

Les ponts Extradossés

Présentation du bulletin 17 de la collection « Structural Engineering Documents » consacré aux Ponts Extradossés

Serge Montens (Ex Systra)

Thierry Duclos (VINCI Construction Grands Projets)

L'association IABSE (International Association for Bridges and Structural Engineering) publie depuis 1982 des guides intitulés « Structural Engineering Documents » (SED)

Ils sont rédigés par des groupes de travail composés de membres de IABSE

SED 17: les Ponts Extradossés

SED 1 Concrete box-girder bridges

SED 2 Dynamic response of RC buildings

SED 3 Vibrations in structures

SED 4 Ship collision

SED 5 Safety and reliability of structures

SED 6 Structural bearings and expansion joints

SED 7 Fiber reinforced polymers

SED 8 High performance steels

SED 9 Cable vibrations in cable-stayed structures

SED 10 Structural use of glass

SED 11 Design for robustness

SED 12 Rehabilitation, repair, retrofitting, strengthening

SED 13 Timber in tall multi-storey buildings

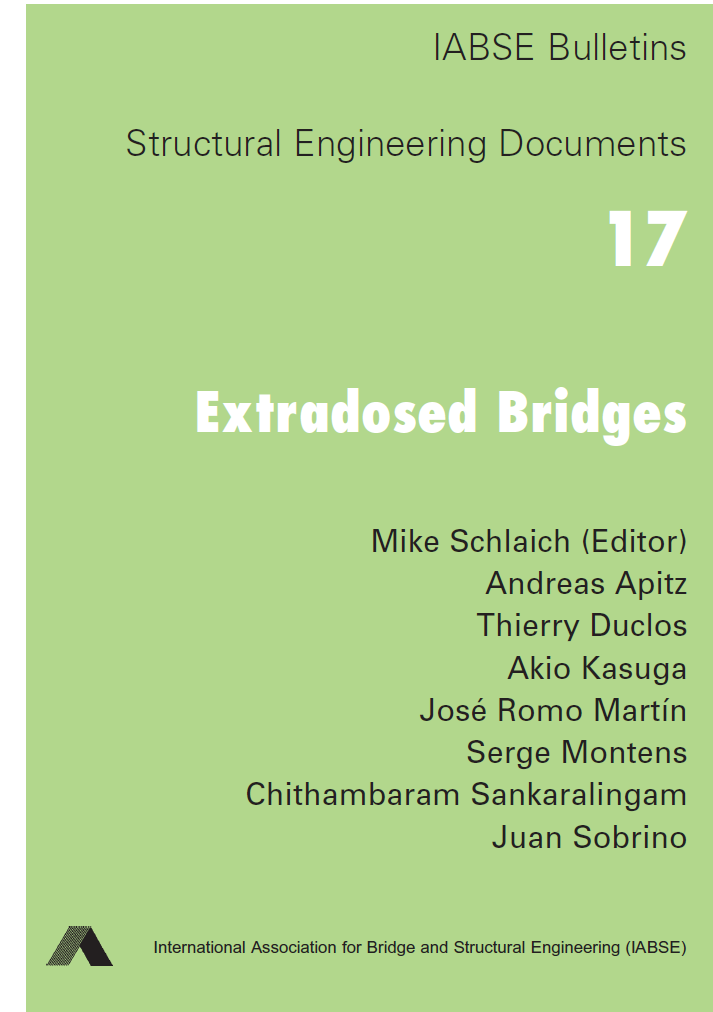
SED 14 Sustainable structural engineering

SED 15 Engineering history and heritage structures

SED 16 Characteristics of seismic failures of buildings

SOMMAIRE

1. General
2. Conceptual design
3. Analysis
4. Structural design – the Japanese experience
5. Technology of extradosed cables
6. Construction issues
7. Cost/economics
8. Bridge data and case studies

