

Ponti e viadotti

Bridges and viaducts

Viadotto per la nuova strada di accesso alla miniera di Petralia Soprana (Palermo)

Viaduct for the new access road to the mine at Petralia Soprana (Palermo)

Progetto:

Dott. Ing. Silvano Zorzi, Dott. Ing. Alberto Fornari

Design:

Dott. Ing. Silvano Zorzi, Dott. Ing. Alberto Fornari

PERIODO DI COSTRUZIONE: Gennaio 1981 - Maggio 1982

TIME OF CONSTRUCTION: January 1981 - May 1982

Schema statico: campate semplicemente appoggiate
Numero delle campate: 16
Luce delle campate: 25,00 m
Lunghezza totale del viadotto: 400,00 m
Larghezza del viadotto: 10,00 m
Altezza costante della struttura d'impalcato: 1,40 m
Spessore della soletta: 20 cm
Numero delle travi affiancate: 7
Numero dei trasversi: 2, alle estremità di ogni campata
Elementi strutturali prefabbricati: travi d'impalcato, pile, spalle

Static scheme: simply supported spans
Number of spans: 16
Length of spans: 25,00 m
Overall length of viaduct: 400,00 m
Viaduct width: 10,00 m
Deck structure constant depth: 1,40 m
Slab thickness: 20 cm
Number of parallel girders: 7
Number of cross diaphragms: 2 at each span end
Prefabricated structural elements: deck beams, piers, abutments

Elementi strutturali precompressi: travi d'impalcato, pile, spalle
Tipo di precompressione: pre-tensione (travi d'impalcato), post-tensione (pile e spalle)
Diametro dei trefoli di pre-tensione: 0,5"
Diametro delle barre: 32 mm
Tensione iniziale: 136 kg/mm² (trefoli), 72 kg/mm² (barre)
Tensione di esercizio: 102 kg/mm² (trefoli), 61 kg/mm² (barre)
Tensione massima di compressione nel calcestruzzo:
— all'atto della precompressione: 220 kg/cm² (travi), 43 kg/cm² (pile)
— in esercizio: 164 kg/cm² (travi), 92 kg/cm² (pile)
Tensione massima di trazione nel calcestruzzo: 11 kg/cm² (travi), zero (pile e spalle)
Valore caratteristico del carico di rottura cubico del calcestruzzo della struttura precompressa, a 28 giorni: 500 kg/cm² (travi), 350 kg/cm² (pile e spalle)
Carico di rottura dell'acciaio: 180 kg/mm² (trefoli), 105 kg/mm² (barre)
Carico convenzionale dell'acciaio all'1%: 160 kg/mm² (trefoli)
Carico di snervamento dell'acciaio: 85 kg/mm² (barre)

Prestressed structural elements: deck beams, piers, abutments
Type of prestressing: pre-tensioning (deck beams), post-tensioning (piers and abutments)
Pre-tensioning strands diameter: 0,5"
Bar diameter: 32 mm
Initial stress: 136 kg/mm² (strands), 72 kg/mm² (bars)
Effective stress: 102 kg/mm² (strands), 61 kg/mm² (bars)
Maximum compressive stress in the concrete:
— at time of tensioning: 220 kg/cm² (beams), 43 kg/cm² (piers)
— under service conditions: 164 kg/cm² (beams), 92 kg/cm² (piers)
Maximum tensile stress in the concrete: 11 kg/cm² (beams), zero (piers and abutments)
Characteristic value of cube crushing strength of the prestressed concrete at 28 days: 500 kg/cm² (beams), 350 kg/cm² (piers and abutments)
Ultimate steel strength: 180 kg/mm² (strands), 105 kg/mm² (bars)
Conventional steel strength at 1% elongation: 160 kg/mm² (strands)
Steel yield strength: 85 kg/mm² (bars)

GENERALITA'

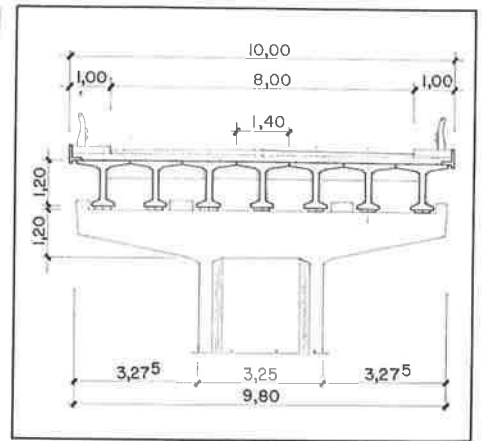
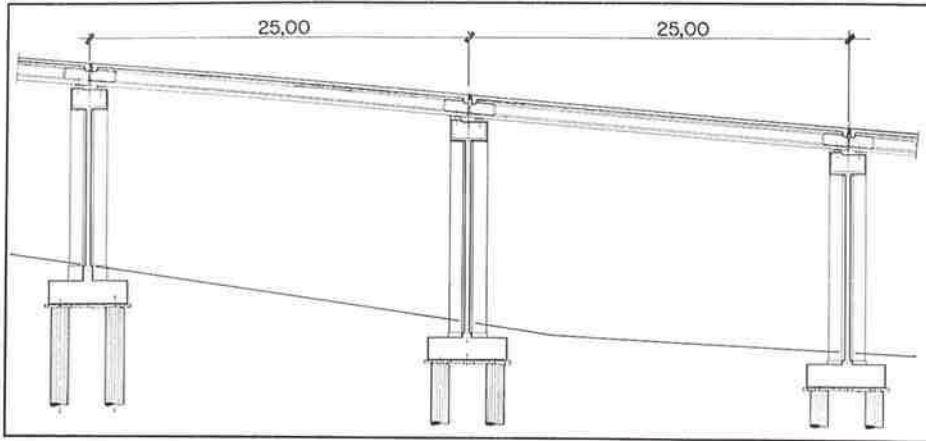
Il tracciato per la nuova strada di asservimento alla miniera di salgemma, in prossimità dell'abitato di Petralia Soprana, ha imposto l'attraversamento in quota della valle del fiume Salso mediante un viadotto a 16 luci, ad un'altezza massima dal suolo di circa 30 m. La livelletta, praticamente costante, è prossima al 9%. L'opera si colloca in zona sismica di 2^a categoria.

La soluzione progettuale adottata sottolinea l'ampio ricorso alla prefabbricazione strutturale, estesa altresì all'intera elevazione delle pile e delle spalle, risolta per conci elementari associati mediante precompressione verticale.

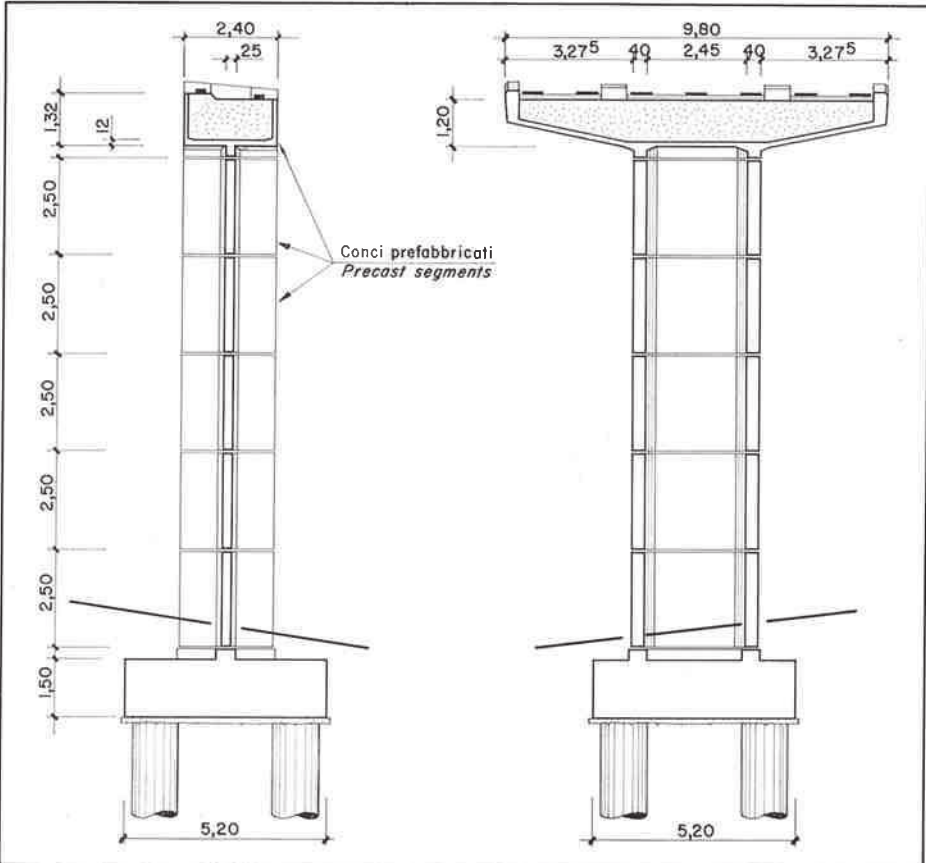
GENERAL

The route for the new service road to the halite mine, near the village of Petralia Soprana, required an overhead crossing of the valley of the Salso river on a 16 span viaduct, the maximum height above ground being about 30 m. The practically constant grade profile slopes at near to 9%; the structure is located in a 2nd category seismic zone.

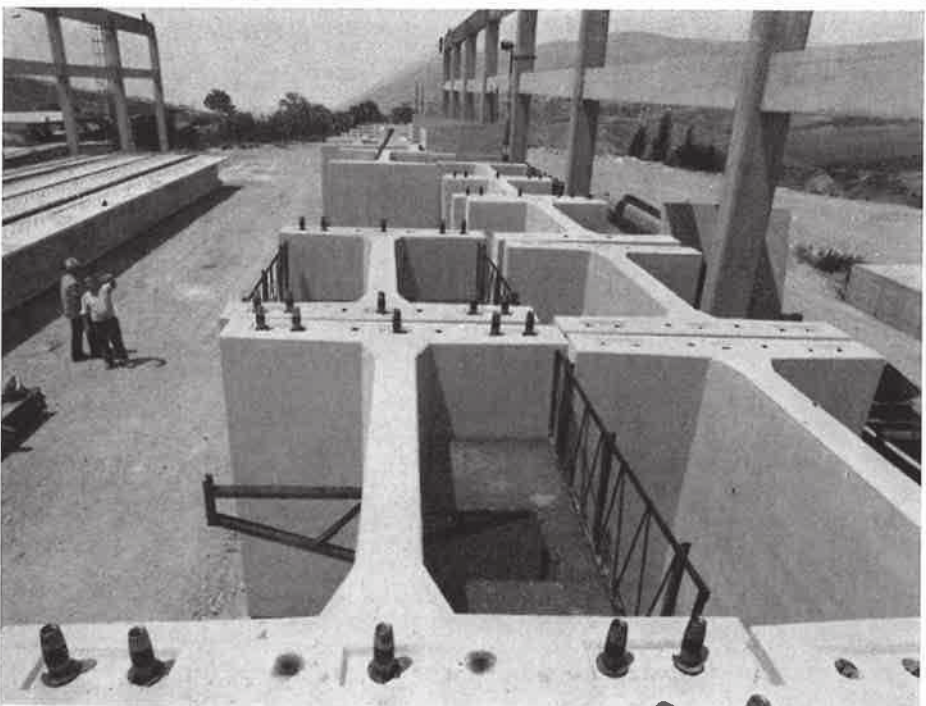
The design solution adopted emphasizes the considerable recourse had to structural precasting, this being extended as well to the entire superstructures of the piers and abutments, being effected by unit sections joined together by vertical prestressing.



2



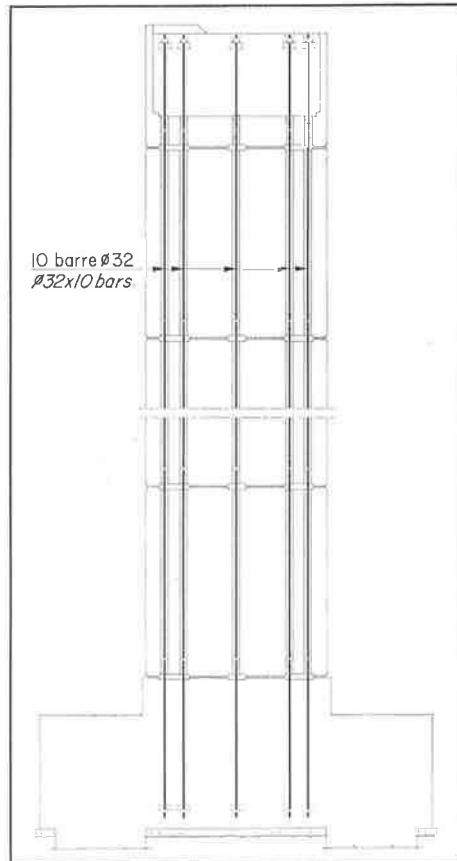
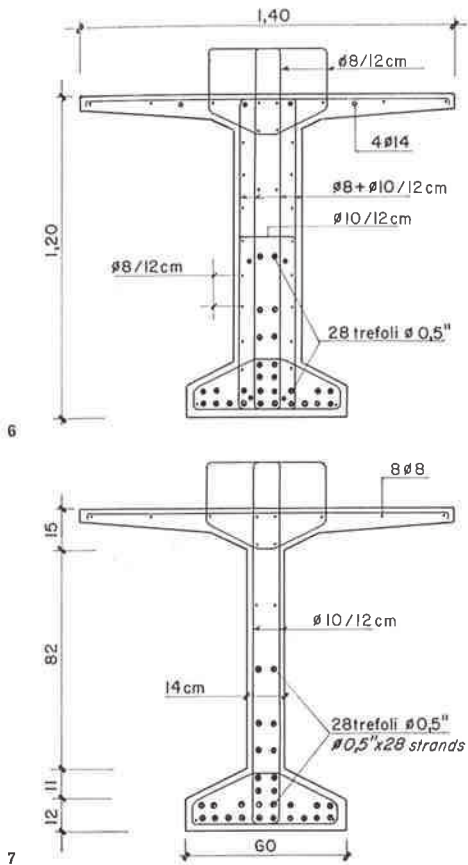
5



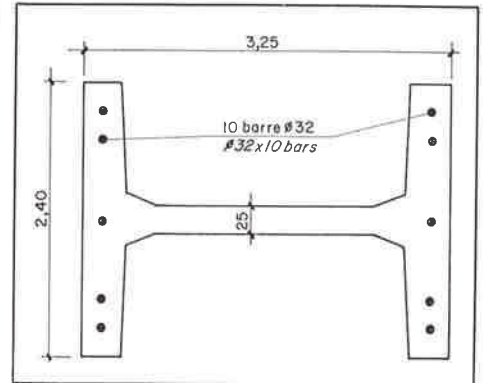
4

1 - Sezione longitudinale parziale del viadotto;
 2 - Sezione trasversale tipo; 3 - Sezioni longitudinale e trasversale della pila prefabbricata; 4-5 - Stoccaggio e posa in opera dei conci prefabbricati di pila; 6-7 - Sezioni delle travi prefabbricate di impalcato, sugli appoggi ed in mezzeria, con particolari di armatura; 8-9 - Sezioni verticale ed orizzontale della pila con le barre d'armatura; 10-11 - Posa in opera dei gusci autoportanti prefabbricati per il getto in opera dei pulvini; 12 - Il viadotto completato.

1 - Partial longitudinal section of the viaduct;
 2 - Typical cross section; 3 - Longitudinal and cross sections of the precast pier; 4-5 - Stockpiling and in situ positioning of the precast pier segments; 6-7 - Sections of the precast deck beams, upon their supports and at midspan, with details of the reinforcing steel; 8-9 - Vertical and horizontal sections of the pier with the reinforcing steel; 10-11 - In situ positioning of the precast self-bearing shells, for the casting in situ of the pulvini; 12 - The finished viaduct.

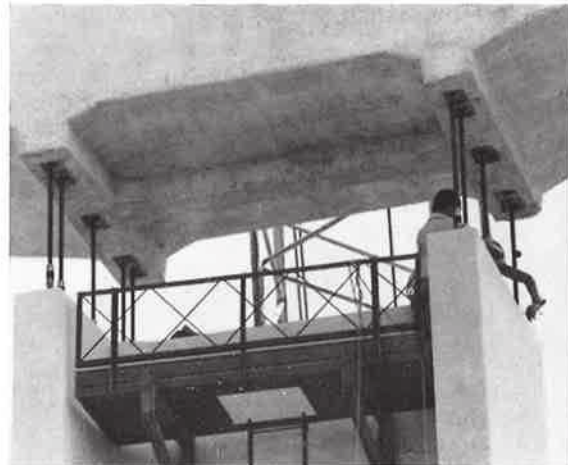


8



9

11



7
10



12

SOLUZIONE STRUTTURALE

Il viadotto è articolato nella successione di campate semplicemente appoggiate, sulla luce netta di 23,50 m. La sezione strutturale d'impalcato, di altezza costante, è composta da 7 travi prefabbricate affiancate e da una soletta collaborante eseguita in opera, in assenza di traversi intermedi. Le travi, ad ala larga superiore, prodotte in serie di stabilimento, sono pre-compresse con trefoli aderenti pre-tesi a tracciato rettilineo. L'impalcato insiste su pulvini in calcestruzzo armato ordinario, in oggetto dal corpo delle pile, realizzati in opera entro gusci autoportanti prefabbricati, integralmente collaboranti. Prefabbricate per conci di 2,50 m di altezza, le pile sono pre-compresse mediante barre, alloggiare entro condotti passanti, ed ancorate, in sommità, nel getto di completamento dei pulvini e, alla base, nel corpo della fondazione: lo stato di compressione integrale delle sezioni di giunto, nelle più gravose situazioni sollecitanti, assicura il completo monolitismo strutturale.

La sezione corrente delle pile presenta ordinariamente una conformazione aperta a doppio «T», con ingombro in pianta di 2,40 m x 3,25 m: il peso di un singolo concio raggiunge le 15 t. Le spalle, analogamente prefabbricate, sono risolte strutturalmente, in elevazione, dall'accostamento trasversale di 3 ordini verticali degli stessi conci a sezione aperta adottati per le pile.

MODALITA' COSTRUTTIVE

Una semplice successione operativa ha governato la posa dei conci prefabbricati per l'elevazione delle pile e delle spalle:

- 1) predisposizione di un allettamento in malta epossidica sulla faccia del concio in attesa, a garanzia di un contatto uniforme ed esteso all'intera sezione di giunto;
- 2) ripresa delle barre di precompressione mediante manicotti di giunzione;
- 3) accoppiamento dei conci, posti automaticamente a riscontro mediante spine di centraggio;
- 4) bloccaggio dei conci sulle barre emergenti ai lembi, per la stabilizzazione del congiunto in condizioni transitorie.

Tre fasi riepilogano gli interventi successivi al montaggio:

- 1) esecuzione del getto di completamento dei pulvini;
- 2) conferimento della precompressione alle pile;
- 3) cementazione delle barre entro gli alloggiamenti mediante iniezione dal basso di malta fluida a ritiro compensato.

Tecniche consuete hanno condotto alla realizzazione della struttura d'impalcato: varo da terra delle travi prefabbricate e getto della soletta, operato in avanzamento dalle campate ormai eseguite.

MATERIALI ADOPERATI:

- calcestruzzo per strutture pre-compresse: 1.820 m³
- armatura ordinaria per strutture pre-compresse: 155 t
- acciaio per armature di precompressione: 85 t

COMMITTENTE: EMSAMS - Società per l'Industria del Salgemma S.p.A. - Palermo

IMPRESA: Siciliana Precompressi S.p.A. - Palermo

SISTEMA DI PRECOMPRESSIONE: Dywidag (barre)

STRUCTURAL SOLUTION

The viaduct is developed in a succession of simply-supported spans having clear spans of 23,50 m. The deck structural cross section, of constant depth, comprises 7 precast beams lying side by side and a structurally working in-situ cast slab, where there are no cross members. The beams, having wide upper wings, were assembly-line manufactured in a plant and pre-stressed with pre-tensioning strands having rectilinear paths. The deck bears on pulvins in ordinary reinforced concrete that project from the body of the pier, the pulvins having been cast in situ in self-supporting precast shells and working structurally as a unit. The piers, formed of precast 2,50 m deep sections, are prestressed by bars housed in conduits passing through the piers; at the top they are anchored in the completion pour of the pulvins and at the base in the body of the foundation. The state of full compression in the joint-sections under worst-case stress situations guarantees structural monolithism.

The typical pier cross-section generally presents an open double «T» conformation, its in-plan dimensions being 2,40 m x 3,25 m; the weight of a single section reaches 15 tons. The standing structure of the abutments, similarly precast, is structurally formed by the bringing together of three vertical sets of the same open-section sections as used for the piers.

CONSTRUCTION SYSTEM

A simple succession of operations regulated the positioning of the precast sections for the pier and abutment standing structures:

- 1) preparation of an epoxy-mortar bed on the face of the section to be set down, to assure uniform contact over the entire joint cross-section;
- 2) joining of the prestressing bars by coupling sleeves;
- 3) joining of the sections, whose fit was automatically perfect because of centering pins;
- 4) locking of the sections onto the bars emerging from their edges, so as to stabilize those already joined together under any provisional loads.

Three phases summarize operations after assembly:

- 1) execution of the completion pour for the pulvins;
- 2) prestressing of the piers;
- 3) grouting of the bars inside their conduits by the injection from below of limited-shrink fluid mortar.

Usual techniques were used for the building of the deck structure: launching from the ground of precast beams and the pour of the slab, these operations being performed from the already-completed spans as work progressed.

CONSUMPTION OF MATERIALS:

- concrete for prestressed structures: 1.820 m³
- reinforcing steel for prestressed structures: 155 t
- prestressing steel: 85 t

OWNER: EMSAMS - Società per l'Industria del Salgemma S.p.A., Palermo

CONTRACTOR: Siciliana Precompressi S.p.A., Palermo

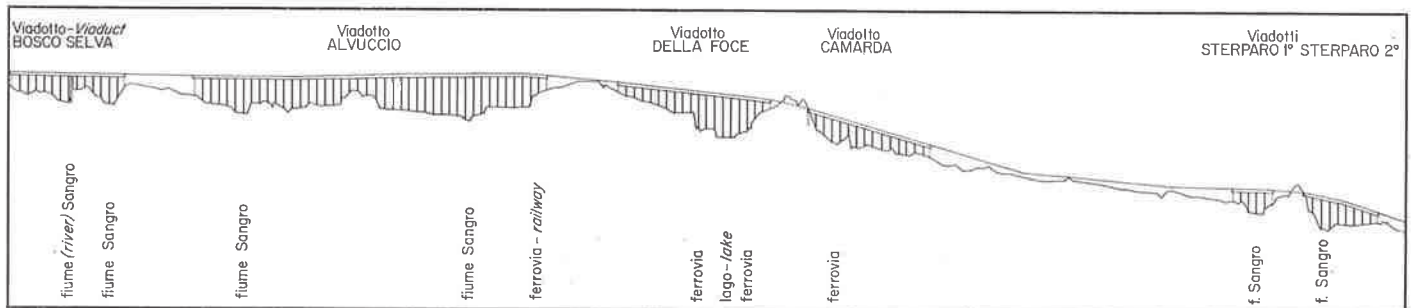
PRESTRESSING SYSTEM: Dywidag (bars)

Viadotti per la strada a scorrimento veloce della Valle del Sangro, da Ateleta alla stazione di Gamberale (Isernia)

Viaducts for the Valle del Sangro highway, from Ateleta to the railway station of Gamberale (Isernia)

Progetto:
Ufficio Tecnico I.CO.RI.

Design:
I.CO.RI. Technical Department



1 - Sezione longitudinale schematica dei sei viadotti, aventi una lunghezza complessiva di 3576 m.

1 - Longitudinal schematic section of the six viaducts for a total length of 3576 m.

PERIODO DI COSTRUZIONE: 1977 - 1981

TIME OF CONSTRUCTION: 1977 - 1981

Schema statico: travi semplicemente appoggiate
 Numero delle campate: 14 (Bosco Selva) + 43 (Alvuccio) + 19 (Della Foce) + 15 (Camarda) + 5 (Sterparo I) + 9 (Sterparo II)
 Luci delle campate: 34,20 m
 Lunghezza totale dei fili: 476,40 m + 1.468,20 m + 647,40 m + 510,60 m + 168,60 m + 305,40 m = 3.576,60 m
 Larghezza dei viadotti: 11,50 m
 Altezza dell'impalcato: 2,00 m
 Spessore della soletta: 22 cm
 Numero delle travi affiancate: 3
 Numero dei trasversi: 2 (in testata)
 Elementi strutturali prefabbricati: travi ad ala larga di impalcato

Static scheme: simply supported beams
 Number of spans: 14 (Bosco Selva) + 43 (Alvuccio) + 19 (Della Foce) + 15 (Camarda) + 5 (Sterparo I) + 9 (Sterparo II)
 Length of spans: 34,20 m
 Overall viaducts length: 476,40 m + 1.468,20 m + 647,40 m + 510,60 m + 168,60 m + 305,40 m = 3.576,60 m
 Viaducts width: 11,50 m
 Height of the deck: 2,00 m
 Slab thickness: 22 cm
 Number of parallel beams: 3
 Number of cross diaphragms: 2 (at the head)
 Precast structural elements: wide winged deck beams

Elementi strutturali precompressi: travi di impalcato, soletta
 Tipo di precompressione: post-tensione
 Composizione dei cavi: 12 oppure 24 fili diametro 8 mm (travi), 12 fili diametro 7 mm (soletta)
 Tensione iniziale dei fili: 112 kg/mm²
 Tensione di esercizio dei fili: 86 kg/mm²
 Sforzo massimo di compressione nel calcestruzzo:
 — all'atto della precompressione: 180 kg/cm²
 — in esercizio: 95 kg/cm²
 Sforzo massimo di trazione nel calcestruzzo: 12 kg/cm²
 Valore caratteristico del carico di rottura cubico del calcestruzzo della struttura precompressa, a 28 giorni: 500 kg/cm²
 Carico di rottura dell'acciaio: 165 kg/mm²
 Limite convenzionale dell'acciaio allo 0,2%: 145 kg/mm²

Prestressed structural elements: deck beams, slab
 Type of prestressing: post-tensioning
 Cable composition: 12 or 24 wires 8 mm diameter (beams), 12 wires 7 mm diameter (slab)
 Initial stress in the wires: 112 kg/mm²
 Effective stress in the wires: 86 kg/mm²
 Maximum compressive stress in the concrete:
 — at time of tensioning: 180 kg/cm²
 — under service conditions: 95 kg/cm²
 Maximum tensile stress in the concrete: 12 kg/cm²
 Characteristic value of cube crushing strength of the pre-stressed concrete at 28 days: 500 kg/cm²
 Ultimate steel strength: 165 kg/mm²
 Conventional steel stress at 0,2% elongation: 145 kg/mm²

GENERALITA'

GENERAL

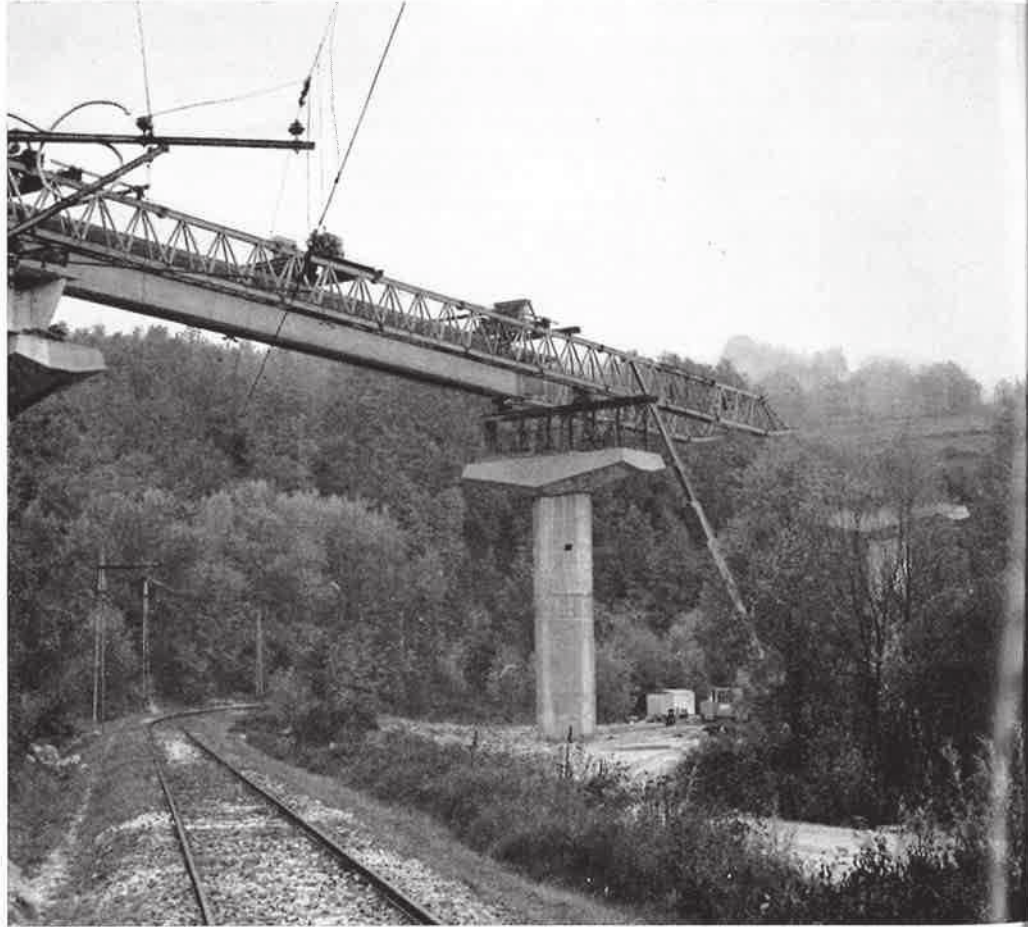
La lunga serie di viadotti, di lunghezza totale 3.576,60 m, ha

The long series of viaducts, for a total length of 3.576,60 m, has

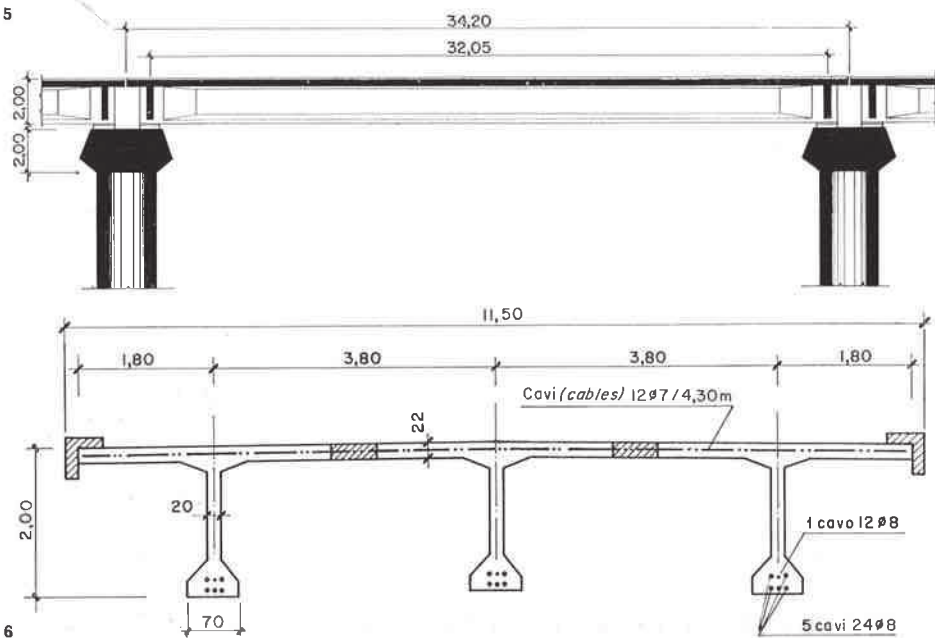
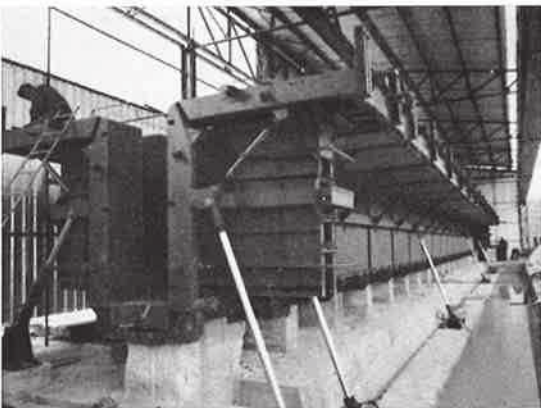


2

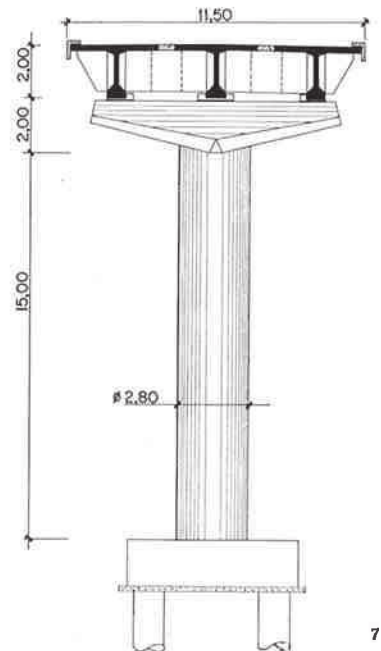
4



3



6



7

2 - Il cantiere di prefabbricazione delle travi di impalcato; 3 - La cassaforma per il getto delle travi; 4 - La posa in opera delle travi d'impalcato con il carro di varo; 5 - Sezione longitudinale di una campata; 6 - Sezione trasversale dell'impalcato, con la disposizione dei cavi di precompressione delle travi e della soletta; 7 - Sezione trasversale del viadotto; 8 - Le travi esterne di impalcato in opera, manca la trave centrale; 9 - Un viadotto completato.

2 - The precasting yard for the deck beams; 3 - The formwork for the casting of the beams; 4 - In situ positioning of the deck beams by means of a launching equipment; 5 - Longitudinal section of a span; 6 - Cross section of the deck, with the positioning of the beams and slab prestressing cables; 7 - Cross section of the viaduct; 8 - The external deck beams in position, the central beam is lacking; 9 - A completed viaduct.



9



richiesto la unificazione delle tipologie costruttive. Si è adottato così un tipo di campata con interasse pila 34,20 m. Ogni campata è formata da tre travi prefabbricate ad ala larga del peso di 110 t, che, affiancate e sigillate in opera nella soletta e nei trasversi di testata, realizzano l'impalcato.

SOLUZIONE STRUTTURALE

Per superare varie condizioni orografiche quali attraversamenti successivi del fiume Sangro, attraversamenti di linee ferroviarie, di valloni e paludi lacustri, si è individuato nella pila monofusto a sezione circolare cava, di diametro esterno 2,80 m, la soluzione che era più adattabile alle varie esigenze. Le fondazioni sono state realizzate con due tipologie: su pali diametro 1.200 mm nel fondo valle e su pozzi circolari di diametro esterno 5,20 m, in zone a mezza costa, trattandosi in generale di terreni ad alta franosità.

La campata è strutturalmente costituita da tre travi appoggiate collegate in soletta e nei trasversi di testata. Per il calcolo della struttura è stato adottato un modello analitico costituito da una piastra (la soletta), solidale a tre nervature longitudinali (le travi) e a due trasversi (i trasversi di testata) e vincolata in semplice appoggio, in corrispondenza degli estremi delle nervature longitudinali. La piastra è stata rappresentata con elementi finiti rettangolari di assegnato spessore.

MODALITA' COSTRUTTIVE

La soluzione adottata per i viadotti ha fatto sorgere, in corrispondenza dell'inizio del lotto, uno stabilimento per la fabbricazione delle travi a ciclo continuo. Lo stabilimento di prefabbricazione situato in un capannone di 600 m² coperti, è stato dotato di attrezzature automatiche che hanno garantito la produzione di una trave al giorno. La cassaforma delle travi era del tipo a fondo autoportante, una fiancata semiribaltabile e una a ribaltamento totale con sistema di manovra a comandi idraulici centralizzati. Un apposito impianto a vapore, con due generatori in parallelo, provvedeva alla maturazione del calcestruzzo. La tesatura delle travi avveniva in unica fase, dopo di che queste venivano stoccate con sollevamento e traslazione laterale su carrelli.

