun criterio di giudizio ricaveremo un indice adimensionale I_i
e per ciascuna classe un indice globale I_j , quest'ultimo come media di tutti gli I_i .

Il valore della propensione all'affidabilità elementare sarà calcolato come **funzione** di tutti gli indicatori I_j relativi: $A_{el} (I_1, I_2, \dots, I_n)$, ovvero, semplificando, come **media** di questi.

Valutazione della propensione all'affidabilità **funzionale**

Nello schema seguente sono individuate le classi, i criteri di giudizio e di calcolo relativi all'affidabilità funzionale

la cui valutazione è operata sul modello funzionale della soluzione tecnica, che si ottiene mediante **analisi funzionale**.

In generale si osserva che

la struttura della distribuzione delle funzioni analitiche (come ricavate dalle funzioni base) nei luoghi funzionali comporta un maggiore o minore rischio di perdita prestazionale in relazione all'affaticamento al quale gli elementi funzionali sono sottoposti, alla semplicità del modello e alla distribuzione delle funzioni (in serie o in parallelo).

prospetto 1 Criteri di giudizio e di calcolo della propensione all'affidabilità funzionale

Classe dei criteri di giudizio	Criteri di giudizio	Criteri di calcolo	Indice
Semplicità del modello (A)	Semplicità strutturale	Numero dei luoghi funzionali (P_{A1})	I_{A1}
	Semplicità funzionale	Numero delle funzioni analitiche qualitativamente diversificate (P_{A2})	I_{A2}
	Semplicità ubicazionale	Numero delle funzioni base svolte dai singoli luoghi (P_{A3})	I_{A3}
Affaticamento funzionale (B)	Affaticamento medio	Rapporto tra numero delle funzioni analitiche e numero di luoghi (P_{B1})	I_{B1}
	Affaticamento critico	Massimo numero di funzioni analitiche nello stesso luogo (P_{B2})	I_{B2}
	Variabilità dell'affaticamento	Dispersione del carico delle funzioni analitiche (P_{B3}) $P_{B3} = P_{B1} - \left(\frac{P_{B2} - P_{Bmin}}{2} \right)$ $P_{Bmin} = \text{numero minimo delle funzioni analitiche in un singolo luogo}$	I_{B3}
	Equilibrio dell'affaticamento	Distribuzione equilibrata delle funzioni (P_{B4})	I_{B4}
Distribuzione delle funzioni (C)	Distribuzione in serie	Numero delle funzioni analitiche esaustive di una funzione base, assegnate a due o più luoghi (P_{C1}) $P_{C1} = \sum_{i=1}^r n_{si}$ $r = \text{numero delle funzioni base del repertorio}$	I_{C1}
	Distribuzione in parallelo	Numero di ripetizioni delle funzioni analitiche esaustive di una funzione base, assegnate a luoghi diversi (P_{C2}) $P_{C2} = \sum_{i=1}^r n_{pi}$ $r = \text{numero delle funzioni base del repertorio}$	I_{C2}

Valutazione della propensione all'affidabilità esecutiva

Negli schemi che seguono sono individuate le classi, i criteri di giudizio e di calcolo relativi all'affidabilità esecutiva la cui valutazione emerge dall'analisi della complessità esecutiva del componente edilizio

e si basa sulla previsione della possibile difformità tra il costruito e il progetto del componente dovuta ad errori di esecuzione a causa della complessità oggettiva del componente.

Il rischio di accadimento di detti errori è tanto maggiore quanto più elevata è la complessità tecnologica dimensionale del componente.

prospetto 2 **Criteri di giudizio e di calcolo della propensione all'affidabilità esecutiva**