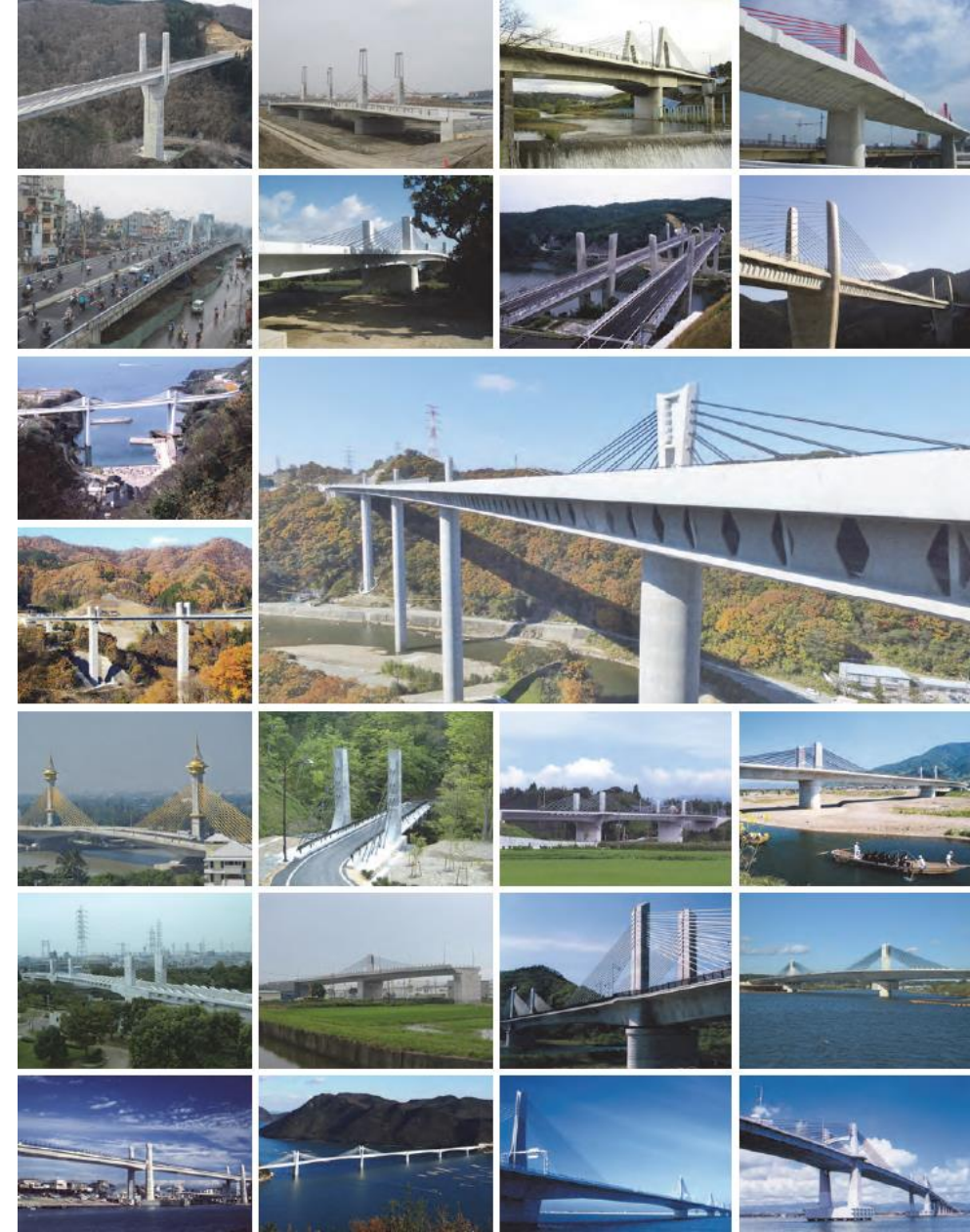


SED 17: les Ponts Extradossés

148 pages

Caractéristiques de 241 ponts extradossés

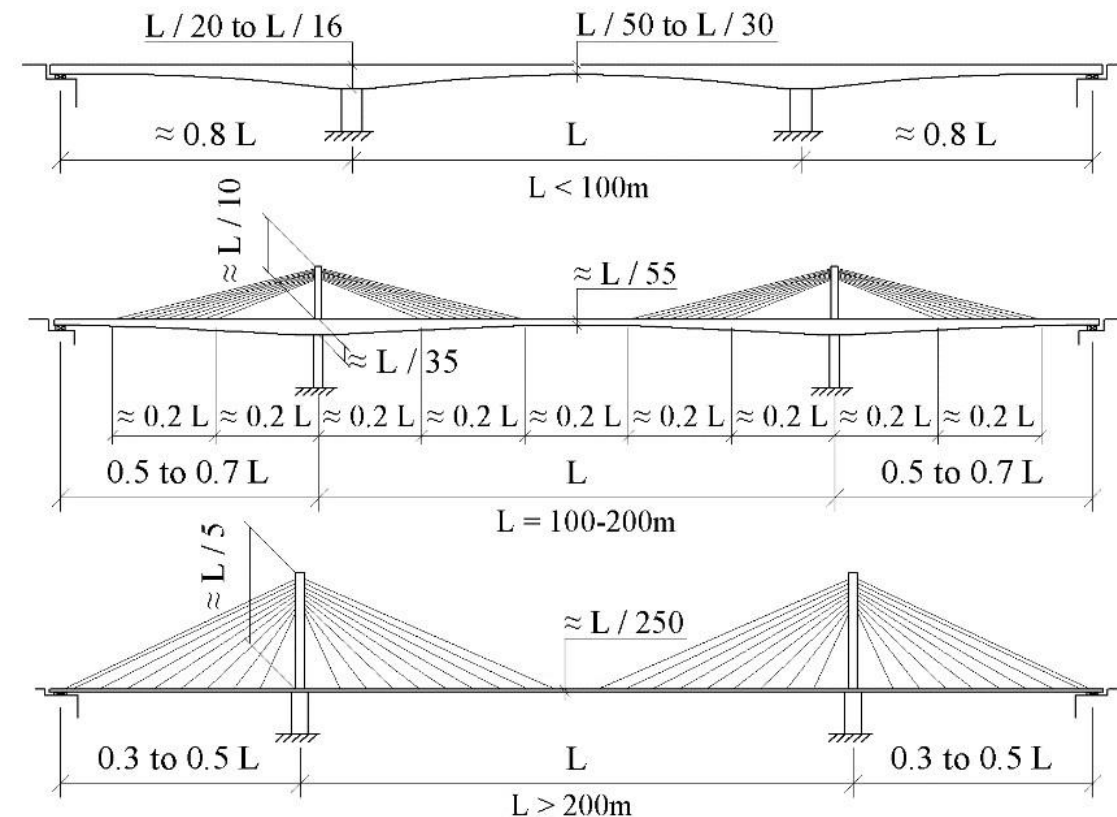
136 références bibliographiques



1. GENERAL

Définitions :

- Tablier supporté partiellement par des haubans accrochés à un pylône moins haut que dans un pont haubané (7 à 13 % de la portée)
- Intermédiaire entre un pont à poutre et un pont haubané, pour des portées de 100m à 250m



Avantages par rapport à un pont en béton construit par encorbellement:

- moins de béton
- moins de ferrailage
- portée plus importante possible avec la même épaisseur de tablier (ou épaisseur de tablier plus faible pour une même portée)

Avantages par rapport à un pont haubané:

- hauteur totale de l'ouvrage plus faible (pylône moins haut)
- moins de béton dans les pylônes, et pylônes plus faciles à construire
- sections des câbles plus faibles (car très peu de fatigue, donc taux de travail plus élevé)
- ancrages des câbles extradossés moins chers que des haubans (très peu de fatigue)
- pont à travées multiples plus faciles à concevoir

SED 17: les Ponts Extradossés

Histoire:

Jacques Mathivat, 1987: plusieurs propositions en France, non réalisées

Ce sont les câbles de précontrainte qui étaient dits « extradossés »

Premier pont extradossé construit: pont d'Odawara au Japon, ouvert en 1994

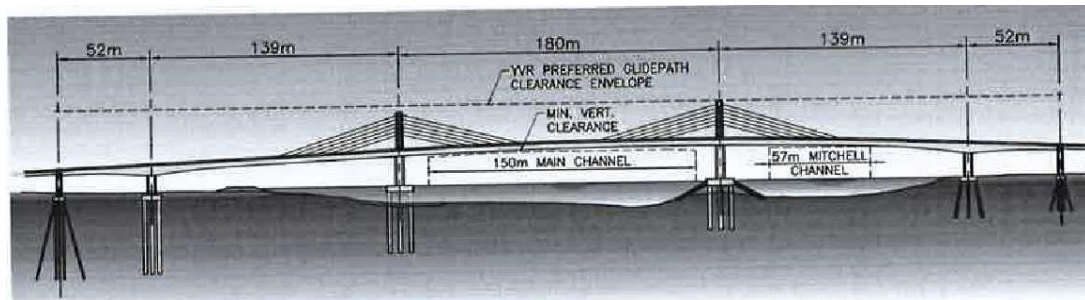
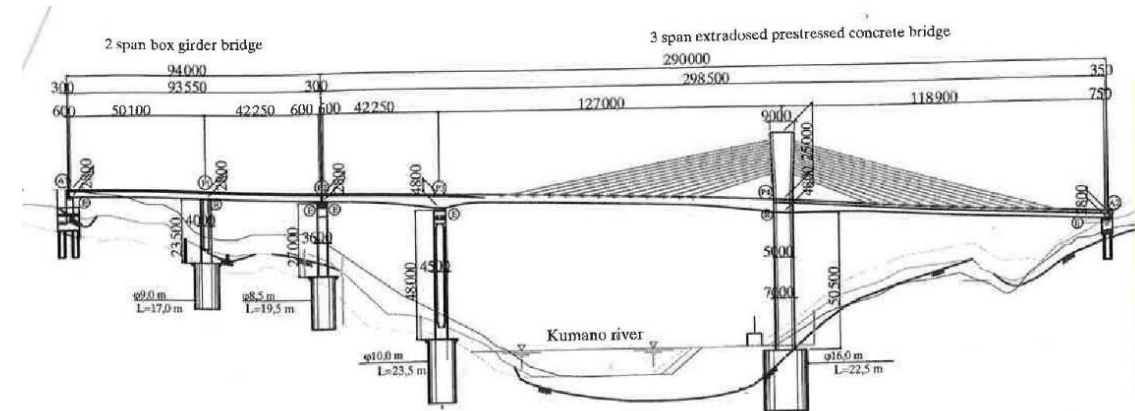
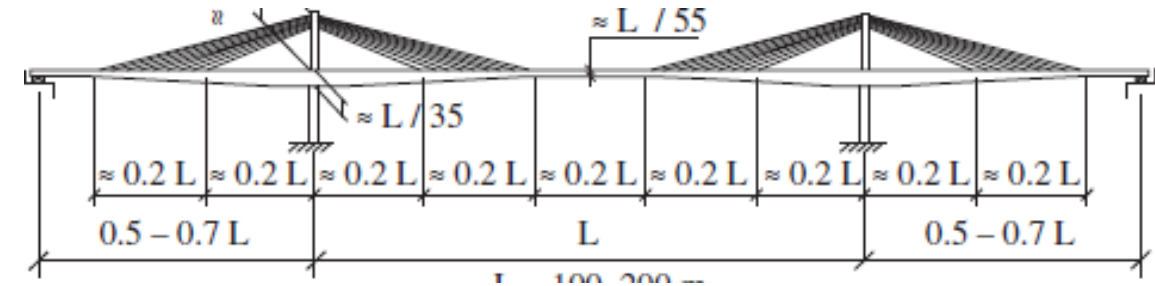
La plupart des ponts extradossés se trouvent en :
Japon, Chine, Inde, Corée, Pologne



2. CONCEPTUAL DESIGN

Conception générale et schéma statique :

