

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI MESSINA
DIPARTIMENTO di INGEGNERIA CIVILE



Teoria e Progetto di Ponti

A. Recupero



CONTENUTI e INDICE

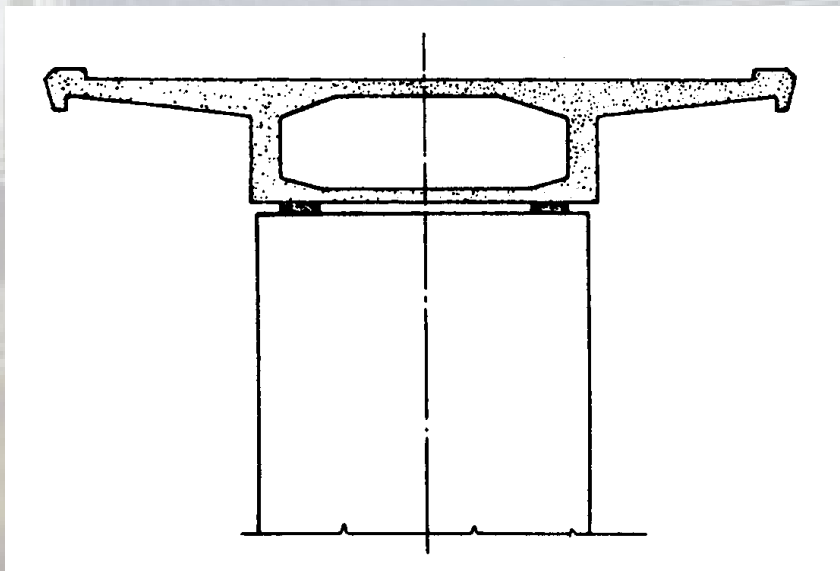
- LA CLASSIFICAZIONE;
- LE AZIONI
- LA NORMATIVA ITALIANA;
- GLI EFFETTI REOLOGICI;
- L'IMPALCATO A GRATICCIO;
- L'IMPALCATO A CASSONE;
- LA PRECOMPRESSIONE ESTERNA;
- LA SISMICA

An aerial photograph of a large cable-stayed bridge spanning a wide body of water. The bridge features two tall, white, A-frame pylons with numerous stay cables. A large cargo ship is visible in the water below the bridge. In the background, a city skyline is visible across the water. The sky is overcast with soft clouds.

L'IMPALCATO A CASSONE

L'IMPALCATO A CASSONE

- In questa lezione ci si occuperà di impalcati a cassone sostanzialmente in c.a.p. che per loro natura sono la tipologia più diffusa.

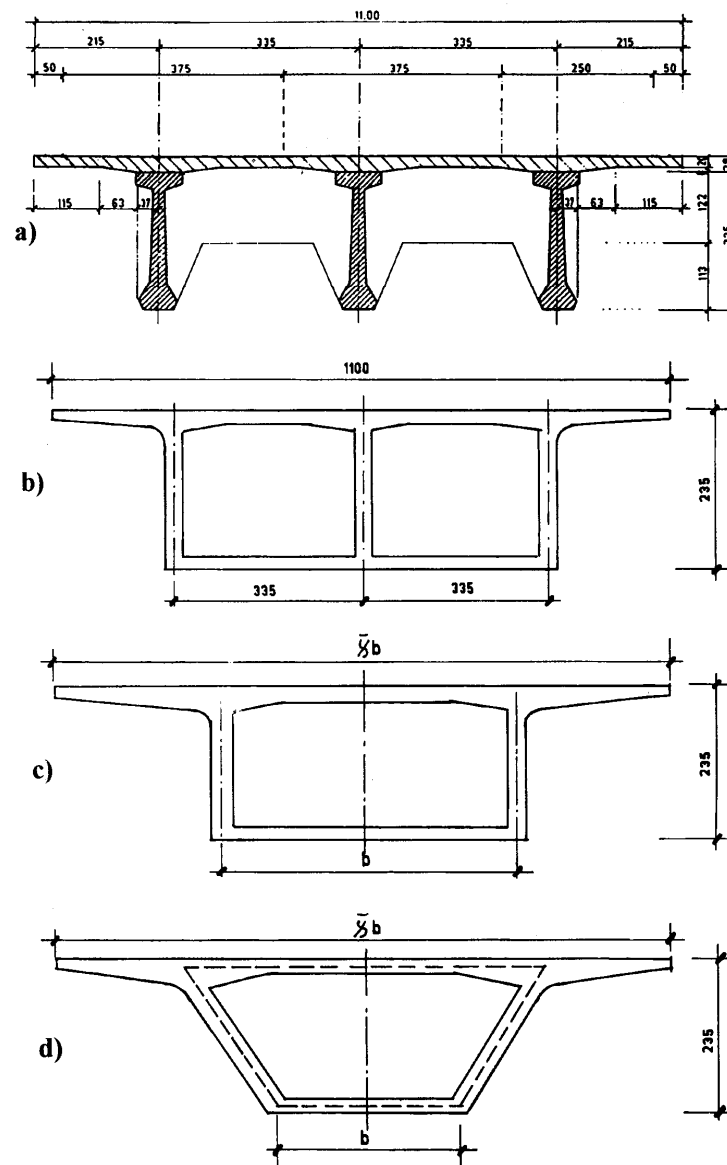


L'IMPALCATO A CASSONE

- Sono caratterizzati da impalcati costituiti da piastre piane collegate tra loro in modo da formare una o più sezioni scatolari chiuse
- Lo spessore delle piastre è piccolo rispetto alle dimensioni della sezione trasversale dell'impalcato (la quale può, quindi, essere rappresentata mediante una linea che indica il piano medio delle pareti)

L'IMPALCATO A CASSONE

Trasformazione: dal
ponte a travata a
quello a cassone



L'IMPALCATO A CASSONE

Tipologie

- Si possono avere ponti con impalcato costituito da:
 1. un solo cassone unicellulare



a'

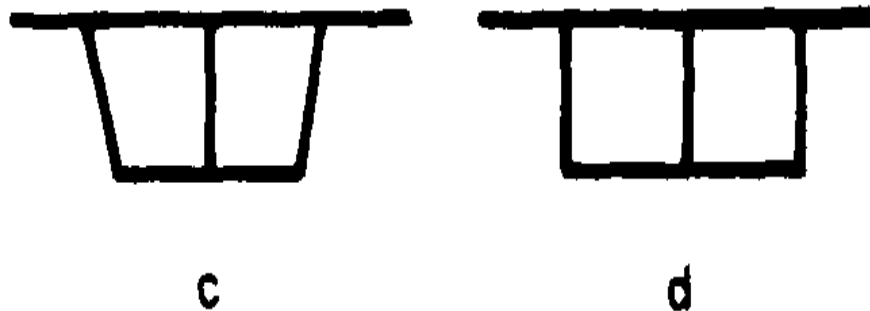


b

L'IMPALCATO A CASSONE

Tipologie

- Si possono avere ponti con impalcato costituito da:
2. un solo cassone pluricellulare



L'IMPALCATO A CASSONE

Tipologie

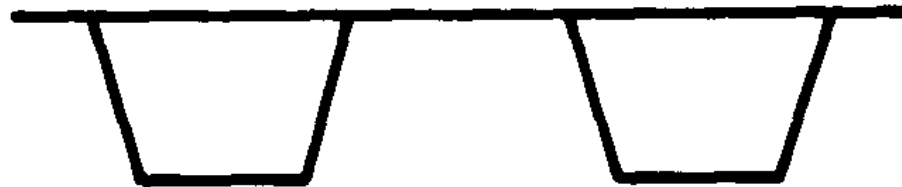
- Si possono avere ponti con impalcato costituito da:
3a. più cassoni unicellulari interconnessi con traversi



L'IMPALCATO A CASSONE

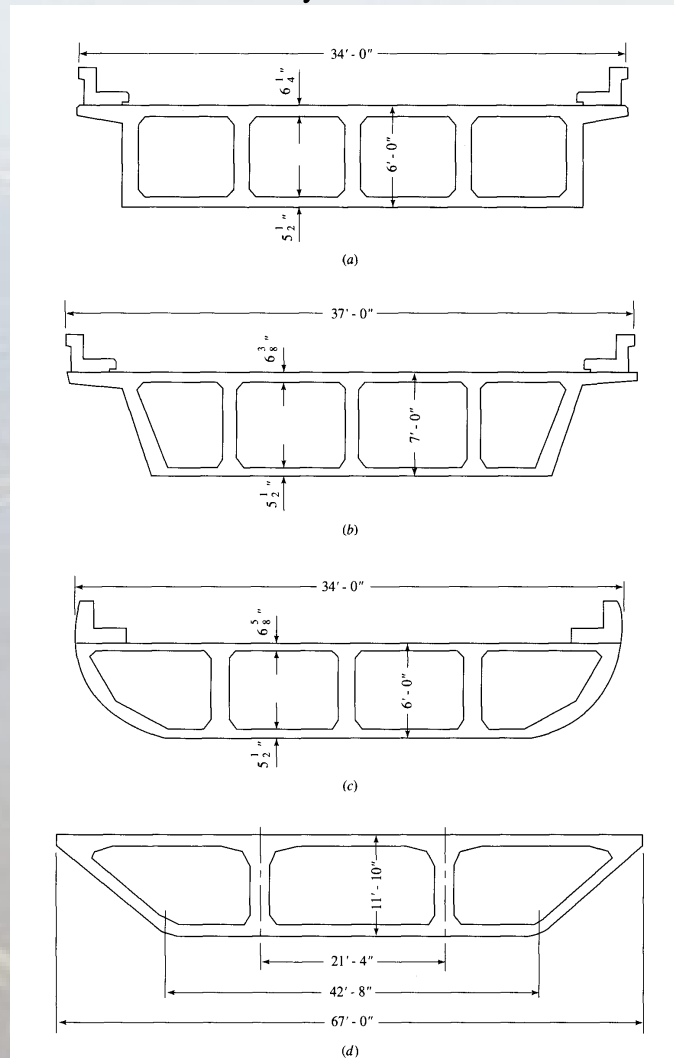
Tipologie

- Si possono avere ponti con impalcato costituito da:
3b. più cassoni unicellulari interconnessi solo con soletta