Classe dei criteri di giudizio	Criteri di giudizio	Criteri di calcolo	Indice
Complessità di relazione	Complessità merceologica	Numero pesato delle differenti merceologie (N_M)	I_M
	Complessità oggettuale	Numero degli elementi funzionali (N_o)	I_O
	Complessità di relazione nella direzione X	Numero pesato di interfacce nella direzione X (I^X)	I_R
	Complessità di relazione nella direzione Z	Numero pesato di interfacce nella direzione Z (I^Z)	I_R
	Complessità di relazione nella direzione Y	Numero pesato di interfacce nella direzione Y (I^Y) $P_R = I^X + I^Z + I^Y$	I_R

prospetto 3 **Criteri di calcolo della propensione all'affidabilità esecutiva**

Criteri di calcolo	
Complessità merceologica $N_M = \sum_{i=1}^M p_i$	$p_i = 0,5$ lavorazione in officina; $p_i = 1$ lavorazione in opera; M = numero delle differenti merceologie.
Complessità di relazione $N_{ij}^{X,Z} = \frac{(F_{ij}^{X,Z} \times M_{ij}^{X,Z} \times E_{ij}^{X,Z}) f_{ij}^{X,Z}}{MS_j}$ $N_{ij}^Y = \frac{(F_{ij}^Y \times M_{ij}^Y \times E_{ij}^Y) f_{ik}^Y}{MS_j}$	i = i-esimo tipo di interfaccia nel j-esimo elemento funzionale nella direzione X e Z del componente nel modulo iterativo MS_j dell'elemento funzionale; nella direzione Y della k-esima interfaccia tra elementi funzionali nel modulo iterativo di maggiore superficie MS_{kmax}; k = k-esima interfaccia, nella direzione Y, tra elementi funzionali adiacenti; f_{ij} = frequenza dell'i-esimo tipo di interfaccia, nella direzione X e Z, dell'j-esimo elemento funzionale, nella superficie del modulo iterativo MS_j; f_{ik} = frequenza dell'i-esimo tipo di interfaccia, nella direzione Y, tra elementi funzionali adiacenti, del modulo iterativo MS_j; adattabilità di forma $F_i = 0,5$ tra materiale e materiale o elemento preformato; $F_i = 1$ tra elementi preformati; natura merceologica $M_i = 0,5$ della stessa natura; $M_i = 1$ di differente natura; processo esecutivo $E_i = 0,5$ interfaccia realizzata in officina; $E_i = 1$ interfaccia realizzata in opera.
$I_j^{X,Z} = \sum_{i=1}^{N_j^{X,Z}} N_{ij}^{X,Z}$ $I_j^Y = \sum_{k=1}^{N_k^Y} N_{ik}^Y$	N_{Xj} = numero totale di interfacce nella direzione X, nella superficie del modulo iterativo MS_j dell'j-esimo elemento funzionale; N_{Zj} = numero totale di interfacce nella direzione Z, nella superficie del modulo iterativo MS_j dell'j-esimo elemento funzionale; N_{Yk} = numero totale di interfacce nella direzione Y, nella superficie del modulo iterativo MS_{kmax} della k-esima interfaccia tra elementi funzionali adiacenti.
$I^{X,Z} = \sum_{j=1}^{N_E} I_j^{X,Z}, I^Y = \sum_{k=1}^{N_K} I_k^Y$	N_E = numero degli elementi funzionali; N_K = numero delle interfacce, nella direzione Y, tra gli elementi funzionali del componente.

Valutazione della propensione all'affidabilità **inerente**.

Nei prospetti che seguono sono riportati gli elementi utili per la valutazione della affidabilità inerente che è rivolta ad evidenziare

le potenziali variazioni dimensionali

che si possono manifestare nell'esercizio dell'elemento a fronte del contesto sollecitante, in generale, interessanti in misura diversa gli elementi funzionali costituenti l'elemento tecnico.

In particolare, tali variazioni sono dovute a variazioni della temperatura e dell'umidità.