- Très grande variété possible
- En élévation, en général 2 pylônes
- Mais 1 seul pylône est possible également
- Travées latérales: généralement 50 à 70 % de la travée centrale
- Mais exceptions possibles :

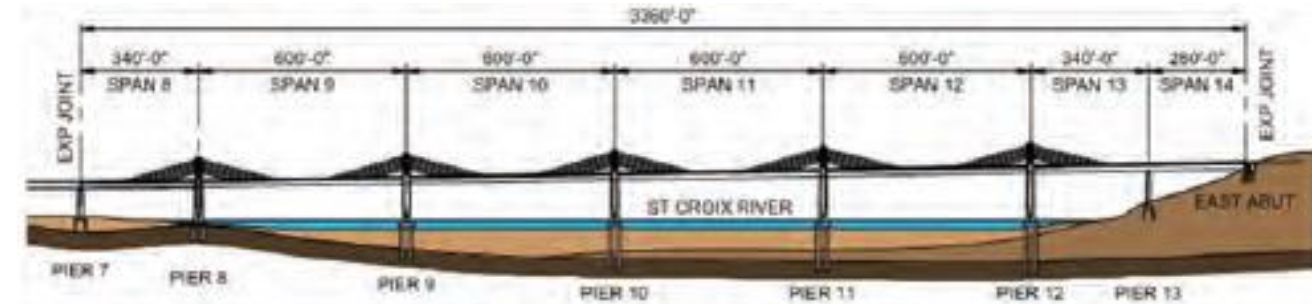


SED 17: les Ponts Extradossés

Travées multiples extradossées possibles:

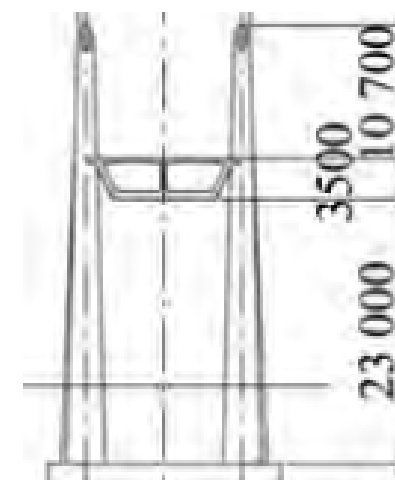
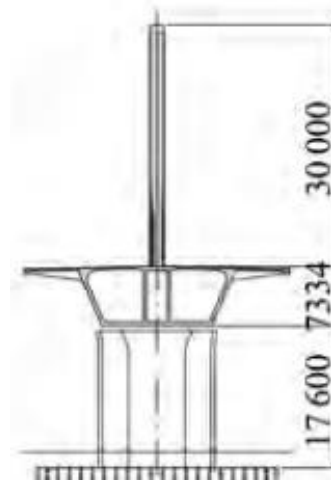
Pont de Arrah-Chhapra (Inde): 17 travées (16 pylônes)

Tablier continu, ou bien joint de dilatation à mi-travée d'une ou plusieurs travées



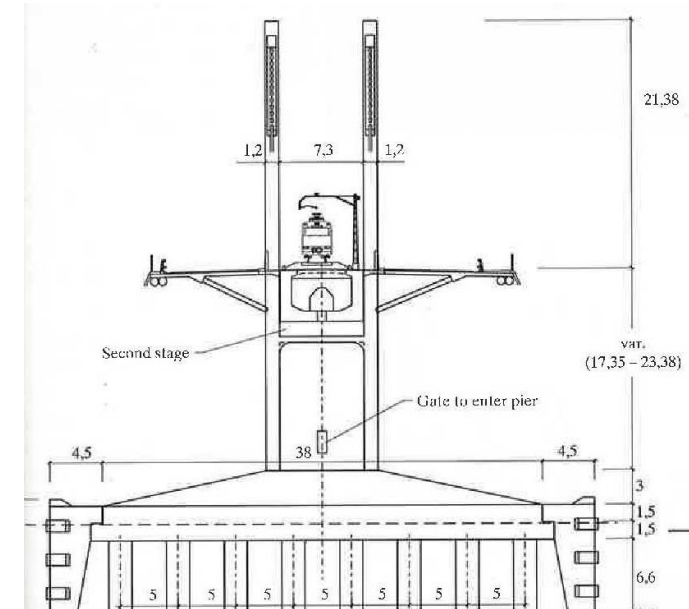
Configuration transversale des pylônes :

Axiaux ou latéraux (comme ponts haubanés)

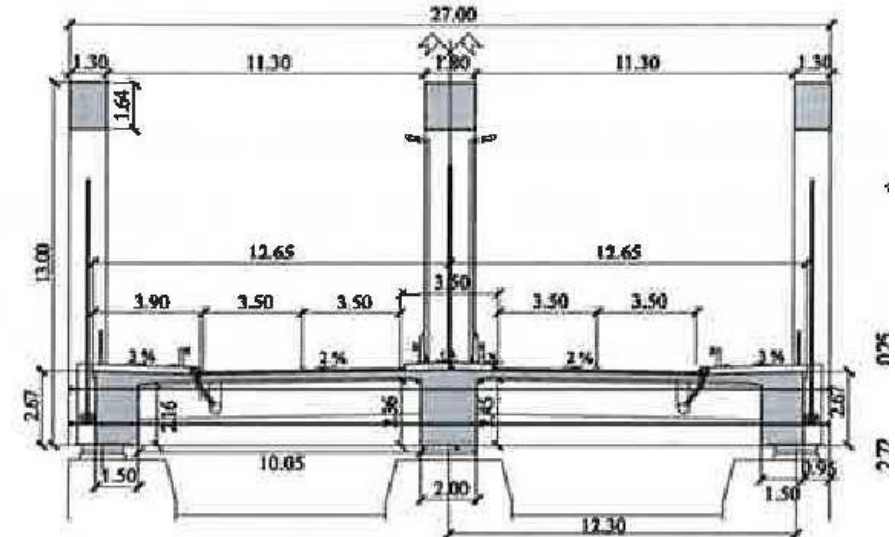


SED 17: les Ponts Extradossés

Position intermédiaire des fûts possibles

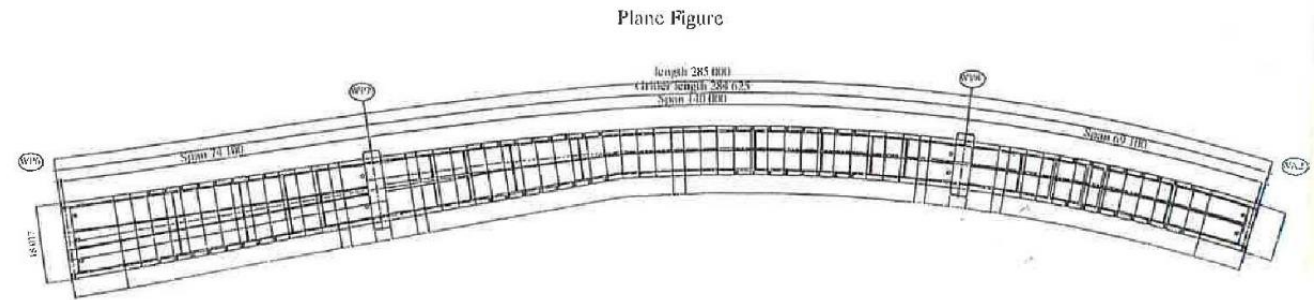


Trois fûts possibles

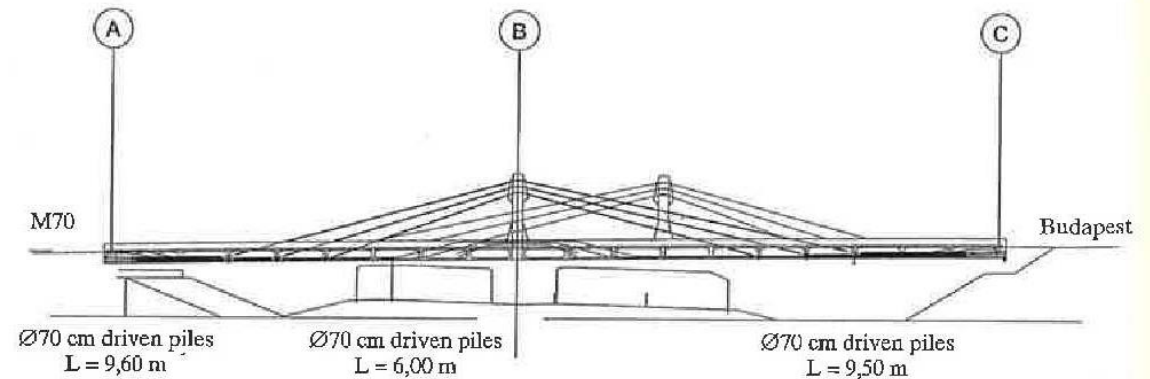


SED 17: les Ponts Extradossés

Tracé courbe en plan possible
(attention aux gabarits)



