

Isolamento delle fondazioni: dettaglio di connessione con le murature

*Nell'ambito dei **dettagli costruttivi** da considerare per la realizzazione di un edificio efficiente, la **connessione della muratura alla fondazione** è uno degli aspetti da analizzare ed eseguire correttamente. Le soluzioni possono essere diverse, dipendendo anche dal fatto che si abbia a che fare con **muratura portante** piuttosto che di **tamponatura**.*

Si riportano alcune indicazioni con riferimento all'impiego della muratura POROTON®.

Il problema dell'isolamento termico delle fondazioni

Le **fondazioni** di un edificio sono generalmente realizzate in calcestruzzo armato, che come quasi tutti sanno, è un cattivo isolante (1 cm di isolante è pari a circa 40 cm di calcestruzzo). È quindi necessario che l'ambiente abitato e riscaldato sia "staccato" ovvero isolato da elementi disperdenti quali le fondazioni.

Per risolvere il problema dell'**isolamento delle fondazioni** risulta quindi importante sviluppare adeguatamente il **dettaglio della giunzione tra esse e le pareti dell'edificio** per limitare la dispersione di energia.

Le **pareti perimetrali portanti**, però, devono assolvere ad alcuni compiti importanti:

- I. isolare termicamente dal clima esterno;
- II. isolare acusticamente dai rumori esterni;
- III. reggere i pesi dei solai e dei carichi portati (arredo, persone, ecc.) e resistere alle azioni orizzontali del vento e degli eventi sismici.

Queste tre caratteristiche richiedono elementi con caratteristiche geometriche e meccaniche ben definite ed in particolare per la parte strutturale, impediscono al progettista di interporre alla base della muratura elementi deboli e non strutturali per **disaccoppiare termicamente la muratura dalle fondazioni**, dettaglio molto spesso utilizzato per pareti di puro tamponamento.

Regola principale di un buon progettista energetico è quello di riuscire a dare continuità agli elementi con buone caratteristiche di isolamento termico ed ottenere quindi idealmente una superficie continua che racchiuda il volume riscaldato. Minori sono le interruzioni di questa superficie, maggiore è il grado di isolamento delle fondazioni e maggiori sono le qualità prestazionali energetiche dell'edificio.

Non potendo, come precedentemente descritto, disaccoppiare le murature portanti dalle fondazioni, sono state sviluppate diverse soluzioni per consentire di **ridurre il ponte termico generato**.

Isolamento delle fondazioni: giunzione alla muratura perimetrale a doppio strato con intercapedine isolata e tramezzatura esterna

Pareti perimetrali a doppio strato, con intercapedine isolata, consentono di realizzare **ottime soluzioni di involucro**. È infatti possibile affidare ad uno strato la funzione portante (generalmente allo strato interno) e proteggere l'isolante con uno strato esterno in laterizio leggero.

In questa situazione la soluzione generalmente adottata per il nodo di **attacco della muratura alla fondazione continua** è quella evidenziata in fig. 1.

