



FABRE – Consorzio di ricerca per la valutazione di ponti viadotti e altre strutture

Ponti, viadotti e gallerie esistenti: ricerca, innovazione e applicazioni

2- 4 Febbraio 2022, Lucca



Meccanismi di crisi locale di impalcati esistenti a sezione composta acciaio-calcestruzzo

Riccardo Martini¹, Sandro Carbonari¹, Fabrizio Gara¹, Andrea Dall'Asta²

¹DICEA – Università Politecnica delle Marche

²SAAD – Università di Camerino



I ponti a sezione mista acciaio – calcestruzzo rappresentano una soluzione strutturale molto diffusa per opere di modeste luci grazie alla loro efficienza ed economicità.

Le tipologie maggiormente impiegate e più diffuse nel nostro paese sono il **bitrave** con traversi reticolari o ad anima piena (collaboranti e non con la soletta) e il **cassone** anch'esso con diaframmi reticolari o pieni.



Ponte Margherita sul fiume Volturno, Alvignano (CE).



Viadotto Serra Cazzola, Castrofilippo (AG).

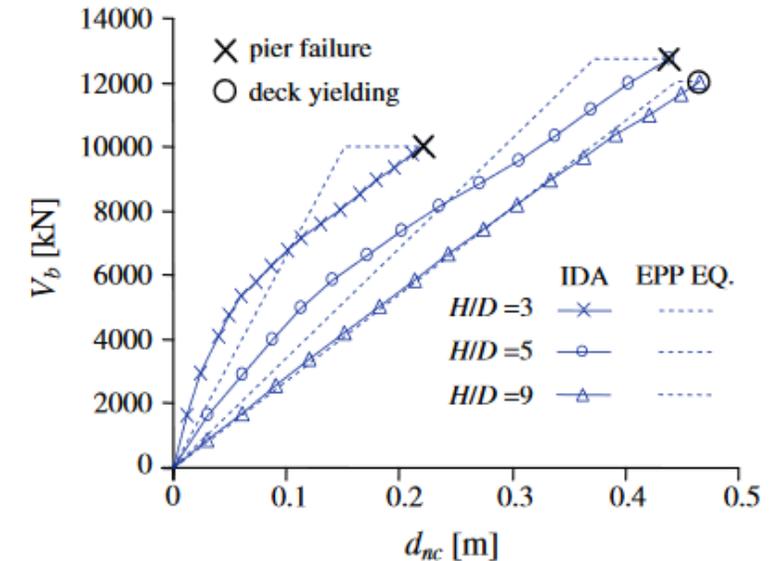
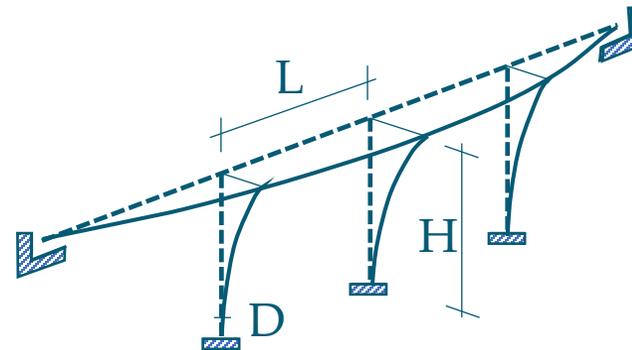


Ponte sul fiume Aniene, Tivoli (RM).

La progettazione sismica sfrutta le capacità dissipative delle pile o di idonei sistemi di protezione passiva, mentre l'impalcato deve rimanere in **campo sostanzialmente elastico**.

In opere con vincoli trasversali su spalle e pile (*dual load path*), la risposta alle azioni sismiche trasversali dipende dal (Calvi,2004; Tubaldi et al., 2010):

- Meccanismo **Inelastico** delle pile
- Meccanismo **Elastico** dell'impalcato



In letteratura è noto il caso di ponti con pile snelle ($H/D > 9$), dove la crisi interessa l'impalcato:



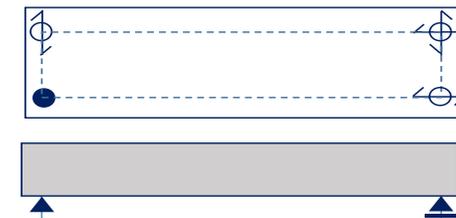
Attenzione alle verifiche sezionali dell'impalcato e ai **meccanismi locali di trasferimento** delle forze inerziali dalla soletta agli appoggi