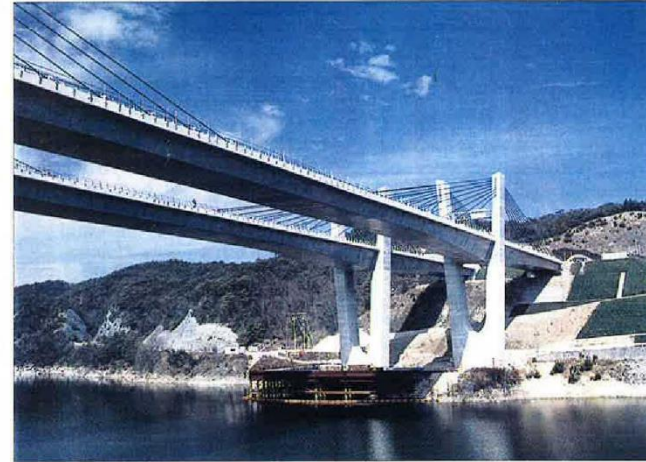
Biais possible



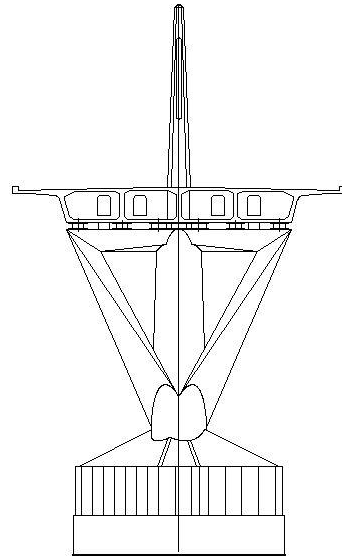
SED 17: les Ponts Extradossés

Nombre de tabliers :

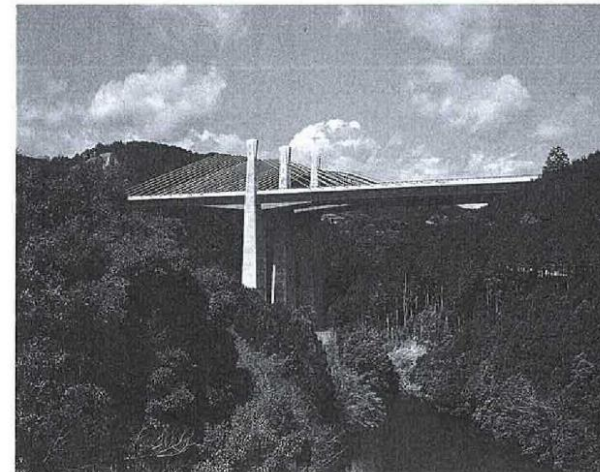
2 tabliers étroits indépendants



1 tablier large



2 tabliers étroits supportés par 3 pylônes



SED 17: les Ponts Extradossés

Ponts ferroviaires

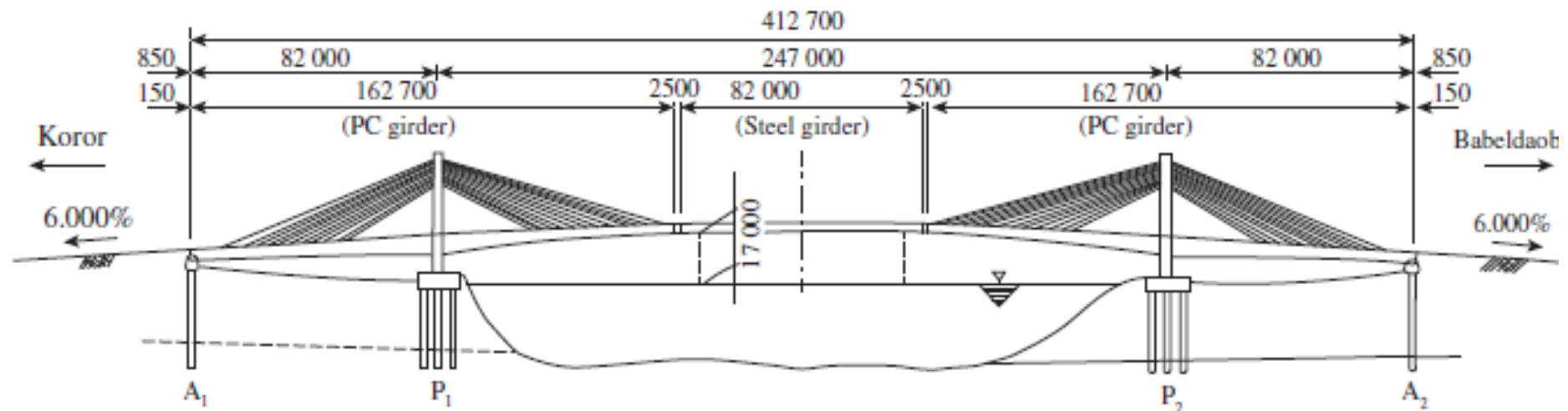
(protéger les câbles extradossés
des chocs de trains)



SED 17: les Ponts Extradossés

Matériau du tablier :

- béton (le plus courant)
- mixte acier-béton
- hybride (en béton sauf partie centrale en acier)



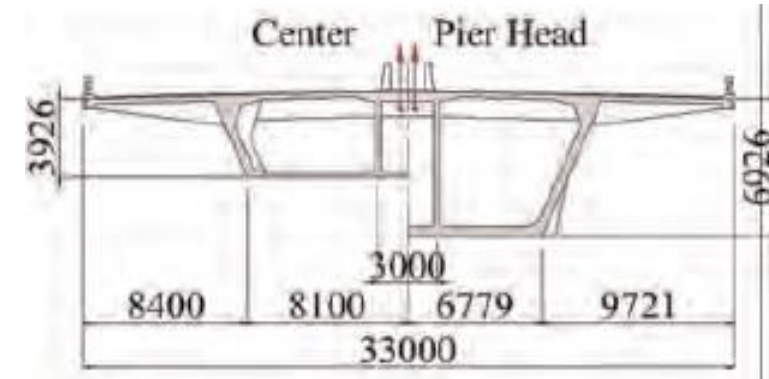
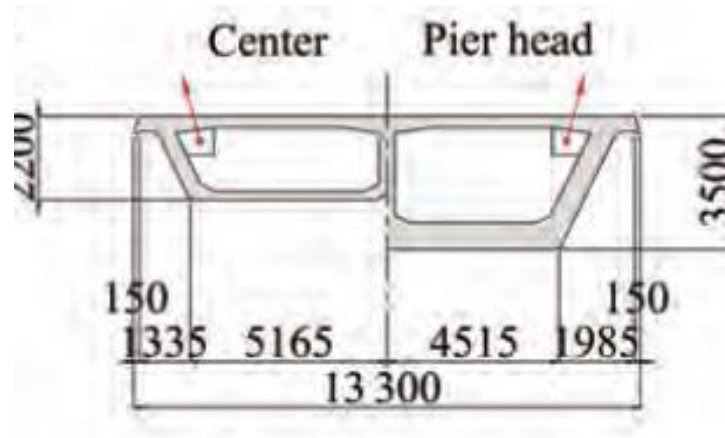
SED 17: les Ponts Extradossés