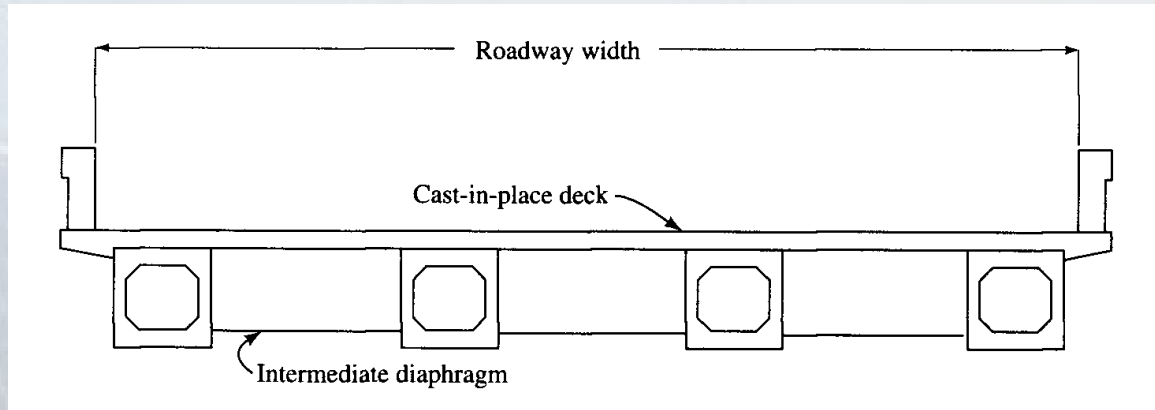
L'IMPALCATO A CASSONE

Diverse configurazioni di ponti a cassone pluricellulari

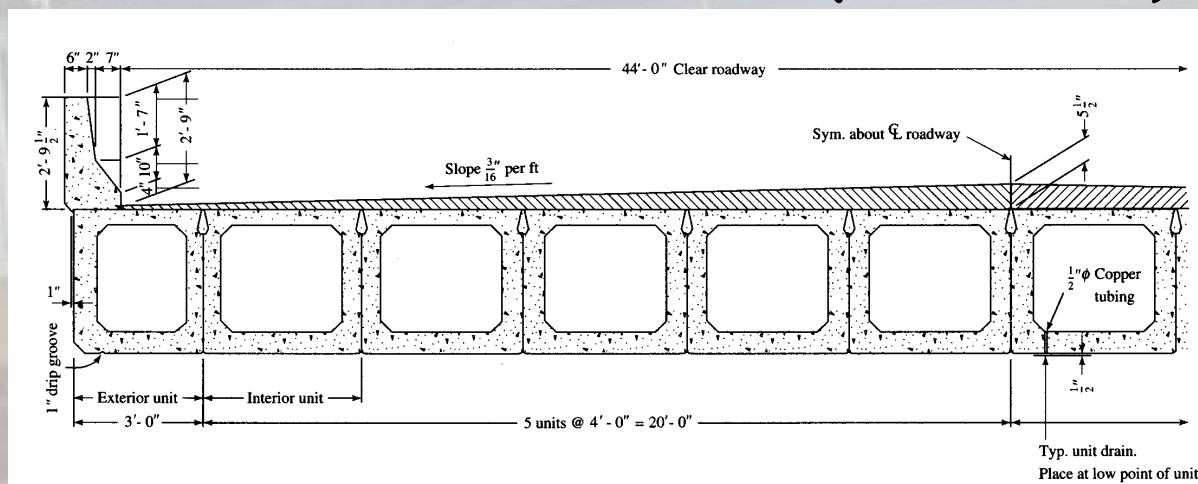


L'IMPALCATO A CASSONE

Cassone unicellulari interconnessi con traversi



Sezione pluricellulare costituita dall'accostamento di più cassoni monocellulari (multibeam)



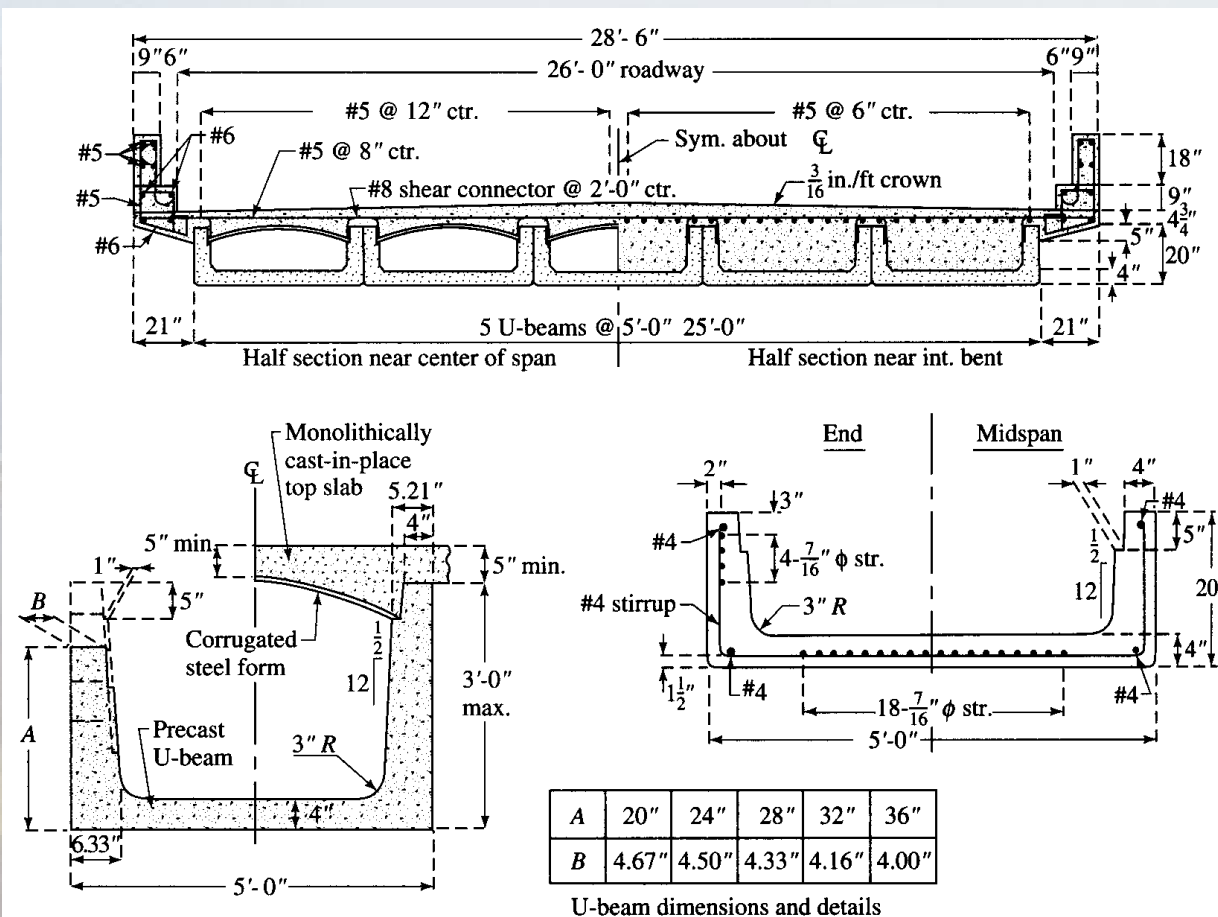
L'IMPALCATO A CASSONE

Cassone unicellulari interconnessi con traversi



L'IMPALCATO A CASSONE

Ponti a cassone realizzati con elementi prefabbricati ad U accostati e soletta superiore gettata in opera



L'IMPALCATO A CASSONE

Ponti a cassone realizzati con elementi prefabbricati ad U accostati e soletta superiore gettata in opera

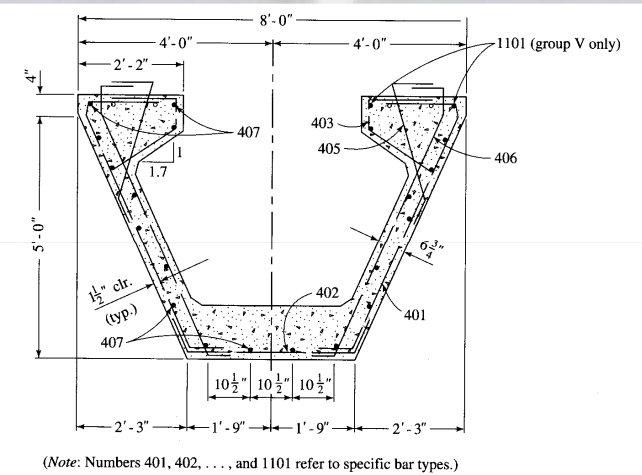
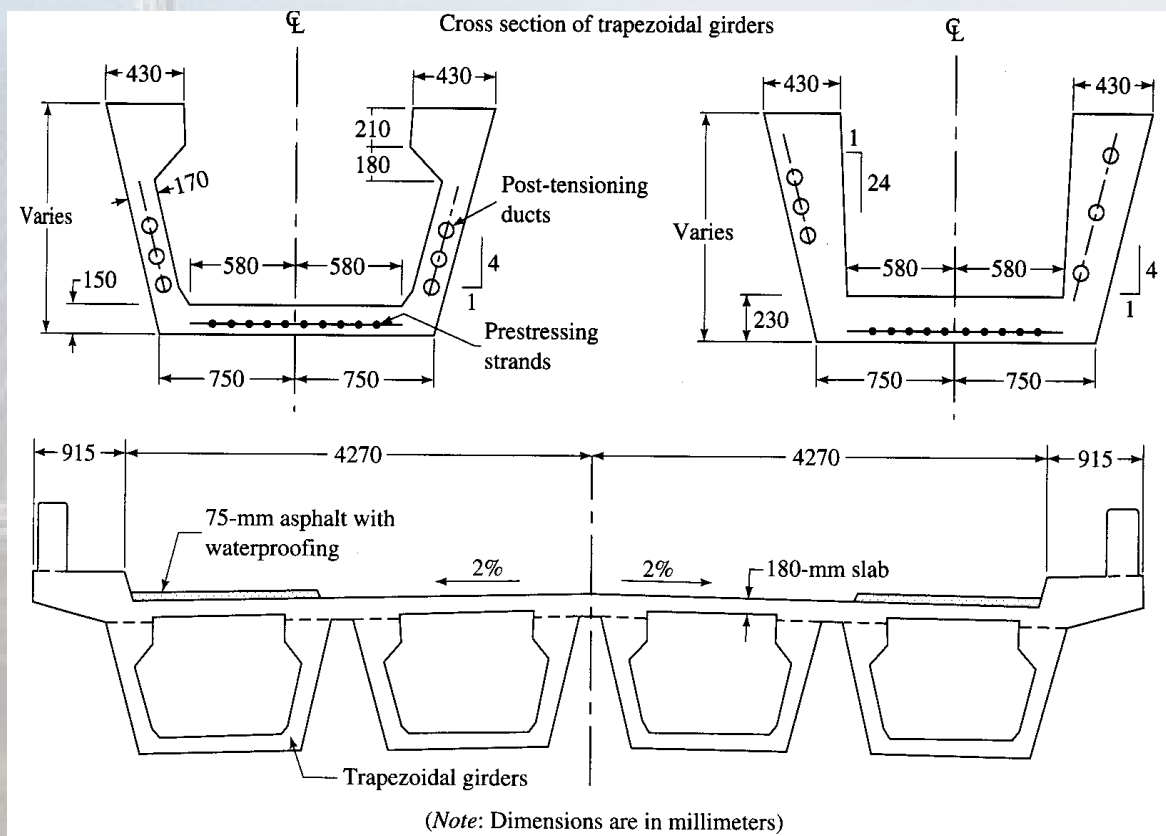
Ampiamente realizzati in Canada e Inghilterra, meno popolari in USA. E' stato mostrato che risultano essere poco economici;

