Le tipologie di muratura della Circolare 2019

La nuova *Circolare n.7* del 21 gennaio 2019 ha introdotto delle modifiche alle tipologie di **muratura** da utilizzare per l'analisi degli edifici esistenti in **muratura portante** rispetto alla precedente Circolare del 2009. Per analizzare correttamente un edificio esistente in muratura portante è bene avere chiare tutte le **modifiche** apportate dalla nuova Circolare alle tipologie di muratura esistente e il procedimento per valutare correttamente i parametri meccanici.

I temi affrontati nello specifico in questo post riguardano tutte le novità introdotte dalla **Circolare 2019**, mettendole a confronto con le precedenti prescrizioni della Circolare del 2009. Nel dettaglio vedremo:

- cosa è rimasto **uguale** e cosa è **cambiato** fra vecchia e nuova Circolare;
- come vengono classificate le **nuove tipologie** di muratura;
- come modificare i parametri meccanici a seconda delle **caratteristiche** della muratura oggetto di studio;
- come sono variati i **coefficienti correttivi** e a quali parametri meccanici vanno applicati.



Le prescrizioni *nascoste* della Circolare 2019

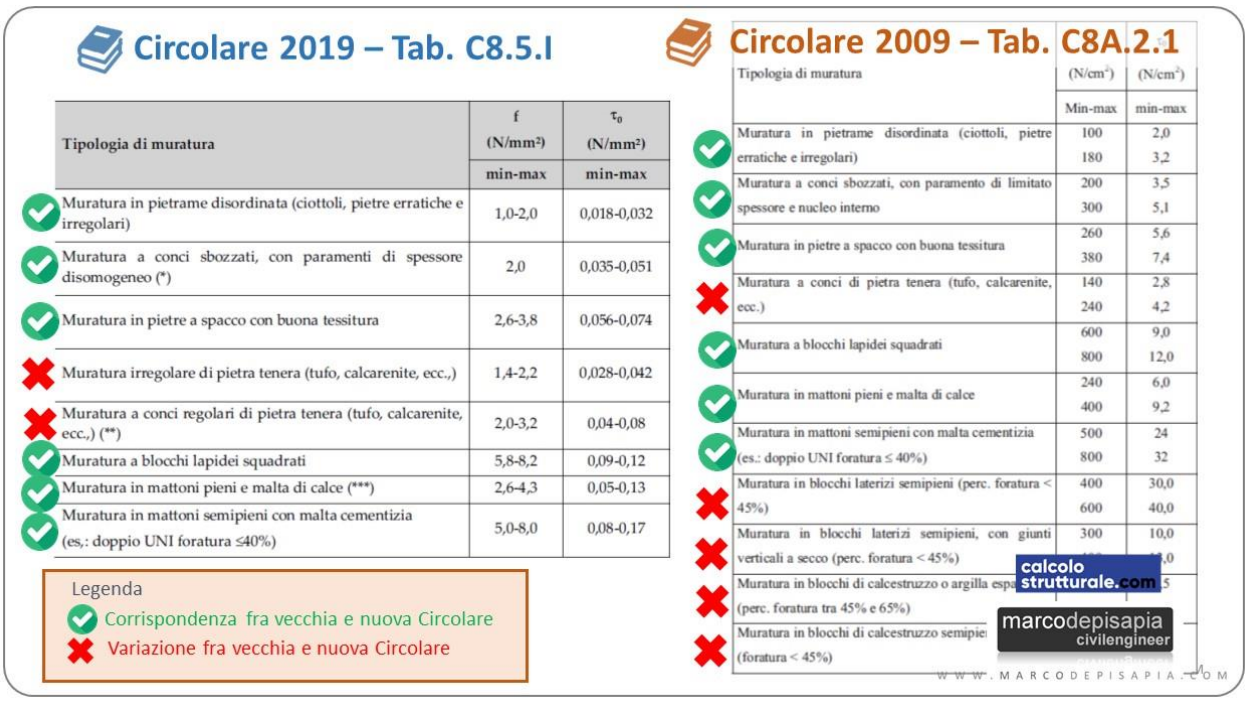
Le tabelle della Circolare 2019 sulle tipologie di murature sono corredate di numerosi **asterischi** che rimandano a **note a piè di pagina** e di ulteriori **precisazioni** contenute nel testo. La corretta applicazione delle prescrizioni della Circolare non si limita alla **sola lettura** di dati da tabelle, ma è necessario tenere presente tutte le prescrizioni contenute nel **testo** e nelle **note** alle tabelle al fine di evitare **errori** di interpretazione.

In quest'articolo metterò **in luce** tutte le prescrizioni "*nascoste*" nel testo della Circolare che ti consentiranno di **interpretare correttamente** le tabelle della Circolare per le tipologie di muratura esistente. Alla fine dell'articolo ti suggerirò **un'applicazione** che potrà tornarti molto utile nella valutazione dei parametri meccanici per una muratura esistente.

