



**CERCATO & ASSOCIATI S.R.L.**  
ingegneria e consulenze tecniche

**SEDI: Venezia-Mestre**  
30174 Via Torre Belfredo 73  
Tel. + 39 041 2383511 - Fax. + 39 041 2383555  
e-mail [venezia@cercatoeassociati.com](mailto:venezia@cercatoeassociati.com)

**Milano**  
20129 Via Archimede 57  
Tel. + 39 02 70006723 - Fax. + 39 02 717584  
e-mail [milano@cercatoeassociati.com](mailto:milano@cercatoeassociati.com)

**Padova**  
35129 Via Longhin 121/19  
Tel. + 39 049 9815750 - Fax. + 39 049 9815753  
e-mail [padova@cercatoeassociati.com](mailto:padova@cercatoeassociati.com)

# Capannone Industriale

## Problematiche di appoggi di lastre di solaio su trave prefabbricata precompressa



**CERCATO & ASSOCIATI S.R.L.**  
ingegneria e consulenze tecniche

**SEDI: Venezia-Mestre**  
30174 Via Torre Belfredo 73  
Tel. + 39 041 2383511 - Fax. + 39 041 2383555  
e-mail [venezia@cercatoeassociati.com](mailto:venezia@cercatoeassociati.com)

**Milano**  
20129 Via Archimede 57  
Tel. + 39 02 70006723 - Fax. + 39 02 717584  
e-mail [milano@cercatoeassociati.com](mailto:milano@cercatoeassociati.com)

**Padova**  
35129 Via Longhin 121/19  
Tel. + 39 049 9815750 - Fax. + 39 049 9815753  
e-mail [padova@cercatoeassociati.com](mailto:padova@cercatoeassociati.com)

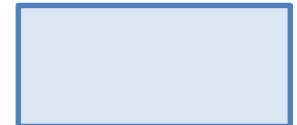
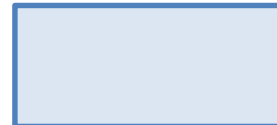
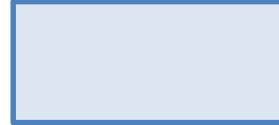
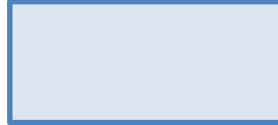
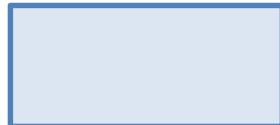
È costituito da 4 corpi di fabbrica.

La lunghezza di ognuno dei fabbricati è di 192,0 metri e larghezza di 72,0 metri.

L'altezza massima è di 8,2 metri all'estradosso del solaio di copertura.

La struttura portante è, in parte, in conglomerato cementizio armato ordinario (fondazioni) e, in parte, in cemento prefabbricato precompresso (pilastri, travi).

Dati  
generali



# Elementi indipendenti

Le fondazioni sono costituite da plinti gettati in opera con bicchiere e con cordoli di collegamento.

Ciascun corpo di fabbricato, che alloggia 5 box ciascuno, è staticamente indipendente.

