



Roma 27 Ottobre 2009
Sapienza Università di Roma
Aula delle Lauree della Facoltà di Architettura “Valle Giulia”
Sede Centrale – Via Gramsci, 53 – Roma

**La progettazione delle grandi opere e gli interventi sulle strutture esistenti:
l'approccio delle principali normative Europee e Nordamericane**

“Normative Internazionali: esperienze ed aspettative del mondo professionale”

Prof. Antonio Grimaldi – Membro Giunta Esecutiva OICE
Università di Roma Tor Vergata

- 1 ATTIVITA' DEGLI ASSOCIATI OICE**

- 2 ESPERIENZE DI SOCIETA' DI INGEGNERIA NELLA
 PROGETTAZIONE STRUTTURALE IN PAESI ESTERI**

- 3 SVILUPPO DELLE NORMATIVE E DELLE METODOLOGIE DI
 PROGETTAZIONE**

- 4 CONCLUSIONI**

La Storia dell'OICE

- **L'OICE, acronimo di Organizzazione di Ingegneri Consulenti operanti all'Estero, nasce nel 1965.**
- **Soci fondatori furono: ALPINA, COMTEC, ELC ELECTROCONSULT, IN.CO., IFAGRARIA, ITALCONSULT, NUOVO CASTORO, O.T.E., O.T.I., PIRO & C., PONTI-FORNAROLI-ROSSELLI, SAUTI, SOCIETA' ITALIANA IMPIANTI, STAIM, STUDIO D'INGEGNERIA CARLO LOTTI & C., STUDIO TECNICO MORANDI, TECHINT, TEKNE, TOURCONSULT, VALTOLINA RUSCONI CLERICI.**

La Storia - Anni Settanta

- **Ingegneria pura (Consulting Engineering)**

Grandi Strutture e Opere Civili :

**PierLuigi Nervi, Riccardo Morandi, Silvano Zorzi, Sergio Musmeci,
Carlo Lotti**

- **Ingegneria industriale (Engineering and Contracting)**

Grandi Impianti nel settore petrolchimico

ENI, MONTEDISON, TECNIMONT, SNAM PROGETTI

La Storia



Bridge over lake Maracaibo in Venezuela, five main spans of 235 metres (1961), R. Morandi

La Storia

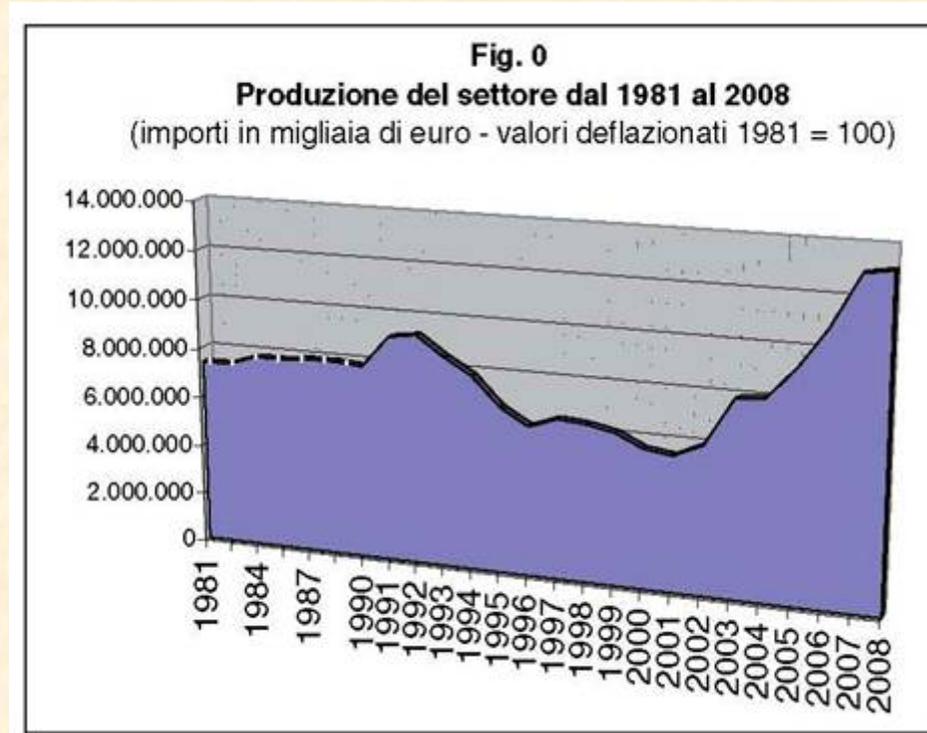


Sfalassa ravine viaduct in Italy, 376 metres span between pier centre lines (1973), S. Zorzi, L. Lonardo and S. Procaccia. The largest frame bridge in the world.

Il Contesto Attuale dell'Ingegneria Organizzata

- **organizzazioni o società di “consulting engineering” (CE)**, che prestano esclusivamente servizi di “ingegneria pura” (IP), venduti a terzi : Jacobs Italia, Italferr, Spea Ingegneria Europea, Technital, D'Apollonia, Sina, Proger, Agriconsulting, Golder Associates, Net Engineering, Studio Altieri, Thetis, C.Lotti & Associati, Favero & Milan Ingegneria, Intertecno, Al Studio; Bonifica, Studio Valle Progettazioni, TEI, Politecnica-Ingegneria ed Architettura, Manens Intertecnica
- **organizzazioni o società di “engineering & contracting” (E&C)**, che prestano servizi di ingegneria e costruzioni : Saipem/Divisione On Shore, Maire Tecnimont, Technip Italy, Technit, Foster Wheeler Italiana, Technip Kti, ABB/Process Automation Division, Alstom Power Italia, Fata, Siirtec Nigi, Sudprogetti
- **Dati OICE 2008**
 - 600 associati con 24000 addetti
 - fatturato di circa 14 MLD euro

Il Contesto Attuale dell'Ingegneria Organizzata



Il Contesto Attuale dell'Ingegneria Organizzata

PRINCIPALI INDICATORI DEL SETTORE INGEGNERIA DAL 2000 AL 2008

	Importi in milioni di euro									Variaz. %
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2007/08
Produzione	4.677,0	4.671,4	5.241,3	7.087,5	7.335,6	8.614,7	10.314,7	12.543,0	13.132,5	4,7%
<i>in Italia</i>	36,2%	44,6%	40,5%	41,3%	45,7%	47,7%	40,3%	31,5%	27,8%	-
<i>all'estero</i>	63,8%	55,4%	59,5%	58,7%	54,3%	52,3%	59,7%	68,5%	72,2%	-
Contratti	5.755,9	5.757,0	6.539,9	6.691,7	5.928,8	12.387,8	13.169,7	17.334,4	17.161,0	-1,0%
<i>in Italia</i>	62,5%	24,5%	24,7%	40,5%	48,5%	36,1%	29,0%	23,6%	11,1%	-
<i>all'estero</i>	37,5%	75,5%	75,3%	59,5%	51,5%	63,9%	71,0%	76,4%	88,9%	-
Portafoglio Ordini	9.408,8	11.283,6	12.536,1	12.917,8	10.721,8	17.618,7	20.197,1	23.801,7	27.776,6	16,7%
<i>in Italia</i>	57,8%	51,9%	47,1%	50,4%	58,9%	50,1%	39,1%	42,8%	12,5%	-
<i>all'estero</i>	42,2%	48,1%	52,9%	49,6%	41,1%	49,9%	60,9%	57,2%	87,5%	-
Addetti (n. di unità)	14.772	14.858	15.467	16.189	18.590	22.411	21.656	22.537	24.227	7,5%

Elaborazioni di Guamari su dati forniti dalle società all'Oice

2 Esperienze di società di ingegneria nella progettazione strutturale in paesi esteri

- Ingegneria Civile : grandi opere infrastrutturali (ponti, viadotti, gallerie, opere idrauliche, dighe)
- Ingegneria Industriale : grandi impianti petrolchimici (fondazioni serbatoi, vasche, edifici industriali)

C.LOTTI & ASSOCIATI

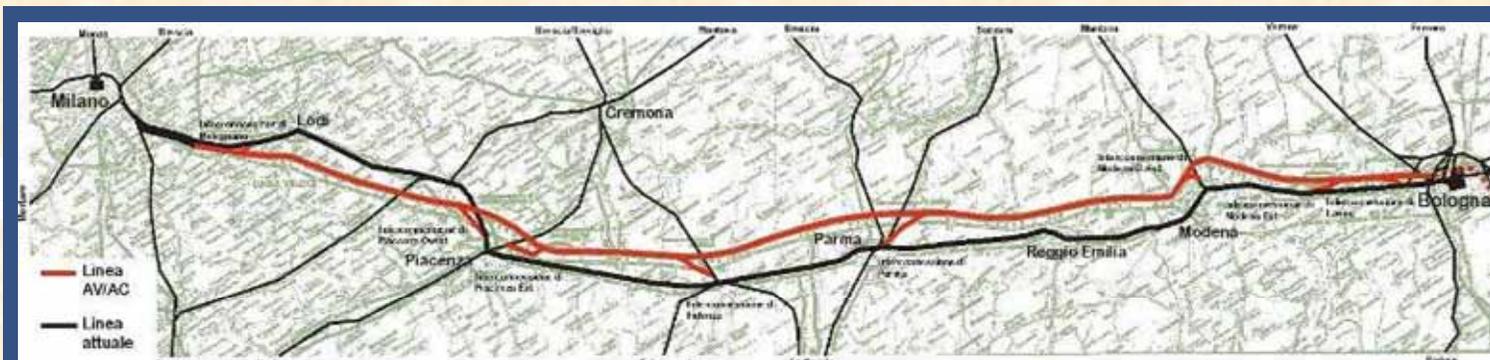
PRESENZA NEL MONDO



- | | | | | | | | | | |
|----------------|----------------------|----------------|-------------|---------------|---------|------------|----------------|--------------|--------------|
| Afghanistan | Bosnia & Herzegovina | Congo | Ethiopia | Guinea Bissau | Kenya | Mauritania | Pakistan | Sierra Leone | Turkmenistan |
| Albania | Brazil | Costa d'Avorio | Philippines | Honduras | Korea | Mauritius | Peru | Syria | Ukraine |
| Algeria | Burkina Faso | Costa Rica | Gabon | Haiti | Laos | Moldavia | Czech Republic | Somalia | Vietnam |
| Arabia Saudita | Burundi | Croatia | Ghana | Indonesia | Lebanon | Mongolia | Dominican Rep. | Spain | Zaire |
| Armenia | Cameroon | Cuba | Gibuti | Iran | Libya | Nepal | Romania | Thailand | Zambia |
| Argentina | Capo Verde | Ecuador | Jordan | Iraq | Malawi | Nicaragua | Rwanda | Tanzania | |
| Bangladesh | Chad | Egypt | Guatemala | Italy | Mali | Niger | Russia | Togo | |
| Birmania | China | El Salvador | Guinea | Yugoslavia | Morocco | Nigeria | Senegal | Tunisia | |

C.LOTTI & ASSOCIATI

FERROVIA ALTA VELOCITÀ



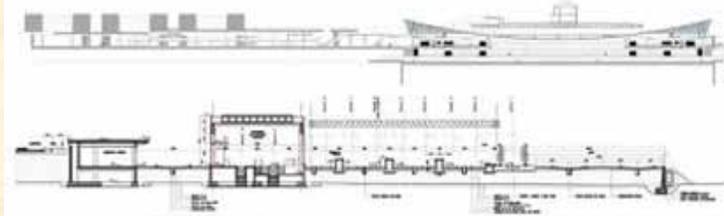
- Alta Velocità Milano-Bologna
- Progetto esecutivo

C.LOTTI & ASSOCIATI

TRAMS, FERROVIA LEGGERA E METROPOLITANE



Metropolitana Linea B, Roma
Progetto preliminare e definitivo



C.LOTTI & ASSOCIATI

STRADE E AUTOSTRAD



Svincolo stradale Is Pontis Paris, Sardegna
Progetto esecutivo e Direzione Lavori



"Ponte della Musica" - Roma
Progetto definitivo e Direzione Lavori



C.LOTTI & ASSOCIATI

OPERE IDRAULICHE Dighe ed irrigazione

- Dighe e impianti idroelettrici
- Irrigazione, bonifiche e difesa del suolo

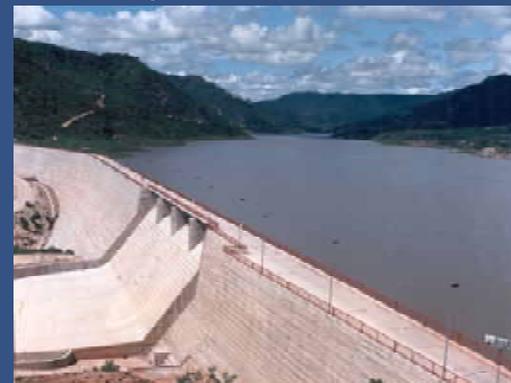
Diga di Bakolori, Nigeria



Diga del Pertusillo, Italia



Diga di Concepción, Honduras



C.LOTTI & ASSOCIATI

OPERE IDRAULICHE Acquedotti e Fognature



- Progetti svolti in più di 300 città per un totale di 35 milioni di abitanti serviti
- Assistenza Tecnica fornita ad Autorità locali in 30 paesi
- Corsi di formazione in 25 paesi



C.LOTTI & ASSOCIATI

OPERE IDRAULICHE
Progetto MOSE – Direzione Lavori



Venezia

Bocca di porto di Lido

Bocca di porto di Malamocco

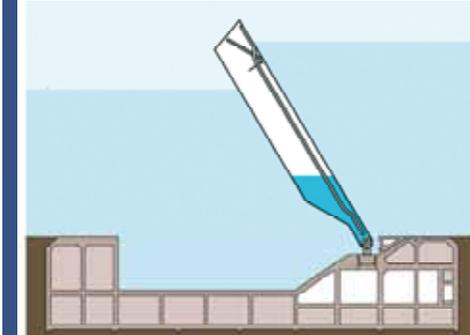
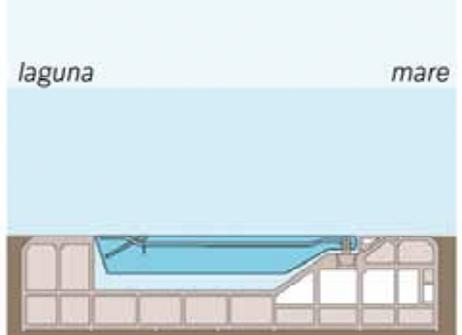
Bocca di porto di Chioggia



*Archivio Immagini
Magistrato alle Acque di Venezia -
Consorzio Venezia Nuova*

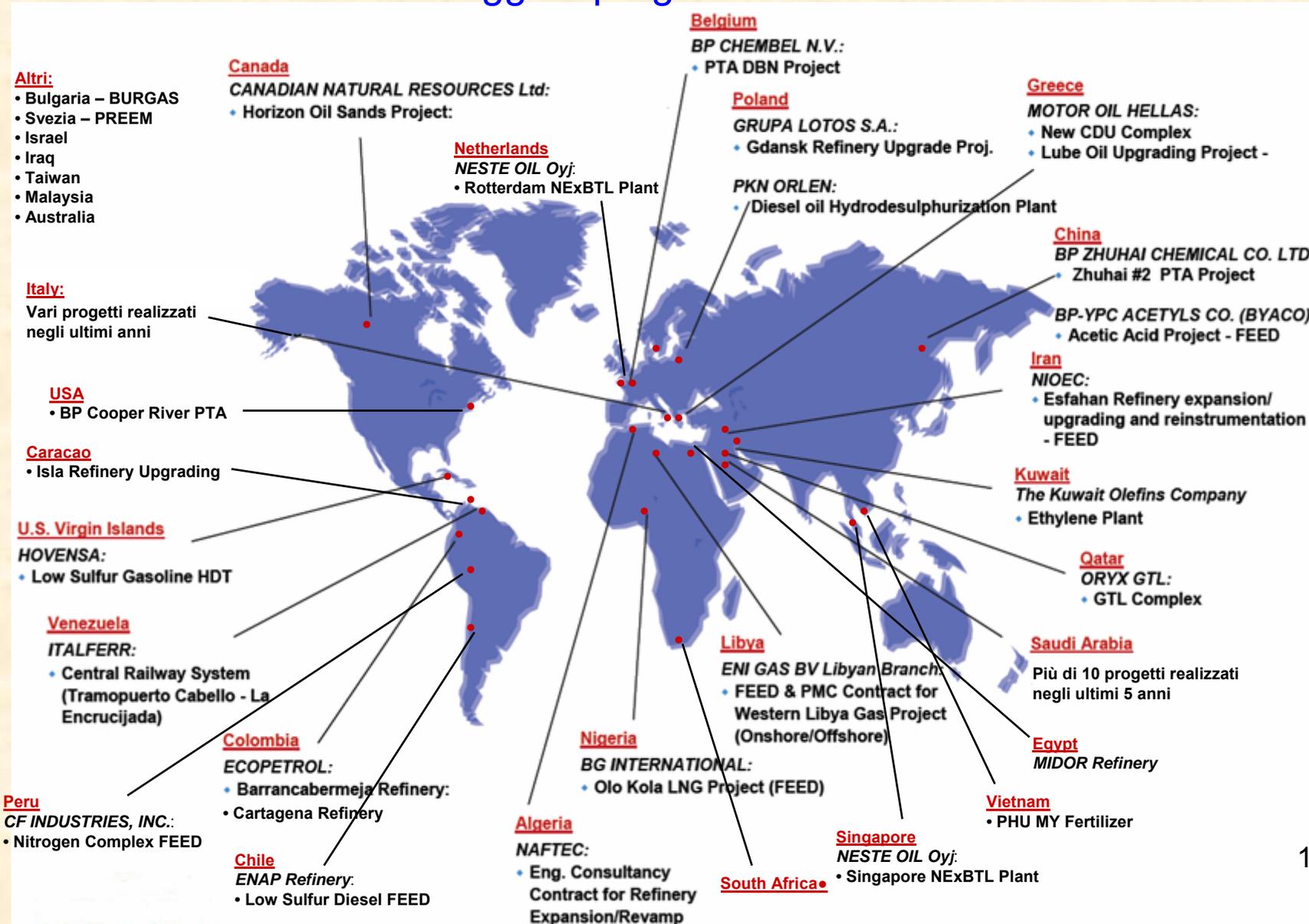
laguna mare

← immissione aria
⇨ espulsione acqua



TECHNIP ITALY

Panoramica dei maggiori progetti svolti o in corso nel mondo



TECHNIP ITALY

Normative e criteri di progettazione adottati per:

CNRL Primary Upgrading Project - Canada

In generale sono state usate per calcoli strutturali delle opere civili le specifiche del Cliente ed i codici locali. Detti codici sono strutturati sulla base dei codici americani.

- **AZIONI**
NBC: "Canadian National Building Code"
ABC: "Alberta Building Code"
- **CEMENTO ARMATO**
CSA A23.3 "Design of Concrete Structures"
- **EDIFICI**
NBC: "Canadian National Building Code"
ABC: "Alberta Building Code"
- **PECULIARITA'**
 - Struttura dei Coke Drums: 14m x 50 m in pianta. Altezza totale 120 m. E' formata da un banchetto di cemento armato alto 32 metri che sostiene i 4 coke drums (3600 t ciascuno in esercizio) e la struttura metallica (1800 t circa).
 - Temperatura Minima di progetto : -45°C
 - Profondità ghiaccio in inverno: 3,7m



TECHNIP ITALY

Normative e criteri di progettazione adottati per:

OL2K Ethylene Plant Project TKOL - Kuwait

In generale sono state usate per calcoli strutturali delle opere civili le specifiche del Cliente. Come ulteriore supporto, sono stati considerati i seguenti codici:

- **AZIONI**

UBC-1997 "Uniform Building Code"
ASCE 7 "Minimum Design Loads for Buildings and other Structures"

- **CEMENTO ARMATO**

ACI 318 "Building Code Requirements for structural concrete"

ACI 315 "Details and detailing for concrete reinforcement"

ACI 350 "Concrete Sanitary Engineering Structures"

- **EDIFICI**

UBC-1997 "Uniform Building Code"



TECHNIP

Normative e criteri di progettazione adottati per: ORYX GTL Plant - Qatar

In generale sono state usate per calcoli strutturali delle opere civili le specifiche del Cliente ed i codici inglesi BS.

- **AZIONI**
BS 6399 "Loadings for Building"
CP 3 Chapter V Part 2 "Code of Basic Data for Design of Buildings"
- **CEMENTO ARMATO**
BS 8110 "Code of Practice for Structural Use of Concrete "
- **PECULIARITA'**
Fondazione per reattori: 20m x 11m x 3m.
Altezza totale reattori 50m circa. Peso vuoto 2200t, in esercizio 4000t.



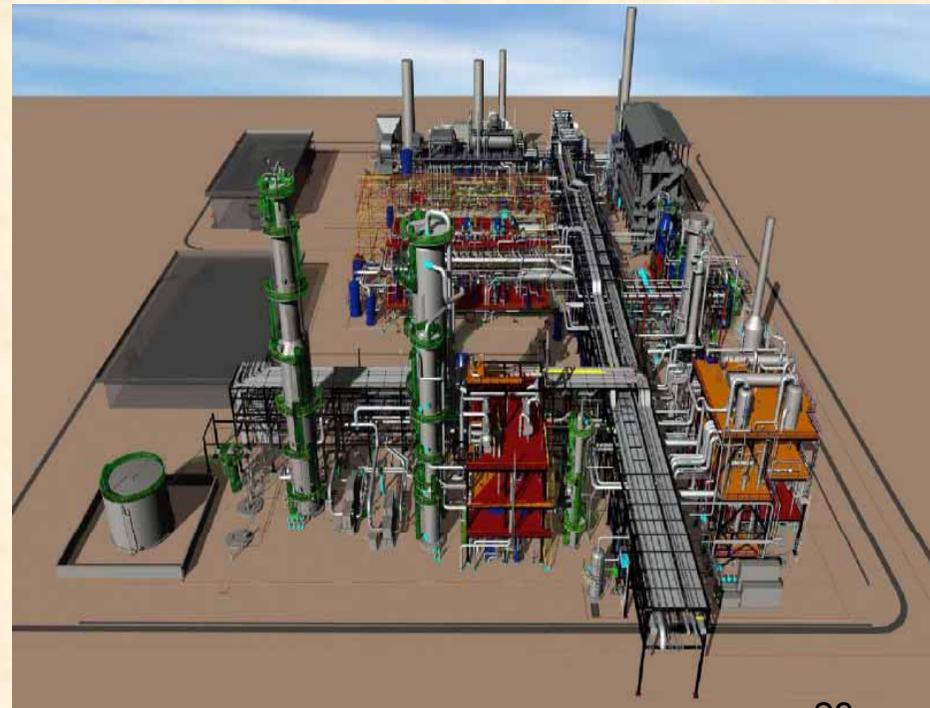
TECHNIP

Normative e criteri di progettazione adottati per:

CFI - Nitrogen Complex Plant FEED - Perù

Il cliente ha richiesto l'utilizzo della normativa più stringente tra quella americana e quella locale. Sono stati considerati i seguenti codici:

- **AZIONI**
ASCE 7 "Minimum Design Loads for Buildings and other Structures"
- **CEMENTO ARMATO**
ACI 318 "Building Code Requirements for structural concrete"
- **EDIFICI**
IBC-2006 "International Building Code"
RNE "Reglamento Nacional de Edificaciones - Perù"
- **PECULIARITA'**
 - Sito in zona sismica molto alta. Taglio alla base nell'ordine di 110%g. Periodo di ritorno 475 anni.
 - Studi specifici per valutare il rischio tsunami e presenza di faglie locali.
 - Progetto in fase di studio.



TECHNIP ITALY

Normative e criteri di progettazione adottati per:

Zhuhai #2 PTA Project - China

Per questo progetto è stata usata la normativa americana, con applicazione parziale del codice cinese (azioni). In altre esperienze, per consentire lo sviluppo dell'ingegneria di dettaglio direttamente da ditte locali è stato accettato interamente il codice cinese.

- **AZIONI**
ASCE 7 "Minimum Design Loads for Buildings and other Structures"
GB 50009 "Load code for the design of building structures"
- **CEMENTO ARMATO**
ACI 318 "Building Code Requirements for structural concrete"
GB 50010 "Code for Design of Concrete Structures"
- **EDIFICI**
UBC-1997 "Uniform Building Code"
GB 50016 "Code of Design on Building Fire Protection and Prevention"



TECHNIP ITALY

Normative e criteri di progettazione adottati per:

NESTE OIL Oyj Rotterdam NExBTL Plant - Netherlands

In generale sono state usate per i calcoli strutturali delle opere civili le “*European Directives Codes*” a supporto delle “*National Netherlands Codes NEN*”:

Nota: *I requisiti degli Eurocodici sono stati comparati con quelli delle Normative nazionali olandesi NEN e nei vari casi sono state applicate le più restrittive*

- **AZIONI**

EN 1991 “*Eurocode 1: Actions on structures*”

- **CEMENTO ARMATO**

EN 1990 “*Eurocode: Basis of structural design*”

EN 1996 “*Methods of testing cement*”

- **EDIFICI**

EN 1992-1-1 “*General Rules for Buildings*”



TECHNIP ITALY

Normative e criteri di progettazione adottati per:

NESTE OIL Oyj Singapore NexBTL Plant - Singapore

In generale sono state usate per i calcoli strutturali delle opere civili le “*Singapore & British Standards and Code of Practice*”, in particolare i seguenti codici:

- **AZIONI**

BS 6399 “*Loading for Building*”

CP 3 Chapter V Part 2 “*Code of Basic Data for Design of Buildings*”

- **CEMENTO ARMATO**

BS 8110 “*Code of Practice for Structural Use of Concrete*”

BS 4483 “*Steel Fabric for the Reinforcement of Concrete*”

BS 4449 “*Steel for the Reinforcement of Concrete. Weldable Reinforcing Steel Bar*”

Nota: *In caso di conflitti tra le due normative le “Singapore Standards and Code of Practice” sono state considerate prevalenti*



TECHNIP ITALY

Normative e criteri di progettazione adottati per:

PKN ORLEN Paraxylene Complex Plant,

Mild Hydrocracker Plant & Rose Plants - Lotos Refinery - Polonia

Sono state usati i codici locali che per quanto riguarda la progettazione di opere in cemento armato seguono le impostazioni dell'Eurocodice 2.

- **AZIONI**

PN-77/B-02011 "Loads in static calculations – Wind Loads"

PN-80/B-02010 "Loads in static calculations – Snow Loads"

PN-82/B-02000 e suc. "Actions on Building Structures"

PN-86/B-02015 "Building Loads – Variable Environmental Loads – Thermal Loads".

PN-87/B-03200 "Building Loads – Variable Environmental Loads – Ice Loads"

PN-90/B-03200 "Loads in static calculations – Snow Loads".