Il varo delle travi era preceduto dal trasporto con carrelloni gommati sull'impalcato precedentemente costruito fino in prossimità del carro-varo. L'operazione di varo era seguita dalla sigillatura delle ali fra le travi, sigillatura e completamento dei trasversi di testata e tesatura dei cavi trasversali in soletta. L'impalcato veniva quindi realizzato a ciclo continuo mediamente in cinque giornate lavorative.

MATERIALI ADOPERATI:

- calcestruzzo per strutture precomprese: 18.000 m³
- armatura ordinaria per strutture precomprese: 1.800 t
- acciaio per armature di precompressione: 575 t

COMMITTENTE: Cassa per il Mezzogiorno
IMPRESA: I.CO.RI. S.p.A. - Roma
SISTEMA DI PRECOMPRESSIONE: Freyssinet

required the unification of construction typologies. Consequently a type of span with piers spaced at 34,20 m was designed. Each span is formed by three precast, wide-winged beams, weighing 110 t, which are positioned side by side, in situ sealed at slab level and at the head cross diaphragms, thus forming the deck.

STRUCTURAL SOLUTION

So as to overcome various orographic conditions, such as the successive crossings of the river Sangro, railway lines, valleys and lakeside marshes, thus single shafted hollow, circular-section piers, with a 2,80 m external diameter resulted as the most suitable for the various necessities. Two typologies were utilized for the foundations: 1.200 m diameter piles in the valley bed, and circular borings of 5,20 m, external diameter along the slopes, which are generally highly liable to sliding. Structurally, the span consists of three simply supported beams, connected at the slab and at the head cross diaphragms. An analytical model was utilized for structure calculations, consisting in a plate (the slab) solid to three longitudinal ribbings (the beams) and to two cross members (the head cross diaphragms) simply supported in proximity to the ends of the longitudinal ribbings. The plate was represented by rectangular finite elements of assigned thickness.

CONSTRUCTION SYSTEM

The solution which was adopted for the execution of the viaducts, required the creation of a continuous-cycle beam pre-casting yard, to be located at the site. The precasting yard was thus housed in a 600 m² covered work-shed, equipped with automatic casting machines, enabling the production of one beam per day. The beam precasting formwork was of the self-bearing bottom type, with one semi-capsizable side and the other entirely capsizable, controlled by means of centralized hydraulic commands. Special steam curing equipment with two parallel generators were used too. Beam tensioning took place in a single phase after which the beams were lifted and stockpiled by means of bogies.

The beams were then hauled along the already constructed deck to the launching trolley by means of rubber wheeled bogies. Launching operations were followed by the sealing of the wings between the beams, finishing and sealing of the head cross diaphragms and tensioning of the transversal deck cables. The deck itself was executed in a continuous cycle of about five working days.

CONSUMPTION OF MATERIALS:

- concrete for prestressed structures: 18.000 m³
- reinforcing steel for prestressed structures: 1.800 t
- prestressing steel: 575 t

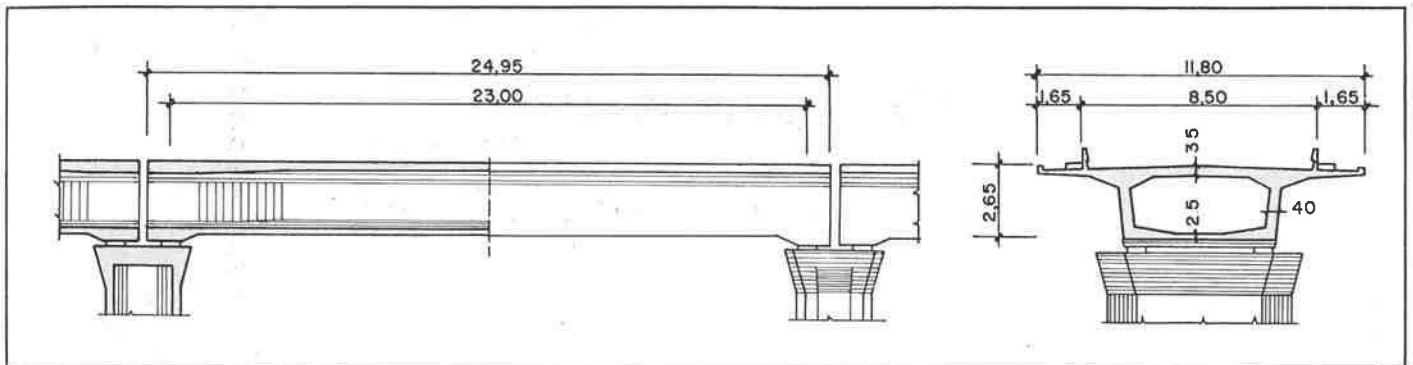
OWNER: Cassa per il Mezzogiorno
CONTRACTOR: I.CO.RI. S.p.A. - Rome
PRESTRESSING SYSTEM: Freyssinet

Viadotto Chiusi-Chianciano per la direttissima ferroviaria Roma - Firenze

Chiusi-Chianciano viaduct for the new direct Rome - Florence railway

Progetto:
Ufficio Tecnico Ferrocemento

Design:
Ferrocemento Technical Department



1 - Sezione longitudinale e prospetto di una campata e sezione trasversale dell'impalcato del viadotto.

1 - Longitudinal section and elevation of a span and cross section of the viaduct's deck.

PERIODO DI COSTRUZIONE: Gennaio 1980 - Agosto 1981

TIME OF CONSTRUCTION: January 1980 - August 1981

Schema statico: campate semplicemente appoggiate
Numero delle campate: 102
Luci delle campate: 25 m
Lunghezza totale del viadotto: 2.548 m
Larghezza del viadotto: 11,80 m
Altezza dell'impalcato: 2,50 m
Spessore della soletta: da 20 a 35 cm
Elementi strutturali prefabbricati: impalcato a cassone

Static scheme: simply supported spans
Number of spans: 102
Length of spans: 25 m
Overall length of viaduct: 2.548 m
Viaduct width: 11,80 m
Deck depth: 2,50 m
Slab thickness: 20 to 35 cm
Prefabricated structural elements: caisson decks

Elementi strutturali precompressi: impalcato a cassone
Tipo di precompressione: pretensione a fili aderenti
Diametro dei trefoli: 0,6"
Tensione iniziale dei trefoli: 135 kg/mm²
Tensione di esercizio dei trefoli: 104 kg/mm²
Sforzo massimo di compressione nel calcestruzzo:
— all'atto della precompressione: 96 kg/cm²
— in esercizio: 53 kg/cm²
Sforzo massimo di trazione nel calcestruzzo: zero
Valore caratteristico del carico di rottura cubico del calcestruzzo della struttura precompressa, a 28 giorni: 400 kg/cm²
Carico di rottura dell'acciaio: 186 kg/mm²
Limite convenzionale dell'acciaio all'1%: 150 kg/mm²

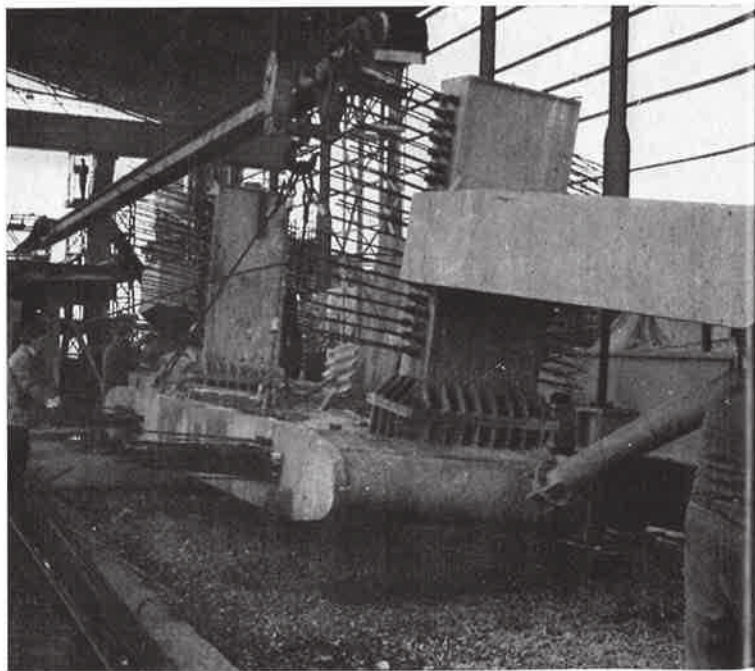
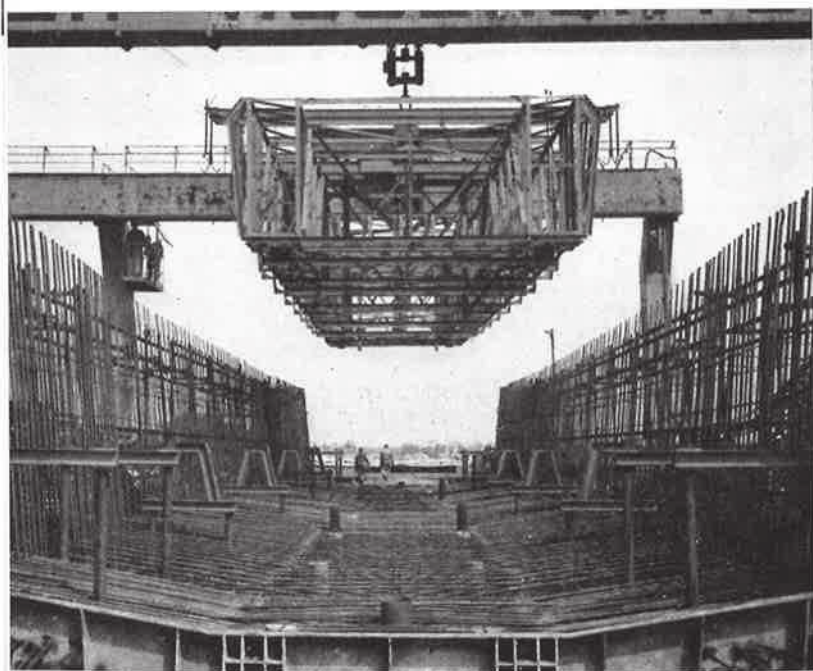
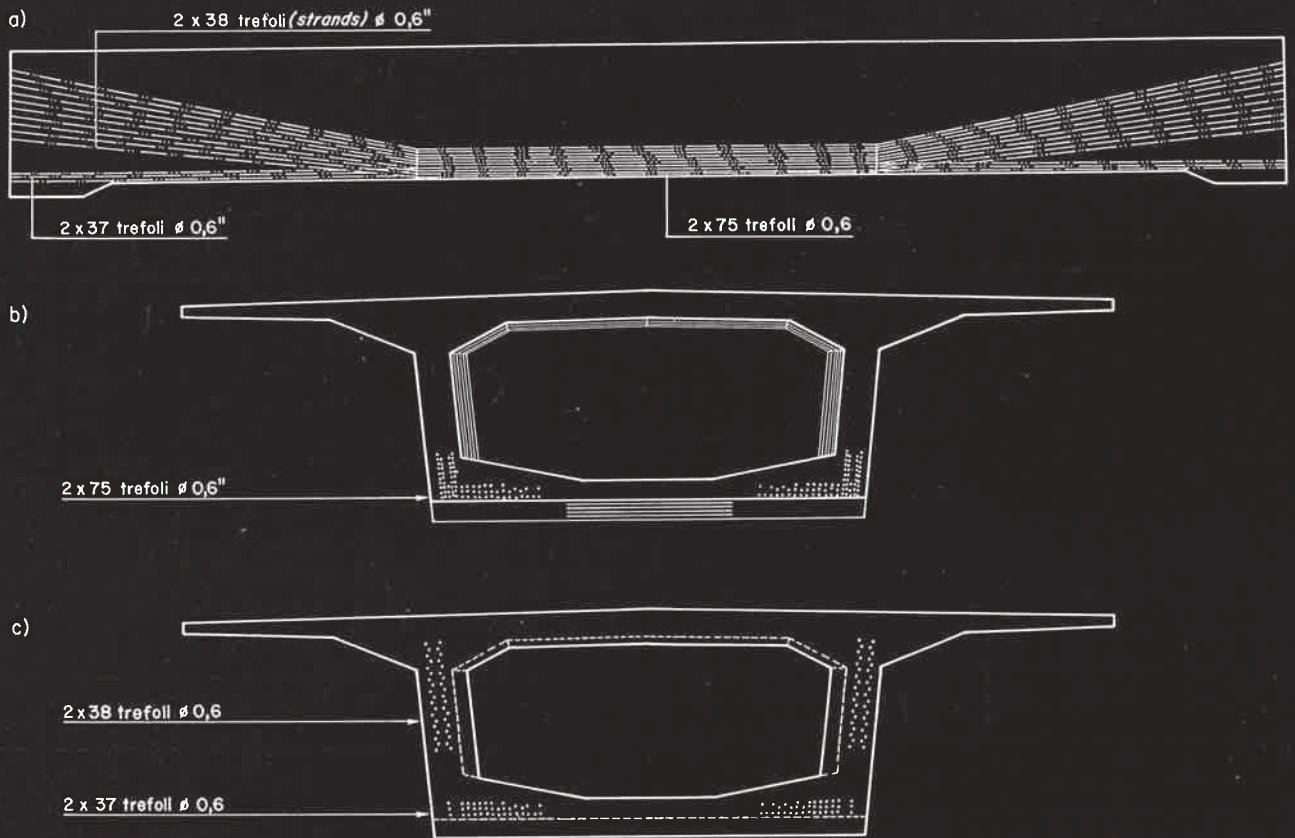
Prestressed structural elements: caisson decks
Type of prestressing: pre-tensioning
Strand diameters: 0,6"
Initial stress in the strands: 135 kg/mm²
Effective stress in the strands: 104 kg/mm²
Maximum compressive stress in the concrete:
— at time of tensioning: 96 kg/cm²
— under service conditions: 53 kg/cm²
Maximum tensile stress in the concrete: zero
Characteristic value of cube crushing strength of the prestressed concrete at 28 days: 400 kg/cm²
Ultimate steel strength: 186 kg/mm²
Conventional steel strength at 1% elongation: 150 kg/mm²

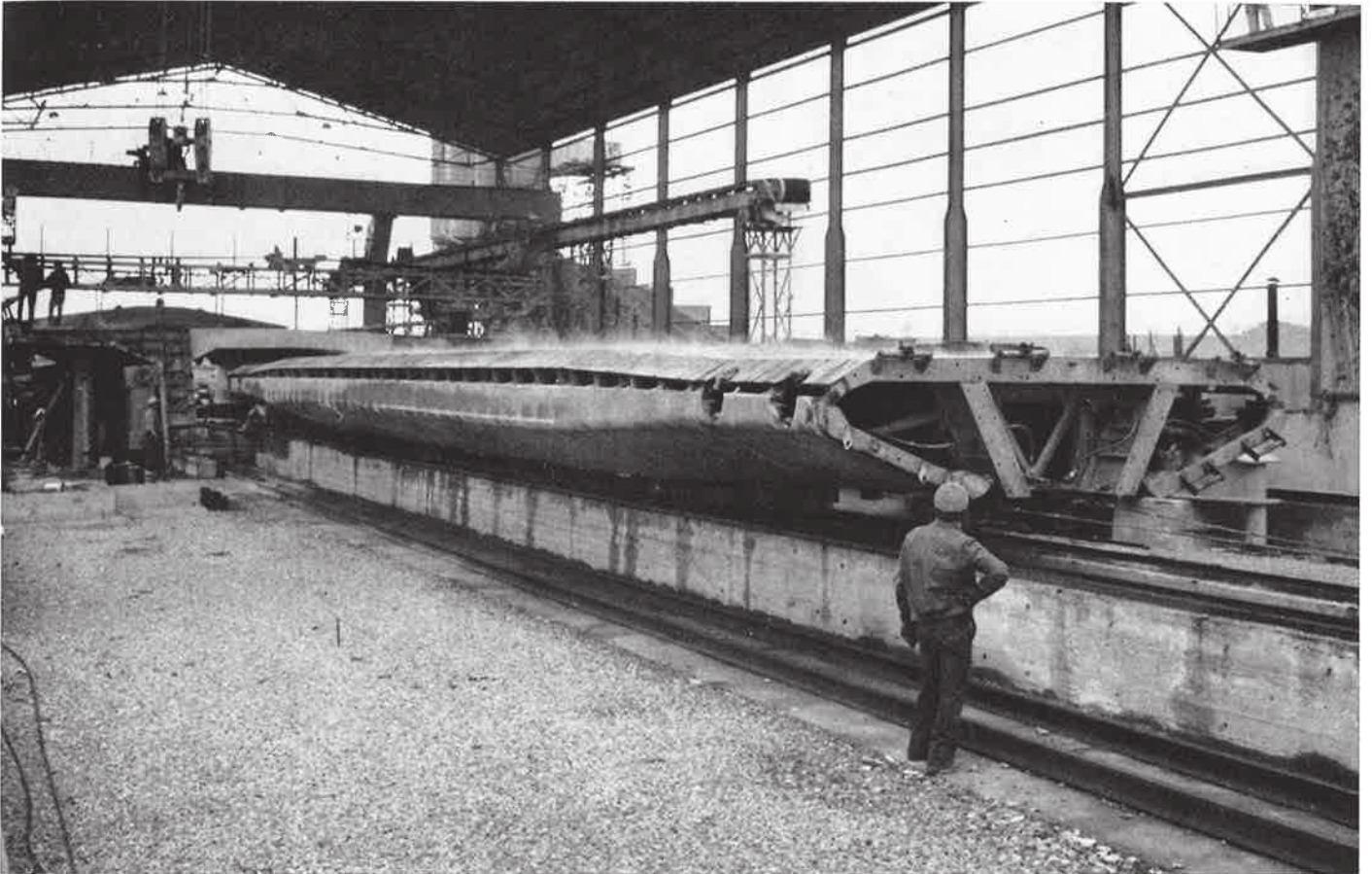
GENERALITA'

Per conto delle F.S. sulla Direttissima Roma-Firenze, nel tratto fra Chiusi e Chianciano, è stato realizzato un viadotto la cui sovrastruttura ha caratteristiche tali da farlo classificare come opera di eccezionale livello tecnico nel campo delle strutture

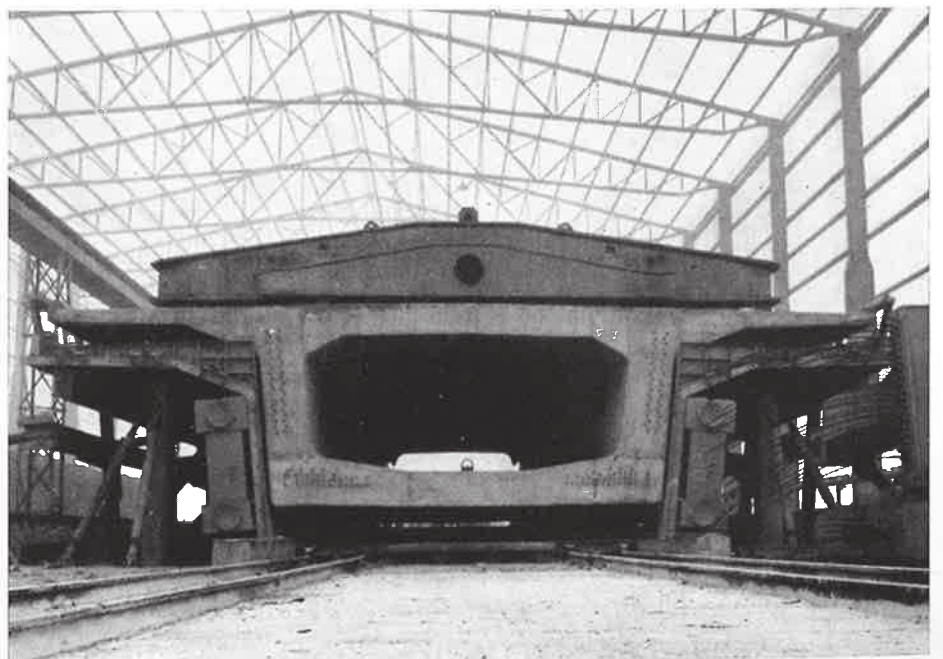
GENERAL

The viaduct was built for the state railroad, along the stretch between Chiusi and Chianciano for the new direct railway on the Rome-Florence line. This work is such as to classify it as a structure of an exceptionally high technical level in





2 - Disposizione dei trefoli di pre-tensione: a) nella sezione longitudinale di un cassone; b) nella sezione di mezzeria del cassone; c) nella sezione sull'appoggio; 3 - Parco per la preparazione dell'armatura ordinaria del cassone; 4 - Testata di ancoraggio delle armature di precompressione; 5 - Sfilaggio della cassaforma interna del cassone; 6 - Il sollevamento di un impalcato a cassone.



2 - Positioning of the prestressing strands: a) in the longitudinal section of a caisson deck; b) in the midspan section of the caisson deck; c) in the section bearing on the support; 3 - Assembly yard for the caisson deck reinforcing steel; 4 - Anchor head for the prestressing steel; 5 - Removal of the internal caisson deck formwork; 6 - Lifting of a caisson deck unit.



8

7





9

7 - L'inizio del trasporto di un impalcato; 8 - L'impalcato arriva nei pressi della struttura di varo; 9 - Aggancio dell'impalcato alla struttura di varo; 10 - Vista parziale del viadotto in fase di completamento.

7 - Beginning of caisson deck hauling procedures; 8 - A caisson deck arrives at the launching equipment; 9 - A caisson deck during launching operations; 10 - Partial view of the viaduct during final phases.



10

25

in c.a.p. destinate al traffico dei convogli ferroviari. Si tratta infatti di impalcati a doppio binario prefabbricati in un unico elemento monolitico, lungo 25,00 m, largo 11,80 m e pesante 500 tonn. Essi sono stati costruiti in cantiere e trasportati e posti in opera con attrezzature originali studiate e realizzate per questa specifica tecnica costruttiva.

SOLUZIONE STRUTTURALE

La soluzione posta in atto, è la risposta ottimale alle esigenze di una linea ferroviaria a doppio binario per convogli pesanti programmati per le massime velocità. Il concetto base è stato quello di eliminare l'orditura a travi principali e secondarie e quindi ogni tipo di collegamento e di ripresa di getto, realizzando ogni campata con una struttura scatolare unica prefabbricata senza soluzioni di continuità.

Dal punto di vista statico, sono state così eliminate le incertezze derivanti dal comportamento di elementi longitudinali e trasversali di diversa rigidità assoggettati alle azioni potenti e frequenti trasmesse dal traffico ferroviario. Dal punto di vista tecnico e della durabilità, sono state eliminate le incertezze dei collegamenti effettuati « a posteriori » fra elementi prefabbricati. Infine l'impiego del precompresso ad armature aderenti ha fornito la massima sicurezza nei confronti dei fenomeni di fatica esaltati dalle forti vibrazioni dovute al passaggio dei convogli.

MODALITA' COSTRUTTIVE

Gli impalcati sono stati costruiti in un cantiere posto in prossimità dell'opera, usufruendo di casseri esterni fissi alla piazza di getto e casseri interni mobili sfilabili longitudinalmente dopo la maturazione a vapore. I casseri esterni costituiscono inoltre le travate reggispinta su cui, tramite due grandi testate in acciaio, si scarica lo sforzo di precompressione dell'intera campata. Lo stacco del manufatto dai casseri avviene per mezzo di quattro potenti martinetti che lo sollevano di oltre due metri per consentire al sistema di trasporto di inserirsi al di sotto di esso.

Il sistema di trasporto è una macchina originale che consente il rapido spostamento del gigantesco manufatto in assoluta sicurezza. La posa in opera in campata avviene grazie ad un carro ponte autovarante anch'esso del tutto originale, le cui particolari caratteristiche strutturali e di movimentazione sono tali da renderlo impiegabile qualunque sia la forma e la dimensione del manufatto.

MATERIALI ADOPERATI

- calcestruzzo per strutture precomprese: 20.700 m³
- armatura ordinaria per strutture precomprese: 1.580 t
- acciaio per armature di precompressione: 449 t

COMMITTENTE: Azienda Autonoma Ferrovie dello Stato

IMPRESA: Consorzio IFIC (Icla - Ferrocemento - Icori - Cogeco)

the field of prestressed concrete structures assigned to railway traffic. It has in fact double-track decks precast in a single monolithic unit, 25,00 m long, 11,80 m wide, and weighing 500 tons each. They were built in a construction yard, then hauled to the site and swung into place with the aid of devices of original design that were studied and created for this specific construction technique.

STRUCTURAL SOLUTION

The solution chosen is the optimum for the needs of a double-track railway line programmed to take heavy trains at the highest speeds. The basic concept is that of eliminating the main and secondary beamwork, and therefore every kind of jointing successive pours, each span being executed with a single precast box structure without any breaks.

From the statics viewpoint, this eliminated the uncertainties deriving from the behaviours of longitudinal and transverse elements having different stiffnesses when subjected to the powerful and frequent forces transmitted by railway traffic. From the technical and durability standpoint, it eliminated the uncertainties of connections made subsequently between precast elements. Finally, the use of pre-tensioning afforded the greatest safety in regard to fatigue, which is heightened by the strong vibrations arising from the passage of trains.

CONSTRUCTION SYSTEM

The decks were built in a construction yard near the structure site, utilizing outer forms fixed to the pour-yard and removable inner forms that could be longitudinally slid out after steam curing. The outer forms constitute also the thrust-block girders onto which, through two large steel head-plates, the prestressing force for the entire span is loaded. Shakeout of the finished deck from the forms was effected by four powerful jacks that lifted it up over two meters so as to let the hauling system be inserted underneath it.

The hauling system was a machine of original design that permitted speedy transfer of the gigantic piece with absolute safety. Its placement on the span was done by a self-launching trolley that was itself of entirely original design, whose special structural and handling characteristics are such as to make it usable whatever the form and dimensions of the unit to be handled may be.

CONSUMPTION OF MATERIALS

- concrete for prestressed structures: 20.700 m³
- reinforcing steel for prestressed structures: 1.580 t
- prestressing steel: 449 t

OWNER: Azienda Autonoma Ferrovie dello Stato (Italian State Railroads)

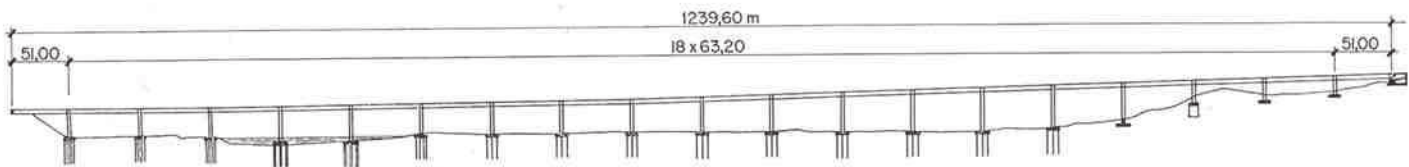
CONTRACTOR: Joint venture IFIC (Icla - Ferrocemento - Icori - Cogeco)

**Viadotto di Somplago
a Cavazzo Carnico (Udine)
per l'autostrada
Udine - Carnia**

**Somplago viaduct
at Cavazzo Carnico (Udine)
for the Udine - Carnia
motorway**

Progetto:
REICO - Milano

Design:
REICO - Milan



1 - Sezione longitudinale del viadotto.

1 - Longitudinal section of the viaduct.

PERIODO DI COSTRUZIONE: 1975 - 1980

TIME OF CONSTRUCTION: 1975 - 1980

Schema statico: travata continua su 21 appoggi
Numero delle campate: 20
Luci delle campate: $2 \times 51,00 \text{ m} + 18 \times 63,20 \text{ m}$
Lunghezza totale del viadotto: 1239,60 m
Larghezza del viadotto: 15,45 m
Altezza dell'impalcato: 3,40 m
Spessore della soletta: 22 cm
Numero dei trasversi: uno sull'appoggio

Static scheme: continuous girder on 21 supports
Number of spans: 20
Length of spans: $2 \times 51,00 \text{ m} + 18 \times 63,20 \text{ m}$
Overall length of viaduct: 1239,60 m
Viaduct width: 15,45 m
Deck depth: 3,40 m
Slab thickness: 22 cm
Number of cross diaphragms: one on each support

Elementi strutturali precompressi: tutto l'impalcato
Tipo di precompressione: post-tensione
Composizione dei cavi: 12 oppure 24 fili diametro 8 mm
Tensione iniziale dei fili: 124 kg/mm^2
Tensione di esercizio dei fili: 88 kg/mm^2
Sforzo massimo di compressione nel calcestruzzo:
— all'atto della precompressione: 155 kg/cm^2
— in esercizio: 121 kg/cm^2
Sforzo massimo di trazione nel calcestruzzo:
— in regime transitorio: 6 kg/cm^2
— in esercizio: zero
Valore caratteristico del carico di rottura cubico del calcestruzzo della struttura precompressa, a 28 giorni: 425 kg/cm^2
Carico di rottura dell'acciaio: 170 kg/mm^2
Limite convenzionale dell'acciaio allo 0,2%: 150 kg/mm^2

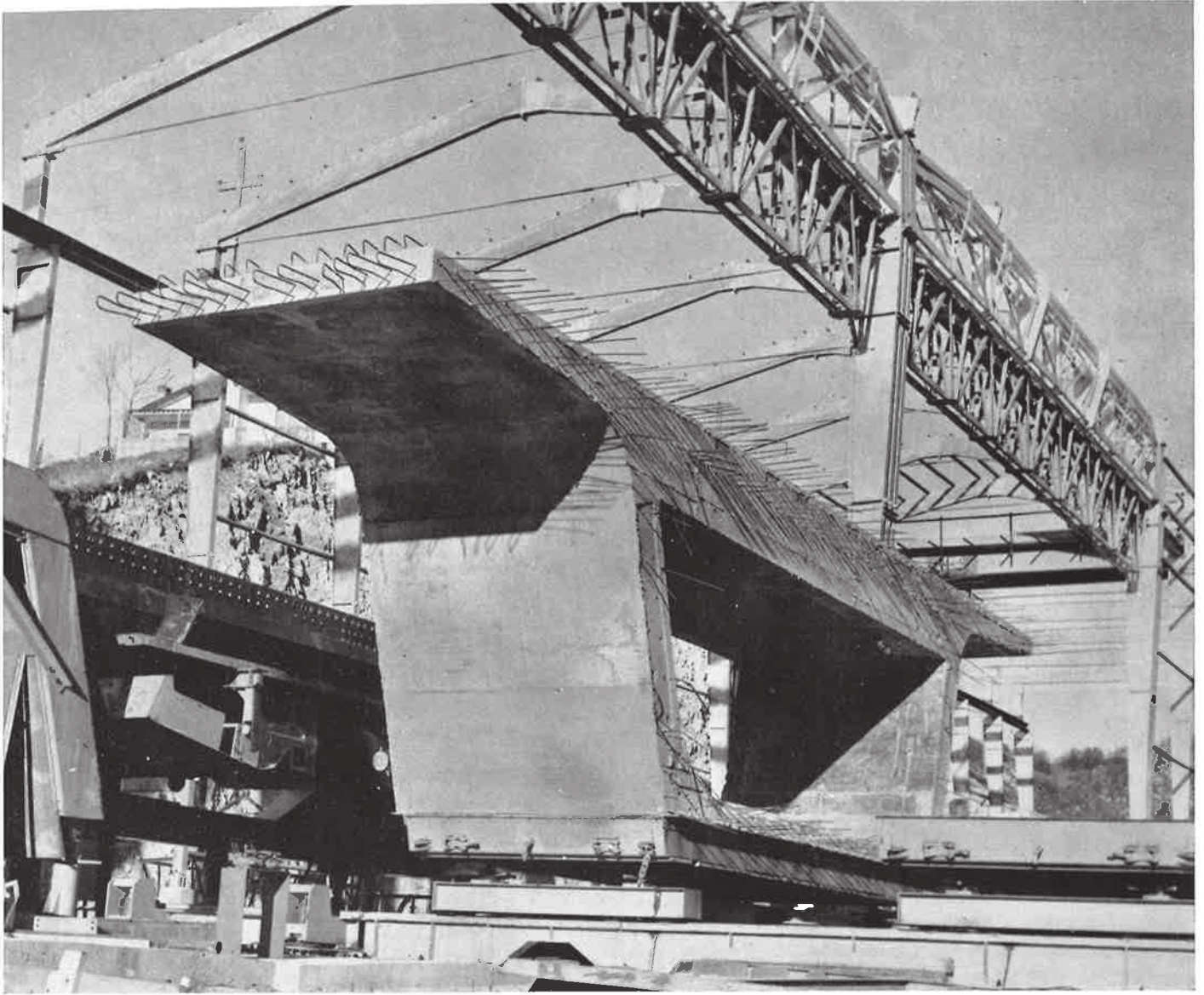
Prestressed structural elements: the whole deck
Type of prestressing: post-tensioning
Cable composition: 12 or 24 wires 8 mm diameter
Initial stress in the wires: 124 kg/mm^2
Effective stress in the wires: 88 kg/mm^2
Maximum compressive stress in the concrete:
— at time of tensioning: 155 kg/cm^2
— under service conditions: 121 kg/cm^2
Maximum tensile stress in the concrete:
— in a transitory regime: 6 kg/cm^2
— under service conditions: zero
Characteristic value of cube crushing strength of the pre-stressed concrete at 28 days: 425 kg/cm^2
Ultimate steel strength: 170 kg/mm^2
Conventional steel strength at 0,2% elongation: 150 kg/mm^2

GENERALITA'

GENERAL

Il viadotto scavalca l'estremità settentrionale del lago di Cavazzo e la piana adiacente, in prossimità del paesino di Somplago, mantenendosi ad una quota media di circa 35 m al

The viaduct crosses over the northern end of Lake Cavazzo and its adjacent countryside, near the village of Somplago, at an average height above the lake of about 35 m. For this

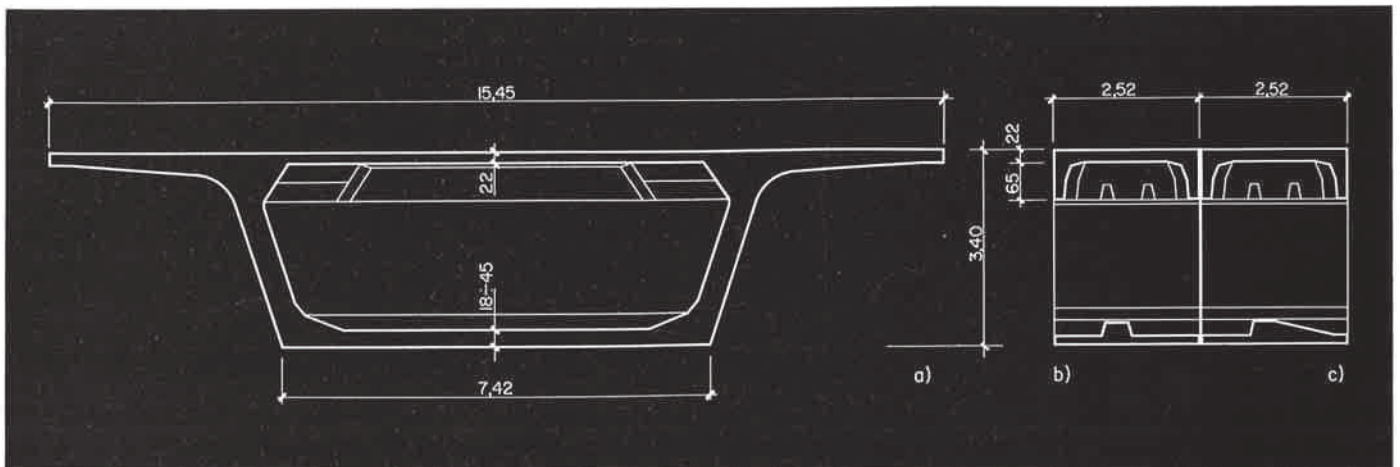


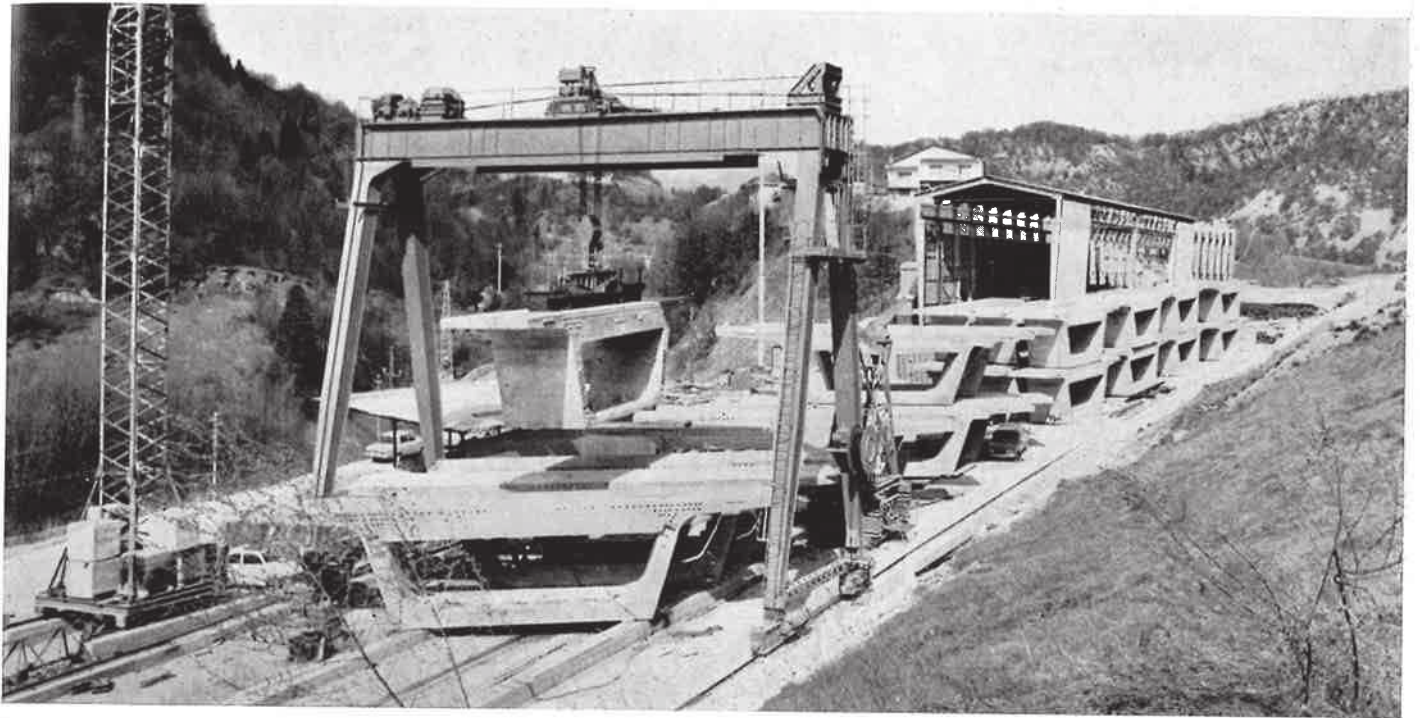
2

2-4 - Il cantiere di prefabbricazione dei conci di impalcato ed il loro trasporto in opera a mezzo di carro di varo; 3 - a) Sezione trasversale dell'impalcato; b), c) Sezioni longitudinali di un conccio intermedio e di un conccio con ancoraggio dei cavi in controsoletta; 5 - Sezione longitudinale parziale dell'impalcato con disposizione dell'armatura di precompressione; 6 - Disposizione dell'armatura di precompressione nella sezione trasversale, sugli appoggi (a sinistra) e in mezzzeria (a destra).