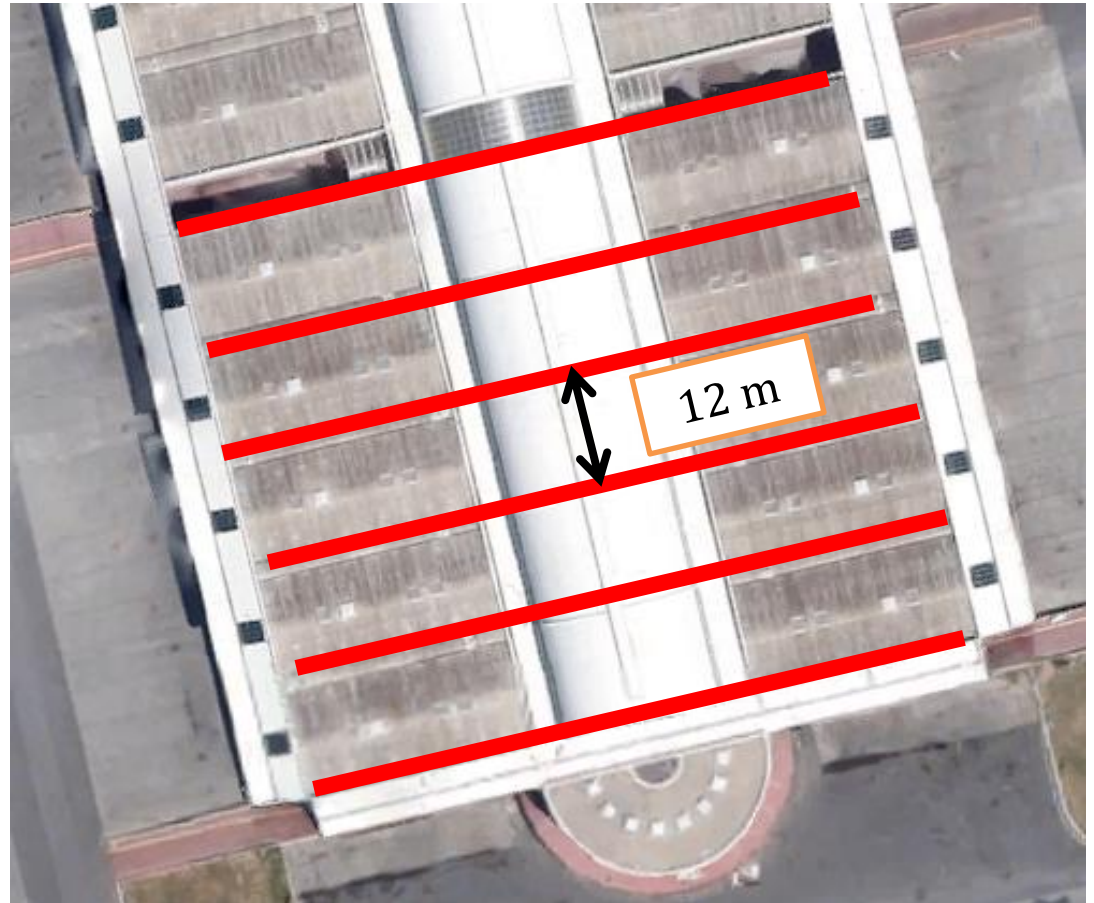


Struttura

# Disposizione travi

La struttura dei corpi di fabbrica è costituita da 6 portali con interasse di 12 metri e altezza di 6,7 metri.

