

Estratto dagli atti del 16° Congresso C.T.E. Parma, 9-10-11 novembre 2006

**SOLAI NON CONVENZIONALI A STRUTTURA IBRIDA:
UNA SOLUZIONE AUTOPORTANTE IN EPS - ACCIAIO - CALCESTRUZZO
Parte 2: realizzazioni**

*ENZO SIVIERO, IUAV – VENEZIA
PIERANTONIO BARIZZA, Padova*

Vedi anche "[Parte 1: fondamenti teorici](#)"

SUMMARY

L'utilizzo di solai con cassero in EPS è ormai consolidato, ma nel caso di soluzioni autoportanti le caratteristiche di cantierabilità, velocità di posa in opera e sicurezza intrinseca sono particolarmente interessanti.

La soluzione che prevede tralicci elettrosaldati avvolti da una matrice in EPS ha reso quello che prima era solamente un cassero coibentante un elemento strutturale autonomo, che si completa con la solidarizzazione della cappa in calcestruzzo. La semplicità d'uso, unita alla produttività in cantiere, conferisce al prodotto interessanti argomenti che controbilanciano il maggior costo iniziale dovuto ai materiali utilizzati; con evidenti vantaggi anche per chi sovrintende alla corretta esecuzione dell'opera.

Alcuni esempi di realizzazioni effettuate possono essere utili per verificarne le condizioni normali di utilizzo, i vantaggi legati alla posa e all'autoportanza, ed alcune attenzioni che devono essere poste in fase progettuale per evitare che in cantiere ci si trovi di fronte a situazioni impreviste e lasciate all'autonoma gestione di maestranze non sempre preparate.

1. INTRODUZIONE

Molto spesso i progetti degli impalcati di piano e delle coperture sono superati dalle esigenze di cantiere, dettate dalle consuetudini dell'impresa, dalla comodità di fornitura, dalla tempistica globale di realizzazione, etc., per cui succede che una progettazione originaria di facciata viene superata e disattesa da una seconda progettazione in sede di fornitura. Il risultato di questa gestione del cantiere si riflette nella gestione del progetto, a volte snaturandolo e demotivano il progettista a sviluppare compiutamente il proprio mandato.

In questa breccia di discrezionalità lasciata al costruttore, da condividere comunque con il progettista, si inseriscono le varie tipologie di solaio: predalles, laterocemento ad elementi sciolti o parzialmente preassemblati, precompresso, estruso, con casseri a perdere etc. Tra questi trova spazio la tipologia a cassero portante in EPS con traliccio autoportante.

L'idea è semplice, si tratta di predisporre una fila di tralicci metallici e di avvolgerli (processo di sinterizzazione) nel polistirene, in modo da creare dei moduli di larghezza ed altezza controllata, lasciando libere dal polistirene le estremità metalliche in modo da poterle solidarizzare con i cordoli perimetrali e le travi. Successivamente la parte superiore del pannello viene fresata in corrispondenza del corrente superiore del traliccio metallico, in modo da consentire la solidarizzazione con la soletta in cls gettata in opera, per creare una struttura acciaiocalcestruzzo ad anima tralicciata che abbia un comportamento piano per le sollecitazioni flettenti.

Questo sistema costruttivo era già stato oggetto di indagine al fine di individuare i diversi impieghi del materiale polistirene espanso nell'edilizia [1].

Altre caratteristiche rendono questo solaio particolarmente interessante, e gli esempi che seguiranno saranno utili per illustrarne i dettagli:

- autoportanza (entro certi limiti)
- leggerezza
- coibenza termica
- semplicità e velocità di posa in opera
- sicurezza per gli applicatori

A fronte di questo dobbiamo segnalare che gli utilizzatori tentano di utilizzare tale elemento strutturale oltre i limiti che sono propri dello schema che lo contraddistingue:

- sbalzi
- taglio affidato ai tralicci
- momenti negativi

Tenteremo con i prossimi esempi di enfatizzare le prestazioni di questo solaio a struttura ibrida e di illustrare anche le scelte da evitare per non inficiare il risultato finale

2. ESEMPI APPLICATIVI

2.1. Esempio applicativo n. 1 – Copertura di una malga a Aosta

Il progetto risale all'anno 2004 ed ha previsto la fornitura di 405 m² di solaio. La scelta della tipologia di solaio è stata dettata dai costi di trasporto, particolarmente elevati. Come evidenziano dalle immagini, il trasporto con l'elicottero è risultato particolarmente efficace ed agevole grazie alla leggerezza del solaio.