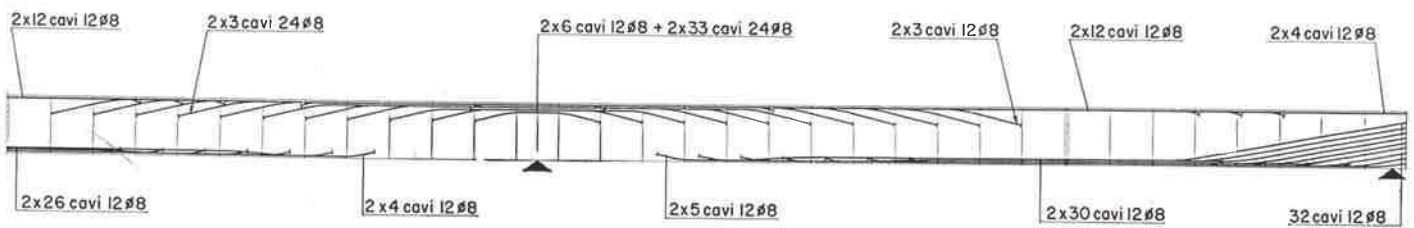
2-4 - The precasting yard for the deck segments, and hauling operations to their final position, by means of a launching equipment; 3 - a) Cross section of the deck; b), c) Longitudinal section of an intermediate segment and of a segment with anchorage cables of the counter-slab; 5 - Partial longitudinal section of the deck with the positioning of the prestressing steel; 6 - Positioning of the prestressing steel in the cross section, over the supports (on the left) and at midspan (on the right).

3



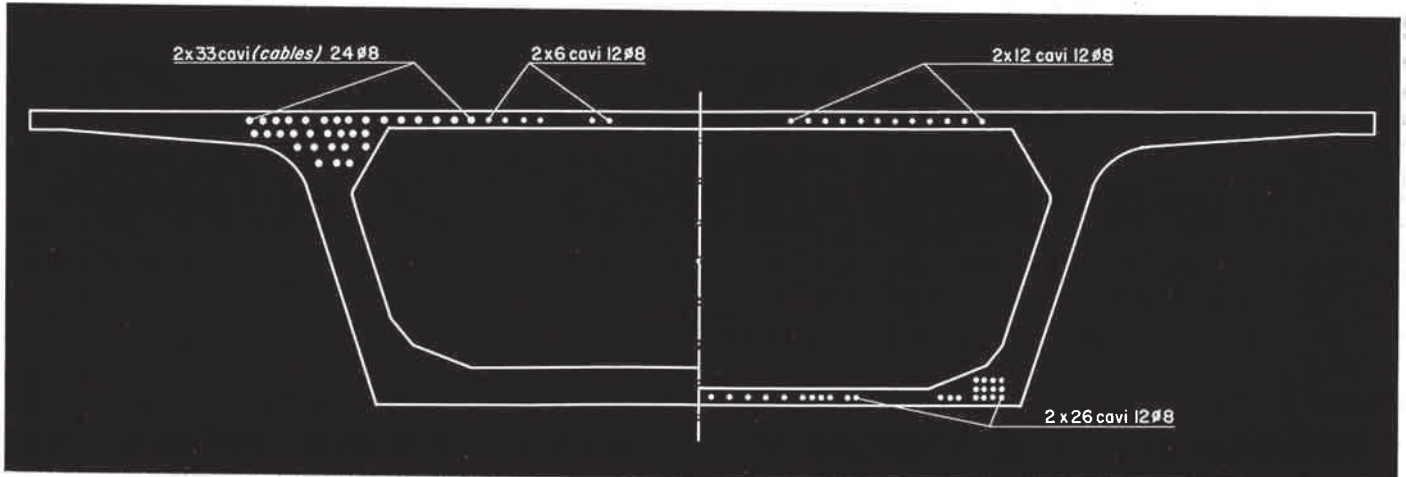


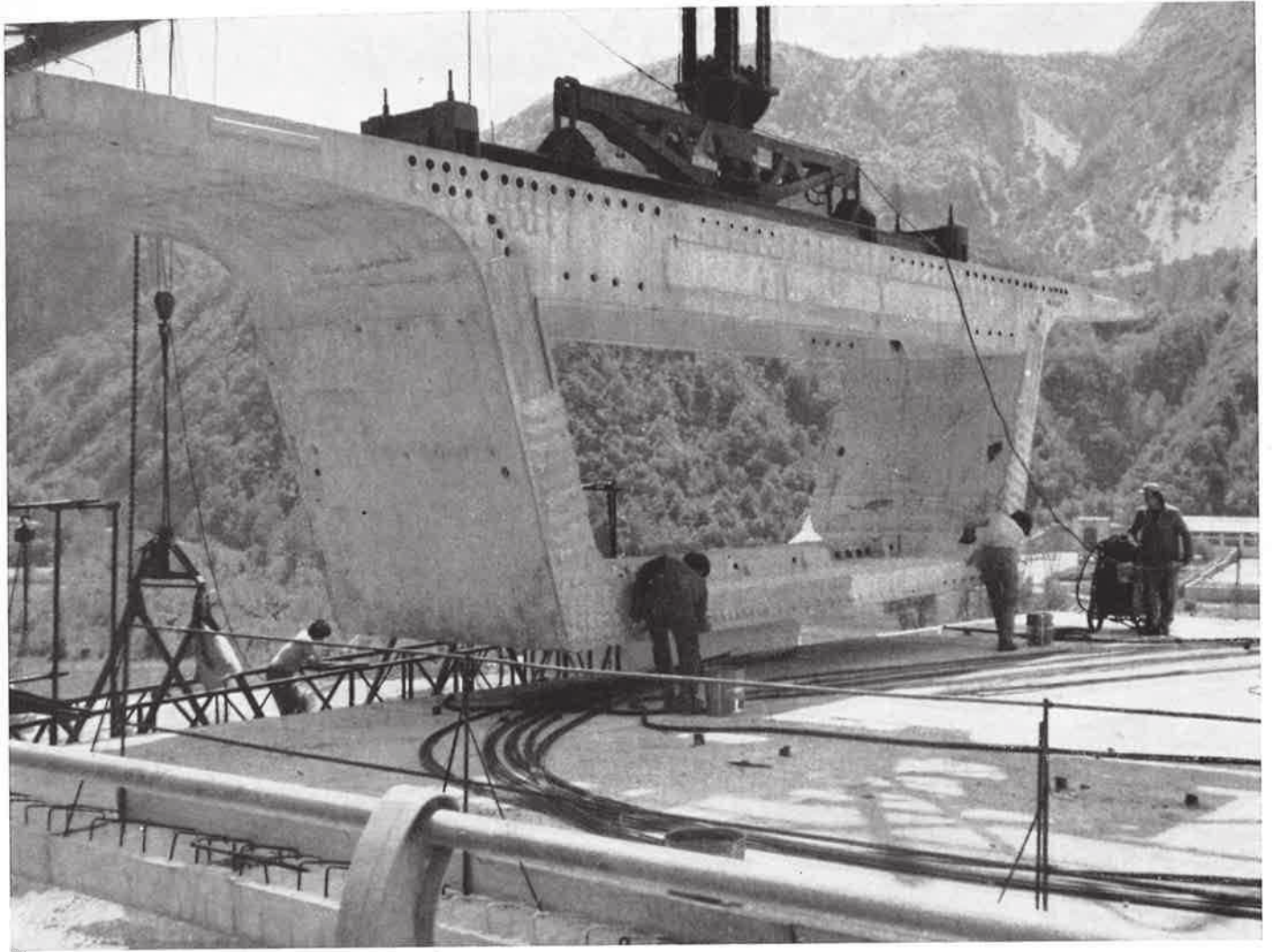
4



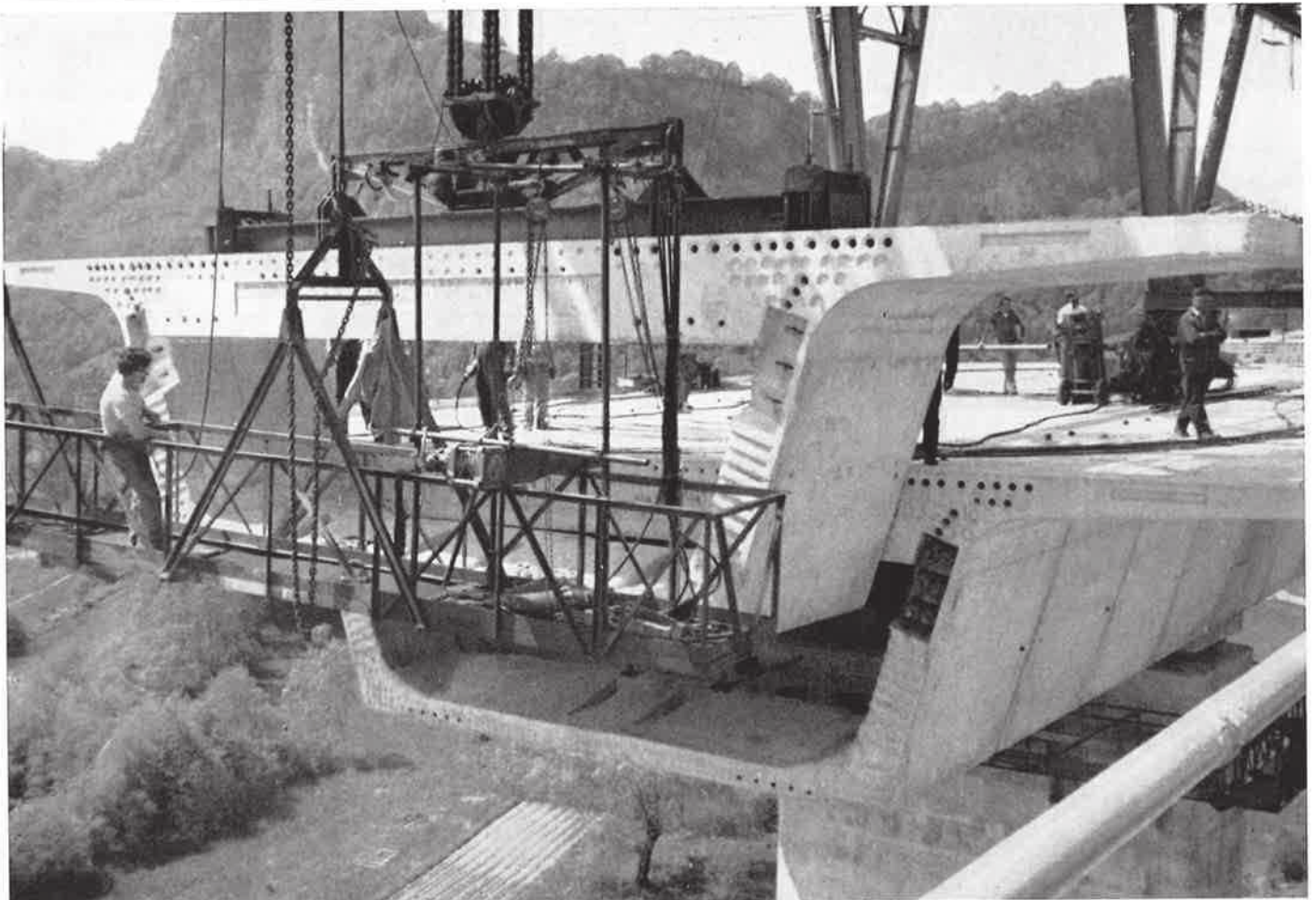
5

6





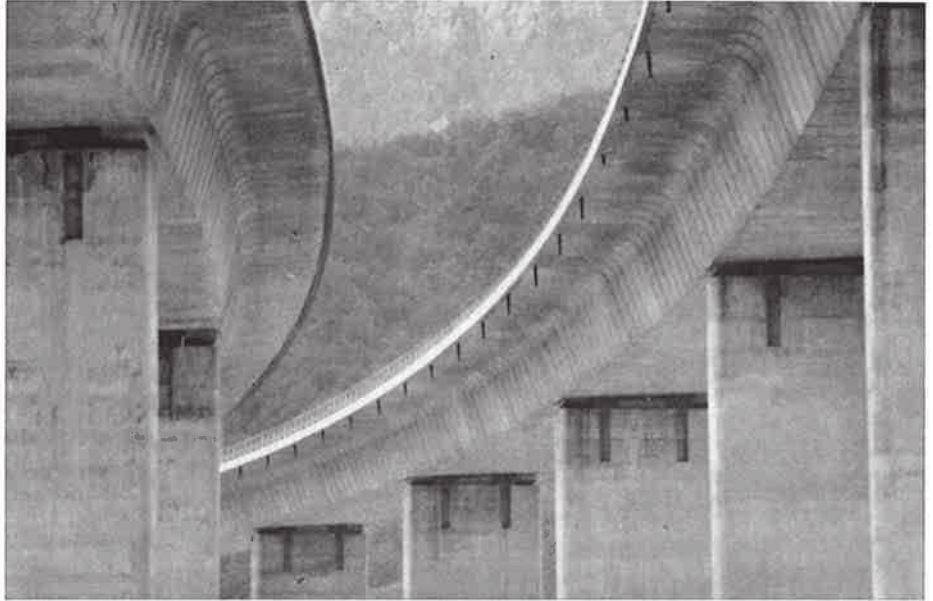
7



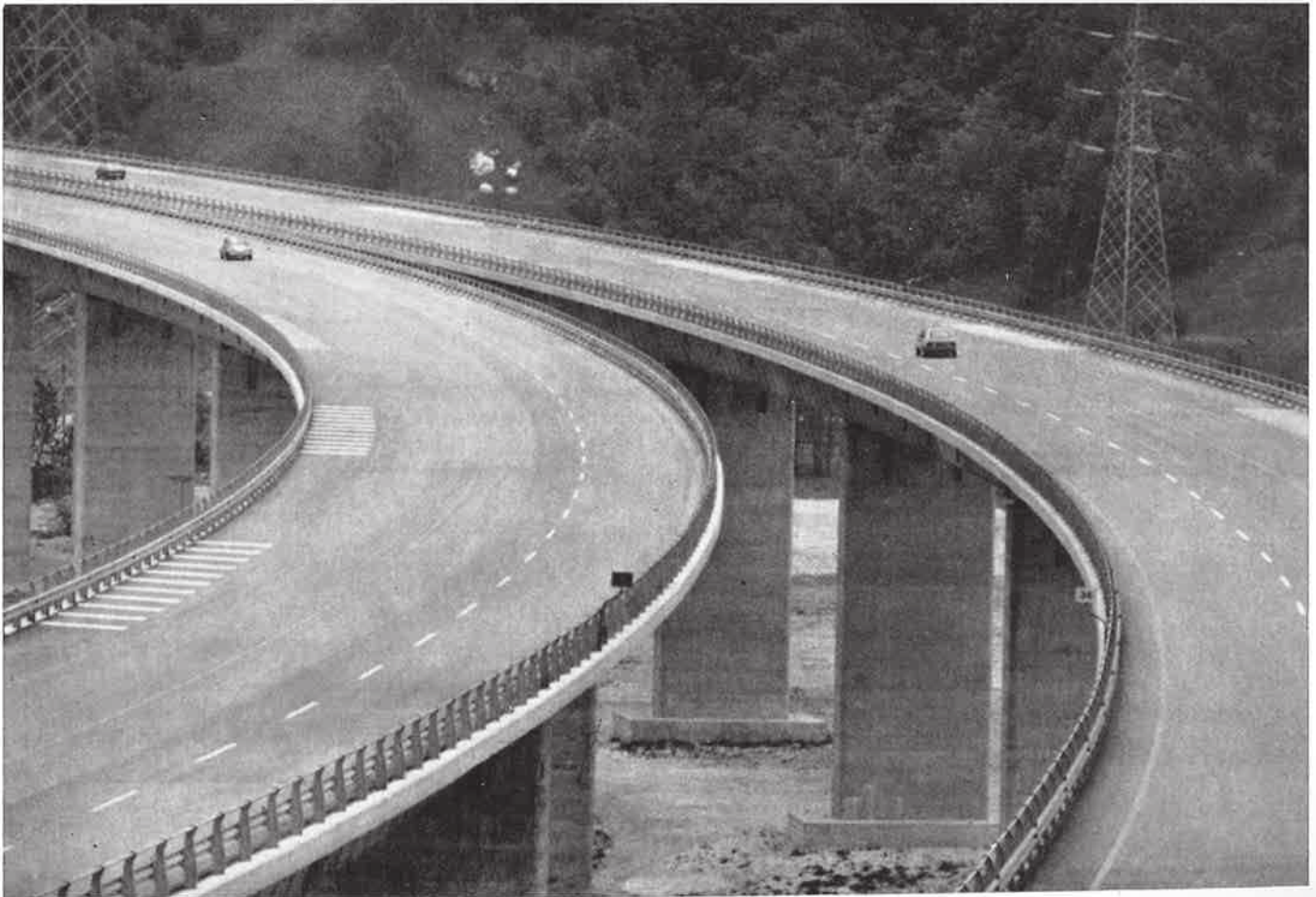
8

7-8 - Le operazioni di montaggio di un concio di impalcato; 9-10 - Il viadotto in esercizio.

7-8 - In situ deck segment positioning operations;
9-10 - The viaduct in service.



9



10

di sopra del lago. Per questo motivo si è optato per una soluzione che fosse preminentemente valida dal punto di vista architettonico e paesaggistico.

SOLUZIONE STRUTTURALE

Ciascuna via è stata realizzata con una trave continua avente sezione scatolare a forma trapezoidale con sbalzi laterali molto pronunciati. Delle 20 campate che costituiscono la trave continua di impalcato, 18 interne sono tutte uguali, mentre le due di riva hanno luce minore così da ottenere momenti, sia in campata che sull'appoggio, praticamente uguali a quelli delle campate tipo. L'adozione di questa soluzione ha consentito l'eliminazione dei giunti intermedi, con grande vantaggio sia dal punto di vista estetico, sia per quanto riguarda la manutenzione dell'opera.

Per ridurre gli effetti sismici, il viadotto è collegato alla spalla Nord, anziché rigidamente, per mezzo di un ammortizzatore elastico, avente la funzione di aumentare il periodo fondamentale di vibrazioni della struttura, oltre ad impedire l'urto dell'intero viadotto contro le spalle stesse. L'altezza del cassone è costante, mentre, per aumentare l'inerzia della trave in corrispondenza degli appoggi, si è prevista la soletta inferiore a spessore variabile da un minimo di 18 cm ad un massimo di 45 cm. La soletta superiore, avente spessore costante, è irrigidita da apposite nervature, data la notevole luce.

MODALITA' COSTRUTTIVE

L'impalcato è stato realizzato con un sistema che prevedeva la prefabbricazione integrale della struttura. Gli elementi prefabbricati, costituiti da conci della lunghezza di 2,52 m e del peso max di 75 tonni sono stati costruiti in uno stabilimento posto sul terrapieno vicino ad una spalla. I conci sono stati portati in opera da un carro di varo che consentiva la costruzione a sbalzo.

La continuità è stata assicurata da uno strato di resina epossidica spesso 2 mm, spalmata sulle facce dei conci prima del varo. Ogni concio ha costituito sponda di cassaforma per il getto del concio successivo. L'impalcato è stato completato con la posa in opera degli ammortizzatori antisismici e del giunto unico, che si ritiene il più grande in Europa, con escursioni fino a 120 cm (escursione media giornaliera 80 cm).

MATERIALI ADOPERATI:

- calcestruzzo per strutture precomprese: 30.700 m³
- armatura ordinaria per strutture precomprese: 2.850 t
- acciaio per armature di precompressione: 1.230 t

COMMITTENTE: Autostrade S.p.A. - Roma
IMPRESA: Edil-Strade S.p.A., Forlì-Roma
SISTEMA DI PRECOMPRESSIONE: Freyssinet - Renardet

reason a solution was chosen that would be acceptable pre-eminently from the architectural and scenic standpoint.

STRUCTURAL SOLUTION

Each roadway was built using a continuous trapezoidal box-section beam having very prominent lateral overhangs. Of the 20 spans forming the continuous deck-beam, the 18 inner beams are all the same, while the two approach spans are shorter so as to have moments, both in span and on the supports, that are practically equal to those of the typical span. The adoption of this solution allowed the elimination of the intermediate joints, a great advantage from both the aesthetic and structure-maintenance points of view.

To reduce seismic effects the viaduct was connected to its north abutment not rigidly, but by an elastic shock absorber, which serves to increase the structure's natural period of vibration, and prevents as well any impact by the inner viaduct against its own abutments. The box depth is constant, while, so as to increase the beam's inertia at the bearings, its lower slab was provided with thicknesses varying from a minimum of 18 cm to a maximum of 45 cm. The upper slab, of constant thickness, is stiffened by suitable ribs, considering its great length.

CONSTRUCTION SYSTEM

The deck was built using a system that provided for the total prefabrication of the structure. The precast elements, of sections 2,52 m long having a maximum weight of 75 tons, were built in a plant sited on the embankment near an abutment. The sections were positioned by a launching-trolley that permitted cantilever construction.

Continuity was guaranteed by a 2 mm thick layer of epoxy resin spread on the section faces before launching. Each section was the formwork wall for the casting of the successive section. The deck was completed by the assembly of the aseismic shock absorbers and of the single joint, this latter being believed to be the largest in Europe, permitting swings of up to 120 cm (average daily swing is 80 cm).

CONSUMPTION OF MATERIALS:

- concrete for prestressed structures: 30.700 m³
- reinforcing steel for prestressed structures: 2.850 t
- prestressing steel: 1.230 t

OWNER: Autostrade S.p.A. - Roma
CONTRACTOR: Edil-Strade S.p.A., Forlì-Roma
PRESTRESSING SYSTEM: Freyssinet - Renardet

Ponte sul Rio Sinigo ad Avelengo (Bolzano)

Bridge over the Sinigo stream at Avelengo (Bolzano)

Progetto:

Dott. Ing. Ernesto Segre, Dott. Ing. Giorgio Pedrazzi

PERIODO DI COSTRUZIONE: Settembre 1980 - Dicembre 1981

Schema statico: arco a 3 cerniere
Luce: 125 m
Lunghezza totale del ponte: 153 m
Larghezza del ponte: 8,10 m
Spessore del ponte in chiave: 2,20 m
Spessore del ponte alle imposte: 7,00 m
Spessore della soletta: 23 cm
Numero dei traversi: uno in chiave

Elementi strutturali precompressi: travata, contrappesi, ancoraggi

Tipo di precompressione: post-tensione
Composizione dei cavi: 8 e 12 trefoli diametro 0,6"
Diametro delle barre: 32 mm
Tensione iniziale: 136 kg/mm² (trefoli); 72 kg/mm² (barre)
Tensione di esercizio: 108 kg/mm² (trefoli); 63 kg/mm² (barre)
Sforzo massimo di compressione nel calcestruzzo:
— all'atto della precompressione: 160 kg/cm²
— in esercizio: 139 kg/cm²
Valore caratteristico del carico di rottura cubico del calcestruzzo leggero della struttura precompressa, a 28 giorni: 380 kg/cm²
Carico di rottura dell'acciaio: 180 kg/mm² (trefoli); 105 kg/mm² (barre)
Limite convenzionale all'1% dell'acciaio in trefoli: 160 kg/mm²
Limite convenzionale allo 0,2% dell'acciaio in barre: 85 kg/mm²

GENERALITA'

L'opera, per la costruzione della quale il committente ha bandito un appalto concorso, è destinata a scavalcare in curva lo stretto e ripido vallone del Rio Sinigo in Provincia di Bolzano. Stante la profondità della valle, l'inaccessibilità dei suoi pendii, ed i vincoli paesistici imposti dal bando di appalto, tra i quali era anche previsto di limitare al massimo l'abbattimento della vegetazione di alto fusto, la scelta progettuale è inevitabilmente caduta su una struttura ad un'unica campata, da costruire in avanzamento a conci successivi. Inoltre l'entità della luce, unita alle difficoltà di reperire nelle vicinanze inerti di buona qualità, ha suggerito di ricorrere ad una soluzione in calcestruzzo leggero di argilla espansa, atto a limitare sensibilmente il peso proprio della struttura, ed il conseguente impiego di acciaio armonico. Nonostante il più elevato costo del calcestruzzo leggero rispetto a quello ordinario, ciò ha comportato sensibili economie globali nel costo dell'opera.

SOLUZIONE STRUTTURALE

La struttura definitiva è costituita da un arco a 3 cerniere che, sfruttando la buona qualità del terreno di imposta delle spalle (porfido), ha permesso di diminuire sensibilmente i momenti flettenti in campata grazie al contributo delle spinte nascenti sulle cerniere di imposta, una volta realizzata e messa in forza la cerniera di chiave.

Le spalle, realizzate in calcestruzzo ordinario, hanno funzionato durante la costruzione a sbalzo dell'impalcato, con il clas-

Design:

Dott. Ing. Ernesto Segre, Dott. Ing. Giorgio Pedrazzi

TIME OF CONSTRUCTION: September 1980 - December 1981

Static scheme: three-hinge arch
Length of span: 125 m
Overall length of bridge: 153 m
Bridge width: 8,10 m
Deck depth at crown: 2,20 m
Deck depth over the piers: 7,00 m
Slab thickness: 23 cm
Number of cross diaphragms: one at the crown

Prestressed structural elements: bridge deck, counterweights, anchorages

Type of prestressing: post-tensioning
Cable composition: 8 and 12 strands diameter 0,6"
Bar diameters: 32 mm
Initial stress: 136 kg/mm² (strands); 72 kg/mm² (bars)
Effective stress: 108 kg/mm² (strands); 63 kg/mm² (bars)
Maximum compressive stress in the concrete:
— at time of tensioning: 160 kg/cm²
— under service conditions: 139 kg/cm²
Characteristic value of cube crushing strength of the lightweight prestressed concrete at 28 days: 380 kg/cm²
Ultimate steel strength: 180 kg/mm² (strands); 105 kg/mm² (bars)
Conventional steel strength of strands at 1% elongation: 160 kg/mm²
Conventional steel strength of bars at 0,2% elongation: 85 kg/mm²

GENERAL

The structure, for the construction of which the customer published a request for bids, has to cross over, in curve, the narrow and steep canyon of the Sinigo river in the province of Bolzano. Considering the depth of the canyon, the inaccessibility of its slopes and the scenic constraints required by the request for bids, one of which was that the felling of trees be kept to a minimum, the design choice inevitably fell on a single-span structure, to be built adopting the section-by-section method.

Furthermore, the length of the span, and the difficulty in finding good-quality aggregate nearby, suggested a lightweight expanded-clay concrete solution, so as to perceptibly limit structure dead weight, with as a consequence the use of harmonic steel. Despite the higher cost of lightweight concrete over ordinary concrete, the solution chosen permitted definite overall economies in structure cost.

STRUCTURAL SOLUTION

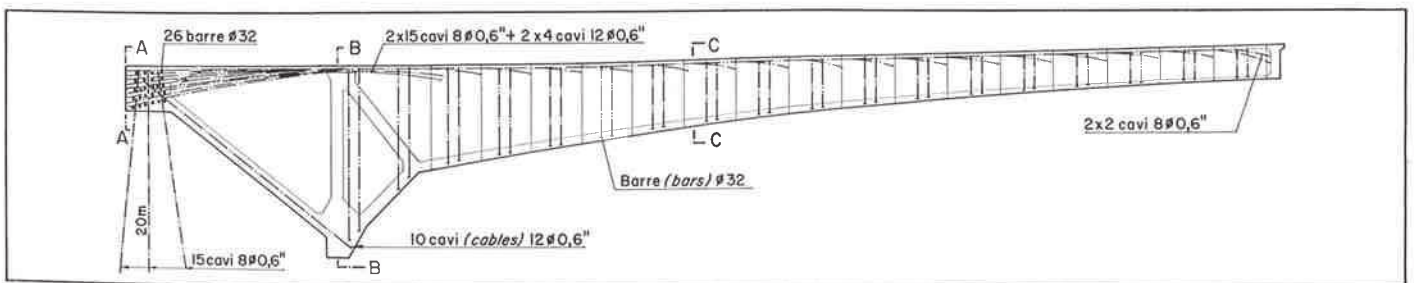
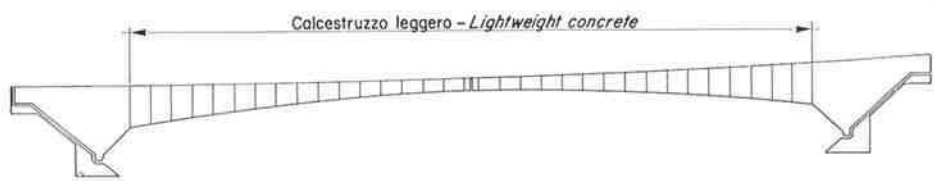
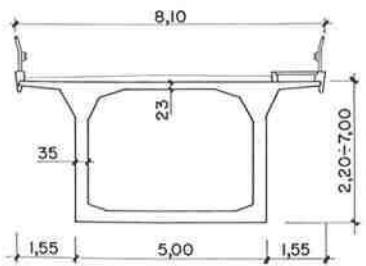
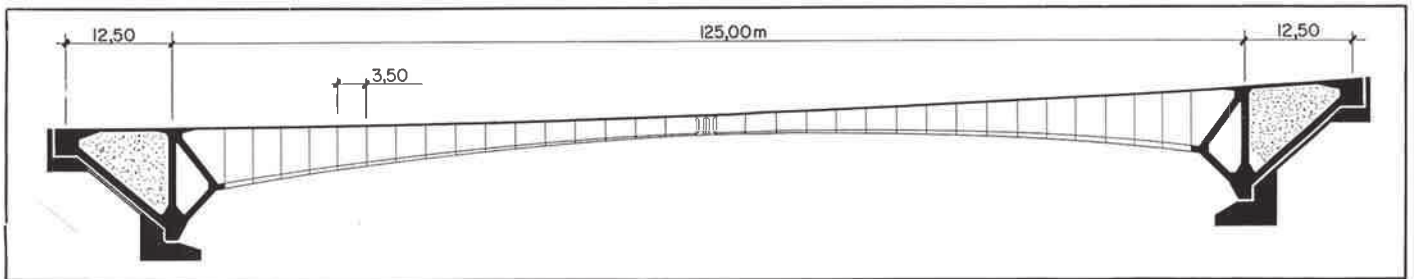
The definitive structure is formed of a three-hinged arch that, exploiting the good quality of the rock supporting the abutments (porphyry), let the mid-span bending moment be sensibly diminished, due to the contribution of the thrusts arising at the springer hinges once the crown hinge was effected and loaded.

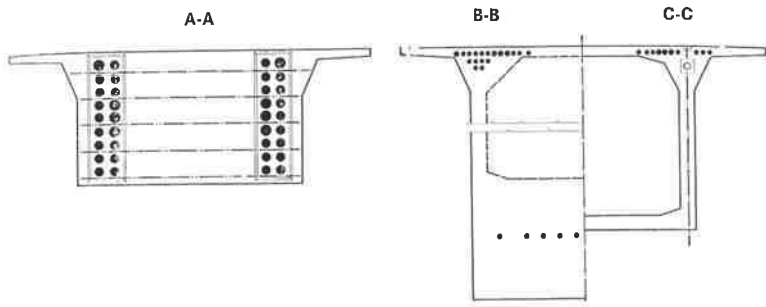
The abutments, built of ordinary concrete, functioned during the cantilever construction of the deck under the classical

1 - La costruzione del ponte con il procedimento ad avanzamento per conci successivi; 2-3 - Sezioni longitudinale e trasversale del ponte; 4 - Le fasi di costruzione dei conci dell'arco a tre cerniere; 5-6-7 - Sezioni longitudinale e trasversali di uno sbalzo del ponte con disposizione dell'armatura di precompressione; 8 - L'ancoraggio dei cavi di precompressione su una testata del ponte; 9 - I due sbalzi prima della chiusura in chiave; 10 - Il ponte in fase di completamento.

1 - Construction of the bridge with the successive segment construction method; 2-3 - Longitudinal and cross sections of the bridge; 4 - Construction phases of the three hinge arch; 5-6-7 - Longitudinal and cross sections of a bridge cantilever, with the positioning of the prestressing steel; 8 - Anchorage of the prestressing cables on one of the bridge heads; 9 - The two cantilevers before completion of the crown segment; 10 - The bridge during final procedures.