- **CEMENTO ARMATO**

PN B-03264: "Plain, Reinf. and Prestress. Structures – Static Calc. and design"



TECHNIP ITALY

Normative e criteri di progettazione adottati per:

SABIC Yansab Olefins Plant – Saudi Arabia

In generale sono state usate per i calcoli strutturali delle opere civili Standards e specifiche ricevute dal Cliente in aggiunta ai seguenti codici internazionali:

Nota: Qualora si presentassero conflitti tra le specifiche del Cliente e le normative internazionali citate, queste ultime sono state considerate prevalenti

- **AZIONI**
ASCE 7 "American Society of Civ. engineers"
- **CEMENTO ARMATO**
ACI 318-02M "Building Code Requirements for structural concrete"
ACI 350 "Concrete Sanitary Engineering Structures"
- **EDIFICI**
UBC-1997 "Uniform Building Code"



TECHNIP ITALY

Normative e criteri di progettazione adottati per:

PHU MY Fertilizer Plant - Vietnam

In generale sono state usate per calcoli strutturali delle opere civili le specifiche americane. Soltanto per le fondazioni delle macchine vibranti, come per quasi tutti i progetti che facciamo nel mondo le normative DIN tedesche sono state adoperate.

- **AZIONI**

UBC-1997 "Uniform Building Code"
ASCE 7 "Minimum Design Loads for Buildings and other Structures"

- **CEMENTO ARMATO**

ACI 318 "Building Code Requirements for structural concrete"

ACI 350 "Concrete Sanitary Engineering Structures"

- **EDIFICI**

UBC-1997 "Uniform Building Code"

- **FONDAZIONI PER MACCHINE VIBRANTI**

DIN 4024 "Machine Foundations"



TECHNIP ITALY

Normative e criteri di progettazione adottati per:

Corinth Refinery - Grecia

Sono state utilizzate le normative locali per quanto riguarda il calcolo del sisma e la progettazione del cemento armato, integrando nelle parti carenti con gli eurocodici.

- **AZIONI**

DIN 1055 (Part 4) "Wind loads on structures unsusceptible to vibration"

EN 1991 "Eurocode1: Actions on structures"

E.A.K. 2000 "Greek Seismic Code"

- **CEMENTO ARMATO**

EKΩΣ (2000) Greek Code for Reinforced Concrete - Rules for design and construction of reinforced concrete structures

- **PECULIARITA'**

-Sito in zona sismica alta. Taglio alla base nell'ordine di 60%g. Periodo di ritorno 475 anni.

-Da garantire la duttilità nel progetto del calcestruzzo.

-Nella foto: struttura in pianta 8mx8m, altezza 15m. Peso apparecchiatura in esercizio 160t.



TECHNIP ITALY

Normative e criteri di progettazione adottati per:

BP Cooper River – PTA Plant – Stati Uniti

In generale sono state usate per calcoli strutturali delle opere civili le specifiche del Cliente. Come ulteriore supporto, sono stati considerati i seguenti codici:

- **AZIONI**
UBC “Uniform Building Code”
ASCE 7 “Minimum Design Loads for Buildings and other Structures”
- **CEMENTO ARMATO**
ACI 318 “Building Code Requirements for structural concrete”
ACI 315 “Details and detailing for concrete reinforcement”
ACI 350 “Concrete Sanitary Engineering Structures”
- **EDIFICI**
UBC “Uniform Building Code”
- **PECULIARITA'**
-Progettazione in zona uragani: Velocità di progetto del vento: 160km/h



TECHNIP ITALY

	American Code ACI 318	Eurocode ENV-1992	Canadian Code CSA A23.3	British Code BS 8110
REQUISITI GENERALI	Basato sugli stati limiti ultimi. Coefficienti di maggiorazione dei carichi e di riduzione per i materiali. Non copre progettazione di ponti ne vasche.	Basato sugli stati limiti Coefficienti di maggiorazione dei carichi e di riduzione per i materiali. Organizzato in quattro parti: regole generali e per edifici, resistenza al fuoco, ponti e vasche	Basato sugli stati limiti ultimi. Coefficienti di maggiorazione dei carichi e di riduzione per i materiali. Non copre progettazione di ponti ne vasche.	Non copre la progettazione di ponti. Ciminiera, water e earth retaining structures sono coperte in altre BS.
APPROCCIO	Prescrittivo	Prestazionale	Prescrittivo	Prestazionale/Prescrittivo.
MATERIALI	Resistenza cls su cilindro	Resistenza su cilindro e (o) su cubo	Resistenza cls su cilindro	Cls resistenza caratteristica sul cubo (fcu)
CRITERI E REQUISITI DI DURABILITA'	Requisiti stringenti sul contenuto di ioni cloruro, ciclo gelo/disgelo, ambienti marini, sulfati	Si predilige l'utilizzo di maggior numero di barre di diametro piccolo. Calcolo del copriferro in funzione della classe di esposizione.	Requisiti stringenti sul contenuto di ioni cloruro, ciclo gelo/disgelo, ambienti marini, sulfati	Controllo fessurazione: Copriferro in funzione delle condizioni di esposizione, Classe del calcestruzzo, Dosaggio cemento, Contenuto acqua
CRITERI DI PROGETTAZIONE	Stati limite Ultimi	Stati limite ultimi e di esercizio	Stati limite Ultimi	Metodo raccomandato Stati limite (Ultimi e di Esercizio)

TECHNIP ITALY

	American Code ACI 318	Eurocode ENV-1992	Canadian Code CSA A23.3	British Code BS 8110
Pressoflessione	Diagramma rettangolare di pressioni nel cls. Massima def 0,3% . Possibilità di usare altri tipi di distribuzione di pressioni.	Diagramma scelto dal progettista. Massima deformazione del cls. in funzione della resistenza caratteristica. Eccentricità minima da portare in conto per sollecitazioni assiali.	Diagramma rettangolare di pressioni nel cls. Massima def 0,35% . Possibilità di usare altri tipi di distribuzione di pressioni.	Diagramma parabolico o rettangolare di pressioni nel cls. Massima def 0,35%
Armatura minima flessione	$A_{s,min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4f_y} b_w d$	$A_{s,min} = 0,26 b_t * d * f_{ctm} / f_{tyk}$ non meno di 0,0013bt * d	$A_{s,min} = \frac{0,2 \sqrt{f'_c}}{f_y} b_t h$	Armatura minima zona tesa : Sezioni rettangolari e nelle due direzioni di solette 100 As/Ac = 0,13 % Sezioni flangiate a "T" o a "L" in funzion
Deep beams	Da considerare quando rapporto luce netta / altezza trave inferiore a 4 . Distribuzione non lineare delle deformazioni.	Indica dei requisiti di armatura minimi agli appoggi	Da considerare quando rapporto luce netta / altezza trave inferiore a 2	Le BS 8110 per il design di travi e mensole tozze rimandano alla letteratura
Limiti d'armatura per pilastri	Minimo 1%, Massimo 8% dell'area del pilastro. In casi particolari il minimo può essere ulteriormente ridotto a 0,5%	$A_{s,min} = \frac{0,10 N_{Ed}}{f_{yd}}$ or 0,002 A _c	Minimo 1%, Massimo 8% dell'area del pilastro. In casi particolari il minimo può essere ulteriormente ridotto a 0,5%	Percentuale minima di armatura 100 As/Ac = 0,4% Percentuale massima di armature 6/8%

TECHNIP ITALY

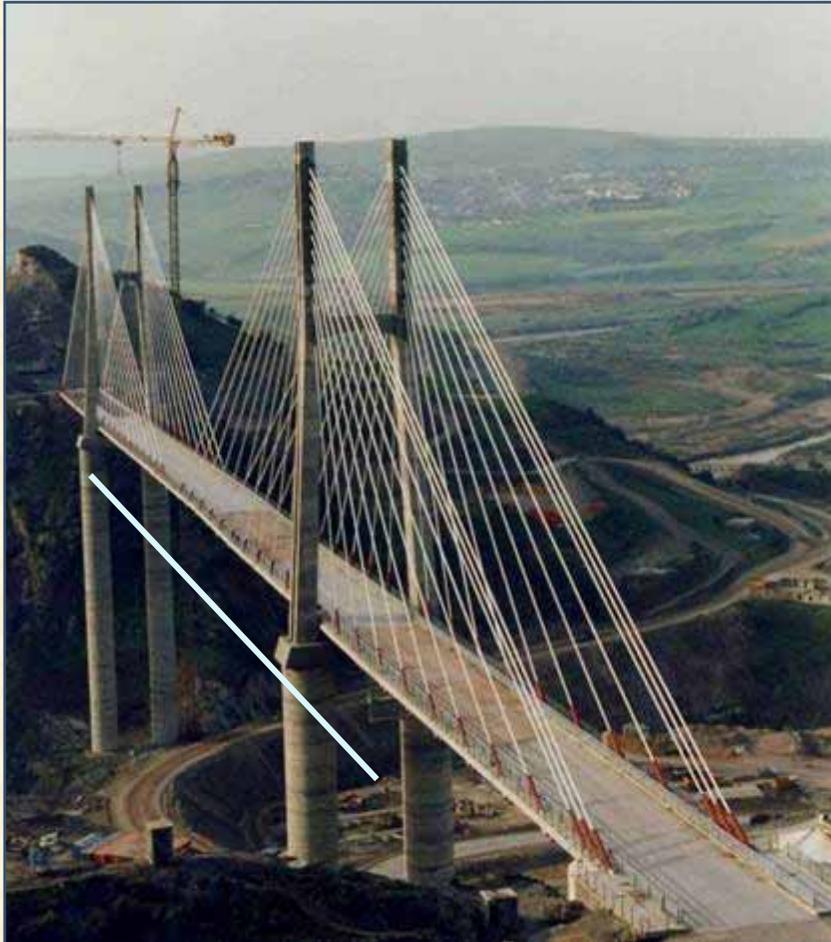
	American Code ACI 318	Eurocode ENV-1992	Canadian Code CSA A23.3	British Code BS 8110
Resistenza a taglio dal cls	Possibilità di considerarla nel calcolo	Quando si supera il valore di soglia, questo viene trascurato nella determinazione dell'armatura a taglio	Possibilità di considerarla nel calcolo	Equazione derivata dall'analogia del traliccio. Viene tenuto in conto il contributo del calcestruzzo compresso, delle armature longitudinali e delle armature a taglio.
Massima separazione tra staffe	0,5d (max)	0,75d (max)	600 oppure 0,7d (max) e 350 oppure 0,35d (min)	
Effetti di secondo ordine	Per sway frame $kl/r < 22$; superato tale limite si deve considerare gli effetti del 2°ordine calcolando un fattore di amplificazione del momento	Per colonne snelle va considerato il momento addizionale	Definizione di sway frame basata sul calcolo dell'inerzia della sezione fessurata, e del rapporto tra carichi verticali e carichi orizzontali. Superato il limite, viene considerato un momento addizionale indotto dalla deformazione.	Per colonne snelle (Vedi definizione sec 3,8,1,3) andrebbe considerato momento addizionale indotto dalla deformazione (vedi sec. 3,8,3)
DETTAGLI ARMATURA	Armatura di pelle per sezioni con spessori superiori a 900mm . Le barre dei pilastri devono essere confinate da staffe/spille almeno una si e una no.		Armatura di pelle per sezioni con spessori superiori a 750mm . Le barre dei pilastri devono essere confinate da staffe/spille almeno una si e una no.	Prescrizioni su interferri e interassi minimi e massimi per barre longitudinali e verticali. I dettagli su piegature raggi dei mandrini e tagli dei ferri sono contenuti nella BS 8666

TECHNIP ITALY

	American Code ACI 318	Eurocode ENV-1992	Canadian Code CSA A23.3	British Code BS 8110
Sovrapposizioni	basata su: posizione ferri, tipo di rivestimento, diametro di barra	basata su: forma delle barre, copriferro, confinamento e diametro di barra	basata su: posizione ferri, tipo di rivestimento, diametro di barra	Variabile in funzione della resistenza del calcestruzzo e della zona di sovrapposizione favorevole o no in zona compressa o tesa (vedi tab.3,27 BS 8110)
Pacchetto di barre	Le barre possono essere raggruppate in pacchetti di due tre o quattro barre a contatto, il gruppo di barre viene trattato come una singola barra equivalente. La sovrapposizione viene incrementata del 20% per gruppi di tre barre e del 33% per gruppi di qua	Per Pacchetti di tre barre si raccomanda che le singole barre siano sfalsate di 1,3lo (lo riferito alla barra singola). Si raccomanda di non sovrapporre pacchetti formati da quattro barre.		Le barre possono essere raggruppate in pacchetti di due tre o quattro barre a contatto, il gruppo di barre può essere trattato come una singola barra equivalente, in nessun caso e mai nelle sovrapposizioni ci dovrebbero essere più di quattro barre a conta
REQUISITI IN ZONE SISMICA	Armatura a taglio più fitta nelle zone di cerniere plastiche (0,25d). Limitazione nell'armatura massima dei pilastri a 6%.	Non sono coperti dal ENV-1992, rimanda all'ENV-1998	Armatura a taglio più fitta nelle zone di cerniere plastiche (0,25d). Limitazione nell'armatura massima dei pilastri a 6%.	Nessuno
ANCHORAGGI	Appendice dedicata alla progettazione degli ancoraggi	Rimanda a CEN/TS 1992-4-1	Appendice dedicata alla progettazione degli ancoraggi	Variabile da 35 diametri a 44 diametri in funzione della resistenza del calcestruzzo e della zona di ancoraggio (vedi tab.3,27 BS 8110)

M.P. PETRANGELI

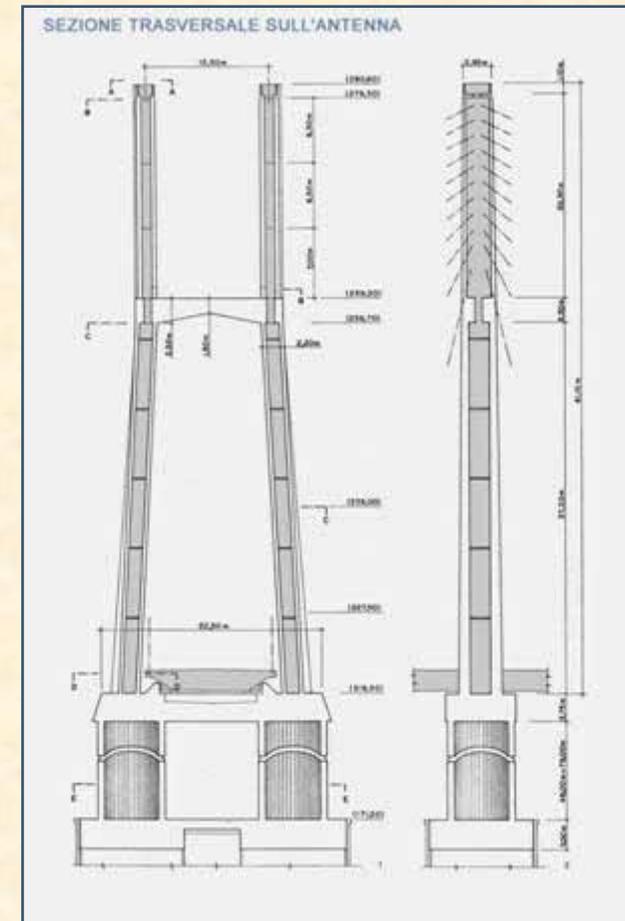
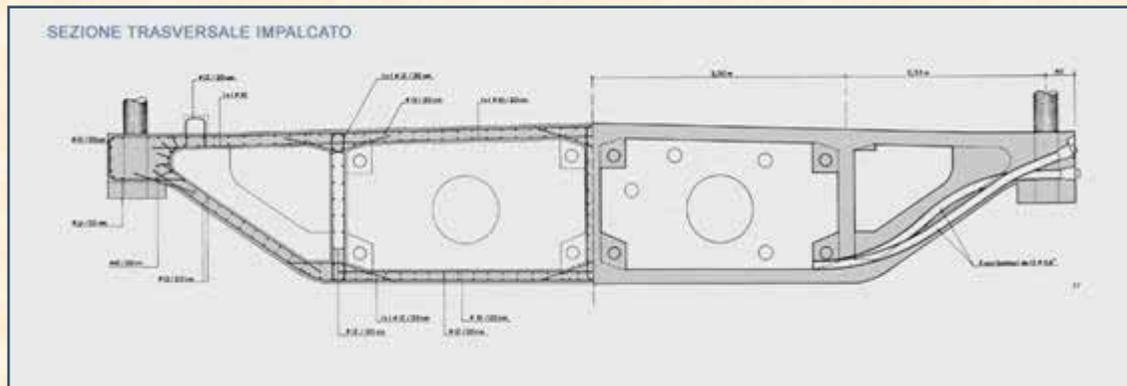
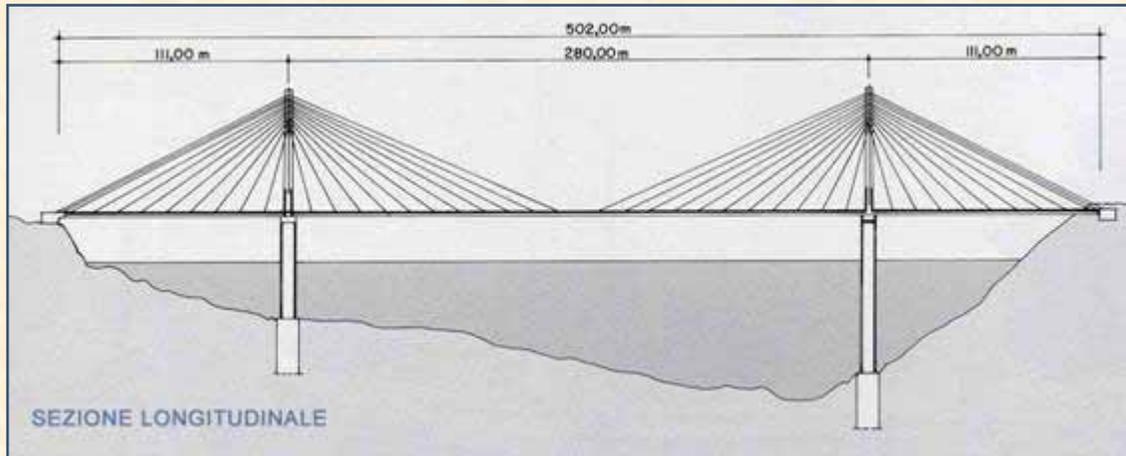
The Oued DIB Bridge-Algeria (Petrangeli 1996)



M.P.Petrangeli

M.P. PETRANGELI

The Oued DIB Bridge View and sections

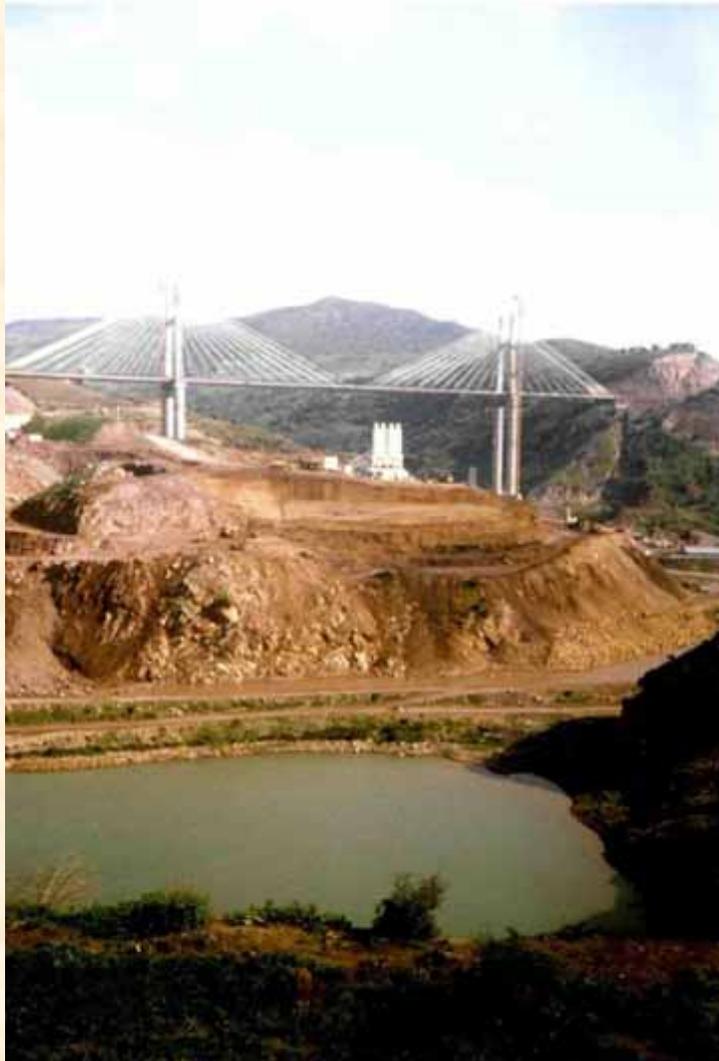


M.P. Petrangeli

M.P. PETRANGELI

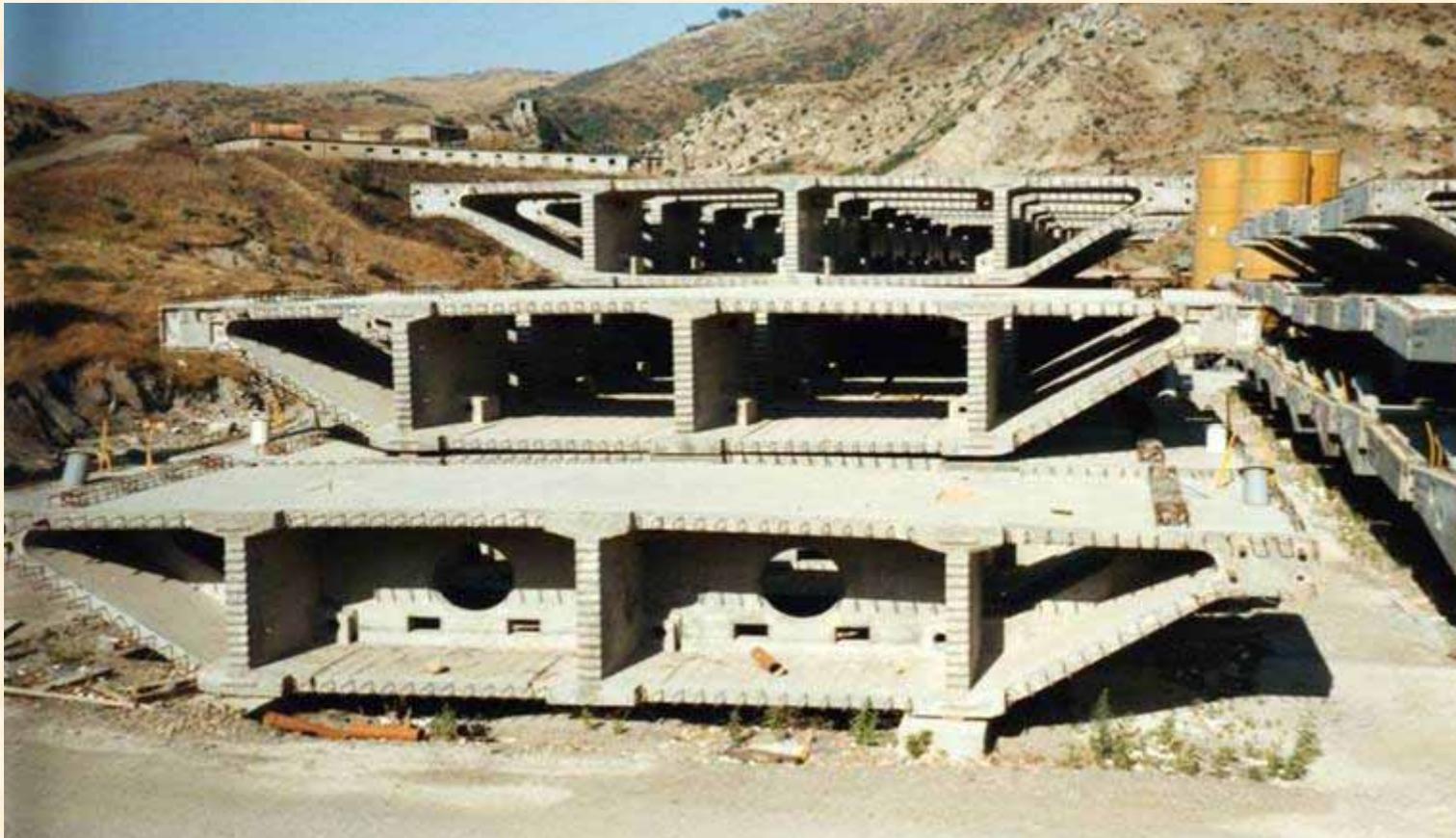


M.P. PETRANGELI



M.P. PETRANGELI

The Oued DIB Bridge The precast segments



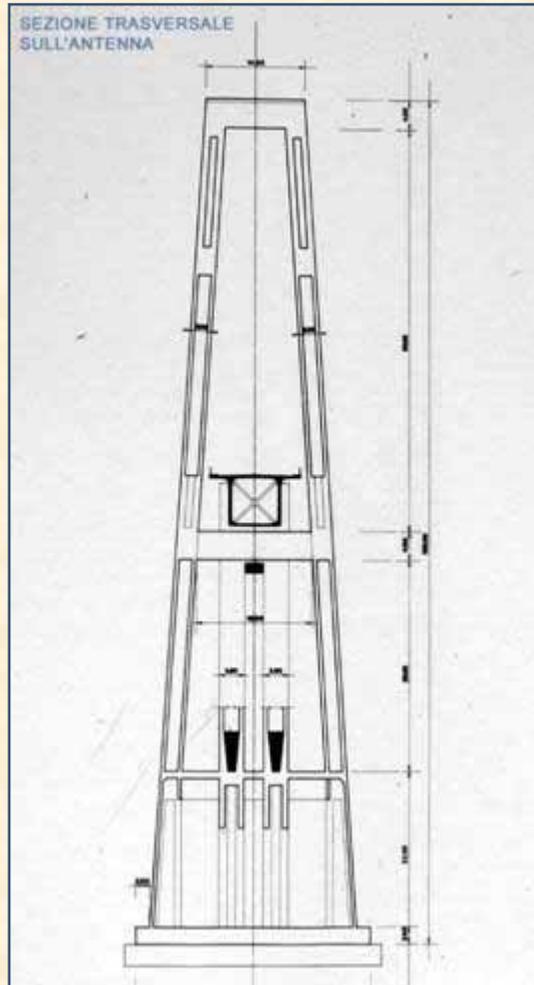
M.P. PETRANGELI

The Wadi KUF Bridge-Lybia (Morandi 1974)