Interessante questa soluzione che prevede la possibilità di sostituire la soletta, quando essa ha raggiunto i suoi limiti d'età;

E' possibile utilizzare delle predalles che servono da casseri a perdere per la realizzazione del getto della soletta;

L'IMPALCATO A CASSONE

Soluzioni adottate in Canada e Inghilterra



L'IMPALCATO A CASSONE

Caratteristiche peculiari dei ponti a cassone

- Le qualità che hanno portato alla rapida diffusione di questa tipologia strutturale (anche per i ponti in acciaio) sono:
 1. elevata rigidezza torsionale, richiesta prevalentemente nei ponti in curva (delle rampe di svincolo), ma utile anche nei ponti in rettilineo, ai fini di una più efficace ripartizione dei carichi dissimmetrici

L'IMPALCATO A CASSONE

Caratteristiche peculiari dei ponti a cassone

2. manutenzione semplificata, specie nei ponti in acciaio, poiché all'esterno dell'impalcato si hanno superfici lisce, mentre l'interno del cassone è accessibile direttamente senza bisogno di ponteggi o mezzi provvisionali; le opere di finitura possono limitarsi solo alla superficie esterna

L'IMPALCATO A CASSONE

Caratteristiche peculiari dei ponti a cassone

3. disposizione ottimale dei servizi (tubazioni, cavi elettrici e telefonici, ecc.), che possono essere previsti all'interno del cassone, che costituisce un cunicolo facilmente ispezionabile, e possono così essere completamente nascosti alla vista

L'IMPALCATO A CASSONE

Caratteristiche peculiari dei ponti a cassone

4. gradevole aspetto estetico, potendo ottenere un rapporto altezza/luce dell'impalcato generalmente più basso che nei graticci, ciò sia per la migliore distribuzione dei carichi accidentali eccentrici, sia per la presenza della controsoletta, che costituisce un corrente inferiore di notevole larghezza



L'IMPALCATO A CASSONE

Inconveniente maggiore -- difficoltà esecutive

Sia per i ponti in c.a. gettati in opera (onere del recupero della cassaforma interna) che per i ponti in c.a.p. prefabbricati (gli elementi da manovrare risultano spesso molto pesanti)



L'IMPALCATO A CASSONE

Irrigidimenti intermedi

- Nei ponti a cassone è opportuno disporre dei setti irrigidenti intermedi, che hanno lo scopo di mantenere inalterata la forma della sezione trasversale sotto l'azione dei carichi accidentali, per evitare l'insorgere di sollecitazioni aggiuntive



L'IMPALCATO A CASSONE

Irrigidimenti intermedi

- Tali setti, che possono essere diaframmi continui nei ponti in c.a.p. o strutture reticolari nei ponti in acciaio, risultano indispensabili in corrispondenza delle sezioni di appoggio della travata

A background image of a cable-stayed bridge with multiple tall pylons and numerous stay cables, spanning a body of water. The image is slightly faded to allow text to be read clearly.

L'IMPALCATO A CASSONE

Irrigidimenti intermedi

- Purtroppo, le nuove tecniche costruttive seguite nella costruzione dei ponti in c.a.p. (getto per conci successivi, assemblaggio di conci prefabbricati, getto su casseformi scorrevoli, ecc.) impediscono la realizzazione di questi setti irrigidenti intermedi e all'indebolimento di quelli di estremità



L'IMPALCATO A CASSONE

Sollecitazioni aggiuntive

- Ciò comporta il destarsi di sollecitazioni flessionali secondarie (sia longitudinali che trasversali) dovute alla distorsione della forma della sezione trasversale per carichi variabili eccentrici



L'IMPALCATO A CASSONE

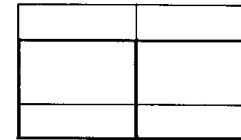
Sollecitazioni aggiuntive

- Il ponte non può essere trattato come solido monodimensionale (trave), ma deve essere visto nella sua complessità tridimensionale, come assemblaggio di piastre piane che formano una volta scatolare chiusa

L'IMPALCATO A CASSONE

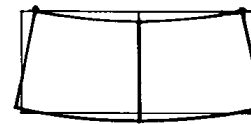
Modellazione della struttura

Quattro effetti distinti



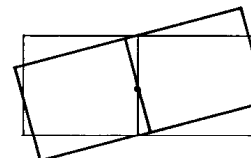
flessione longitudinale

+



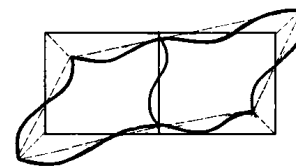
flessione trasversale

+



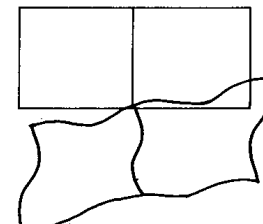
torsione

+



distorsione

=



deformata complessiva
risultante

The background of the slide is a faded, high-angle photograph of a cable-stayed bridge. The bridge has a tall, slender pylon on the left side, with numerous stay cables fanning out to support the bridge deck. The bridge spans a body of water, and the surrounding landscape is visible in the distance. The overall tone is light and airy.

L'IMPALCATO A CASSONE

Modellazione della struttura

- I vari modelli della struttura (e quindi l'approssimazione dei diversi metodi di calcolo) dipendono da quali di questi effetti sono considerati
- La schematizzazione più semplice è quella limite che suppone le sezioni trasversali indeformabili nel loro piano, trascurando quindi la flessione trasversale e la distorsione (modello trave monodimen.)



L'IMPALCATO A CASSONE

Modellazione della struttura

- Tale schema è tanto più lecito quanto più il ponte è stretto e lungo, le pareti sono rigide e i setti intermedi più ravvicinati
- In caso contrario, la modellazione più adeguata è quella che prevede l'impiego del metodo degli Elementi Finiti
- Metodi approssimati



L'IMPALCATO A CASSONE

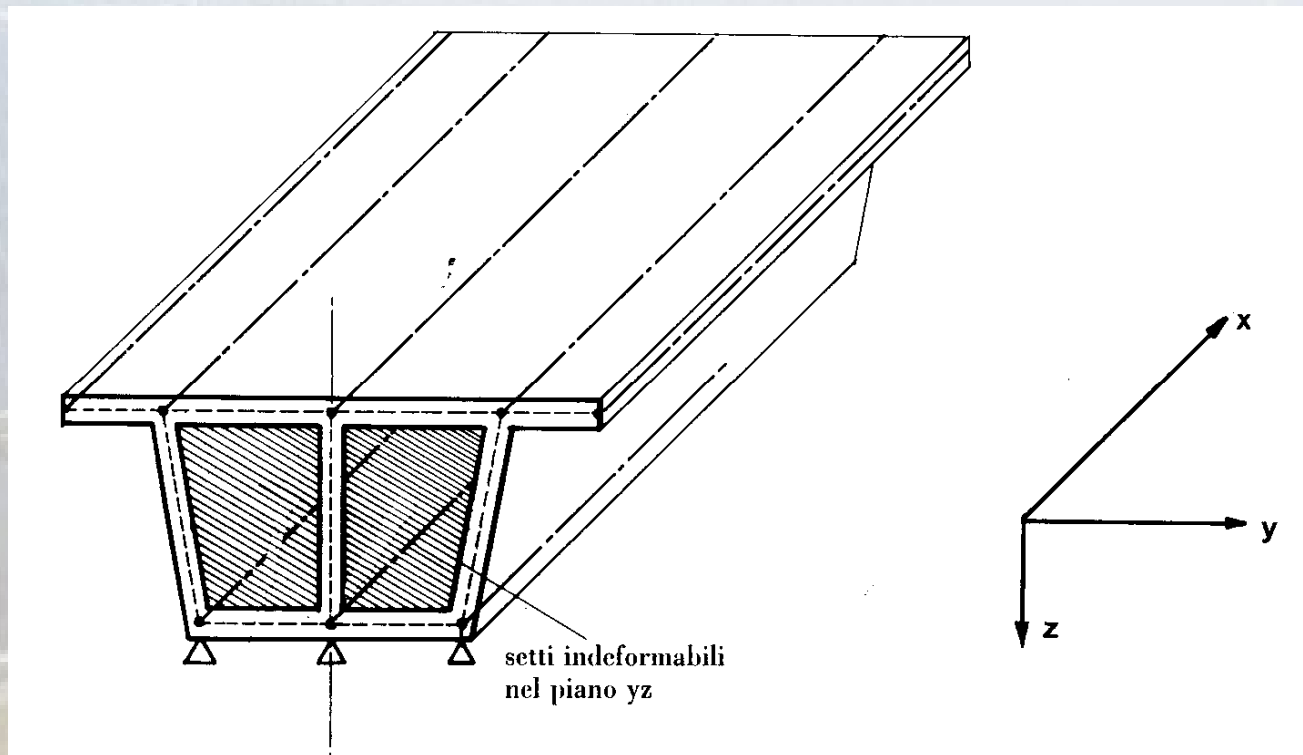
CALCOLO A VOLTA SCATOLARE CON PIASTRE-LASTRE CONTINUE

Ipotesi di base:

1. l'impalcato ha sezione costante lungo l'intera luce l ;
2. in corrispondenza degli appoggi il cassone ha setti indeformabili nel piano della sezione trasversale, ma di rigidezza nulla al di fuori di questo piano
3. l'impalcato è semplicemente appoggiato alle estremità
4. il carico si suppone agente lungo le linee nodali

L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO A VOLTA SCATOLARE CON PIASTRE-LASTRE CONTINUE





L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO A VOLTA SCATOLARE CON PIASTRE-LASTRE CONTINUE

- Non si hanno restrizioni sulla forma della sezione, che può essere qualsiasi
- Linee nodali supplementari possono essere introdotte in corrispondenza dei carichi nodali