prospetto 4 Criteri di giudizio e di calcolo della propensione all'affidabilità inerente			
Classe dei criteri di giudizio	Criteri di giudizio	Criteri di calcolo	Indice
Variabilità inerente secondo la direzione X	- variabilità inerente termica secondo la direzione X (P_{TX}) - variabilità inerente umida secondo la direzione X (P_{UX})	$I_{T,UX} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{TXi}, P_{UXi}}{N}$ N = numero degli elementi funzionali della soluzione tecnica;	I_{TX} I_{UX}
Variabilità inerente secondo la direzione Z	- variabilità inerente termica secondo la direzione Z (P_{TZ}) - variabilità inerente umida secondo la direzione Z (P_{UZ})	$I_{T,UZ} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{TZi}, P_{UZi}}{N}$	I_{TZ} I_{UZ}
Variabilità inerente secondo la direzione Y	- variabilità inerente termica secondo la direzione Y (P_{TY}) - variabilità inerente umida secondo la direzione Y (P_{UY})	$I_{T,UY} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{TYi}, P_{UYi}}{N}$	I_{TY} I_{UY}
Variabilità inerente termica		$I_T = I_{TX} + I_{TZ} + I_{TY}$	I_T
Variabilità inerente umida		$I_U = I_{UX} + I_{UZ} + I_{UY}$	I_U

Criteri di calcolo della propensione all'affidabilità inerente

Criteri di calcolo	
Variabilità inerente termica, umida secondo la direzione X $P_{TX,UXj} = \frac{\sum_{i=1}^k (\alpha_i, \beta_i) \times l_j \times p_j}{ML_j}$	k = numero degli elementi presenti nel modulo iterativo dell'elemento funzionale j-esimo nella direzione X; α_i, β_i = coefficienti di dilatazione termica, umida dell'i-esimo elemento presente nell'j-esimo elemento funzionale; L_j = lunghezza dell'i-esimo elemento in metri; p_j = fattore di correzione dell'i-esimo elemento, funzione del modulo elastico dell'elemento e della media aritmetica dei moduli elastici delle relative connessioni funzionali, del valore del momento di inerzia della sezione YZ($yz^3/12$), e della tipologia della connessione; ML_j = valore in metri del modulo iterativo lineare secondo X.
Variabilità inerente termica, umida secondo la direzione Z $P_{TZ,UZj} = \frac{\sum_{i=1}^r (\alpha_i, \beta_i) \times h_j \times p_j}{MH_j}$ $p_j = P_{Gi} \cdot P_{Ei} \cdot P_{Ii}$	r = numero degli elementi presenti nel modulo iterativo dell'elemento funzionale j-esimo nella direzione Z; α_i, β_i = coefficienti di dilatazione termica, umida dell'i-esimo elemento presente nell'j-esimo elemento funzionale; H_j = altezza dell'i-esimo elemento in metri; p_j = fattore di correzione dell'i-esimo elemento, funzione del modulo elastico dell'elemento e della media aritmetica dei moduli elastici delle relative connessioni funzionali, del valore del momento di inerzia della sezione YX($yx^3/12$), e della tipologia della connessione; MH_j = valore in metri del modulo iterativo lineare secondo Z.
Variabilità inerente termica, umida secondo la direzione Y $P_{T,UY} = \alpha_{i1}, \beta_{i1} - \alpha_{i2}, \beta_{i2} \times p_i$ $p_i = P_{Si} \cdot P_{EYi} \cdot P_{Ieyi}$	e_{i1}, e_{i2} = elementi a maggior sviluppo superficiale nel piano XZ presenti nei due elementi funzionali nell'interfaccia i-esima della soluzione tecnica; $\alpha_{i1}, \beta_{i1}, \alpha_{i2}, \beta_{i2}$ = coefficienti di dilatazione termica, umida degli elementi funzionali e_{i1} e e_{i2}; p_i = fattore di correzione dell'i-esima interfaccia, funzione dei valori dei moduli elastici di e_{i1} e e_{i2}, del valore del momento di inerzia nella direzione XZ degli elementi e_{i1} ($L_{i1}z^3/12$) e e_{i2} ($L_{i2}z^3/12$) e delle tipologie di solidarizzazione della j-esima interfaccia (continua, lineare, per punti, di semplice accostamento).