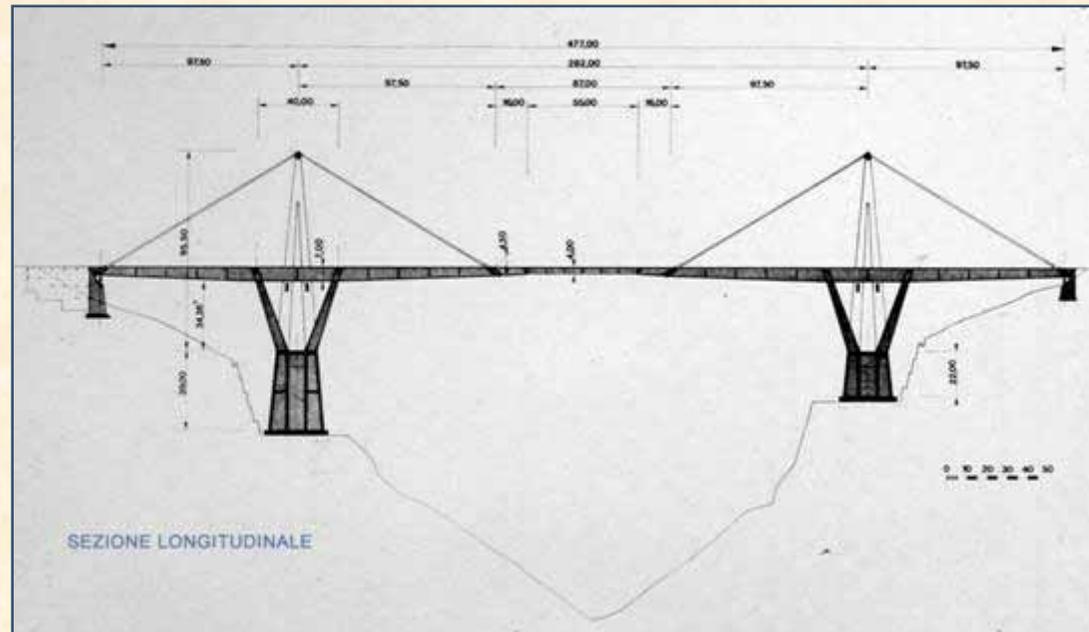


M.P.Petrangeli

M.P. PETRANGELI



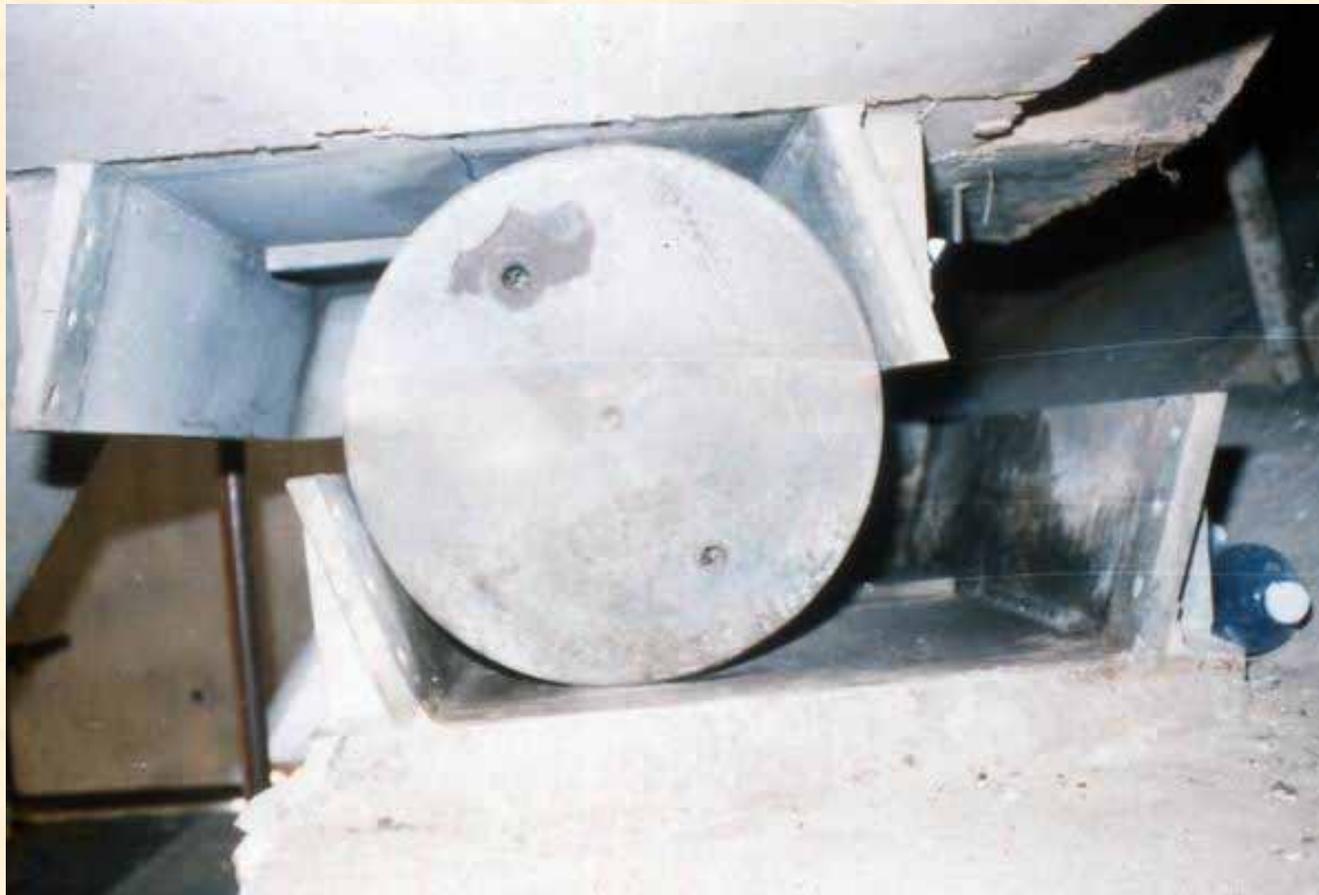
The Wadi KUF Bridge View and sections



M.P. PETRANGELI

The Wadi KUF Bridge

The roller bearings of the dropped span before retrofitting

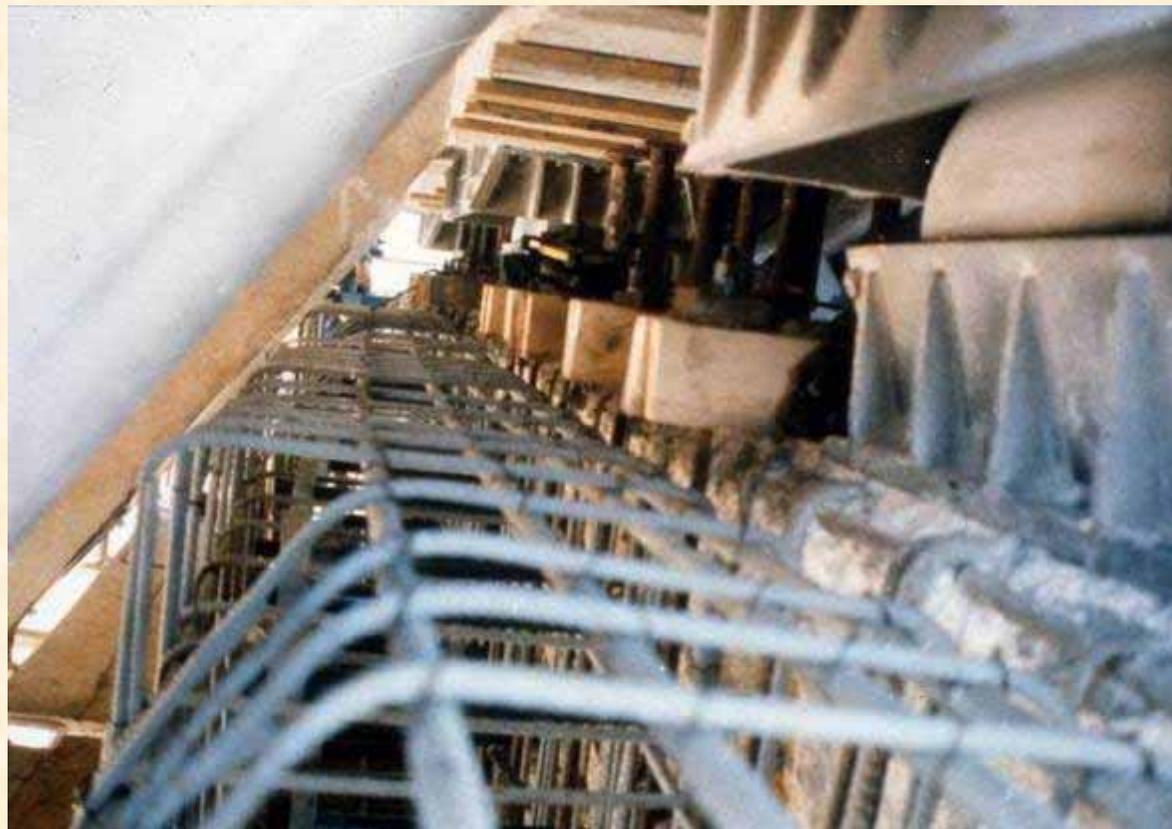


M.P.Petrangeli

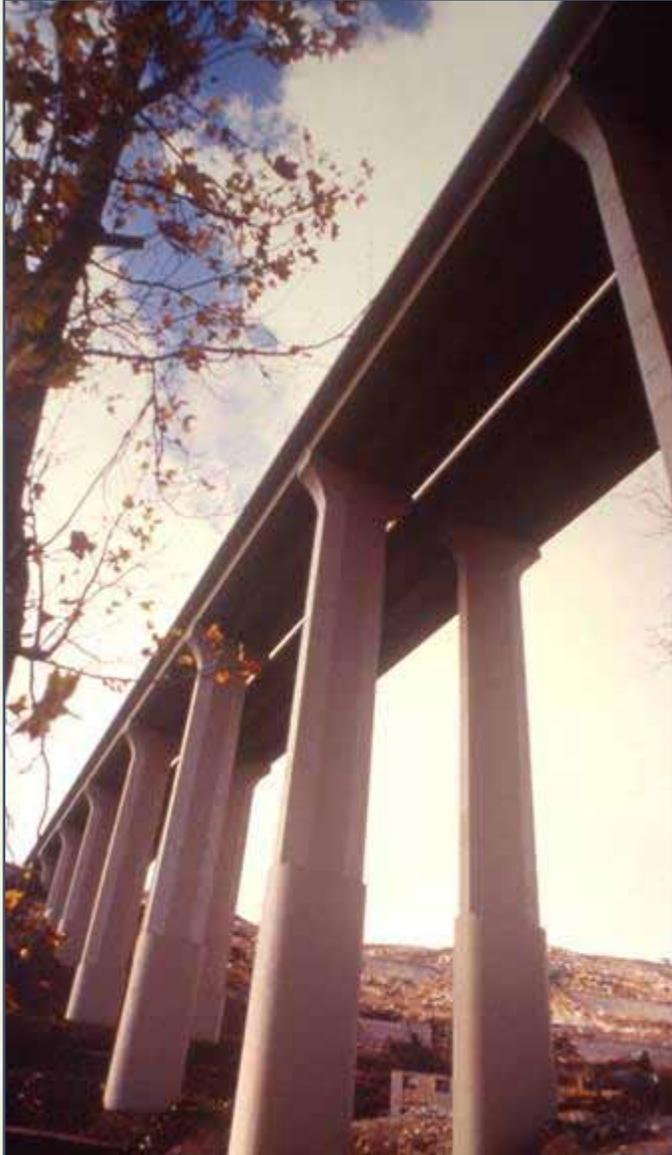
M.P. PETRANGELI

The Wadi KUF Bridge

The widening of the seat



M.P. PETRANGELI



The Mdeirej viaducts Lebanon
(Petrangeli 2002)

M.P.Petrangeli

M.P. PETRANGELI

The cross section of one carriageway

The bridge is seismically isolated according to EC8-2



M.P. PETRANGELI

The prefabrication yard



M.P.Petrangeli

M.P. PETRANGELI

The launching girder



M.P.Petrangeli

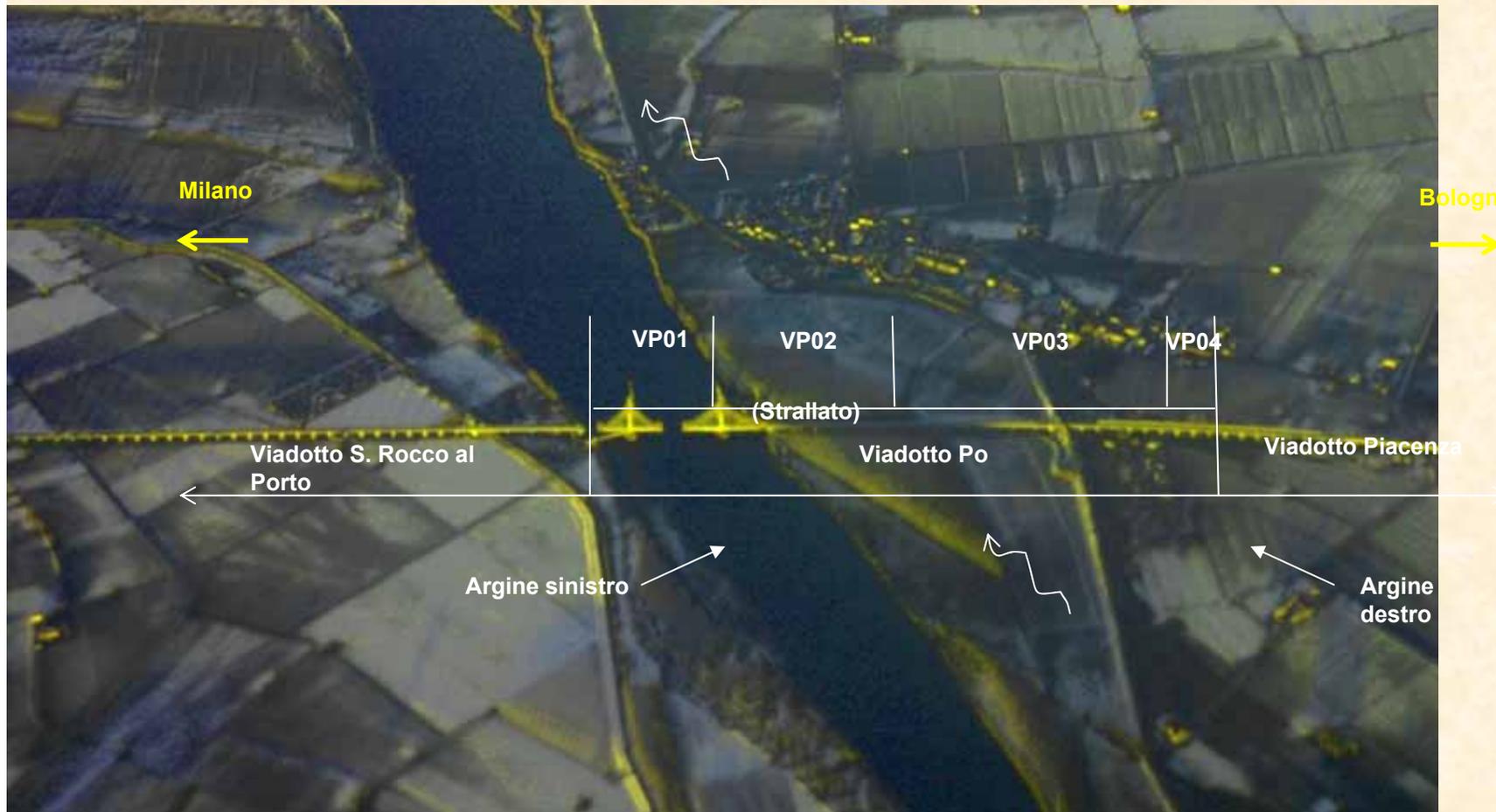
M.P. PETRANGELI

The madness of the men (August 2006)



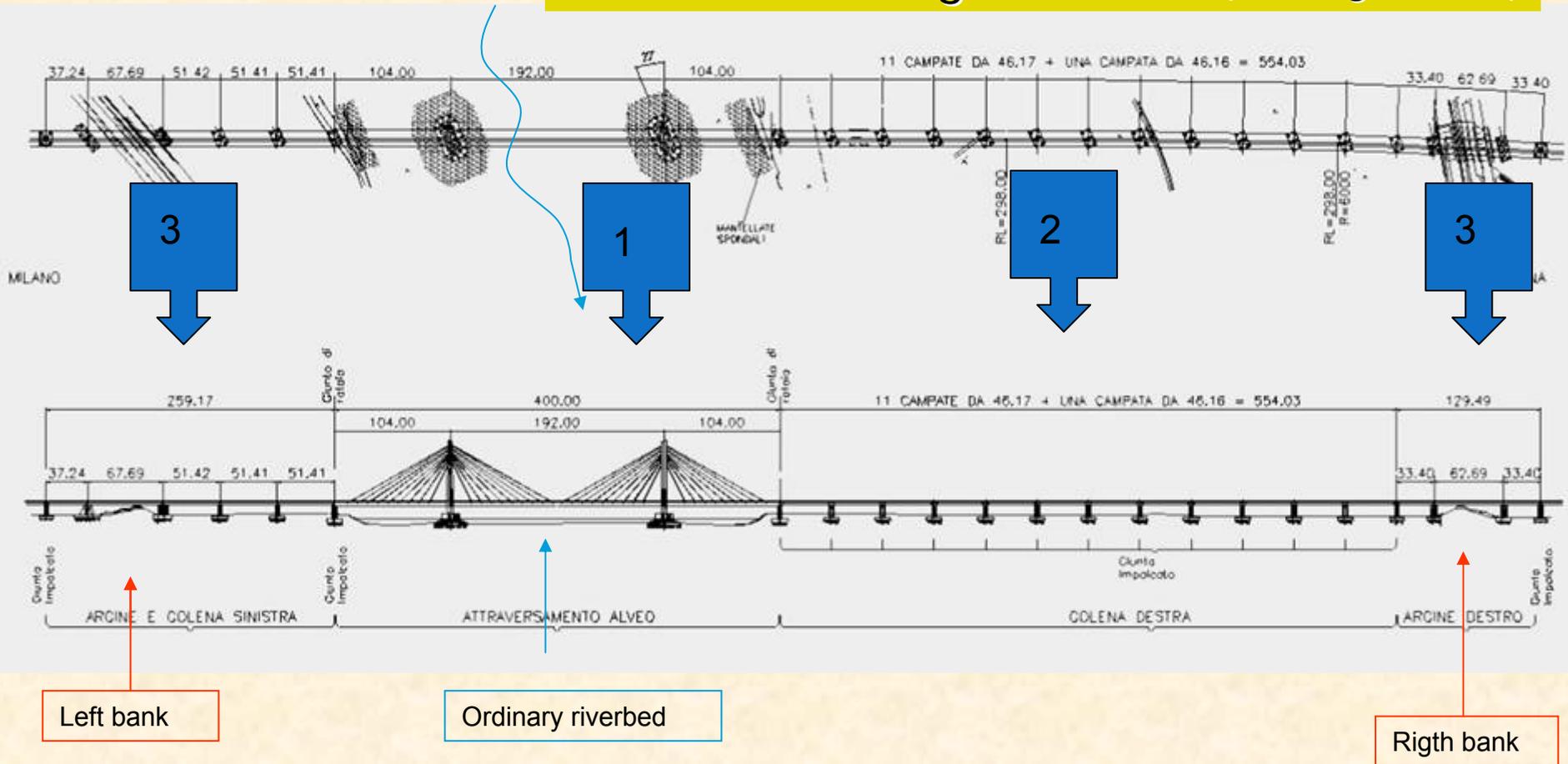
M.P. PETRANGELI

The railway bridge over the PO river for the HS line Bologna-Milano (Petrangeli 2006)



M.P. PETRANGELI

The railway bridge over the PO river for the HS line Bologna-Milano (Petrangeli 2006)



The general layout of the crossing

ESPERIENZE DI SOCIETA' DI INGEGNERIA NELLA PROGETTAZIONE STRUTTURALE IN PAESI ESTERI

M.P. PETRANGELI

The grouting of the cables is carried on by making vacuum inside the ducts.

All the outer surfaces of the decks will be protected by appropriate painting



The “suspended” yard for the precast beams



M.P. PETRANGELI



Mario P. Petrangeli

M.P. PETRANGELI



M.P. PETRANGELI



Mario P.Petrangeli

M.P. PETRANGELI



Mario P.Petrangeli

Prof. Giuseppe MANCINI - SINTECNA

**Progettazione di N. 18 ponti e viadotti in
Algeria**

Periodo di costruzione 2006 – 2008

Normativa applicata : Eurocodici



G. MANCINI - SINTECNA



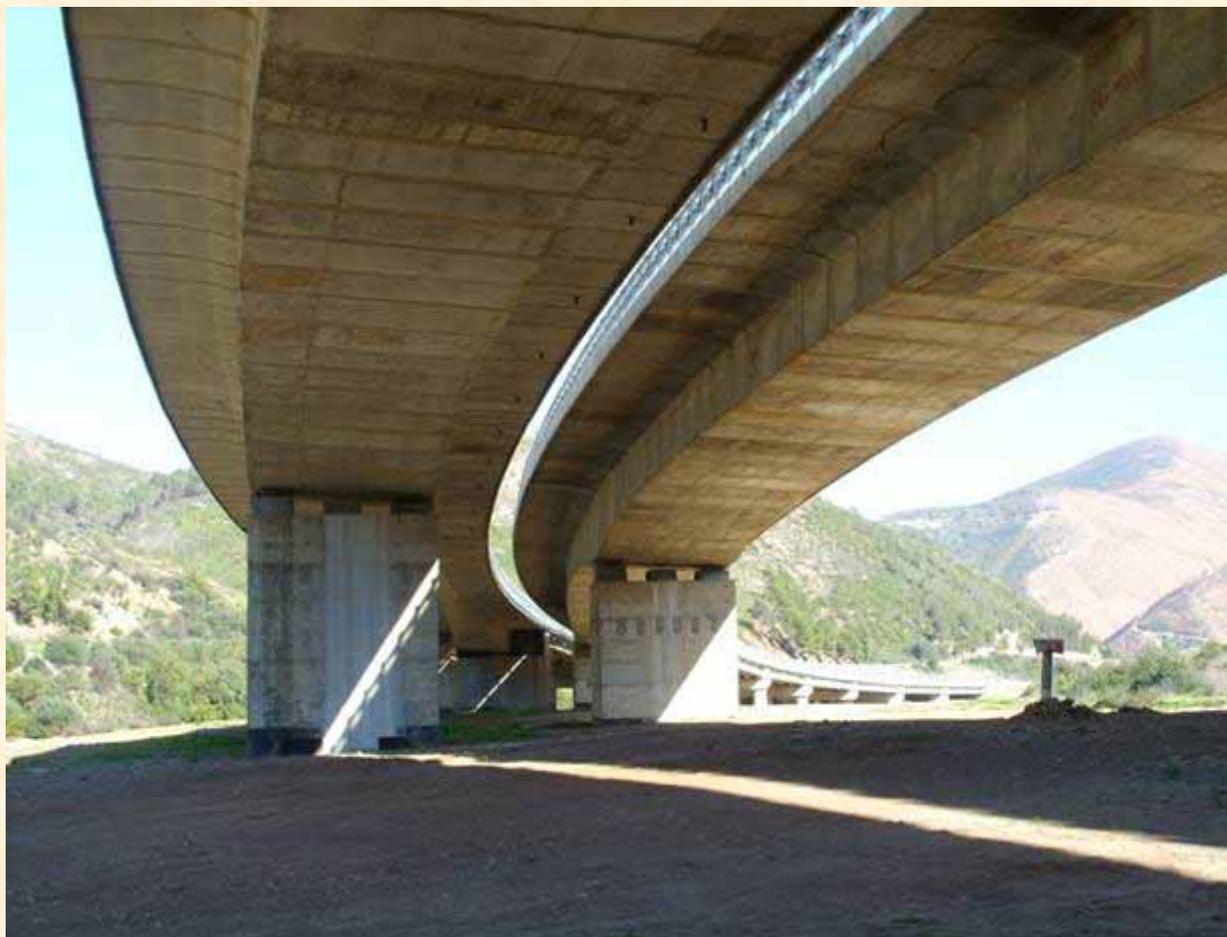
G. MANCINI - SINTECNA



G. MANCINI - SINTECNA



G. MANCINI - SINTECNA



G. MANCINI - SINTECNA



G. MANCINI - SINTECNA



GEODATA

I nostri uffici

FRANCIA
Avenue Alsace Lorraine, 235
73000 Chambéry
contatto: Silvano Maccan
e-mail sma@geodata.it
mobile +39 335371444

SEDE CENTRALE - ITALIA - TORINO
Corso Duca degli Abruzzi 48/E
10129 Torino
Tel. +39 0115810611
Fax +39 011597440
contact: Massimo Cellino
e-mail mci@geodata.it
geodata@geodata.it

ITALIA - MILANO
Via Carducci 38
20123 Milano
Tel. +39 0243912535
Fax +39 024390624
contact: Alberto Conciato
e-mail gd.milano@geodata.it

ST. PETERSBURG
Istituto LMGT
B. Moskovskaja, 2
191002 S. Pietroburgo Russia
Tel. 7 812 3162022
Fax. 7 812 3163344
contact: Silvano Maccan
e-mail: sma@geodata.it

PORTOGALO
Rua D. Manuel II, 51/c S. 1.3.
4050-345 Porto
Tel. +351 226084040/1/2
Fax +351 226099305
contact: Nazare Castro Costa
e-mail gd-porto@geodata.it

ITALIA - ROMA
Via Filippo Civinini 69
00197 Roma
Tel. +39 0680691110
Fax +39 0680691124
contact: Fabrizio Scheda
e-mail gd.roma@geodata.it

ECUADOR
Diego de Almagro
n°N30-134 - Quito
Contact: Nicola Ruga
e-mail: nru@geodata.it

GRECIA
Kolokotroni, 12
Thermi - Thessaloniki 57001
Tel. +30 2310461086/838
Fax +30 2310461086
contact: Nikolas Kazilis
e-mail gd-grecia@geodata.it
mobile +30 6972329735

COLOMBIA/VENEZUELA
Cra. 65 - No. 167-89 Casa 52
Delmonte 2 - Bogotá
Contact: Nicola Ruga
e-mail: nru@geodata.it

TURKEY
Bagdat Gaddesi
Ulus Sokak 5/23
81110
Bostanci - Istanbul
contact: Giovanni Pradella
e-mail: gpr@geodata.it

CILE
Calle Encemenderos 253 Of. 22
Las Condes - Santiago
Tel. +56 22428563
Contact: Nicola Ruga
e-mail nru@geodata.it

CINA
Sino-GEODATA Underground Eng. Cons. Co. Ltd.
Haidian District Xisanhuan Beilu no.72
"Millenium Building" B -
Tower suite no. 605 - 100037 Beijing
Tel. +86 10 51798187
contact: Gianmario Scotti
e-mail gsc@geodata.it

ARGENTINA
Obrador Principal Punta Carrasco
Av. Rafael Obligado 1831
CP: C1428BHA - Buenos Aires,
Capital Federal - Argentina
Tel.: (+54) 9.153.286.8001
e-mail: nru@geodata.it

BRASILE
Avenida Paulista 326
8° andar
Tel. +55 1132851702
Fax. +55 1150855300
Contact: Marcos Montevecchi
E-mail: mmv@geodata.it

ALGERIA
38b Rue de la Mosquée
Cité PTT - Hyfra - Alger
Tel. 00213-17024503 - 500 - 501
Contact: Elena Rabbi
e-mail: gd_alger@geodata.it

DUBAI (UAE)
Free Zone, 1-Lake Plaza, Unit 1207 at
Jumeirah Lake Towers
Dubai, United Arab Emirates
Contact: Federico Bontempi
e-mail fbo@geodata.it

MALAYSIA
Symphony Corporatehouse Sdn
Bhd10th Floor Wisma Havela
Thakardas No.1
Jalan Tiong Nam Off Jalan Raja Laut
50350 Kuala Lumpur - Malaysia
contact: Riccardo Perlo
e-mail rpe@geodata.it

INDIA
4/23 Jaidev Park, East Punjabi Bagh,
New Delhi-110026 India
Contact: Lalitkumar Chhabra
e-mail lkc@geodata.it

GEODATA

Alcuni dei recenti progetti all'estero più significativi



Linea 2 Metro di Tabriz, IRAN (progetto di gara per il Cliente)



Metro di Istanbul, TURCHIA (progetto costruttivo per Impresa)



Egnatia Odos, GRECIA (progetto di gara per Cliente)



Annaba, ALGERIA (progetto di gara per Cliente)



Tunnel di Penchala, Berapit e Larut, MALESIA (Progetto costruttivo per impresa)



Arroyo Maldonado, ARGENTINA (direzione lavori)



Linea ferroviaria di Adler-Krasnaya Poliana, Russia (Progetto definitivo ed costruttivo)



Diga di Kramis, Algeria (Direzione Lavori)

GEODATA

Le normative

La necessità di operare su mercati esteri impone al progettista di acquisire competenze:

- in ambiti molto diversi (dalla geotecnica alle strutture)
- su normative molto diverse (dagli Eurocodici alle ACI alle SniP/Gost)
- per suggerire al Cliente una normativa internazionale applicabile laddove la legislazione sia carente

INTERESSE PRIMARIO DI CHI OPERA ALL'ESTERO, SPECIE SU APPALTI INTERNAZIONALI FINANZIATI ANCHE DA ORGANIZZAZIONI SOVRANNAZIONALI, E' CHE UNO O PIU' CORPI NORMATIVI OMOGENEI SIANO APPLICABILI (EUROCODICI E ACI IN PRIMIS)

GEODATA

La progettazione e la costruzione del sotterraneo

- Non è soggetta ad una specifica normativa internazionale riconosciuta, ma segue raccomandazioni di vari enti, studi universitari ed “esperienze” su casi analoghi.
- I dimensionamenti strutturali vengono svolti “assimilando” i vari elementi a strutture fuori terra o ad opere di sostegno varie a discrezione di chi fa i calcoli e chi controlla/valida.
- Lo scrupolo o genialità del progettista, che però deve gareggiare per “vincere” il lavoro, porterà poi in ultima analisi a determinare la “vera sicurezza” della struttura... godendo di fatto di ampi margini di libertà

QUALE POSIZIONE ASSUMERE A LIVELLO DI NORMATIVA
MINIMA APPLICABILE (PROGETTAZIONE E COSTRUZIONE)?