L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO A VOLTA SCATOLARE CON PIASTRE-LASTRE CONTINUE

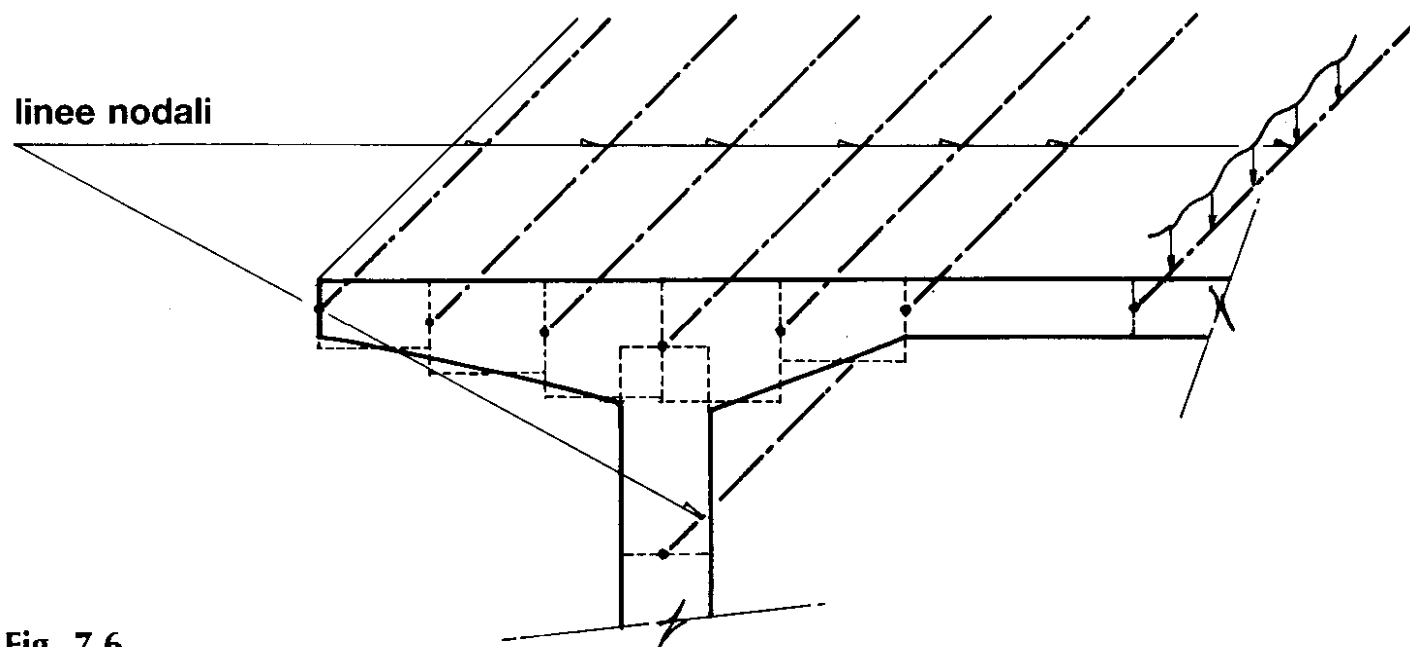
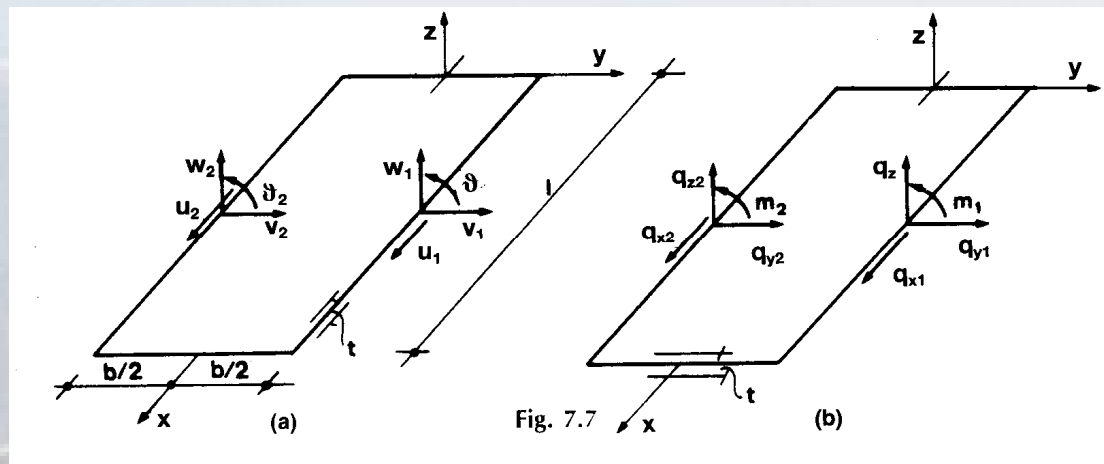


Fig. 7.6

L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO A VOLTA SCATOLARE CON PIASTRE-LASTRE CONTINUE



$$\begin{aligned}u_1 &= \bar{u}_1 \cos(n\pi x / \ell) \\v_1 &= \bar{v}_1 \cos(n\pi x / \ell) \\w_1 &= \bar{w}_1 \cos(n\pi x / \ell) \\\theta_1 &= \bar{\theta}_1 \cos(n\pi x / \ell)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}q_{x1} &= \bar{q}_{x1} \cos(n\pi x / \ell) \\q_{y1} &= \bar{q}_{y1} \cos(n\pi x / \ell) \\q_{z1} &= \bar{q}_{z1} \cos(n\pi x / \ell) \\m_1 &= \bar{m}_1 \cos(n\pi x / \ell)\end{aligned}$$

L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO A VOLTA SCATOLARE CON PIASTRE-LASTRE CONTINUE

Matrice di rigidezza (solo 14 termini significativi)

$$\begin{array}{c}
 q_{x1} \\
 q_{y1} \\
 q_{z1} \\
 m_1 \\
 q_{x2} \\
 q_{y2} \\
 q_{z2} \\
 m_2
 \end{array}
 =
 \begin{array}{cccccccc}
 a_{11} & a_{12} & 0 & 0 & a_{15} & a_{16} & 0 & 0 \\
 & a_{22} & 0 & 0 & a_{25} & a_{26} & 0 & 0 \\
 & & a_{33} & a_{34} & 0 & 0 & a_{37} & a_{38} \\
 & & & a_{44} & 0 & 0 & a_{47} & a_{48} \\
 & & & & a_{11} & -a_{12} & 0 & 0 \\
 & & & & & a_{22} & 0 & 0 \\
 & & Sym & & & & a_{33} & -a_{34} \\
 & & & & & & & a_{44}
 \end{array}
 \cdot
 \begin{array}{c}
 u_1 \\
 v_1 \\
 w_1 \\
 \theta_1 \\
 u_2 \\
 v_2 \\
 w_2 \\
 \theta_2
 \end{array}$$

L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO A VOLTA SCATOLARE CON PIASTRE-LASTRE CONTINUE

Coefficienti della matrice di rigidezza

$$a_{11} = A_2 \left(\frac{\sinh a}{B_4} - \frac{\cosh a}{B_1} \right)$$

$$a_{15} = A_2 \left(\frac{\sinh a}{B_4} + \frac{\cosh a}{B_1} \right)$$

$$a_{22} = A_2 \left(\frac{\cosh a}{B_2} - \frac{\sinh a}{B_3} \right)$$

$$a_{26} = A_2 \left(-\frac{\cosh a}{B_2} - \frac{\sinh a}{B_3} \right)$$

$$a_{34} = A_1^2 D \left(\frac{\cosh a}{B_7} + \frac{\sinh a}{B_6} + 1 - \nu \right)$$

$$a_{38} = A_1^2 D \left(\frac{\cosh a}{B_7} + \frac{\sinh a}{B_6} \right)$$

$$a_{47} = A_1^2 D \left(-\frac{\cosh a}{B_7} - \frac{\sinh a}{B_6} \right)$$

$$a_{12} = A_2 \left(\frac{\cosh a}{B_4} - \frac{\sinh a}{B_1} + 1 + \nu \right)$$

$$a_{16} = A_2 \left(-\frac{\cosh a}{B_4} - \frac{\sinh a}{B_1} \right)$$

$$a_{25} = A_2 \left(\frac{\cosh a}{B_4} + \frac{\sinh a}{B_1} \right)$$

$$a_{33} = A_1^3 D \left(-\frac{\sinh a}{B_7} + \frac{\cosh a}{B_6} \right)$$

$$a_{37} = A_1^3 D \left(-\frac{\sinh a}{B_7} - \frac{\cosh a}{B_6} \right)$$

$$a_{44} = A_1 D \left(-\frac{\cosh a}{B_5} + \frac{\sinh a}{B_8} \right)$$

$$a_{48} = A_1 D \left(\frac{\cosh a}{B_5} + \frac{\sinh a}{B_8} \right)$$

L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO A VOLTA SCATOLARE CON PIASTRE-LASTRE CONTINUE

ove si è posto:

$$A_1 = \frac{n\pi}{\ell} \quad A_2 = A_1 \frac{Et}{(1+\nu)^2} \quad D = \frac{Et^3}{12(1-\nu^2)} \quad a = \frac{n\pi b}{2\ell}$$

$$B_1 = a \operatorname{sech} a + \frac{3-\nu}{1+\nu} \sinh a$$

$$B_5 = a \operatorname{sech} a + \sinh a$$

$$B_2 = a \operatorname{sech} a - \frac{3-\nu}{1+\nu} \sinh a$$

$$B_6 = a \operatorname{sech} a - \sinh a$$

$$B_3 = a \operatorname{cosech} a + \frac{3-\nu}{1+\nu} \cosh a$$

$$B_7 = a \operatorname{cosech} a + \cosh a$$

$$B_4 = a \operatorname{cosech} a - \frac{3-\nu}{1+\nu} \cosh a$$

$$B_8 = a \operatorname{cosech} a - \cosh a$$

L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO A VOLTA SCATOLARE CON PIASTRE-LASTRE CONTINUE

- Determinate le matrici di rigidezza delle singole piastre, si procede con il metodo degli spostamenti, imponendo l'equilibrio lungo i bordi di cucitura delle varie piastre, ricavando gli spostamenti incogniti, in numero pari a:

$$4n_s = 4(2n_c + 2)$$

- n_s = numero degli spigoli
- n_c = numero delle celle del cassone



L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO A VOLTA SCATOLARE CON PIASTRE-LASTRE CONTINUE

Semplificazione:

considerare le piastre inestensibili, ovvero, per ogni piastra

$$v_1 = v_2$$

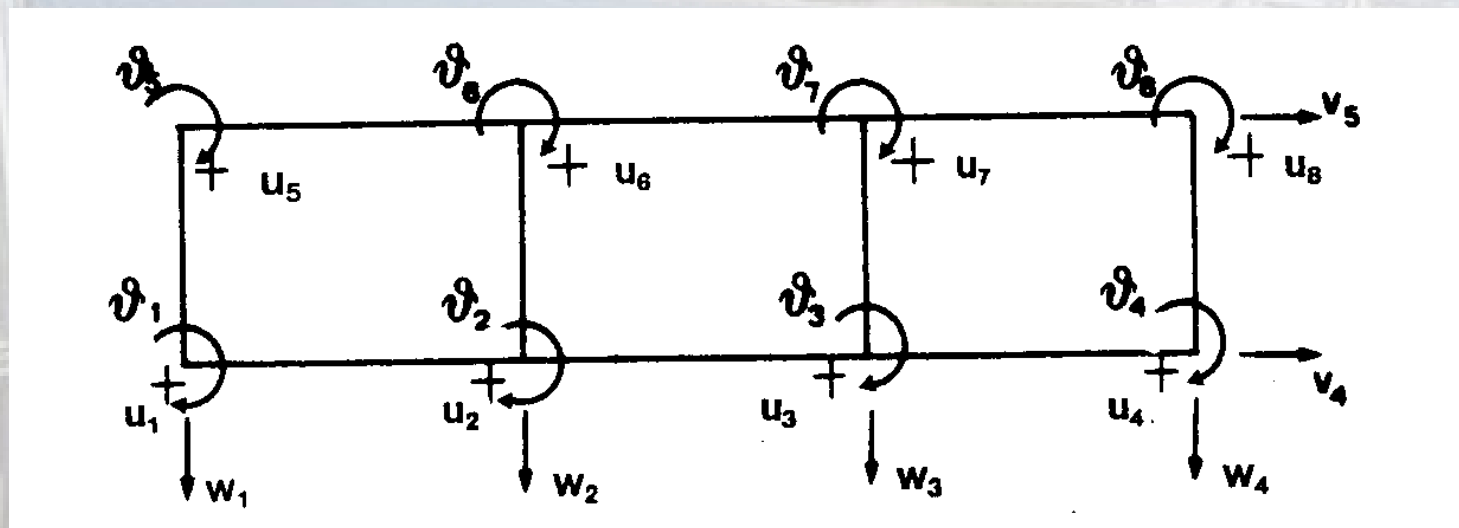
e il numero di incognite si riduce a:

$$2n_s + (n_c + 1) + 2 = 5n_c + 7$$

L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO A VOLTA SCATOLARE CON PIASTRE-LASTRE CONTINUE

Esempio

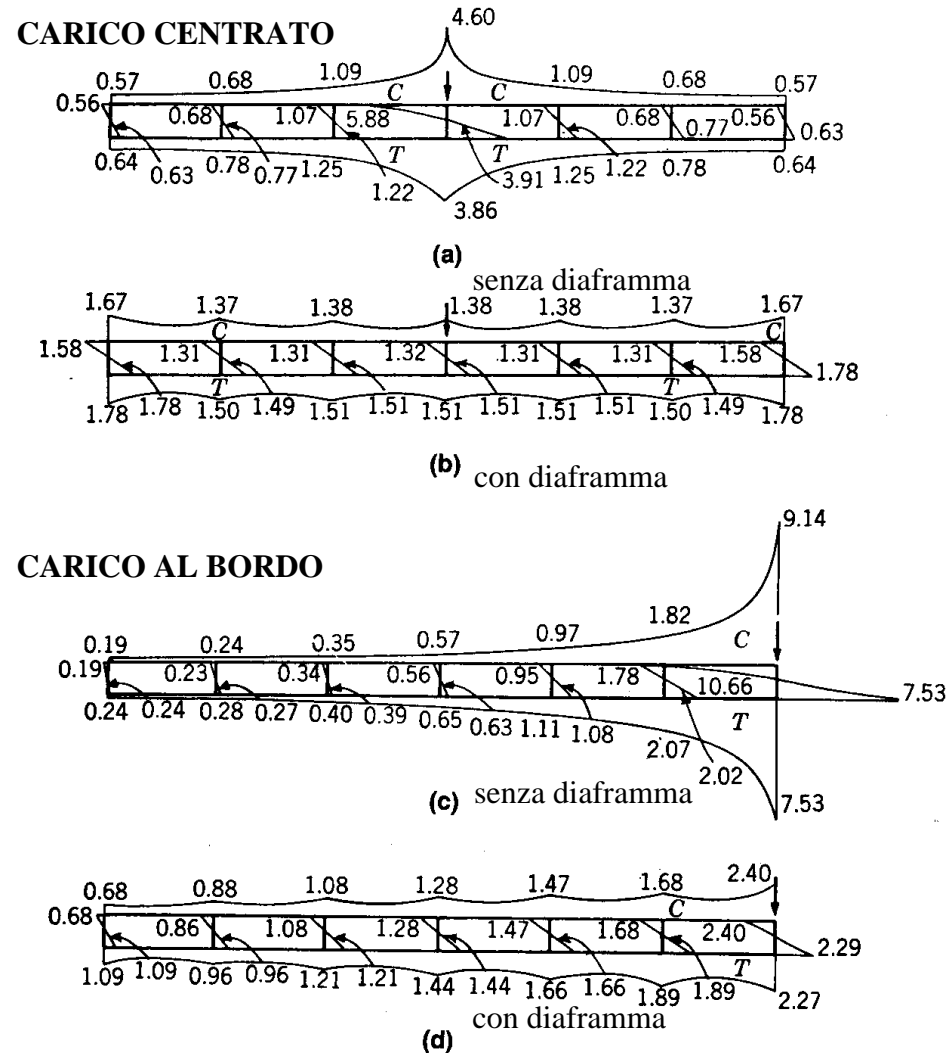


In questo caso le incognite sono 22 anziché 32.

L'IMPALCATO A CASSONE

Esempio - Sollecitazioni ai lembi della sezione di mezzeria di un cassone pluricellulare per effetto di un carico unitario

Si noti che la distorsione della sezione (conseguente all'assenza del diaframma) determina nelle anime direttamente caricate sollecitazioni di flessione circa 3-5 volte superiori di quelle che si avrebbero nel caso di sezione indeformabile





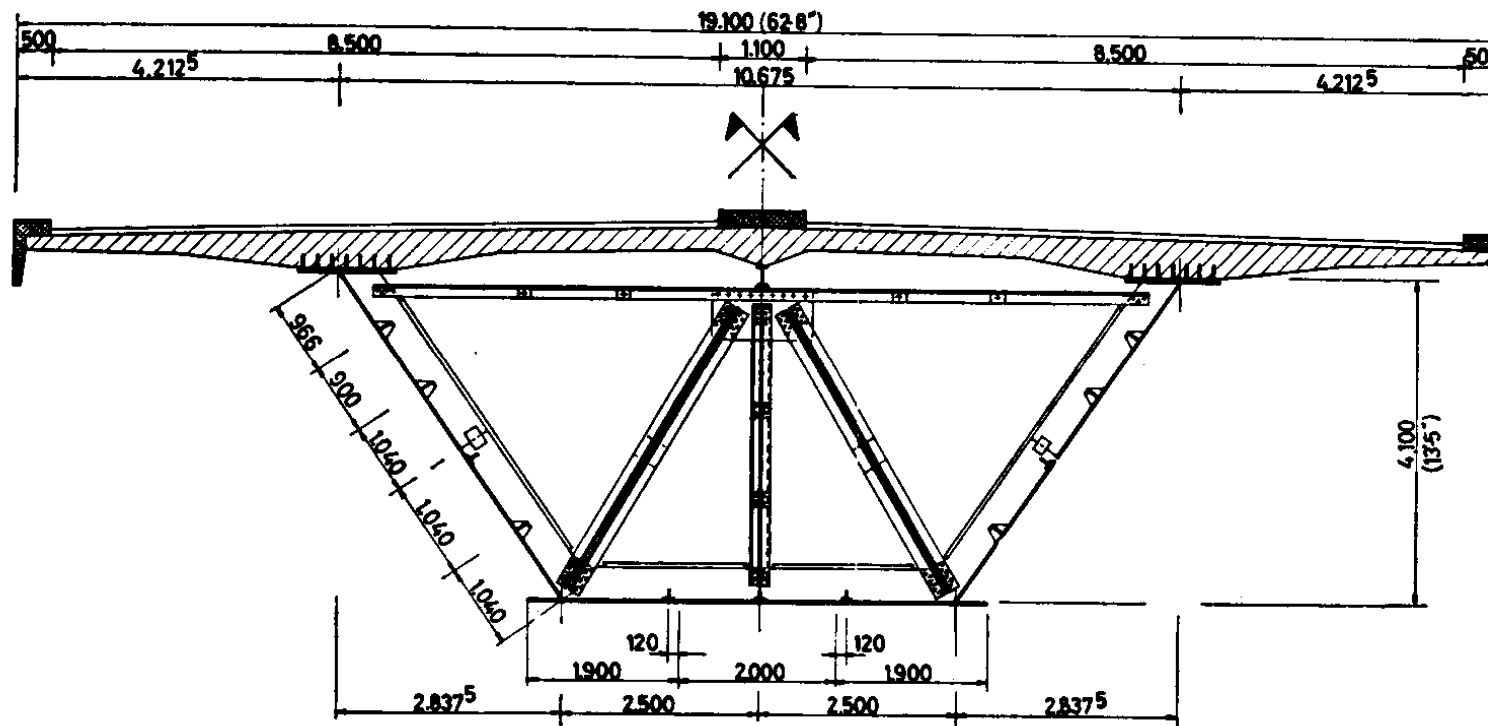
L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO APPROSSIMATO DEI CASSONI UNICELLULARI

- Sono il tipo di più frequente impiego, in quanto gli spessori delle anime, sia per ragioni costruttive o per pericoli di corrosione nei ponti in acciaio, sono in genere sufficienti ad assorbire gli sforzi di taglio
- Solo per ponti di larghezza rilevante diviene necessario ridurre la luce delle solette disponendo anime intermedie, ottenendo cassoni pluricellulari.