Nella letteratura americana e giapponese a seguito di eventi sismici significativi (Northridge, Kobe, ...) sono state individuate le componenti più critiche di sovrastrutture e appoggi:

- **Instabilità locali** di elementi orizzontali (traversi di testata)
- **Instabilità/rottura della connessione** (traverso-anima)
- **Espulsione del calcestruzzo** sulle connessione (scorrimento relativo soletta-flangia)
- **Rottura degli ancoraggi** (appoggi)
- **Eccessivo scorrimenti laterali** (appoggi) ed **eccessiva flessione laterale** (travi)
- **Rottura degli appoggi**



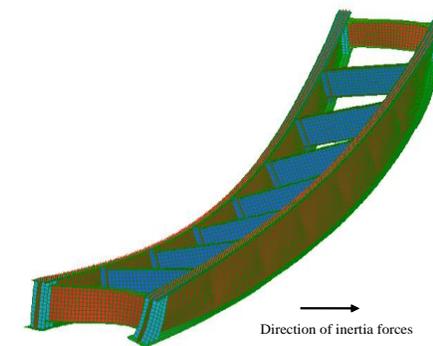
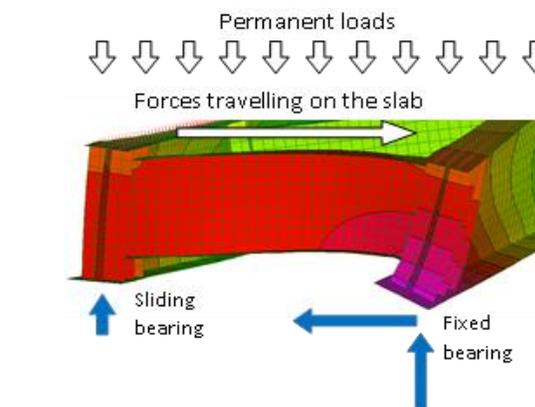
Considerando il semplice caso di **ponte appoggiato** con schema di appoggio tale da consentire le dilatazioni termiche, studiamo il meccanismo di trasferimento delle forze inerziali.



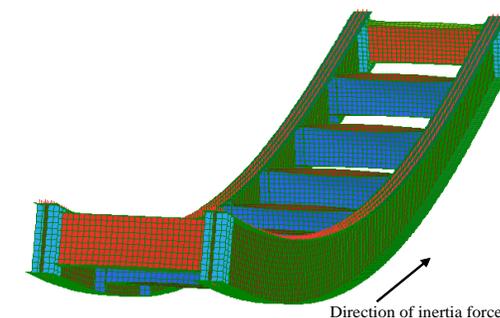
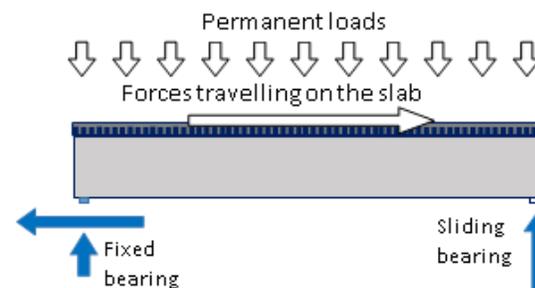
Le forze inerziali, principalmente agenti al livello della soletta, devono migrare verso i dispositivi di appoggio fissi coinvolgendo:

- Connessione a taglio
- Travi
- Traversi

SISMA
TRASVERSALE



SISMA
LONGITUDINALE



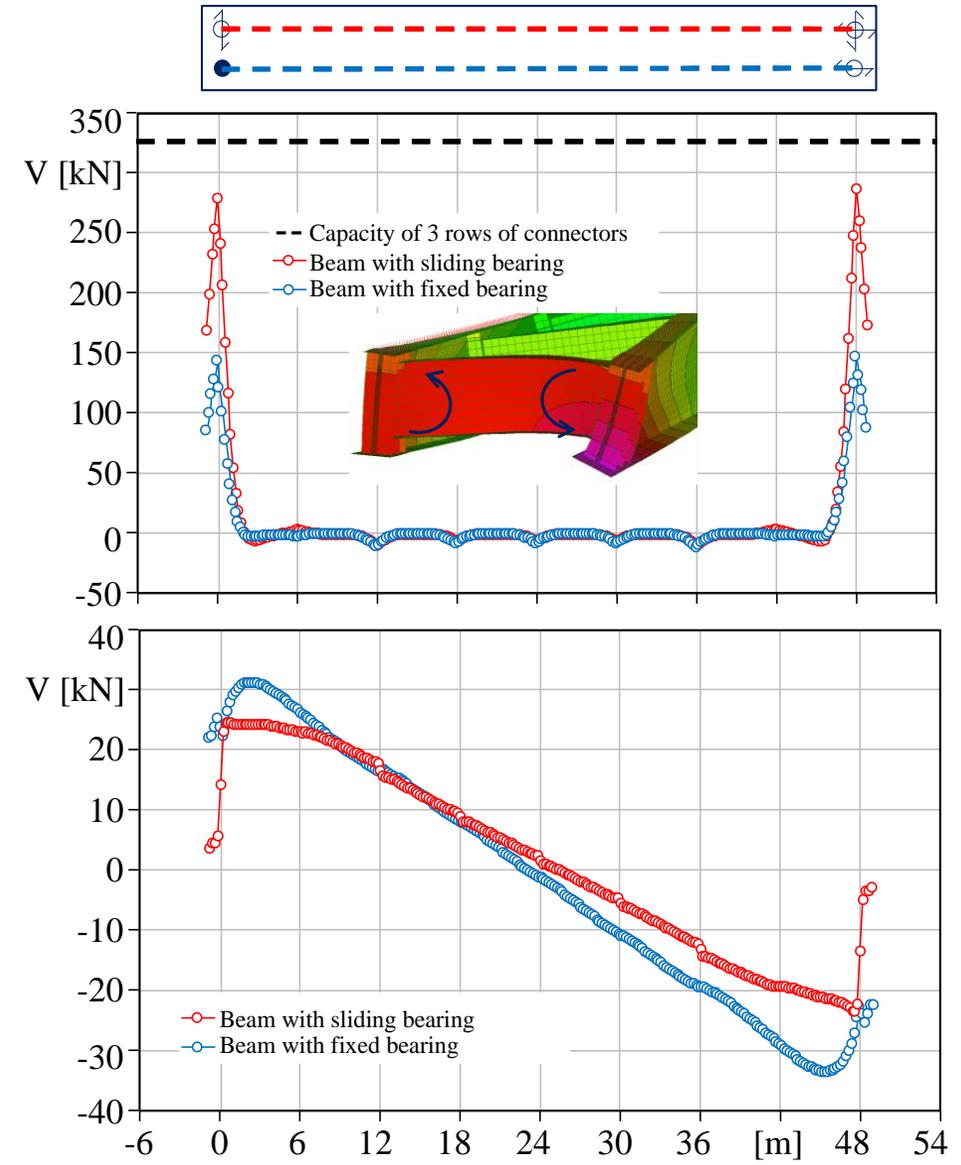
È stata studiata la **connessione** più comune con pioli (tipo Nelson) e valutata la distribuzione delle forze di taglio sulla connessione adottando una modellazione non lineare (*Ollgaard*).

Sisma Trasversale

- Sforzi di taglio trasversali non simmetrici (richiamo elastico traverso)
- Sforzi di taglio trasversali viaggiano principalmente sulla soletta (elevata rigidezza) → **connessioni interessate solo agli appoggi**
- Sforzi di taglio longitudinali (biflessione)