L'innovazione tecnologica

- Le richieste in termini di fattibilità tecnica ed economica portano all'esigenza d'impiegare nuove tecnologie e nuovi materiali (calcestruzzi strutturali fibro-rinforzati o ad alta resistenza).
- Quanto i grossi corpi normativi riescono a seguire queste innovazioni per stimolare/premiarne il loro impiego e guidare il progettista?

Temi attuali nella progettazione di grandi opere

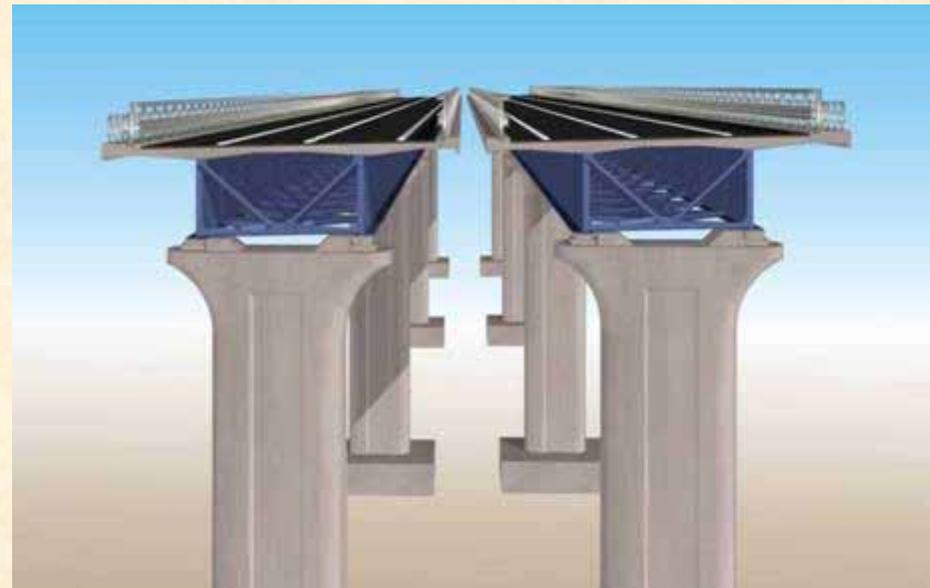
Viadotti

- **impalcati stradali continui-modellazione delle fasi costruttive e dell'evoluzione nel tempo**
- **Isolamento sismico di viadotti stradali con impalcato continuo**
- **Impalcati stradali, carichi concentrati su soletta: verifiche shear punching**

Gallerie

- **analisi e verifiche di rivestimenti in calcestruzzo**
- **analisi e verifiche di rivestimenti con conci prefabbricati**

IMPALCATI IN CAP E IN ACCIAIO - CALCESTRUZZO



IMPALCATI IN ACCIAIO - CALCESTRUZZO

- 1- **MODELLAZIONE DEI FENOMENI LENTI (CREEP, RITIRO E RILASSAMENTO)**
- 2 - **MODELLAZIONE DELLA PRECOMPRESSIONE**
- 3 - **FASI DI COSTRUZIONE ED EVOLUZIONE NEL TEMPO DELLE SOLLECITAZIONI**

MODELLAZIONE DEI FENOMENI LENTI NEL CLS

D.M. 14/01/08 : Per sezioni composte in acciaio – cls (4.3.2.2.1) : “si devono tenere in conto i fenomeni di viscosità, fessurazione, effetti della temperatura e delle fasi costruttive”

Impalcati isostatici per carichi longitudinali ed iperstatici per carichi verticali :

- Nel caso di sezioni trasversali omogenee viscosità e ritiro non danno luogo a variazioni di sollecitazione ma solo di deformazione (1° Teorema VEL);
- La non omogeneità della sezione comporta l'insorgere di coazioni interne, Sforzo Normale e Momento Flettente, sulla soletta e sulla nervatura;
- Tali coazioni danno luogo ad una deformata che, nel caso di schemi strutturali non isostatici, generalmente non è congruente e comportano quindi l'insorgere di reazioni iperstatiche in termini di Sforzo Normale, Taglio e Momento Flettente;
- Questi ultimi sono ripartiti fra nervatura e soletta in base alle rispettive rigidezze;
- Le sollecitazioni iperstatiche nel profilo e nella soletta sono pertanto la somma delle sollecitazioni dovute all'iperstaticità interna (non omogeneità) della sezione e di quelle eventualmente presenti dovute all'iperstaticità dello schema strutturale.

MODELLAZIONE DEI FENOMENI LENTI NEL CLS

Ritiro – richiami

- deformazione anelastica funzione del tempo “t” e del tempo t_s – età del cls a partire dalla quale si considera l’effetto del ritiro da essiccamento;
- il D.M. 14/01/2008 prevede per la variabilità nel tempo della funzione ritiro la legge :

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t - t_s) \varepsilon_{cd,\infty} \quad \text{con} \quad \beta_{ds}(t - t_s) = (t - t_s) / [(t - t_s) + 0.04h_0^{3/2}]$$

e per la deformazione totale da ritiro il valore :

$$\varepsilon_{cd,\infty} = k_h(h_0) \varepsilon_{cd,\infty}(f_{ck}, UR)$$

$$\varepsilon_{cs}(t) = \varepsilon_{cd}(t) + \varepsilon_{ca}(f_{ck})$$

con h_0 funzione dell’area di calcestruzzo e del perimetro esposto all’aria e con $\varepsilon_{ca} =$
deformazione da ritiro autogeno;

MODELLAZIONE DEI FENOMENI LENTI NEL CLS

Viscosità – richiami

• deformazione anelastica che si sviluppa a partire da una deformazione elastica istantanea. La deformazione complessiva al tempo “t” associata alla tensione $\sigma(t_0)$ è costituita dall’aliquota elastica e da quella viscosa e assume l’espressione seguente :

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_E(t_0) + \varepsilon_\phi(t, t_0) = \sigma_E(t_0) J(t, t_0) = (1 + \phi(t, t_0)) \sigma_E / E(t_0)$$

$J(t, t_0)$ = Creep function = deformazione totale all’istante t per effetto della tensione elastica unitaria σ_E all’istante t_0 ;

$\phi(t, t_0)$ = Creep coefficient

• il D.M. 14/01/2008 definisce il coefficiente di creep a t_{oo} , $\phi(t_{oo}, t_0)$ come funzione di t_0 e di UR;

$$\phi(t, t_0) = \phi(t_{oo}, t_0) \beta(t_0) \beta_c(t, t_0)$$

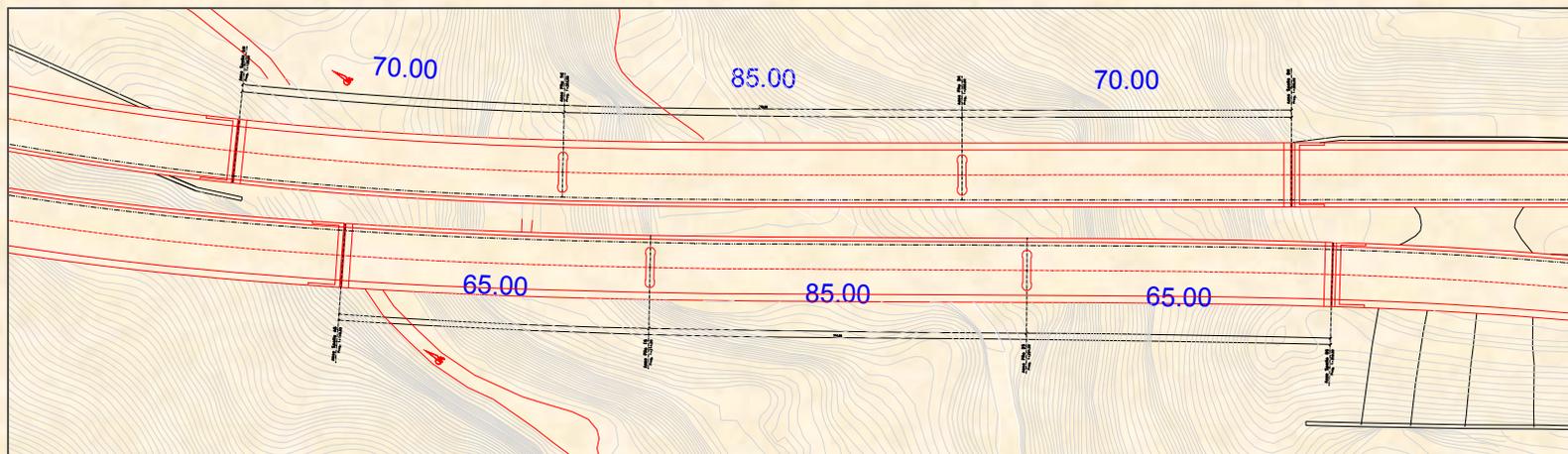
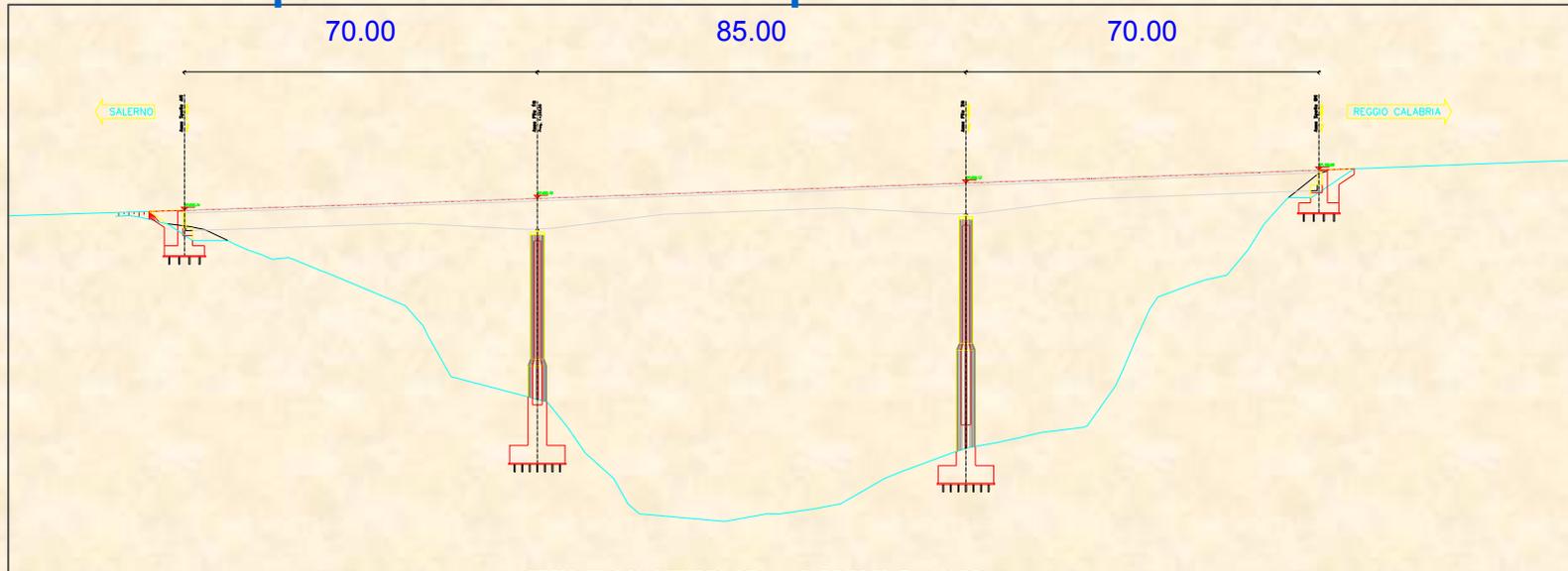
• l’EN 1992 -1 – 1 definisce per il coefficiente di creep la legge di variabilità nel tempo :

$$\beta(t_0) = \frac{1}{(0.1 + t_0^{0.2})} \quad e \quad \beta_c(t, t_0) = \left[\frac{(t - t_0)}{(\beta_H + t - t_0)} \right]^{0.3}$$

con β_H funzione di h_0 e di UR;

Esempio

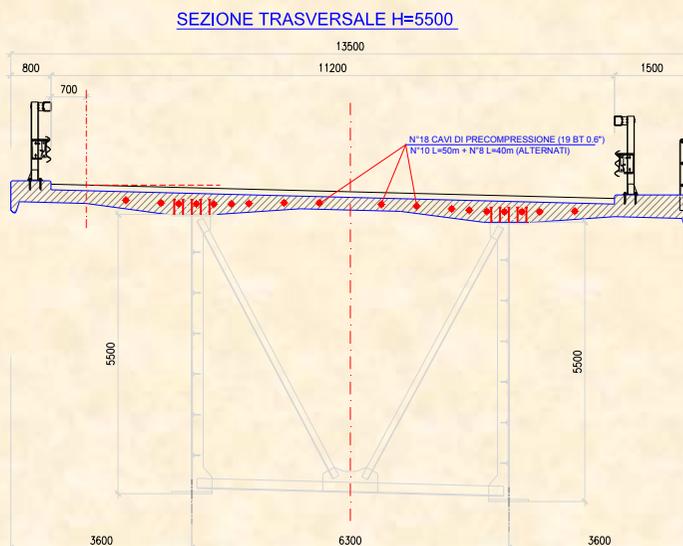
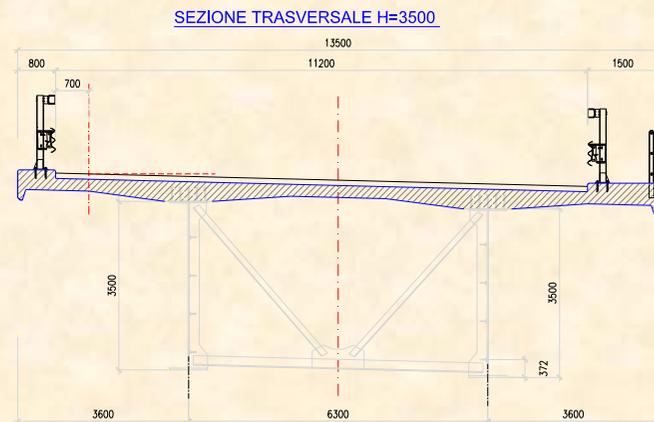
Impalcato continuo con spartito 70 m/ 85 m/ 70 m



SVILUPPO DELLE NORMATIVE E DELLE METODOLOGIE DI PROGETTAZIONE

Esempio

Impalcato continuo con spartito 70 m/ 85 m/ 70 m



CALCESTRUZZO PER SOLETTE C.A. e C.A.P. :

C45/55 Mpa (11.2.10)

ACCIAIO PER C.A. :

Tipo B450C (11.3.2.1)

ACCIAIO ARMONICO :

cavi da 19 Trefoli da 0.6" (11.3.3.2)

ACCIAIO DA CARPENTERIA :

Tipo S355 (11.3.4.1)

CARATTERISTICHE DELLA PRECOMPRESSIONE :

- N. cavi = 18;
- Area nominale cavo = 0.002635 mq; = 19 x 0.0001387 mq;
- Diametro guaina = 0.1 m;
- Tensione al tiro (martinetto) = 1350 MPa;
- Sforzo nel singolo cavo al tiro $N_c = 3550$ kN;
- Sforzo di precompressione sull'impalcato al tiro = 63900 kN;

Armatura dolce longitudinale di soletta

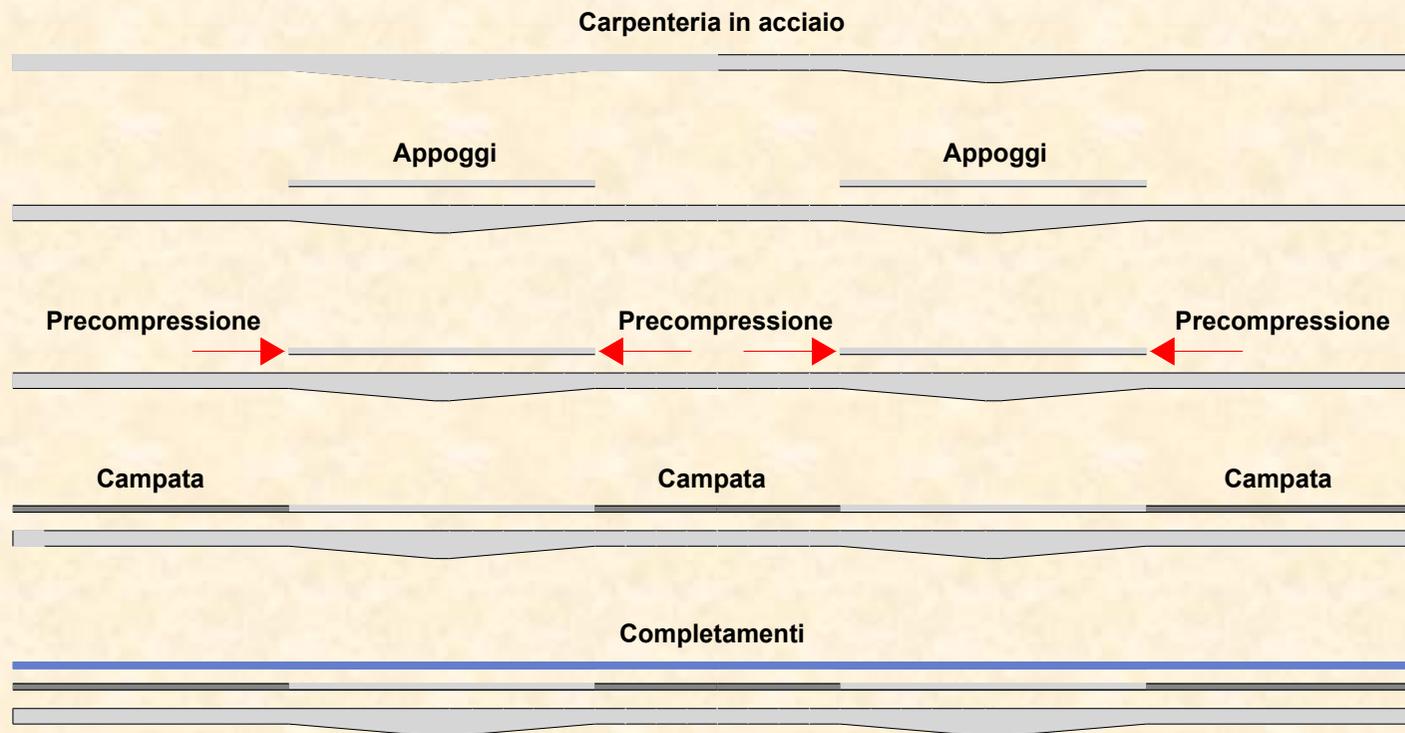
- Armatura superiore = $\phi 20/20$ mm;
- Armatura inferiore = $\phi 20/20$ mm;

SVILUPPO DELLE NORMATIVE E DELLE METODOLOGIE DI PROGETTAZIONE

Esempio

Fasi esecutive

1	Varo travi e casseri inferiori	30	gg.
2	Getto, maturazione e scasseratura soletta appoggi e realizzazione casseri solette in campata	30	gg.
3	Precompressione	30	gg.
4	Getto, maturazione e scasseratura solette in campata	30	gg.
5	Completamenti	30	gg.
	Totale	5	mesi



Esempio

Condizioni e Combinazioni di carico per ponti stradali (D.M. 14/01/2008)

Condizioni di carico considerate

G_1	= peso proprio degli elementi strutturali;
G_2	= peso proprio degli elementi non strutturali;
P_1	= pretensione e precompressione;
P_2	= ritiro e viscosità;
P_3	= variazione termica;
Q_{k1}, q_{k1}	= azioni variabili da traffico (Schema 1);
Q_{k2}	= vento;

Combinazioni di carico

Combinazione fondamentale (SLU - A STR₂) per verifiche a pressoflessione e a taglio

$$1.35G_1 + 1.35G_2 + P_1 + 1.20P_2 + 0.72P_3 + 1.35Q_{k1} + 0.9Q_{k2}$$

Combinazione caratteristica (rara) (SLE) per verifiche alle tensioni di esercizio (compressione cls e trazione cavi)

$$G_1 + G_2 + P_1 + P_2 + 0.6P_3 + Q_{k1}$$

Combinazione frequente (SLE) per verifiche di deformabilità

$$G_1 + G_2 + P_1 + P_2 + 0.6P_3 + 0.75Q_{ik} + 0.4q_{ik}$$

Combinazione quasi permanente (SLE) per verifica di fessurazione e per verifiche nelle fasi esecutive

$$G_1 + G_2 + P_1 + P_2 + 0.5P_3$$

Esempio

Classe sezioni (nervature in acciaio) = 3 :

- Metodo di analisi lineare elastica (E) (4.2.3.3 D.M. 14/01/08)
- Metodo di calcolo della capacità resistente delle sezioni (E), distribuzione elastica delle tensioni (4.2.3.3 D.M. 14/01/08)

Metodo di analisi lineare elastica per sezioni composte in acciaio – cls (4.3.2.2.1 D.M. 14/01/08) :

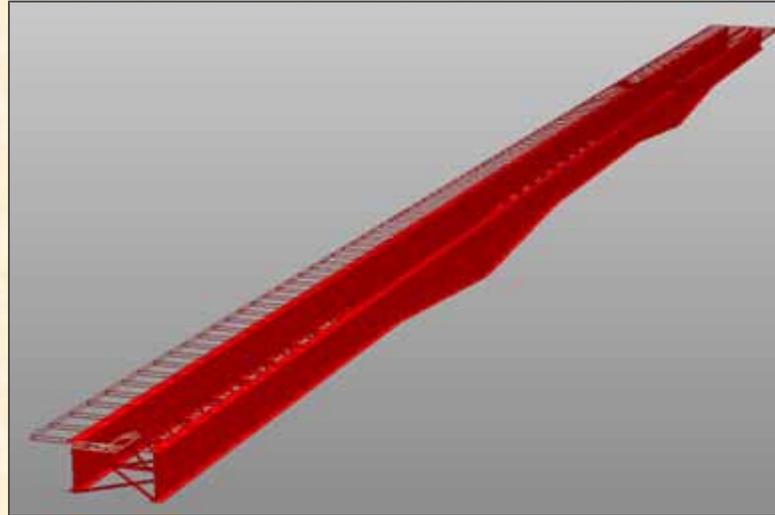
- si devono tenere in conto i fenomeni di viscosità, fessurazione, effetti della temperatura e delle fasi costruttive;
- la fessurazione della soletta può essere valutata effettuando due step di analisi di cui una “non fessurata” per l’individuazione delle zone a momento negativo (soletta tesa) ed una “fessurata” in cui viene trascurato il contributo della soletta in tali zone;

Resistenza a flessione per sezioni composte con metodo elastico (4.3.4.2.1.1 D.M. 14/01/08) :

- il momento resistente elastico è calcolato sulla base di una distribuzione elastica delle tensioni nella sezione, trascurando il contributo del calcestruzzo teso;
- il momento resistente è calcolato limitando le deformazioni al limite elastico della resistenza dei materiali, ovvero : f_{cd} per il calcestruzzo, f_{yd} per per l’acciaio, f_{sd} per le barre d’armatura;