Figura 1. Fasi di trasporto



Figura 2. Solaio realizzato in quota

2.2. Esempio applicativo n. 2 – Ristrutturazione a Sanremo

Il progetto, del 2005, 1514 m² di fornitura, indicava un solaio che l'impresa ha scelto di cambiare. Il vantaggio che si è voluto raggiungere è legato all'autoportanza, data l'impossibilità di puntellare da sotto il solaio con delle travi rompitratta. Per le luci in gioco la soluzione è risultata compatibile con il solaio progettato, anche a fronte di una

maggior deformabilità in fase di getto (dove i soli tralicci, con le loro caratteristiche statiche, erano in grado di sopportare peso proprio e sovraccarico permanente, pari al peso del getto e una quota accidentale dovuta al personale di cantiere che lo posa in opera).



Figura 3. Solaio non puntellato sopra un impalcato esistente

2.3. Esempio applicativo n. 3 – Copertura a Dolo (VE)

Il progetto, del 2005, 251 m² di fornitura, prevedeva l'utilizzo di solai di falda inclinati. La velocità di applicazione, dovuta alla leggerezza ed alla possibilità di immediata pedonabilità ha consentito di abbattere i tempi di posa in opera e di operare in sicurezza, maneggiando carichi relativamente modesti.



Figura 4. Facilità di posa in opera



Figura 5. Immediata pedonabilità

L'immediata pedonabilità ha riflessi positivi riguardo alla sicurezza in cantiere, anche se non è il caso di dimenticare le normali norme antinfortunistiche.

3. APPLICAZIONI NON CONFORMI

3.1. Applicazione n. 1 – Taglio dei tralicci

Nella realizzazione illustrata (Treviso, 2005, 327 m² di fornitura) gli operatori hanno tagliato i tralicci che erano d'impaccio.



Figura 6. Traliccio interrotto per motivi impiantistici

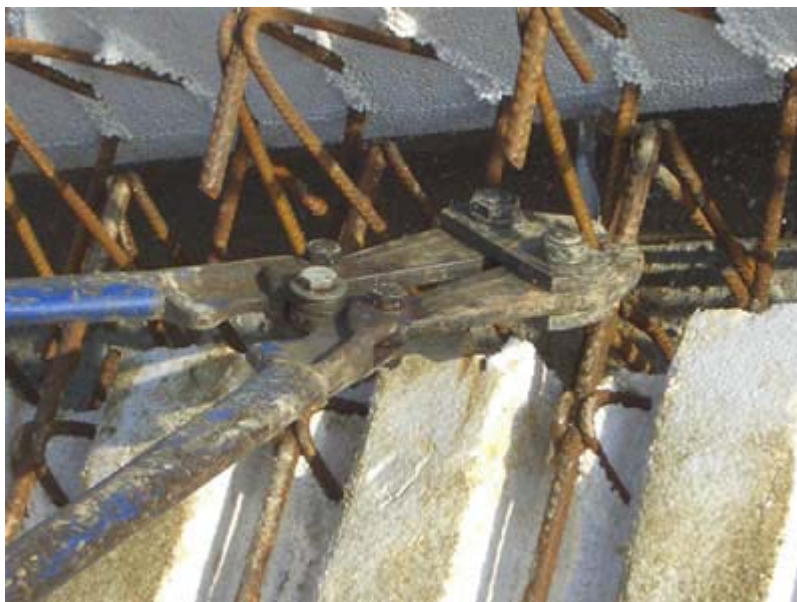


Figura 7. Interferenze non risolte vengono “aggiustate” in opera con operazioni distruttive

La scelta effettuata appare del tutto innaturale se si considera che il solaio in questione affida la resistenza al taglio ai soli tralicci, sia in fase di realizzazione, sia in fase di esercizio. Per fare un parallelo e rendere l’idea del comportamento possiamo pensare ad un ponte ferroviario.