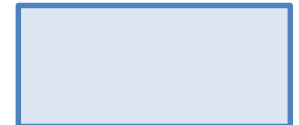
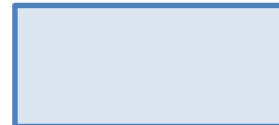
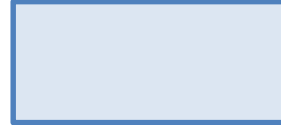
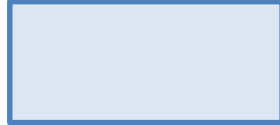
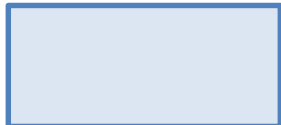
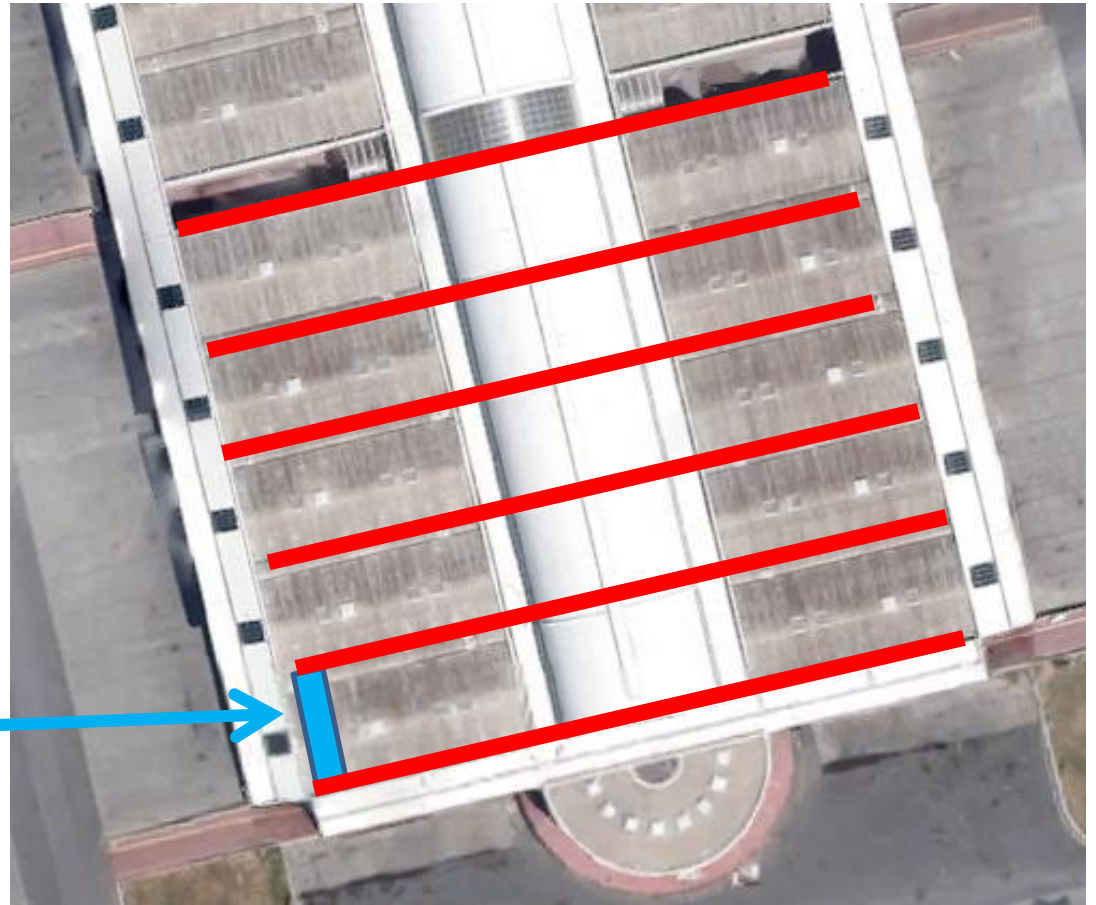
Le travi principali di copertura sono a «V» imbullonate ai pilastri sulle forcelle in testa.



Struttura

# Lastre di solaio

Il solaio di copertura è disposto a collegamento dei portali, in senso longitudinale, con lastre, larghe 2,45 m e lunghe 9,65 m nelle campate correnti e 10,65 m in quelle di testata.



# La copertura

La copertura è costituita da lastre di solaio in c.a.p. nervate, appoggiate alle travi in c.a.p., portati dai pilastri.

