

Lezione

PONTI E GRANDI STRUTTURE

Prof. Pier Paolo Rossi

Università degli Studi di Catania

CARICO TERMICO

Azioni sulle costruzioni

Azioni termiche

Le azioni termiche sono classificate come **azioni variabili e indirette**.

Esse devono essere determinate per ogni situazione di progetto significativa, sia essa persistente, transitoria, eccezionale o sismica.

Azioni sulle costruzioni

Azioni termiche

Al fine di determinare gli effetti dovuti alle azioni termiche, devono essere considerati i seguenti fattori:

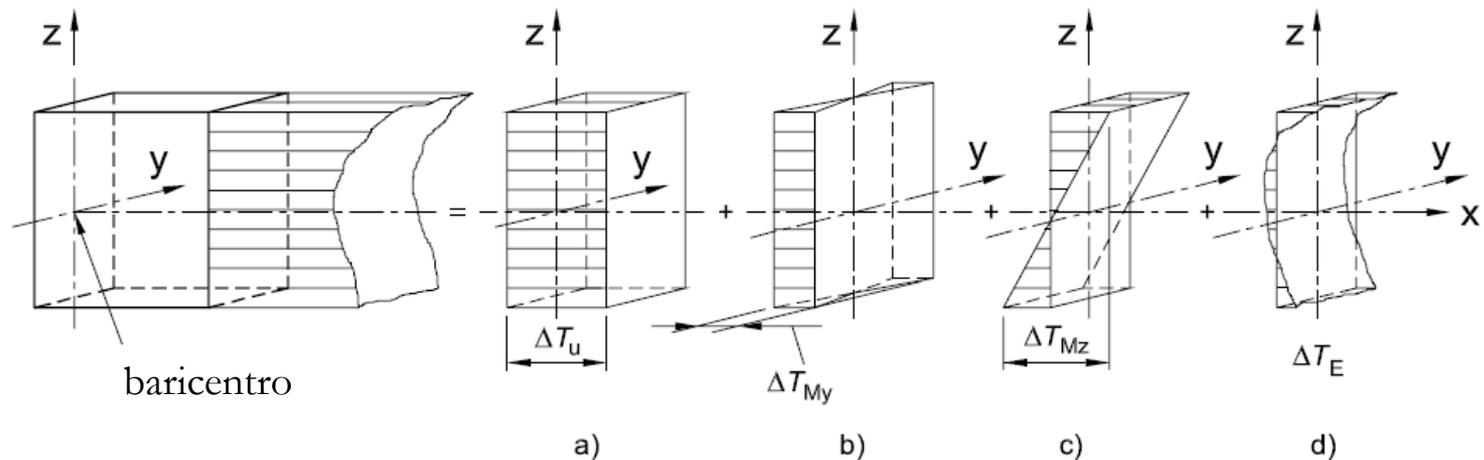
- condizioni climatiche del sito
- presenza di strutture vicine che fungono da schermi per l'irraggiamento
- orientamento dell'edificio
- finiture che influenzano il grado di assorbimento di energia solare
- riscaldamento, condizionamento dell'aria, e isolamento termico della costruzione
- forma strutturale, presenza e caratteristiche dei giunti di dilatazione
- massa complessiva della struttura

Azioni sulle costruzioni

Azioni termiche - rappresentazione delle azioni

La distribuzione di temperatura, riferita ad un singolo elemento strutturale, può essere suddivisa in 4 componenti costituenti:

- 1) componente di temperatura uniforme (ΔT_u)
- 2) variazione lineare di differenza di temperatura lungo l'asse y (ΔT_{My})
- 3) variazione lineare di differenza di temperatura lungo l'asse z (ΔT_{Mz})
- 4) componente di variazione non lineare di differenza di temperatura (ΔT_E)



Azioni sulle costruzioni

Azioni termiche

La componente uniforme di temperatura di un elemento strutturale ΔT_u è definita come $\Delta T_u = T - T_0$

dove :

- T è una temperatura media di un elemento strutturale dovuta a temperature climatiche in inverno o in estate e dovute a temperature in condizioni di esercizio;
- T_0 è la temperatura di un elemento strutturale ad uno stadio significativo della formazione del suo schema statico (completamento).

Nota ! Normalmente il valore di T_0 non è noto in sede di progetto. E' quindi necessario che il progettista assuma un valore di T_0 sufficientemente cautelativo. Le NTC08 fissano $T_0=15\text{ °C}$

Azioni sulle costruzioni

Distribuzione della temperatura negli elementi

Nel caso di elementi caratterizzati da strati di materiale diverso (strutture sandwich) T è la temperatura media di uno strato particolare.