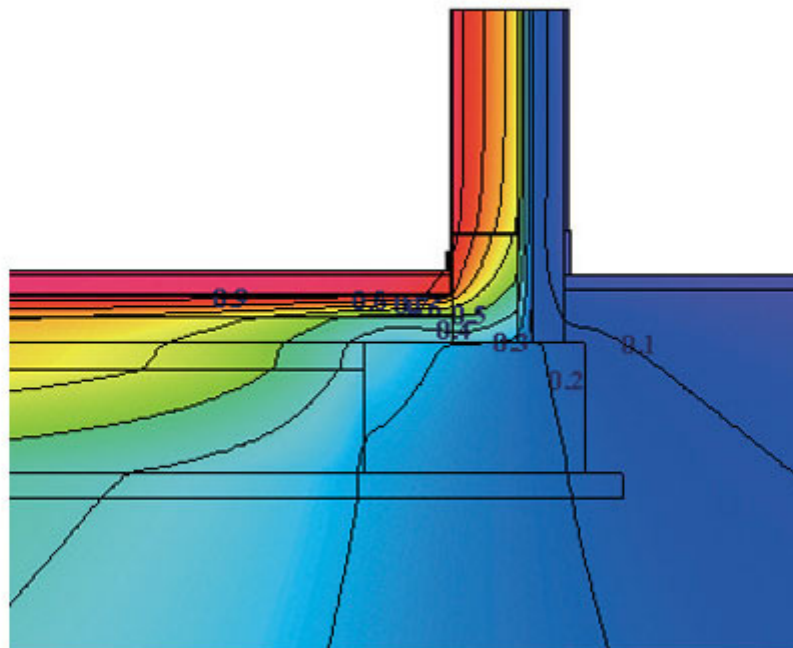
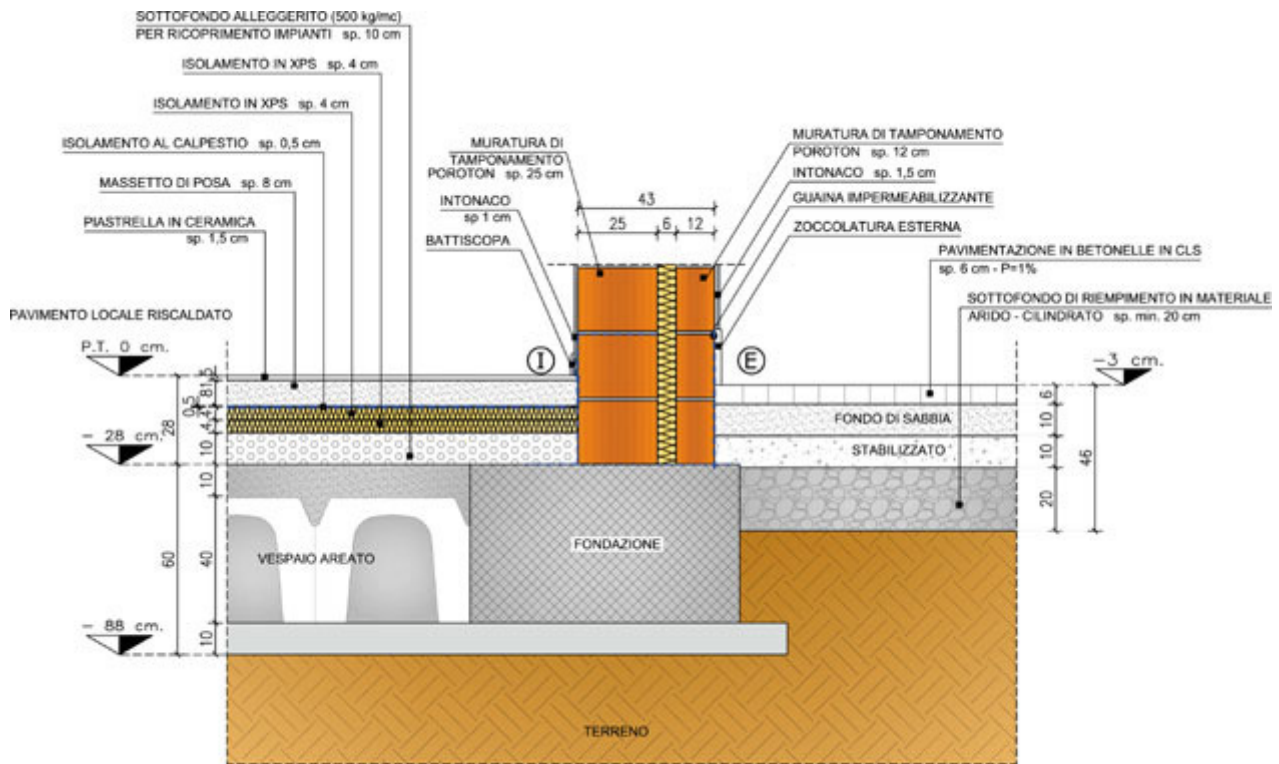


Fig. 1 - Particolare del nodo di fondazione (sopra) e isoterme del nodo analizzato (sotto).

Questo dettaglio, da adottare come soluzione di minima, è già adeguato per situazioni climatiche non estreme. Analizzando infatti i dati riportati in tabella 1, si può notare come il valore di temperatura superficiale è sufficientemente elevato, risultando quindi molto improbabile la formazione di condensa superficiale.

È possibile però migliorare il comportamento del nodo, **isolando esternamente contro terra la trave di fondazione** e dando continuità all'isolamento dell'intercapedine interponendo un elemento isolante alla base della tramezzatura.

Tab. 1 - Prestazioni del nodo di fondazione con muratura a doppio strato.

Descrizione	Sigla	Valore calcolato	Valore di riferimento
Coefficiente lineico	ψ	-0,044 W/(mK)	
Fattore di temperatura superficiale	f_{Rsi}	0,900	> 0,700
Altezza parete verticale sopra pavimento	h_w	1,000 m	
Coefficiente di accoppiamento termico completo	L_1^{2D}	0,950 W/(mK)	
Coefficiente di accoppiamento termico solo solaio-terreno	L_2^{2D}	0,686 W/(mK)	

Isolamento delle fondazioni: giunzione alla muratura perimetrale monostrato con cappotto