Le tipologie di murature esistenti della Circolare 2019 (e confronto con la vecchia Circolare)

Nella nuova Circolare del 2019 si **riducono** le tipologie di murature esistenti contenute nella tabella C8.5.I, passando dalle **11 tipologie** della Circolare 2009 ad **8 tipologie** dell'attuale testo.

Nell'immagine seguente ti mostro le tipologie di muratura della nuova e vecchia Circolare, mettendo in evidenza per quali tipologie di muratura c'è una corrispondenza fra vecchio e nuovo testo e quali invece sono di nuova introduzione.



Confronto delle tipologie di murature fra Circolare 2019 e Circolare 2009

La Circolare 2019 introduce una distinzione per le murature in **pietra tenera** (tufo, calcarenite ecc.), suddividendole in murature **irregolari** e in murature a conci **regolari**.

Le ultime quattro tipologie di murature in blocchi di laterizio semipieni e in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa della vecchia Circolare 2009 sono state **eliminate** dalla nuova tabella della Circolare 2019.

Le tipologie di murature introdotte dalla nuova Circolare 2019 possono essere suddivise in murature **irregolari** (prime quattro righe in tabella) e **regolari** (ultime quattro righe in tabella) come ti mostro nell'immagine seguente.

Circolare 2019 – Tab. C8.5.I

Tabella C8.5.I -*Valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (comportamento a tempi brevi), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. I valori si riferiscono a:* **f** *= resistenza media a compressione,* τ_0 *= resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3),* f_{v0} *= resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3),* **E** *= valore medio del modulo di elasticità normale,* **G** *= valore medio del modulo di elasticità tangenziale,* **w** *= peso specifico medio.*

	Tipologia di muratura	f (N/mm²) min-max	τ_0 (N/mm²) min-max	f_{v0} (N/mm²)	E (N/mm²) min-max	G (N/mm²) min-max	w (kN/m³)
Muratura irregolare	Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	- -	690-1050	230-350	19
	Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	- -	1020-1440	340-480	20
	Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	- -	1500-1980	500-660	21
	Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,4-2,2	0,028-0,042	- -	900-1260	300-420	
Muratura regolare	Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
	Muratura a blocchi lapidei squadrati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
	Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
	Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

calcolo strutturale.com

marcodepisapia civilengineer

WWW.MARCODEPISAPIA.COM

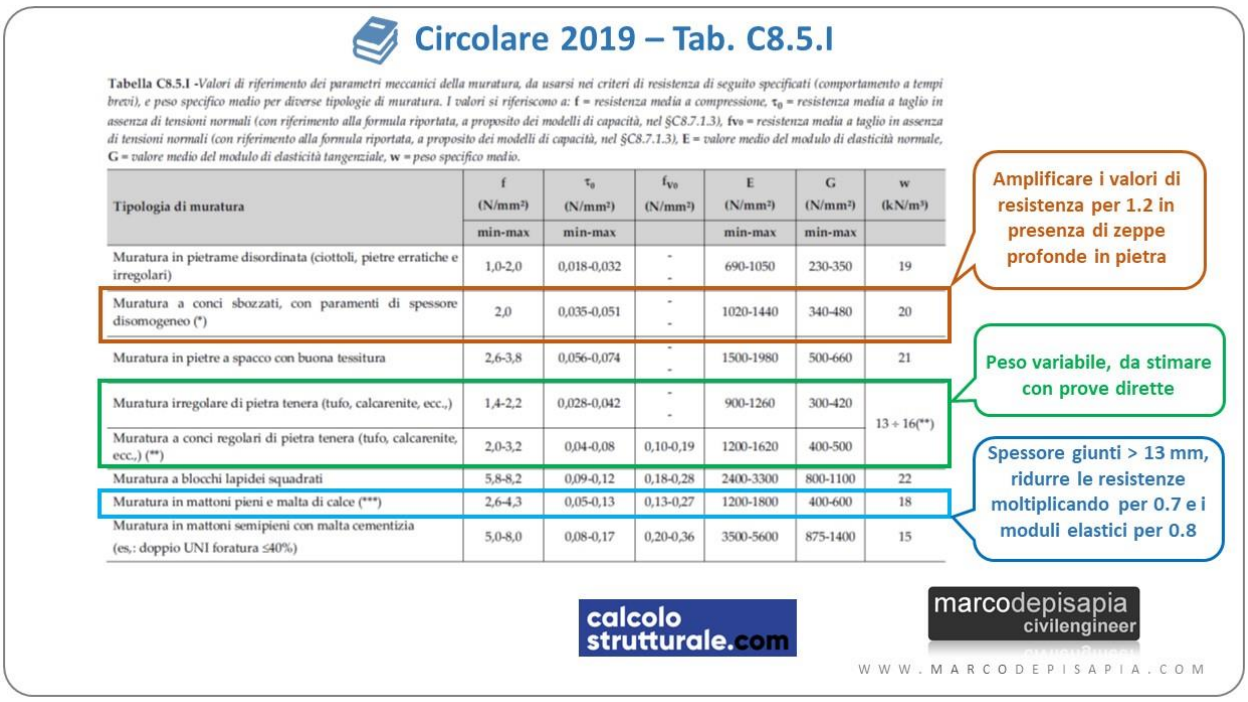
Suddivisione in murature irregolari e regolari

Per la muratura a **conci sbozzati** (seconda riga in tabella) i valori delle resistenze vanno **amplificati** per 1.2 in presenza di **zeppe profonde** in pietra che migliorano i contatti e aumentano l'ammorsamento fra gli elementi lapidei.