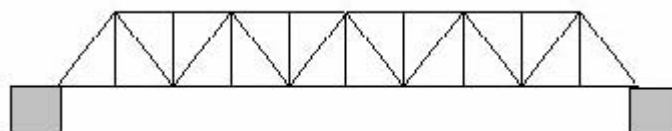


Figura 8. Schema di un tipico ponte ferroviario

A nessuno vorrebbe in mente di tagliare un’asta di parete (o il corrente superiore) senza temere il crollo della struttura, ed allo stesso modo i particolari del progetto (in corrispondenza degli impianti, ad esempio) devono essere curati senza lasciare agli operatori di cantiere la discrezionalità di tagliare dove meglio credono le strutture.

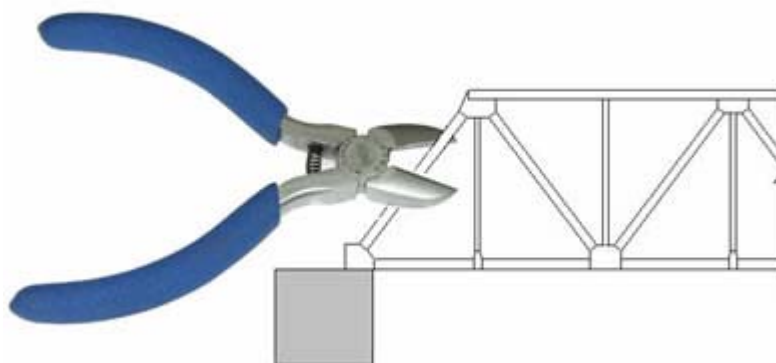


Figura 9. Operazione che determina il crollo del ponte

3.2. Applicazione n. 2 – Elementi a sbalzo

Nella pratica quotidiana vengono richiesti elementi a sbalzo. Nelle applicazioni convenzionali vengono proposte soluzioni che supportano il carico attraverso meccanismi a taglio e momento negativo, ma il solaio oggetto di indagine non è in grado, se non per valori minimi di sopportare momenti negativi. In buona sostanza, sbalzi del tipo “poggioli” escono dalle possibilità statiche degli elementi che stiamo illustrando, mentre piccole

cornici possono trovare una risposta staticamente efficiente solamente con una analisi dell'instabilità dei correnti inferiori compressi (tondini in acciaio) che può essere limitata solo da elementi che ne contrastino la luce libera di inflessione, ma che rimane comunque caratterizzata da piccoli valori di compressione e conseguentemente di momento flettente all'appoggio. Per abitudine, invece, gli operatori in cantiere, e qualche tecnico distratto, vorrebbero estendere le notevoli capacità statiche del solaio, che trova il suo schema ideale nel semplice appoggio, agli sbalzi.