(1-10 - P. Bonaldo)



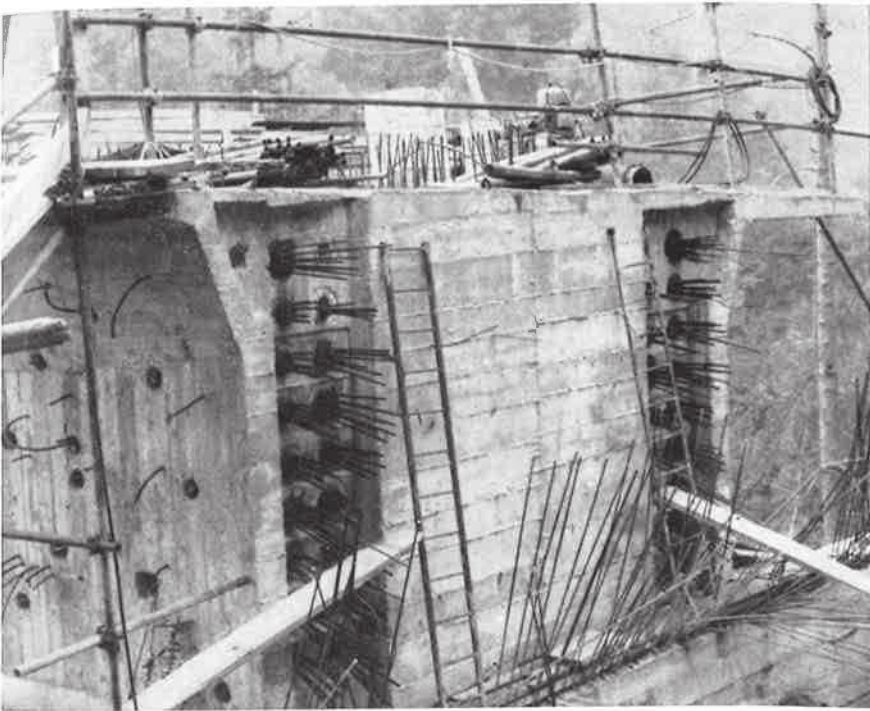


6

7

9

8



10

sico sistema del triangolo tirante e puntone, e sono state in tale fase bloccate, mediante ancoraggi provvisori, al terreno sottostante. Anche i tiranti delle spalle sono stati precompressi con cavi scorrevoli a trefoli. Le cerniere di imposta sono state realizzate mediante due serie di appoggi disposti perpendicolarmente l'uno all'altro, in modo da permettere rotazioni ma non scorrimenti.

In fase provvisoria di costruzione, la struttura ha funzionato come mensola, le cui reazioni erano equilibrate dai carichi sulle cerniere, e dalla tensione degli ancoraggi provvisori, mentre soltanto a ponte ultimato lo schema statico è diventato quello di arco a 3 cerniere.

MODALITA' COSTRUTTIVE

La costruzione è proceduta con le seguenti fasi principali:

- 1) costruzione delle spalle in calcestruzzo ordinario, e loro ancoraggio al terreno mediante gli ancoraggi provvisori pre-tesi;
- 2) costruzione a sbalzo dell'impalcato con il getto, per ogni semi-arco, di n. 16 conci successivi ciascuno di lunghezza 3,30 m ÷ 3,50 m, in calcestruzzo leggero. La precompressione di ciascun concio è stata ottenuta con un adeguato numero di cavi di precompressione infilati dopo il getto del concio, ed ancorati alla spalla ed alla estremità del concio stesso;
- 3) realizzazione del concio di chiave con posizionamento della relativa cerniera;
- 4) sbloccaggio graduale dei tiranti di ancoraggio provvisorio che garantivano la stabilità del manufatto durante la fase di avanzamento a sbalzo, e messa perciò in forza delle 3 cerniere per realizzare lo schema statico definitivo previsto dal progetto;
- 5) completamento dell'opera con le finiture necessarie.

Il ritmo di avanzamento è stato di circa 6 conci (3 per ogni lato) ogni 15 giorni. La prima parziale coazione, necessaria per lo scasseramento e l'avanzamento del carro di getto, era impressa dopo solo 36 ore dal getto, quando il calcestruzzo aveva raggiunto una resistenza di 280 kg/cm². La maturazione era completata nel breve periodo di avanzamento del carro e di montaggio delle armature del concio successivo. Prima del getto di tale concio veniva effettuata la ritatura e l'iniezione dei cavi del concio precedente. L'ancoraggio dei carri di getto è stato eseguito con barre diam. 32 mm, utilizzate anche in fase di esercizio come armatura al taglio.

MATERIALI ADOPERATI:

- calcestruzzo ordinario per strutture precomprese (spalle e bilancieri): 790 m³, pari a 0,64 m³/m²
- calcestruzzo leggero per strutture precomprese a sbalzo: 870 m³, pari a 0,70 m³/m²
- armatura ordinaria per strutture precomprese a sbalzo: 69,0 t, pari a 55,7 kg/m²
- armatura ordinaria per spalle e bilancieri: 82,8 t, pari a 66,8 kg/m²
- acciaio per armature di precompressione: 38,7 t, pari a 31,2 kg/m² (cavi); 5,8 t, pari a 4,7 kg/m² (barre)

COMMITTENTE: Provincia di Bolzano

IMPRESA: Mondelli - Milano

SISTEMA DI PRECOMPRESSIONE: Tecnicavi (cavi); Tecnicavi-Macalloy (barre)

system of the triangle tension and compression members, and during this phase were locked by temporary anchorages to the ground beneath them. The abutment ties too were prestressed, using free-sliding strand cables. The springer hinges were created by means of two series of supports, arranged perpendicularly one to the other, so as to permit rotation but not sliding.

During the temporary construction phase, the structure acted as a cantilever, the reactions of which were balanced by loads on the springer hinges and by the tension in the provisional anchorages, the static scheme becoming that of a three-hinged arch only when the bridge was finished.

CONSTRUCTION SYSTEM

Construction went on in the following main phases:

- 1) construction of the abutments in ordinary concrete, and their anchoring to the ground by the provisional pre-stressed anchorages;
- 2) cantilever construction of the deck by the pour, for each semi-arch, of 16 successive sections, each 3,30 m ÷ 3,50 m long, in lightweight concrete. The prestressing of each section was effected by an adequate number of prestressing cables inserted after the pour of the section, and anchored in the abutment and at the end of the section itself;
- 3) casting of the crown section with the positioning of its hinge;
- 4) gradual unblocking of the provisional anchor-ties, which assured the stability of the structure during the cantilever advance phase, and therefore the putting under load of the 3 hinges so as to realize the definitive static scheme provided for by design;
- 5) completion of the structure with the necessary finishing.

The rate of advance was about 6 sections (3 each side) every 15 days. The first partial prestressing, needed for demoulding and advance of the casting trolley, was impressed after only 36 hours from pour, when the concrete reached a strength of 280 kg/cm². Curing was completed during the brief period of trolley advance and installation of the reinforcement for the successive section. Before this section was poured, the cables in the previous section were re-tensioned and grouted. Anchorage of the casting trollies was effected by 32 mm diameter bars, used in the operating phase as shear reinforcement.

CONSUMPTION OF MATERIALS:

- concrete for prestressed structures (abutments and balance beams): 790 m³, equal to 0,64 m³/m²
- lightweight concrete for the cantilevered prestressed structures: 870 m³, equal to 0,70 m³/m²
- reinforcing steel for cantilevered prestressed structures: 69,0 t, equal to 55,7 kg/m²
- reinforcing steel for abutments and balance beams: 82,8 t, equal to 66,8 kg/m²
- prestressing steel: 38,7 t, equal to 31,2 kg/m² (cables); 5,8 t, equal to 4,7 kg/m² (bars)

OWNER: Province of Bolzano

CONTRACTOR: Mondelli - Milano

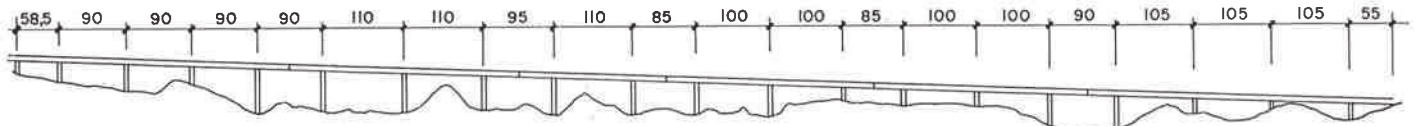
PRESTRESSING SYSTEM: Tecnicavi (cables); Tecnicavi-Macalloy (bars)

Viadotto Savio per la strada statale n. 3 bis "Tiberina", tra Verghereto e Bagno di Romagna (Forlì)

Savio viaduct for state road no. 3 bis "Tiberina", between Verghereto and Bagno di Romagna (Forlì)

Progetto:
Tecnic - Consulting Engineers - Roma

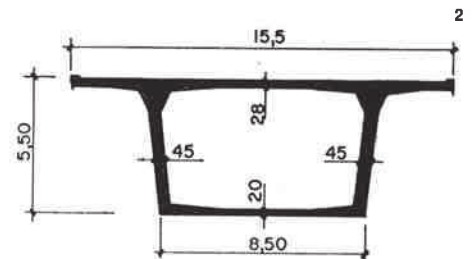
Design:
Tecnic - Consulting Engineers - Rome



1

1 - Sezione longitudinale del viadotto; 2 - Sezione trasversale dell'impalcato.

1 - Longitudinal section of the viaduct; 2 - Cross section of the deck.



2

PERIODO DI COSTRUZIONE: 1976 - 1981

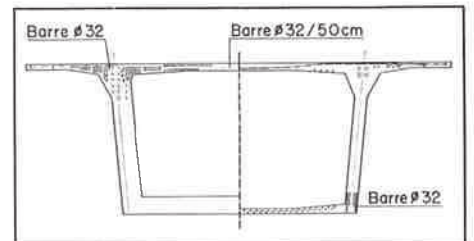
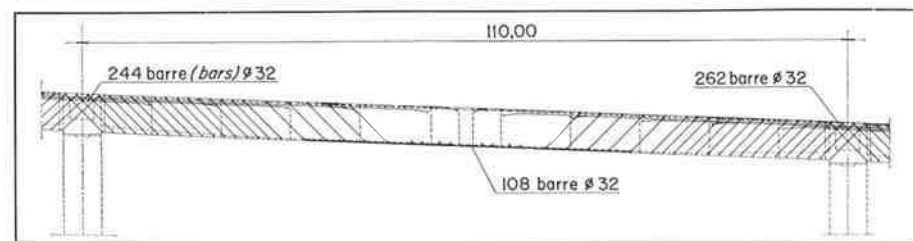
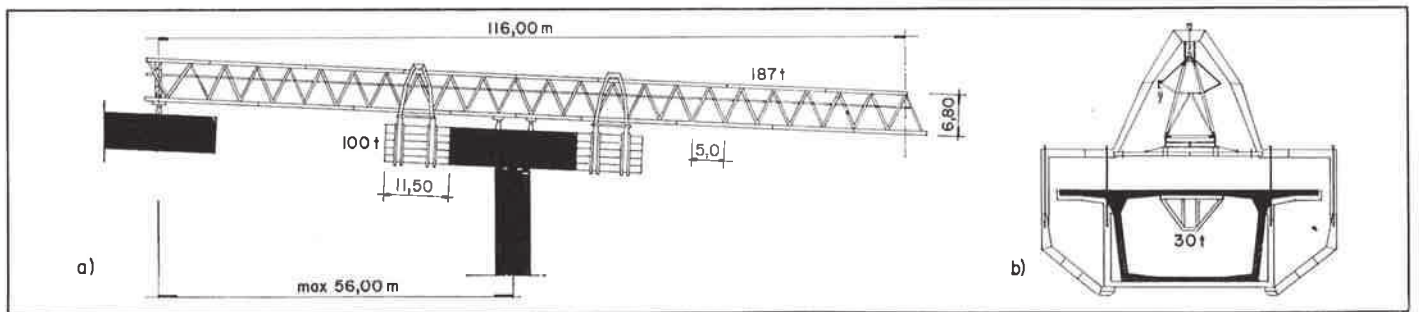
TIME OF CONSTRUCTION: 1976 - 1981

Schema statico: travate continue collegate tra loro in campata con sistema a cerniera mobile
 Numero delle campate: 20
 Luci delle campate: variabili da 85,00 m a 110,00 m
 Lunghezza totale del viadotto: 1.890,55 m
 Larghezza del viadotto: 15,50 m
 Altezza dell'impalcato: 5,50 m
 Spessore della soletta superiore: 28 cm
 Spessore della soletta inferiore: 20 cm
 Numero dei cassoni affiancati: 2
 Numero dei trasversi: 2 sulle pile, uno in mezzzeria

Static scheme: continuous girders connected in spans by a mobile hinge system
 Number of spans: 20
 Length of spans: varying from 85,00 m to 110,00 m
 Overall length of viaduct: 1.890,55 m
 Viaduct width: 15,50 m
 Deck height: 5,50 m
 Upper slab thickness: 28 cm
 Lower slab thickness: 20 cm
 Number of parallel caissons: 2
 Number of cross diaphragms: 2 over the piers, one at midspan

Elementi strutturali precompressi: impalcato
 Tipo di precompressione: post-tensione
 Diametro delle barre: 32 mm
 Tensione iniziale delle barre: 72 kg/mm²
 Tensione di esercizio delle barre: 63 kg/mm²
 Sforzo massimo di compressione nel calcestruzzo:
 — all'atto della precompressione: 192 kg/cm²
 — in esercizio: 152 kg/cm²
 Valore caratteristico del carico di rottura cubico del calcestruzzo della struttura precompressa, a 28 giorni: 400 kg/cm²
 Carico di rottura dell'acciaio: 105 kg/mm²
 Carico di snervamento dell'acciaio: 85 kg/mm²

Prestressed structural elements: deck
 Type of prestressing: post-tensioning
 Bar diameters: 32 mm
 Initial stress in the bars: 72 kg/mm²
 Effective stress in the bars: 63 kg/mm²
 Maximum compressive stress in the concrete:
 — at time of tensioning: 192 kg/cm²
 — under service conditions: 152 kg/cm²
 Characteristic value of cube crushing strength of the prestressed concrete at 28 days: 400 kg/cm²
 Ultimate steel strength: 105 kg/mm²
 Steel yield strength: 85 kg/mm²



7

5

6

8



9

3-4-5-9 - Il getto dei conci d'impalcato è stato realizzato con cassaforme mobili sostenute, sia durante gli spostamenti nell'ambito della stessa stampella e da una stampella all'altra, che durante le fasi di getto, da un travone a traliccio metallico mobile; 6 - Vista frontale (a) e sezione trasversale (b) dell'attrezzatura mobile per il getto dei conci; 7 - Sezione longitudinale di una campata: disposizione delle barre di precompressione; 8 - Disposizione delle barre di precompressione nella sezione trasversale del cassone di impalcato: a sinistra, sulla pila; a destra, in mezzera della campata; 10 - Vista parziale del viadotto completato.

3-4-5-9 - Casting of the deck segments was effected utilizing mobile formworks, supported both during manoeuvres on the same cantilever and from one cantilever to another and also during casting operations, by a mobile lattice girder; 6 - Front view (a), and cross section (b), of the mobile equipment for the casting of the segments; 7 - Longitudinal section of a span: positioning of the prestressing steel; 8 - Positioning of the prestressing bars in the cross section of the deck caisson; on the left, over the pier; on the right, at midspan; 10 - Partial view of the finished viaduct.



10

GENERALITA'

Il viadotto è inserito nel tronco Umbertide-innesto SS n. 71, del nuovo tracciato della SS n. 3 bis «Tiberina» E7 e corre lungo la valle tortuosa del fiume Savio, con una serie continua di curve e controcurve, ad una altezza media dal fondo valle di circa 60 m.

SOLUZIONE STRUTTURALE

L'impalcato è costituito da 6 travate continue a sezione costante su appoggi mobili e fissi, collegate tra loro da un sistema a carrello. Il numero di campate costituenti le sei travate continue varia da 2 a 4, mentre le luci delle campate di ogni travata variano da 85 a 110 m. Tali variazioni sono dettate dalla geomorfologia del terreno e quindi non rispettano le esigenze teoriche strutturali. Le pile, in numero di 19, hanno sezione rettangolare costante (8,50 m × 5,50 m).

MODALITA' COSTRUTTIVE

Le fondazioni, su pozzi del diametro esterno di 15,00 m, sono state costruite mediante anelli di rivestimento eseguiti a campioni per sottomurazione di altezze variabili, in funzione dello stato dei terreni attraversati. Le pile sono state costruite con l'ausilio di casseri rampanti. Sulla loro sommità è stata creata la sede per accogliere i sistemi di appoggi provvisori e finali. Quindi sono state inserite le due serie di barre necessarie per aumentare l'effetto di incastro durante la fase costruttiva dell'impalcato. L'impalcato è stato costruito a sbalzo per conci successivi della lunghezza di 10,00 m e del peso di 300 t ciascuno.

I conci sono stati realizzati simmetricamente rispetto all'asse pile, con cassaforme mobili esterne ed interne sostenute — sia durante gli spostamenti nell'ambito della stessa stampella e da una stampella all'altra, sia durante le fasi di getto — da un travone a traliccio metallico mobile. Tale attrezzatura, di lunghezza di 116 m, altezza 6,80 m e peso di 500 t, ha permesso di costruire stampelle fortemente squilibrate e di controllare le controfrecce durante le varie fasi di getto. La maturazione dei conci è avvenuta con l'ausilio del vapore.

MATERIALI ADOPERATI:

- calcestruzzo per strutture precomprese: 29.200 m³
- armatura ordinaria per strutture precomprese: 2.690 t
- acciaio per armature di precompressione: 2.570 t

COMMITTENTE: ANAS

IMPRESA: Eredi Ing. A. Palmieri - Roma

SISTEMA DI PRECOMPRESSIONE: Dywidag

GENERAL

The viaduct is in the stretch Umbertide-State Road No. 71 Junction, of the new route of State Road No. 3bis, the «Tiberina», E7; it runs along the winding valley of the Savio river, having a continuous series of curves and counter curves, at an average height above the valley bottom of about 60 m.

STRUCTURAL SOLUTION

The deck is formed of 6 constant-section continuous girders supported by movable and fixed bearings, connected one to another by a trolley system. The number of spans formed by the six continuous girders varies from 2 to 4, the lengths of each span varying from 85 m to 110 m. It is the soil geomorphology that dictates these variations, which therefore do not reflect theoretical structural requirements. The 19 piers, have a constant rectangular cross section of 8,50 m × 5,50 m.

CONSTRUCTION SYSTEM

The foundations, on caissons having external diameter 15,00 m, were built by means of casing rings, each being cast as a special case for underpinnings whose depths varied as a function of the state of the soils crossed. The piers were built using climbing forms. At their summits were created the seats for the temporary and permanent supporting systems. Then the two series of steel bars needed to increase the restraining effects during the deck construction phase were inserted. The deck was built section-by-section cantileverwise, each section being 10,00 m long and weighing 300 tons.

The sections were cast symmetrically around the pier axis, using movable outer and inner formwork supported by a movable steel-truss girder, both during displacements effected within each cantilever and from one cantilever to the next, and during the pouring phases. The 116 m long, 6,80 m deep, 500 tons steel truss girder permitted the construction of highly unbalanced spans, permitting as well the monitoring of the beam counter-cambers during the various pour phases. The sections were steam-cured.

CONSUMPTION OF MATERIALS:

- concrete for prestressed structures: 29.200 m³
- reinforcing steel for prestressed structures: 2.690 t
- prestressing steel: 2.570 t

OWNER: ANAS

CONTRACTOR: Heirs Ing. A. Palmieri, Rome

PRESTRESSING SYSTEM: Dywidag

Ponte sul fiume Benue a Makurdi (Nigeria)

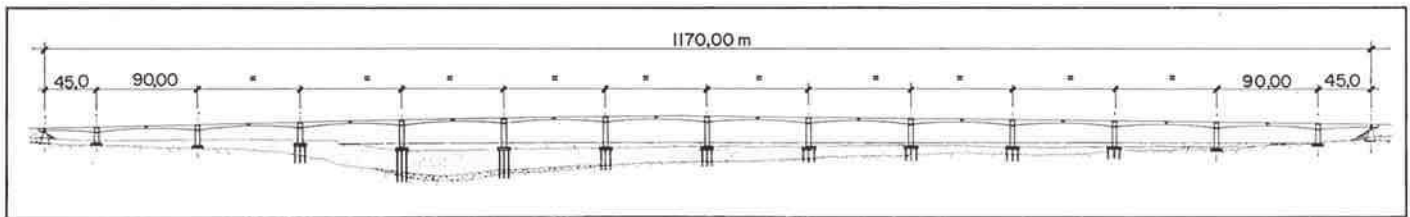
Bridge over the Benue river at Makurdi (Nigeria)

Progetto:

Dott. Ing. Silvano Zorzi, Dott. Ing. Aldo Müller,
Dott. Ing. Ugo Argnani, Dott. Ing. Massimo Zambonini
(IN.CO. - Ingegneri Consulenti - Milano)

Design:

Dott. Ing. Silvano Zorzi, Dott. Ing. Aldo Müller,
Dott. Ing. Ugo Argnani, Dott. Ing. Massimo Zambonini
(IN.CO. - Consulting Engineers - Milan)



1 - Sezione longitudinale del ponte.

1 - Longitudinal section of the bridge.

PERIODO DI COSTRUZIONE: 1975 - 1979

TIME OF CONSTRUCTION: 1975 - 1979

Schema statico: serie di telai a «T», collegati in chiave e alle spalle da cerniere orizzontali scorrevoli

Static scheme: series of T frames, connected at the crown and abutments by horizontal sliding hinges

Numero delle campate: 14

Number of spans: 14

Luci delle campate: 12 da 90,00 m e 2 da 45,00 m

Length of spans: 12 of 90,00 m and 2 of 45,00 m

Lunghezza totale del ponte: 1170 m

Overall length of bridge: 1170 m

Larghezza del ponte: 20,12 m

Bridge width: 20,12 m

Altezza dell'impalcato in mezzeria della campata: 2,50 m

Deck depth at mid-span: 2,50 m

Altezza dell'impalcato sulle pile: 6,00 m

Deck depth over the piers: 6,00 m

Spessore della soletta superiore: 25 cm

Upper slab thickness: 25 cm

Spessore della soletta inferiore: da 20 a 40 cm

Lower slab thickness: from 20 to 40 cm

Elementi strutturali precompressi: testa delle pile e struttura d'impalcato

Prestressed structural elements: pier-heads and deck structure

Tipo di precompressione: post-tensione

Type of prestressing: post-tensioning

Diametro delle barre: 32 e 36 mm

Bar diameters: 32 and 36 mm

Tensione iniziale delle barre: 80 kg/mm²

Initial stress in the bars: 80 kg/mm²

Tensione di esercizio delle barre: 63 kg/mm²

Effective stress in the bars: 63 kg/mm²

Sforzo massimo di compressione nel calcestruzzo:

Maximum compressive stress in the concrete:

— all'atto della precompressione: 105 kg/cm²

— at time of tensioning: 105 kg/cm²

— in esercizio: 165 kg/cm²

— under service conditions: 165 kg/cm²

Sforzo massimo di trazione nel calcestruzzo: 12 kg/cm²

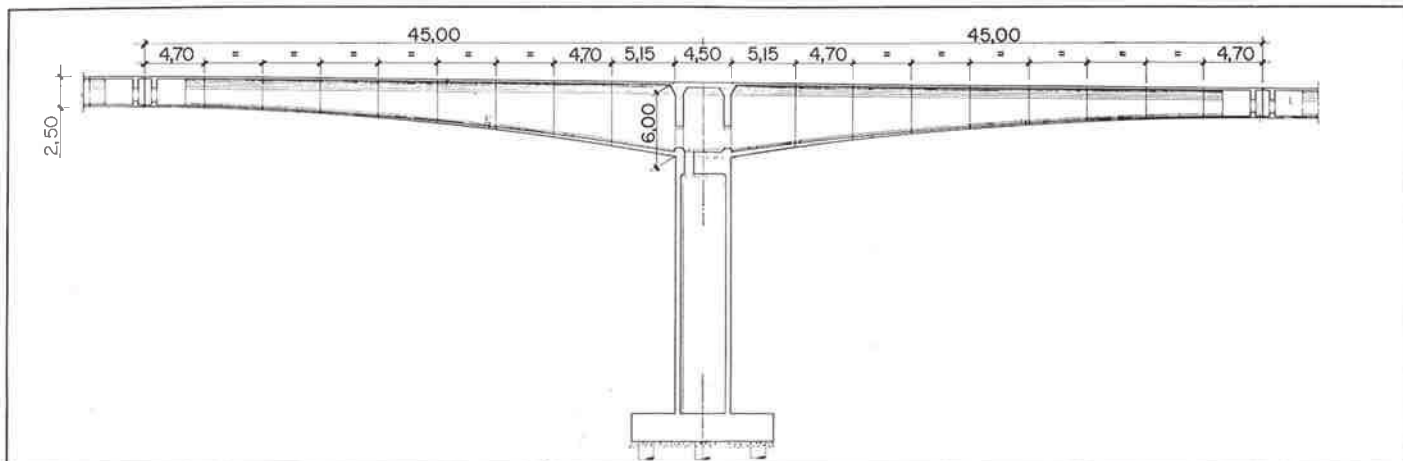
Maximum tensile stress in the concrete: 12 kg/cm²

Valore caratteristico del carico di rottura cubico del calcestruzzo della struttura precompressa, a 28 giorni: 400 kg/cm²

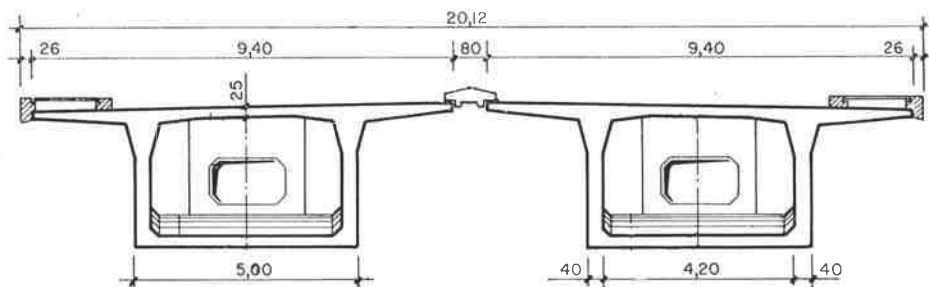
Characteristic value of cube crushing strength of the prestressed concrete at 28 days: 400 kg/cm²

2 - Sezione longitudinale di una stampella; 3 - Sezione trasversale dell'impalcato; 4-5 - Due viste del ponte in costruzione con il sistema costruttivo a sbalzo per conci successivi; i carrelli per il getto dei conci a sbalzo vengono trasportati da una stampella alla successiva, a mezzo di una trave metallica di servizio; 6-7-8-9 - Dettaglio dell'armatura di precompressione nella sezione longitudinale di uno sbalzo e nelle sezioni trasversali.

2 - Longitudinal section of the two cantilevers; 3 - Cross section of the deck; 4-5 - Two views of the bridge under construction utilizing the successive segment cantilever method; the mobile equipment for the casting of the cantilevered segments, is moved from one span to the successive, by means of a steel service beam; 6-7-8-9 - Detail of the prestressing steel in the longitudinal section of a cantilever and in the cross sections.



2

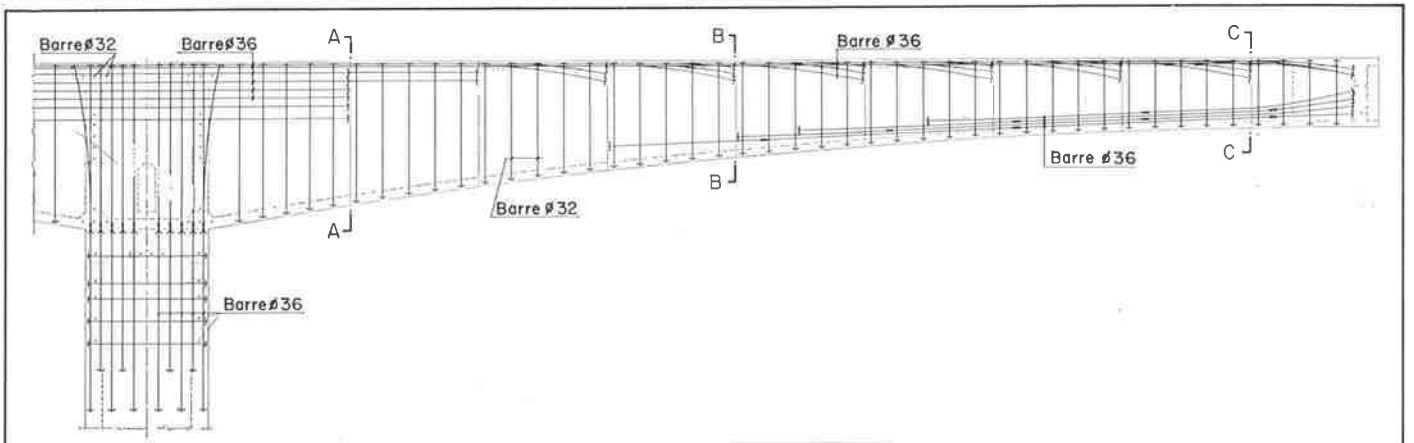
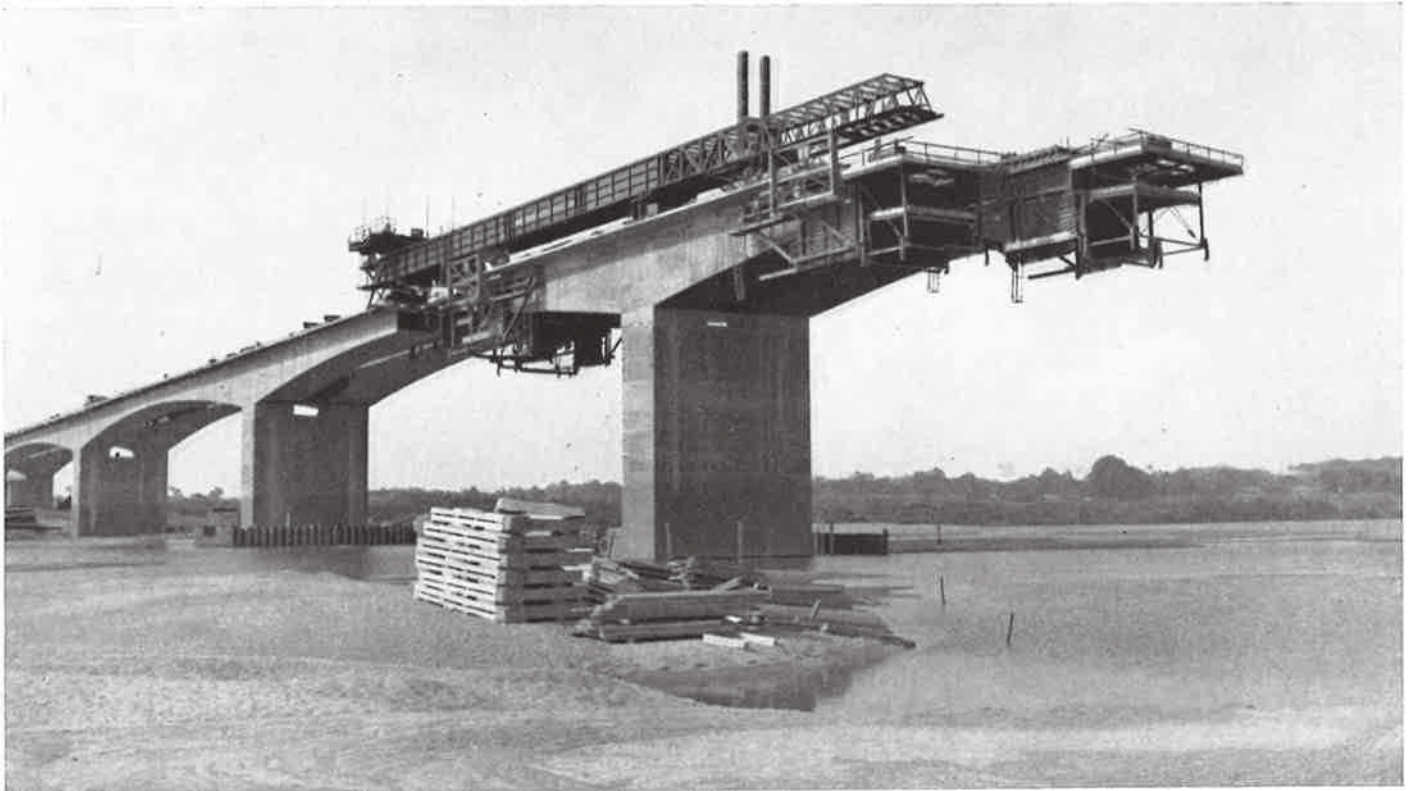


3

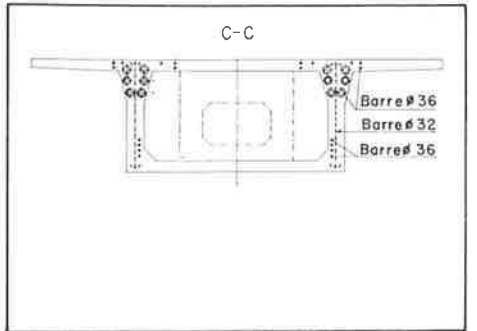
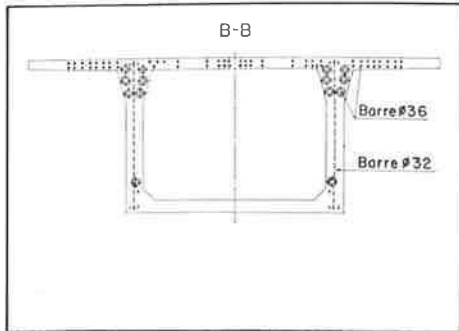
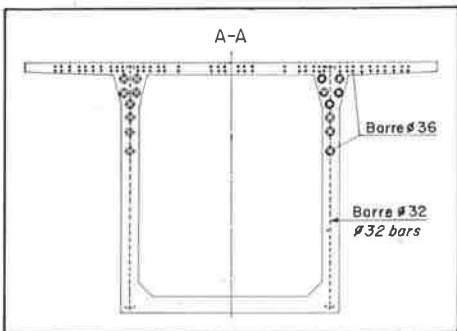