Nel caso di un elemento composto, una temperatura $T(x)$ ad una distanza x dalla superficie interna può essere determinata assumendo la risposta termica stazionaria

$$T(x) = T_{\text{int}} - \frac{R(x)}{R_{\text{tot}}} (T_{\text{int}} - T_{\text{est}})$$

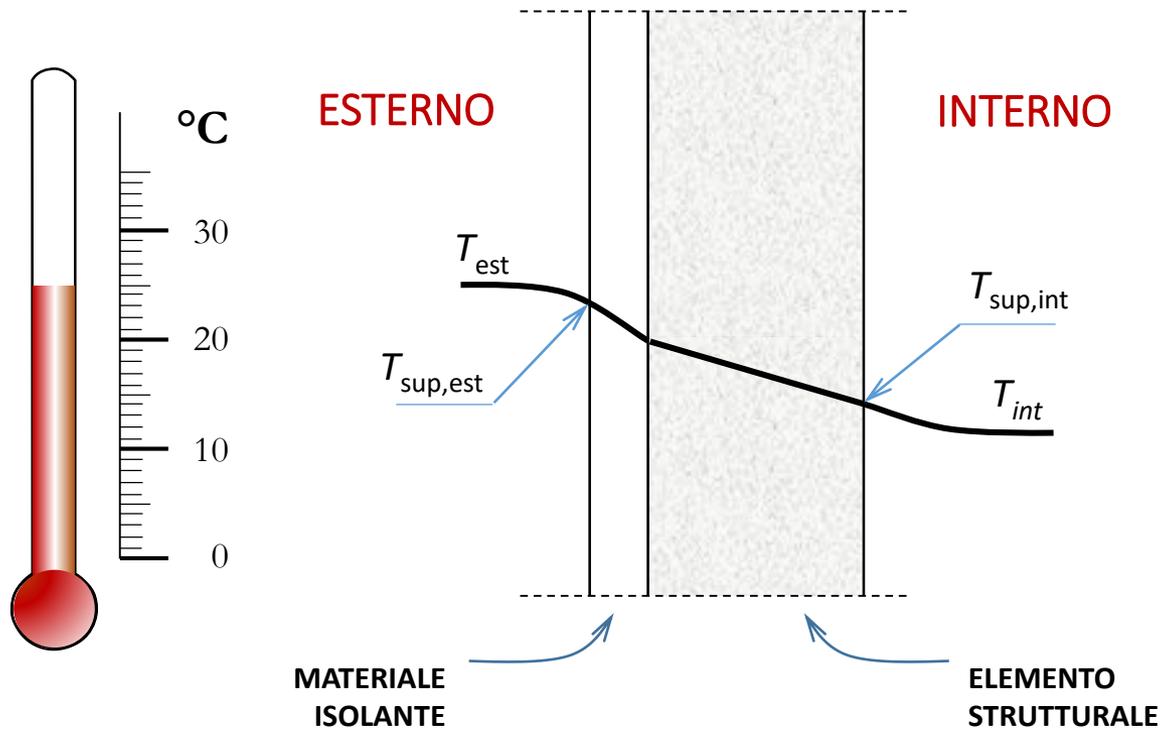
dove :

$R(x)$ è la resistenza termica in corrispondenza della superficie interna e dell'elemento fino al punto x

R_{tot} è la resistenza termica totale dell'elemento inclusa la resistenza termica di entrambe le superfici.

Azioni sulle costruzioni

Distribuzione della temperatura negli elementi



$$T(x) = T_{int} - \frac{R(x)}{R_{tot}} (T_{int} - T_{est})$$

Azioni sulle costruzioni

Distribuzione della temperatura negli elementi

I valori della resistenza R_{tot} e R [$\text{m}^2\text{k}/\text{W}$] possono essere determinati utilizzando il coefficiente di trasmissione del calore e i coefficienti di conducibilità termica della EN ISO 6946 e EN ISO 13370

$$R_{\text{tot}} = R_{\text{int}} + \sum \frac{h_i}{\lambda_i} + R_{\text{est}}$$

dove :

R_{int} è la resistenza termica in corrispondenza della superficie interna;

R_{est} è la resistenza termica in corrispondenza della superficie esterna;

λ è la conducibilità termica e h è lo spessore.

Nota ! Negli edifici la resistenza termica R_{int} è compresa tra 0.10 [$\text{m}^2\text{k}/\text{W}$] e 0.17 [$\text{m}^2\text{k}/\text{W}$] (in funzione dell'orientamento del flusso di calore) e $R_{\text{est}}=0.04$.

La conducibilità termica λ per il calcestruzzo varia tra 1.16 [W/mk] e 1.71 [W/mk].

Azioni sulle costruzioni

Distribuzione della temperatura negli elementi

Quando sono considerati gli elementi di uno strato e quando le condizioni ambientali di entrambi i lati sono simili, T può essere approssimativamente determinata come la media della temperatura ambientale interna e esterna

$$T = (T_{\text{int}} + T_{\text{est}}) / 2$$

Azioni sulle costruzioni

Valutazione della temperatura interna alle costruzioni

L'Eurocodice 1 fornisce valori di T_{int} pari a 20 e 25 °C per estate e inverno. Altri documenti (ad es. Guida A del CIBSE – Chartered Institution of Building Services Engineers) specificano variazioni rispetto a tali valori in funzione della destinazione dell'opera (ad es. scuole, piscine o ospedali).

Nota !

Secondo la normativa italiana (NTC08)

T_{int} può essere assunto eguale a 20 °C, indipendentemente dalla stagione.