Per le murature in **pietra tenera** sia regolari che irregolari (quarta e quinta riga in tabella) il valore del peso proprio deve essere stimato mediane **prove dirette**. La tabella indica solo una range di valori in cui il peso deve essere contenuto. Ciò è dovuto alla grande **variabilità** della litologia di questo tipo di muratura.

Per la muratura in **mattoni pieni e malta di calce** (penultima riga in tabella), in presenza di **giunti** di spessore maggiore di **13 mm**, le resistenze vanno ridotte mediante un coefficiente pari a 0.7 e i moduli elastici mediante un coefficiente pari a 0.8.

Ti riassumo le prescrizioni appena citate nell'immagine seguente:



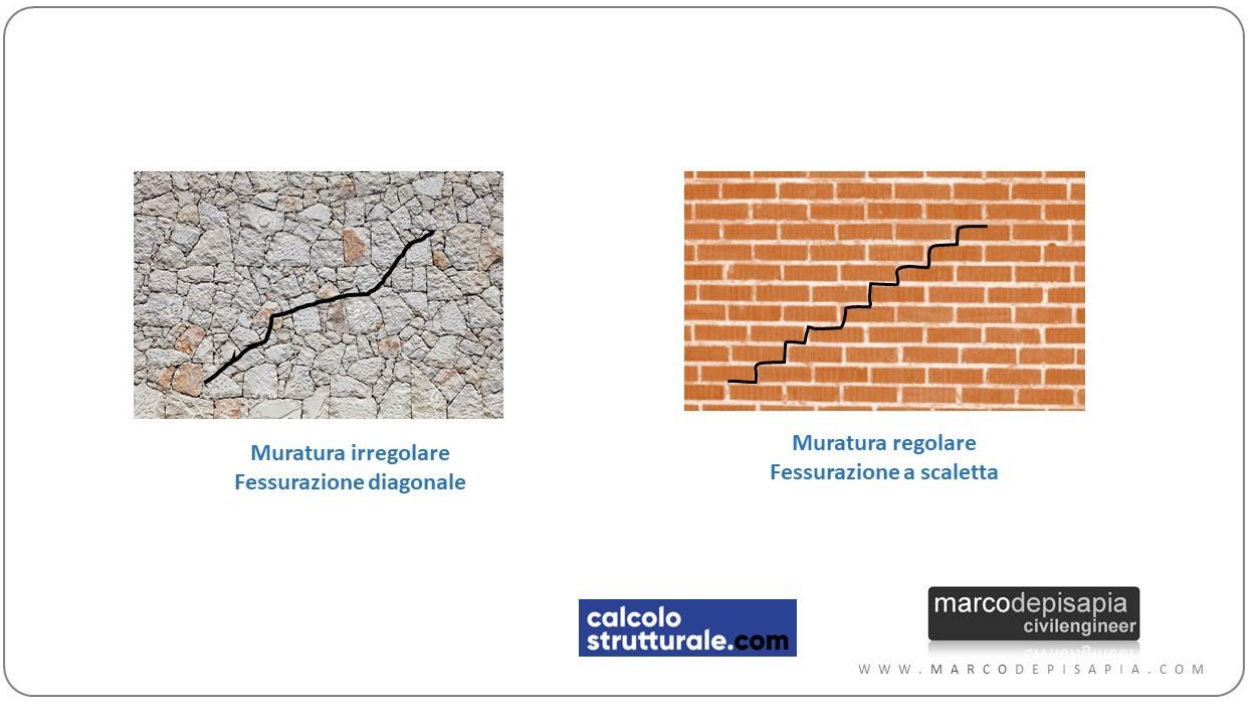
Particolarità della tabella C8.5.I

Il nuovo parametro f_{v0}

Fra i parametri meccanici proposti dalla nuova tabella della Circolare 2019 compare un **nuovo valore** per la *resistenza a taglio in assenza di sforzo normale*. Si tratta del parametro $\mathbf{f_{v0}}$, in aggiunta al parametro τ_0. Entrambi questi parametri hanno lo stesso significato, rappresentano la resistenza a taglio in assenza di sforzo normale. Il parametro $\boldsymbol{\tau_0}$ è riportato per **tutte le tipologie** di muratura in tabella, il parametro $\mathbf{f_{v0}}$ invece è presente solo per le **murature regolari**, è assente invece per le murature irregolari.