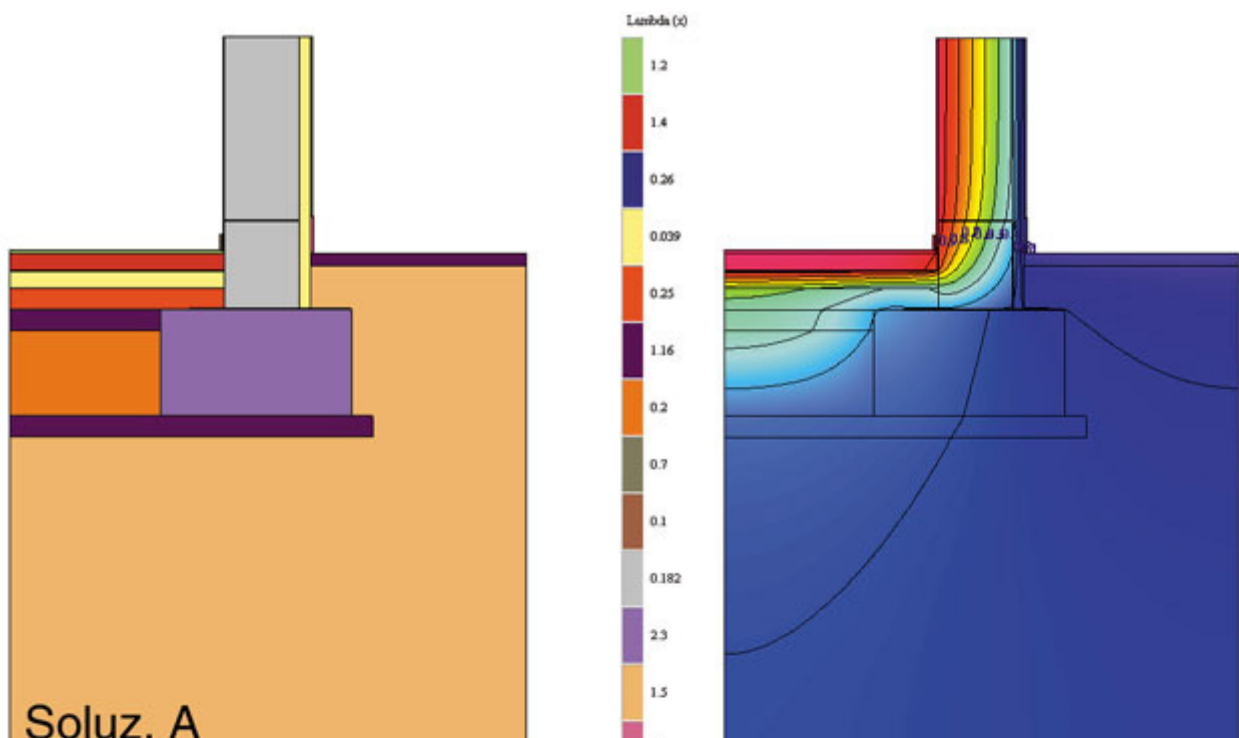
Murature perimetrali monostrato presentano soluzioni differenti a seconda che la parete abbia **funzione portante** o meno. In questo caso infatti, come già accennato, non è possibile interporre elementi isolanti tra la fondazione ed il primo corso di mattoni, in quanto generalmente gli elementi isolanti non hanno elevata capacità portante.

Si riportano comunque, a titolo di esempio, tre varianti di dettaglio costruttivo per mostrare l'incidenza di una data soluzione tecnica adottata.

Nel primo caso [fig. 2a] la muratura, rivestita esternamente da un cappotto, non è isolata dalla fondazione.

Nel secondo caso [fig. 2b] il primo corso di muratura è costituita da blocchi di più bassa conduttività, mentre nel terzo caso [fig. 2c] è interposto un elemento isolante alla base della muratura.

Quest'ultimo caso è ovviamente applicabile esclusivamente nel caso di **muratura di tamponamento**.