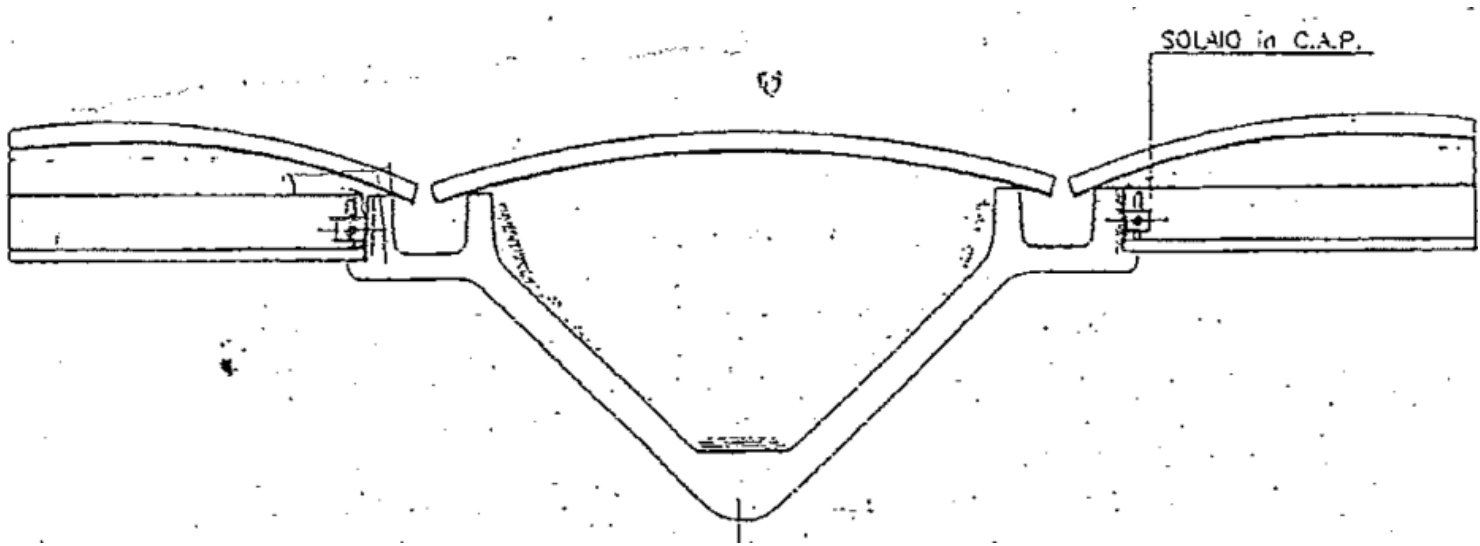
Il manto di copertura è costituito da lastre e cupolini, fissati all'estradosso dei tegoli e dei solai.



Copertura

# Analisi dell'appoggio

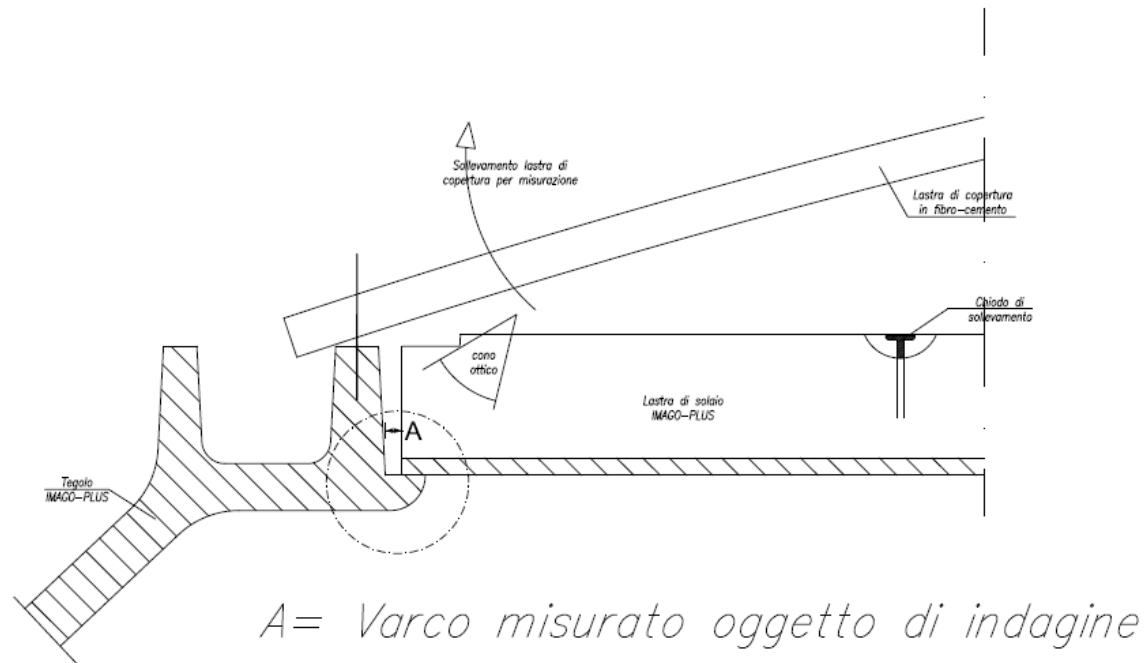
La stabilità della lastra dipende dalla profondità dell'appoggio sull'ala della trave.