Questi due parametri entrano in gioco per il calcolo della resistenza a taglio della muratura in presenza di **fessurazione diagonale**.

- Nel caso di muratura a **tessitura irregolare**, la rottura avviene per **trazione diagonale** e il parametro che governa tale resistenza è il parametro $\boldsymbol{\tau_0}$.
- Nel caso di murature a **tessitura regolare** la fessurazione può essere a *scaletta* attraverso i giunti di malta e governata dal parametro $\mathbf{f_{v0}}$, oppure *diagonale* attraverso gli inerti della muratura e governata dal parametro $f_{v,lim}$.



Tipologie di fessurazione diagonale per muratura irregolare e regolare

La Normativa propone **due differenti formule** per il calcolo della resistenza a taglio per fessurazione diagonale:

- una formula **semplificata** valida sia per murature irregolari che regolari e che fa uso del parametro τ_0 (formula [C8.7.1.16]);
- una formula più accurata valida per le murature **regolari** che utilizza il parametro f_{v0} (formula [C8.7.1.17]).

Le ipotesi alla base delle murature della Circolare 2019

Per tutte le tipologie di muratura riportate nella tabella della Circolare 2019 si assumono delle ipotesi di base, ovvero che la muratura sia costituita da un **doppio paramento** con un **nucleo** di modesto spessore. Un nucleo può essere ritenuto di **modesto spessore** quando il suo spessore è di molto inferiore a quello di ciascuno dei due paramenti.

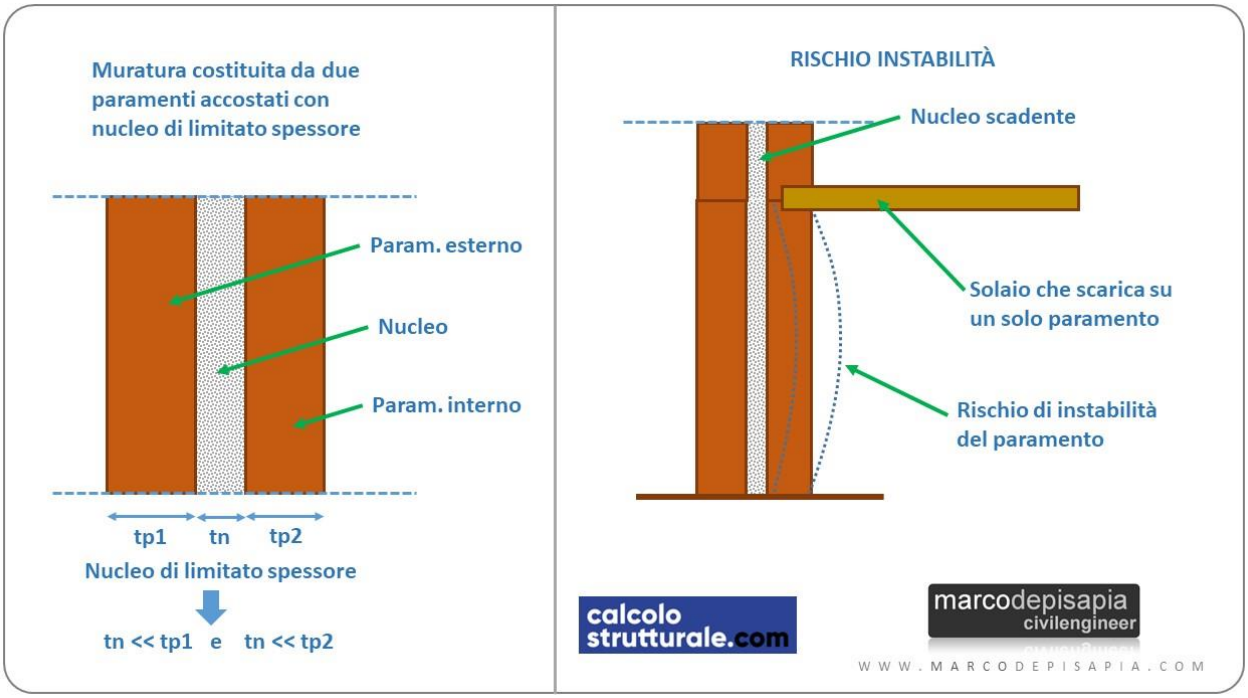
Le ulteriori ipotesi riportate nella Circolare 2019 sono le seguenti:

- **malta di calce** di modeste caratteristiche (resistenza media a compressione f_m stimabile tra 0,7 e 1,5 N/mm^2);
- **assenza** di ricorsi (listature);
- paramenti **semplicemente accostati** o mal collegati;
- tessitura (nel caso di elementi regolari) **a regola d'arte**;
- muratura **non consolidata**.