Coupe du tablier :

poutres latérales (si nappes latérales)



caisson (si nappes latérales ou centrale)



Epaisseur du tablier :

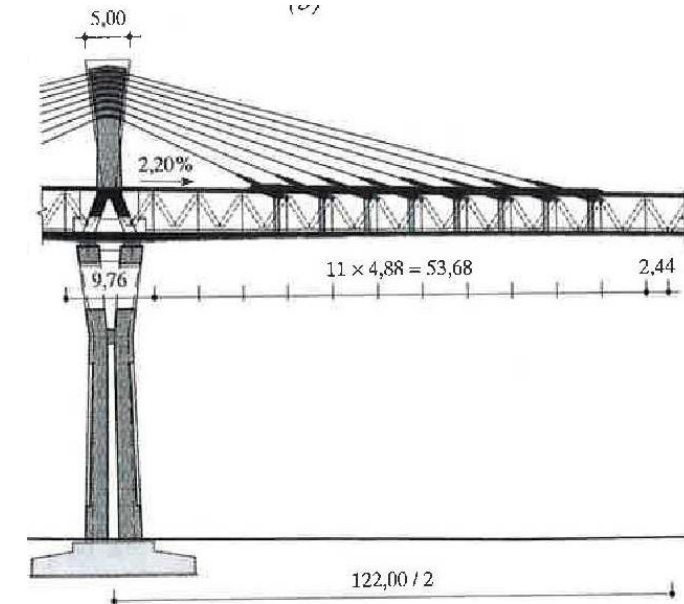
- constante $L/40$ à $L/45$
- variable $L/30$ à $L/35$ sur pile, $L/45$ à $L/55$ en travée

SED 17: les Ponts Extradossés

Connexions entre tablier et piles :

- appuis simples (1 file ou 2 files)
- encastrement complet

(mêmes considérations que pour des ponts classiques construits par encorbellement)



Bracons longitudinaux possibles



SED 17: les Ponts Extradossés

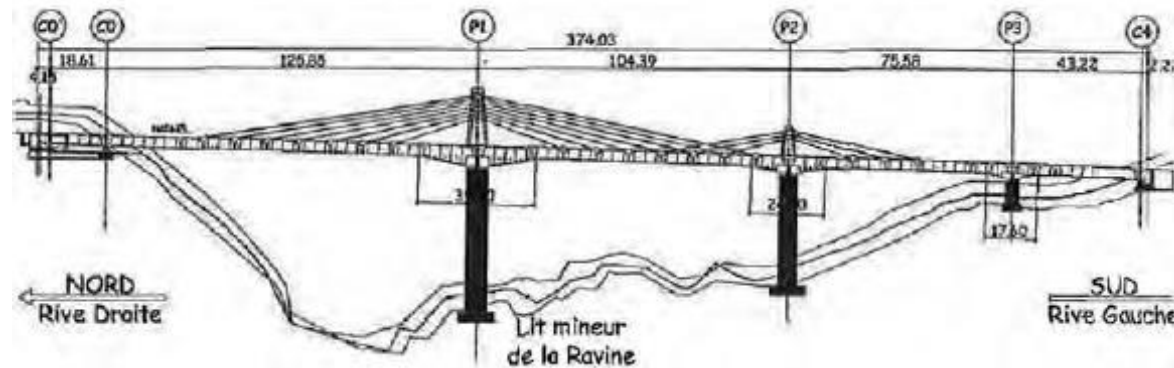
Conception des pylônes :

Fûts généralement verticaux

Peuvent être inclinés transversalement

Hauteur $L/15$ à $L/8$, généralement $L/12$ à $L/10$

Possibilité d'avoir des pylônes de hauteurs différentes



Matériau: généralement béton, mais acier ou mixte acier-béton possible



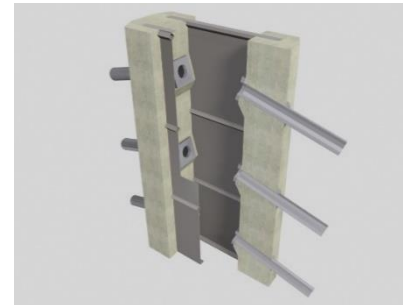
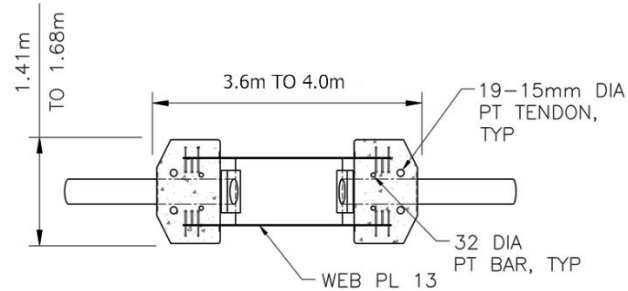
SED 17: les Ponts Extradossés

Coupe transversale des pylônes :

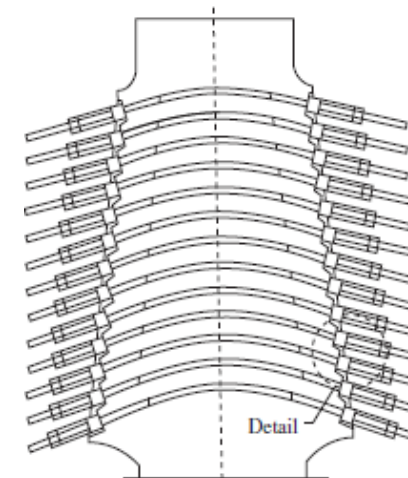
- dimension longitudinale souvent décroissante en montant
- dimension transversale souvent constante (minimum 1,20m)

Passage des câbles extradossés dans le pylône :

Ancrages



ou selles



SED 17: les Ponts Extradossés

Configuration des câbles extradossés :

Type	Harpe	Eventail
Avantages	Meilleur visuellement surtout si nappes latérales – Sections identiques pour tous les câbles – Détails de connexion identiques	Plus raide verticalement
Inconvénients	Plus faible raideur verticale – Flexion du pylône en cas de rupture de câble	Confusion visuelle si nappes latérales

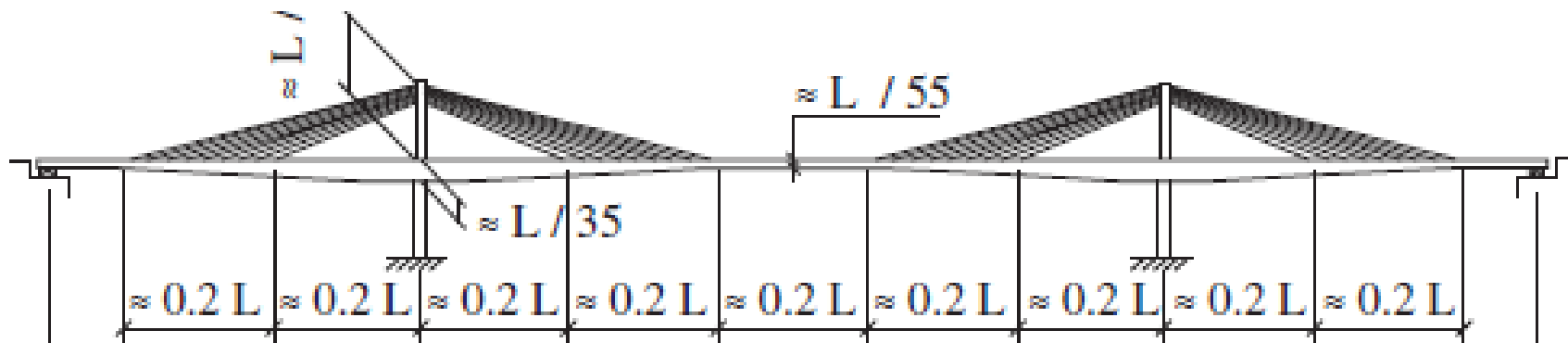


SED 17: les Ponts Extradossés

Distances entre les ancrages au niveau du tablier : 4 à 7m

Position du 1^{er} câble : à environ 20% de la portée

Position du dernier câble : pas de prescriptions



SED 17: les Ponts Extradossés

Câbles extradossés enrobés dans des voiles béton (« cable panel ») :