Sisma Longitudinale

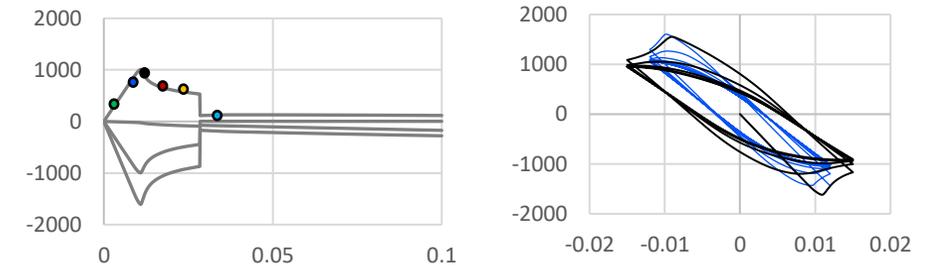
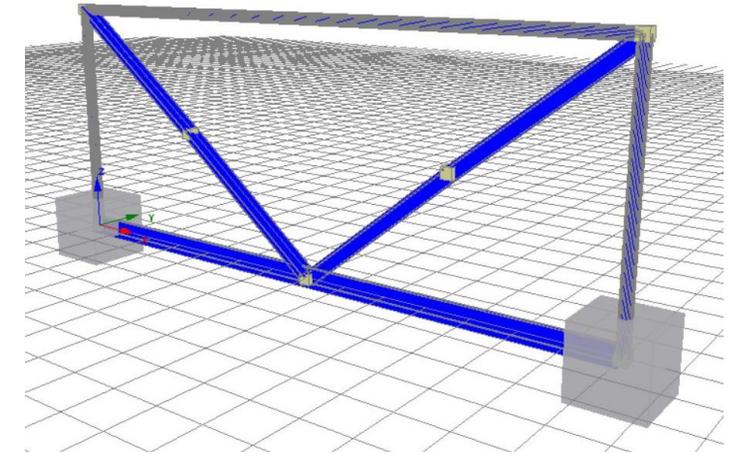
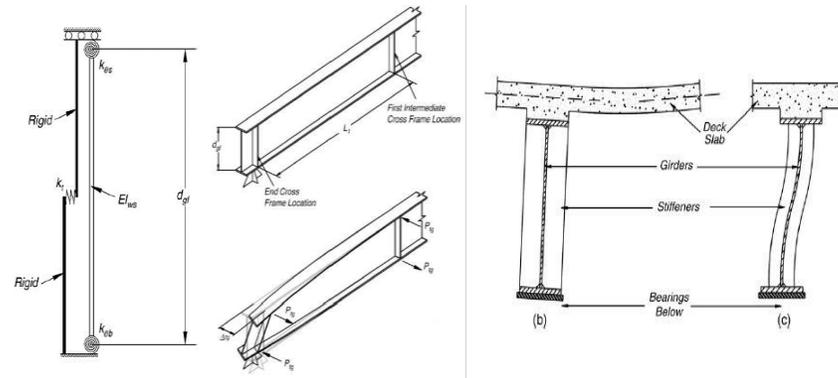
- Sforzi di taglio longitudinali (flessione impalcato)
- Sforzi di taglio minori trasversali (effetto Poisson)



Il **traverso reticolare** è la soluzione più diffusa nei ponti esistenti.

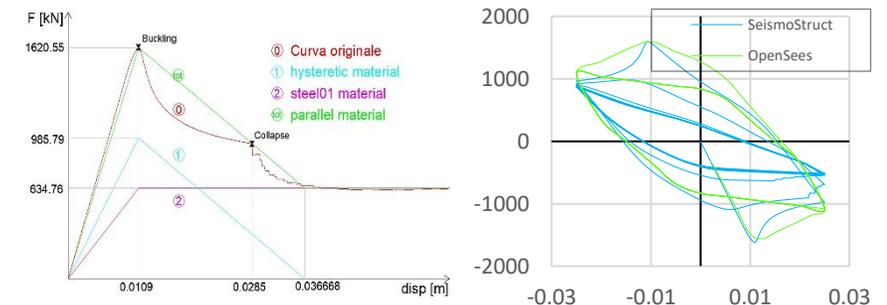
In letteratura (*Carden et al.*) i meccanismi di trasferimento sono stati indagati e dipendono dal contributo in rigidità di:

- Flange
- Pannelli d'anima
- Connessione trave-soletta
- Vincolo d'appoggio



È possibile modellare il traverso tenendo conto di tutti i contributi di rigidità e della non linearità geometrica dell'elemento.

Con analisi non lineari di spinta lineare e ciclica è possibile ricavare un legame costitutivo rappresentativo del meccanismo di trasferimento.



Caso in esame

Bitrave con 4 campate

Traversi reticolare su pile e spalle

Diagonali eccentrici invertiti in campata.

Modellazione

Porzione di impalcato sopra gli appoggi fissi posti sulla pila

Modello con elementi *shells* e *beams*.