Azioni sulle costruzioni

Valutazione della temperatura esterna alle costruzioni

La temperatura dell'ambiente esterno T_{est} è determinata mediante la relazione

$$T_{\text{est}} = T_{\text{max}} + \Delta T_{\text{irr}} \quad \text{o} \quad T_{\text{est}} = T_{\text{min}} + \Delta T_{\text{irr}}$$

dove :

T_{max} valore della temperatura massima all'ombra

T_{min} valore della temperatura minima all'ombra

ΔT_{irr} variazione di temperatura dovuta ad irraggiamento

Nota !

L'Eurocodice 1 fornisce valori delle temperature T_{max} sia per parti interrate che non interrate della costruzione in funzione della stagione e di T_{irr} in funzione della tipologia di superficie esterna e del suo orientamento

Azioni sulle costruzioni

Valutazione della temperatura esterna alle costruzioni

NTC 2018



Azioni sulle costruzioni

Valutazione della temperatura esterna alle costruzioni



Zona I

Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia,
Trentino-Alto Adige, Veneto,
Friuli-Venezia Giulia, Emilia

$$T_{\min} = -15 - 4 \cdot a_s / 1000 \quad T_{\max} = 42 - 6 \cdot a_s / 1000$$

dove a_s è l'altitudine di riferimento espressa in m

Zona II

Liguria, Toscana, Umbria, Lazio,
Sardegna, Campania, Basilicata

$$T_{\min} = -8 - 6 \cdot a_s / 1000 \quad T_{\max} = 42 - 2 \cdot a_s / 1000$$

Zona III

Marche, Abruzzo, Molise, Puglia

$$T_{\min} = -8 - 7 \cdot a_s / 1000 \quad T_{\max} = 42 - 0.3 \cdot a_s / 1000$$

Zona IV

Calabria, Sicilia

$$T_{\min} = -2 - 9 \cdot a_s / 1000 \quad T_{\max} = 42 - 2 \cdot a_s / 1000$$

Se necessario, aspetti specifici e locali dovranno essere definiti singolarmente.

Azioni sulle costruzioni

Valutazione della temperatura esterna alle costruzioni

Se la massima (minima) temperatura dell'aria all'ombra, $T_{\max,p}$ ($T_{\min,p}$) è basata su una probabilità annua di essere superata p diversa da 0.02, essa può essere determinata mediante le relazioni:

$$T_{\max,p} = T_{\max} \left\{ k_1 - k_2 \ln \left[-\ln (1 - p) \right] \right\}$$

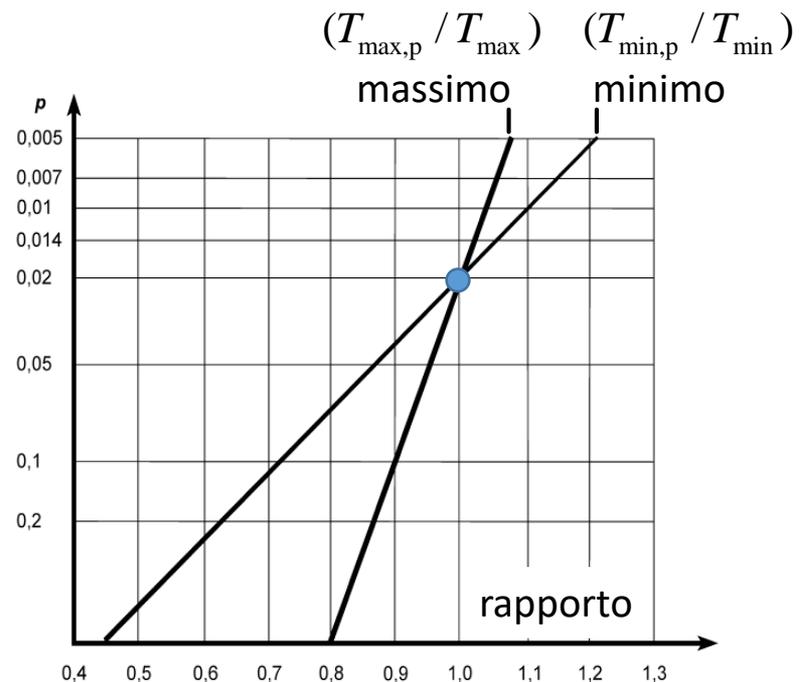
$$T_{\min,p} = T_{\min} \left\{ k_3 - k_4 \ln \left[-\ln (1 - p) \right] \right\}$$

Se non sono disponibili altre informazioni, si possono assumere i seguenti valori:

$$k_1 = 0.781 \quad k_2 = 0.056$$

$$k_3 = 0.393 \quad k_4 = -0.156$$

Nota: Il rapporto $T_{\min,p}/T_{\min}$ va considerato solo se T_{\min} è negativo



Azioni sulle costruzioni

Valutazione della temperatura esterna alle costruzioni

ΔT_{irr} (contributo di irraggiamento solare)
è valutato mediante la seguente tabella:

Stagione	Natura della superficie	Incremento di temperatura	
		Superfici esposte a Nord-est	Superfici esposte a Sud-ovest o orizzontali
Estate	Superficie riflettente	0° C	18° C
	Superficie chiara	2° C	30° C
	Superficie scura	4° C	42° C
Inverno		0° C	0° C