Copertura

# L'appoggio della lastra

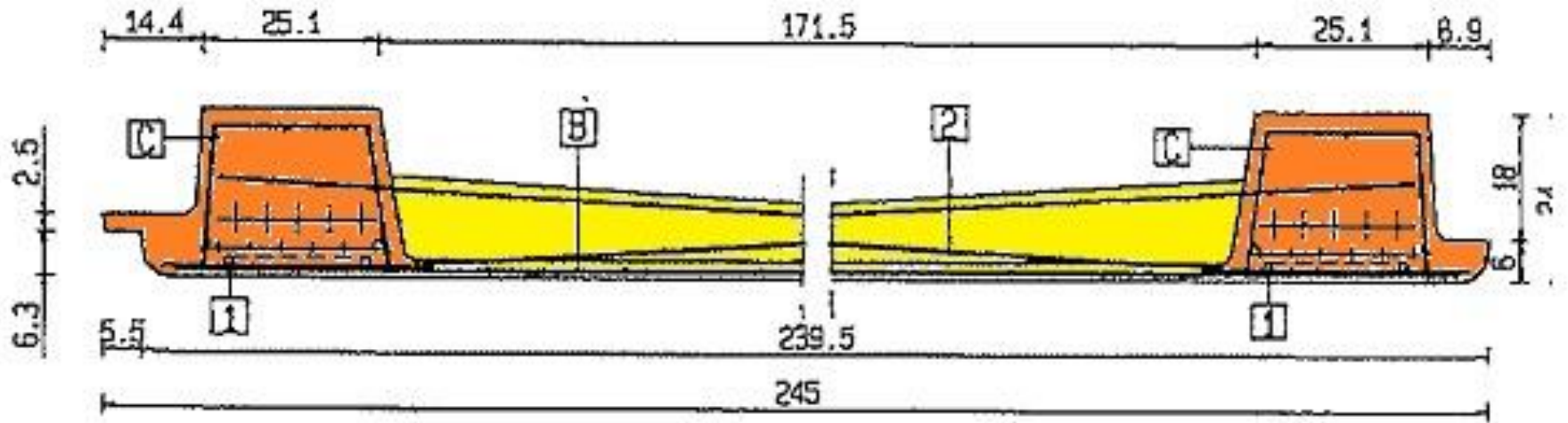
L'appoggio delle lastre del solaio avviene senza elemento di transizione direttamente sull'ala della trave principale (appoggio diretto cemento su cemento), a sua volta disposta in semplice appoggio sui pilastri dell'edificio.



Copertura

# La lastra

La lastra del solaio è caratterizzata da due nervature longitudinali (in arancione nel grafico sottostante) punti nei quali si concentra il peso della lastra, che grava sui sottostanti appoggi.



Rappresentazione della sezione trasversale della lastra

Copertura

# Problematica

E' stata riscontrata una lesione con espulsione di cls dell'ala della trave.

**Si tratta della rottura del copriferro dell'appoggio a mensola della trave.**



Tali lesioni sono state rilevate in prossimità dei ringrossi della lastra di solaio.