4

5



6



7/8

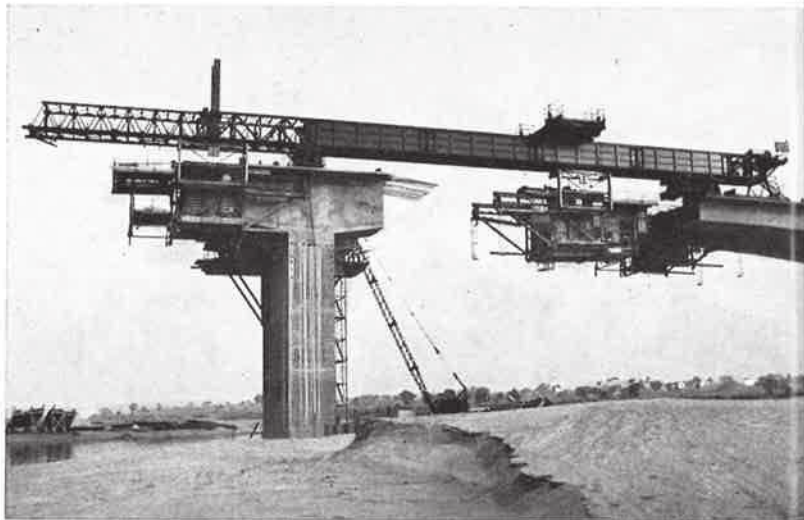
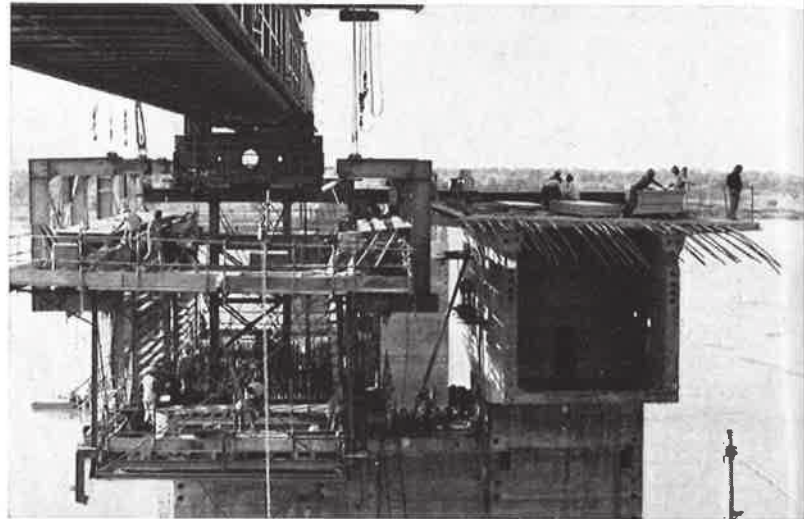
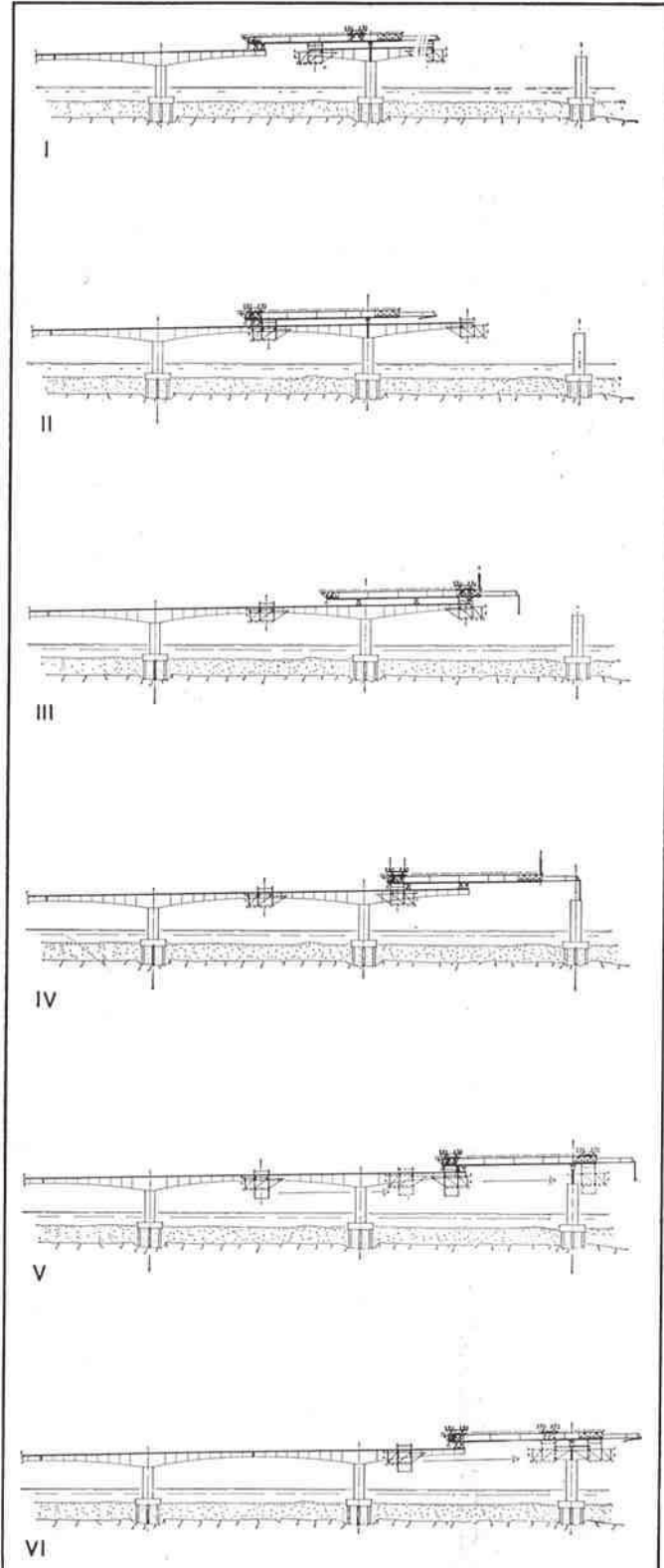
9

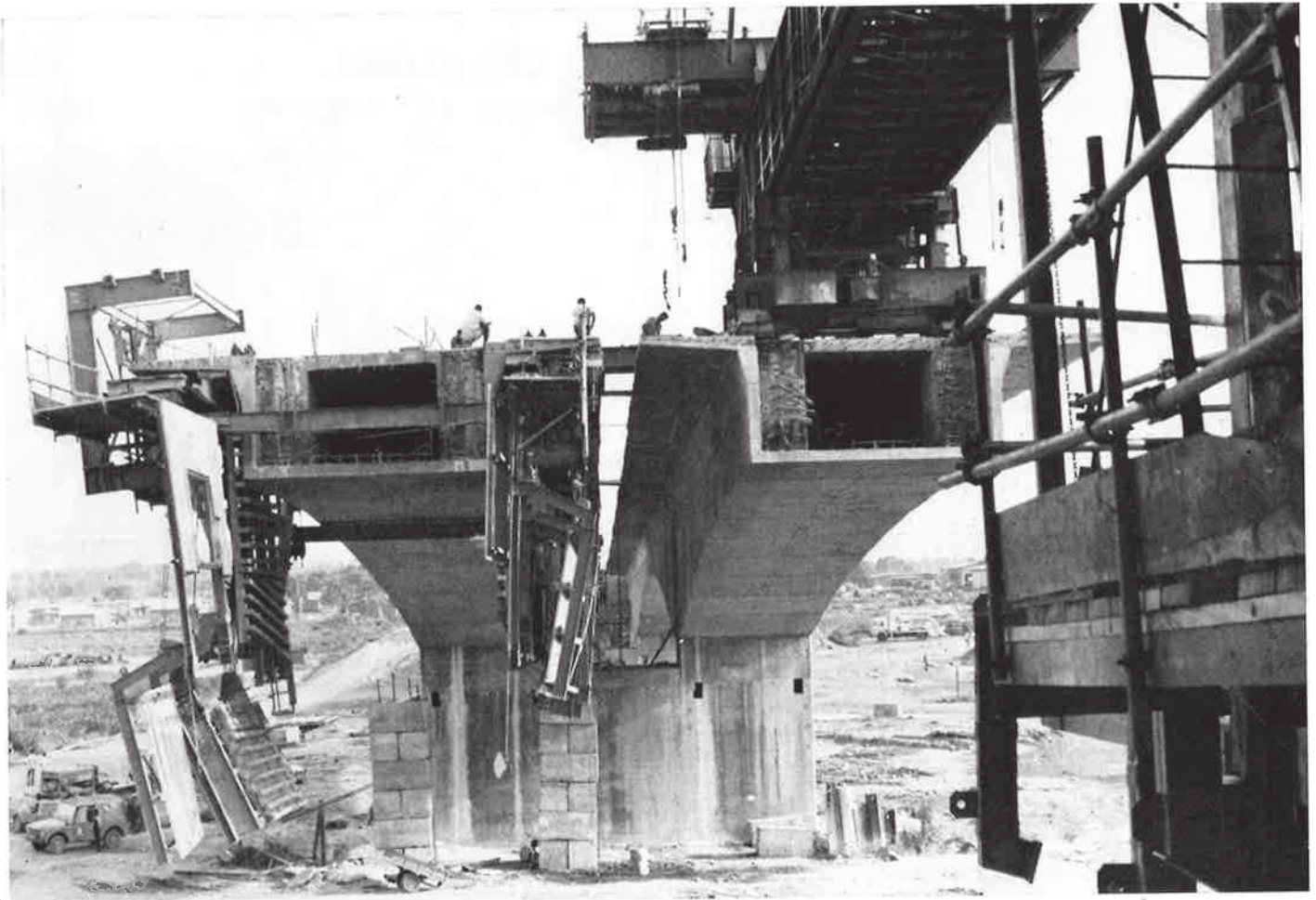
10 - Le fasi di realizzazione degli sbalzi con l'impiego della trave metallica di servizio; 11 - Nell'impalcato a sinistra nella figura è visibile il carrello in manovra sotto la trave ausiliaria di servizio; 12 - Traslazione del carrello mediante la trave di servizio; 13 - Nell'impalcato a sinistra nella foto è visibile il carrello in fase di apertura per poter attraversare la pila contigua, sull'impalcato di destra è in azione la trave ausiliaria di servizio; 14 - Vista di una stampella in fase di getto; 15 - Vista globale del ponte in fase di completamento.

10 - Execution phases of the cantilevers by means of a steel service beam; 11 - On the deck, to the left of the photo, the casting equipment manoeuvring under the auxiliary service beam, is visible; 12 - The casting equipment is advanced by means of the service beam; 13 - On the deck, to the left of the photo, the casting equipment in the open phase to overpass the contiguous pier, is visible; on the right deck, the auxiliary service beam is in action; 14 - View of two cantilevers during casting operations; 15 - Full view of the nearly completed bridge.

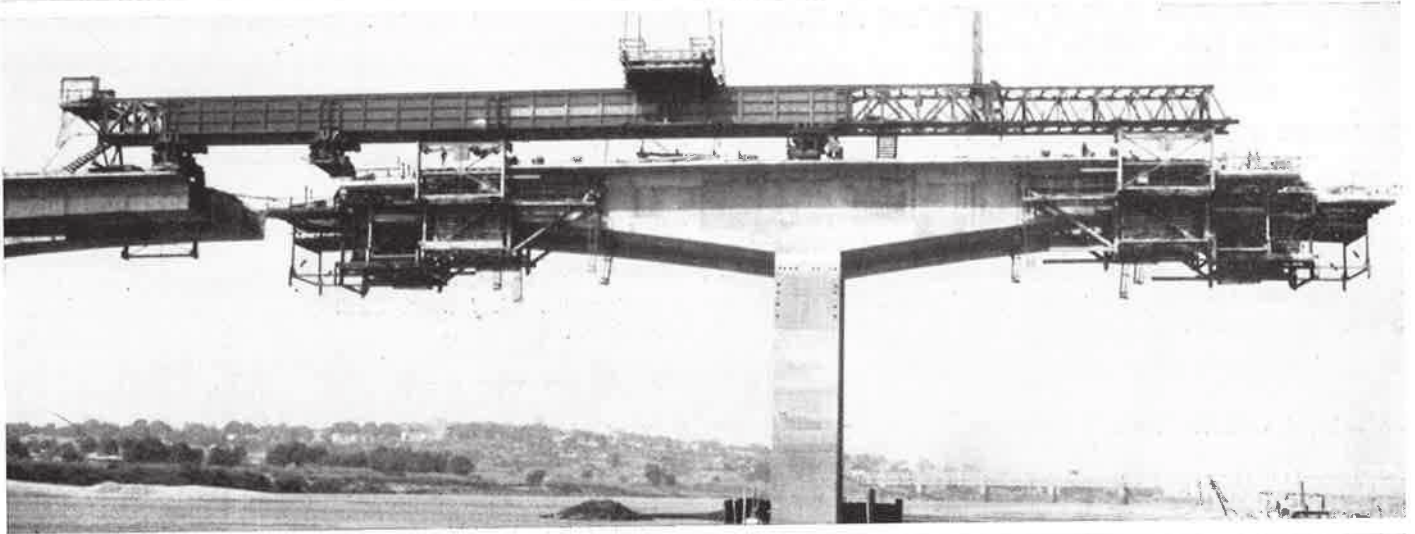
10

11
12

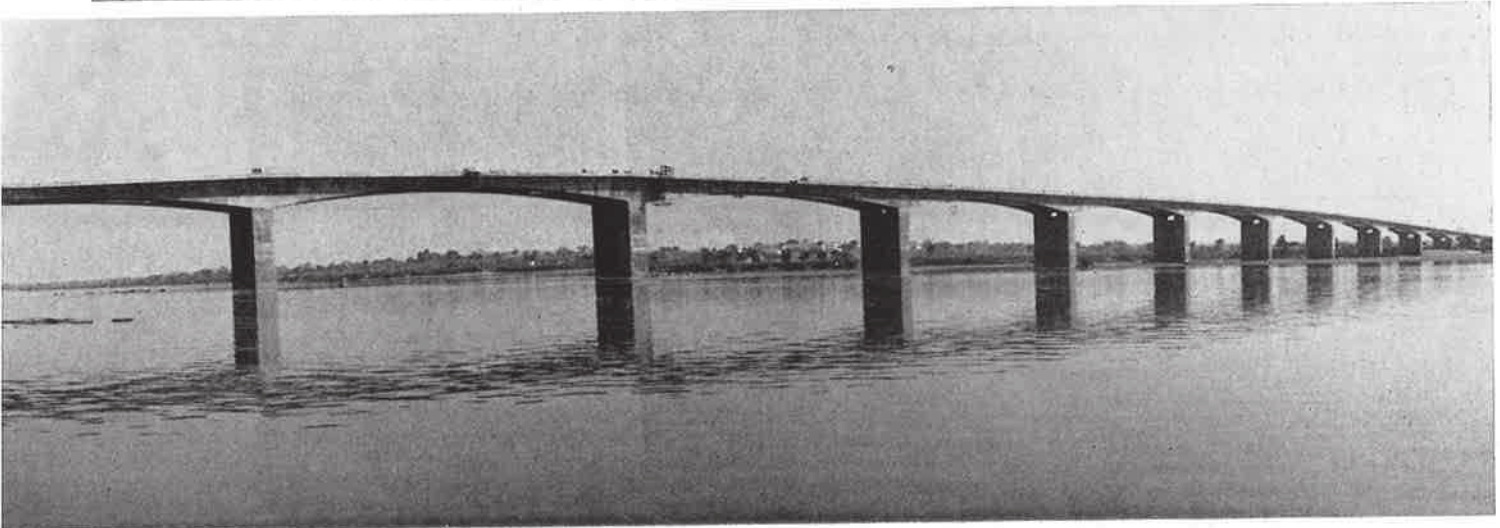




13
14



15



Carico di rottura dell'acciaio: 125 kg/mm²
Carico di snervamento dell'acciaio: 110 kg/mm²

Ultimate steel strength: 125 kg/mm²
Steel yield strength: 110 kg/mm²

GENERALITA'

La soluzione prescelta per l'attraversamento del fiume Benue a Makurdi è stata quella di un ponte lungo 1.170 m con luci libere di 90 m. La scelta di tali luci è stata imposta dalla necessità di affrancare il lavoro dalla presenza del fiume da attraversare, trattandosi oltretutto di un fiume a regime particolarmente incerto e variabile. Era pertanto quasi obbligata l'adozione di un sistema costruttivo a sbalzo per conci successivi. L'impiego di una grande trave metallica di servizio che si spostava da una stampella all'altra e sulla quale i carrelloni, una volta terminata una stampella, venivano traslati alla stampella successiva, ha permesso, in fase di realizzazione, una riduzione dei tempi e degli oneri rispetto al sistema classico nel quale i carrelloni, terminata una stampella, devono essere smontati, calati al piede del ponte, per poi essere di nuovo rimontati sulla stampella successiva.

SOLUZIONE STRUTTURALE

Lo schema statico si configura come un telaio multiplo formato da 13 stampelle simmetriche collegate tra loro e con le spalle da cerniere scorrevoli. La struttura di impalcato è costituita da due cassoni affiancati, precompressi con barre longitudinali e verticali. Le pile, uniche per i due impalcati, sono a sezione scatolare.

MODALITA' COSTRUTTIVE

L'impalcato è stato realizzato con il sistema a sbalzo per conci successivi, con l'impiego di carrelloni metallici semoventi equipaggiati per l'armatura ed il getto del calcestruzzo, e di una trave ausiliaria mobile, anch'essa metallica, per la traslazione dei carrelloni tra le pile.

Le pile sono state realizzate con l'impiego di cassaforme rampanti.

MATERIALI ADOPERATI:

- calcestruzzo per strutture precomprese: 17.200 m³
- armatura ordinaria per strutture precomprese: 1.890 t
- acciaio per armature di precompressione: 1.700 t

COMMITTENTE: Federal Ministry of Work and Housing - Nigeria
IMPRESA: Roccon Ltd. - Nigeria
SISTEMA DI PRECOMPRESSIONE: Dywidag

GENERAL

The solution chosen for the crossing of the Benue river at Makurdi was a bridge 1.170 m long having 90 m clear spans. The choice of such spans was required by the need to perform the work without interference from the river to be crossed, since this river's flow is especially variable and uncertain. Therefore, a cantilevered section-by-section construction procedure was almost obligatory. The use of a large steel service girder that was moved from span to span, on which the form-trolleys, on completion of a span, were moved to the next span, permitted time and costs to be reduced during construction, compared to the classic procedure wherein the form trolleys, once a span is finished, must be dismantled and lowered to the foot of the bridge to be then re-assembled at the successive span.

STRUCTURAL SOLUTION

The static scheme is a multiple frame formed of 13 symmetric spans connected one to the other, and to the abutments with sliding-hinges. The deck structure is formed of two parallel-pipedal box girders, side by side and prestressed with longitudinal and vertical bars. Each pier, of box section, bears both decks.

CONSTRUCTION SYSTEM

The deck was built using a cantilevered section-by-section system, self-propelling steel form-trolleys fitted out for the placement of the reinforcing steel and for the pour of the concrete; a mobile auxiliary girder, in steel too, was used for launching the form trolleys between the piers. The piers were built using climbing forms.

CONSUMPTION OF MATERIALS:

- concrete for prestressed structures: 17.200 m³
- reinforcing steel for prestressed structures: 1.890 t
- prestressing steel: 1.700 t

OWNER: Federal Ministry of Work and Housing - Nigeria
CONTRACTOR: Roccon Ltd. - Nigeria
PRESTRESSING SYSTEM: Dywidag

Viadotto Sedrina per la strada statale n. 470 della Val Brembana (Bergamo)

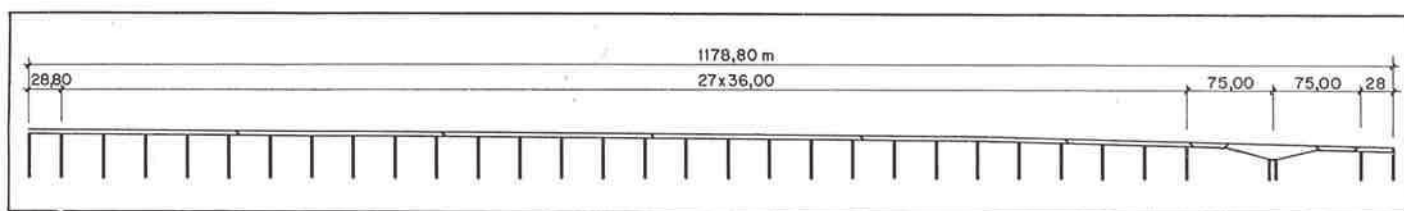
Sedrina viaduct for state road n. 470 of Val Brembana (Bergamo)

Progetto:

Dott. Ing. Giovanni Corona, Dott. Ing. Renzo Perazzone
(S.I.C. - Torino)

Design:

Dott. Ing. Giovanni Corona, Dott. Ing. Renzo Perazzone
(S.I.C. - Turin)



1 - Sezione longitudinale del viadotto.

1 - Longitudinal section of the viaduct.

PERIODO DI COSTRUZIONE: 1977 - 1981

Schema statico: travi continue costruite in avanzamento con giunto tipo Gerber ogni 5 campate; ponte sul fiume Brembo a conci in avanzamento

Numero delle campate: 27 (tipo) + 2 (ponte sul Brembo) + 2 (speciali)

Luci delle campate: 36 m (tipo), 75 m (Brembo), 28 m (speciali)

Lunghezza totale del viadotto: 1178,80 m + 112,06 m per il viadotto di accesso

Larghezza del viadotto: 17,50 m, in due corsie separate

Altezza dell'impalcato delle campate tipo: 1,45 m

Altezza dell'impalcato del ponte sul Brembo, in chiave: 1,45 m

Altezza dell'impalcato del ponte sul Brembo, alle imposte: 4,70 m

TIME OF CONSTRUCTION: 1977 - 1981

Static scheme: continuous beams built progressively with Gerber joints every five spans; bridge over the Brembo river, by progressive sections

Number of spans: 27 (standard) + 2 (bridge over the Brembo) + 2 (special)

Length of the spans: 36 m (standard), 75 m (Brembo), 28 m (special)

Overall length of the viaduct: 1178,80 m + 112,06 m for the access viaduct

Viaduct width: 17,50 m, in two separate carriageways

Height of the typical span deck: 1,45 m

Height of the Brembo river bridge deck at crown: 1,45 m

Height of the Brembo river bridge deck at springers: 4,70 m

Elementi strutturali precompressi: pile ed impalcati

Tipo di precompressione: post-tensione

Composizione dei cavi: 42 fili diametro 7 mm (impalcati)

Diametro delle barre: 32 oppure 40 mm (pile)

Tensione iniziale: 125 kg/mm² (fili), 65 kg/mm² (barre)

Tensione di esercizio: 90-95 kg/mm² (fili), 50 kg/mm² (barre)

Sforzo massimo di compressione nel calcestruzzo:

— all'atto della precompressione: 190 kg/cm²

— in esercizio: 150 kg/cm²

Sforzo massimo di trazione nel calcestruzzo: 15 kg/cm²

Valore caratteristico del carico di rottura cubico del calcestruzzo della struttura precompressa, a 28 giorni: 400-450 kg/cm²

Carico di rottura dell'acciaio: 165 kg/mm² (fili), 105 kg/mm² (barre)

Limite convenzionale dell'acciaio allo 0,2%: 145 kg/mm² (fili), 85 kg/mm² (barre)

Prestressed structural elements: piers and decks

Type of prestressing: post-tensioning

Cable composition: 42 wires 7 mm diameter (decks)

Bar diameters: 32 or 40 mm (piers)

Initial stress: 125 kg/mm² (wires), 65 kg/mm² (bars)

Effective stress: 90-95 kg/mm² (wires), 50 kg/mm² (bars)

Maximum compressive stress in the concrete:

— at time of tensioning: 190 kg/cm²

— under service conditions: 150 kg/cm²

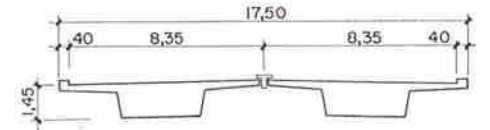
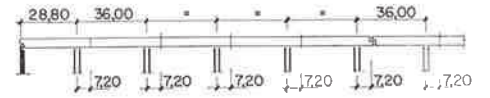
Maximum tensile stress in the concrete: 15 kg/cm²

Characteristic value of cube crushing strength of the prestressed concrete at 28 days: 400-450 kg/cm²

Ultimate steel strength: 165 kg/mm² (wires), 105 kg/mm² (bars)

Conventional steel strength at 0,2% elongation: 145 kg/mm² (wires), 85 kg/mm² (bars)

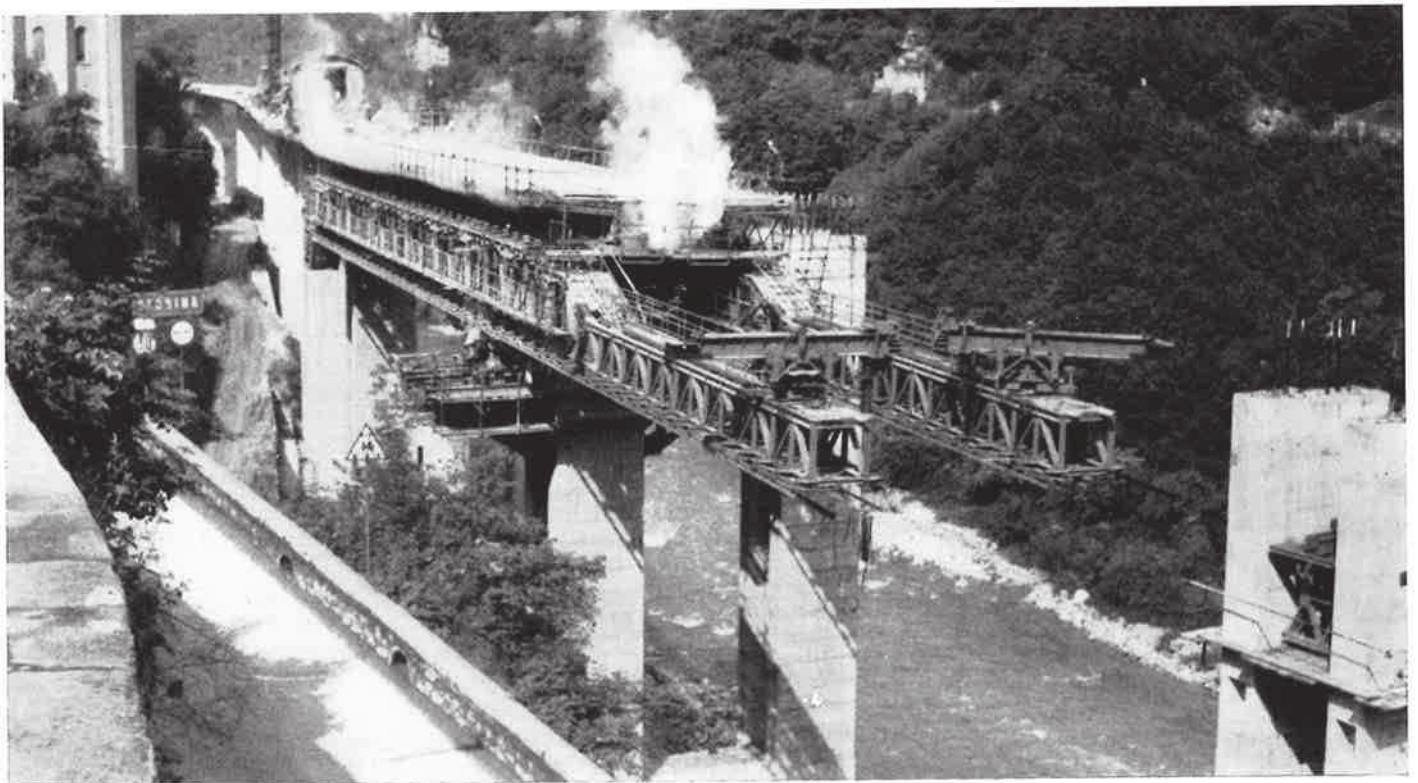
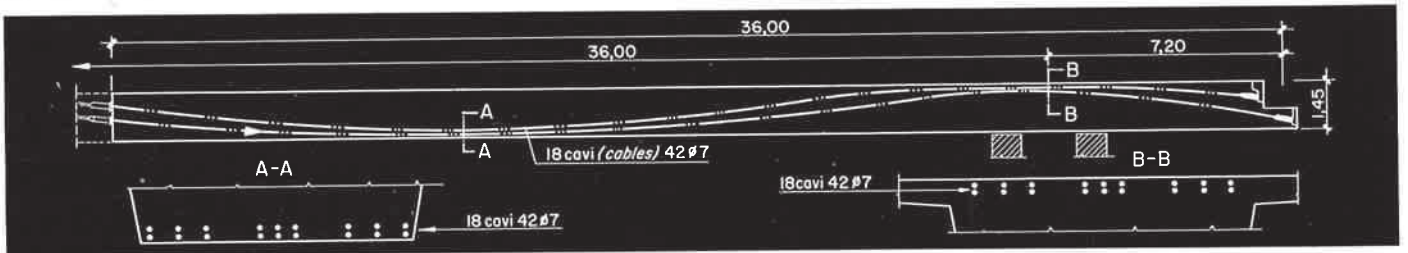
2



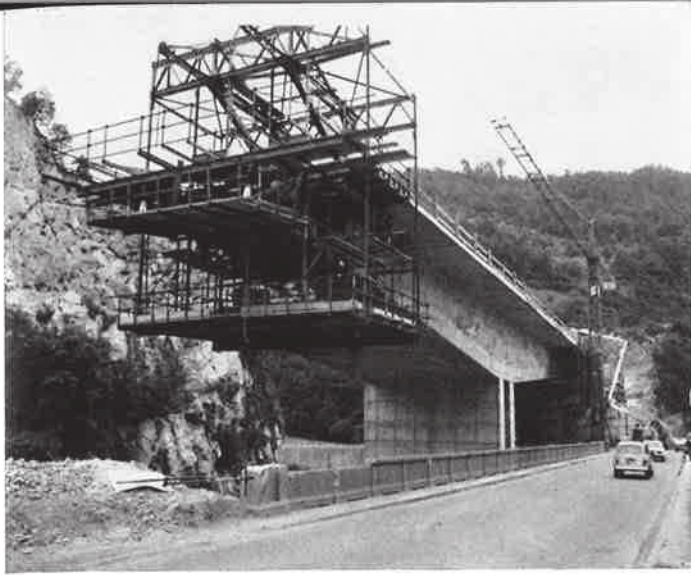
3

4

5

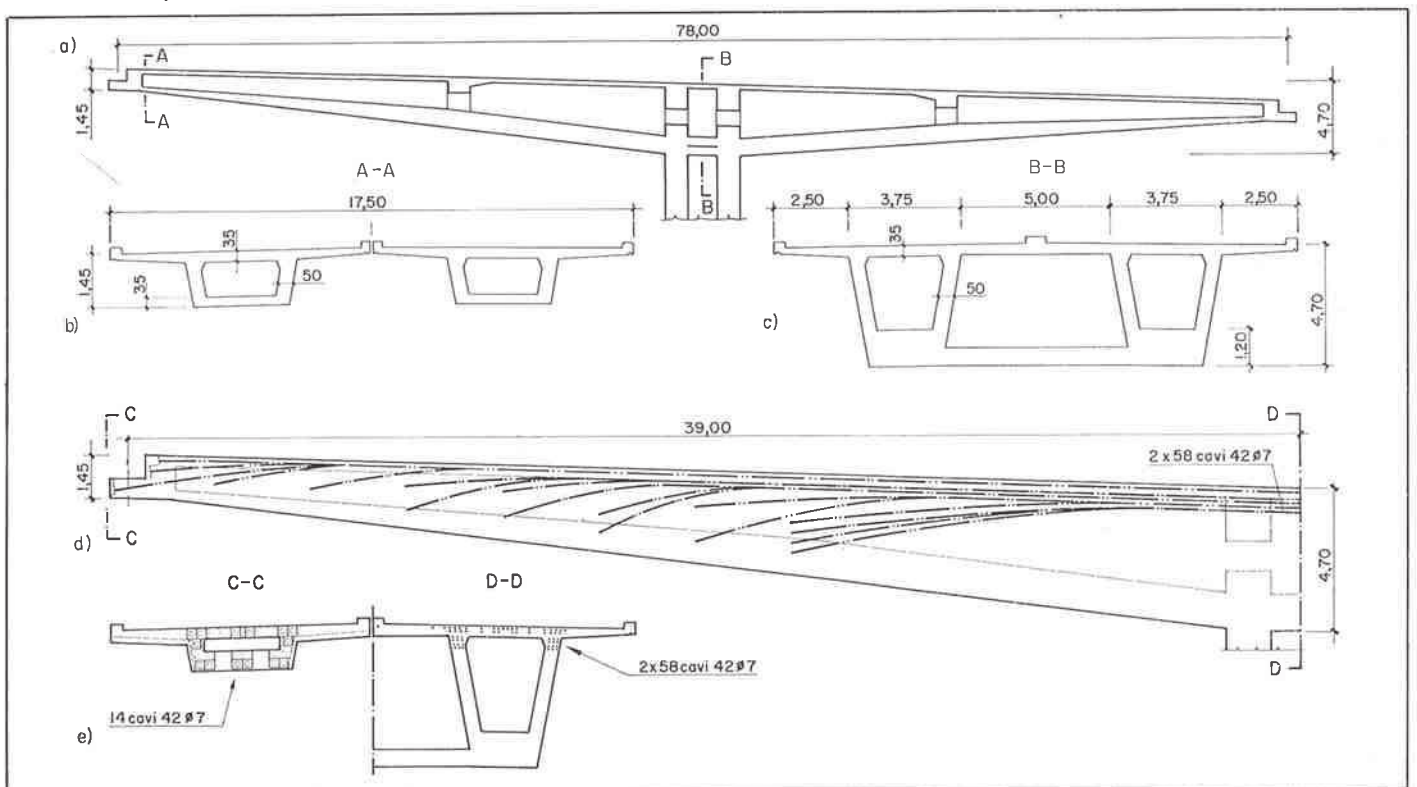


6



2 - Posa in opera dell'armatura di precompressione nella campata tipo; 3 - Prospetto schematico della trave continua per le campate tipo; 4 - Sezione trasversale della campata tipo; 5 - Disposizione dell'armatura di precompressione nella campata tipo; 6 - Maturazione a vapore del getto di una campata tipo; 7 - Il getto, in avanzamento con conci di 3,20 m, delle campate a sbalzo per l'attraversamento del fiume Brembo; 8 - Il ponte sul Brembo, durante il getto della campata tampono; 9 - Vista parziale del viadotto poco prima dell'attraversamento del fiume Brembo; 10 - Le campate a sbalzo per l'attraversamento del Brembo: a) sezione longitudinale delle due mensole; b) e c) sezioni trasversali; d) disposizione dei cavi in una mensola; e) a sinistra, prospetto di una testata; a destra, disposizione dei cavi in asse pila.

2 - In situ positioning of the prestressing steel in a typical span; 3 - Schematic elevation of the continuous beam for the typical spans; 4 - Cross section of a typical span; 5 - Layout of the prestressing steel in a typical span; 6 - Steam curing of the casting of a typical span; 7 - Casting progress with 3,20 m segments, of the cantilevered spans for the crossing of the Brembo river; 8 - The bridge over the Brembo river during casting operations of the buffer span; 9 - Partial view of the viaduct shortly before the crossing of the Brembo river; 10 - The cantilevered spans crossing the Brembo river: a) longitudinal section of the two cantilevers; b) and c) cross sections; d) layout of the prestressing cables of a cantilever; e) on the left, elevation of a head; on the right, positioning of the cables on the pier axis.



SOLUZIONE STRUTTURALE

Si tratta di un viadotto che si svolge in sponda sinistra del fiume Brembo, a ridosso dell'abitato di Sedrina, ad una quota di 40 metri sopra l'alveo. Le campate sono di luce costante fino a quando il viadotto attraversa il fiume in corrispondenza di una stretta gola a pareti verticali rocciose, con due campate di luce elevata, realizzate con degli sbalzi di 39 m dalla pila, e campate tampone semplicemente appoggiate. Tutte le pile sono rigide con struttura nervata sino a circa 20 m di altezza e nella parte superiore a due setti molto esili vincolati all'impalcato. Tali setti sono precompressi con barre: il vincolo con l'impalcato è di semplice appoggio, oppure a cerniera, oppure ad incastro in relazione alla posizione delle pile rispetto ai giunti di dilatazione.

L'impalcato delle campate tipo è a piastra piena di spessore 1,45 m con due sbalzi laterali di 2,50 m; esso è realizzato a trave continua con giunto tipo Gerber ogni 5 campate. L'impalcato dell'attraversamento del Brembo è realizzato con struttura a cassone nella parte realizzata a sbalzo, a piastra alleggerita con dei tubi di acciaio per le campate tampone. Le fondazioni delle pile sono a carico diretto o su micropali, in relazione al tipo di roccia.

MODALITA' COSTRUTTIVE

Gli impalcati tipo sono stati costruiti, una campata per volta, su centina a traliccio autovarante, con collegamento dei cavi di precompressione per la realizzazione della continuità. Il ritmo di costruzione che si è potuto realizzare è stato di una campata ogni settimana, adottando una maturazione accelerata del calcestruzzo a mezzo di uno speciale additivo (Reomac): nei periodi invernali gli inerti venivano scaldati con vapore.

Le campate a sbalzo per l'attraversamento del fiume Brembo sono state realizzate in avanzamento con conci di 3,20 m, tranne il primo tratto di 14,50 m, realizzato in opera su centina in tubolari metallici. Le campate tampone sono state realizzate in opera su centine a travi metalliche reticolari appese all'estremità delle mensole già costruite.

MATERIALI ADOPERATI:

- calcestruzzo per strutture precomprese: 18.000 m³ (impalcato), 7.700 m³ (pile)
- armatura ordinaria per strutture precomprese: 1.960 t (impalcato), 540 t (pile)
- acciaio per armature di precompressione: 590 t (impalcato), 420 t (pile)

COMMITTENTE: A.N.A.S.

IMPRESA: I.B.C. - Italo Bartoletti Costruzioni S.p.A. - Como
SISTEMA DI PRECOMPRESSIONE: B.B.R.V. - Prebeton, Tecnicavi

STRUCTURAL SOLUTION

This is a viaduct that unwinds along the left bank of the Brembo river, close to the village of Sedrina, at 40 m above the river bed. Its spans are of constant length up to the point where the viaduct crosses the river at a narrow, rocky, vertical walled gorge on two long spans built with 39 m cantilevers from the pier, simply-supported buffer spans. All the piers are stiff, having ribbed structures up to height of about 20 metres, and in their upper portions, they have two very thin diaphragms constrained to the deck. These diaphragms are prestressed by steel bars: their connection with the deck is either of simple support, or hinged or restrained depending on the distance of the pier from the expansion joints.

The deck of the typical span is a 1,45 m full-section slab having two side cantilevers of 2,50 m; it is built as a continuous beam having Gerber-type joints every five spans. At the crossing of the Brembo the deck was built by cantilever method using a caisson structure, the buffer spans having a deck slab lightened with steel pipe. The pier foundations are either direct or on micropiles, depending on rock type.