I parametri meccanici riportati in tabella hanno senso solo se il pannello murario è in grado di comportarsi come un **elemento unico** nei confronti delle sollecitazioni taglianti e degli sforzi normali.

Per le murature *a sacco* bisogna accertare che non ci sia il pericolo di **instabilità** di uno dei due paramenti, in particolar modo quando il solaio scarica solo su uno dei due paramenti. A tal fine potrà tornarti utile

l'applicazione **Wally** che ti suggerirò alla fine del post per eseguire verifiche a pressoflessione e stabilità dei pannelli murari.



Ipotesi alla base delle tipologie di muratura della Circolare 2019 e instabilità a pressoflessione

I coefficienti migliorativi e gli interventi di rinforzo

La muratura dell'edificio che stiamo analizzando potrebbe avere **caratteristiche migliori** rispetto a quelle **ipotizzate** dalla Circolare 2019. In tal caso è possibile applicare dei **coefficienti migliorativi** ai parametri meccanici della muratura.

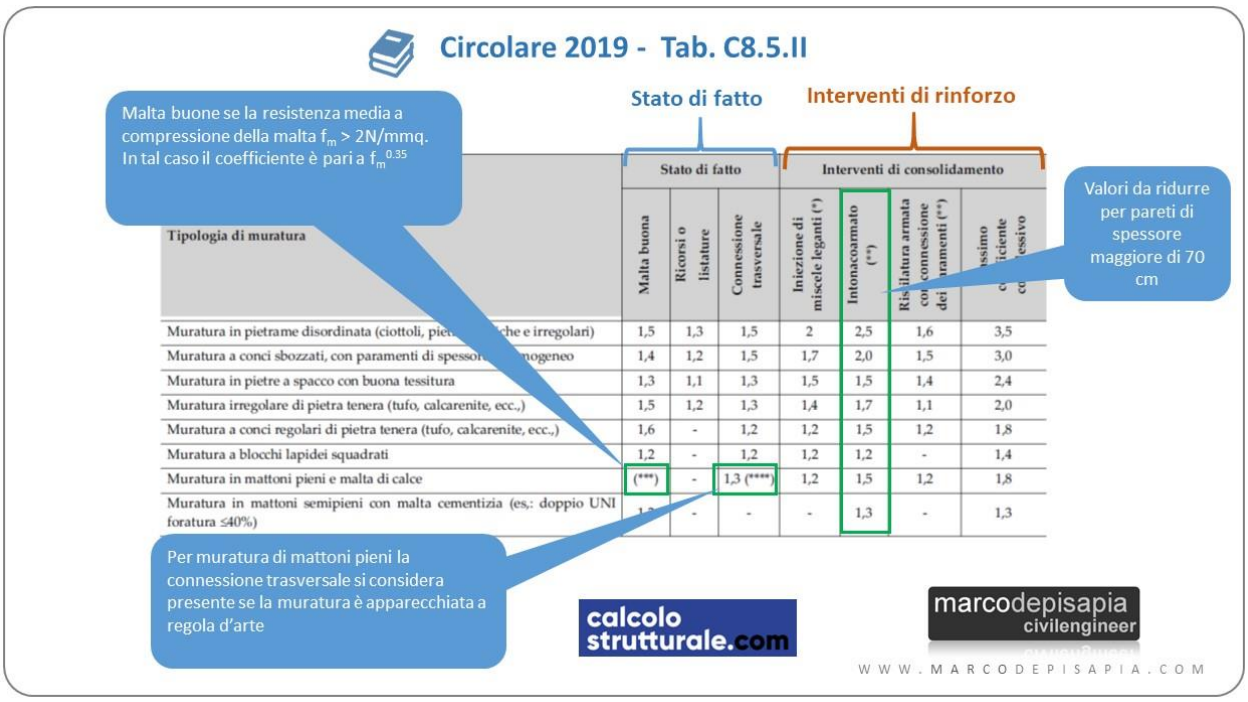
I coefficienti migliorativi sono distinti per ciascuna tipologia di muratura in corrispondenza di diverse caratteristiche presenti e sono distinti in due gruppi:

- coefficienti migliorativi dello **stato di fatto**: vanno applicati in presenza di *malta buona*, *ricorsi o listature e connessioni trasversali*;
- coefficienti migliorativi per **interventi di consolidamento**: vanno applicati a seconda dell'intervento di consolidamento che si intende eseguire o che è stato eseguito sulla muratura. Gli interventi previsti sono: *iniezioni di miscele leganti, intonaco armato, ristilatura armata e connessione dei paramenti*.

Se è presente **più di una** caratteristica migliorativa per lo stato di fatto, i coefficienti migliorativi andranno applicati in **forma moltiplicativa**. C'è però un limite: nel caso di **tre** caratteristiche migliorative presenti in contemporanea, andranno considerati solo i **due coefficienti più alti**.