Fattore di correzione P_{Gi} riferito ai differenti tipi di connessioni funzionali nelle direzioni X e Z

Tipi di connessioni funzionali	Fattore di correzione P_c
per punti	1
chiusa	0,8
scorrevole	0,4
aperta	0,2

Classificazione dei moduli elastici (E)

Classe dei moduli elastici	Intervalli di intensità dei moduli elastici E (kN/mm ²)
A	$E > 80$ kN/mm ²
B	10 kN/mm ² < $E \leq 80$ kN/mm ²
C	$E \leq 10$ kN/mm ²

Fattore di correzione P_E in funzione della classe di modulo elastico E dell'elemento, del valore della media aritmetica E_g dei due moduli elastici E_{g1} e E_{g2}

Classe del modulo elastico E dell'elemento	Valore della media aritmetica E_g dei due moduli elastici E_{g1} e E_{g2}	Fattore di correzione P_E
A	A	1
A	B	0,9
A	C	0,8
B	A	0,7
B	B	0,6
B	C	0,5
C	A	0,4
C	B	0,3
C	C	0,2

Fattore di correzione P_I riferito alle differenti classi di momento di inerzia (J) dell'elemento nelle direzioni YX, YZ e XZ

Classi di momento di inerzia J (cm ⁴ /m)	Fattore di correzione P_I
$10^7 < J$	1,00
$10^6 < J \leq 10^7$	0,87
$10^5 < J \leq 10^6$	0,73
$10^4 < J \leq 10^5$	0,60
$10^3 < J \leq 10^4$	0,47
$10^2 < J \leq 10^3$	0,33
$J \leq 10^2$	0,20

Fattori di correzione P_S riferito alle differenti tipologie di solidarizzazione di interfaccia nella direzione Y

Tipologie di solidarizzazione	Fattore di correzione P_S
continuo	1,0
lineare	0,7
per punti	0,6
aperto	0,2

Fattori di correzione P_{lei1} e P_{lei2} riferito alle differenti classi di momento di inerzia (J) della j-esima interfaccia dell'elemento nella direzione Y

Classi del momento di inerzia J (cm ⁴ /m)	Fattori di correzione P_{lei1} e P_{lei2}
$10^7 < J$	1,00
$10^6 < J \leq 10^7$	0,87
$10^5 < J \leq 10^6$	0,73
$10^4 < J \leq 10^5$	0,60
$10^3 < J \leq 10^4$	0,47
$10^2 < J \leq 10^3$	0,33
$J \leq 10^2$	0,20

Fattori di correzione P_{EY} riferito alle differenti classi di modulo elastico all'interfaccia tra l'elemento e_{i1} e l'elemento e_{i2} nella direzione Y

Classe del modulo elastico dell'elemento e_{i1}	Classe del modulo elastico dell'elemento e_{i2}	Fattore di correzione P_{EY}
A	A	1,00
A	B	0,84
A	C	0,68
B	B	0,52
B	C	0,36
C	C	0,20

Valutazione della propensione all'affidabilità critica.

Nello schema seguente sono individuate le classi, i criteri di giudizio e di calcolo relativi all'affidabilità critica la cui valutazione è rivolta ad evidenziare le eventuali incompatibilità chimico-fisiche

che possono caratterizzare i diversi materiali costituenti l'elemento tecnico che si interfacciano tra loro.

prospetto 13

Criteri di giudizio e di calcolo della propensione all'affidabilità critica

Classi dei criteri di giudizio	Criteri di calcolo	Indice
Criticità fisica	$I_{fij} = \sum_{i=1}^{n_i} P_{fij}$ n_i = numero delle incompatibilità fisiche nella j-esima interfaccia P_{fij} = fattore di correzione dell'incompatibilità fisica nella j-esima interfaccia $P_{fi} = \frac{\sum_{i=1}^{N_i} I_{fij}}{N_i}$ N_i = numero totale di interfacce tra differenti materiali nella soluzione tecnica	I_f
Criticità chimica	$I_{chij} = \sum_{i=1}^{n_i} P_{chij}$ n_i = numero delle incompatibilità chimiche nella j-esima interfaccia P_{chij} = fattore di correzione dell'incompatibilità chimica nella j-esima interfaccia $P_{chi} = \frac{\sum_{i=1}^{N_i} I_{chij}}{N_i}$ N_i = numero totale di interfacce tra differenti materiali nella soluzione tecnica	I_{ch}