CONSTRUCTION SYSTEM

The typical decks were built one span at a time on self-launching lattice centering, the prestressing cables being connected span to span so as to effect the necessary continuity. The rate of construction it was possible to obtain was one span per week, adoperating accelerated curing by means of a special admixture (Reomac); in winter time the aggregates were steam heated.

The cantilevered spans for the crossing of the Brembo river were built in units of 3,20 m except for the first stretch of 14,5 m, built in situ on a centering in steel tubing. The buffer spans were built in situ on steel lattice work girder centering hanging from the supports already built.

CONSUMPTION OF MATERIALS:

- concrete for prestressed structures: 18.000 m³ (deck), 7.700 m³ (piers)
- reinforcing steel for prestressed structures: 1.960 t (deck), 540 t (piers)
- prestressing steel: 590 t (deck), 420 t (piers)

OWNER: A.N.A.S.

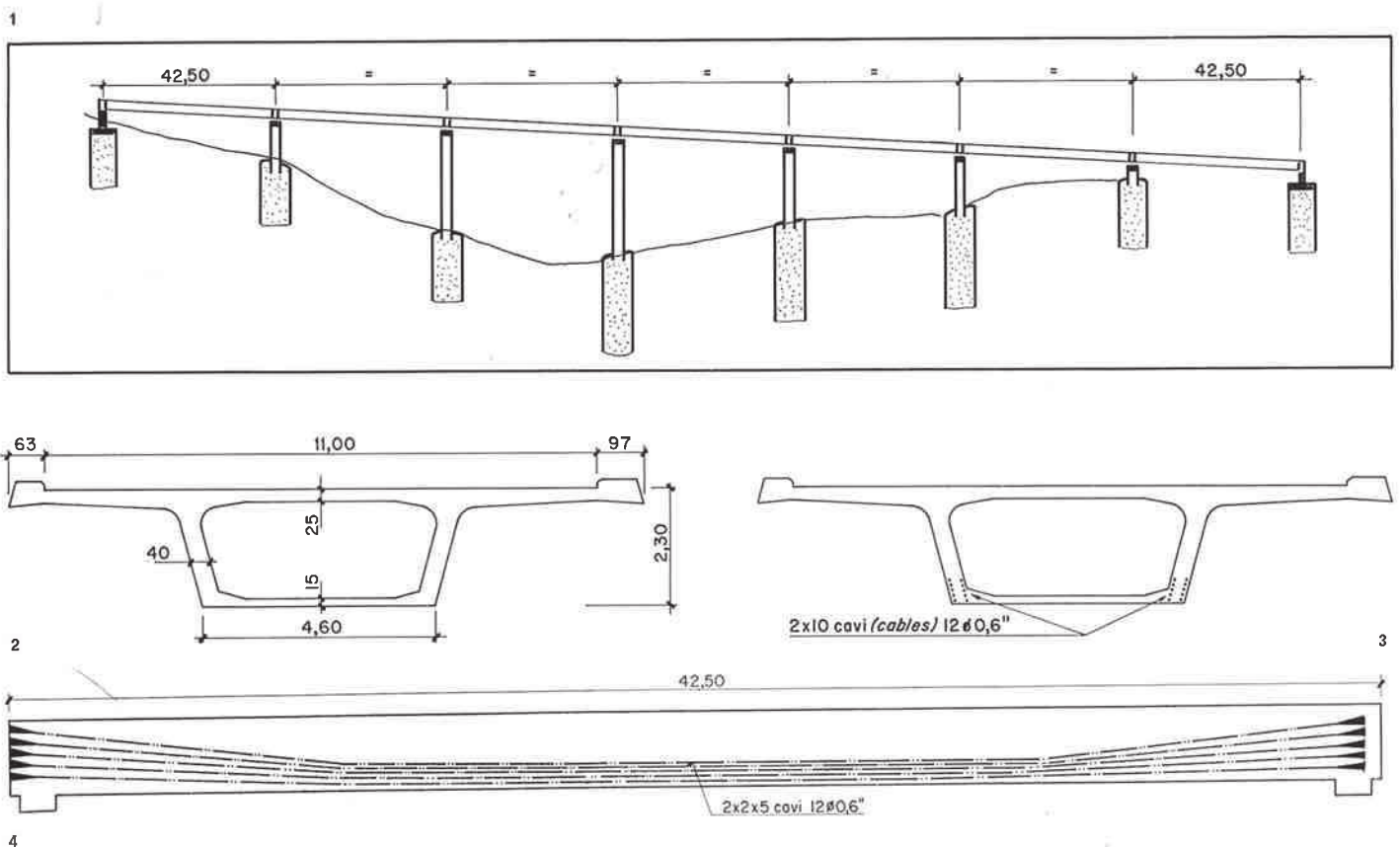
CONTRACTOR: I.B.C. - Italo Bartoletti Costruzioni S.p.A. - Como
PRESTRESSING SYSTEM: B.B.R.V. - Prebeton, Tecnicavi

**Viadotti Cerchiara,
Costa Colle e Castello
per l'autostrada A24
da Caldarola a Villa Vomano
(Teramo)**

**Cerchiara, Costa Colle
and Castello viaducts
for the A24 motorway from
Caldarola to Villa Vomano
(Teramo)**

Progetto:
C.R.A. - Pomezia (Roma)

Design:
C.R.A. - Pomezia (Rome)



1 - Sezione longitudinale di uno dei tre viadotti; 2-3 - Sezioni trasversali dell'impalcato: carpenteria e disposizione dei cavi in mezzzeria; 4 - Disposizione dei cavi nella sezione longitudinale.

1 - Longitudinal section of one of the three viaducts; 2-3 - Cross sections of the deck: dimensions and positioning of the cables at midspan; 4 - Positioning of the cables in the longitudinal section.

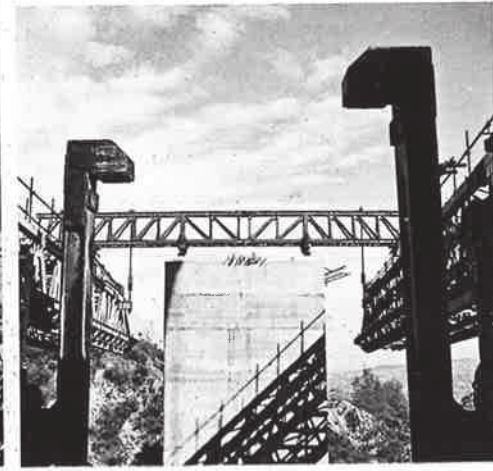
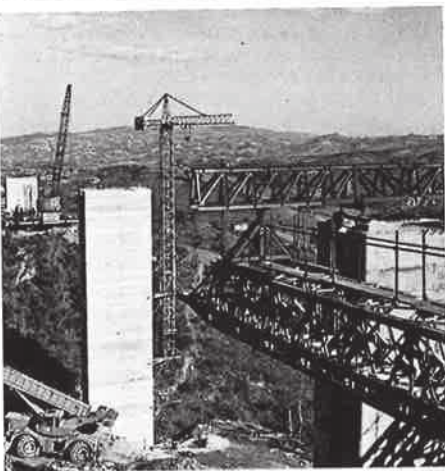
PERIODO DI COSTRUZIONE: 1977 - 1980

TIME OF CONSTRUCTION: 1977 - 1980

Schema statico: sistema isostatico a più campate
 Numero delle campate: 28 + 6 + 7
 Luci delle campate: 42,50 m - 39,00 m
 Lunghezza totale dei viadotti: 1190,00 m + 234,00 m + 297,50 m = 1721,50 m
 Larghezza dei viadotti: 12,60 m (11,00 m + 0,63 m + 0,97 m)
 Spessore dell'impalcato: 2,30 m
 Spessore della soletta: 25 cm
 Elementi strutturali prefabbricati: cassoni di impalcato

Static scheme: multi-span isostatic system
 Number of spans: 28 + 6 + 7
 Length of spans: 42,50 m - 39,00 m
 Overall length of viaducts: 1190,00 m + 234,00 m + 297,50 m = 1721,50 m
 Width of viaducts: 12,60 m (11,00 m + 0,63 m + 0,97 m)
 Deck thickness: 2,30 m
 Slab thickness: 25 cm
 Precast structural elements: deck caissons

5



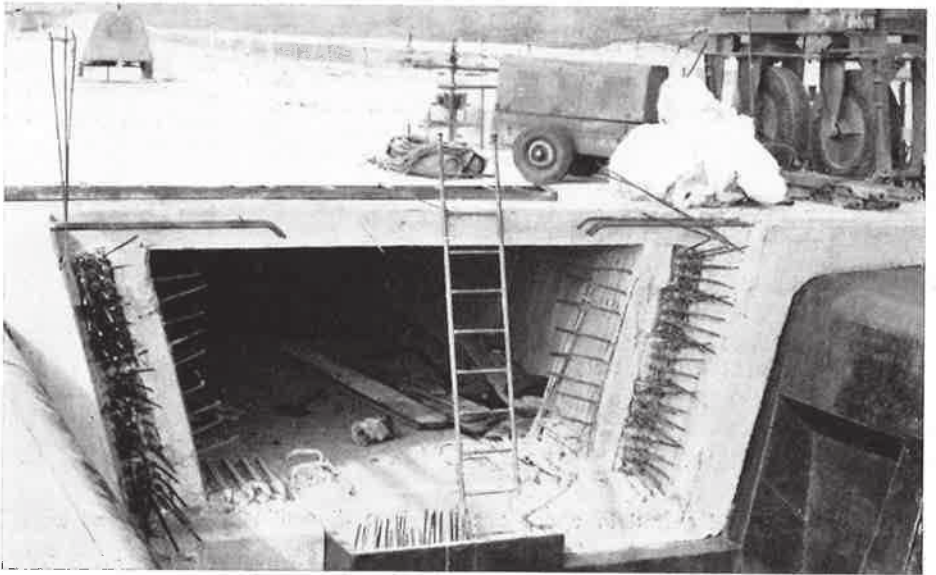
6

7

8

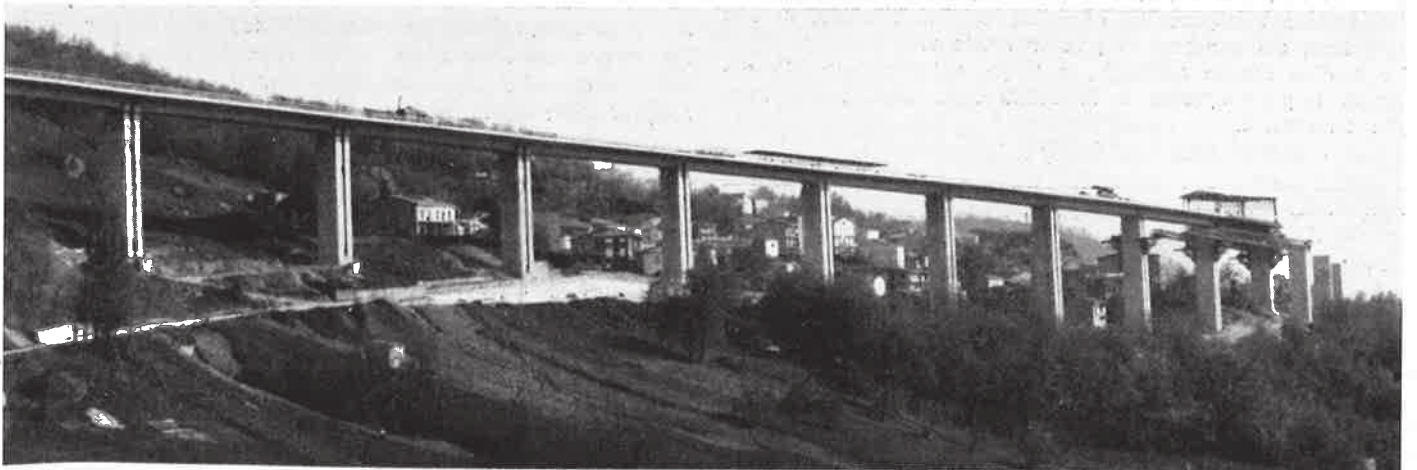
5-6-7-8 - La centina mobile a struttura portante inferiore, per il getto in opera dei cassoni d'impalcato; 9 - La cassaforma per il getto dell'impalcato; 10 - La testata di una campata di impalcato già gettata; 11 - Uno dei tre viadotti in fase di completamento.

5-6-7-8 - The mobile centering of the under-slung loadbearing type, for the in situ casting of the deck caissons; 9 - The formwork for the casting of the deck; 10 - The head of a deck span already cast; 11 - One of the three viaducts during final procedures.



11

10



Elementi strutturali precompressi: cassoni di impalcato
Tipo di precompressione: post-tensione
Composizione dei cavi: 12 trefoli diametro 0,6"
Tensione iniziale dei trefoli: 112 kg/mm²
Tensione di esercizio dei trefoli: 89,5 kg/mm²
Sforzo massimo di compressione nel calcestruzzo:
— all'atto della precompressione: 149 kg/cm²
— in esercizio: 88 kg/cm²
Sforzo massimo di trazione nel calcestruzzo: 13 kg/cm²
Valore caratteristico del carico di rottura cubico del calcestruzzo della struttura precompressa, a 28 giorni: 450 kg/cm²
Carico di rottura dell'acciaio: 180 kg/mm²
Limite convenzionale dell'acciaio all'1%: 160 kg/mm²

GENERALITA'

I viadotti presentano tutti e tre il medesimo schema d'impalcato, costituito cioè da un cassone avente una soletta di fondo, due pareti inclinate ed una soletta superiore, completata da due sbalzi di notevole aggetto. Tali elementi costituiscono la struttura portante il piano viabile. La particolare conformazione della sezione ha richiesto uno studio approfondito della distribuzione degli sforzi fra gli elementi costituenti il cassone stesso.

SOLUZIONE STRUTTURALE

I viadotti sono situati in una zona sismica di 1^a categoria. L'adozione per le pile di una struttura a sezione scatolare alleggerita, di spessori variabili con l'altezza, ha consentito di evitare il ricorso alla precompressione anche per esse. Per le fondazioni sono stati adottati pozzi di fondazione di diametro 850 mm.

MODALITA' COSTRUTTIVE

I viadotti sono stati gettati in opera con l'impiego di centina mobile, costituita da un travone scatolare portante sottostante il piano di impalcato; successivamente, si sono effettuate la maturazione a vapore del calcestruzzo e la tesatura, in una sola fase, dell'armatura di precompressione. La centina mobile appoggia, a tergo, sull'impalcato già costruito e precompresso e in avanti sulla testa libera della pila successiva.

MATERIALI ADOPERATI:

— calcestruzzo per strutture precomprese: 10.700 m³
— armatura ordinaria per strutture precomprese: 1.590 t
— acciaio per armature di precompressione: 455 t

COMMITTENTE: SARA S.p.A. - Roma
IMPRESA: Generalvie S.p.A. - Roma
SISTEMA DI PRECOMPRESSIONE: Tensacciai

*Prestressed structural elements: deck caissons
Type of prestressing: post-tensioning
Cable composition: 12 strands 0,6" diameter
Initial stress in the strands: 112 kg/mm²
Effective stress in the strands: 89,5 kg/mm²
Maximum compressive stress in the concrete:
— at time of tensioning: 149 kg/cm²
— under service conditions: 88 kg/cm²
Maximum tensile stress in the concrete: 13 kg/cm²
Characteristic value of cube crushing strength of the prestressed concrete at 28 days: 450 kg/cm²
Ultimate steel strength: 180 kg/mm²
Conventional steel strength at 1% elongation: 160 kg/mm²*

GENERAL

All three viaducts adopt the same deck scheme, consisting in a caisson structure with a bottom slab, two inclined walls and an upper slab completed by two lateral cantilevers of noteworthy span. These elements form the loadbearing structure for the deck. The particular shape of the section required through studies on stress distribution between the members constituting the caisson.

STRUCTURAL SOLUTION

The viaducts are sited in a first category seismic area. The choice for the piers, of a lightened box section structure, of thickness varying with the height, has therefore, avoided the use of prestressing for these structures too. Foundation borings of 850 mm diameter, were utilized for the foundations.

CONSTRUCTION SYSTEM

The viaducts were in situ cast by means of a mobile centering, consisting of a box section load bearing beam underhanging the deck level; subsequently the concrete was steam cured, and then the prestressing steel tensioned in a single phase. The mobile centering bears, in the rear, on the already built and prestressed deck, whilst in the front it bears onto the free head of the successive pier.

CONSUMPTION OF MATERIALS:

— concrete for prestressed structures: 10.700 m³
— reinforcing steel for prestressed structures: 1.590 t
— prestressing steel: 455 t

OWNER: SARA S.p.A. - Rome
CONTRACTOR: Generalvie S.p.A. - Rome
PRESTRESSING SYSTEM: Tensacciai

Strada sopraelevata e svincolo nella piazza del Ministero del Commercio a Riyadh (Arabia Saudita)

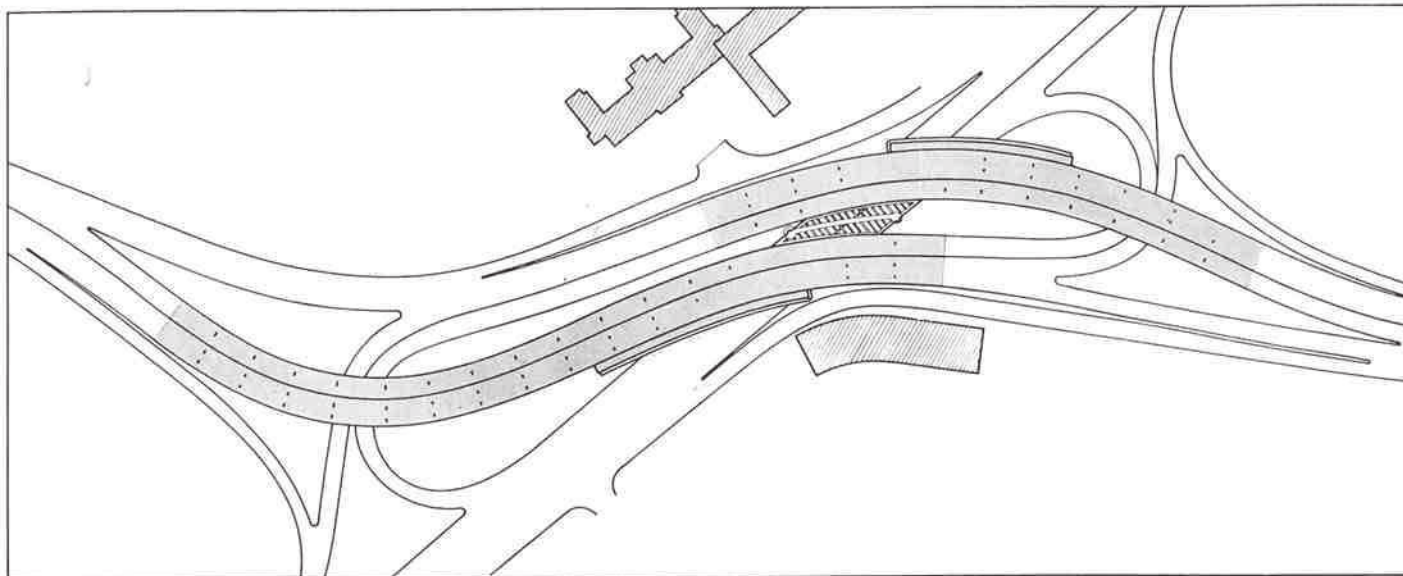
Fly-over and interchange in the Ministry of Commerce square in Riyadh (Saudi Arabia)

Progetto:

Prof. Ing. Mario Paolo Petrangeli

Design:

Prof. Ing. Mario Paolo Petrangeli



1 - Pianta della strada sopraelevata e degli svincoli.

1 - Plan of the fly-over and interchanges.

PERIODO DI COSTRUZIONE: 1978 - 1980

TIME OF CONSTRUCTION: 1978 - 1980

Schema statico: sequenza di travi Gerber per i viadotti di accesso; travi continue strallate per la parte centrale

Static scheme: sequence of Gerber beams for the access viaducts; cable-stayed continuous beams for the central part

Numero delle campate: 122

Number of spans: 122

Luci delle campate: 20-80 m

Length of spans: 20-80 m

Lunghezza totale del viadotto: 2.800 m

Overall length of viaduct: 2.800 m

Larghezza del viadotto: 8,65-14,35 m

Viaduct width: 8,65-14,35 m

Spessore dell'impalcato: 0,80-1,50 m

Deck thickness: 0,80-1,50 m

Elementi strutturali prefabbricati: travi secondarie a doppio T nella parte centrale; gusci laterali di sostegno dei marciapiedi e dei servizi

Prefabricated structural elements: secondary double T beams in the central part; lateral shells for support of sidewalks and services

Elementi strutturali precompressi: travi e solettoni alleggeriti

Prestressed structural elements: beams and large voided slabs

Tipo di precompressione: post-tensione

Type of prestressing: post-tensioning

Composizione dei cavi: da 24 a 48 fili diametro 7 mm

Cable composition: 24 to 48 wires 7 mm diameter

Composizione degli stralli: da 156 a 312 fili diametro 7 mm

Stay-cable composition: 156 to 312 wires 7 mm diameter

Tensione iniziale dei fili: 115 kg/mm²

Initial stress in the wires: 115 kg/mm²

Tensione di esercizio dei fili: 93 kg/mm²

Effective stress in the wires: 93 kg/mm²

Sforzo massimo di compressione nel calcestruzzo:

Maximum compressive stress in the concrete:

— all'atto della precompressione: 80 kg/cm²

— at time of tensioning: 80 kg/cm²

— in esercizio: 103 kg/cm²

— under service conditions: 103 kg/cm²

Sforzo massimo di trazione nel calcestruzzo: 19 kg/cm²

Maximum tensile stress in the concrete: 19 kg/cm²

Valore caratteristico del carico di rottura cubico del calcestruzzo della struttura precompressa, a 28 giorni: 400 kg/cm²

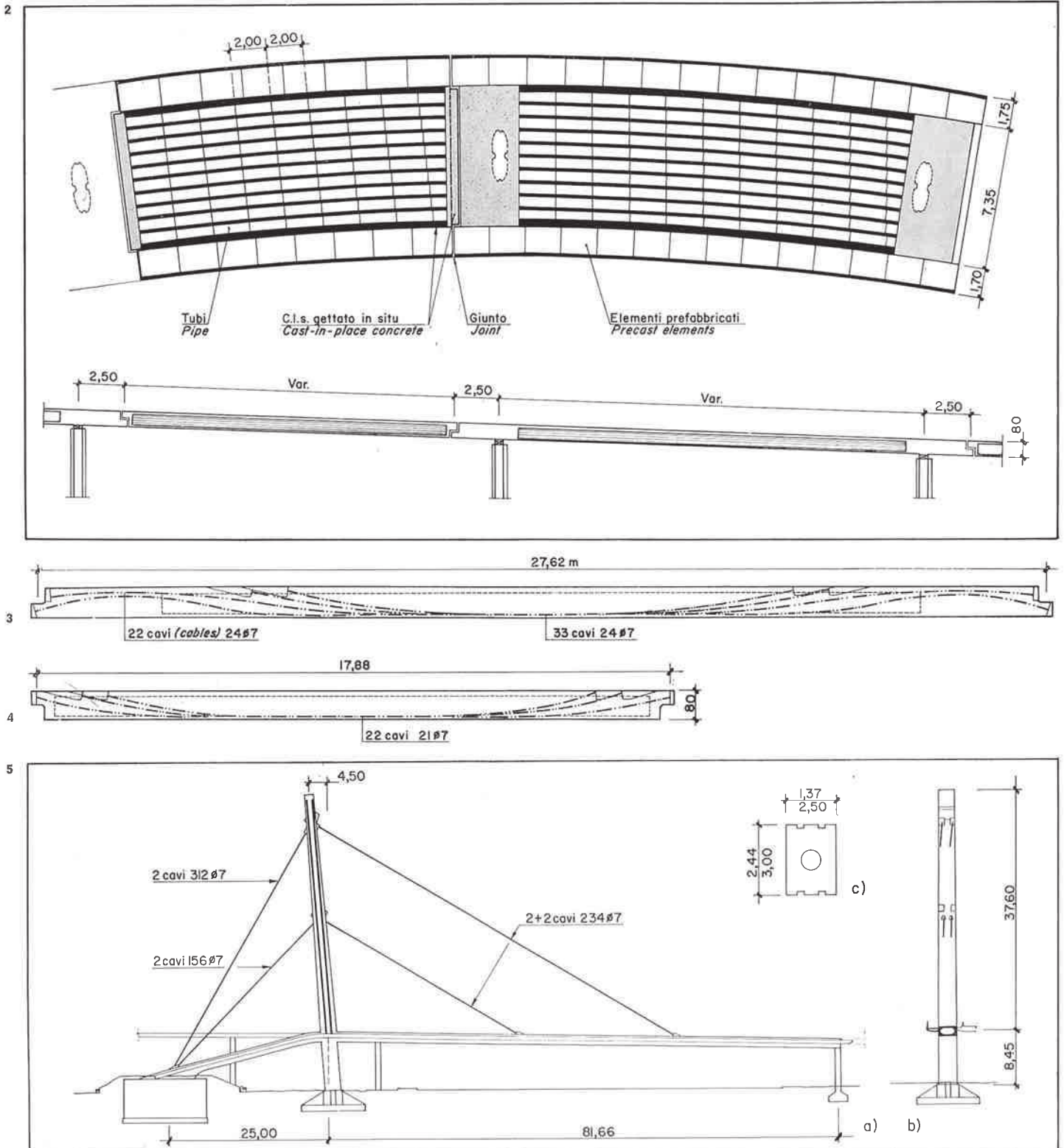
Characteristic value of cubic strength of the prestressed concrete at 28 days: 400 kg/cm²

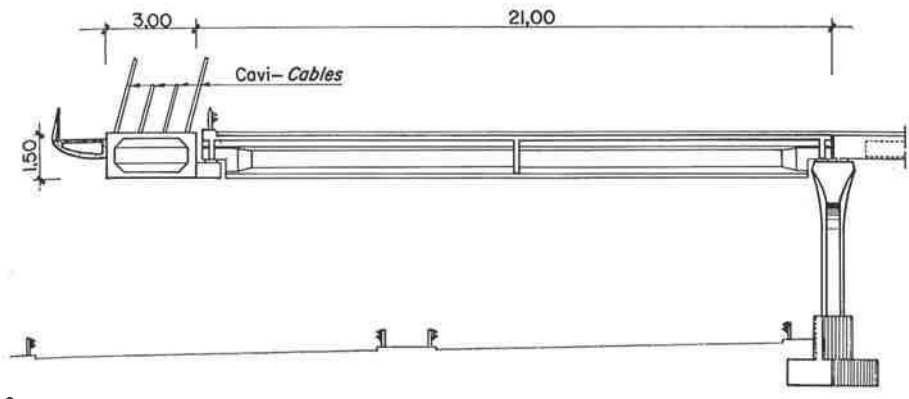
Carico di rottura dell'acciaio: 170 kg/mm²

Ultimate steel strength: 170 kg/mm²

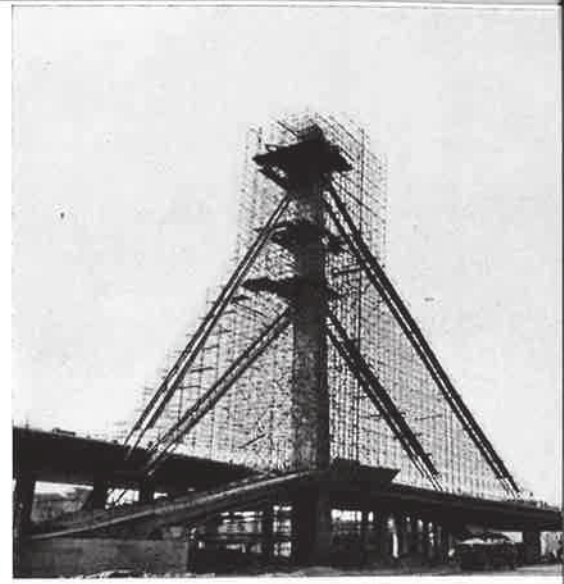
2 - Pianta e sezione longitudinale parziali della strada sopraelevata; 3-4 - Sezione longitudinale della travata Gerber, con disposizione dell'armatura di precompressione; 5 - Struttura a trave continua strallata per la parte centrale della strada sopraelevata; questa struttura ha permesso di superare una luce di 80 m con una altezza utile a disposizione di 1,50 m: a) prospetto; b) sezione trasversale in prossimità dell'antenna; c) sezione orizzontale dell'antenna; 6 - Sezione trasversale della parte centrale della strada sopraelevata, sorretta da una parte dalla trave continua strallata, e dall'altra parte dalla normale struttura su pilastri; 7 - La costruzione della struttura strallata; 8 - Le travate Gerber dei vjadotti di accesso sono state gettate su piattaforme mobili poggiate a terra; 9 - Sezione longitudinale della trave continua strallata: disposizione dell'armatura di precompressione.

2 - Partial plan and longitudinal section of the fly-over; 3-4 - Longitudinal section of the Gerber scheme beam, with positioning of the prestressing steel; 5 - The continuous beam cable-stayed structure for the central part of the fly-over; this structure has overpassed a span of 80 m with a service height of 1,50 m: a) elevation; b) cross section in the vicinity of the tower; c) tower horizontal section; 6 - Cross section of the central part of the fly-over, supported on one side by the continuous cable-stayed beam, and on the other by the normal column bearing structure; 7 - Construction of the cable-stayed structure; 8 - The Gerber scheme beams for the access viaducts, were poured utilizing mobile platforms resting on the ground; 9 - Longitudinal section of the continuous cable-stayed beam: positioning of the prestressing steel.

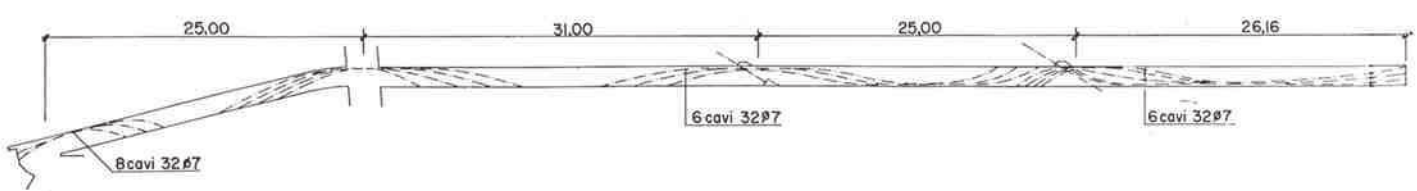




6
8



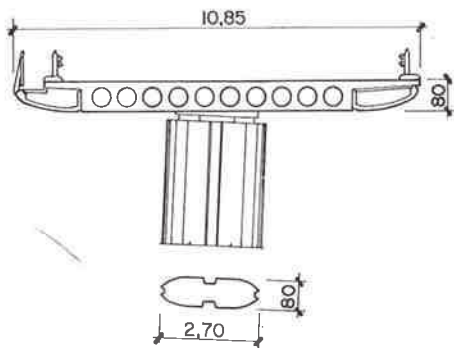
7



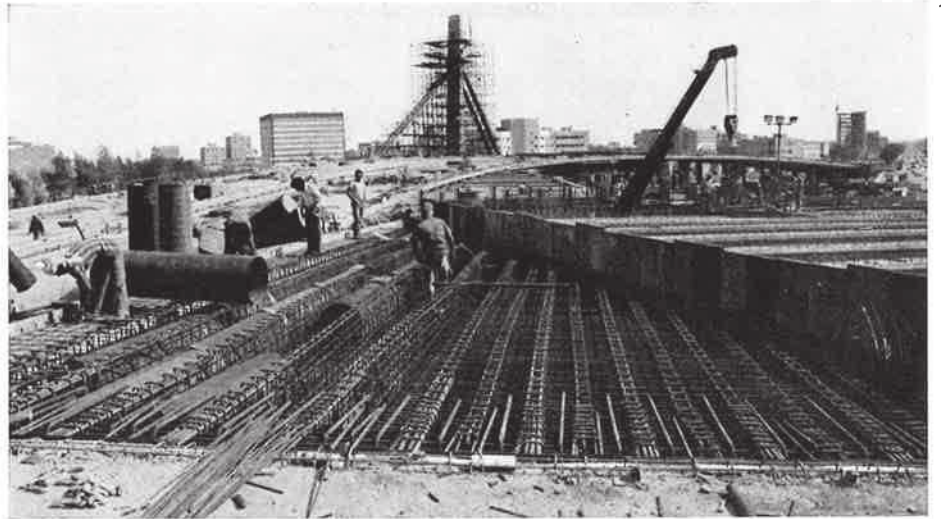
9

10 - Sezione trasversale dei viadotti di accesso;
 11 - Vista in generale del cantiere; 12 - La posa
 in opera delle travi secondarie trasversali, che
 da un lato prendono appoggio sulla trave continua
 strallata; 13 - La costruzione dei solettoni alleg-
 geriti, a schema Gerber, dei viadotti di accesso.

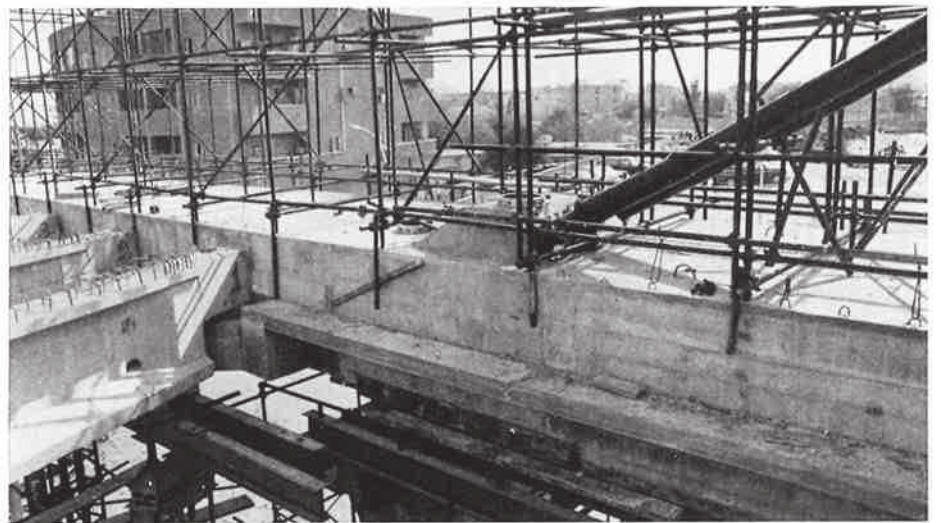
10 - Cross section of the access viaducts;
 11 - General view of the construction yard;
 12 - Positioning of the secondary transversal beams,
 supported on one side by the continuous cable-
 stayed beam; 13 - Construction of the voided
 deck slabs, of the Gerber scheme type, for the
 access viaducts.



10



11



12



13



14-15-16 - Il viadotto completato.

14-15-16 - The finished fly-over.



GENERALITA'

Le opere riguardano lo svincolo progettato dalla Renardet-Sauti-ICE nella piazza antistante il Ministero del Commercio nel centro di Riyadh. Si tratta di una serie di svincoli e di strade sopraelevate che convergono all'incrocio centrale tra le due grandi arterie di Al Matar, larga 25,50 m, e di Al Washm. Data la forte obliquità dell'incrocio era necessario superare una luce di 80 m circa con una altezza utile a disposizione di 1,50 m, da cui la necessità di strutture strallate nella parte centrale. Un canale interrato preesistente della larghezza di 5 m ed obliquo rispetto ad entrambe le strade, ha costretto a prevedere fondazioni speciali che costituissero a loro volta « ponte » su detto canale.

SOLUZIONE STRUTTURALE

Per il sovrappasso centrale sono state previste due travi a cassone in cemento armato precompresso, sorrette da stralli intermedi rinviati da antenne in cemento armato ordinario ed ancorati in blocchi di ammarro. Queste travi principali strallate sono disposte lungo i bordi della strada superiore e sorreggono una serie di travi secondarie trasversali in cemento armato precompresso del tipo usuale a doppio T che costituiscono l'impalcato trafficabile. I viadotti di accesso sono costituiti da solettoni alleggeriti precompressi con schema Gerber (alternanza di travi appoggiate con sbalzi e travi tampone).