# Dettaglio dell'aletta espulsa

**Sezione più sollecitata?**

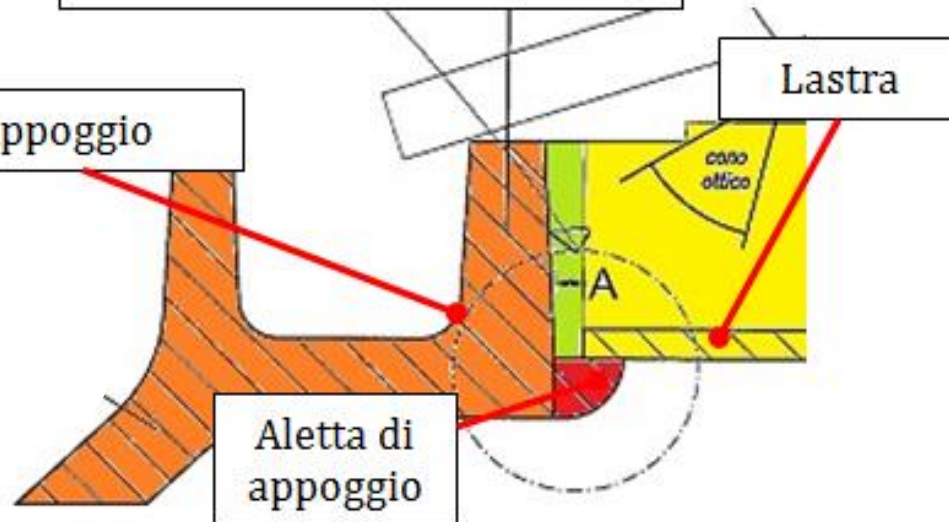
Varco misurato per determinare la profondità di appoggio

Dettaglio dell'appoggio

Lastra

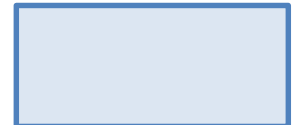
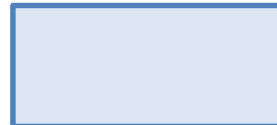
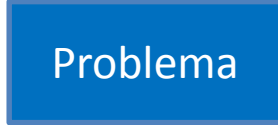
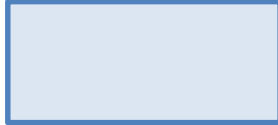
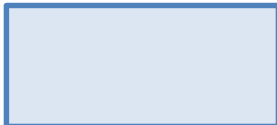
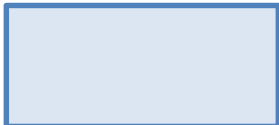
**Distribuzione delle tensioni?**

Aletta di appoggio



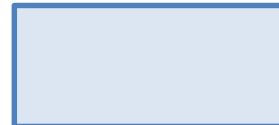
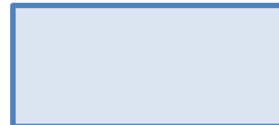
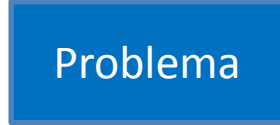
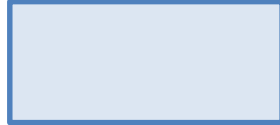
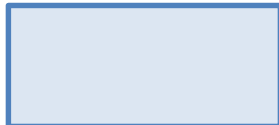
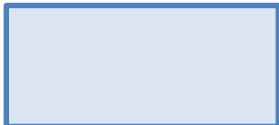
Problema

# Copriferro distaccato



# Analisi dell'appoggio

E' stata quindi eseguita un'ampia campagna di indagini per analizzare la struttura di copertura ed individuare la profondità degli appoggi delle lastre.



# Analisi dei varchi

Gli esiti delle indagini hanno evidenziato che **molte delle lastre (n. 1020 su 1200) costituenti il solaio di copertura, risultano non conformi alla normativa relativa alle opere prefabbricate** (D.M. LL.PP. 3 dicembre 1987) che, per elementi di solaio e simili, prevede una profondità di appoggio di almeno 5 cm.

In particolare:

- 995 lastre presentano un appoggio inferiore (per uno o entrambi i lati) a 5 cm e superiore a 3 cm, non rispettando la normativa;
- 25 lastre poggiano per meno di 3 cm, non rispettando la normativa;
- in 5 casi l'appoggio risulta inferiore ai 2 cm ed è stata accertata la rottura dell'ala di appoggio della trave.



# Nostre considerazioni

A seguito di campagne di indagini e misurazioni di quote di travi e pilatri, non sono emersi spostamenti o cedimenti della struttura. Esclusione di cause esterne.

Alla luce di varie modellazioni dell'appoggio dell'ala della trave, risulta che la vulnerabilità dell'appoggio riguarda solamente i casi in cui esso risulta inferiore o uguale ai 3 cm; in tale circostanza si innesca la rottura del copriferro.

Ma perché la rottura non è avvenuta subito?