Pour augmenter la raideur verticale

Retendre un peu les câbles après bétonnage pour comprimer le béton des voiles



3. ANALYSIS

Nombreuses possibilités concernant l'inertie du tablier, la hauteur des pylônes, les sections des câbles extradossés : pas de solution unique

Fonctionnement général :

- charges permanentes reprises en majorité par les câbles extradossés
- charges d'exploitation reprises en quasi-totalité par flexion du tablier

Choix du concepteur: part de la charge permanente reprise par les câbles extradossés généralement 60 à 80 %

Prendre en compte le phasage de construction

SED 17: les Ponts Extradossés

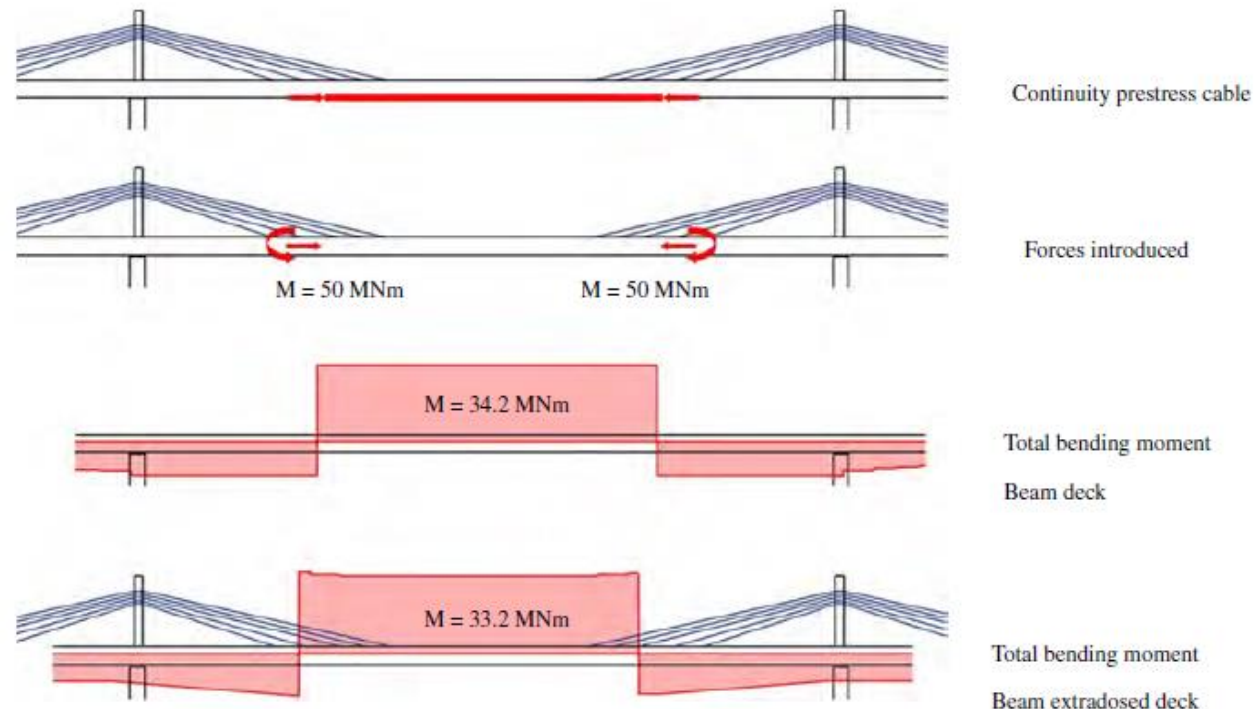
Construction par encorbellement :

Poids propre repris partiellement par les câbles extradossés (tendus une seule fois) et par la précontrainte de fléau

Précontrainte de continuité dimensionnée en service, une fois que les câbles extradossés ont été déterminés

Raideur verticale des câbles extradossés faible par rapport à celle du tablier:

- le moment hyperstatique dû à la précontrainte de continuité est quasiment le même que pour un pont non extradossé
- idem pour les effets du fluage

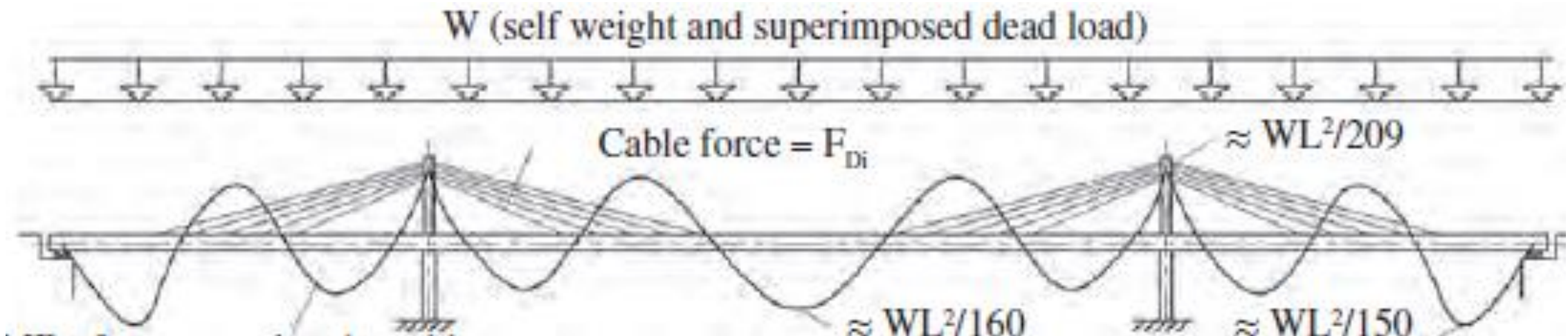


SED 17: les Ponts Extradossés

Construction sur cintre :

Moments sous charges permanentes d'une poutre considérée comme appuyée rigidement au droit des câbles extradossés

La même répartition de moments peut être choisie en cas de construction par encorbellement, mais il faut alors retendre les câbles extradossés en fin de construction



Justification à l'ELU :

Même pondération de G et P que pour un pont non extradossé : $1,35 G + P$
(sécuritaire)

ou alors on limite les tensions des câbles extradossés à leur limite élastique

Différent d'un pont haubané, pour lequel on ne considère pas $1,35 G$ associé à P (P étant l'effet des tensions initiales des haubans)

Dimensionnement des câbles extradossés :

Comportement intermédiaire entre des câbles de précontrainte et des haubans

Contrainte admissible intermédiaire entre des câbles de précontrainte et des haubans

Cable type	Live load stress change $\Delta\sigma_L$ (MPa)	Approx max allowable stress
Stay cables	~ 100 ($60 < \Delta\sigma_L < 160$)	40–45% GUTS
Extradosed cables	~ 50 ($30 < \Delta\sigma_L < 100$)	Dependent on $\Delta\sigma_L$
PT tendons	~ 15 MPa	70–75% GUTS