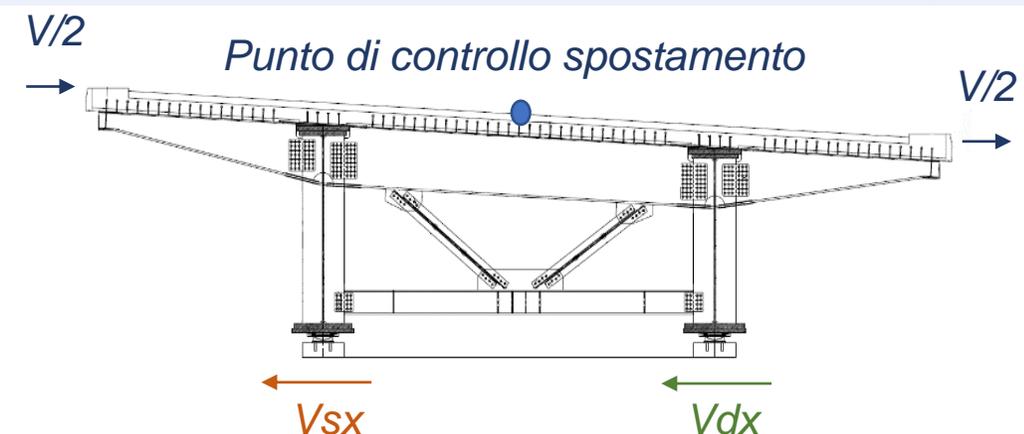
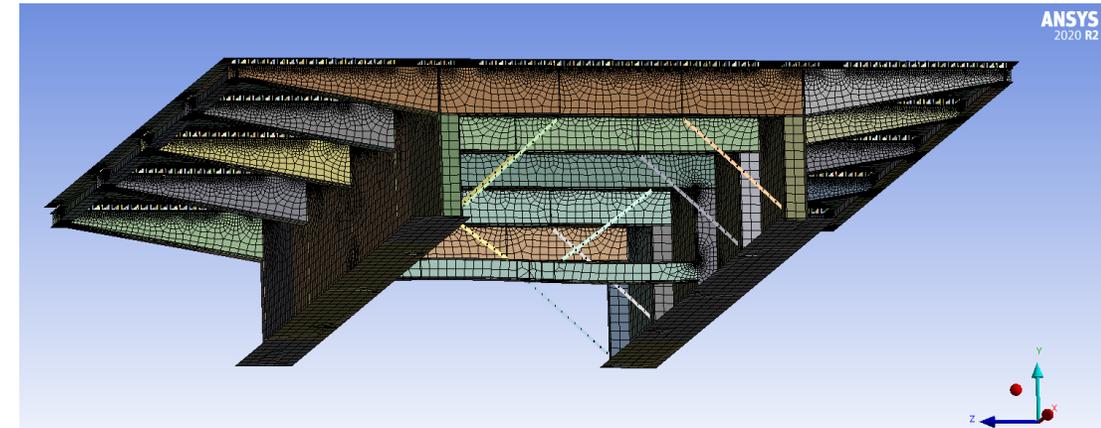
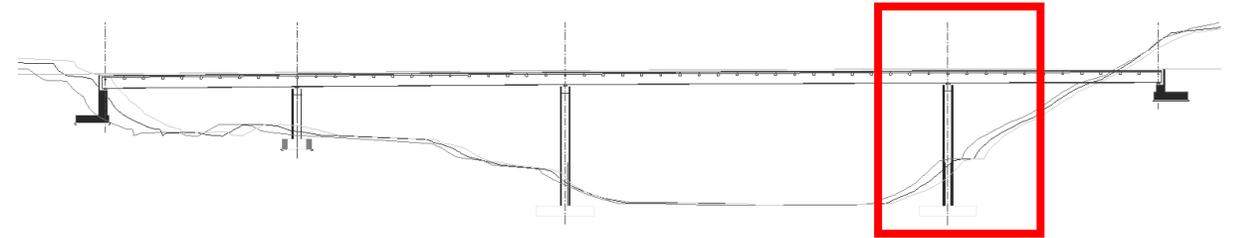
Analisi non lineari