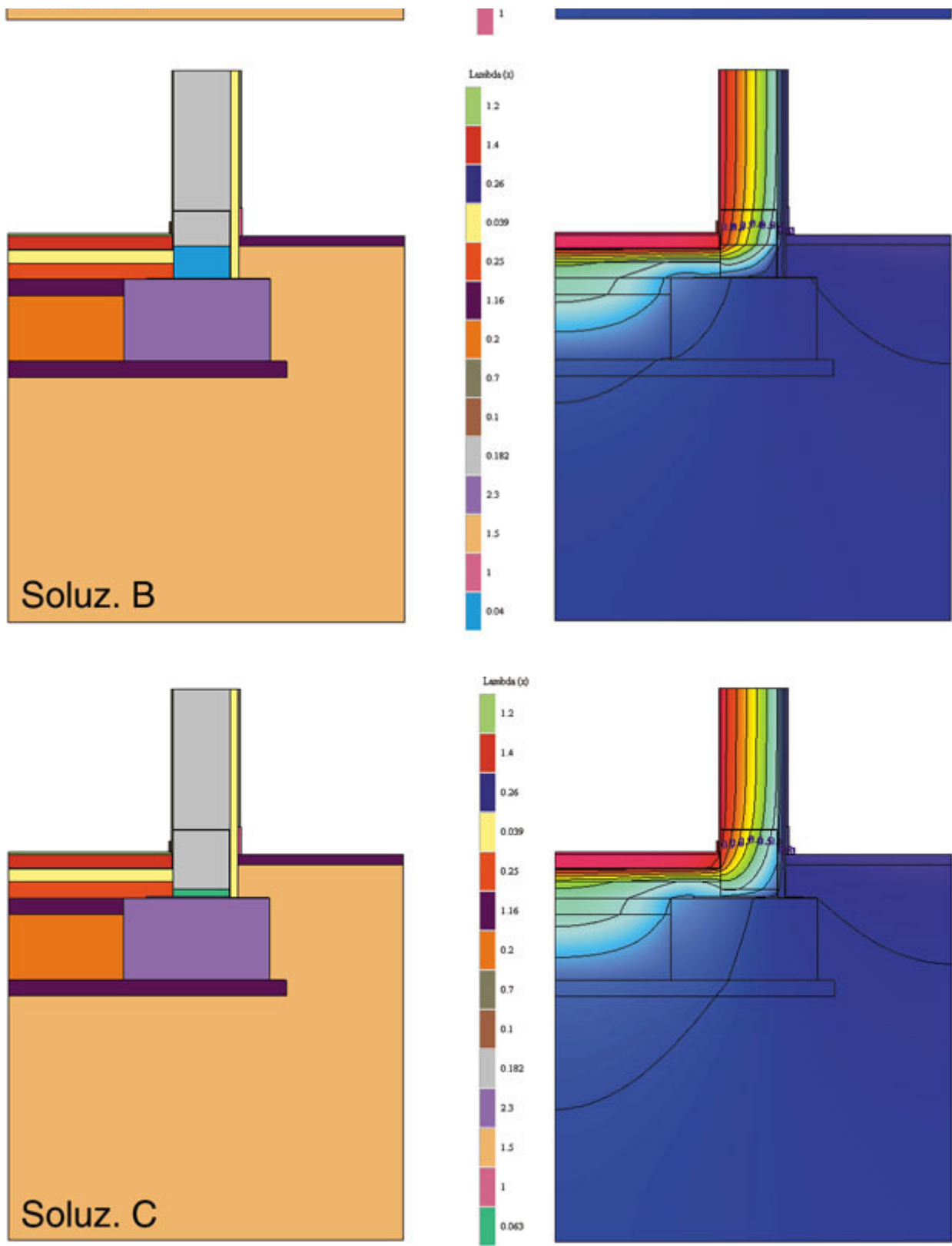


Fig. 2 - Isotherme delle tre differenti soluzioni analizzate per la muratura monostrato a cappotto.

Tab. 2 - Prestazioni del nodo di fondazione con muratura a doppio strato.

Descrizione	Sigla	A - Valore calcolato	B - Valore calcolato	C - Valore calcolato
Coefficiente lineico	Ψ	-0,064 W/(mK)	-0,106 W/(mK)	-0,071 W/(mK)
Fattore di temperatura superficiale	f_{Rsi}	0,915	0,940	0,920
Altezza parete verticale sopra pavimento	h_w	1,000 m	1,000 m	1,000 m
Coefficiente di accoppiamento termico completo	L_1^{2D}	0,614 W/(mK)	0,573 W/(mK)	0,607 W/(mK)
Coefficiente di accoppiamento termico solo solaio-terreno	L_2^{2D}	0,384 W/(mK)	0,384 W/(mK)	0,384 W/(mK)