SVILUPPO DELLE NORMATIVE E DELLE METODOLOGIE DI PROGETTAZIONE

Esempio



Modello di calcolo

1	Varo travi e realizzazione casseri solette superiori	30	gg.	→	Applicazione peso carpenteria in acciaio al 1° giorno
2	Getto, maturazione e scasseratura solette appoggi e realizzazione casseri solette intermedie	30	gg.	→	Applicazione peso solette appoggi al 1° giorno
3	Precompressione	30	gg.	→	Attivazione rigidità solette superiori al 1° giorno Applicazione precompressione al 15° giorno
4	Getto, maturazione e scasseratura solette intermedie	30	gg.	→	Applicazione peso solette intermedie al 1° giorno
5	Completamenti	30	gg.	→	Attivazione rigidità solette intermedie al 1° giorno e applicazione permanenti portati al 15° giorno.
6	Sviluppo dei fenomeni lenti	20000	gg.	→	

Fasi di calcolo (Construction Stages)

Esempio

Comportamento reologico del calcestruzzo

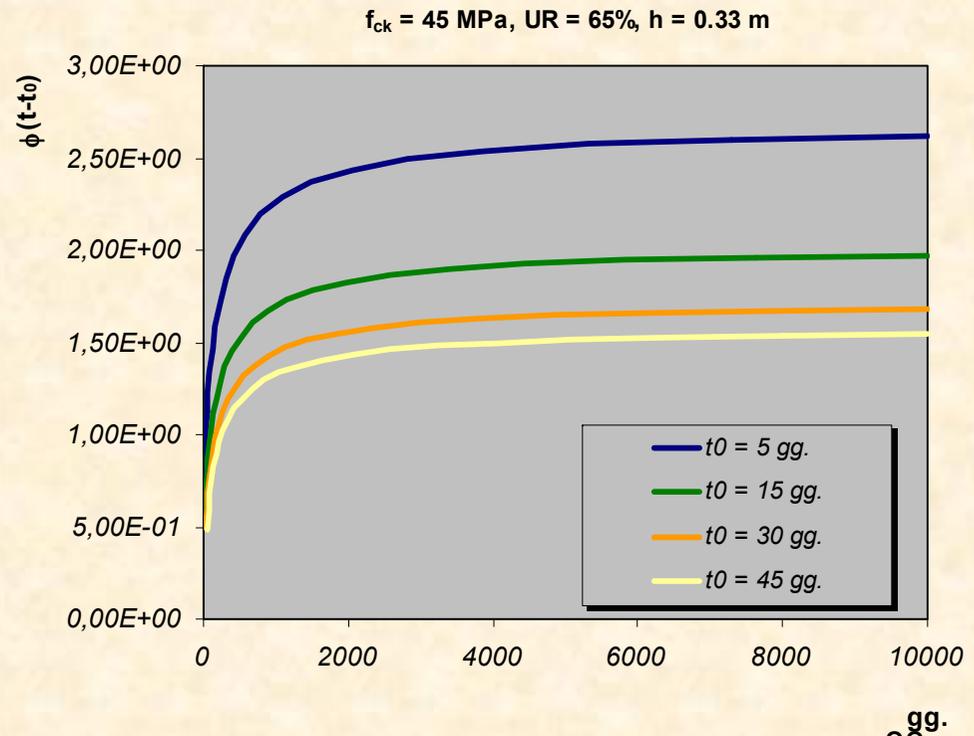
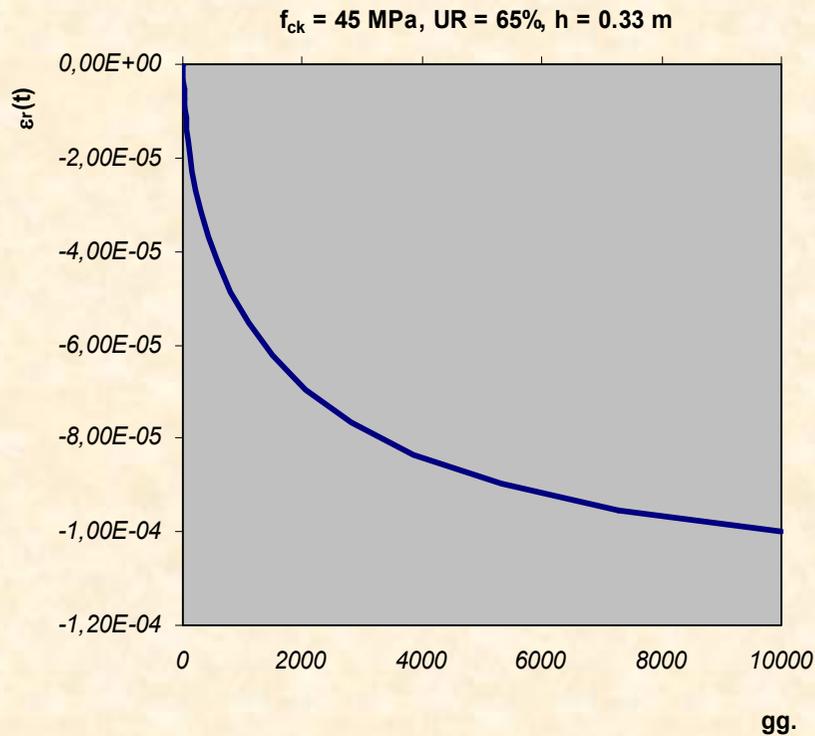
$f_{ck} = 45 \text{ MPa}$, $h = 2 A_c / u = 0.33 \text{ m}$, UR 65%

$$\varepsilon_{r,00} \approx 0.20 \times 10^{-3}$$

$$\varepsilon_{rd,00} = 0.5 \varepsilon_{r,00} = 0.10 \times 10^{-3}$$

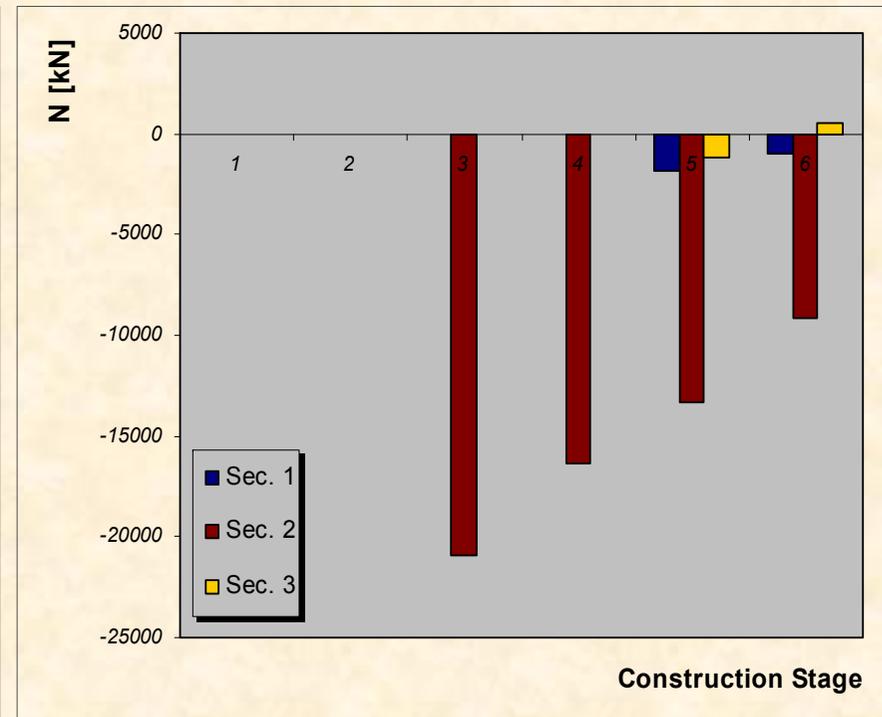
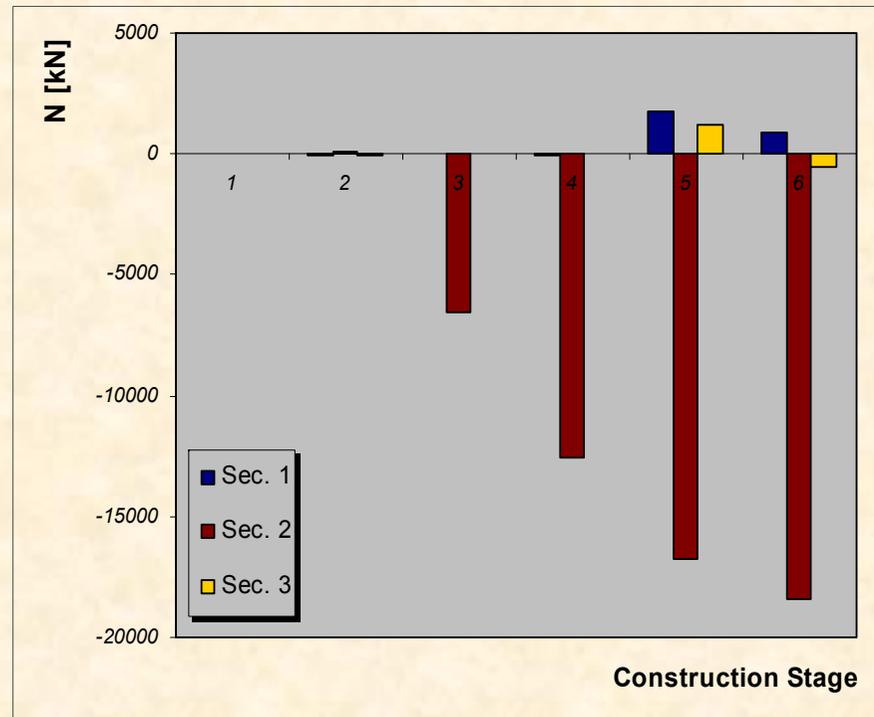
$$\phi(t_0, t_\infty) = 2.75 \text{ per } t_0 = 5 \text{ gg} \quad \phi(t_0, t_\infty) = 1.95 \text{ per } t_0 = 15 \text{ gg.}$$

$$\phi(t_0, t_\infty) = 1.65 \text{ per } t_0 = 30 \text{ gg} \quad \phi(t_0, t_\infty) = 1.45 \text{ per } t_0 = 30 \text{ gg.}$$



Esempio

Sollecitazioni nelle fasi esecutive



Sforzo normale nella nervatura durante le fasi esecutive

Sforzo normale nella soletta durante le fasi esecutive

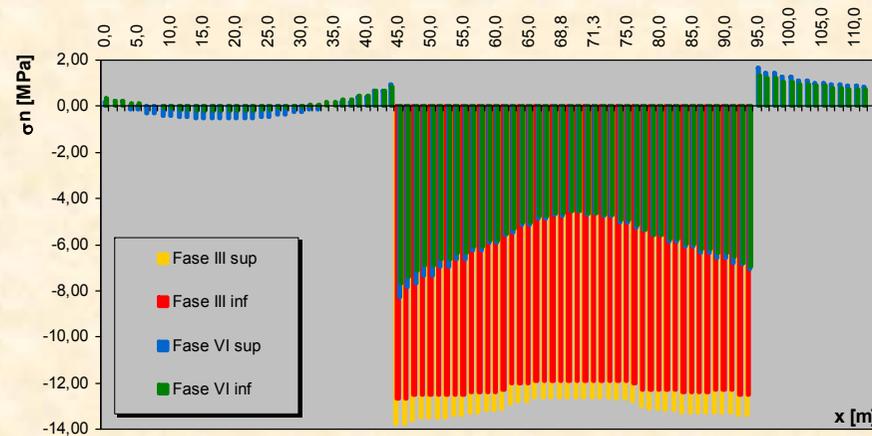
Sec. 1 = mezzeria campata laterale

Sec. 2 = sezione in asse pila

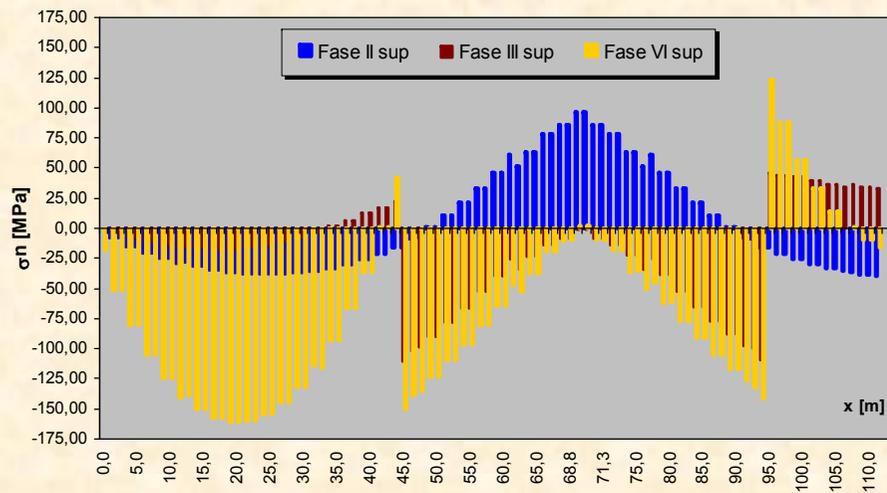
Sec. 3 = mezzeria campata centrale

Esempio

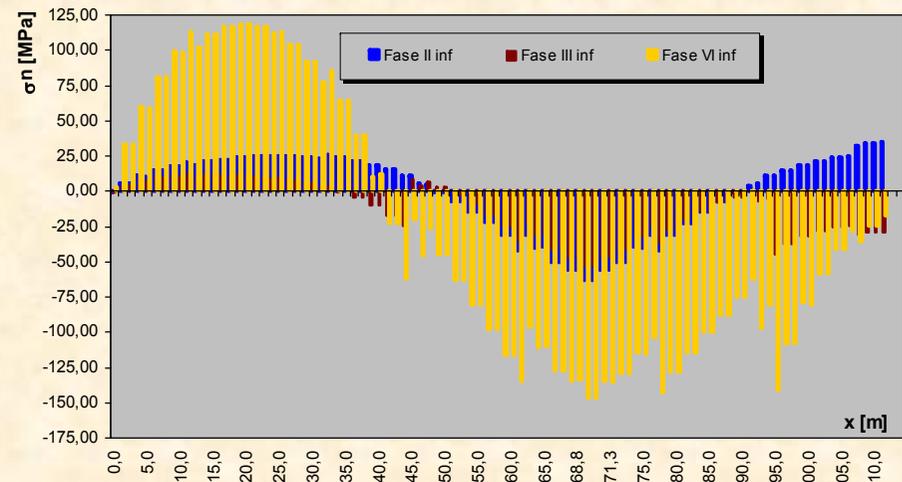
Tensioni nelle fasi esecutive



Tensioni normali nella soletta



Tensioni normali nella nervatura – lembo superiore



Tensioni normali nella nervatura – lembo inferiore

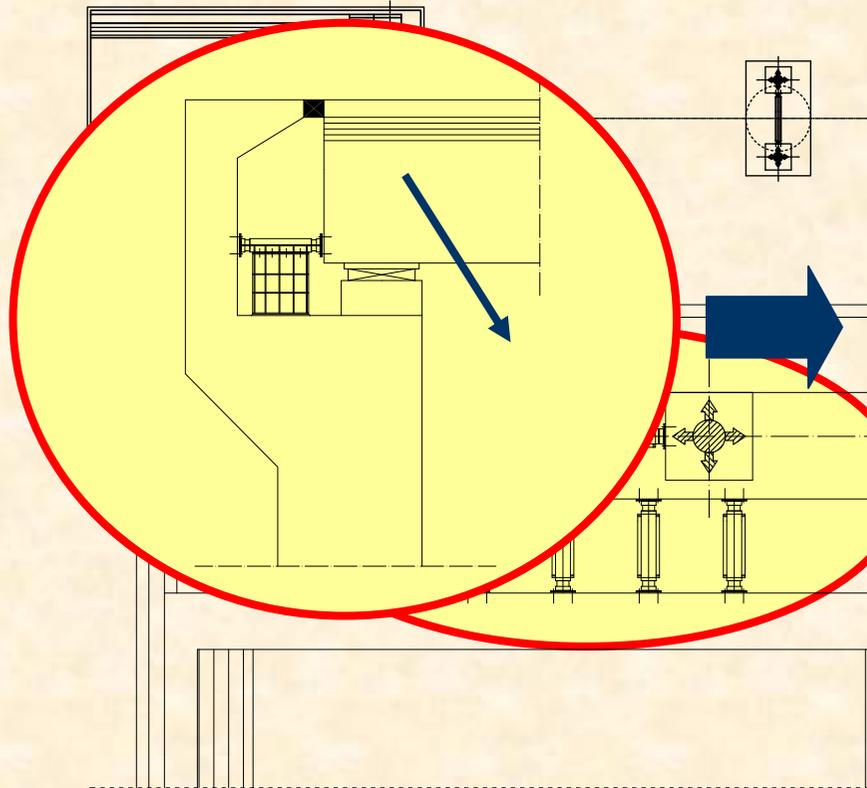
SVILUPPO DELLE NORMATIVE E DELLE METODOLOGIE DI PROGETTAZIONE

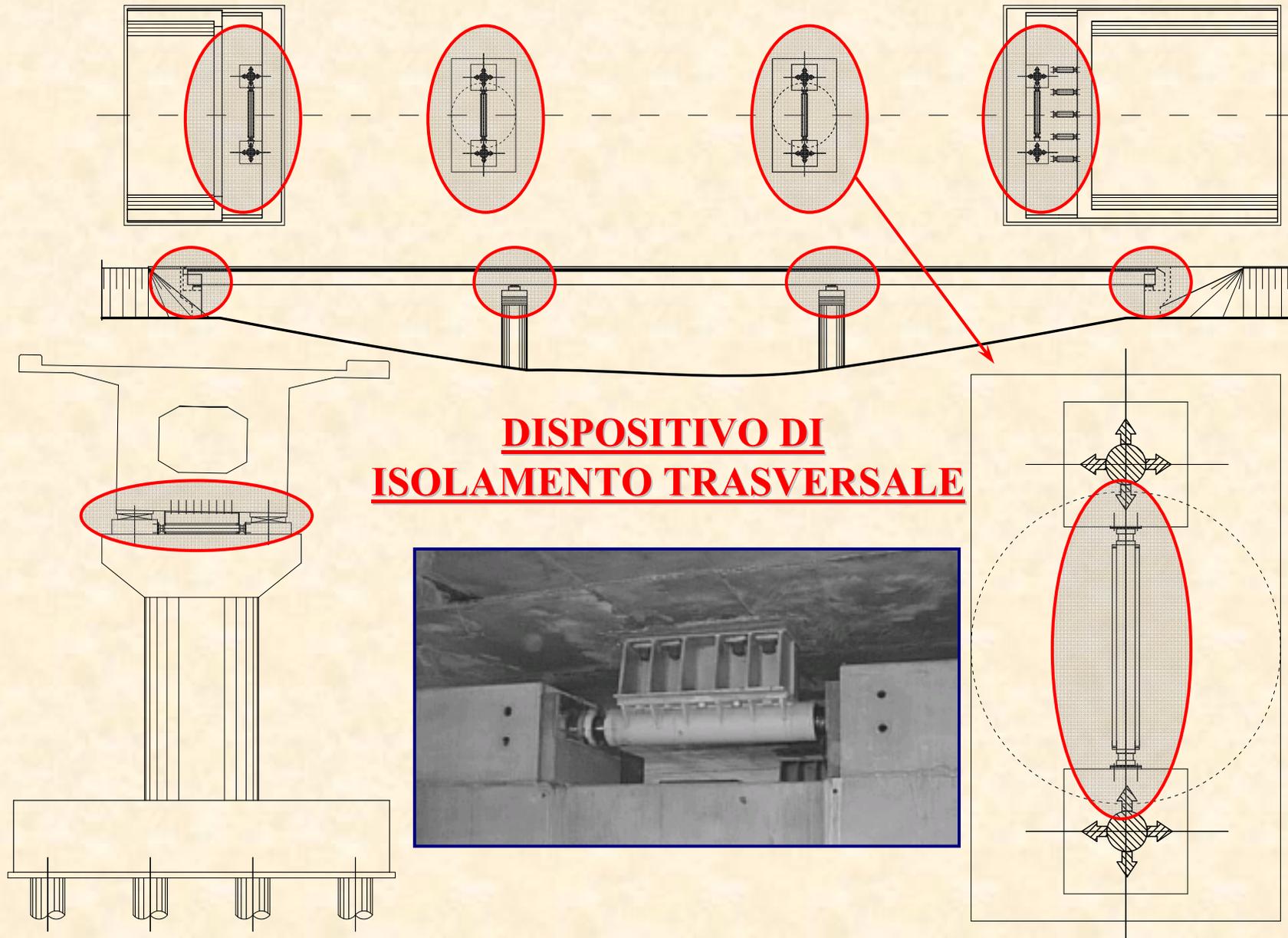
ISOLAMENTO SISMICO DI VIADOTTI STRADALI CON IMPALCATO CONTINUO

PROSPETTO DEL VIADOTTO



DISPOSIZIONE DEGLI APPARECCHI DI APPOGGIO ALLOGGIAMENTO DEI DISPOSITIVI





DISPOSITIVO DI ISOLAMENTO TRASVERSALE



SCHEMATIZZAZIONE DEL VIADOTTO

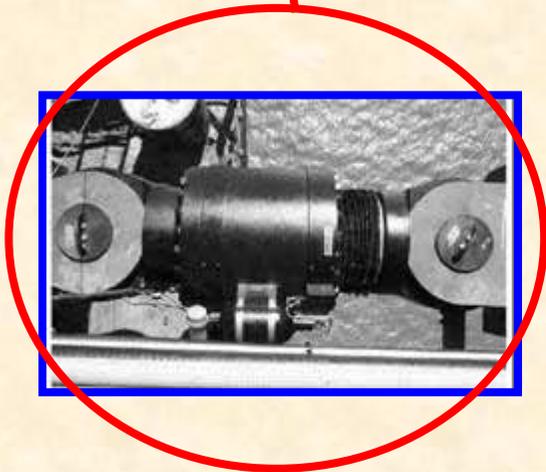
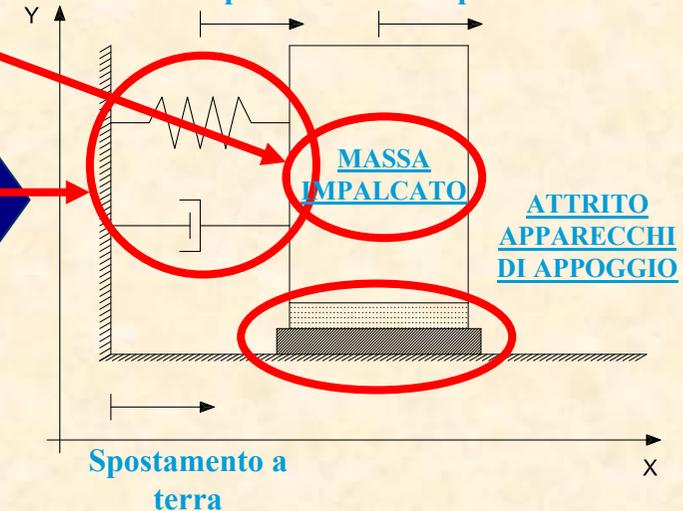
AZIONI LONGITUDINALI



MASSA
DELL'IMPALCATO

**MODELLO EQUIVALENTE
DEL VIADOTTO**

Spostamento
del dispositivo Spostamento
dell'impalcato

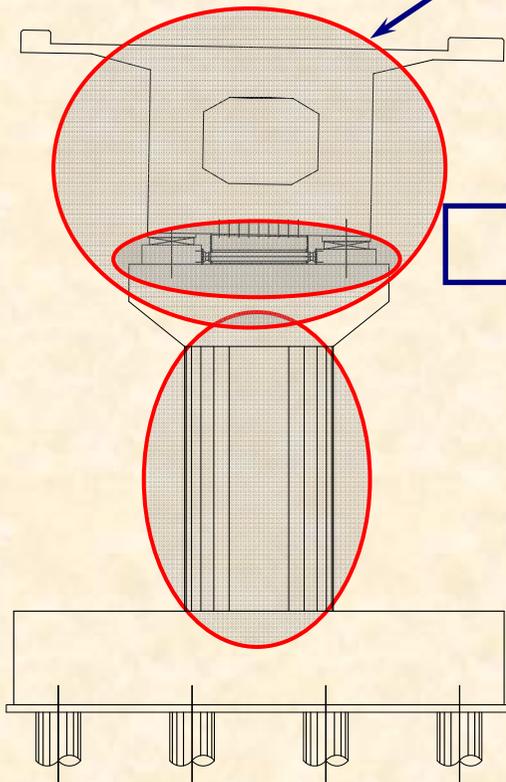
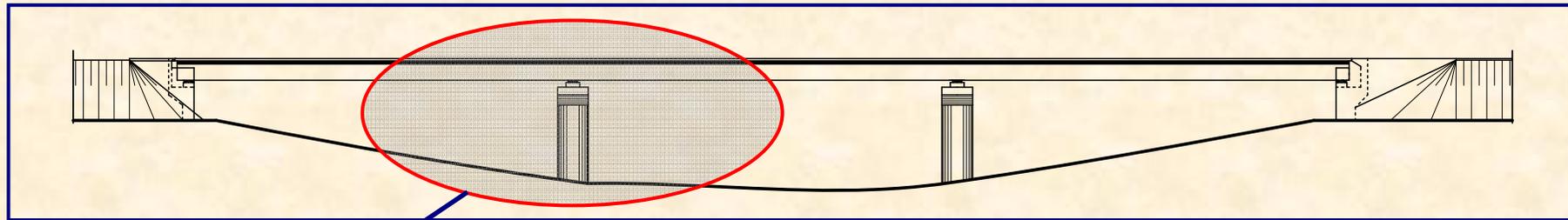