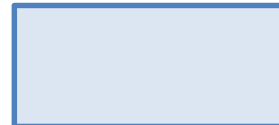
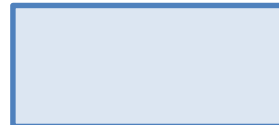
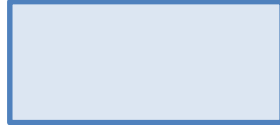
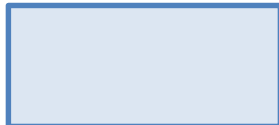
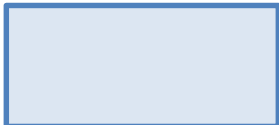
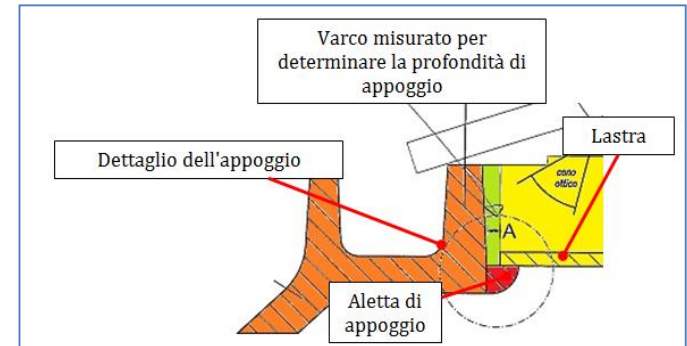


# Nostre considerazioni

La posizione della lastra determina l'entità dello sforzo che verrà assorbito dall'ala della trave (comportamento a mensola). Più la lastra è staccata, più il momento flettente dell'aletta sarà maggiore. Se una struttura è sollecitata con una tensione che supera la resistenza, come ogni altro materiale, si fessura.

Microfessurazioni possono essere aggravate da:

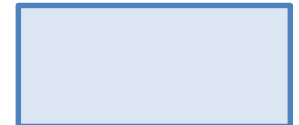
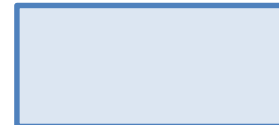
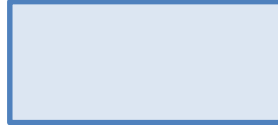
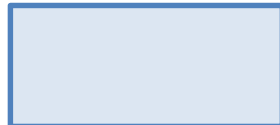
- Cicli stagionali
- Corrosione
- Attacco chimico



# Nostre considerazioni

La fessurazione insidia la durabilità.

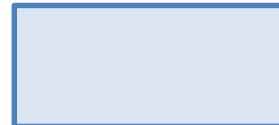
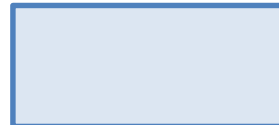
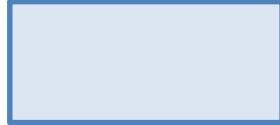
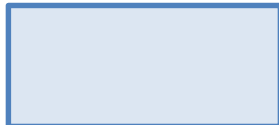
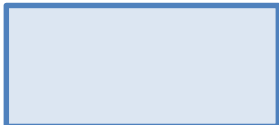
Proprio per questo il calcestruzzo è rinforzato con i ferri di armatura che sopperiscono alle intrinseche deficienze strutturali del conglomerato. In questo caso i ferri di armatura sono disposti perpendicolarmente rispetto alla distribuzione delle tensioni, dunque non possono trasmettere il carico.



# Cause

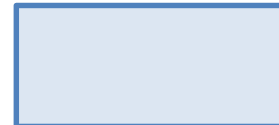
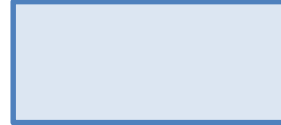
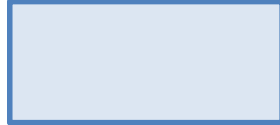
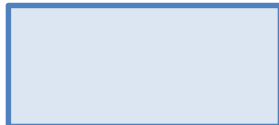
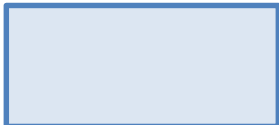
Le cause della ridotta profondità dell'appoggio paiono individuabili in un errore costruttivo originario:

- Aletta della trave non sufficientemente profonda
- Aletta della trave non sufficientemente armata
- lastre troppo corte e mal posizionate
- Tolleranze costruttive stringenti



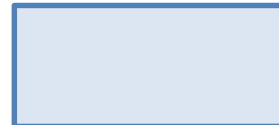
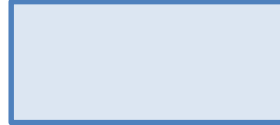
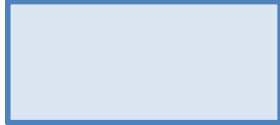
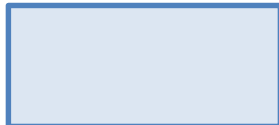
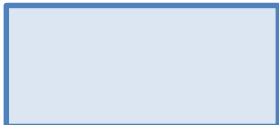
# Interventi di ripristino

A seguito delle rotture sono state realizzate puntellazioni per consentire la realizzazione degli interventi di ripristino.



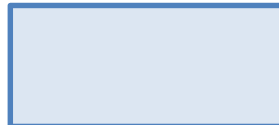
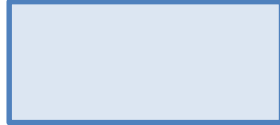
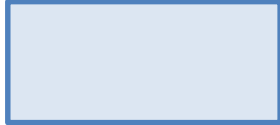
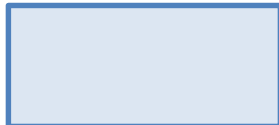
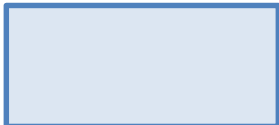
# Interventi di ripristino

L'intervento di ripristino più economico, individuato al fine di risolvere la problematica emersa, consiste nella fornitura e posa di un profilato in acciaio (UPN 240) ed un sistema di ancoraggio con piastre al fine di vincolare le lastre con la trave tegolo.



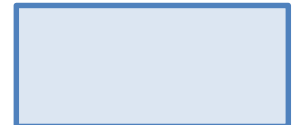
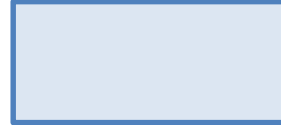
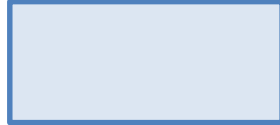
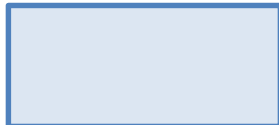
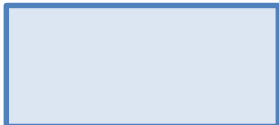
# Interventi di ripristino

Fissaggio dei profilati in acciaio (UPN 240) sull'estradosso della lastra, in corrispondenza della nervatura



# Interventi di ripristino

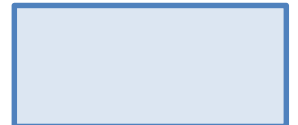
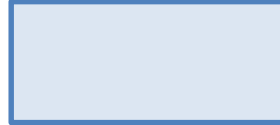
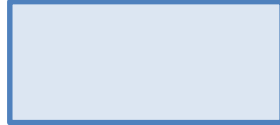
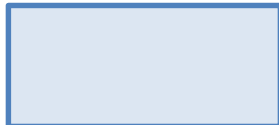
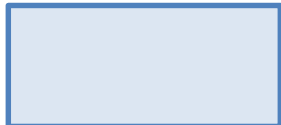
Vista dall'interno del box, sull'intradosso della lastra



## Sui costi degli interventi

Il costo dell'intervento di ripristino sulle 5 lastre, ove è stato riscontrato il danno materiale, ammonta a circa **€ 14.450,00** per lastra.

Qualora l'intervento dovesse essere esteso alle 1020 lastre con un appoggio inferiore di 5 cm, il costo ammonterebbe a circa **€ 1.800.000,00.**



Grazie della Vostra attenzione