Lo stesso discorso vale per gli interventi di consolidamento. In presenza di più interventi, i coefficienti andranno applicati in **forma moltiplicativa**, assumendo come valore massimo quello riportato nell'ultima colonna della **tabella C8.5.II** denominata "*Massimo coefficiente complessivo*".

Ci sono poi ulteriori prescrizioni da considerare che ti riporto nell'immagine seguente:

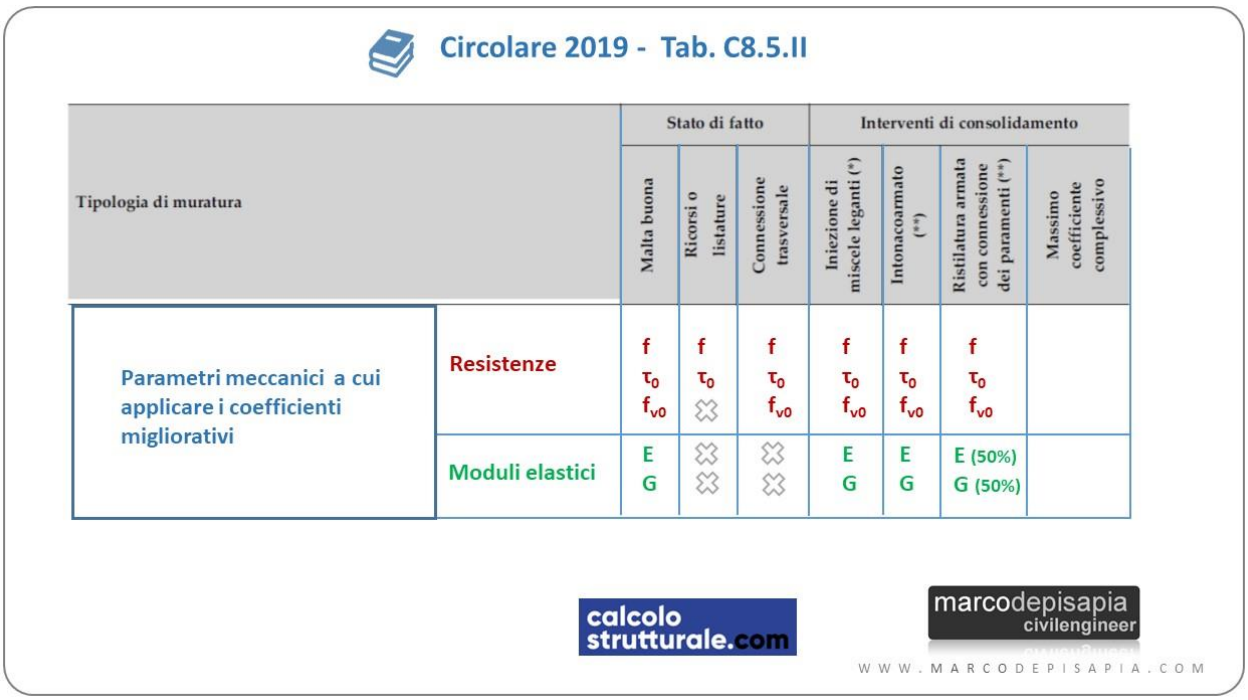


Tipologia di muratura	Stato di fatto: Malta buona	Stato di fatto: Ricorsi o listature	Stato di fatto: Connessione trasversale	Interventi di consolidamento: Iniezione di miscele leganti (*)	Interventi di consolidamento: Intonacoarmato (**)	Interventi di consolidamento: Ristilatura armata con connessione dei paramenti (**)	Interventi di consolidamento: Massimo coefficiente complessivo
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pie… che e irregolari)	1,5	1,3	1,5	2	2,5	1,6	3,5
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spesso… mogeneo	1,4	1,2	1,5	1,7	2,0	1,5	3,0
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	1,1	1,3	1,5	1,5	1,4	2,4
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,5	1,2	1,3	1,4	1,7	1,1	2,0
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,6	-	1,2	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura a blocchi lapidei squadrati	1,2	-	1,2	1,2	1,2	-	1,4
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	(***)	-	1,3 (****)	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es,: doppio UNI foratura ≤40%)	-	-	-	-	1,3	-	1,3