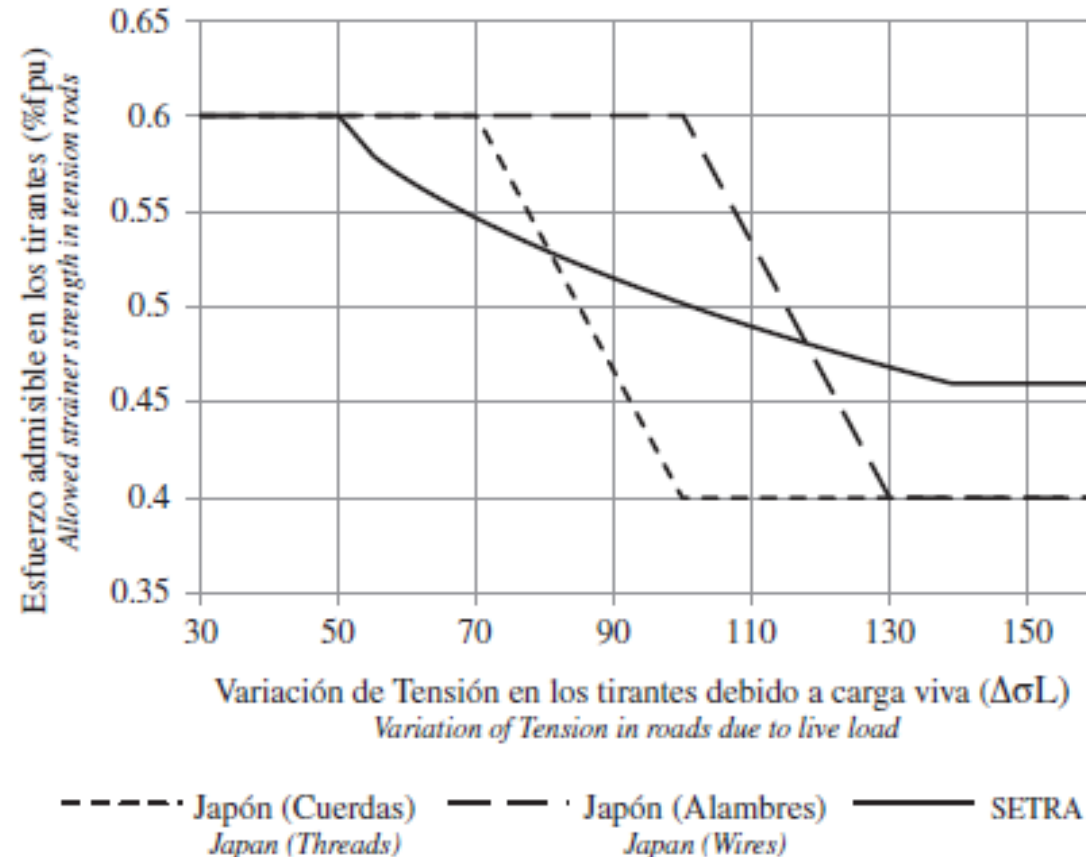
SED 17: les Ponts Extradossés

La contrainte admissible dépend du règlement

Elle peut dépendre de la variation de contrainte sous charges d'exploitation

Le SETRA préconise de considérer pour tous les câbles la contrainte admissible mini trouvée parmi tous les câbles

Les Japonais permettent de considérer une contrainte admissible différente pour chaque câble



Comportement dynamique des câbles

Moins exposés au vent que des haubans, et périodes de vibration plus courtes

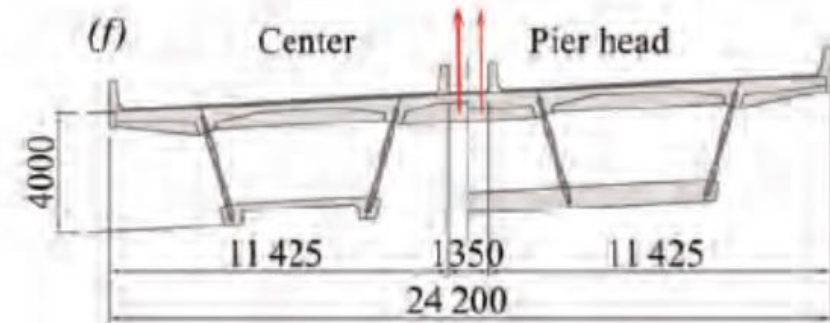
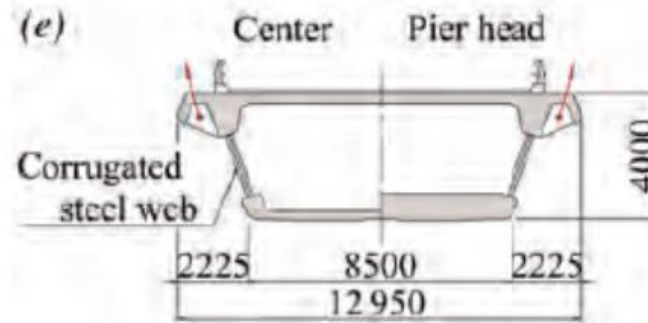
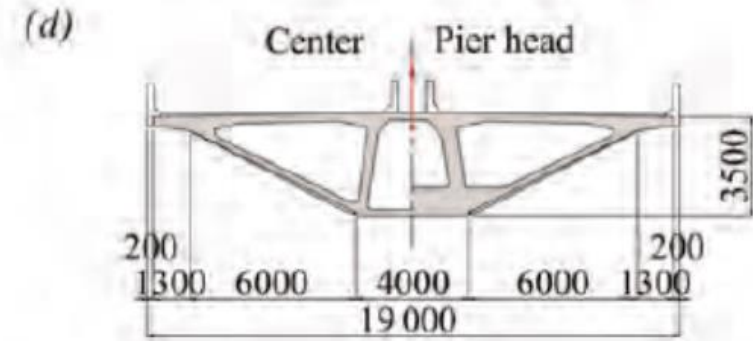
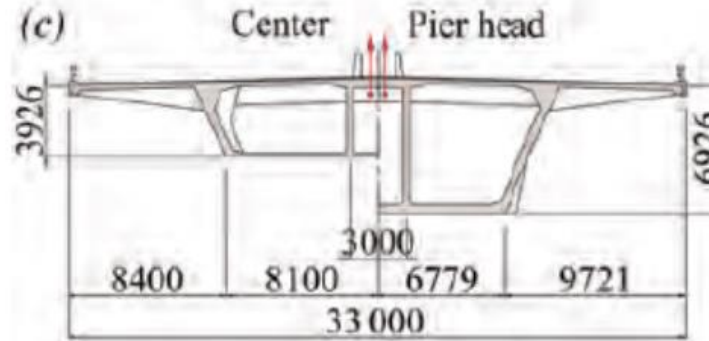
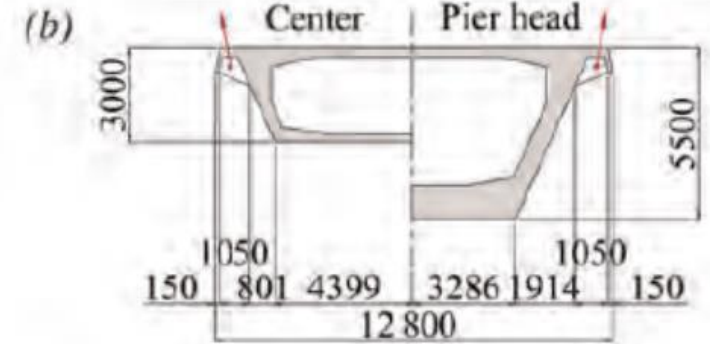
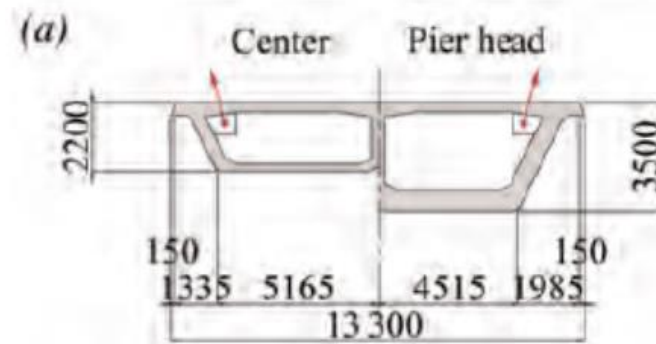
Amortisseurs éventuellement nécessaires pour des câbles très longs