**DISPOSITIVO DI
ISOLAMENTO**

**MODELLO AD UN
GRADO DI LIBERTA'**

SVILUPPO DELLE NORMATIVE E DELLE METODOLOGIE DI PROGETTAZIONE

MODELLAZIONE DEL VIADOTTO – AZIONI TRASVERSALI



VIADOTTO REALE

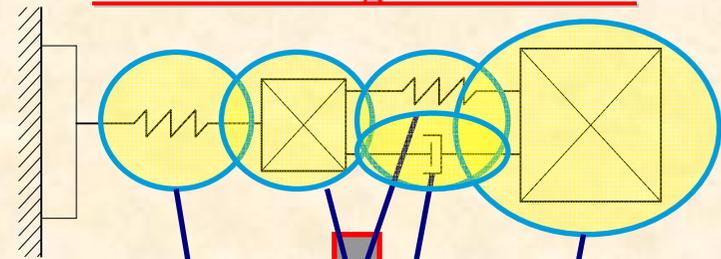
Massa impalcato

Dissipatore

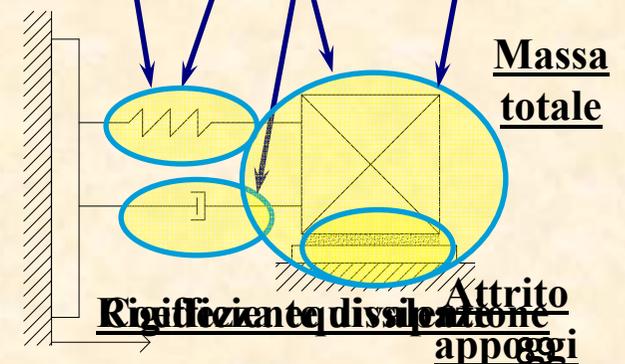


SCHEMATIZZAZIONE

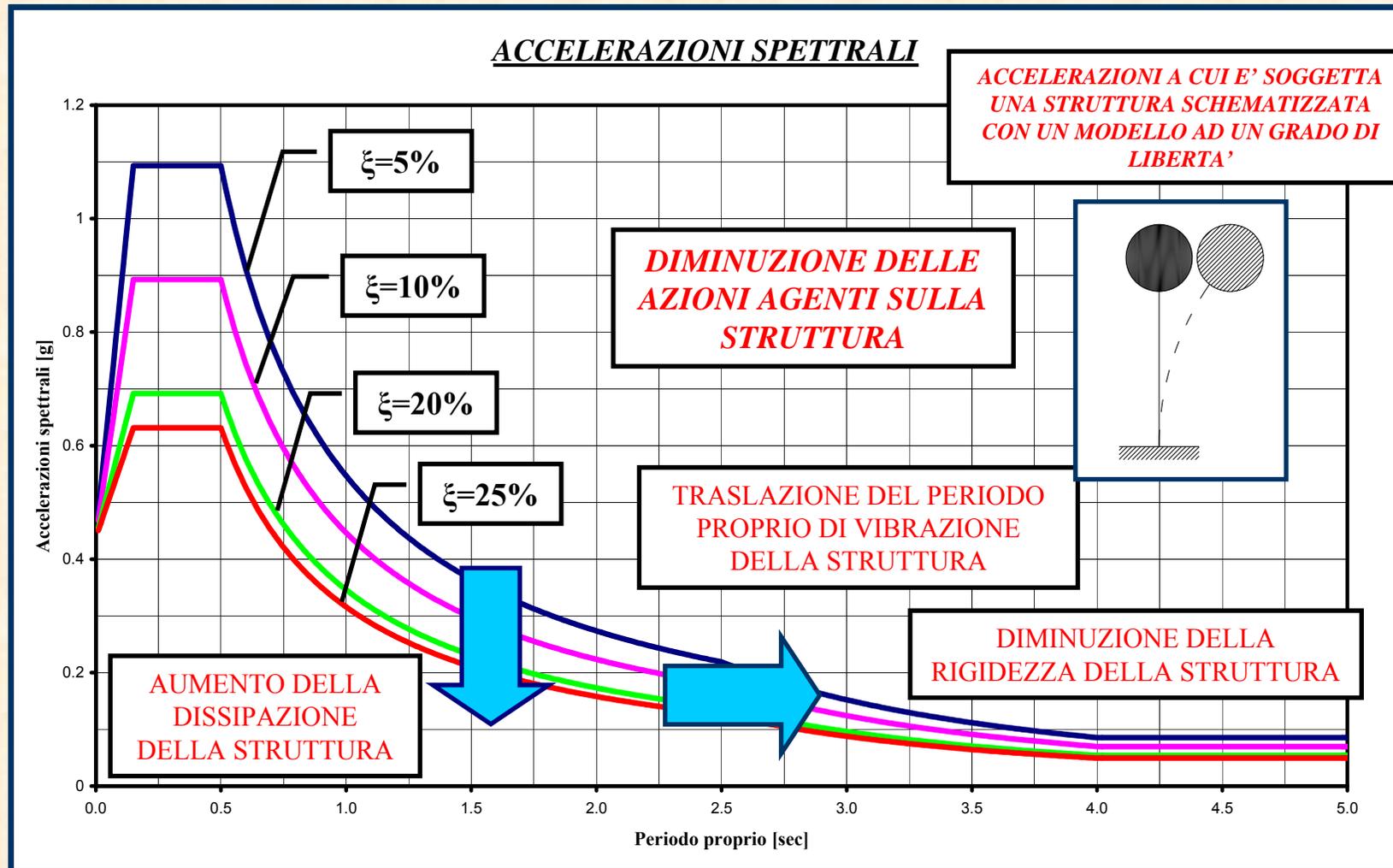
Modello a due gradi di libertà

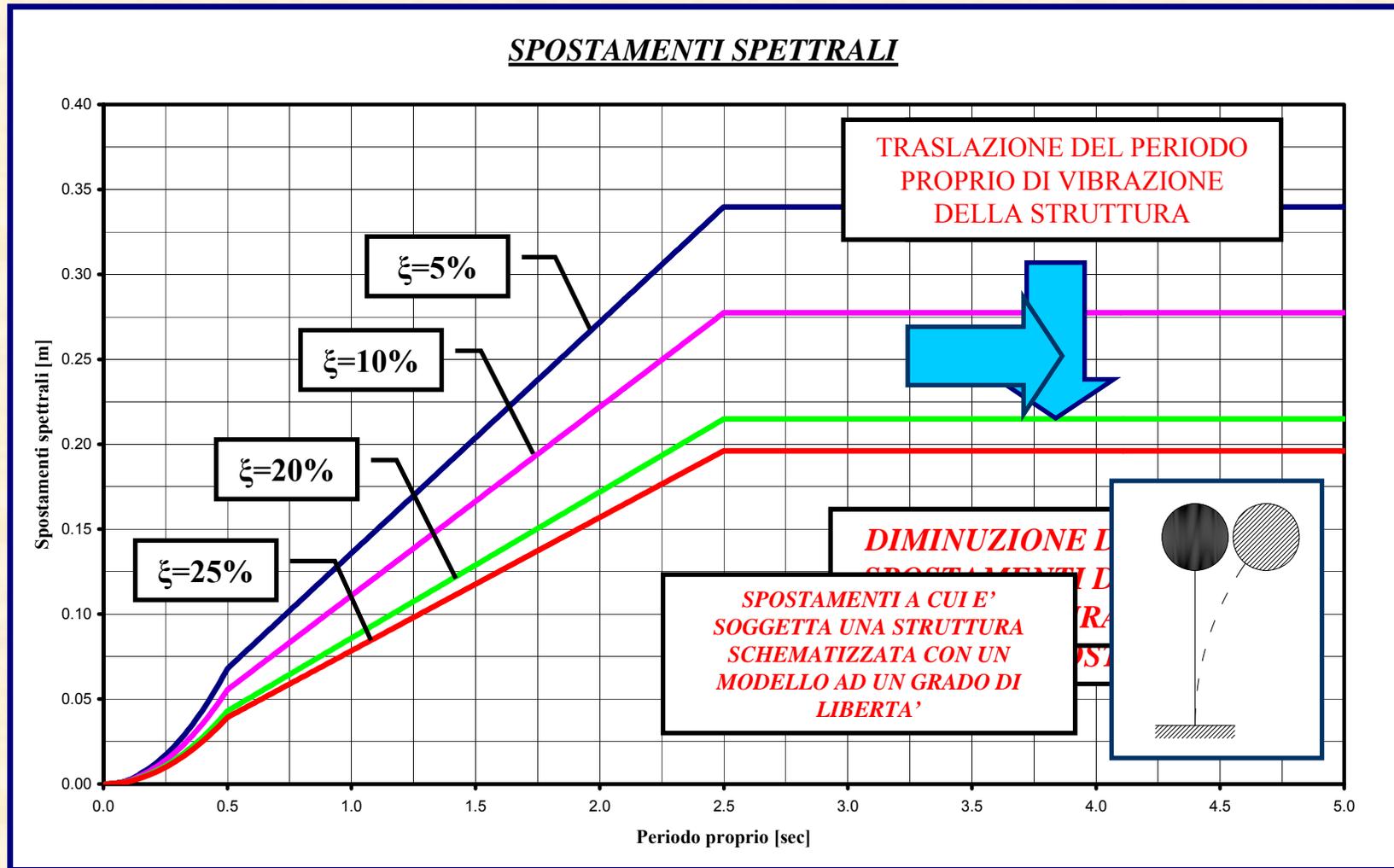


Modello ad un grado di libertà



TECNICHE DI ISOLAMENTO E DI DISSIPAZIONE

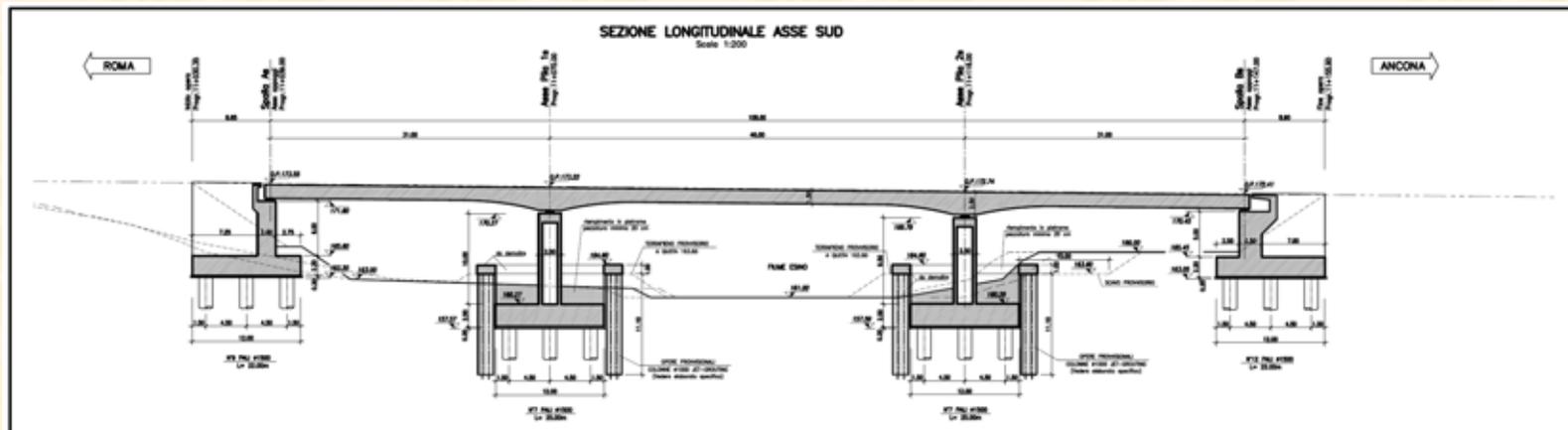
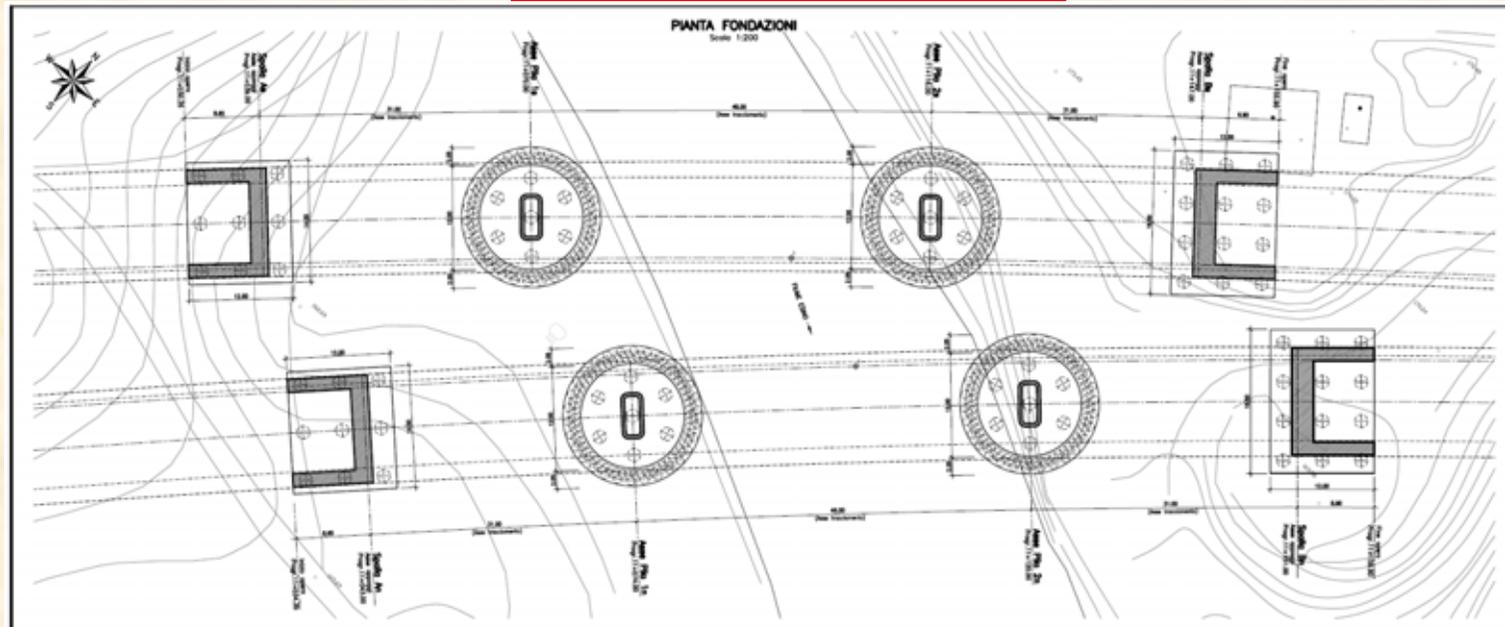




- ✓ **RIDUZIONE DELLE FORZE DI INERZIA AGENTI SULLA STRUTTURA**
- ✓ **RIDUZIONE DEGLI SPOSTAMENTI DELLA STRUTTURA**

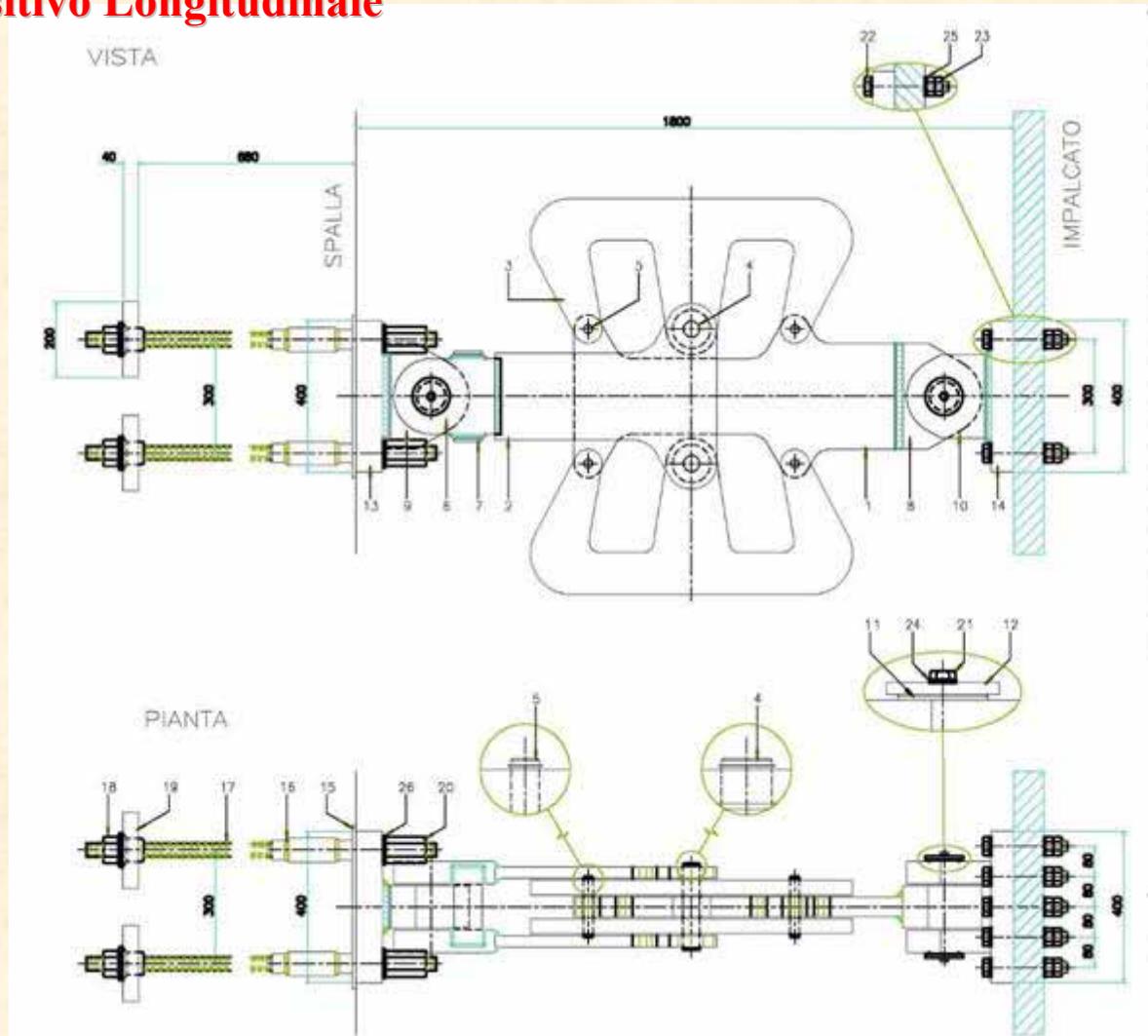
ESEMPIO: VIADOTTO CON IMPALCATO in CAP

campate: 31-44-31m



ISOLATORI ELASTOPLASTICI IN ACCIAIO

Dispositivo Longitudinale



MODELLAZIONE STRUTTURALE

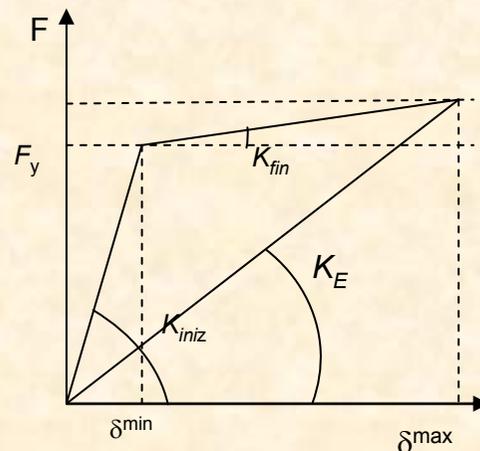
- **Analisi dinamica lineare :**

Il sistema di isolamento è schematizzato con un modello equivalente **visco-elastico lineare**, valutando opportunamente la rigidità elastica e lo smorzamento viscoso. Il dimensionamento è basato sullo spostamento massimo previsto per l'isolatore

- **Analisi dinamica non lineare :**

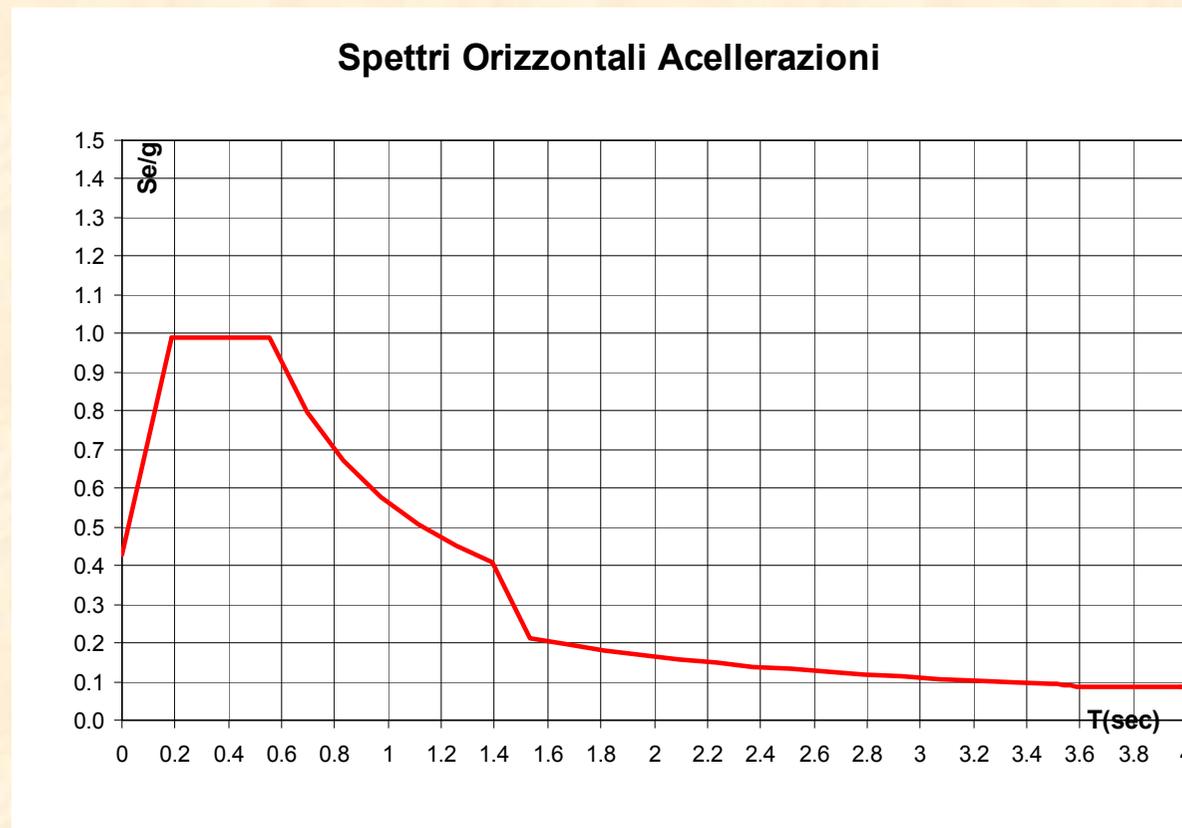
Il sistema di isolamento è modellato con elementi caratterizzati da un legame costitutivo non lineare.

L'analisi non lineare dinamica valuta la risposta sismica della struttura, mediante integrazione diretta delle equazioni del moto, utilizzando opportuni **accelerogrammi**



ANALISI DINAMICA LINEARE DEL VIADOTTO

SPETTRI DI RISPOSTA



SPETTRI DI RISPOSTA ORIZZONTALI

Normativa DM 14/1/2008

MODELLAZIONE non lineare PREVISTA DA NORMATIVA

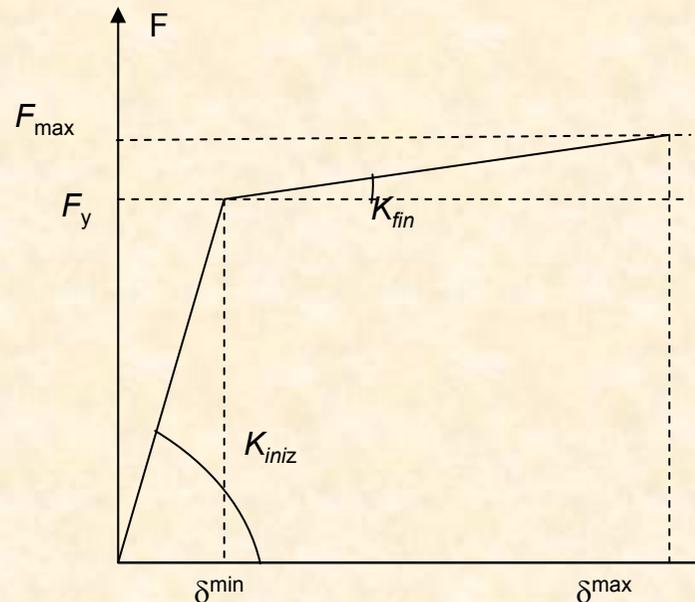
(11.9.5. del DM 14/1/2008)

Caratteristiche dei dispositivi elastoplastici:

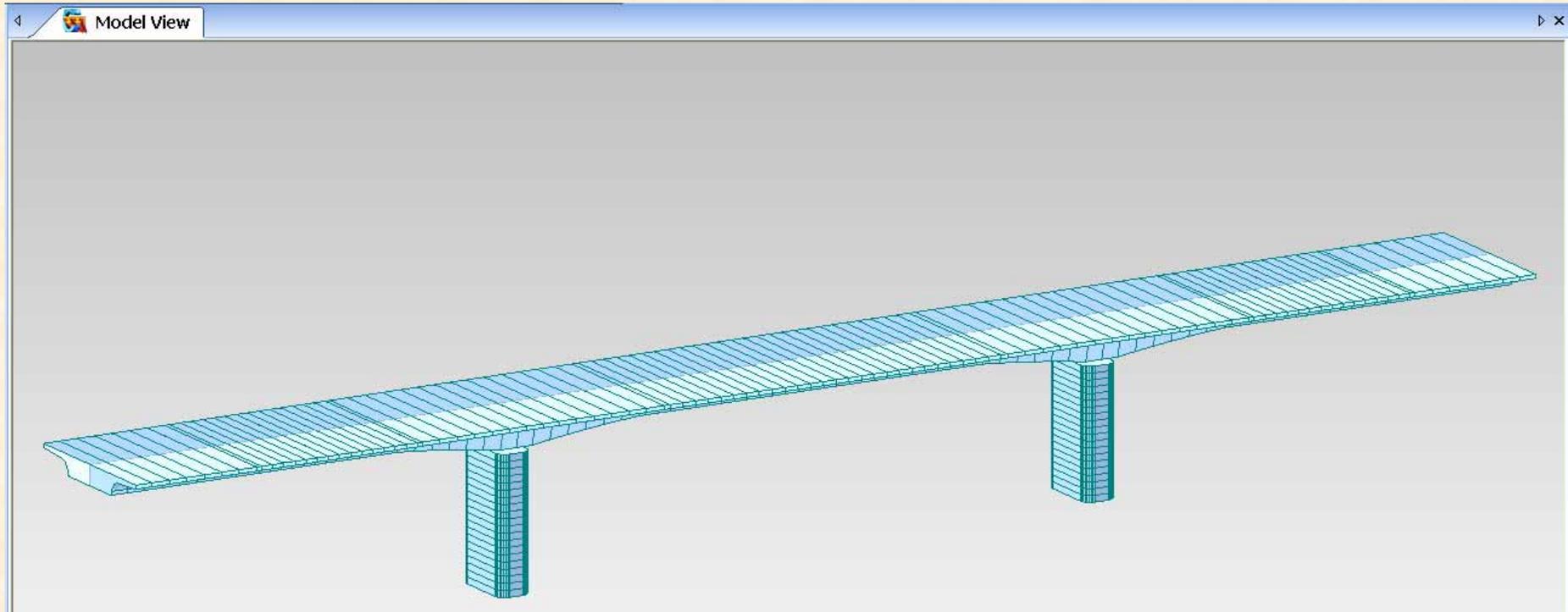
forza di snervamento $F_y = F1$,

forza massima $F_{max} = F2$,

rigidezze $K_{iniz} - K_{fin}$ relative al tratto elastico ed al tratto plastico delimitati dai parametri di spostamento $\delta^{min} = d1$ e $\delta^{max} = d2$.