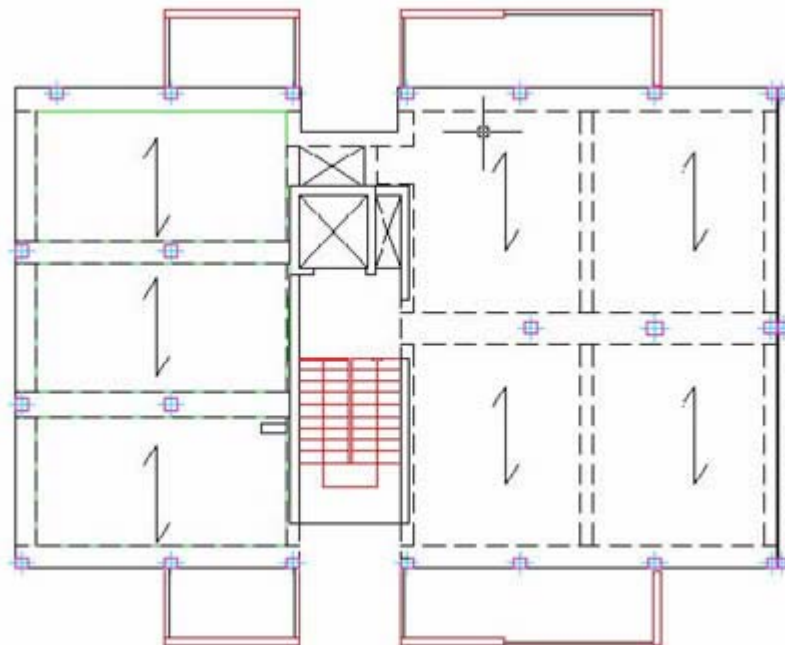


Figura 10. Tipologia comune di solaio

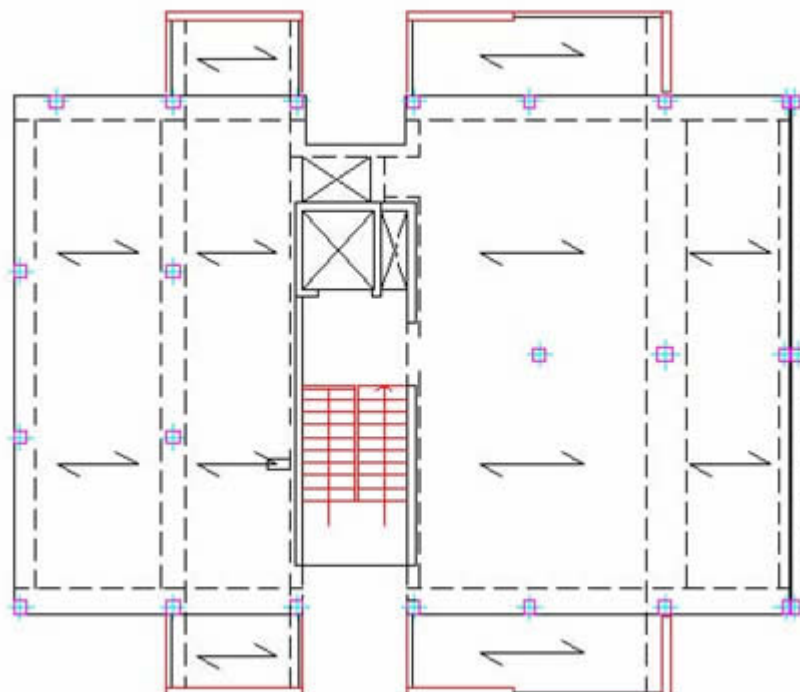


Figura 11. Schema statoco compatibile con il solaio ibrido

3.3. Applicazione n. 3 – Prematuro utilizzo del solaio

L'ipotesi che sta alla base del calcolo del solaio è la conservazione delle sezioni piane. Questo avviene solamente se viene consentito al calcestruzzo di maturare per aderire al traliccio. Nella pratica di cantiere, un giorno avviene il getto ed il giorno successivo iniziano le lavorazioni sul solaio (normalmente puntellato). Se si intende utilizzare il solaio

già dei primi giorni è necessario rinunciare all'autoportanza, in quanto le oscillazioni dovute al calpestio (ed in alcuni casi all'utilizzo del solaio come deposito di materiale per la successiva costruzione) distrugge l'interfaccia cls-acciaio, ipotesi alla base del calcolo. Appare pertanto necessario informare tutti gli utilizzatori, progettisti e Direttori dei Lavori circa le caratteristiche di questo solaio, affinché un utilizzo "distratto" non pregiudichi, e senza possibilità di rimedio, le caratteristiche statiche della struttura ibrida.