L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO APPROSSIMATO DEI CASSONI UNICELLULARI





L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO APPROSSIMATO DEI CASSONI UNICELLULARI

Metodo approssimato

- Quando si vuole tenere conto della perdita di forma della sezione e si vogliono calcolare gli effetti conseguenti, sotto le solite ipotesi:
1. l'impalcato ha sezione costante lungo l'intera luce l ;



L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO APPROSSIMATO DEI CASSONI UNICELLULARI

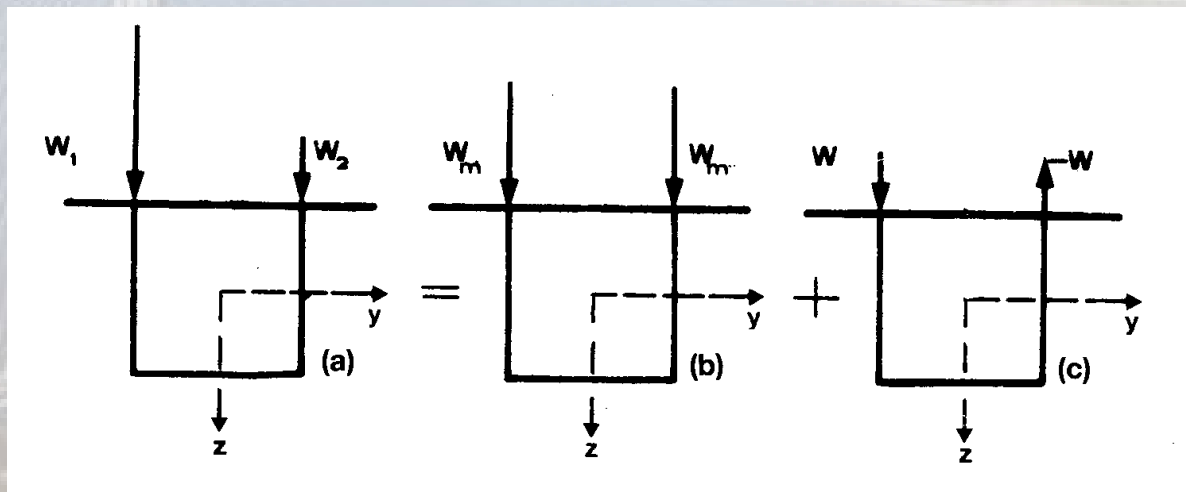
Metodo approssimato

2. in corrispondenza degli appoggi il cassone ha setti indeformabili nel piano della sezione trasversale, ma di rigidezza nulla al di fuori di questo piano
3. l'impalcato è semplicemente appoggiato alle estremità
4. il carico si suppone agente lungo le linee nodali

L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO APPROSSIMATO DEI CASSONI UNICELLULARI

Metodo approssimato



$$w_m(x) = [w_1(x) + w_2(x)] / 2$$

$$w(x) = w_1(x) - w_m(x)$$

Il carico simmetrico $w_m(x)$ determina solo flessione

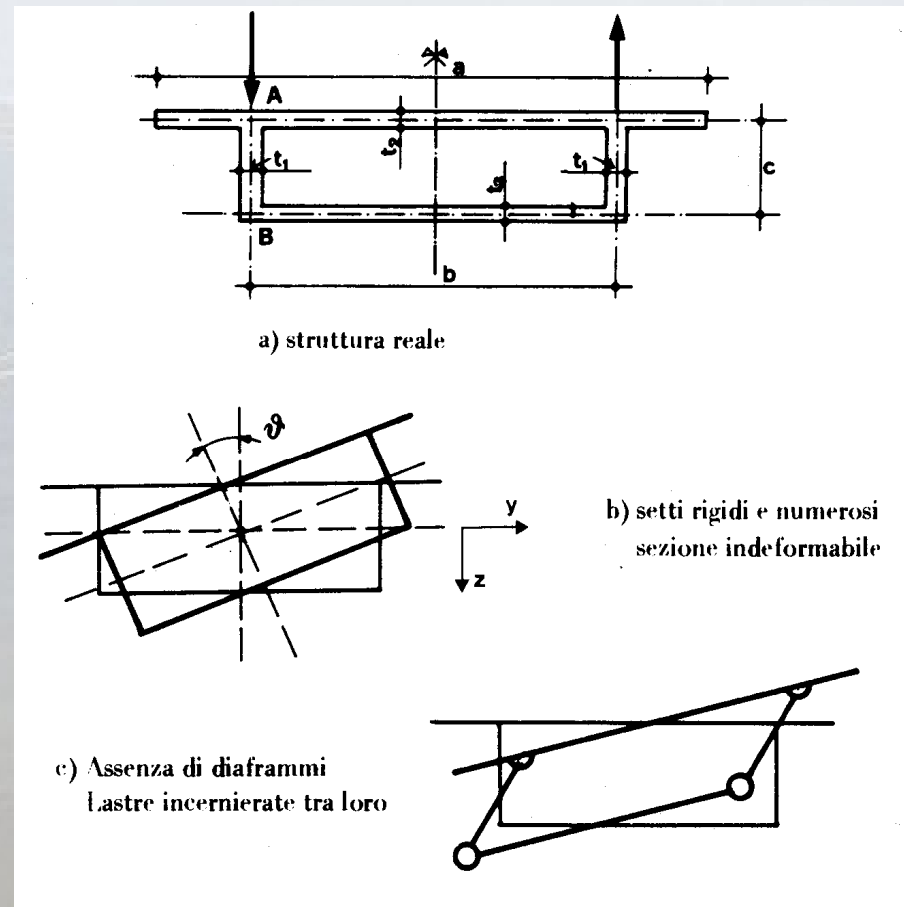
L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO APPROSSIMATO DEI CASSONI UNICELLULARI

Effetti della perdita di forma della sezione

Il carico emisimmetrico determina torsione e flessione differenziale delle pareti

Casi limite:





L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO APPROSSIMATO DEI CASSONI UNICELLULARI

Sollecitazioni aggiuntive

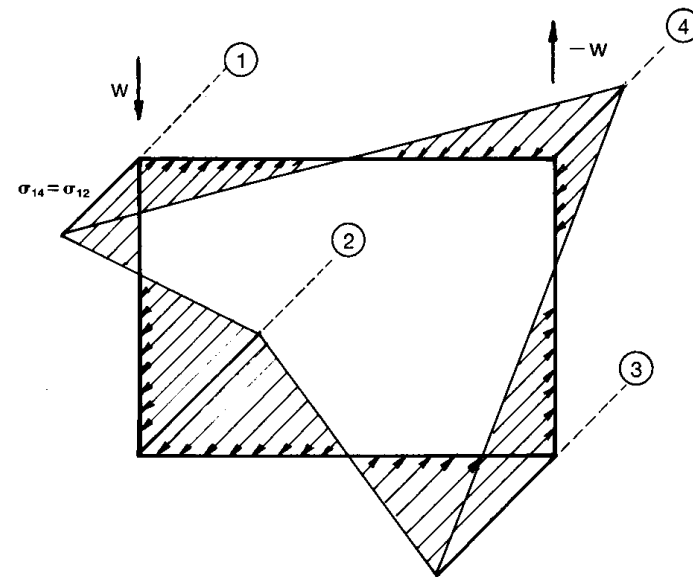
- Nel caso limite c) il carico emisimmetrico viene portato non più come torsione ma come flessione differenziale delle lastre, che va a sommarsi a quella provocata dal carico simmetrico
- Queste sollecitazioni di flessione si possono valutare facilmente imponendo l'eguaglianza delle ε_x lungo gli spigoli; esse portano ad una distribuzione emisimmetrica delle σ_x .

L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO APPROSSIMATO DEI CASSONI UNICELLULARI

Sollecitazioni aggiuntive

Nei casi reali, ci si troverà in una situazione intermedia, a causa della rigidità flessionale non nulla delle piastre-lastre: un carico emisimmetrico provocherà sia torsione pura (Bredt) che flessione differenziale delle anime



L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO APPROSSIMATO DEI CASSONI UNICELLULARI

Valutazione della ripartizione

Si immagini il cassone reale formato idealmente da:

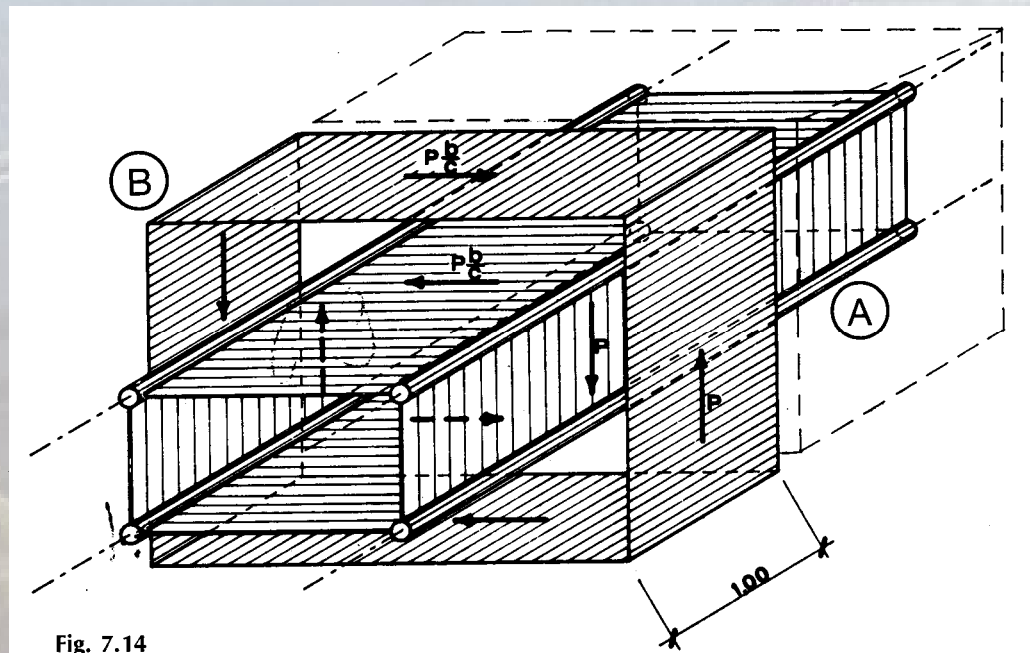


Fig. 7.14



L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO APPROSSIMATO DEI CASSONI UNICELLULARI

Valutazione della ripartizione

Si immagini il cassone reale formato idealmente da:

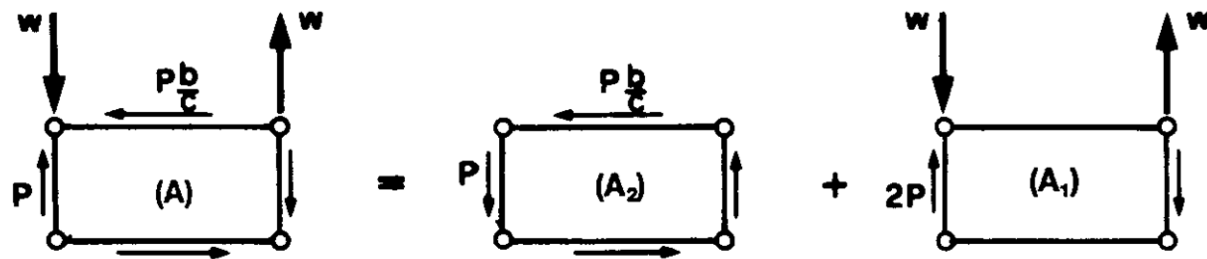
- *sottostruttura a membrana A*
lastre longitudinali articolate lungo i bordi
- *sottostruttura a telaio B*
strisce trasversali a comportamento flessionale che si oppongono elasticamente alla rotazione relativa tra le lastre

L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO APPROSSIMATO DEI CASSONI UNICELLULARI

Queste due parti A e B si trasmetteranno azioni mutue, non note a priori, ma tali da essere equilibrate

Sottostruttura A



L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO APPROSSIMATO DEI CASSONI UNICELLULARI

Parte del carico, e precisamente:

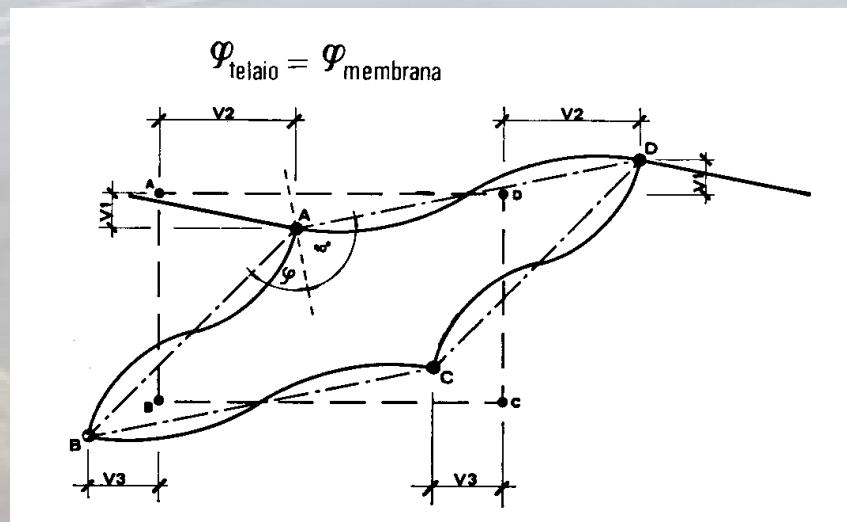
$$w - 2p$$

- provoca flessione differenziale delle anime (A1), mentre l'altra parte (A2) viene portata come torsione;
- il sistema di forze (A2), infatti, è quello provocato da un momento torcente pari a $2pb$ in una trave a cassone a pareti sottili.