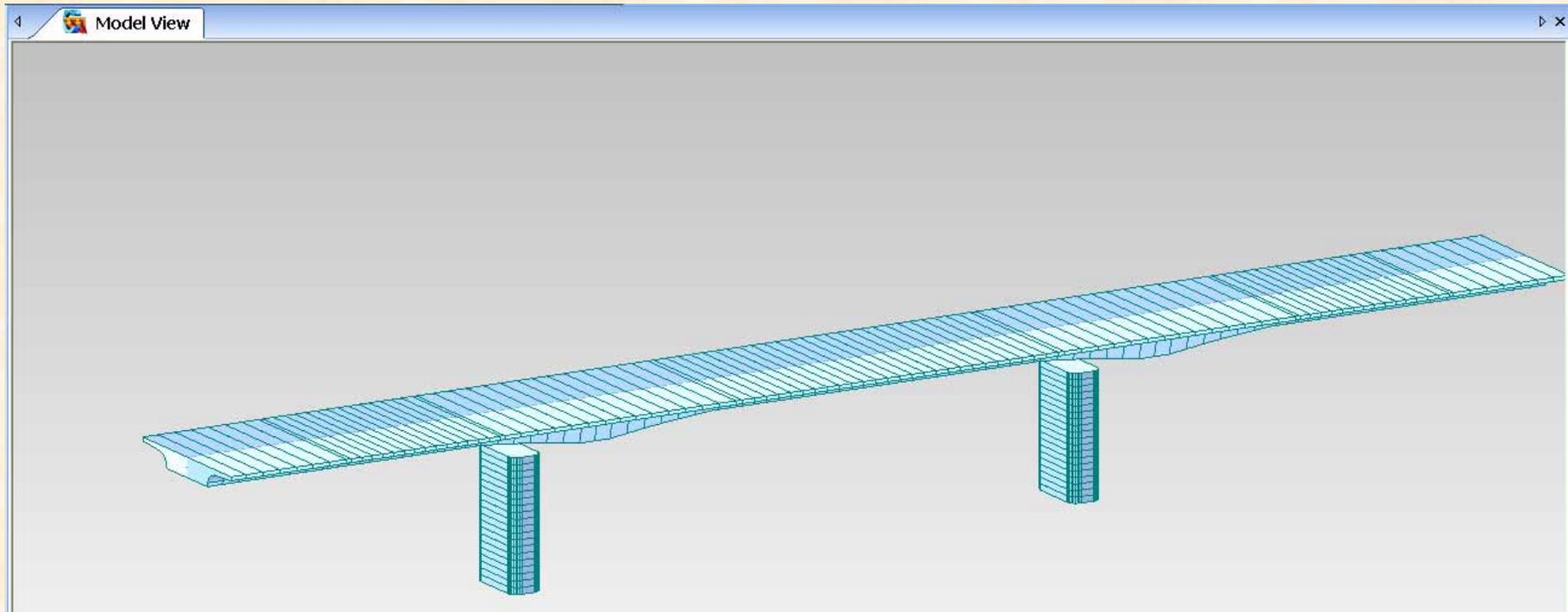


SCHEMA FEM DEL VIADOTTO



ANALISI DINAMICA LINEARE DEL VIADOTTO

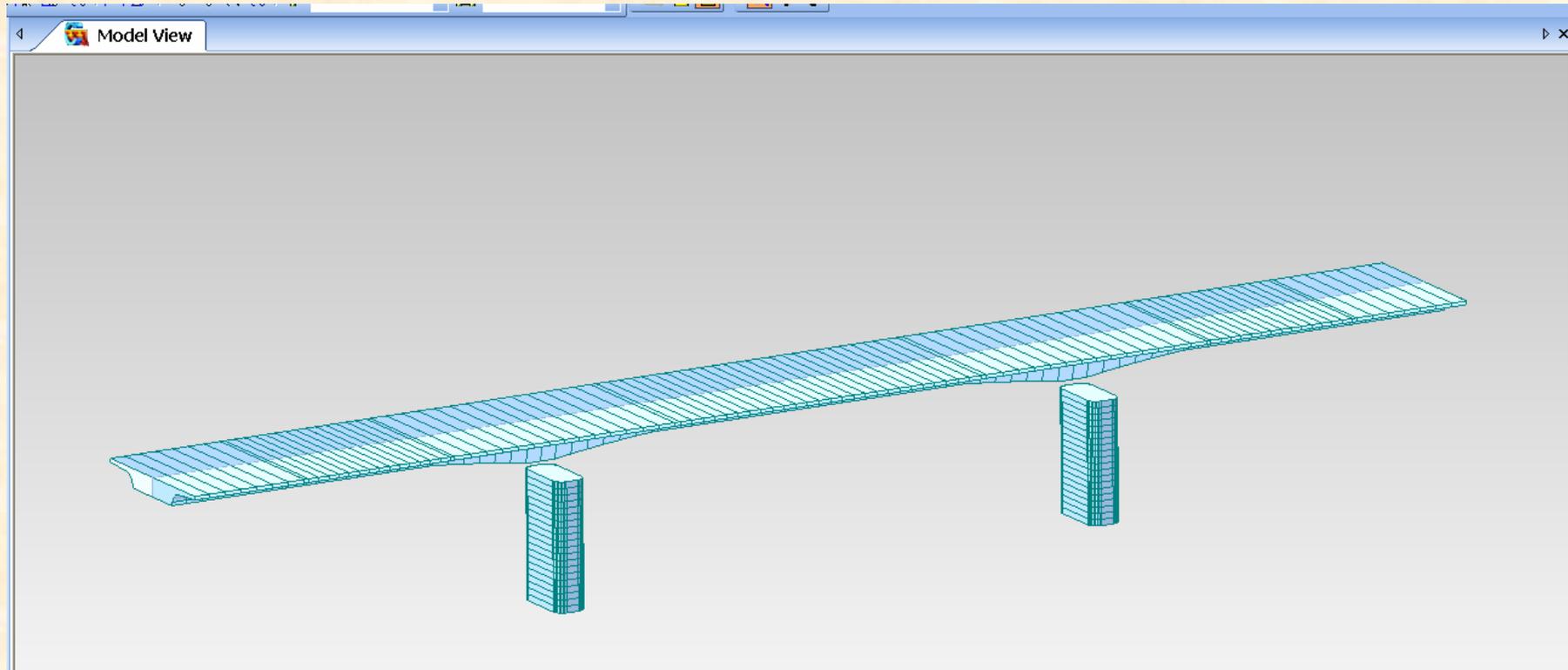
MODI DI VIBRAZIONE



I MODO DI VIBRAZIONE LONGITUDINALE $T= 2.82_{sec}$

ANALISI DINAMICA LINEARE DEL VIADOTTO

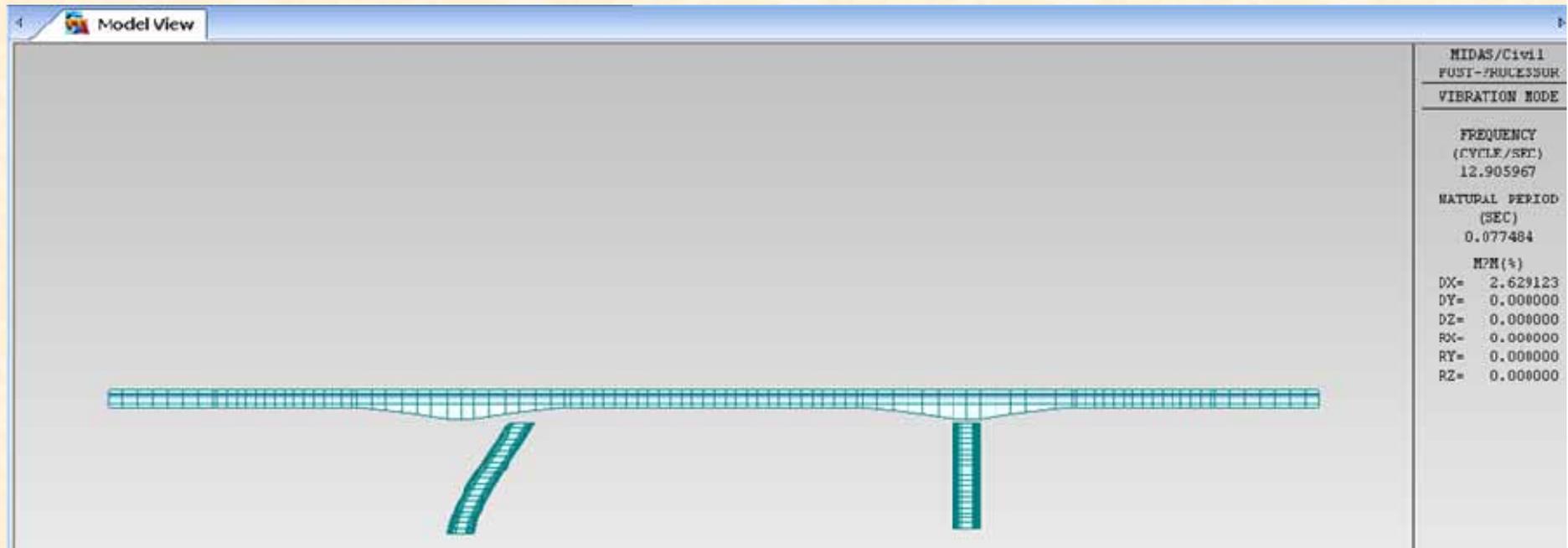
MODI DI VIBRAZIONE



I MODO DI VIBRAZIONE TRASVERSALE $T= 1.85$ sec

ANALISI DINAMICA LINEARE DEL VIADOTTO

MODI DI VIBRAZIONE

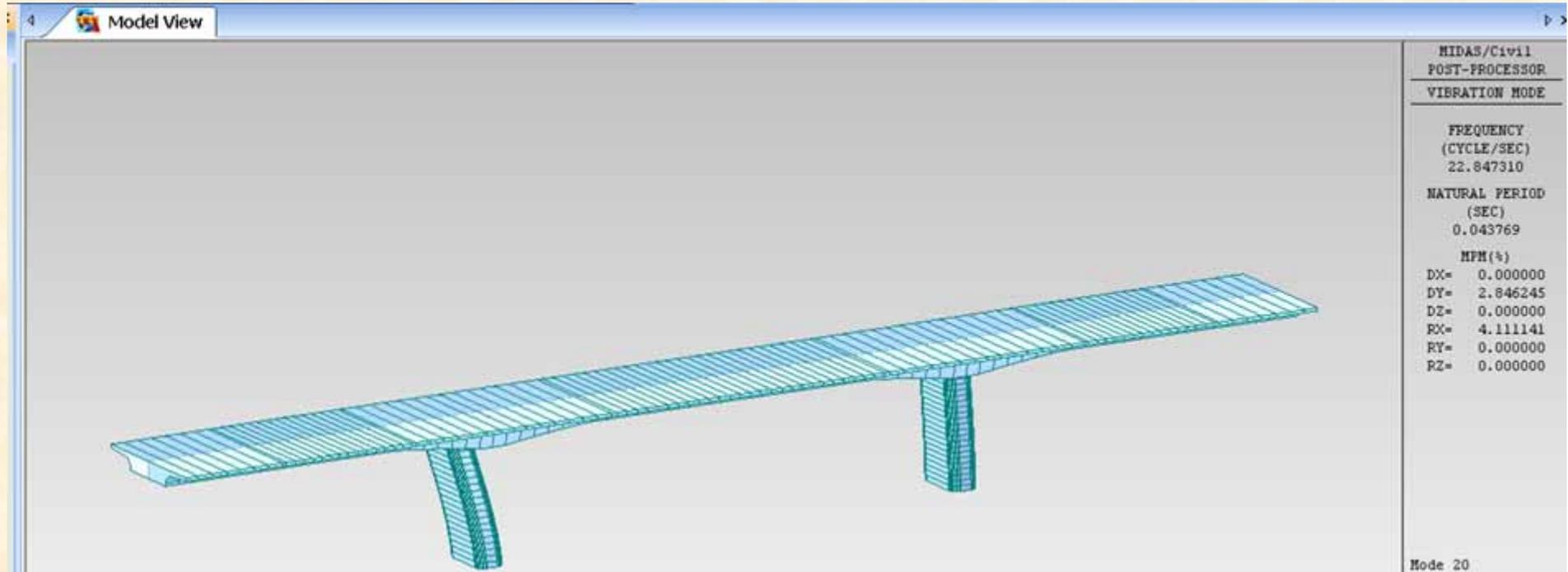


MODO DI VIBRAZIONE PILA LONGITUDINALE

T=0.077sec

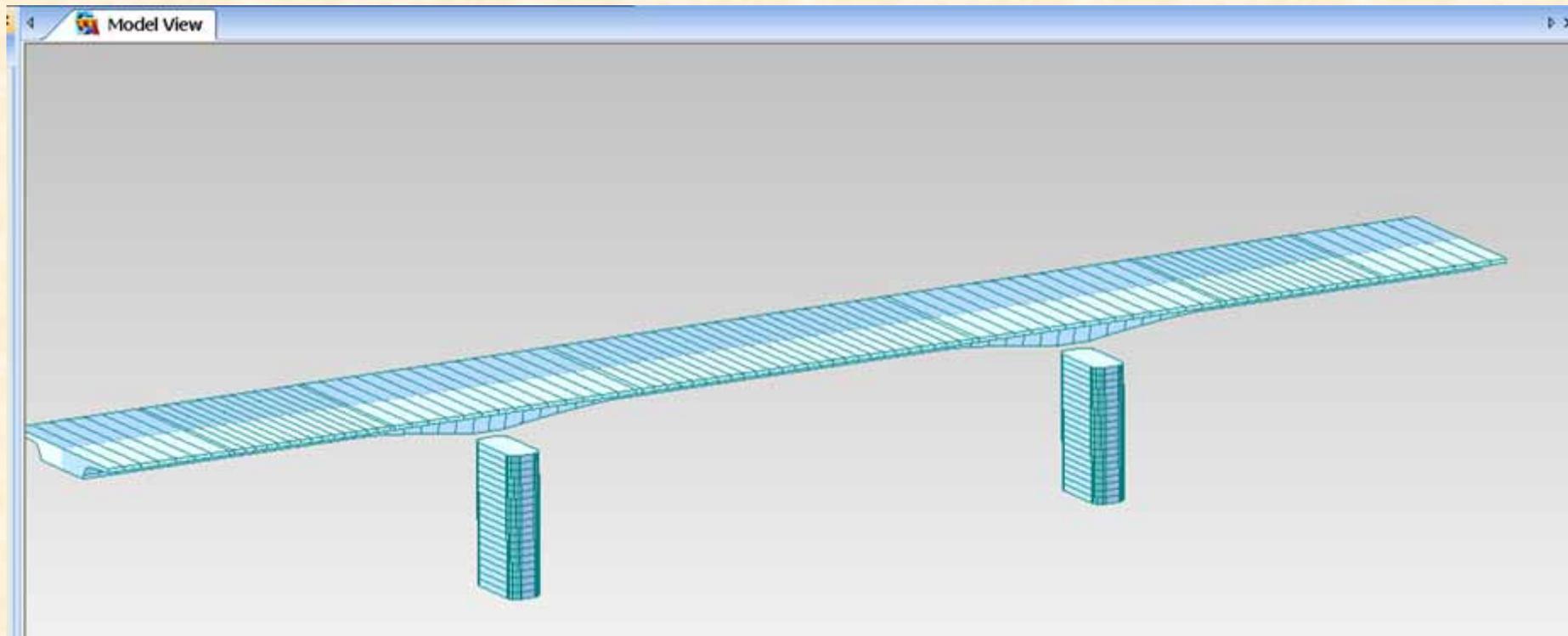
ANALISI DINAMICA LINEARE DEL VIADOTTO

MODI DI VIBRAZIONE



MODO DI VIBRAZIONE PILA TRASVERSALE T= 0.043 sec

ANALISI DINAMICA LINEARE DEL VIADOTTO



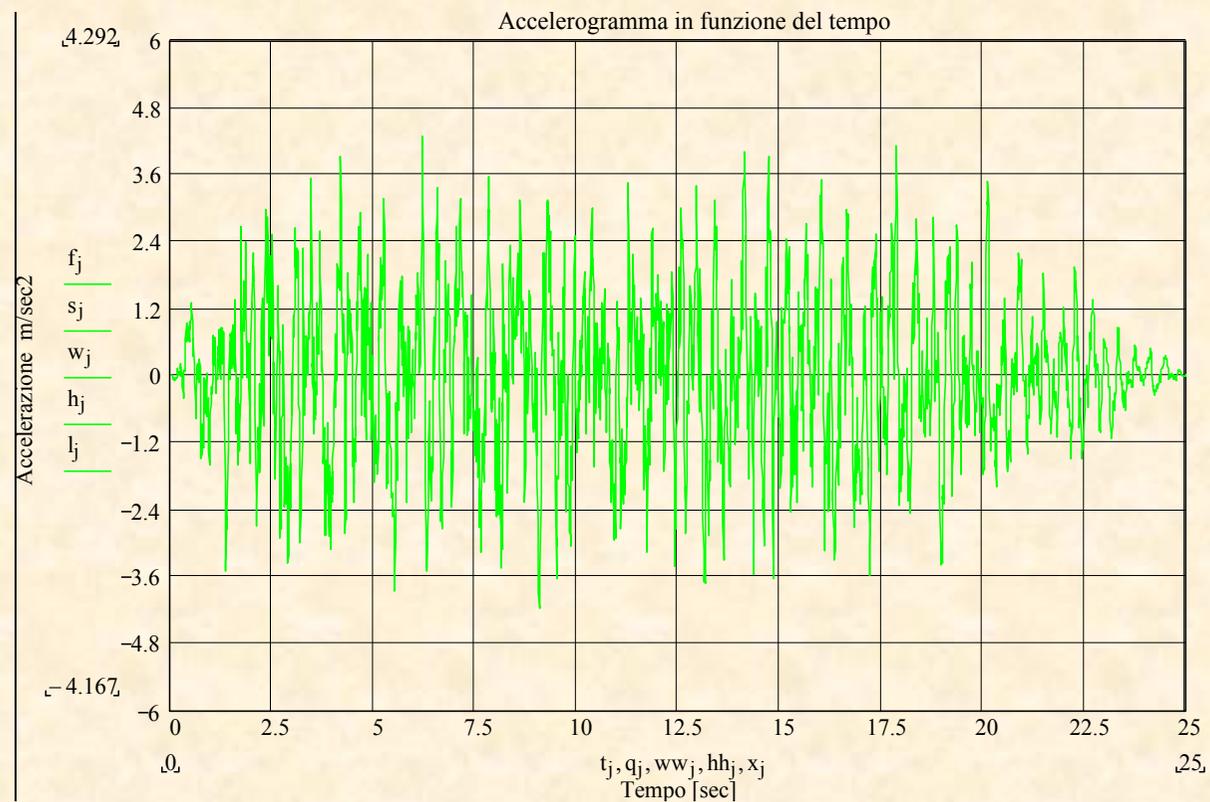
Spostamenti corrispondenti a sisma trasversale

Spos max = 13 cm (Stato limite di salvaguardia vita)

Spos max = 21 cm (Stato Limite di Collasso)

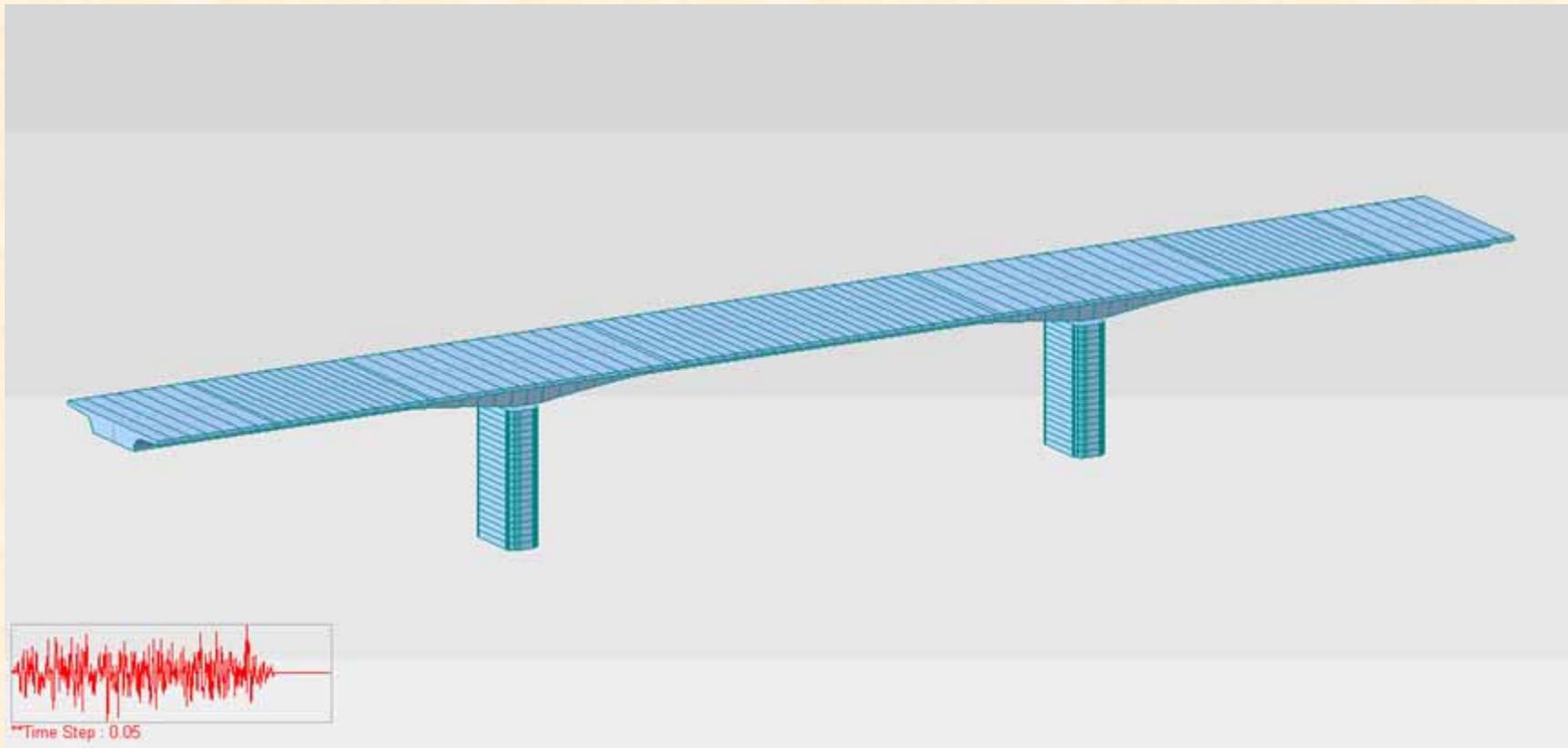
ANALISI DINAMICA NON LINEARE DEL VIADOTTO

3 ACCELEROGRAMMI compatibili allo SLC



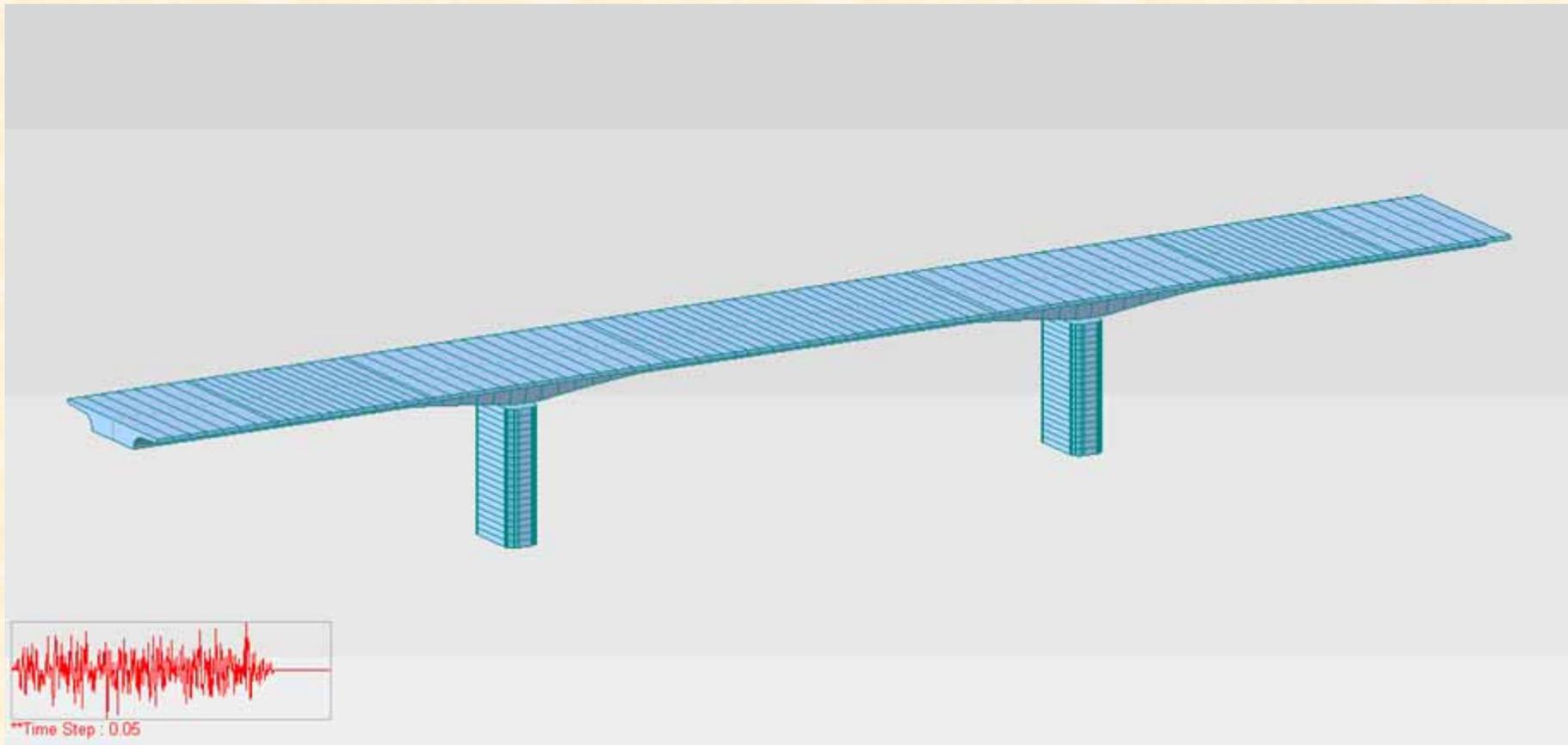
ANALISI DINAMICA NON LINEARE DEL VIADOTTO

RISULTATI (sisma trasversale)