Tabella dei coefficienti migliorativi e prescrizioni della Circolare

A quali parametri applicare i coefficienti migliorativi

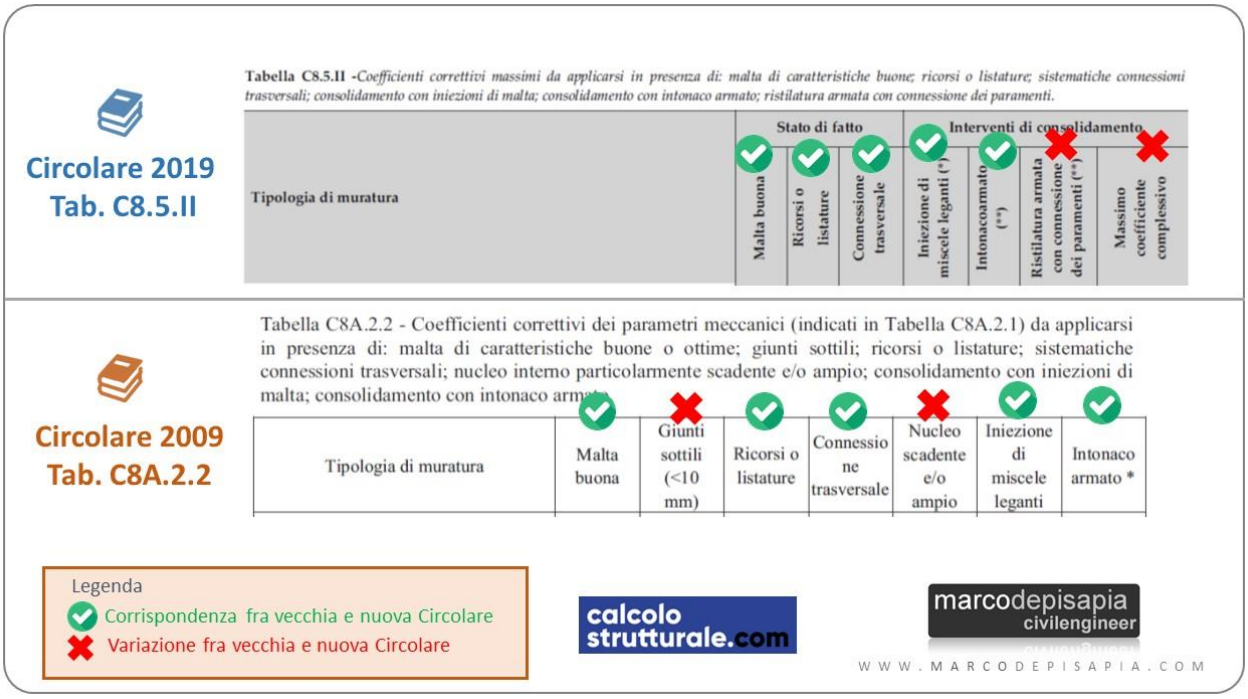
I coefficienti migliorativi non vanno applicati indistintamente a tutti i parametri di resistenza e deformabilità. Ci sono coefficienti che si applicano **solo alle resistenze** e altri che si applicano **sia alle resistenze che ai moduli elastici**, a seconda della caratteristica migliorativa applicata. Ti riporto uno schema di riepilogo nell'immagine seguente.



Tipologia di muratura		Stato di fatto: Malta buona	Stato di fatto: Ricorsi o listature	Stato di fatto: Connessione trasversale	Interventi di consolidamento: Iniezione di miscele leganti (*)	Interventi di consolidamento: Intonacoarmato (**)	Interventi di consolidamento: Ristilatura armata con connessione dei paramenti (**)	Interventi di consolidamento: Massimo coefficiente complessivo
Parametri meccanici a cui applicare i coefficienti migliorativi	Resistenze	f τ_0 f_{v0}	f τ_0 ⊠	f τ_0 f_{v0}	f τ_0 f_{v0}	f τ_0 f_{v0}	f τ_0 f_{v0}	
	Moduli elastici	E G	⊠ ⊠	⊠ ⊠	E G	E G	E (50%) G (50%)	

Parametri meccanici a cui applicare i coefficienti migliorativi

Cosa cambia quindi per i coefficienti correttivi delle murature con la nuova Circolare? Te lo riassumo nell'immagine seguente, mettendo in **evidenza** le caratteristiche migliorative e gli interventi di consolidamento per cui c'è **corrispondenza** fra vecchia e nuova Circolare.



Coefficienti migliorativi: corrispondenza fra vecchia e nuova Circolare

Conclusioni

Come hai potuto vedere, per ottenere i **parametri meccanici** della tipologia di muratura di interesse non bisogna limitarsi a **leggere** e ad **estrapolare** i valori corrispondenti dalle tabelle. Bisogna accertarsi di applicare correttamente tutte le **ulteriori prescrizioni** contenute nelle note e nel testo della Circolare valide sia per i **parametri meccanici** che per i **coefficienti migliorativi**. Bisogna poi accertare che le ipotesi assunte dalla Circolare sulla presenza dei **paramenti**, del **nucleo interno** e sul comportamento meccanico del pannello murario come un'**entità unica** siano **effettivamente presenti** nello stato di fatto.

Non è facile tenere a mente tutte le precisazioni e correzioni da apportare ai parametri meccanici della tipologia di muratura esistente. Se vuoi essere certo di valutare **correttamente** i parametri meccanici della muratura esistente e applicare nel **modo giusto** tutti i coefficienti migliorativi previsti dalla Normativa ti suggerisco un'applicazione che potrebbe tornarti molto utile: **Wally**, l'applicazione per *l'analisi dei pannelli esistenti in muratura portante*. All'interno dell'app troverai un modulo dedicato alla selezione della tipologia di muratura con l'applicazione dei coefficienti migliorativi e la scelta del Livello di Conoscenza raggiunto.