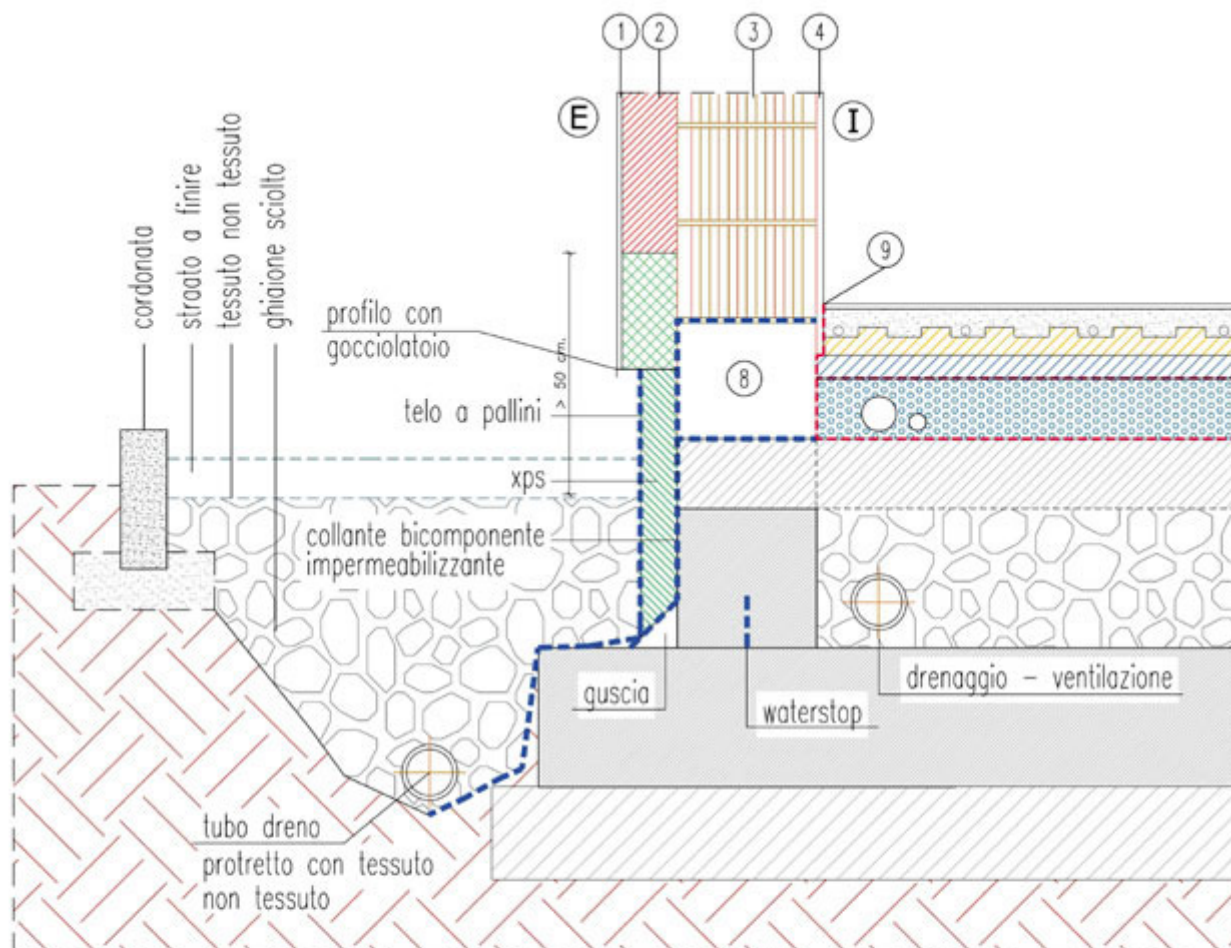
Come si può evidenziare dai valori riportati in tabella 2, la soluzione migliore è sicuramente la seconda, in cui è stato inserito un corso in mattoni di caratteristiche termiche migliori. Questa soluzione, che può essere agevolmente adottata nelle murature di tamponamento, interponendo un elemento in vetro cellulare o un mattone in calcestruzzo autoclavato, non è applicabile nel caso di muratura portante ordinaria o armata in quanto la fragilità di questi elementi comprometterebbe il funzionamento strutturale della muratura.

A tale proposito quindi è stato analizzato il comportamento termico di una muratura riempita nei primi due corsi con **perlite sfusa**. Questo dettaglio, semplice da applicare in cantiere ma efficace, consente di ridurre la conduttività verticale della base della muratura ed inserire quindi un'elevata **resistenza termica tra la fondazione e la muratura** perimetrale soprastante.

Da analisi numeriche svolte si è potuto riscontrare che il valore di conduttività verticale è inferiore ai 0,21-0,23 W/(mK) e quindi, considerando lo sviluppo di almeno due corsi isolati, è in grado di esplicare la funzione di taglio termico alla base.



Fig. 3 - Fase di riempimento con perlite del primo corso di blocchi in laterizio portante armato.



LEGENDA

1. Rasante per cappotto, con armatura in fibra di vetro, spessore cm1
Primer e finitura in pasta ai silicati e silossani - sp. mm 1,5
2. Cappotto esterno in EPS con grafite a colla e tasselli sp. cm. 12
3. Muratura armata in laterizio POROTON® P800 MA - spessore cm 30 posato con malta tradizionale M10
4. Intonaco interno di tipo civile tirato a frattazzo fine - sp. cm 1,5
8. PRIMO CORSO - blocco POROTON® P800 riempito in perlite in cantiere, posato con malta idrofugata, comprensiva di doppia guaina tagliamuro
9. Risvolto teli in p.e. e guaina di perimetro dell'impianto a pavimento

Fig. 4 - Dettaglio esecutivo dell'attacco fondazione nel caso di primo corso isolato con perlite sfusa.