Azioni sulle costruzioni

Distribuzione della temperatura negli elementi

- Secondo l'Eurocodice 1, le azioni termiche sugli edifici causate da variazioni di temperature climatiche e operative devono essere considerate nella progettazione degli edifici dove c'è la possibilità che lo stato limite ultimo o di esercizio siano superati a causa degli spostamenti termici e/o sforzi termici.
- Secondo la normativa italiana (NTC08), nel caso in cui la temperatura non costituisca azione fondamentale per la sicurezza o per l'efficienza funzionale della struttura, è consentito tener conto, per gli edifici, della sola componente ΔT_u

Tipo di struttura	ΔT_u
Strutture in c.a. e c.a.p. esposte	$\pm 15^\circ\text{C}$
Strutture in c.a. e c.a.p. protette	$\pm 10^\circ\text{C}$
Strutture in acciaio esposte	$\pm 25^\circ\text{C}$
Strutture in acciaio protette	$\pm 15^\circ\text{C}$

Azioni sulle costruzioni

Effetti delle azioni termiche

Per la valutazione degli effetti delle azioni termiche, si potrà fare riferimento ai coefficienti di dilatazione termica α_T

Materiale	α_T [$10^{-6}/^{\circ}\text{C}$]	Materiale	α_T [$10^{-6}/^{\circ}\text{C}$]
Alluminio	24	Cls alleggerito	7
Acciaio da carpenteria	12	Muratura	6 ÷ 10
Cls strutturale	10	Legno (parallelo fibre)	5
Strutture acciaio-clc	12	Legno (ortog. fibre)	30 ÷ 70

Azioni termiche nei ponti

Azione termica nei ponti

Classificazione degli impalcati da ponte

Ai fini della valutazione degli effetti termici, gli impalcati da ponte sono classificati in tre tipi

Tipo	Impalcato	Struttura
1	Impalcato di acciaio	Trave scatolare di acciaio
		Trave reticolare o a parete piena
2	Impalcato a struttura composta	
3	Impalcato di calcestruzzo	Piastra di calcestruzzo
		Trave di calcestruzzo
		Trave scatolare di calcestruzzo

Azione termica nei ponti

Componente di temperatura uniforme

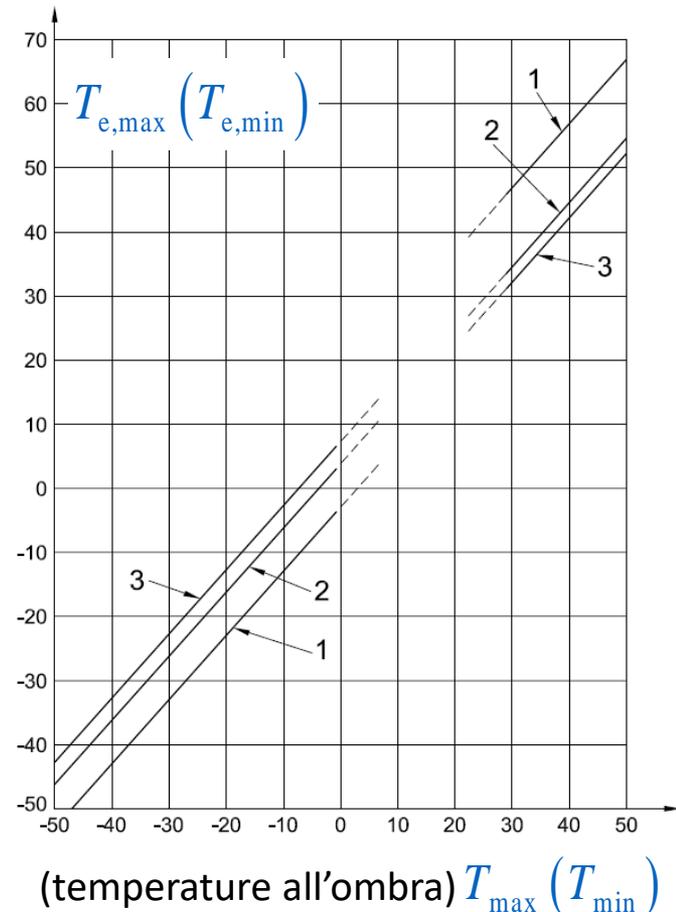
La componente di temperatura uniforme dipende dalla minima e dalla massima temperatura che un ponte raggiunge.

Le minime e massime componenti di temperatura uniforme

$$T_{e,\min} \quad T_{e,\max}$$

sono determinate in funzione del tipo di impalcato.

Nota: per travi di acciaio reticolari a parete piena il valore massimo dato per il tipo 1 può essere ridotto di 3 °C.



Azione termica nei ponti

Componente di temperatura uniforme

Il valore caratteristico dell'intervallo di massima contrazione della componente di temperatura uniforme del ponte è

$$\Delta T_{N,\text{con}} = T_0 - T_{e,\text{min}}$$

mentre quello di massima espansione è

$$\Delta T_{N,\text{exp}} = T_{e,\text{max}} - T_0$$

Nota !

Per appoggi e giunti di espansione

i valori raccomandati sono $(\Delta T_{N,\text{exp}} + 20)^\circ\text{C}$ e $(\Delta T_{N,\text{con}} + 20)^\circ\text{C}$.