Applicazione Wally

Potrai utilizzare la muratura selezionata all'interno dell'app per eseguire le seguenti verifiche:

- **apertura di un vano** in una parete portante: verifica della parete ante e post-operam;
- verifica dell'**architrave**;
- verifica a **pressoflessione e stabilità** per azioni fuori piano;
- calcolo della **resistenza a taglio** per azioni nel piano.

Puoi scoprire tutti i dettagli dell'applicazione cliccando sul link seguente:

SCARICA Wally >>

Al prossimo post.

Marco

Risorse consigliate per il calcolo strutturale

Wally: l'app per il calcolo dell'apertura vani nelle murature portanti



Progetta e verifica l'intervento di **apertura vano** con **telaio di cerchiatura** in una parete portante in muratura. Analizza l'intera parete **prima** e **dopo** l'intervento.

Scarica Wally (clicca qui)

Ver.Sez.: l'app per il progetto, verifica e rinforzo di sezioni in cemento armato + intervento di apertura foro in solai latero-cementizi



- Calcolo dell'intervento di **apertura foro** nei solai laterocementizi nuovi o esistenti;
- Progetto e verifica di sezioni di solaio, travi e pilastri;
- Suite completa per il progetto e la verifica di interventi di **rinforzo** con **materiali innovativi in FRP**;
- Analisi delle sezioni in calcestruzzo **fibrorinforzato** e barre di armatura in **FRP**;
- Opzione di **stampa** delle relazioni tecniche per tutti i moduli dell'applicazione;
- Piena conformità alle nuove **NTC2018** (D.M.17/01/2018)

Scarica Ver.Sez. (clicca qui)

Ver.Steel: l'app per il progetto e verifica di sezioni in acciaio



Progetta e verifica **travi**, **colonne** e **aste pendolo** in acciaio con la massima semplicità. Moduli avanzati dedicati ai **collegamenti** bullonati e saldati.

Scarica Ver.Steel (clicca qui)

Plate Design: l'app per l'analisi di fondazioni a platea



Analizza le **sollecitazioni** nella piastra di fondazione, progetta e verifica l'**armatura** della platea, esegui la **verifica geotecnica** per carico limite e scorrimento.

Scarica Plate Design (clicca qui)

[Leggi l'articolo dal blog]

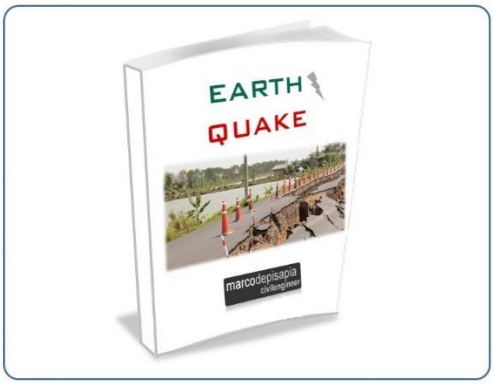
SismiClass: l'app per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni esistenti



Esegui la classificazione del **rischio sismico** per le costruzioni **esistenti** in cemento armato o muratura. Stampa la **relazione illustrativa** e l'**asseverazione** già compilata in tutte le sue parti.

Scarica SismiClass (clicca qui)

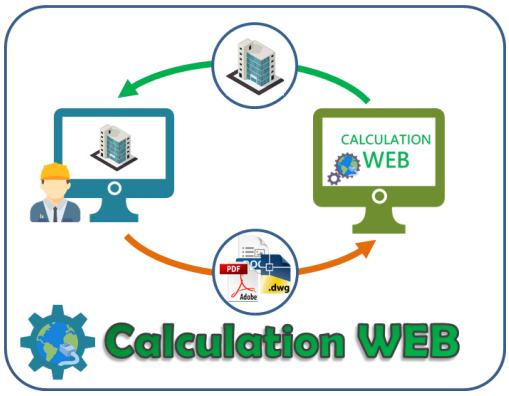
Earthquake: la guida pratica per l'analisi sismica delle strutture



La guida in formato digitale che riorganizza in modo sistematico gli articoli del blog, ordinandoli per aree tematiche ed inserendoli all'interno di un **percorso chiaro e preciso**. Parti alla scoperta dell'**analisi sismica delle strutture** con l'approccio semplice e pratico che caratterizza i contenuti del blog.

Scarica l'estratto gratuito di EarthQuake

Calculation WEB: delega per vincere la complessità



Il servizio di **calcolo strutturale online** dedicato ai **professionisti** del settore delle costruzioni. Garantisci la massima **sicurezza** del tuo progetto strutturale, assicurando il rispetto di tutte le prescrizioni della **Normativa** vigente.

Scopri come funziona (clicca qui)