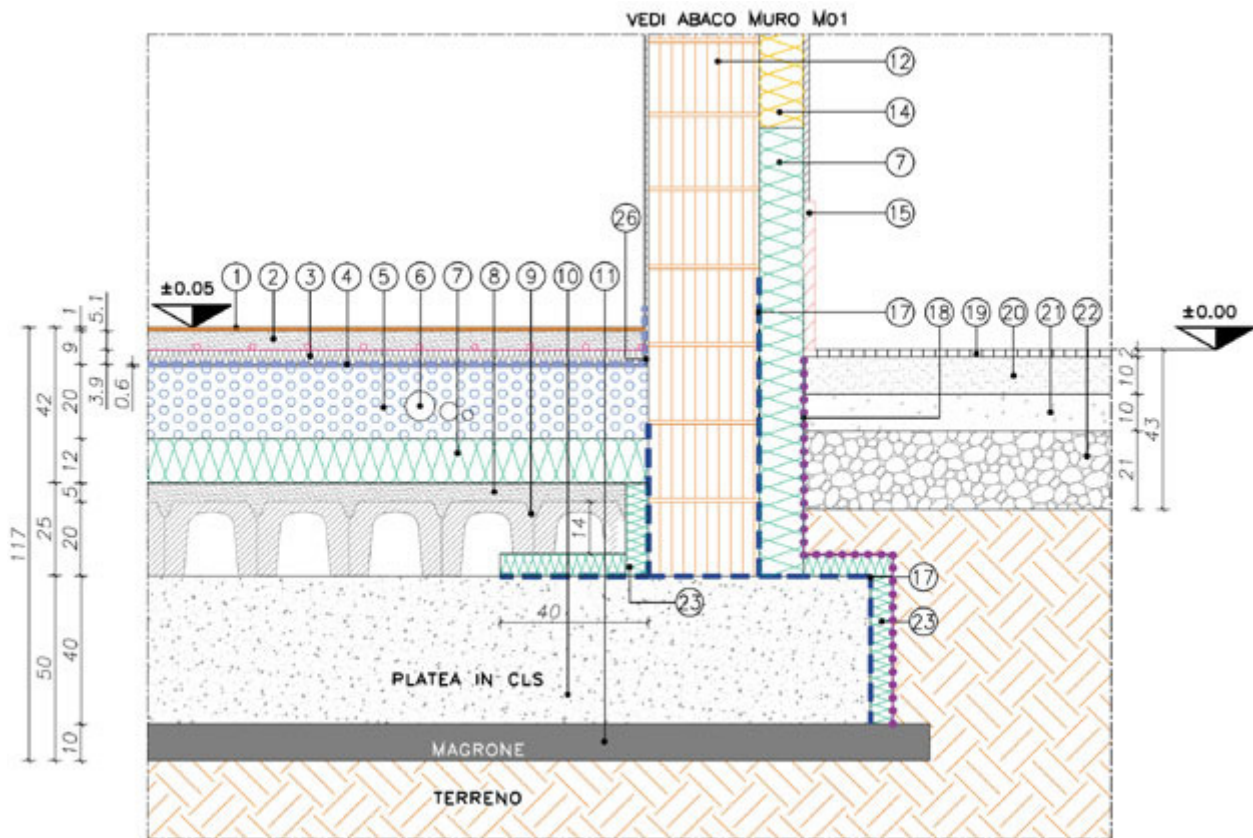
Il dettaglio costruttivo può poi essere migliorato proseguendo l'isolante del cappotto fino a risvoltare sul lato esterno del dado di fondazione contro il terreno, in modo da limitare l'ulteriore dispersione attraverso il cemento armato della fondazione stessa [fig. 6].

Nel nostro caso studio questo non è stato eseguito per meglio percepire l'influenza delle tre differenti soluzioni adottate.

Nel caso di **vespaio areato** al di sotto della pavimentazione del piano terra, richiesto molto spesso dai regolamenti comunali, è importante porre particolare attenzione al fatto che l'aria, contenuta nel vespaio, è a diretto contatto con l'esterno e quindi non ha senso isolare al di sotto del vespaio stesso o della fondazione.

Possibile soluzione è quindi quella evidenziata in fig. 5 ove, in corrispondenza delle travi di

fondazione, è stato previsto di risvoltare l'isolamento della parete fino alla base della fondazione e contemporaneamente si è posato un elemento isolante disaccoppiante al lato interno verso il vespaio. Il risultato dell'analisi del suddetto nodo è rappresentato sempre in fig. 5.



LEGENDA

1. Rivestimento del pavimento con piastrelle sp. 1 cm
2. Massetto autolivellante in anidrite di sp. 5,1 cm a copertura impianto radiante
3. Pannello radiante sp. 3,9 cm
4. Materassino anticalpestio sp. 0,6 cm con risvolto sui bordi
5. Sottofondo in cemento cellulare alleggerito a copertura impianti sp. 20 cm
6. Tubazioni impianti
7. Pannello isolante in XPS sp. 12 cm
8. Getto in cls con rete e sopra vespaio sp. 5 cm
9. Vespaio areato con moduli in plastica sp. 20 cm
10. Platea in cls armato sp. 40 cm
11. Magrone sp. 10 cm
12. Muratura portante POROTON® sp. 25/30 cm
14. Pannello isolante in lana di roccia sp. 12 cm
15. Zoccolo di rivestimento in pietra
17. Guaina impermeabilizzante doppio strato incrociato sp. 0,6 cm
18. Membrana bugnata sp. 0,8 cm
19. Pavimentazione esterna non carrabile in lastre di pietra mis. 100x50x3
20. Massetto in sabbia e cemento sp. 10 cm per la posa delle lastre di pietra
21. Fondo di sabbia sp. 10 cm
22. Ghiaione sp. 20 cm
23. Pannello isolante in XPS sp. 6 cm
26. Striscia laterale di dilatazione