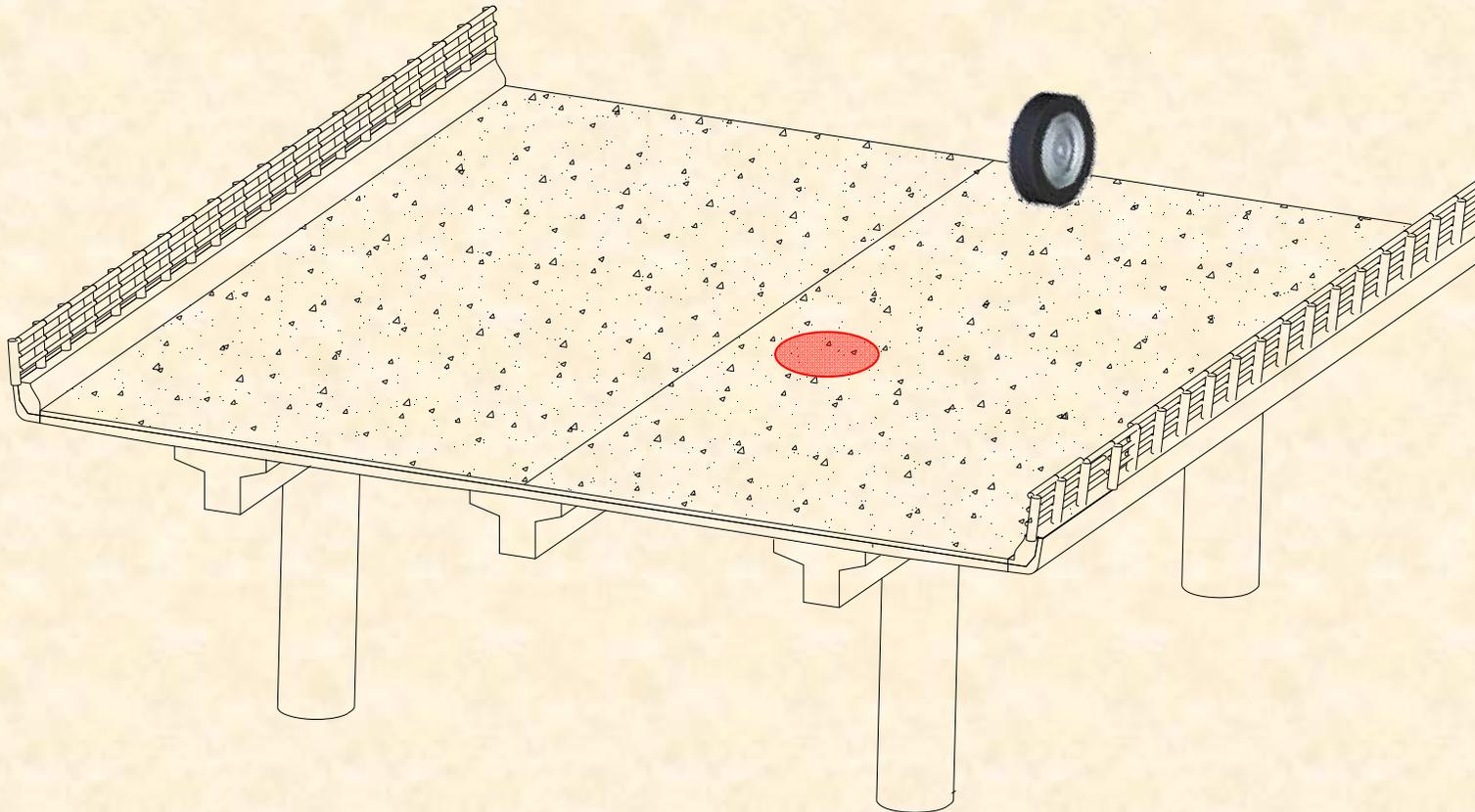
ANALISI DINAMICA NON LINEARE DEL VIADOTTO

RISULTATI (sisma longitudinale)

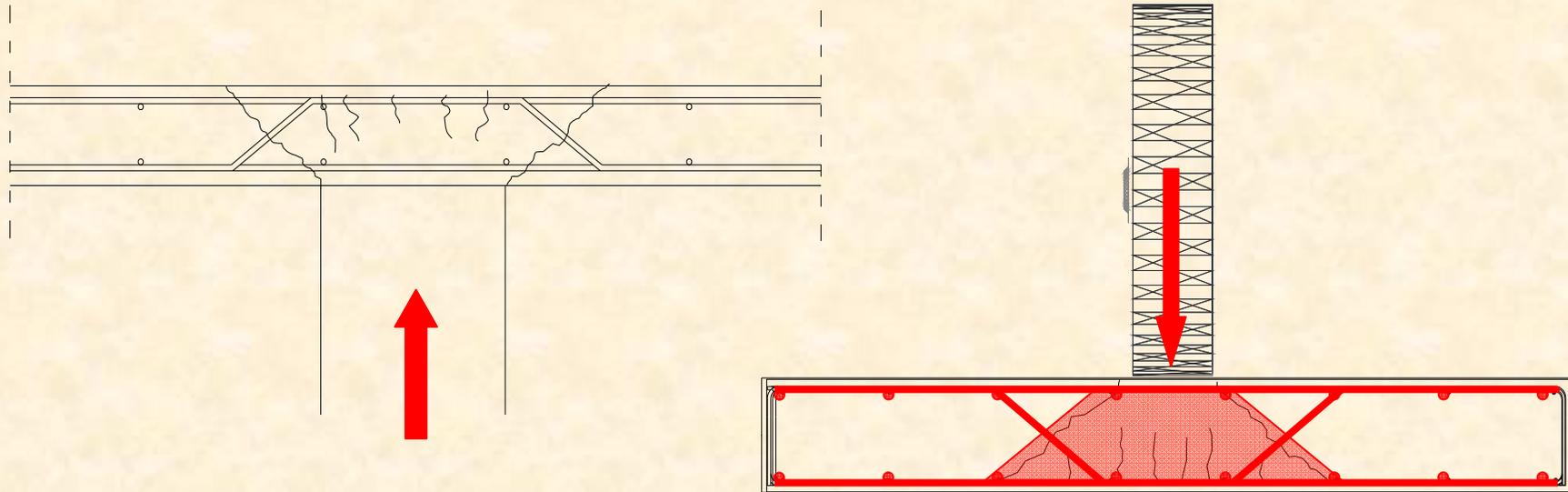


PUNCHING - SHEAR BEHAVIOUR OF BRIDGE DECKS

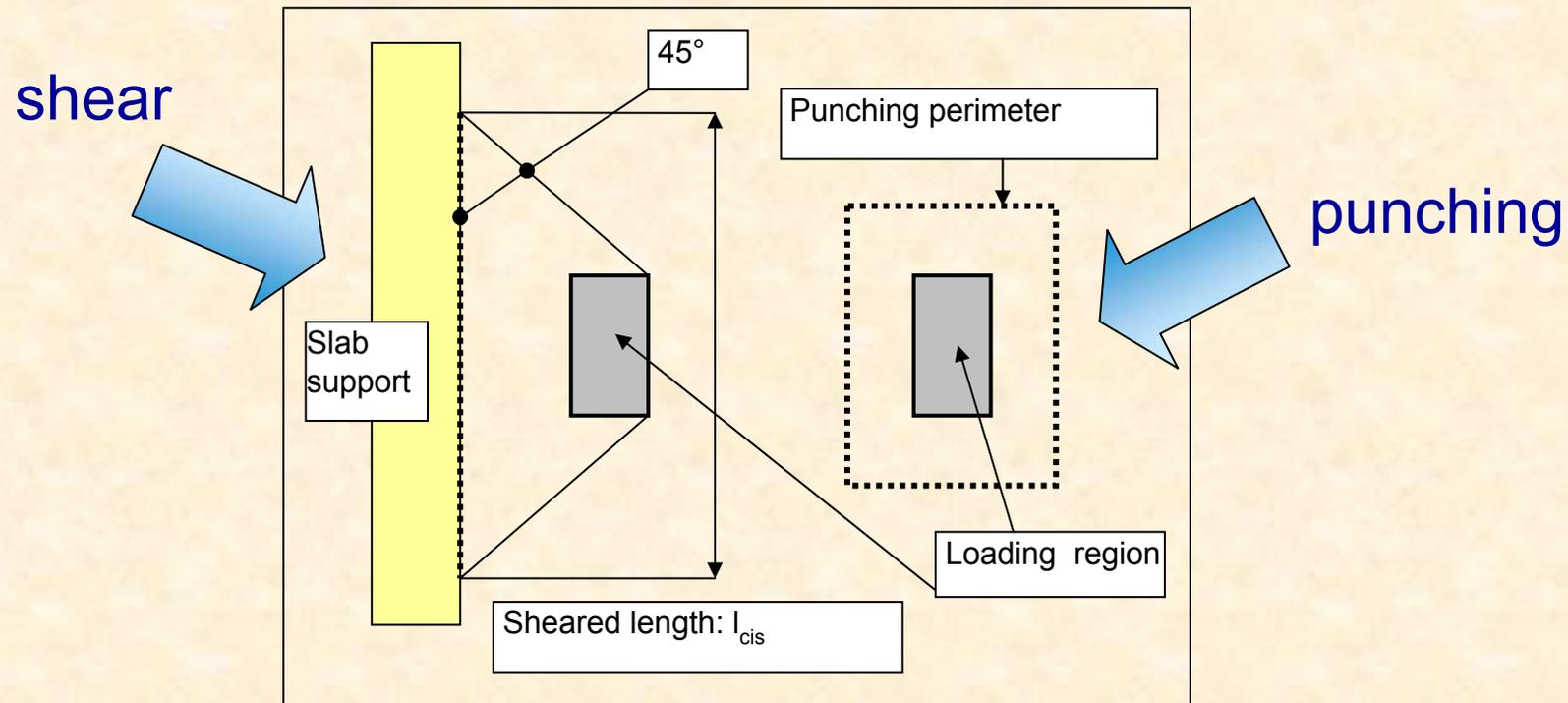
Punching shear in bridge deck



Typical punching shear problems



Typical punching shear problems



Punching: failure mechanism



EC2 formulation

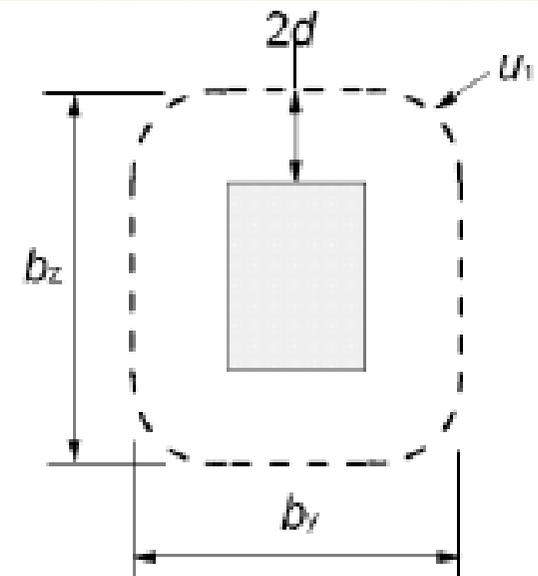
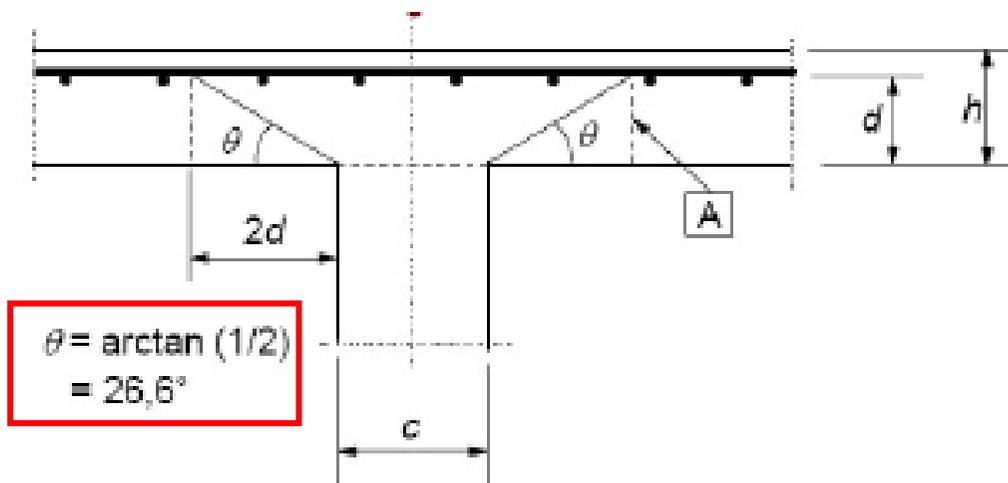
$$v_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c} \cdot k(100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{\frac{1}{3}}$$

$$F_{res} = v_{Rd,c} \cdot u \cdot d$$

d effective depth,

u the perimeter of the critical area, located at a distance $2d$ from the face of the column

f_c cylindrical concrete compressive strength.



ACI formulation

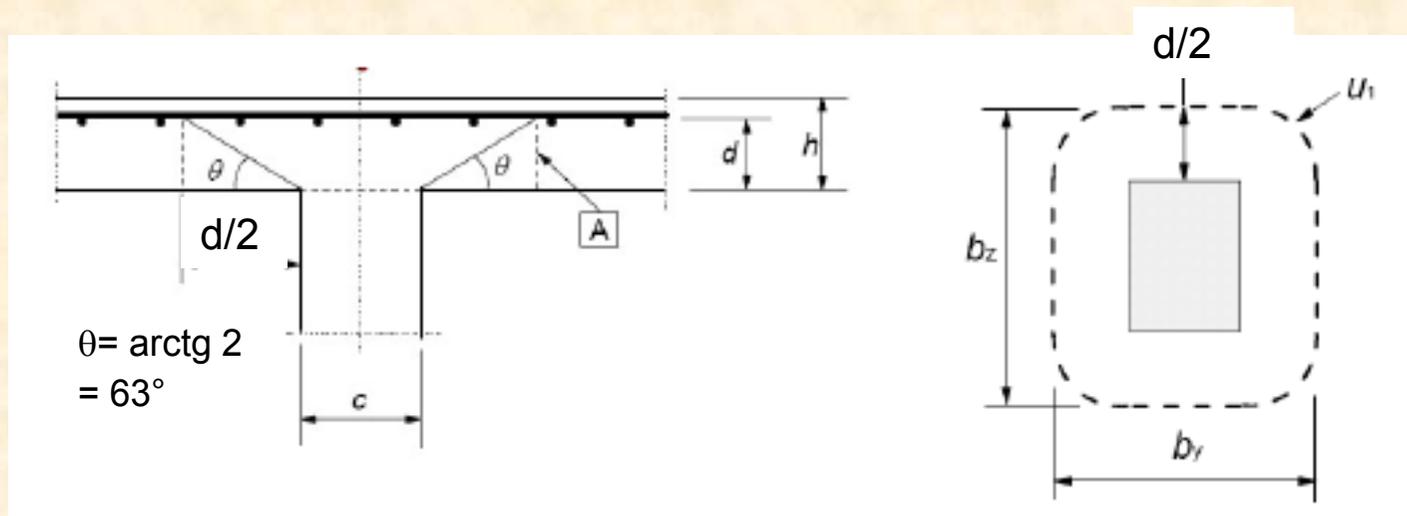
$$V_R = \frac{1}{3} \sqrt{f'_c}$$

$$V_R = \frac{1}{3} b_o d \sqrt{f'_c}$$

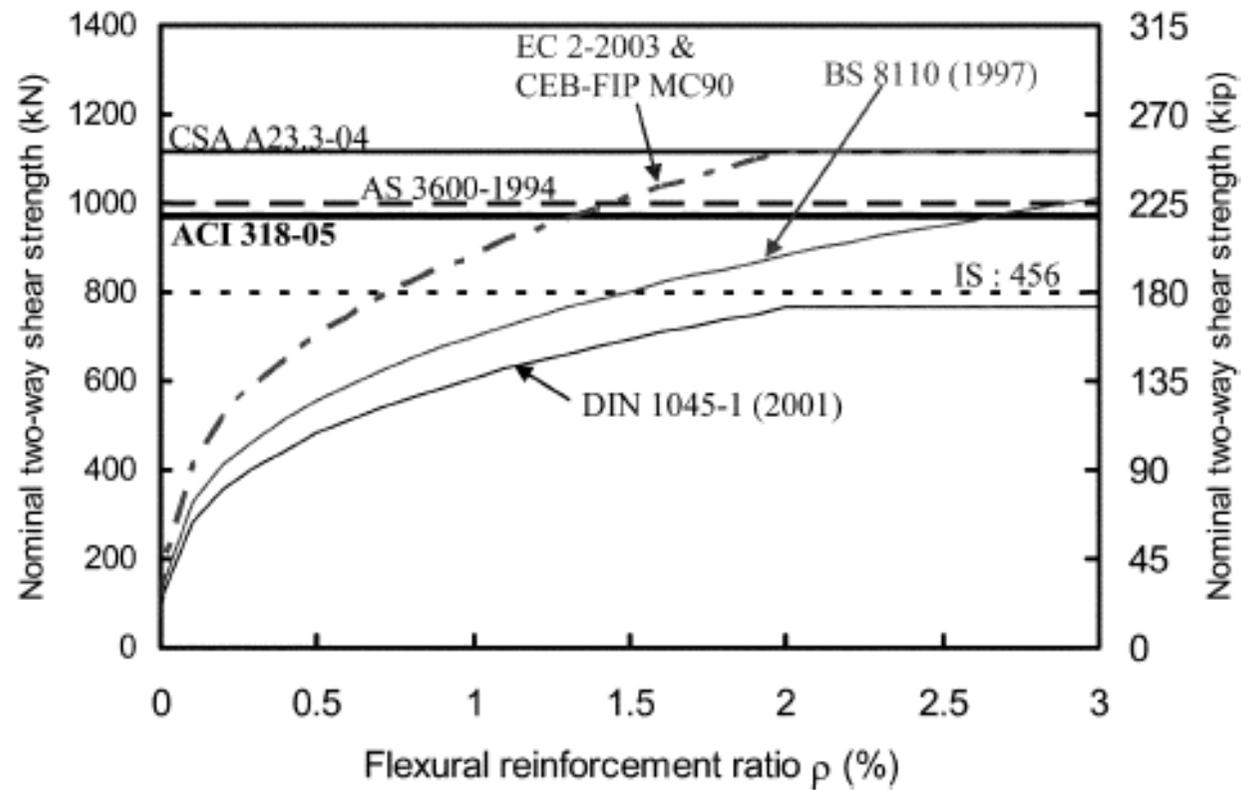
d effective depth,

b_o perimeter of the critical area, located at a distance $d/2$ from the face of the column,

f'_c cylindrical concrete compressive strength.

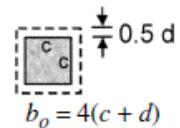
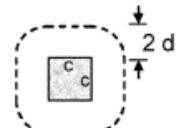
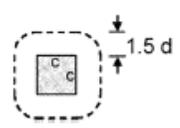
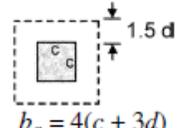


Code provisions



Literature results and code provisions

Table 2—Code provisions for basic two-way shear strength

Building codes	General equation: $V_c = v_c \times \xi \times \kappa_\rho \times b_o \times d$					
	v_c		ξ		κ_ρ	b_o
	Shear strength		Size effect		Reinforcement ratio	Critical shear perimeter
	SI units	U.S. units	SI units	U.S. units		
ACI 318-08	$0.33 \sqrt{f'_c}$	$4 \sqrt{f'_c}$	—	—	—	 $b_o = 4(c + d)$
CSA A23.3-04	$0.38 \sqrt{f'_c}$	$4.6 \sqrt{f'_c}$	For $d > 300$ mm: $1300/(1000 + d)$	For $d > 11.8$ in.: $51.2/(39.4 + d)$	—	
AS 3600-1994	$0.34 \sqrt{f'_c}$	$4.1 \sqrt{f'_c}$	—	—	—	
IS:456	$0.25 \sqrt{f_{ck, cube}}$	$3 \sqrt{f_{ck, cube}}$	—	—	—	
Eurocode 2-2003 and CEB-FIP MC 90	$0.18(f_{ck})^{1/3}$	$5(f_{ck})^{1/3}$	$\left(1 + \sqrt{\frac{200}{d}}\right) \leq 2.0$	$\left(1 + \sqrt{\frac{7.9}{d}}\right) \leq 2.0$	$(100\rho)^{1/3}$ $\rho \leq 0.02$	 $b_o = 4(c + \pi d)$
DIN 1045-1	$0.14(f_{ck})^{1/3}$	$3.9(f_{ck})^{1/3}$				 $b_o = 4c + 3\pi d$
BS 8110-97	For $f_{ck, cube} > 25$ MPa: $0.79 \left(\frac{f_{ck, cube}}{25}\right)^{1/3}$ For $f_{ck, cube} \leq 40$ MPa	For $f_{ck, cube} > 3600$ psi: $115 \left(\frac{f_{ck, cube}}{3600}\right)^{1/3}$ For $f_{ck, cube} \leq 5800$ psi	$\left(\frac{400}{d}\right)^{1/4} \leq 1.0$	$\left(\frac{15.7}{d}\right)^{1/4} \leq 1.0$	$(100\rho)^{1/3}$ $\rho \leq 0.03$	 $b_o = 4(c + 3d)$

Note: f'_c is specified concrete cylinder compressive strength, f_{ck} is characteristic concrete cylinder compressive strength, $f_{cube} \approx 1.25f'_c$, d is average depth of slab reinforcement, and c is column dimension.

Literature results and code provisions

Author	name	d	c (Fig.5)	f_c	ρ [%]	$F_{u,exp}$	$F_{u,ACI}$	$F_{u,EC2}$
Grimaldi, Meda, Rinaldi	S_PC	80 mm	150 mm	28 MPa	0.30	94 kN	130 kN	110 kN
Swamy and Ali	S1	105 mm	150 mm	34.3 MPa	0.50	198 kN	209 kN	222 kN
	S7	105 mm	150 mm	34.3 MPa	0.66	222 kN	209 kN	243 kN
	S19	105 mm	150 mm	34.3 MPa	0.33	131 kN	209 kN	193 kN
Theodorakopoulos and Swamy	FS1	100 mm	150 mm	31.1 MPa	0.56	174 kN	186 kN	205 kN
	FS8	100 mm	100 mm	32.3 MPa	0.56	150 kN	152 kN	189 kN
	FS10	100 mm	200 mm	43.0 MPa	0.56	191 kN	226 kN	226 kN
	FS19	100 mm	150 mm	30.4 MPa	0.37	137 kN	184 kN	177 kN
McHarg et al.	NU	117 mm	225 mm	30 MPa	1.00	306 kN	292 kN	362 kN

TUNNEL LINING

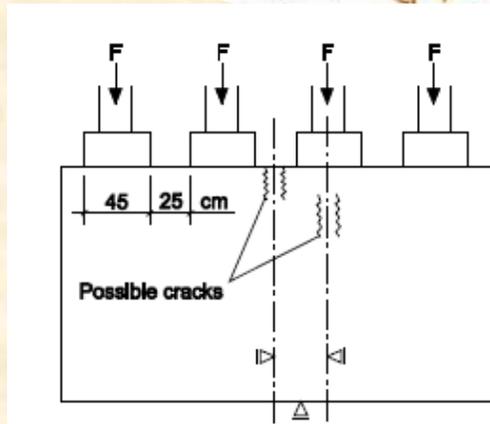
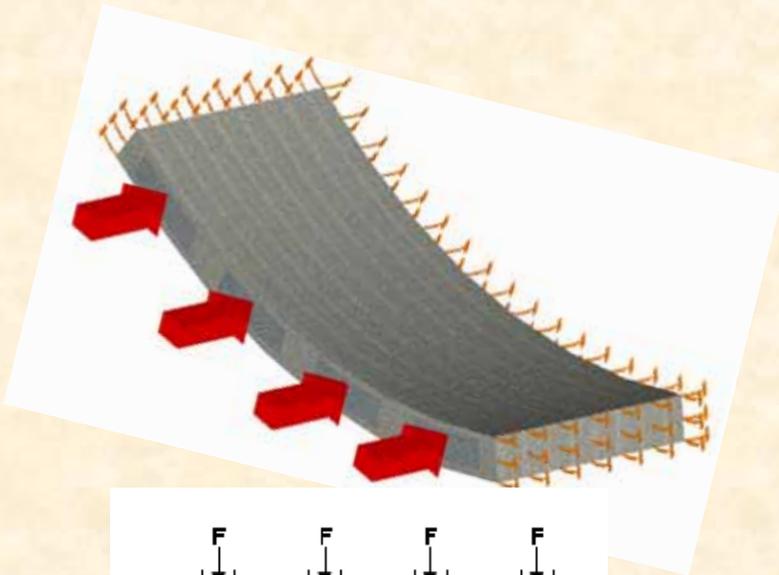
Tunnel lining



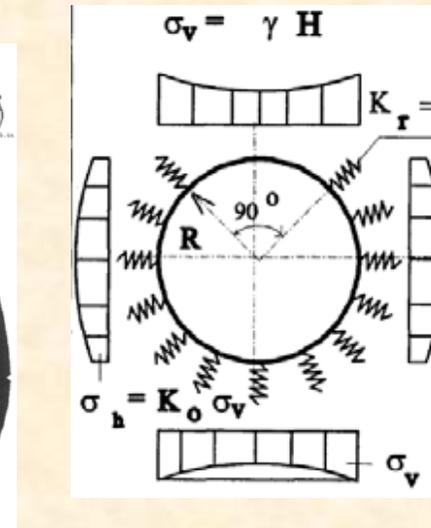
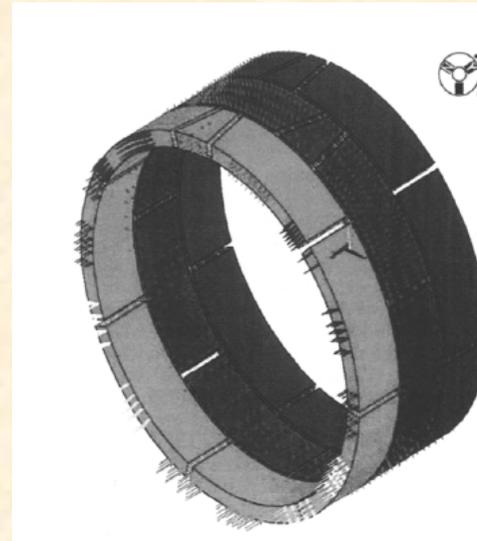
Tunnel lining



Tunnel lining: Safety checks



Jack load (axial actions)



Service check
(axial and bending actions)



Tunnel



Check by test

Lab. Rome University "Tor Vergata"



Esperienze estere di progettazione strutturale degli associati OICE

- le società di ingegneria pura (CE) operano all'estero prevalentemente nei paesi dell'area mediterranea con applicazione degli Eurocodici
- le società di ingegneria impiantistica (E&C) operano a livello mondiale con consolidata esperienza nell'applicazione delle normative internazionali

Attese di sviluppo delle normative

- divulgazione
- omogeneizzazione
- innovazione