4. STRUCTURAL DESIGN – THE JAPANESE EXPERIENCE

Travée latérale: 55 à 60 % de la travée centrale

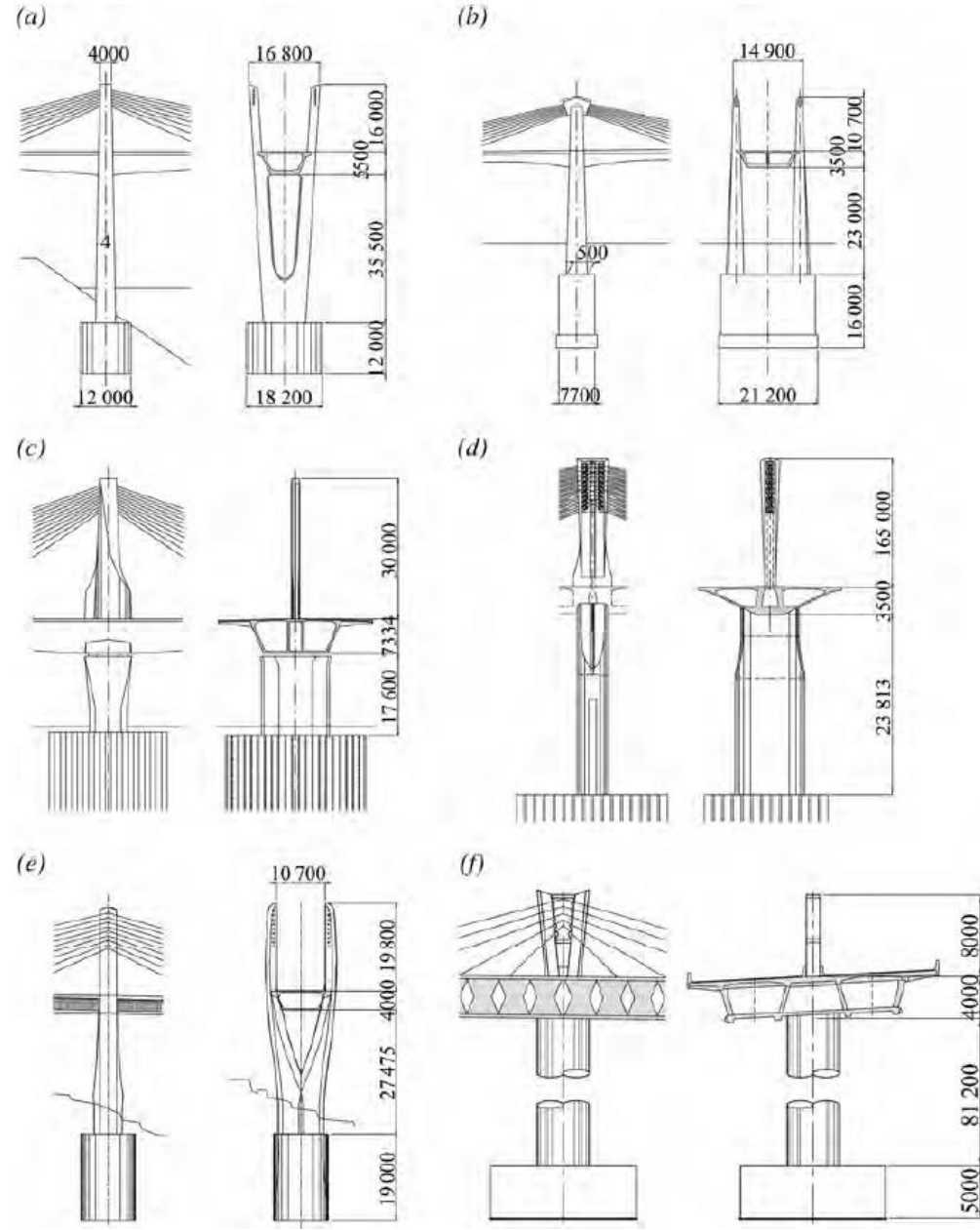
SED 17: les Ponts Extradossés

Exemples de tabliers



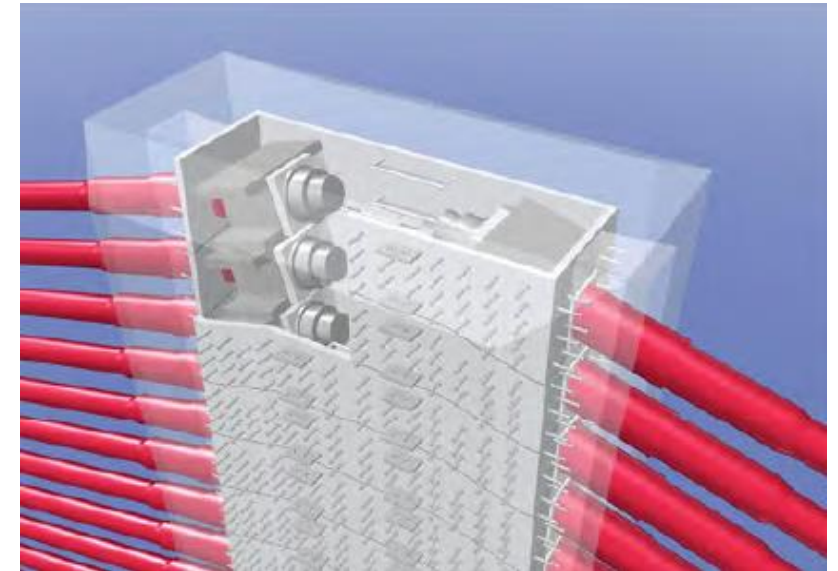
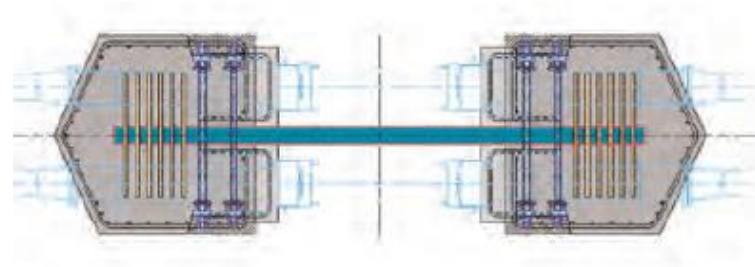
SED 17: les Ponts Extradossés

Exemples de pylônes



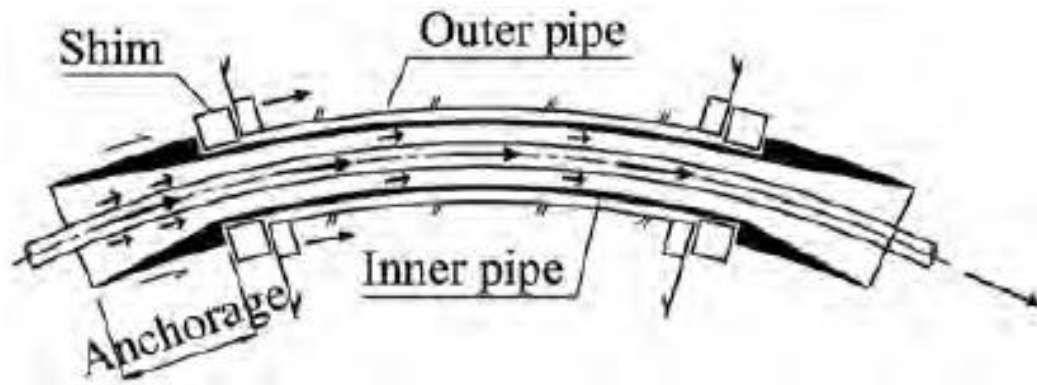
SED 17: les Ponts Extradossés

Exemples d'ancrages dans le pylône



Exemples de selles

pour une variation de contrainte sous charge d'exploitation inférieure à 50 MPa d'après le règlement japonais



SED 17: les Ponts Extradossés

Précontrainte