Se la temperatura a cui gli appoggi e i giunti di espansione sono calibrati è specificata, i valori raccomandati sono $(\Delta T_{N,\text{exp}} + 10)^\circ\text{C}$ e $(\Delta T_{N,\text{con}} + 10)^\circ\text{C}$.

Azione termica nei ponti

Componente verticale di ΔT – approccio 1

L'effetto di una variazione di temperatura in verticale è considerato attraverso l'utilizzo di una componente di differenza di temperatura lineare equivalente ($\Delta T_{M,heat}$ e $\Delta T_{M,cool}$).

Questi valori ($\Delta T_{M,heat}$ e $\Delta T_{M,cool}$) devono essere applicati tra la superficie superiore ed inferiore dell'impalcato da ponte e sono valutati con la seguente relazione

$$\Delta T_{M,heat} = \Delta T_{M,heat}^{base} k_{sur}$$

$$\Delta T_{M,cool} = \Delta T_{M,cool}^{base} k_{sur}$$

Azione termica nei ponti

Componente verticale di ΔT – approccio 1

I valori base di $\Delta T_{M,heat}$ e $\Delta T_{M,cool}$ sono :

Tipo	Parte superiore più calda della parte inferiore	Parte inferiore più calda della parte superiore
	$\Delta T_{M,heat}$	$\Delta T_{M,cool}$
1 Impalcato di acciaio	18	13
2 Impalcato a struttura composta	15	18
3 Impalcato di calcestruzzo		
- trave scatolare di calcestruzzo	10	5
- trave di calcestruzzo	15	8
- piastra di calcestruzzo	15	8

Nota ! I valori forniti sono basati su una profondità di rivestimento di 50 mm per ponti ferroviari e stradali. Per altre profondità del rivestimento, questi valori devono essere moltiplicati per k_{sur}

Azione termica nei ponti

Componente verticale di ΔT – approccio 1

I valori del coefficiente k_{sur} (mm) sono :

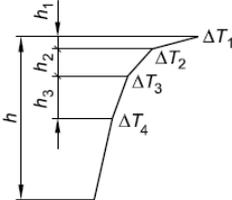
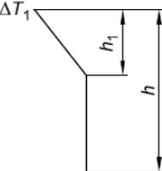
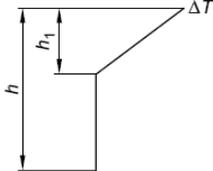
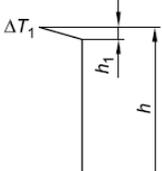
Spessore della superficie	Tipo 1		Tipo 2		Tipo 3	
	Parte superiore più calda della parte inferiore	Parte inferiore più calda della parte superiore	Parte superiore più calda della parte inferiore	Parte inferiore più calda della parte superiore	Parte superiore più calda della parte inferiore	Parte inferiore più calda della parte superiore
Non rivestito	0.7	0.9	0.9	1.0	0.8	1.1
Impermeabilizzato	1.6	0.6	1.1	0.9	1.5	1.0
50	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
100	0.7	1.2	1.0	1.0	0.7	1.0
150	0.7	1.2	1.0	1.0	0.5	1.0
Massicciata (750 mm)	0.6	1.4	0.8	1.2	0.6	1.0

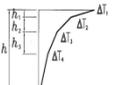
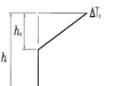
Nota ! I valori forniti rappresentano i valori limite superiori per colori scuri

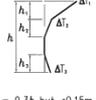
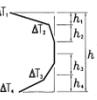
Azione termica nei ponti

Componente verticale di ΔT – approccio 2

L'effetto di una variazione di temperatura in verticale è considerato includendo una componente di differenza di temperatura non lineare.

Type of Construction	Temperature difference (ΔT)	
	(a) Heating	(b) Cooling
 <p>1a. Steel deck on steel box girders 1 40 mm surfacing</p>	 <p>$\Delta T_1 = 24^\circ\text{C}$ $h_1 = 0,1\text{m}$ $\Delta T_2 = 14^\circ\text{C}$ $h_2 = 0,2\text{m}$ $\Delta T_3 = 8^\circ\text{C}$ $h_3 = 0,3\text{m}$ $\Delta T_4 = 4^\circ\text{C}$</p>	 <p>$\Delta T_1 = -6^\circ\text{C}$ $h_1 = 0,5\text{m}$</p>
 <p>1b. Steel deck on steel truss or plate girders 1 40 mm surfacing</p>	 <p>$\Delta T_1 = 21^\circ\text{C}$ $h_1 = 0,5\text{m}$</p>	 <p>$\Delta T_1 = -5^\circ\text{C}$ $h_1 = 0,1\text{m}$</p>

Type of Construction	Temperature Differ	
	(a) Heating	
 <p>1a. Steel deck on steel box girders</p>	 <p>$\Delta T_1 = 24^\circ\text{C}$ $h_1 = 0,1\text{m}$ $\Delta T_2 = 14^\circ\text{C}$ $h_2 = 0,2\text{m}$ $\Delta T_3 = 8^\circ\text{C}$ $h_3 = 0,3\text{m}$ $\Delta T_4 = 4^\circ\text{C}$</p>	Δ
 <p>1b. Steel deck on steel truss or plate girders</p>	 <p>$h_1 = 0,5\text{m}$ $\Delta T_1 = 21^\circ\text{C}$</p>	Δ