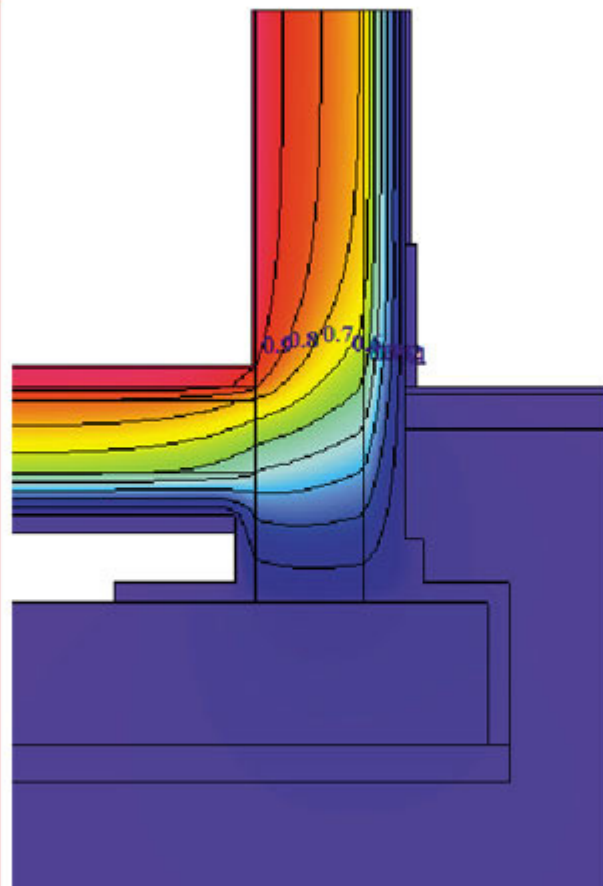


Fig. 5 - Soluzione di attacco in fondazione e andamento isoterme del nodo di fondazione con vespaio areato.

Concludendo si può affermare che ogni situazione deve essere analizzata attentamente dal progettista e valutata dal punto di vista sia delle prestazioni che dei costi, ovvero della facilità di esecuzione in cantiere. In base infatti alla tipologia costruttiva (monostrato con cappotto o pluristrato), alla zona climatica, alla tipologia della fondazione (continua o platea), è necessario sviluppare una soluzione differente che comunque garantisca di limitare la dispersione del calore attraverso il nodo e di ottenere temperature superficiali adeguate.



Fig. 6 - Particolare del risvolto dell'isolamento in corrispondenza del vespaio areato (a sx) e isolamento della fondazione dal terreno (a dx).

Trasmittanza termica lineica (Ψ)

La trasmittanza termica lineica è un coefficiente di correzione che tiene conto dell'influenza del ponte termico distribuito lungo una linea e viene utilizzato per determinare il flusso di calore disperso attraverso il ponte termico analizzato. Minore quindi è il valore di Ψ , minore è la quantità di calore dispersa e corrispondentemente migliore è la soluzione tecnica adottata.

Fattore di temperatura superficiale (f_{Rsi})

Il fattore di temperatura superficiale è un parametro adimensionale che consente di valutare la "bontà" di una soluzione di ponte termico. Esso infatti indica il grado di abbassamento della temperatura superficiale e varia da 0 a 1. Maggiore è il valore, minore è l'abbassamento della temperatura; valori quindi prossimi all'unità significano ponti termici tendenzialmente corretti.

Il valore di f_{Rsi} è calcolato dalla seguente formula:

$$f_{Rsi} = (\theta_{si} - \theta_e) / (\theta_i - \theta_e)$$

dove

θ_i è la temperatura interna dell'ambiente considerato

θ_e è la temperatura esterna

θ_{si} è la temperatura superficiale interna

Ponte termico

Il ponte termico o meglio la situazione di anomalia termica è una zona, generalmente dell'involucro dell'edificio, in cui localmente si riscontrano dei cambiamenti di flusso del calore rispetto alla situazione piana monodimensionale generalmente analizzata.

I ponti termici si possono generalmente ricondurre a due tipologie:

- ponte termico dovuto a disomogeneità dei materiali;
- ponte termico geometrico.

Il primo caso è quello comune in cui la stratigrafia dell'elemento di involucro (ad esempio la parete), presenta zone con materiali a conducibilità differente come ad esempio nelle pareti perimetrali in laterizio in cui è presente un pilastro in c.a. [fig. 7].