MODALITA' COSTRUTTIVE

Le travate con sbalzo dei viadotti di accesso sono state gettate su piattaforme mobili poggiate a terra. Le travi-tampone sono state gettate su piattaforme sospese agli sbalzi già costruiti. I fori di alleggerimento dei solettoni sono stati ottenuti con tubi di lamierino. I gusci laterali di contenimento del getto e di sostegno dei marciapiedi e dei servizi sono stati prefabbricati a piè d'opera.

Le travi strallate sono state gettate in opera; il disarmo e la tesatura degli stralli sono avvenuti in più fasi. Le travi secondarie a doppio T della parte centrale sono state prefabbricate e varate con autogru; successivamente è stato operato il getto della soletta.

Per consentire l'accorciamento (elastico e viscoso) delle travi principali solidali con le antenne, i blocchi di ammarro, del peso di 1600 e 800 ton, sono stati costruiti su strisce di neoprene poggianti su una sottofondazione.

MATERIALI ADOPERATI

- calcestruzzo per strutture precomprese: 12.580 m³
- armatura ordinaria per strutture precomprese: 1.516 t
- acciaio per armature di precompressione: 405 t

COMMITTENTE: Ministero per gli Affari Municipali dell'Arabia Saudita

IMPRESA: Gambogi-Grassetto

SISTEMA DI PRECOMPRESSIONE: OTP-Macchi

GENERAL

The structures concern the interchange designed by Renardet-Sauti-ICE for the square in front of the Ministry of Commerce in the center of Riyadh. It is a series of fly-overs and interchanges that converge on the central intersection between the two great traffic arteries of Al Matar, 25,50 m wide, and Al Washm. Due to the great skewness of the intersection, it was necessary to get over a span of about 80 m, with an available net beam-depth of 1,50 m, making cable-stayed structures in the central portion a necessity. A pre-existing underground channel, 5 m wide, and skew with respect to both roads required that special foundations be sunk, in turn forming a « bridge » over the canal.

STRUCTURAL SOLUTION

Provided for the central overpass were two box-type beams in prestressed concrete, sustained by intermediate stay-cables supported by reinforced-concrete towers and anchored in mooring blocks. These main cable-stayed beams are arranged along the borders of the upper road and support a series of secondary prestressed double T cross beams of the usual kind, which form the deck. The access viaducts are formed by large voided slabs, prestressed according to the Gerber scheme (alternating simply-supported beams with cantilevers, and dropped beams).

CONSTRUCTION SYSTEM

The cantilever girders of the access viaducts were cast on ground-based movable platforms. The buffer beams were cast on platforms hanging from the already-built cantilevers. The lightening holes in the slabs were obtained using sheet steel pipes. The side shells, to hold the pour and to act as support for the sidewalks and services were precast in the yard.

The cable-stayed beams were poured in situ; demoulding and tensioning of the stay-cables took place in various stages. The secondary double T beams in the central part were precast, and launched using a crane truck; afterwards the deck slab was poured.

To allow for (elastic and viscous) contraction of the main beams, solid to the towers, the mooring blocks, weighing 800 and 1600 tons, were built on neoprene strips bearing on a subfoundation.

CONSUMPTION OF MATERIALS

- concrete for prestressed structures: 12.580 m³
- reinforcing steel for prestressed structures: 1.516 t
- prestressing steel: 405 t

OWNER: Ministry for Municipal and Rural Affairs of Saudi Arabia

CONTRACTOR: Gambogi - Grassetto

PRESTRESSING SYSTEM: OTP - Macchi

Viadotto Scarassoui per la ferrovia Cuneo - Ventimiglia

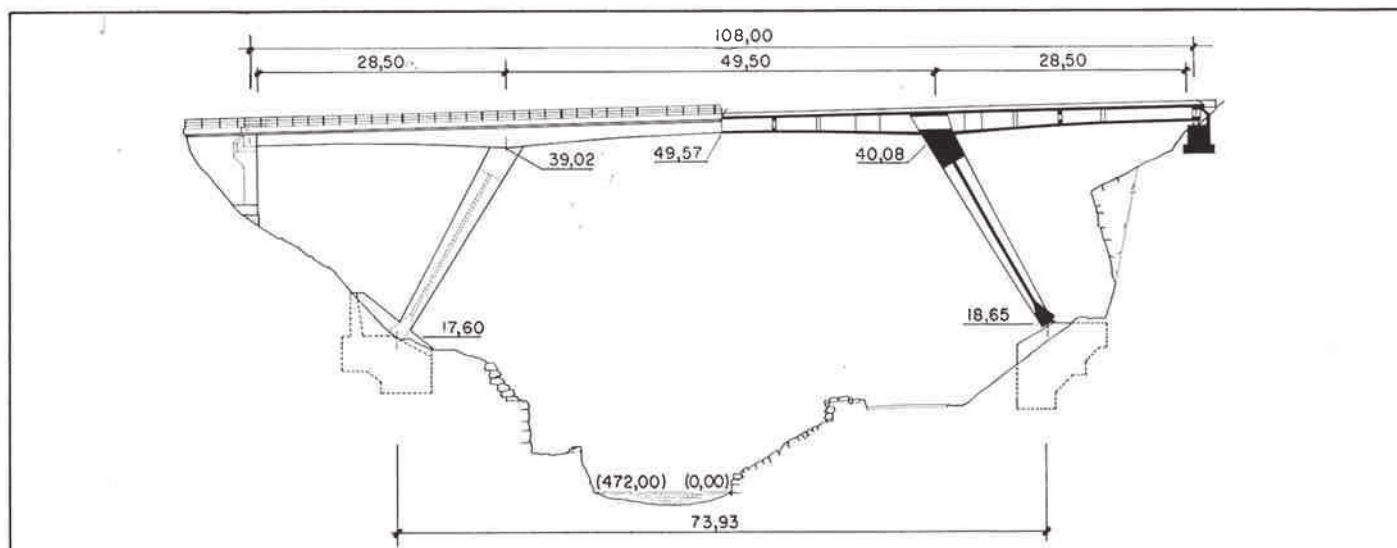
Scarassoui viaduct for the Cuneo - Ventimiglia railroad

Progetto:

Dott. Ing. Giovanni Corona, Dott. Ing. Renzo Perazzone
(S.I.C. - Torino)

Design:

Dott. Ing. Giovanni Corona, Dott. Ing. Renzo Perazzone
(S.I.C. - Turin)



1 - Vista (a sinistra) e sezione longitudinale (a destra) del viadotto.

1 - View (on the left) and longitudinal section (on the right) of the viaduct.

PERIODO DI COSTRUZIONE: 1978 - 1979

TIME OF CONSTRUCTION: 1978 - 1979

Schema statico: portale con piedritti inclinati incernierati alla base

Static scheme: portals with inclined piers hinged at the base

Numero delle campate: 3

Number of spans: 3

Luci delle campate: 16,28 m - 73,93 m - 16,28 m

Length of spans: 16,28 m - 73,93 m - 16,28 m

Lunghezza totale del viadotto: 106,50 m

Overall length of viaduct: 106,50 m

Larghezza del viadotto: 6,40 m

Viaduct width: 6,40 m

Spessore del viadotto in chiave: 1,80 m

Deck depth at crown: 1,80 m

Spessore del viadotto alle imposte: 2,80 m

Deck depth over the piers: 2,80 m

Spessore della soletta: 30 cm

Slab thickness: 30 cm

Numero dei trasversi: 4 oltre ai due nodi sulle pile

Number of cross diaphragms: 4 plus the two piers nodes

Elementi strutturali precompressi: tutta la struttura

Prestressed structural elements: the whole structure

Tipo di precompressione: post-tensione

Type of prestressing: post-tensioning

Composizione dei cavi: 54 fili diametro 7 mm

Cable composition: 54 wires 7 mm diameter

Tensione iniziale dei fili: 135 kg/mm²

Initial stress in the wires: 135 kg/mm²

Tensione massima di esercizio dei fili: 110 kg/mm²

Tension of each wire under service conditions: 110 kg/mm²

Sforzo massimo di compressione nel calcestruzzo:

Maximum compressive stress in the concrete:

— all'atto della precompressione: 192 kg/cm²

— at time of tensioning: 192 kg/cm²

— in esercizio: 147 kg/cm²

— under service conditions: 147 kg/cm²

Sforzo massimo di trazione nel calcestruzzo in esercizio: zero

Maximum tensile stress in the concrete: zero

Valore caratteristico del carico di rottura cilindrico del calce-

Characteristic value of cylinder crushing strength of the

struzzo della struttura precompressa a 28 giorni: 350 kg/cm²

prestressed concrete at 28 days: 350 kg/cm²

Carico di rottura dell'acciaio: 172 kg/mm²

Ultimate steel strength: 172 kg/mm²

Limite convenzionale dell'acciaio allo 0,2%: 150 kg/mm²

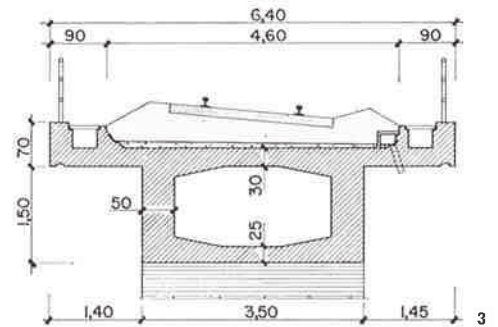
Conventional steel strength at 0,2% elongation: 150 kg/mm²



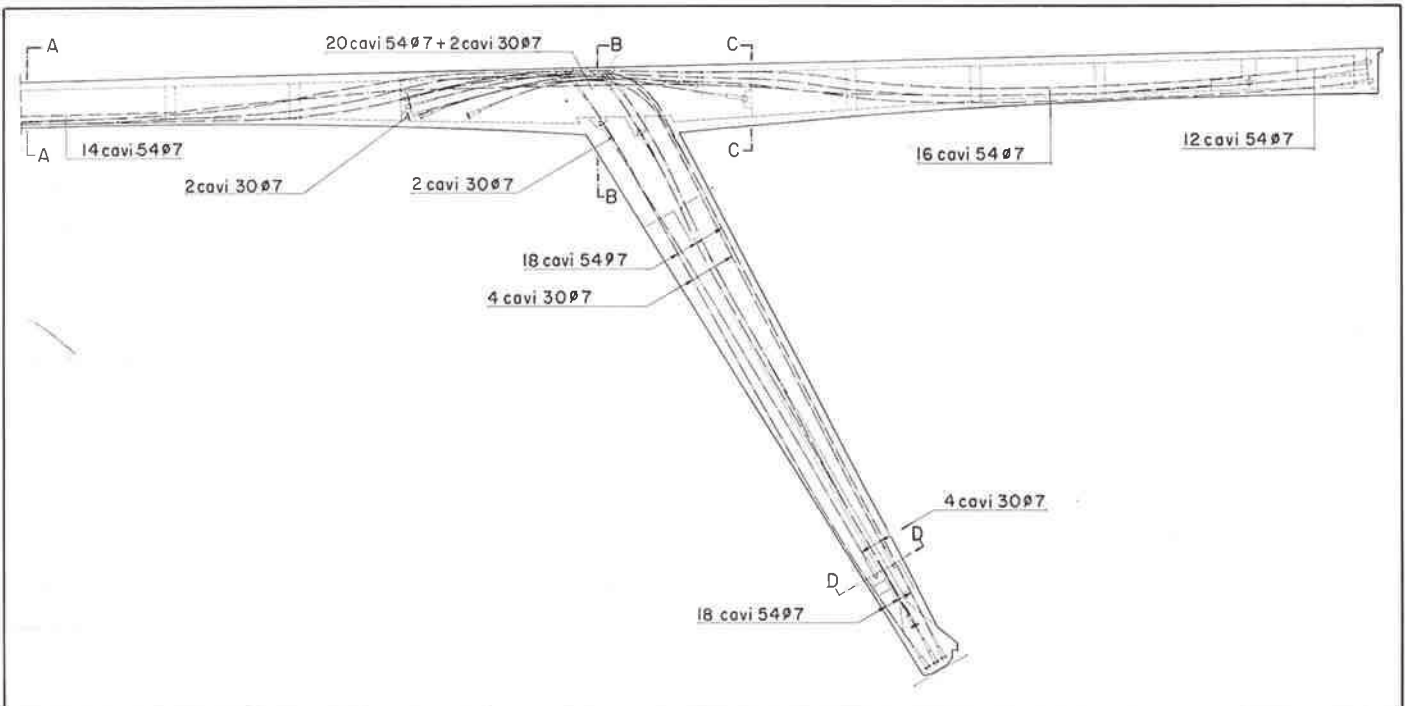
2

2 - La posa in opera dell'armatura in uno dei piedritti inclinati; 3 - Sezione trasversale del viadotto in chiave; 4 - L'armatura di precompressione nella sezione longitudinale del viadotto; 5 - La posizione dei cavi nelle varie sezioni trasversali del viadotto; 6 - La complessa centinatura per il getto del viadotto; 7 - Il viadotto completato.

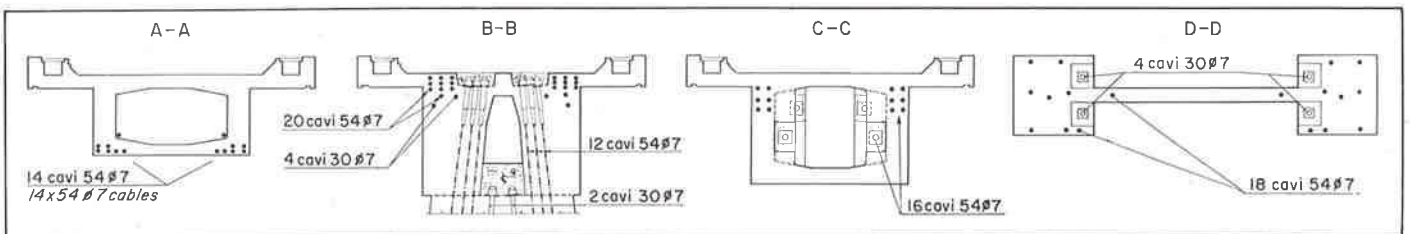
2 - Reinforcement positioning procedures for one of the inclined piers; 3 - Cross section of the viaduct at the crown; 4 - The prestressing steel in the longitudinal section of the viaduct; 5 - Cable position in the various cross sections of the viaduct; 6 - The complex centering for the viaduct casting operations; 7 - The finished viaduct.



3



4



5



GENERALITA'

Si tratta dell'opera più significativa realizzata per la riapertura al traffico della linea ferroviaria Cuneo-Ventimiglia, interrotta in conseguenza degli eventi bellici 1940-1945. Il viadotto interessa il tronco francese della ferrovia ed è stato costruito in collaborazione con l'Amministrazione della S.N.C.F., che ha curato la direzione dei lavori.

Il viadotto è stato progettato con asse dell'impalcato curvilineo (raggio 300 m) ed è calcolato per resistere ad un sisma di 2ª categoria; esso ha un'altezza sul fiume Roja di 42,30 m. L'impalcato è interamente percorribile all'interno per il controllo e la manutenzione.

SOLUZIONE STRUTTURALE

Il portale a piedritti inclinati è caratterizzato da due appoggi scorrevoli metallici, del tipo a rullo, in corrispondenza delle spalle, mentre i due piedritti sono incernierati ai plinti di fondazione. Tali cerniere sono costituite da due lamiere di acciaio inossidabile di 1,2 cm di spessore, piegate a superficie cilindrica e costituenti protezione per il calcestruzzo. Esse sono attraversate da vari cavi di precompressione atti ad evitare che risultino decompresse nel caso di sisma trasversale al viadotto.

I calcoli di stabilità sono stati eseguiti sulla base della regolamentazione francese, con numerose verifiche sia alle tensioni ammissibili che agli stati limite. E' stata prevista la possibilità di introdurre una precompressione addizionale di sicurezza che permetta il recupero della struttura anche nel caso di eventi eccezionali. Il calcolo sismico della struttura è stato eseguito con il metodo dinamico.

MODALITA' COSTRUTTIVE

La struttura è stata realizzata su centina provvisoria, costruita con tubi metallici. L'orditura secondaria ed il cassero sono stati realizzati in legname sulla base di un dettagliato progetto esecutivo studiato tenendo conto delle diverse fasi costruttive. Ad opera ultimata è possibile ricostruire la successione dei conci, resi evidenti da regolini opportunamente posizionati.

MATERIALI ADOPERATI

- calcestruzzo per strutture precomprese: 1.020 m³
- armatura ordinaria per strutture precomprese: 125 t
- acciaio per armature di precompressione: 40 t

COMMITTENTE: Société Nationale des Chemins de Fer Français
IMPRESA: S.C.A. - Società Costruzioni Autostradali - Genova
SISTEMA DI PRECOMPRESSIONE: BBRV-CIPEC

GENERAL

This is the most important structure that has been built for the reinstatement of the Cuneo-Ventimiglia railway line, which had been closed due to damage sustained during the 1940-1945 war. The viaduct is on the French stretch of the railroad and was built in cooperation with the S.N.C.F., which oversaw the supervision of construction.

The viaduct was designed with a curved deck centerline (300 m radius) and can withstand a 2nd category earthquake; its height over the Roja river is 42.30 m. The deck is fully transitable on the inside to allow for inspectioning and maintenance.

STRUCTURAL SOLUTION

The inclined-pier portal is characterized by two sliding metal roller-type bearings at the abutments, while the two piers are hinged at the foundation footings. These hinges are formed by two 1,2 cm thick plates of stainless steel bent to form a cylindrical surface, which constitute protection for the concrete. Passing through the hinges are a number of prestressing cables so as to prevent distressing should an earthquake strike transversely to the viaduct.

The calculations were made on the basis of the French code, there being a number of verifications under both the working stresses and limit state design methods. The possibility of introducing an additional prestressing for safety reasons was provided for, which would allow salvaging the structure even under exceptional earthquake event. The structure's seismic design calculations were performed using the dynamic method.

CONSTRUCTION SYSTEM

The structure was built on a temporary centering built of metal pipes. The secondary framework and the forms were built in wood on the basis of a detailed final design that was thought out taking account of the various construction phases. The work being finished, it is still possible to reconstruct the sequence of the bridge-sections, suitably positioned wooden strips making this evident.

CONSUMPTION OF MATERIALS

- concrete for prestressed structures: 1.020 m³
- reinforcing steel for prestressed structures: 125 t
- prestressing steel: 40 t

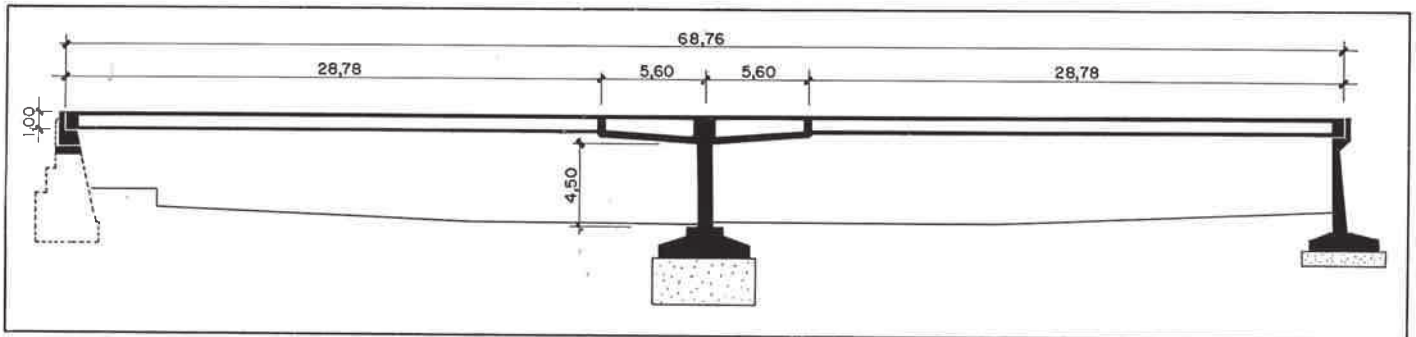
OWNER: Société Nationale des Chemins de Fer Français
CONTRACTOR: S.C.A. - Società Costruzioni Autostradali - Genova
PRESTRESSING SYSTEM: BBRV-CIPEC

Ponte sul fiume Bisagno a Genova

Bridge over the Bisagno river in Genoa

Progetto:
Prof. Ing. Remo Calzona

Design:
Prof. Ing. Remo Calzona



1 - Sezione longitudinale del ponte.

1 - Longitudinal section of the bridge.

PERIODO DI COSTRUZIONE: 1980 - 1981

TIME OF CONSTRUCTION: 1980 - 1981

Schema statico: telaio iperstatico con sezione a cassone cellulare

Static scheme: hyperstatic box section frame

Numero delle campate: 2

Number of spans: 2

Luci delle campate: 34,38 m

Length of spans: 34,38 m

Lunghezza totale del ponte: 68,76 m

Overall length of bridge: 68,76 m

Larghezza del ponte: 18,50 m

Bridge width: 18,50 m

Altezza dell'impalcato in campata: 1,00 m

Deck depth at crown: 1,00 m

Altezza dell'impalcato sulla pila: 1,50 m

Deck depth over the piers: 1,50 m

Spessore della soletta superiore: 16 cm

Upper slab thickness: 16 cm

Spessore della soletta inferiore: variabile da 12 cm a 30 cm

Lower slab thickness: varies from 12 cm to 30 cm

Numero delle nervature: 8

Number of ribs: 8

Numero dei trasversi: uno

Number of cross beams: one

Elementi strutturali precompressi: impalcato (longitudinalmente)

Prestressed structural elements: bridge deck (longitudinally)

Tipo di precompressione: post-tensione

Type of prestressing: post-tensioning

Composizione dei cavi: 8 trefoli da 0,6"

Cable composition: 8 strands 0,6" diameter

Tensione iniziale dei trefoli in testata: 136 kg/mm²

Initial stress in the strands: 136 kg/mm²

Caduta totale di tensione prevista: 10-14%

Expected loss of stress: 10-14%

Sforzo massimo di compressione nel calcestruzzo:

Maximum compressive stress in the concrete:

— all'atto della precompressione: 88 kg/cm²

— at time of tensioning: 88 kg/cm²

— in esercizio: 112 kg/cm²

— under service conditions: 112 kg/cm²

Sforzo massimo di trazione nel calcestruzzo: 13 kg/cm²

Maximum tensile stress in the concrete: 13 kg/cm²

Valore caratteristico del carico di rottura cubico del calcestruzzo della struttura precompressa, a 28 giorni: 430 kg/cm²

Characteristic cube compressive strength of the prestressed concrete at 28 days: 430 kg/cm²

Carico di rottura dell'acciaio: 180 kg/mm²

Ultimate steel strength: 180 kg/mm²

Limite convenzionale dell'acciaio all'1%: 160 kg/mm²

Conventional steel strength at 1% elongation: 160 kg/mm²

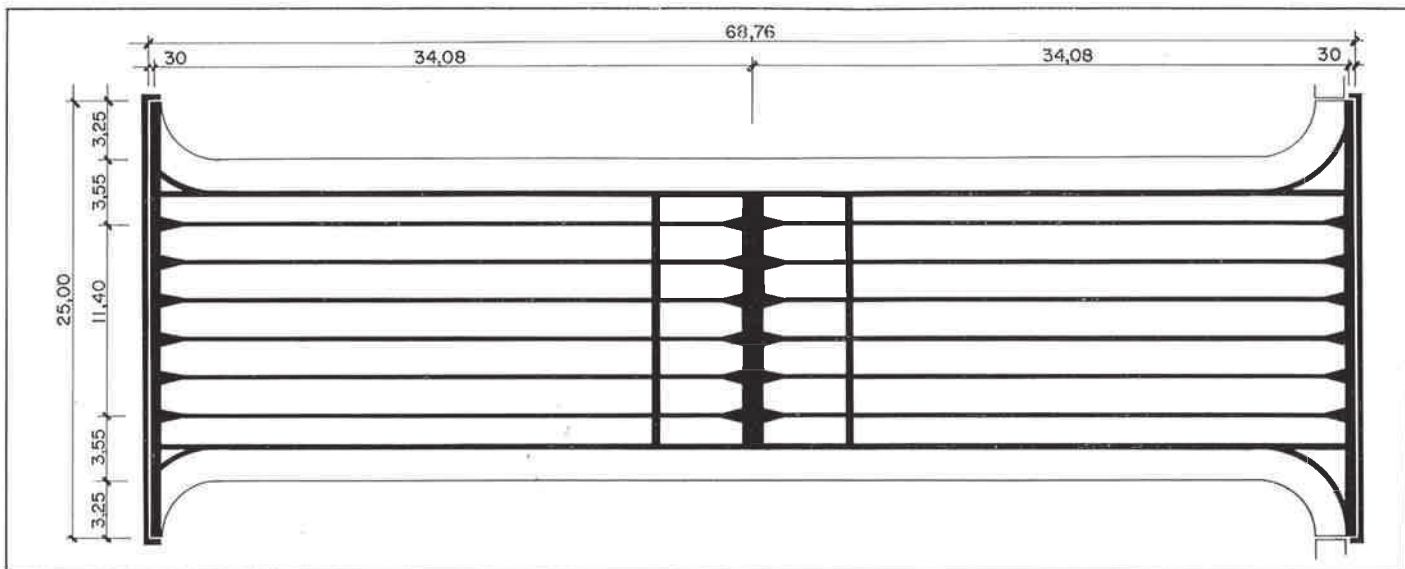
GENERALITA'

GENERAL

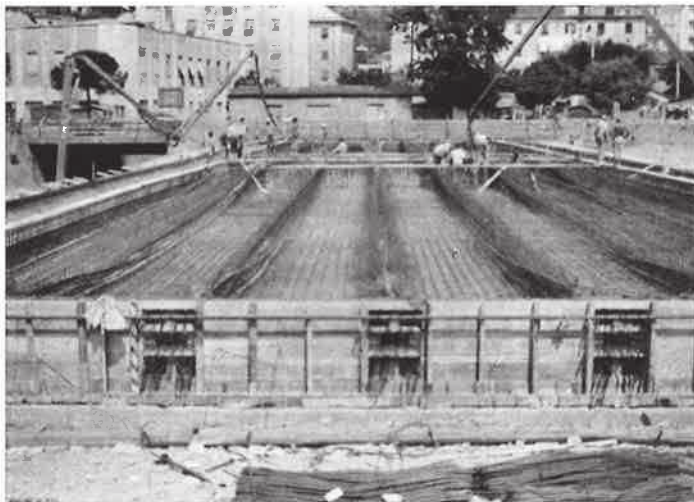
Il ponte attraversa il fiume Bisagno nell'interno di Genova, pertanto le scelte progettuali sono state particolarmente in-

The bridge crosses the Bisagno river inside Genoa, and therefore design choices had to take into account the right

2

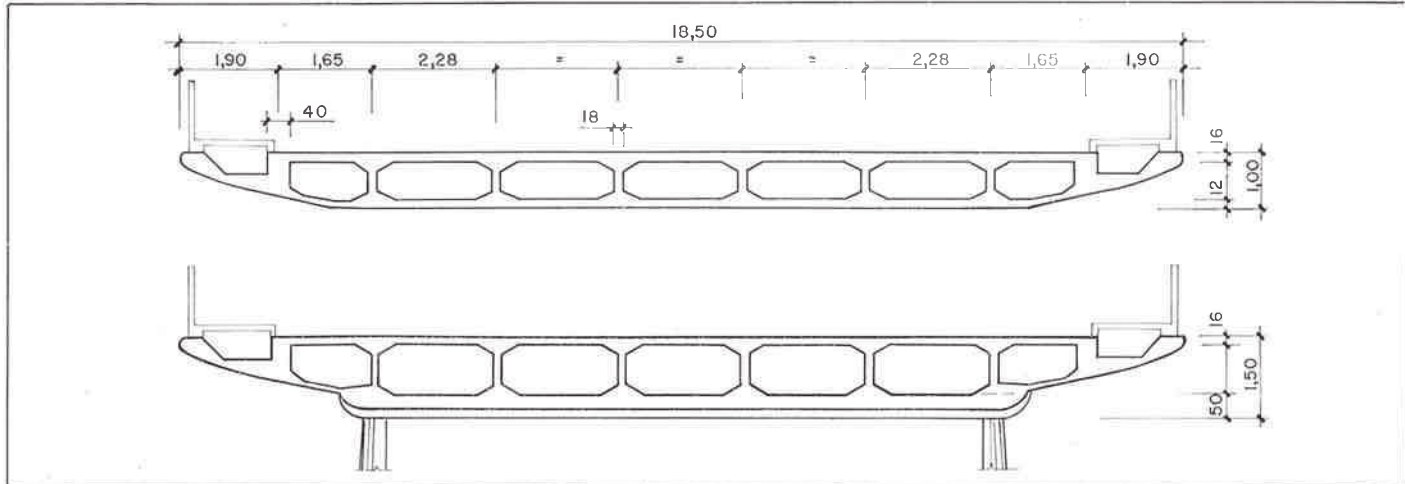


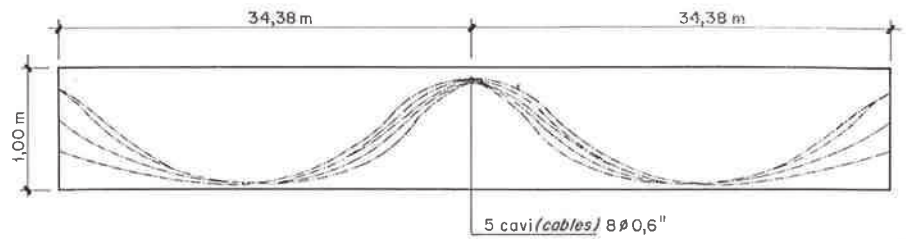
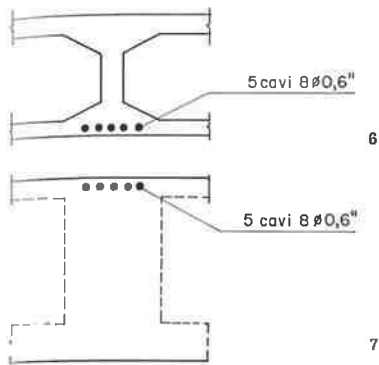
4



3

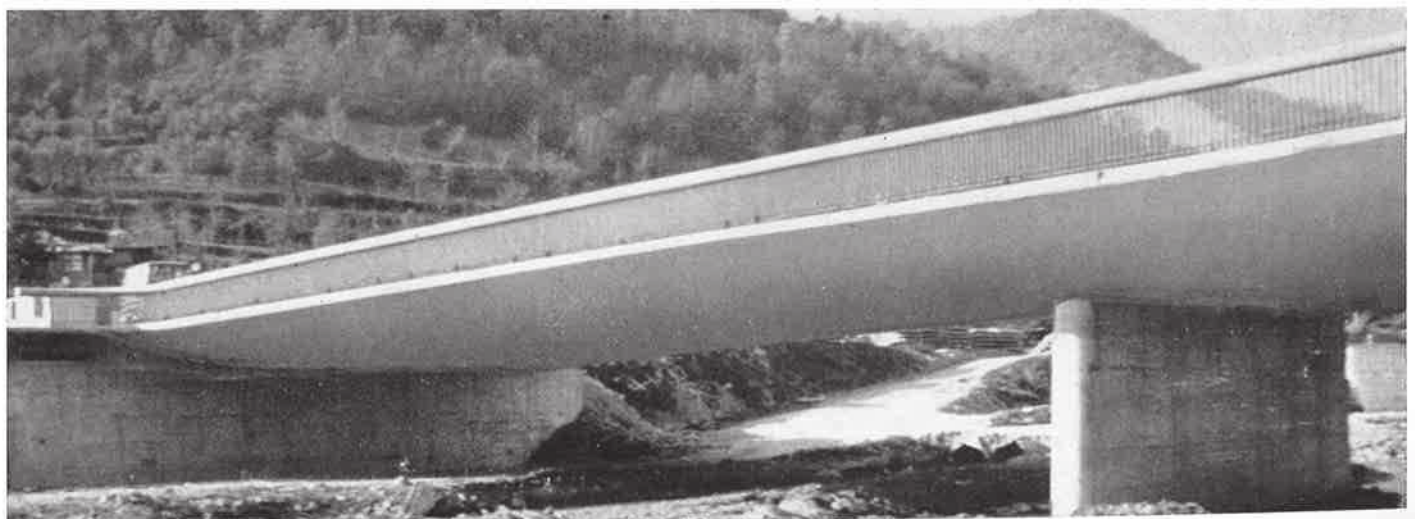
5





2 - Pianta dell'impalcato; 3 - Il getto della soletta inferiore dell'impalcato; 4 - L'armatura normale e di precompressione delle nervature, in corrispondenza della pila centrale; 5 - Sezione trasversale dell'impalcato, in mezzera e nelle vicinanze della pila centrale; 6-7 - L'armatura di precompressione di una nervatura, in mezzera e sulla pila centrale; 8 - L'armatura di precompressione nella sezione longitudinale di una nervatura; 9-10 - Vista del ponte completato.

2 - Deck plan; 3 - Casting of the lower deck slab; 4 - The reinforcing and prestressing steel of the ribbings, over the central pier; 5 - Cross section of the deck at midspan in the vicinity of the central pier; 6-7 - The prestressing steel of a ribbing, at midspan and over the central pier; 8 - The prestressing steel in the longitudinal section of a ribbing; 9-10 - View of the finished bridge.



fluenzate dal desiderio di dare al ponte una giusta dignità formale; tale esigenza è stata soddisfatta dalla semplicità delle linee architettoniche del ponte che si inserisce nel paesaggio circostante con il suo accurato disegno senza volersi imporre. Si è disegnato un ponte « leggero » e facile da leggersi ponendo la giusta cura ai particolari, parapetto e raccordi con i muri d'argine, che ne potessero esaltare tali caratteristiche.

SOLUZIONE STRUTTURALE

Il ponte a due campate simmetriche, è formato da un impalcato a cassone, continuo con la pila centrale in alveo. All'estremità è semplicemente appoggiato sulle spalle. La pila centrale in cemento armato ha spessore costante di 0,80 m ed è incastrata ad una fondazione a pozzo, con piano di appoggio a — 5,00 m rispetto il fondo dell'alveo.

Lo schema statico del ponte è quello di un telaio iperstatico incastrato al piede della pila, appoggiato alle estremità delle campate e precompresso in regime di iperstaticità. Tale schema è stato scelto sia per le maggiori riserve di sicurezza di un ponte iperstatico rispetto ad uno isostatico, sia perché le sezioni del ponte risultano sottoposte, per i carichi permanenti, e per i normali carichi accidentali, ad uno stato tensionale di compressione.

E' da rimarcare che tale schema ha permesso di realizzare un impalcato dello spessore di 1,00 m, pari ad un rapporto altezza/luce = 1/34, senza perciò fare un ponte molto deformabile o, come suol dirsi, tirato nei tassi di lavoro dei materiali.

MODALITA' COSTRUTTIVE

Il ponte è interamente gettato in opera. Costruita la pila centrale e le due spalle, è stato approntato un impalcato di travi metalliche reticolari di sostegno della carpenteria in legname. Il getto, per l'intero impalcato, è avvenuto in due fasi: getto della soletta inferiore, posizionamento dei tubi di alleggerimento per realizzare il cassone, getto continuo delle nervature e della soletta superiore. La precompressione è stata eseguita in una unica fase con tiro contemporaneamente da ambedue le testate.

MATERIALI ADOPERATI:

- calcestruzzo per strutture precomprese: 640 m³
- armatura ordinaria per strutture precomprese: 90 t
- acciaio per armature di precompressione: 22 t

COMMITTENTE: Comune di Genova
IMPRESA: Farsura
SISTEMA DI PRECOMPRESSIONE: Tensacciai

formal aspect; this need was met by the simplicity of architectural lines of the bridge, that blend into the surrounding landscape and, though having its own characteristic design, does not overwhelm.

A « light » bridge was designed, easy to be read architectonically speaking, suitable care being given to the details, the parapets and approaches together with the wing walls, that could heighten these characteristics.

STRUCTURAL SOLUTION

The bridge, in two symmetric spans, is formed of a box deck, continuous with the central pier, this footed in the river-bed. At its ends, it is simply supported on the abutments. The central pier, in reinforced concrete, has a constant 0,80 m thickness and is fixed to a caisson foundation whose bearing plane is at — 5,00 m with respect to the riverbottom.

Statically, the bridge can be described as a hyperstatic frame fixed at the foot of the pier, simply supported at the ends of the spans and prestressed to hyperstatic conditions. This scheme was chosen both because of the greater reserves of safety a hyperstatic bridge has as compared to an isostatic structure, and because the bridge cross-sections, owing to its dead load and normal live loads, are subjected to compressive stresses.