Temperature Difference (ΔT)																																									
(a) Heating	(b) Cooling																																								
 <p>$h_1 = 0,3h$ but $\leq 0,15\text{m}$ $h_2 = 0,3h$ but $\geq 0,10\text{m}$ but $\leq 0,25\text{m}$ $h_3 = 0,3h$ but $\leq 0,10\text{m}$ + surfacing depth in metres) or thin slabs. h_3 is limited / $h - h_1 - h_2$</p>	 <p>$h_1 = h_2 = 0,20h$ but $\leq 0,25\text{m}$ $h_3 = h_4 = 0,25h$ but $\leq 0,20\text{m}$</p>																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>h</th> <th>ΔT_1</th> <th>ΔT_2</th> <th>ΔT_3</th> <th>ΔT_4</th> </tr> <tr> <td>m</td> <td>$^\circ\text{C}$</td> <td>$^\circ\text{C}$</td> <td>$^\circ\text{C}$</td> <td>$^\circ\text{C}$</td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>$\leq 0,2$</td> <td>-2,0</td> <td>-0,5</td> <td>-0,5</td> <td>-1,5</td> </tr> <tr> <td>0,4</td> <td>-4,5</td> <td>-1,4</td> <td>-1,0</td> <td>-3,5</td> </tr> <tr> <td>0,6</td> <td>-6,5</td> <td>-1,8</td> <td>-1,5</td> <td>-5,0</td> </tr> <tr> <td>0,8</td> <td>-7,6</td> <td>-1,7</td> <td>-1,5</td> <td>-6,0</td> </tr> <tr> <td>1,0</td> <td>-8,0</td> <td>-1,5</td> <td>-1,5</td> <td>-6,3</td> </tr> <tr> <td>$\geq 1,5$</td> <td>-8,4</td> <td>-0,5</td> <td>-1,0</td> <td>-6,5</td> </tr> </tbody> </table>	h	ΔT_1	ΔT_2	ΔT_3	ΔT_4	m	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$	$\leq 0,2$	-2,0	-0,5	-0,5	-1,5	0,4	-4,5	-1,4	-1,0	-3,5	0,6	-6,5	-1,8	-1,5	-5,0	0,8	-7,6	-1,7	-1,5	-6,0	1,0	-8,0	-1,5	-1,5	-6,3	$\geq 1,5$	-8,4	-0,5	-1,0	-6,5	
h	ΔT_1	ΔT_2	ΔT_3	ΔT_4																																					
m	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$	$^\circ\text{C}$																																					
$\leq 0,2$	-2,0	-0,5	-0,5	-1,5																																					
0,4	-4,5	-1,4	-1,0	-3,5																																					
0,6	-6,5	-1,8	-1,5	-5,0																																					
0,8	-7,6	-1,7	-1,5	-6,0																																					
1,0	-8,0	-1,5	-1,5	-6,3																																					
$\geq 1,5$	-8,4	-0,5	-1,0	-6,5																																					

Azione termica nei ponti

Componente orizzontale di ΔT

Nel caso in cui un lato del ponte è più esposto alla luce dell'altro si raccomanda di considerare una componente di differenza di temperatura orizzontale.

Nota !

Il valore consigliato della differenza di temperatura è 5 °C.

Azione termica nei ponti

Componente ΔT all'interno di setti di travi scatolari

Nel caso di travi scatolari da ponte di cls molto larghe si raccomanda di considerare differenze di temperatura tra pareti esterne ed interne.

Nota !

Il valore consigliato per tale differenza di temperatura è di 15 °C.

Azione termica nei ponti

Componente ΔT all'interno di pile

Per pile di calcestruzzo si raccomanda che sia considerata una differenza lineare di temperatura tra le opposte facce esterne.

Nota !

Il valore suggerito di differenza di temperatura è 5 °C.

Per le pareti di pile cave si raccomanda che sia considerata la differenza di temperatura tra le facce interna ed esterna.

Nota !

Il valore suggerito per la differenza di temperatura è di 15 °C.

Azione termica nei ponti

Differenza nella componente uniforme tra diversi elementi

Nelle strutture dove le differenze nella componente uniforme di temperatura tra differenti tipi di elementi può causare effetti di carico sfavorevoli, si raccomanda che questi effetti siano considerati.

Nota !

I valori raccomandati per le differenze nella componente di temperatura uniforme sono:

- 15 °C tra gli elementi strutturali principali (es. tirante e arco)
- 10 °C e 20 °C tra cavi sospesi e impalcato (o torre)
 rispettivamente per colori chiari o scuri.

Questi effetti devono essere considerati in aggiunta a quelli risultanti dalla componente di temperatura uniforme in tutti gli elementi.