Il secondo caso è quello in cui il flusso di calore è deviato a causa della geometria del nodo. Ad esempio in un angolo di muratura, il flusso uscente, a partire dal lato interno si ripartisce su una superficie esterna maggiore determinando quindi un aumento del flusso di calore verso l'esterno [fig. 8].

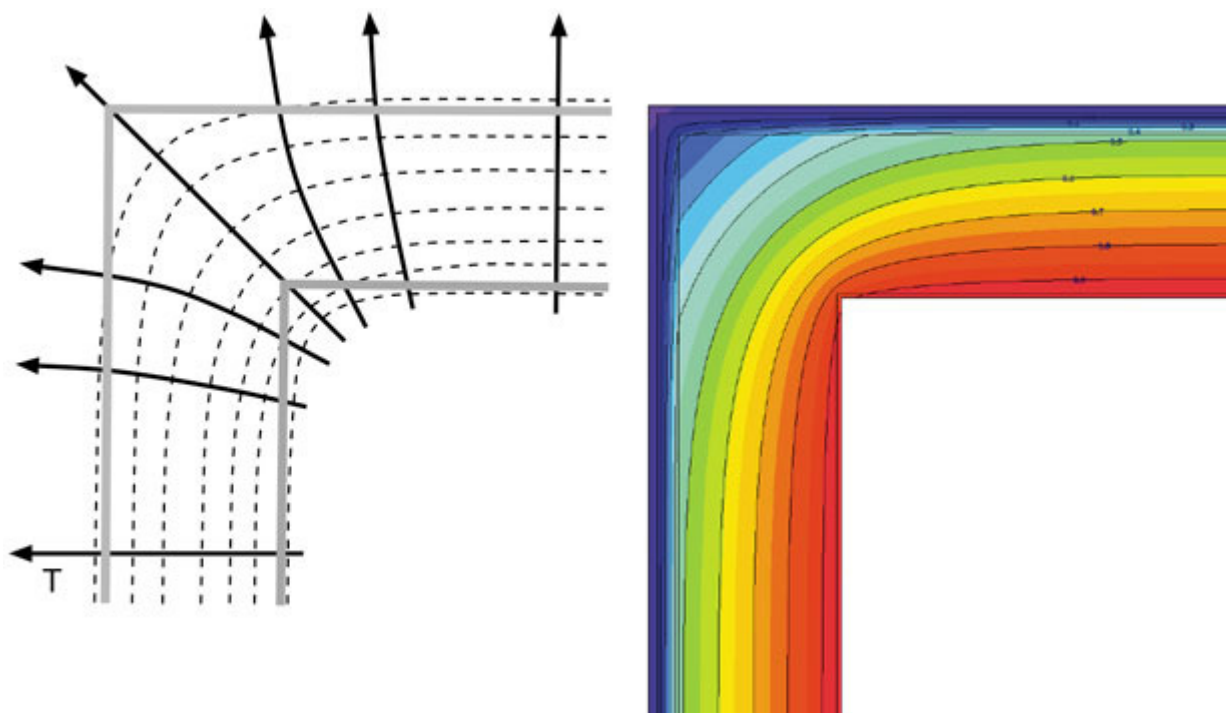


Fig. 7 - Andamento del flusso in un nodo d'angolo (a sx) e isoterme calcolate (a dx).

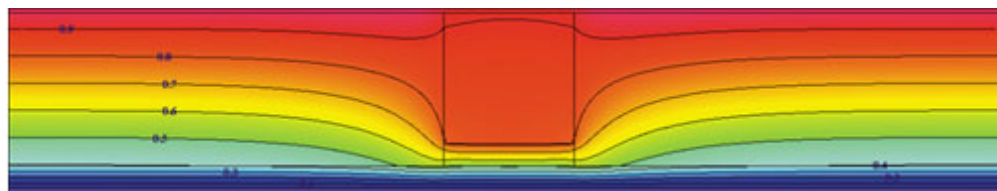


Fig. 8 - Andamento delle isoterme in un ponte termico dovuto a disomogeneità dei materiali (pilastro in c.a. all'interno di una muratura).

I principali effetti negativi generati dai ponti termici sono:

- perdite di calore localizzate;
- possibilità di formazione di condensazione superficiale;
- formazione di muffe generate dalla presenza di basse temperature superficiali e contemporanei alti valori di umidità dell'ambiente;

- danni alla superficie degli elementi per la presenza di muffe e delle continue ed elevate variazioni cicliche della temperatura con conseguente degrado degli elementi.

Il DLgs 192/311 prevede che il ponte termico si possa considerare corretto quando la differenza di resistenza (R) o trasmittanza termica (U) tra il ponte e la zona contigua è inferiore o al massimo uguale al 15%.

Autore: Roberto Calliari