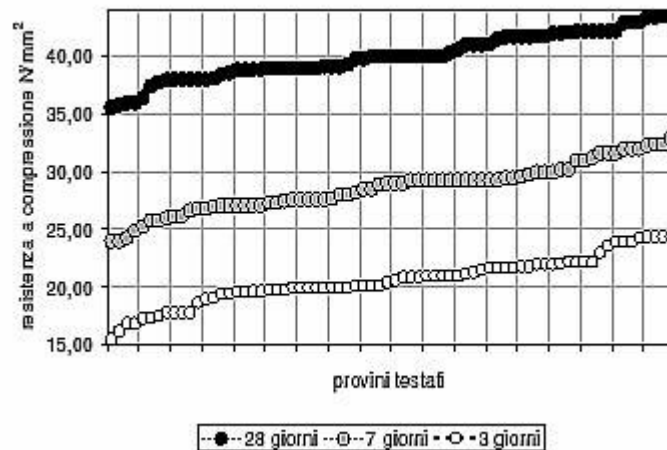


Figura 12. Resistenza a compressione del cls a breve termine

Normalmente si raggiungono resistenze a compressione superiori a 15 Mpa già dopo 3 giorni [4], quando l'aderenza acciaio-calcestruzzo è già in grado di far collaborare tra di loro i materiali, quindi il periodo di "riposo" del solaio non è particolarmente lungo.

4. CONCLUSIONE

I solai a struttura ibrida in EPS-acciaio-calcestruzzo hanno dimostrato di poter dare soluzioni a parecchie esigenze del mercato delle costruzioni, in particolar modo nelle ristrutturazioni, ma si rendono appetibili anche nel confronto con i sistemi tradizionali. La semplicità d'uso, la leggerezza, l'autoportanza, una ridotta richiesta di armature aggiuntive (tutti elementi che incrementano la produttività), la coibenza termica, sono tutti fattori che ripagano del maggior costo iniziale, pareggiando i conti per l'impresa, ma lasciando nella struttura un quantitativo d'armatura superiore accompagnato da una massa eccitabile minore.

La consapevolezza che non può essere utilizzato in tutte le situazioni (zone a momento negativo) e che in cantiere non può essere "smembrato" a piacere deve essere ben presente in chi lo utilizza e lo prescrive e ne sovrintende la posa in opera.

Ai risultati positivi nelle realizzazioni stanno seguendo ulteriori indagini sperimentali per confermare i risultati, affinché si trovi un più ampio consenso nella comunità dei tecnici.

5. BIBLIOGRAFIA

[1] **Barbisan U., Russo S., Siviero E.**: Progettare e costruire con il polistirene espanso ad alta densità, Atti del XII Congresso C.T.E., Padova 1998.

[2] **Cosenza E., Pecce M.**: Le costruzioni composte acciaio-calcestruzzo: Le nuove istruzioni CNR-10016; Settimana della Costruzione in Acciaio, XVII Congresso C.T.A., Napoli 1999; Volume 2 p.207.

[3] **Bernuzzi C., Nusier L.**: Sul dimensionamento di solette composte in acciaio e calcestruzzo; ACS ACAI SERVIZI, XX Congresso C.T.A., Ischia 2005; p.65.

[4] **De Nicolo B., Odoni Z., Pani L.**: Previsione a tempi brevi della resistenza standard a compressione, www.buildup.it

[5] **Siviero E.**, "Determinazione anticipata della resistenza del calcestruzzo", Atti del Seminario Sperimentazione su strutture, Attualità ed Affidabilità delle metodologie d'indagine, Venezia, 1993.

[6] Siviero E., Sirinic B., "Prove accelerate per la determinazione della resistenza di calcestruzzi additivati con superfluidificanti", Atti del Congresso CTE, Arezzo, 5-7 novembre 1992.

[7] Siviero E., Marasciulo P., "Resistenza del calcestruzzo a poche ore dal getto e correlazione con prove a 28 giorni dal getto", L'Edilizia, 4, 1990.

[8] Siviero E., Martinello S., Marasciulo P., Equestri C., "Valutazione della resistenza del calcestruzzo a 28 giorni mediante prove a poche ore dal getto. Indagine teorico-sperimentale", Atti del Congresso CTE, Venezia, 4-6 novembre 1988.

Contatti con gli autori:

Pierantonio Barizza: marco@iperv.it

Enzo Siviero: enzo.siviero@progeest.com