L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO APPROSSIMATO DEI CASSONI UNICELLULARI

L'incognita p può variare tra 0 e $w/2$ per i due casi limite. Il suo valore può determinarsi imponendo la congruenza alla rotazione tra le due sottostrutture A e B:



The background of the slide is a faded, high-angle photograph of a cable-stayed bridge. The bridge's white pylons and numerous stay cables are visible against a hazy sky and water. The bridge deck extends from the foreground into the distance.

L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO APPROSSIMATO DEI CASSONI UNICELLULARI

Maggiorazione delle sollecitazioni

- La flessione differenziale delle anime in un cassone in calcestruzzo delle dimensioni usuali (pareti di spessore 30 - 40 cm, larghezza 5 - 6 m) può portare a maggiorazioni delle sollecitazioni dell'ordine del 5-10%, rispetto al calcolo a trave;



L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO APPROSSIMATO DEI CASSONI UNICELLULARI

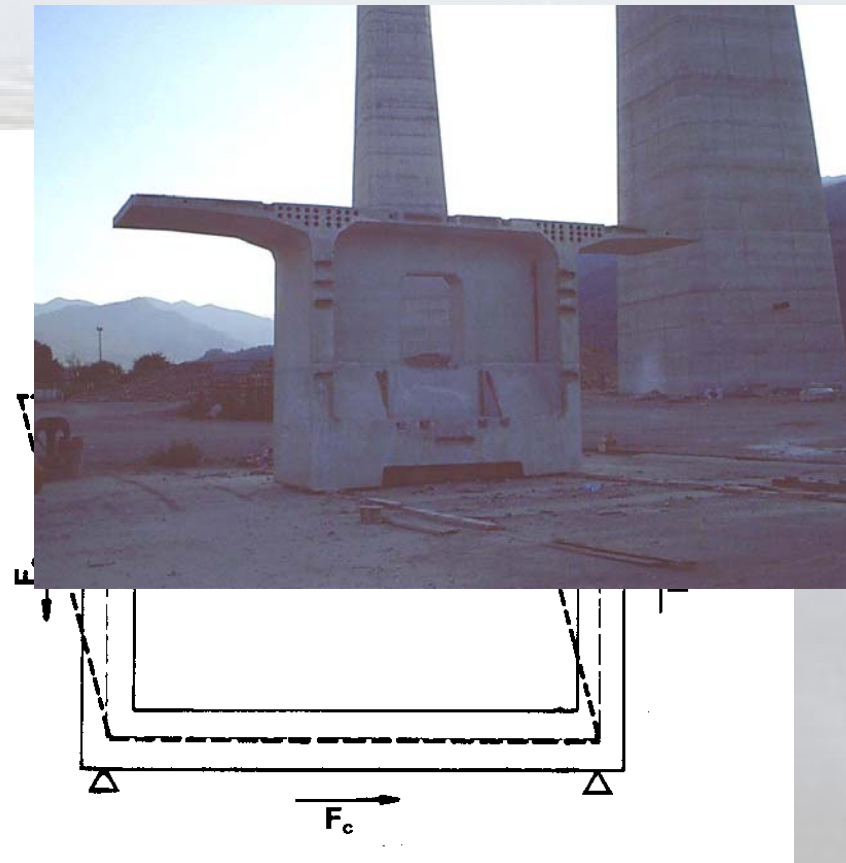
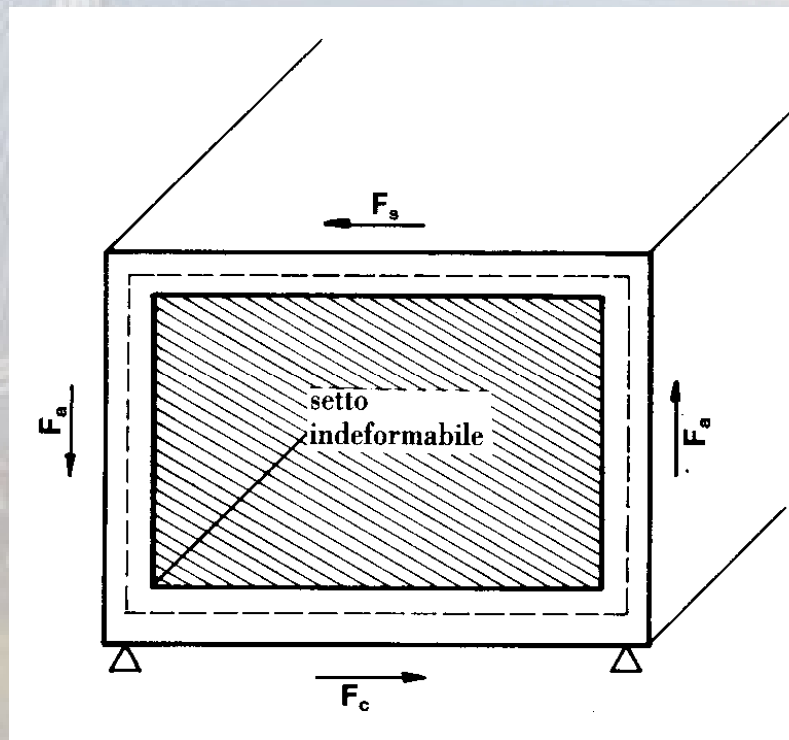
Maggiorazione delle sollecitazioni

- Qualora per motivi costruttivi si eliminano i diaframmi terminali sostituendoli con telai di irrigidimento aventi una certa deformabilità, la maggiorazione può diventare del 10-15%;

L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO APPROSSIMATO DEI CASSONI UNICELLULARI

Distorsione sull'appoggio



L'IMPALCATO A CASSONE

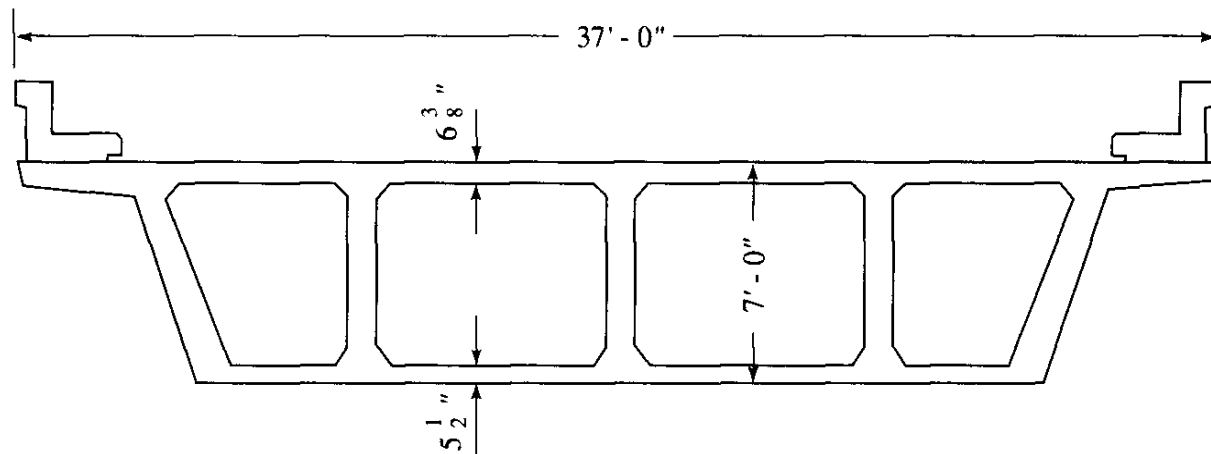
CALCOLO APPROSSIMATO DEI CASSONI PLURICELLULARI

- Quando la larghezza del cassone diviene notevole, conviene disporre più pareti verticali longitudinali, allo scopo di ridurre le luci della soletta superiore
- Ciò però comporta un aumento del peso proprio, che esclude la prefabbricazione;
- Per realizzare cassoni pluricellulari si preferisce quindi utilizzare cassoni unicellulari prefabbricati interconnessi

L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO APPROSSIMATO DEI CASSONI PLURICELLULARI

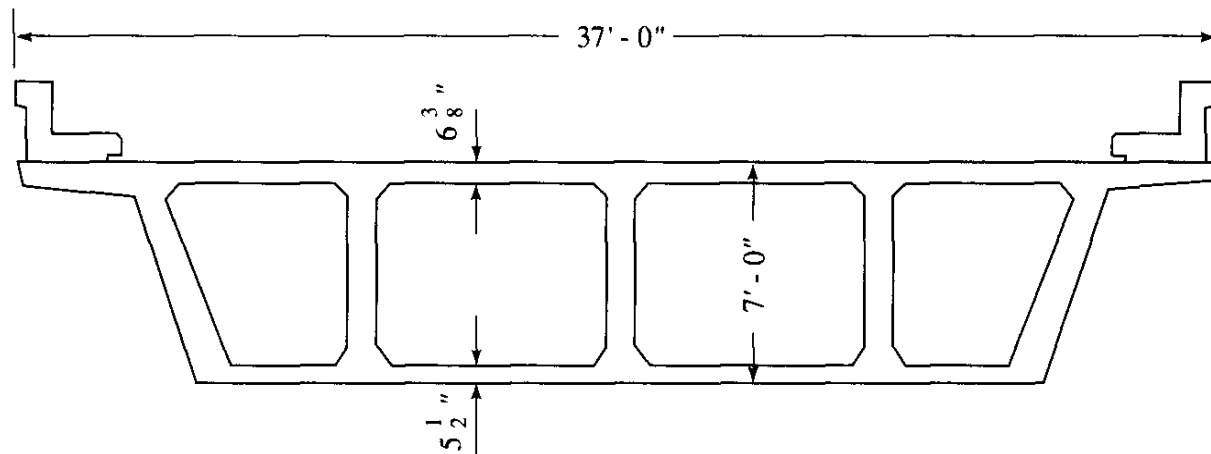
- Come per i cassoni unicellulari, spesso per ragioni costruttive i diaframmi trasversali intermedi sono eliminati; ciò impone nel calcolo la valutazione degli effetti secondari per perdita di forma della sezione a causa dei carichi eccentrici