Azione termica nei ponti

Simultaneità delle componenti di temperatura

Se è necessario tener conto

sia della variazione di temperatura ($\Delta T_{M,heat}$ o $\Delta T_{M,cool}$)
sia della componente uniforme ($\Delta T_{N,exp}$ o $\Delta T_{N,con}$)

possono essere utilizzate le seguenti relazioni di combinazione

$$\Delta T_{M,heat} + \omega_N \Delta T_{N,exp}$$

$$\omega_M \Delta T_{M,heat} + \Delta T_{N,exp}$$

dove :

$$\omega_N = 0.35$$

$$\omega_M = 0.75$$

Azione termica nei ponti

Sollecitazioni termiche

Per effetto di una distribuzione di temperatura, possono nascere nell'impalcato (inteso come trave) :

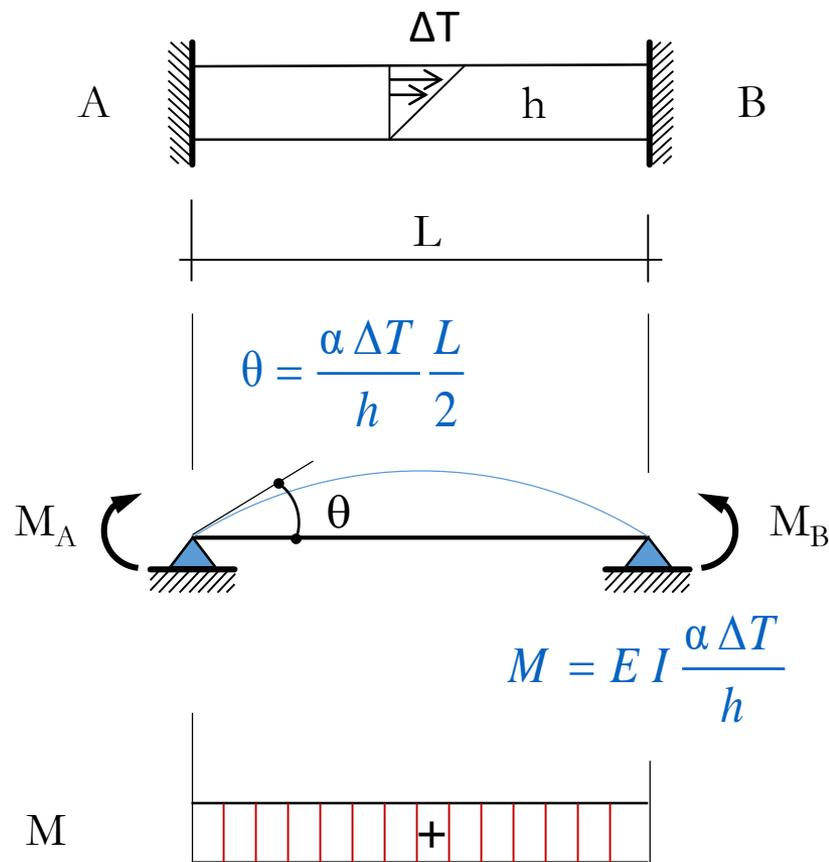
- Sollecitazioni longitudinali
- Sollecitazioni trasversali

Sollecitazioni termiche longitudinali

- Variazioni termiche ΔT variabili linearmente producono :
 - spostamenti nelle strutture isostatiche
 - sollecitazioni nelle strutture iperstatiche
- Variazioni termiche ΔT variabili in modo non lineare producono :
 - stati tensionali anche nelle strutture isostatiche

Sollecitazioni termiche longitudinali

Esempio 1



Esempio

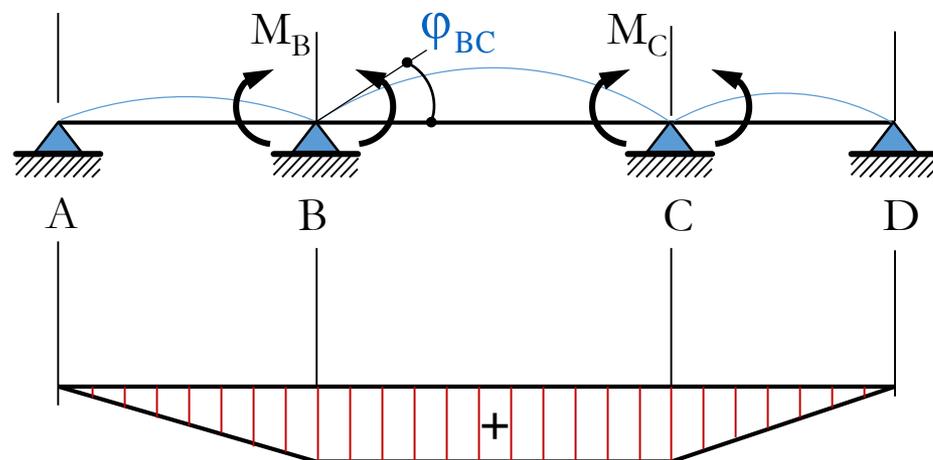
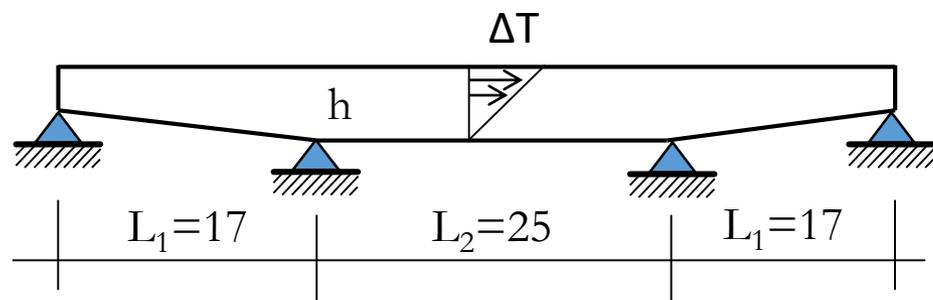
Trave incastrata soggetta a distorsione termica variabile linearmente