Prove di spinta statica monodirezionale

Punto di controllo posizionato sulla soletta

Lettura delle reazioni di taglio agli appoggi

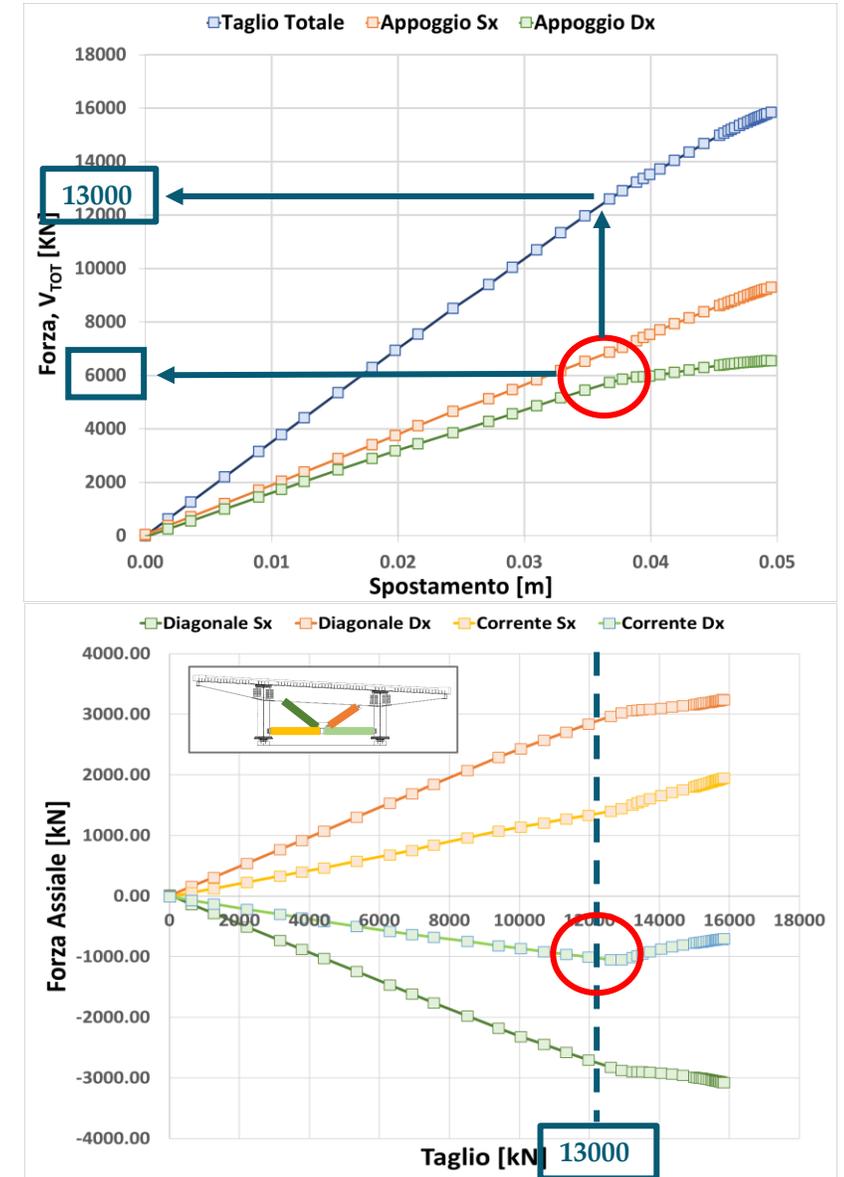
Obiettivo: Verifica sezionale e meccanismi di trasferimento



I risultati delle analisi non lineari di spinta mostrano che:

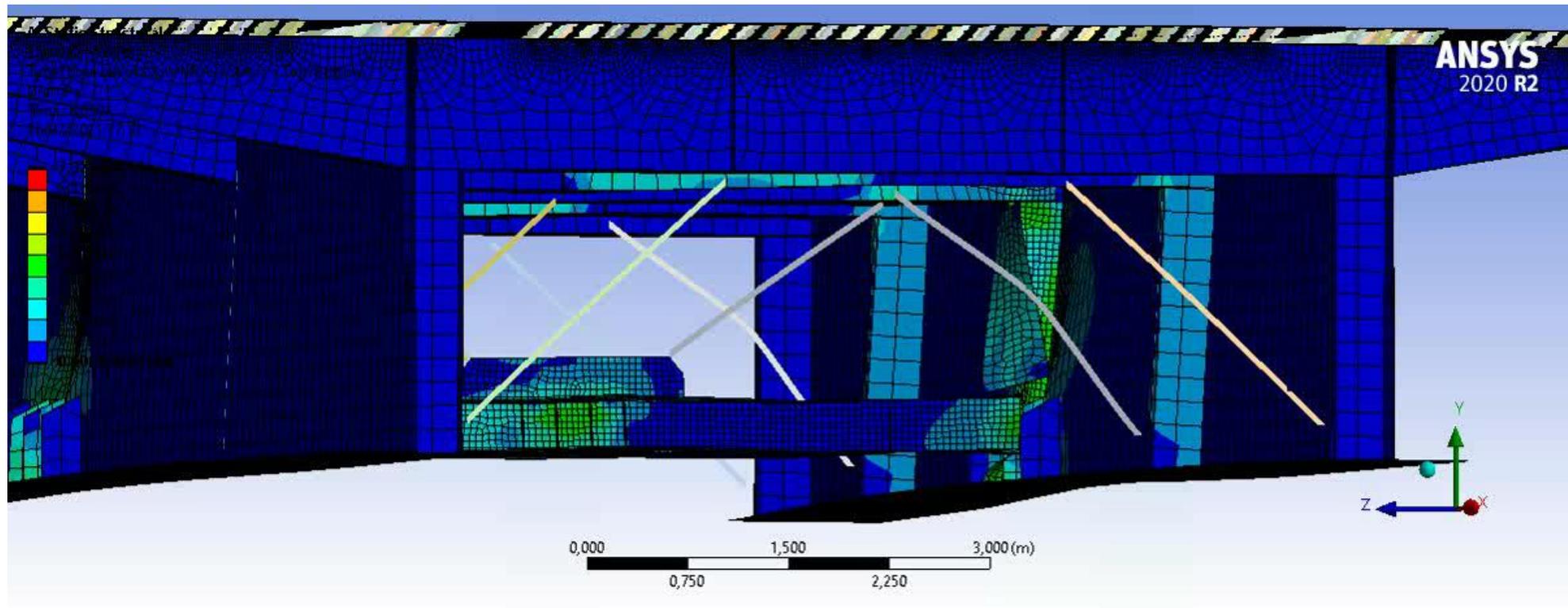
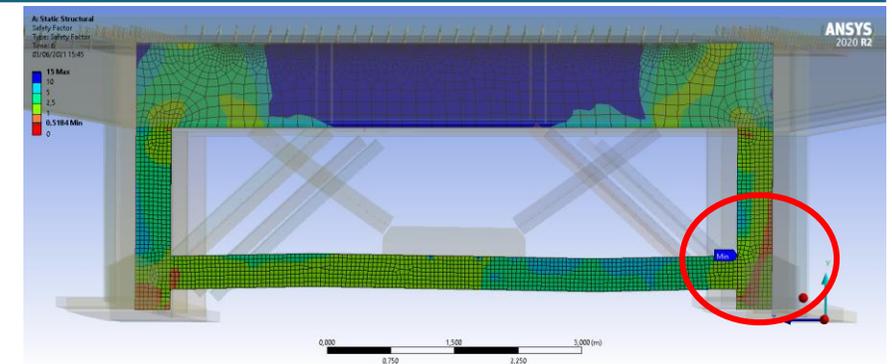
- La risposta registrata agli **appoggi** diventa non lineare raggiunto un taglio di **6000 kN** a cui corrisponde un taglio totale di **13000 kN**.
- Lo sforzo assiale sul corrente inferiore inizia a scendere una volta raggiunto un taglio totale di 13000 kN.
- Il traverso partecipa al meccanismo di trasferimento delle forze inerziali solo per il **17%** del taglio totale.
- Il restante **83%** del taglio è portato agli appoggi attraverso la flessione delle flange.

In questo caso, i diagonali di campata hanno un ruolo primario nel trasferimento delle forze alla componente metallica.



In dettaglio, l'instabilità che coinvolge il corrente inferiore destro è localizzata nell'irrigidimento d'anima ad esso connesso.

La plasticizzazione forma una **cerniera cilindrica** sull'irrigidimento che porta il corrente inferiore a sbandare.



L'analisi dei meccanismi locali è importante per verificare che l'impalcato rimanga in campo sostanzialmente elastico.

Lo studio mostra che:

- Le connessioni coinvolte nel trasferimento delle forze inerziali sono limitate e localizzate in prossimità degli appoggi
- L'effetto di richiamo elastico esercitato dal traverso comporta uno squilibrio sui tagli nelle piolature delle due travi
- I traversi reticolari possono essere interessati direttamente o indirettamente da fenomeni di instabilità
- I meccanismi locali di trasferimento variano caso per caso, anche in modo significativo, a seconda della geometria dell'opera

Per concludere, possiamo affermare che i meccanismi locali di trasferimento delle forze inerziali hanno un ruolo importante nel comportamento globale della struttura e quindi andrebbero opportunamente indagati.



Grazie a tutti per l'attenzione !