L'IMPALCATO A CASSONE

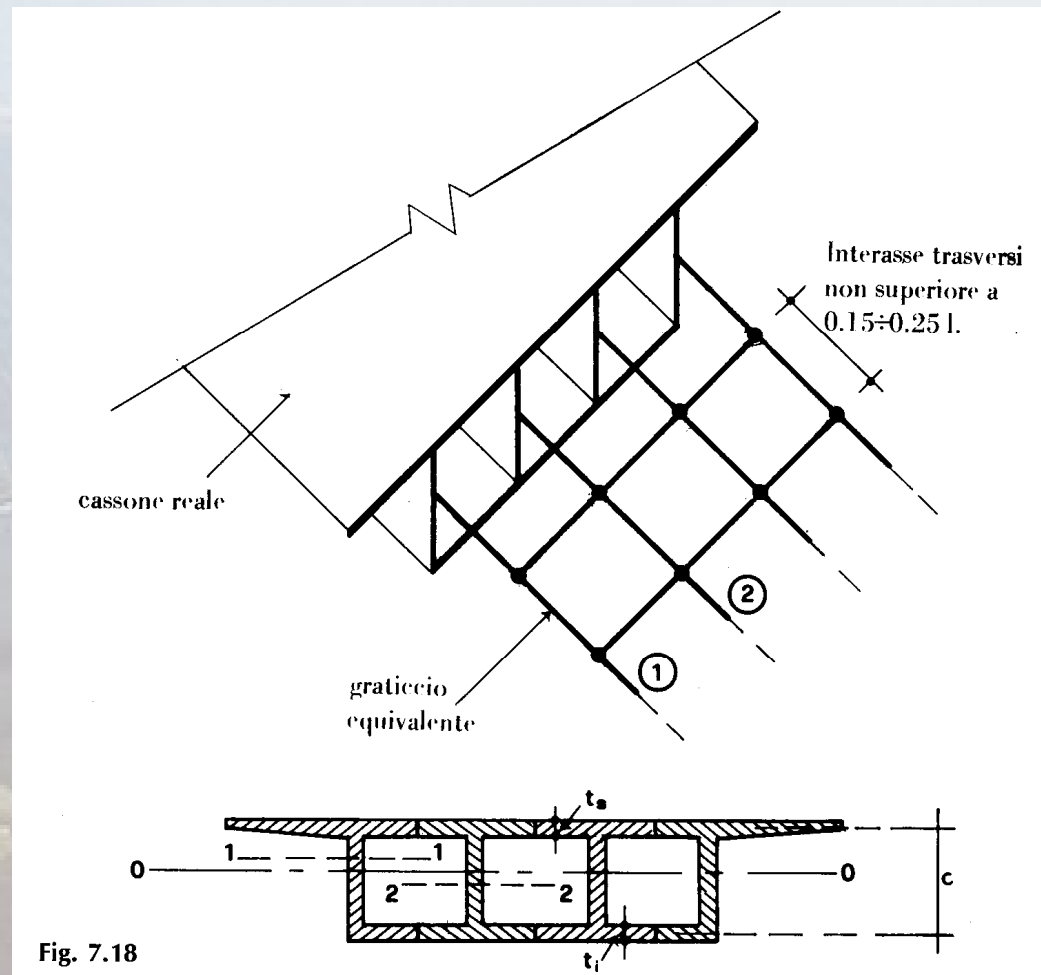
CALCOLO APPROSSIMATO DEI CASSONI PLURICELLULARI

- Un metodo di analisi approssimato prevede di ricondurre il cassone ad un grigliato equivalente; per ottenere risultati accettabili occorre valutare in modo opportuno le rigidezze equivalenti e scegliere l'ubicazione delle travi fittizie



L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO APPROSSIMATO DEI CASSONI PLURICELLULARI Modello a graticcio equivalente



L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO APPROSSIMATO DEI CASSONI PLURICELLULARI

Modello a graticcio equivalente - Ipotesi di base

1. il piano del graticcio deve coincidere con il piano di flessione calcolato per la sezione scatolare nel suo insieme
2. le travi longitudinali si fanno coincidere con le anime del cassone
3. le travi trasversali si fanno corrispondere ad eventuali diaframmi esistenti, e, comunque, distanziate tra loro di non più di 0,20-0,25 della luce per travi semplicemente appoggiate (0,15-0,20 della luce per travi continue)

L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO APPROSSIMATO DEI CASSONI PLURICELLULARI

Calcolo delle rigidzze equivalenti

1. la rigidzza flessionale delle travi longitudinali è quella delle sezioni a doppio T ottenute con i tagli ideali del cassone
2. la rigidzza flessionale dei traversi è quella delle sezioni a doppio T costituite dalla soletta, dalla controsoletta e da anime ideali di area opportuna
3. ai fini della valutazione della rigidzza flessionale dei traversi occorre tenere conto, oltre che della deformabilità assiale di soletta e controsoletta, anche degli effetti della distorsione
4. considerazioni analoghe vengono fatte per la valutazione della rigidzza torsionale di travi longitudinali e traversi equivalenti



L'IMPALCATO A CASSONE

CALCOLO APPROSSIMATO DEI CASSONI PLURICELLULARI

Osservazioni

1. Il calcolo a graticcio equivalente porta in genere a sopravvalutare le sollecitazioni nelle anime della trave a cassone
2. Infatti, nel grigliato equivalente un momento torcente esterno, dovuto alla dissimmetria dei carichi, causa flessione differenziale nelle travi, anche nel caso di diaframmi trasversali indeformabili, mentre nel cassone reale la presenza di questi diaframmi porterebbe ad avere solo torsione dell'intera sezione trasversale.

L'IMPALCATO A CASSONE

Ponti prefabbricati a conci coniugati



L'IMPALCATO A CASSONE

Ponti prefabbricati a conci coniugati



L'IMPALCATO A CASSONE

Ponti prefabbricati a conci coniugati



L'IMPALCATO A CASSONE

Ponti prefabbricati a conci coniugati



L'IMPALCATO A CASSONE

Ponti prefabbricati a conci coniugati



L'IMPALCATO A CASSONE

Montaggio con carro di varo



L'IMPALCATO A CASSONE

Montaggio con carro di varo



L'IMPALCATO A CASSONE

Montaggio con carro di varo



L'IMPALCATO A CASSONE

Montaggio con carro di varo



L'IMPALCATO A CASSONE

Montaggio con carro di varo



L'IMPALCATO A CASSONE

Montaggio con carro di varo



L'IMPALCATO A CASSONE

Montaggio con argani



L'IMPALCATO A CASSONE

Montaggio con argani



L'IMPALCATO A CASSONE

Montaggio con argani



L'IMPALCATO A CASSONE

Montaggio con argani



L'IMPALCATO A CASSONE

Montaggio con argani



L'IMPALCATO A CASSONE

Montaggio con argani



L'IMPALCATO A CASSONE

Montaggio con grù



L'IMPALCATO A CASSONE

Montaggio con gru



L'IMPALCATO A CASSONE

Montaggio con gru



L'IMPALCATO A CASSONE

Montaggio con grù



L'IMPALCATO A CASSONE

Montaggio con gru



L'IMPALCATO A CASSONE

Cassoni con anime metalliche



Pont de la Corniche, France

L'IMPALCATO A CASSONE

Cassoni con anime metalliche



Himi Yuma Bridge, Japan

L'IMPALCATO A CASSONE

Cassoni con anime metalliche



Ginzan-Miyuki Bridge, Japan

L'IMPALCATO A CASSONE

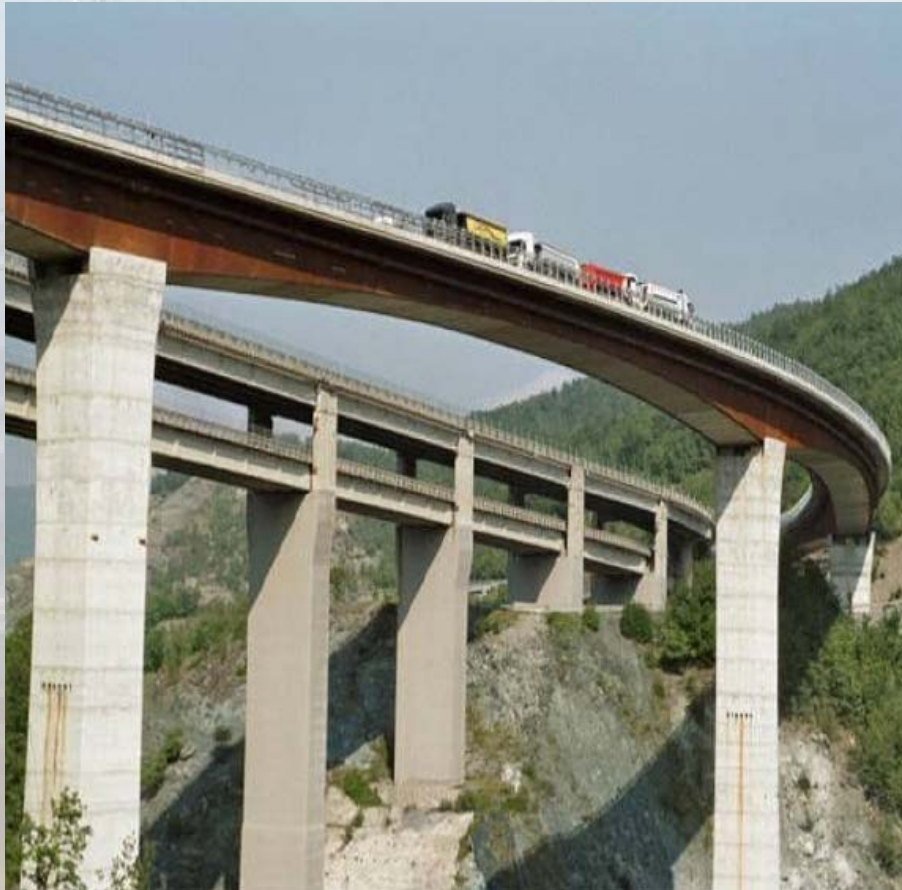
Cassoni con anime metalliche



Hontani Bridge, Japan

L'IMPALCATO A CASSONE

Cassoni con anime metalliche



Roccaprebalza Viaduct : Parma - La Spezia Highway - Italy

L'IMPALCATO A CASSONE

Cassoni con anime metalliche



Gassino bridge - Torino - Italy