La variazione termica provoca sollecitazioni nella struttura iperstatica.

Essendo T variabile linearmente il momento risulta costante lungo tutta la sezione.

Sollecitazioni termiche longitudinali

Esempio 2



$$M = 2.05 \text{ MNm}$$

Esempio

Ponte a tre campate soggetto a distorsione termica variabile linearmente ($\Delta T=10^\circ\text{C}$)

L'altezza dell'impalcato varia linearmente da 1 m ad 1.5 m. Per i materiali si assume $E=30 \text{ GPa}$ e $\alpha=10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{C}$.

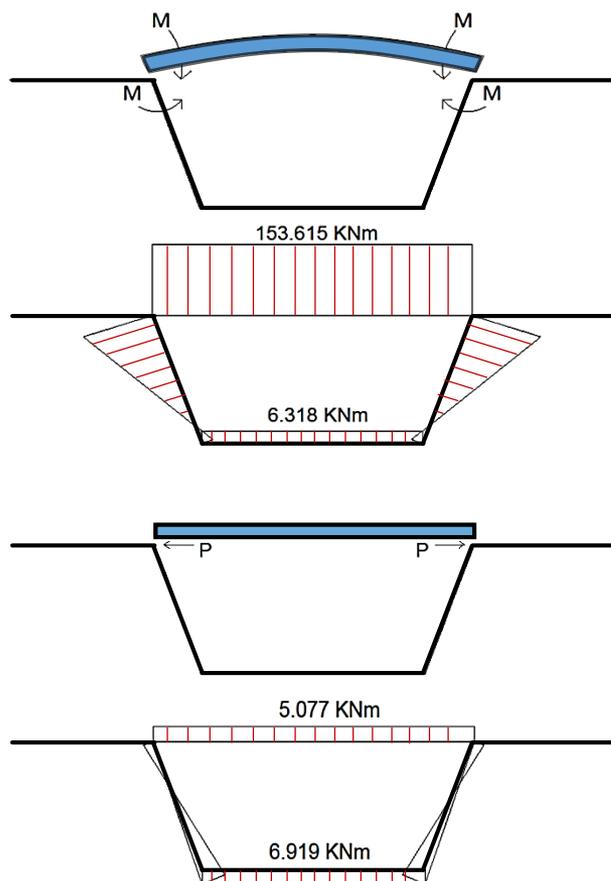
$$\phi_{BC} = \int_0^{L/2} \chi dx = \frac{\alpha \Delta T}{h} \int_0^{L/2} dx = 8.33 \cdot 10^{-4}$$

Sollecitazioni termiche trasversali

Nascono nel piano ortogonale all'asse del ponte e riguardano quegli impalcati la cui sezione è riconducibile ad un telaio chiuso, cioè le sezioni a cassone.

Sollecitazioni termiche trasversali

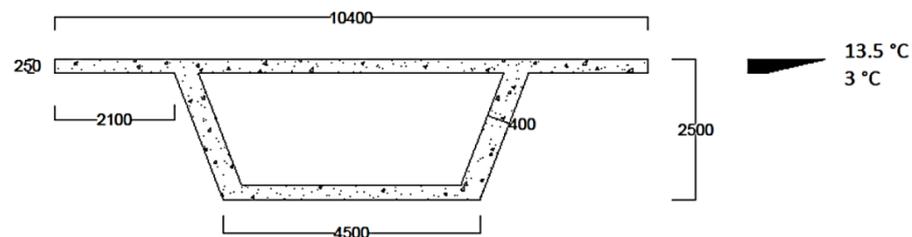
Esempio 1



Esempio

Trave a cassone soggetta a distorsione termica variabile linearmente.

Sezione



Principali riferimenti

- ❑ Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni. D.M. 17 gennaio 2018 pubblicato sul Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20 febbraio 2018 - Serie generale
- ❑ Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici pubblicata sul Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 35 del 11 febbraio 2019 - Serie generale
- ❑ Gulvanessian H., Formichi P., Calgaro J.A.
Guida all'Eurocodice 1. Azioni sulle strutture: EN 1991-1.1 e da 1.3 a 1.7.
2011 Editore EPC Libri
ISBN: 978-88-6310-271-0
- ❑ Calgaro J.A., Tschumi M., Gulvanessian H.
Designer's guide to Eurocode 1: EN 1991-2, EN 1991-1.1 -1-3 to -1-7
and EN 1990 Annex A2
2010 Thomas telford
ISBN: 0-7277-3158-6

FINE