It is to be noted that this scheme allowed a deck 1,00 m thick to be built, giving a depth/span ratio of 1/34, without however making it a very deformable bridge or, as it is said, pulled tight-on at its materials' working stresses.

CONSTRUCTION SYSTEM

The bridge was casted entirely in situ. After the central pier and the two abutments were built, a scaffolding was prepared, of steel truss girders, that served as support for the wood formwork. The casting, for the entire deck, took place in two phases: the casting of the lower slab, the placement of the lightening pipes to form the caisson structure, and the continuous casting of the ribs and upper slab. Prestressing was effected in a single phase, the pull being done simultaneously from both ends.

CONSUMPTION OF MATERIALS:

- concrete for prestressed structures: 640 m³
- reinforcing steel for prestressed structures: 90 t
- prestressing steel: 22 t

OWNER: Commune of Genoa
CONTRACTOR: Farsura
PRESTRESSING SYSTEM: Tensacciai

Viadotti Pontebba e Pietratagliata per la strada statale n. 13 «Pontebbana»

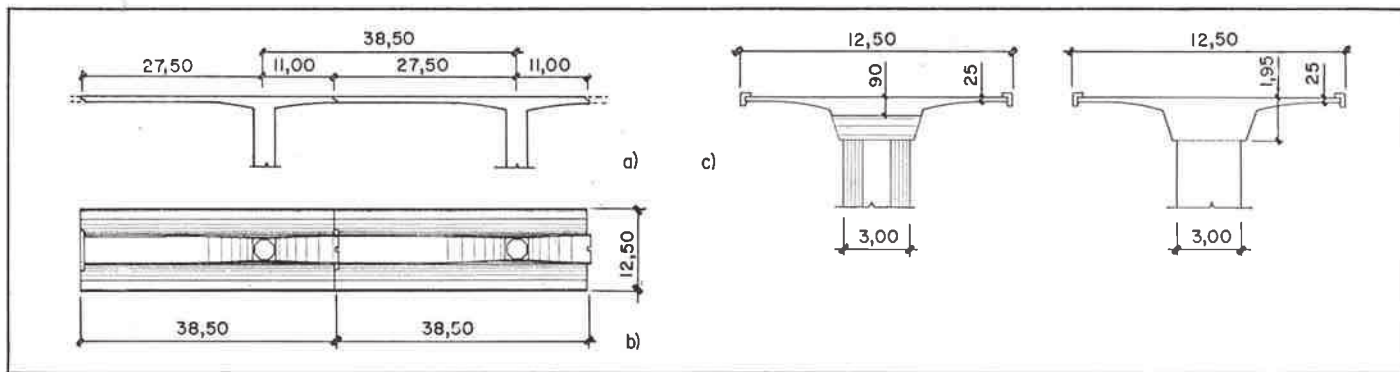
Pontebba and Pietratagliata viaducts for the «Pontebbana» state road No. 13

Progetto:

Dott. Ing. Silvano Zorzi, Dott. Ing. Michele La Rosa
(I.N.CO. - Ingegneri Consulenti - Milano)

Design:

Dott. Ing. Silvano Zorzi, Dott. Ing. Michele La Rosa
(I.N.CO. - Consulting Engineers - Milan)



1 - a) Sezione longitudinale parziale dei viadotti; b) Vista dell'intradosso dell'impalcato; c) Sezione trasversale dell'impalcato: a sinistra, in mezzera dell'impalcato; a destra, in asse pila.

1 - a) Partial longitudinal section of the viaducts; b) View of the deck intrados; c) Cross sections of the deck: on the left, at midspan; on the right, in axis with the pier.

PERIODO DI COSTRUZIONE: 1977 - 1981

TIME OF CONSTRUCTION: 1977 - 1981

Schema statico: sequenza indefinita di telai zoppi semplici (viadotto Pontebba); sequenza indefinita di telai zoppi alternativamente incernierati sulle selle di appoggio (viadotto Pietratagliata)

Static scheme: indefinite series of simple asymmetric frames (Pontebba viaduct); indefinite series of asymmetric frames, hinged on the supporting seats (Pietratagliata viaduct)

Numero delle campate: 44 + 36

Number of spans: 44 + 36

Luci delle campate: 4 da 28,30 m + 76 da 38,50 m

Length of spans: 4 of 28,30 m + 76 of 38,50 m

Lunghezza totale dei viadotti: 1.673,60 m + 1.365,60 m = 3.039,20 m

Overall length of viaducts: 1.673,60 m + 1.365,60 m = 3.039,20 m

Larghezza dei viadotti: 12,50 m

Viaducts width: 12,50 m

Spessore dei viadotti in chiave: 0,90 m

Viaducts thickness at the crown: 0,90 m

Spessore dei viadotti alle imposte: 1,95 m

Viaducts thickness at the springers: 1,95 m

Spessore della soletta: da 25 cm a 60 cm

Deck slab thickness: 25 cm to 60 cm

Elementi strutturali precompressi: piastra di impalcato (longitudinalmente e trasversalmente), pile (solo nel viadotto Pietratagliata)

Prestressed structural elements: deck slab (longitudinally and transversally), piers (Pietratagliata viaduct only)

Tipo di precompressione: post-tensione

Type of prestressing: post-tensioning

Composizione dei cavi longitudinali: 8 trefoli diametro 0,6"

Longitudinal cable composition: 8 strands 0,6" diameter

Composizione dei cavi trasversali: 4 trefoli diametro 0,6" (impalcato del viadotto Pietratagliata)

Transversal cable composition: 4 strands 0,6" diameter (Pietratagliata viaduct deck)

Diametro delle barre: 32 mm (trasversalmente all'impalcato del viadotto Pontebba, pile)

Bar diameter: 32 mm (transversal to Pontebba viaduct deck, piers)

Tensione iniziale dei trefoli: 136 kg/mm²

Initial stress in the strands: 136 kg/mm²

Tensione iniziale delle barre: 72 kg/mm²

Initial stress in the bars: 72 kg/mm²

Tensione di esercizio dei trefoli: 108 kg/mm²

Effective stress in the strands: 108 kg/mm²

Tensione di esercizio delle barre: 52 kg/mm²

Effective stress in the bars: 52 kg/mm²

Sforzo massimo di compressione nel calcestruzzo:

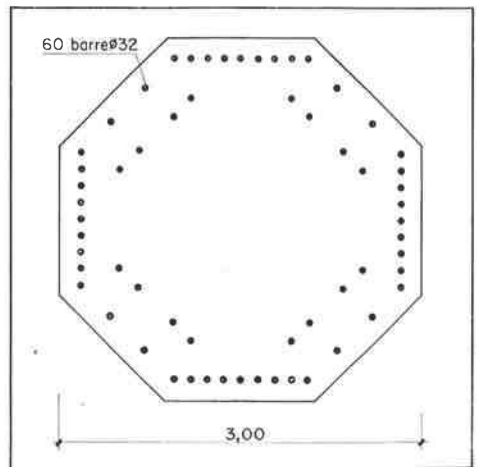
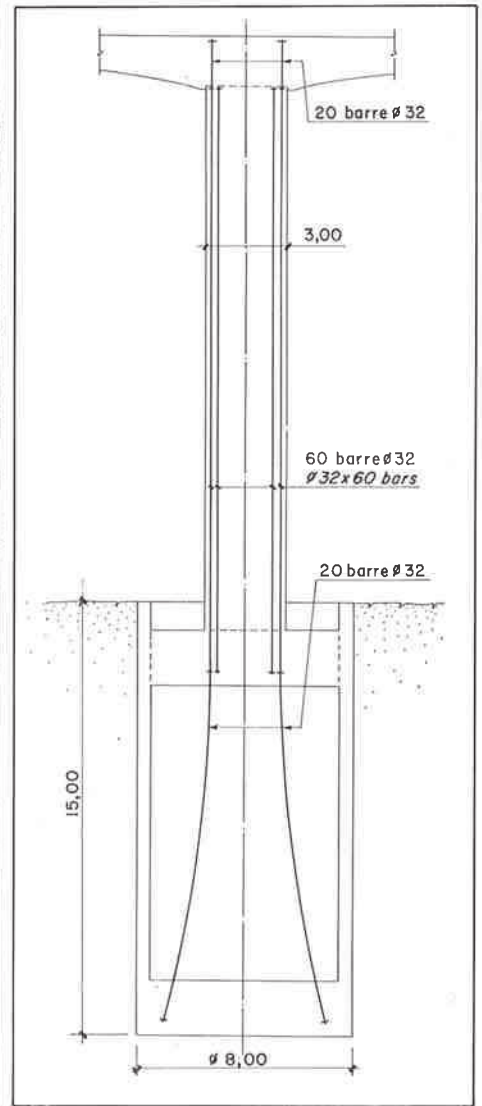
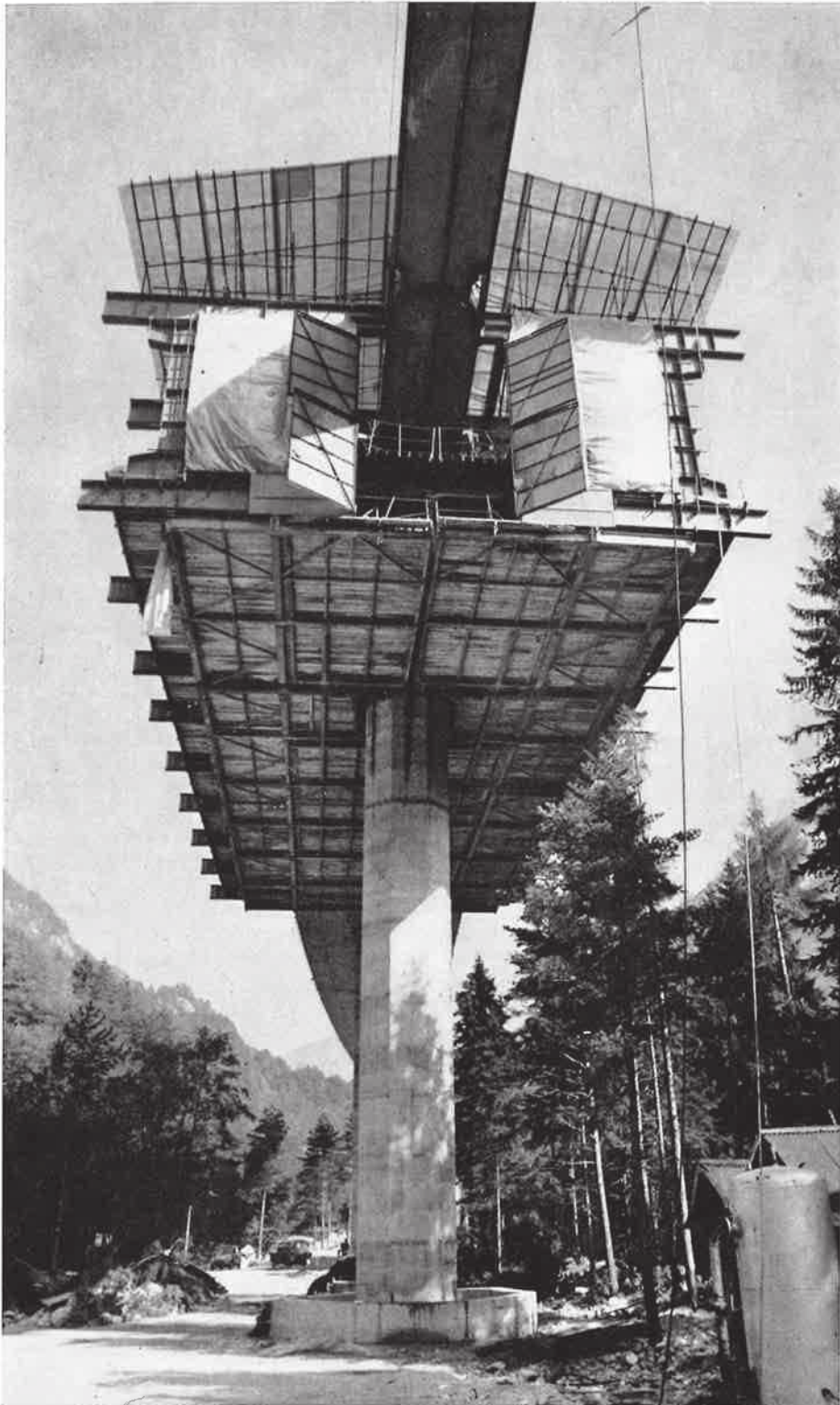
Maximum compressive stress in the concrete:

— all'atto della precompressione: 115 kg/cm²

— at time of tensioning: 115 kg/cm²

— in esercizio: 120 kg/cm²

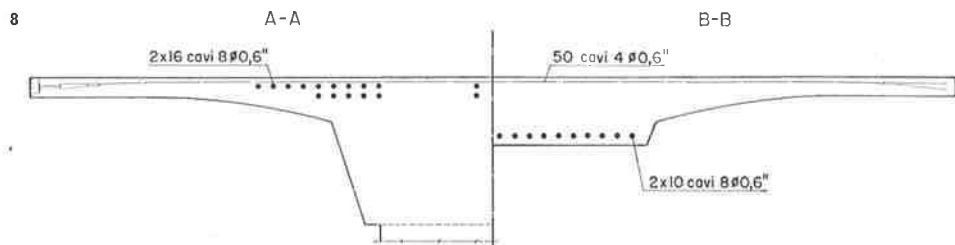
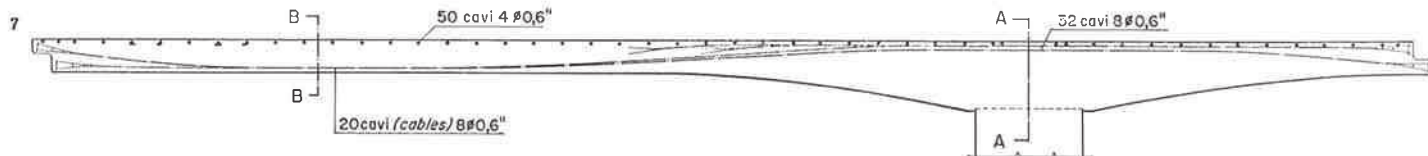
— under service conditions: 120 kg/cm²



(Chiolini)

2 - La centina mobile, a struttura portante superiore, in fase di avanzamento; la macchina-officina è protetta dall'ambiente esterno, molto rigido, ed è provvista di impianto di riscaldamento; 3 - L'interno della centina mobile durante il getto; 4-5 - Sezioni verticale ed orizzontale di una pila con la disposizione delle barre di precompressione (solo per il viadotto Pietratagliata); 6 - Il viadotto Pontebbana si snoda seguendo il percorso del fiume Fella; a sinistra l'abitato di Pontebba; 7 - Sezione longitudinale dell'impalcato con la disposizione dell'armatura di precompressione; 8 - Sezione trasversale dell'impalcato con la disposizione dell'armatura di precompressione: a sinistra, in asse pila; a destra, in campata.

2 - The mobile centering, of the overslung loadbearing structure type, during advancement; the mobile work-shop is protected against the very severe environment, and it is fitted with heating; 3 - The inside of the mobile centering during casting; 4-5 - Vertical and horizontal sections of a pier with the positioning of the prestressing of the prestressing bars (only for the Pietratagliata Viaduct); 6 - The Pontebba viaduct winds along the route of the river Fella; to the left the town of Pontebba; 7 - Longitudinal section of the span with the positioning of the prestressing steel; 8 - Cross section of the deck, with the position of the prestressing steel: to the left, in the pier axis, to the right, along the span.



9

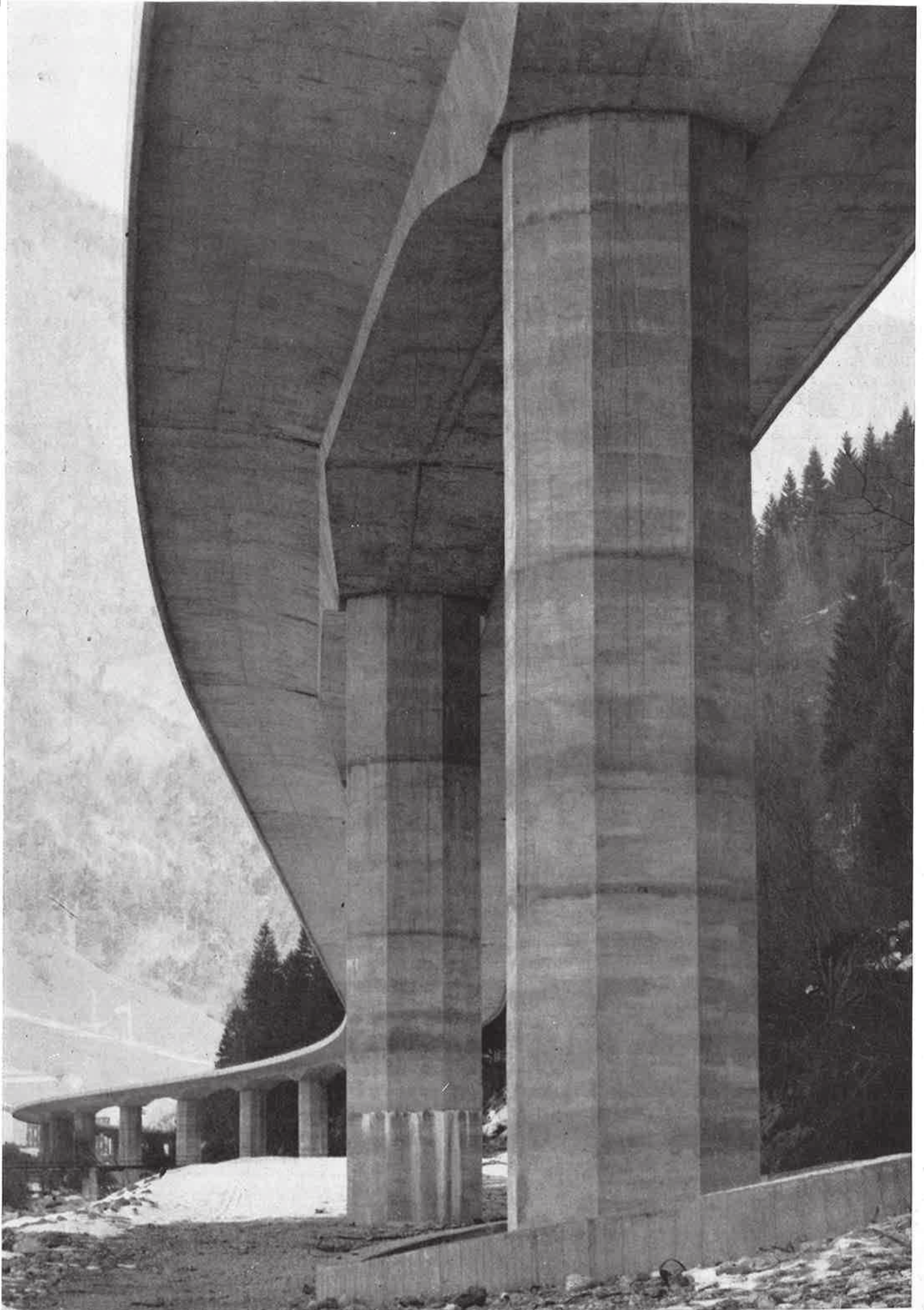


10



9 - Vista dal basso del viadotto Pietratagliata; 10 - Il tracciato curvilineo del viadotto Pontebba rispetta le asperità del versante montuoso; 11 - La soffitatura del viadotto Pontebba e l'impianto delle pile.

9 - View of the Pietratagliata viaduct, taken from below; 10 - The curved route of the Pontebba viaduct follows the ruggedness of the mountain-side; 11 - The soffit and piers structure of the Pontebba viaduct.



Sforzo massimo di trazione nel calcestruzzo: 22 kg/cm²
Valore caratteristico del carico di rottura cubico del calcestruzzo della struttura precompressa, a 28 giorni: 500 kg/cm² (impalcato), 400 kg/cm² (pile)
Carico di rottura dell'acciaio: 180 kg/mm² (cavi), 105 kg/mm² (barre)
Limite convenzionale dell'acciaio dei cavi all'1%: 160 kg/mm²
Carico di snervamento dell'acciaio delle barre: 85 kg/mm²

*Maximum tensile stress in the concrete: 22 kg/cm²
Characteristic value of cube crushing strength of the prestressed concrete at 28 days: 500 kg/cm² (deck), 400 kg/cm² (piers)
Ultimate steel strength: 180 kg/mm² (cables), 105 kg/mm² (bars)
Conventional steel strength at 1% elongation: 160 kg/mm²
Yield strength of steel bars: 85 kg/mm²*

GENERALITA'

L'ammodernamento della S.S. n. 13, nell'intento di eliminare le difficoltà di tracciato esistenti (curve molto strette, passaggi a livello, sottopassi ferroviari, attraversamento di abitati), prevede raggi di curvatura plano-altimetrici molto ampi e ciò avrebbe comportato, secondo un tracciato tradizionale, una serie ininterrotta, lungo l'aspro versante, di successive trincee, rilevati, viadotti e gallerie, con gravi alterazioni dei declivi, in parte franosi, e irreparabili disastri ambientali. Si è preferito perciò spostare il tracciato in modo che seguisse quanto più possibile il fondo alveo del fiume Fella.

Le strutture dei viadotti sono state calcolate per gli effetti sismici di I categoria.

SOLUZIONE STRUTTURALE

Lo schema statico si configura come una serie indefinita di telai zoppi, con impalcato monolitico con i piedritti e con giunti di dilatazione e appoggi scorrevoli posizionati nel punto ideale di momento nullo sotto i carichi permanenti. La piastra d'impalcato è precompressa longitudinalmente e trasversalmente.

MODALITA' COSTRUTTIVE

I viadotti sono stati gettati in opera con l'impiego di una centina mobile, costituita da una trave scatolare portante sovrastante il piano d'impalcato; travi trasversali solidali con essa abbracciano l'intera sagoma della piastra d'impalcato per l'intera distanza (38,50 m) intercorrente tra un giunto e l'altro. La centina mobile appoggia, a tergo, sull'impalcato già costruito e precompresso, proteso a sbalzo dall'ultima pila, e in avanti sulla testa libera della pila successiva. La centina è una vera officina mobile, ogni operazione è meccanizzata, il suo ritmo di avanzamento è di una campata alla settimana (481,25 m² di viadotto); l'impalcato lasciato a tergo della centina risulta autovarante e transitabile, sia per quanto riguarda l'accesso del personale, che il rifornimento di tutti i materiali da costruzione.

MATERIALI ADOPERATI:

- calcestruzzo per strutture precomprese: 29.200 m³
- armatura ordinaria per strutture precomprese: 2.400 t
- acciaio per armature di precompressione: 820 t (cavi), 550 t (barre)

COMMITTENTE: A.N.A.S. - Trieste

IMPRESA: Collini S.p.A. - Trento

SISTEMA DI PRECOMPRESSIONE: Tesit (cavi longitudinali d'impalcato), Dywidag (barre trasversali d'impalcato), Mc Call (barre per le pile)

GENERAL

The modernization of State Road No. 13, with the intention of removing existing route inconveniences (very tight curves, railway crossings and underpasses, crossing of villages), provides for very large-radius altimetric and planimetric curves, and this would have involved, with traditional routing, a continuous series of successive cuts, fills, viaducts and tunnels along the sharper slope. This would have given rise to serious degradation of the slopes, which are in part subject to landsliding, and to irreparable environmental disasters. It was therefore preferred to move the route downward so that it would follow as far as possible the bed of the Fella river.

The viaduct structures were designed to withstand the effects of earthquakes of the 1st category.

STRUCTURAL SOLUTION

The static scheme is an indefinite series of asymmetric portals, the deck being monolithic with the piers, and the expansion joints and sliding bearings being positioned at the ideal point, where the moment vanishes under the dead loads. The deck-plate is longitudinally and transversely prestressed.

CONSTRUCTION SYSTEM

The viaducts were cast in situ using a movable steel truss centering formed of a loadbearing box girder lying over the deck plane; transverse beams solidly attached to it cover the whole profile of the deck slab for the entire distance (38,50 m) lying between one joint and the next. The steel truss centering bears, in the back, on the already built and prestressed deck, cantilevered from the last pier, and bears ahead on the free head of the next pier. The centering is a true mobile workshop, every operation being mechanized, and its rate of advance is a span per week (481,25 m² of viaduct); the deck left behind the movable centering is self launching and transitable, by both personnel and delivery of all the construction materials.

CONSUMPTION OF MATERIALS:

- concrete for prestressed structures: 29.200 m³
- reinforcing steel for prestressed structures: 2.400 t
- prestressing steel: 820 t (cables), 550 t (bars)

OWNER: A.N.A.S. - Trieste

CONTRACTOR: Collini S.p.A. - Trento

PRESTRESSING SYSTEM: Tesit (deck longitudinal cables), Dywidag (deck transversal bars), Mc Call (pier bars)

Terzo ponte di terraferma a Lagos (Nigeria)

Third mainland bridge in Lagos (Nigeria)

Progetto:

**Dott. Ing. Lucio Lonardo, Dott. Ing. Franco Cortiana,
Dott. Ing. Emanuele Ejike (IN.CO. - Ingegneri Consulenti - Milano)**

PERIODO DI COSTRUZIONE: 1976 - 1980

Schema statico: sequenza indefinita di telai a T, collegati in chiave da cerniere fisse o scorrevoli

Numero delle campate: 128 (ponte principale) + 89 (rampe)

Luci delle campate: 45,00 m (campata tipica), 54,00 m + 60,00 m + 60,00 m + 54,00 m (campate di navigazione)

Lunghezza totale del ponte: 2×2.922 m (ponte principale) + 3.982 m (rampe)

Larghezza del ponte: 33,10 m (ponte principale), 11,60 m (rampe)

Spessore del ponte: 63 cm (in mezzeria), 1,98 m (sulle pile)

Elementi strutturali prefabbricati: gusci di contenimento dei plinti, cassoni spartitraffico

Elementi strutturali precompressi: impalcato

Tipo di precompressione: post-tensione

Composizione dei cavi: 15 trefoli diametro 0,6" (longitudinalmente)

Diametro delle barre: 32 mm (trasversalmente)

Tensione iniziale: 126 kg/mm² (trefoli), 93,5 kg/mm² (barre)

Tensione di esercizio: 106 kg/mm² (trefoli), 75 kg/mm² (barre)

Sforzo massimo di compressione nel calcestruzzo:

— all'atto della precompressione: 152 kg/cm²

— in esercizio: 162 kg/cm²

Valore caratteristico del carico di rottura cubico del calcestruzzo della struttura precompressa a 28 giorni: 470 kg/cm²

Carico di rottura dell'acciaio: 180 kg/mm² (trefoli); 125 kg/mm² (barre)

Limite convenzionale dell'acciaio all'1%: 160 kg/mm² (trefoli)

Carico di snervamento dell'acciaio: 110 kg/mm² (barre)

SOLUZIONE STRUTTURALE

Data la situazione sfavorevole dei terreni di fondazione e la conseguente necessità di adottare pali trivellati \varnothing 1,50 m con lunghezza media di 42 m, e tenuto conto dell'onere della realizzazione dei plinti semisommersi e delle pile, di altezza attorno ai 10 m, si comprende che l'elevato costo delle sottostrutture ha avuto un ruolo determinante nella scelta della luce tipica degli impalcato, ottimizzata nella misura di 45 m. La notevole larghezza della piattaforma del ponte principale (33,10 m fuori tutto) ha suggerito di sostenere con strutture separate ciascuna delle due carreggiate unidirezionali; ciò ha reso possibile risolvere in maniera analoga, con favorevole effetto, circa l'unitarietà dell'aspetto estetico, le scelte strutturali relative agli impalcato delle rampe per le quali sono state opportunamente adattate le dimensioni della sezione trasversale. Gli impalcato sono costituiti da piastre massicce sagomate sia trasversalmente che longitudinalmente. Lo schema strutturale in fase di costruzione è, in senso longitudinale, a doppio sbalzo, simmetrico rispetto all'asse della pila; tale schema viene successivamente modificato, a fenomeni lenti in buona parte scontati, collegando le estremità degli sbalzi affacciati con cerniere plastiche in cemento armato, realizzate in seconda fase. In corrispondenza ai giunti di dilatazione (mediamente ogni tre campate) si sono invece realizzate cerniere scorrevoli in calcestruzzo corazzato. La conformazione della pila a doppia lama, atta quindi ad assorbire elevati momenti longitudinali derivanti dallo sbilanciamento dei carichi verti-

Design:

**Dott. Ing. Lucio Lonardo, Dott. Ing. Franco Cortiana,
Dott. Ing. Emanuele Ejike (IN.CO. - Consulting Engineers - Milan)**

TIME OF CONSTRUCTION: 1976 - 1980

Static scheme: indefinite sequence of T frames, connected at midspan by fixed or sliding hinges

Number of spans: 128 (main bridge) + 89 (viaducts)

Length of spans: 45,00 m (typical span), 54,00 m + 60,00 m + 60,00 m + 54,00 m (navigable spans)

Overall length of bridge: 2×2.922 m (main bridge) + 3.982 m (viaducts)

Bridge width: 33,10 m (main bridge), 11,60 m (viaducts)

Deck depth at midspan: 63 cm (at midspan), 1,98 m (on piers)

Prefabricated structural elements: footing-containing shells, traffic-separator caisson structures

Prestressed structural elements: decks

Type of prestressing: post-tensioning

Cable composition: 15 strands 0,6" diameter (longitudinally)

Bar diameters: 32 mm (transversally)

Initial stress: 126 kg/mm² (strands), 93,5 kg/mm² (bars)

Effective stress: 106 kg/mm² (strands), 75 kg/mm² (bars)

Maximum compressive stress in the concrete:

— at time of tensioning: 152 kg/cm²

— under service conditions: 162 kg/cm²

Characteristic value of cube crushing strength of the prestressed concrete at 28 days: 470 kg/cm²

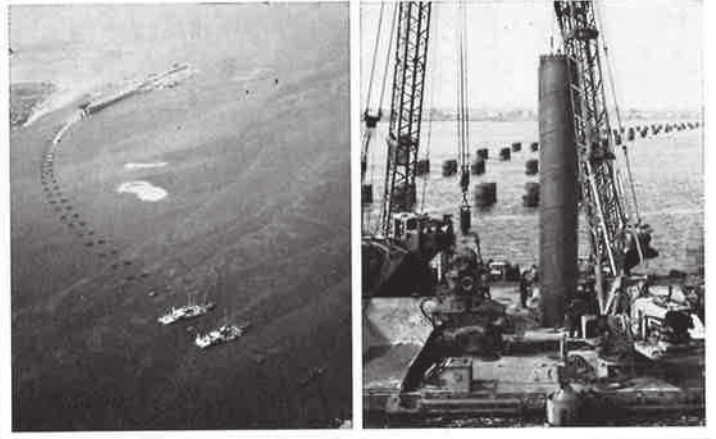
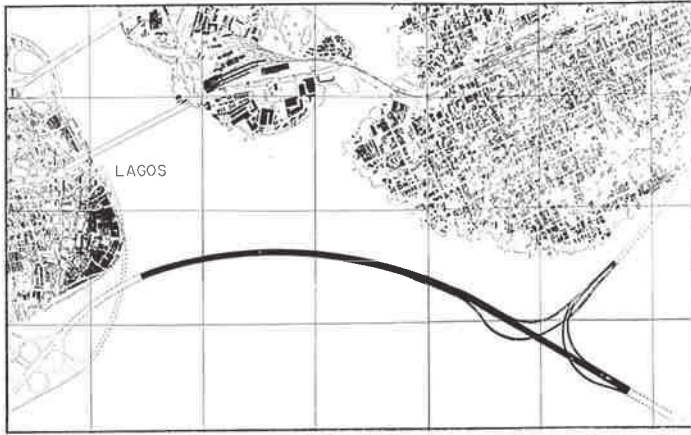
Ultimate steel strength: 180 kg/mm² (strands); 125 kg/mm² (bars)

Conventional steel strength at 1% elongation: 160 kg/mm² (strands)

Steel yield strength: 110 kg/mm² (bars)

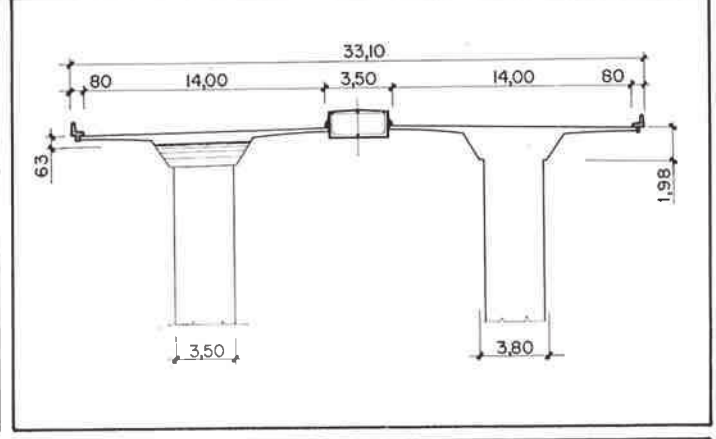
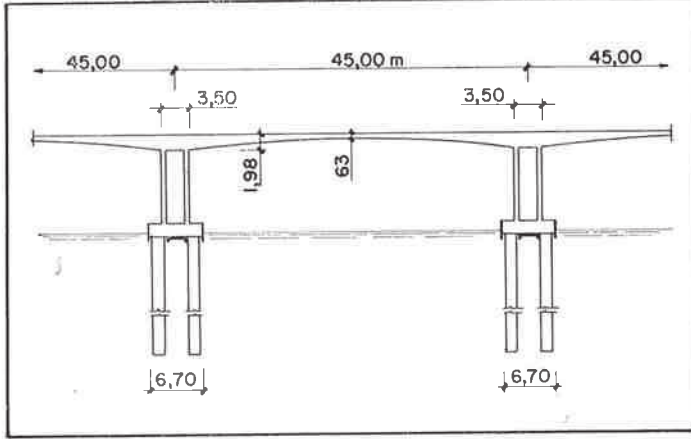
STRUCTURAL SOLUTION

Because of the unfavourable state of the foundation soil and the consequent need to adopt \varnothing 1,50 m drilled piles having an average depth of 42 m, and considering the onerousness of the task of building semi-submerged footings and piers, about ten metres tall, obviously the high cost of the substructures played a determining role in the choice of typical deck span, the optimum length being fixed at 45 m. The noteworthy width (33,10 m total) of the main-bridge deck suggested that separate structures be used to support the two oneway carriageways; this made it possible to solve in a similar manner, with pleasing aesthetic unity, the structural problems relating to the ramp decks, the deck cross section dimensions being suitably adapted for them. The decks are formed of solid slabs templated, both transversely and longitudinally. During construction the longitudinal structural scheme was that of a double cantilever, symmetric with respect to the pier axis; when creep and shrinkage effects had finished acting, this scheme was modified by connecting the ends of the facing cantilevers with plastic hinges in reinforced concrete, this being done in a second phase. At the expansion joints (in average one every three spans) sliding hinges were built, in armoured reinforced concrete. The double-blade pier configuration, suited to sustaining high longitudinal bending moments arising from unbalanced vertical loads, and ductile enough to take the longitudinal



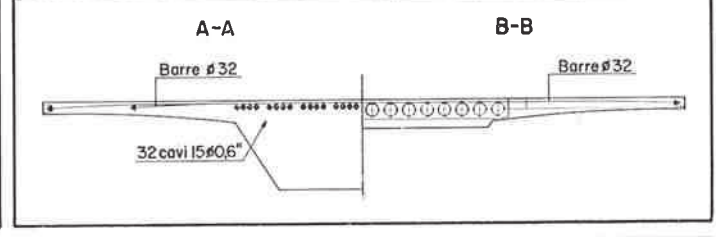
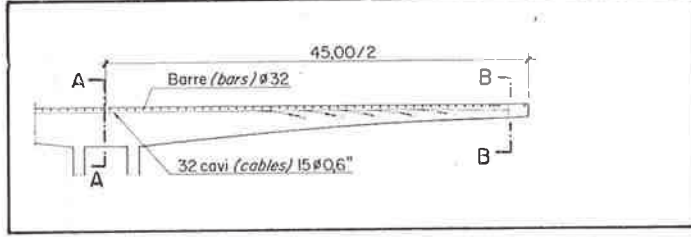
1

3



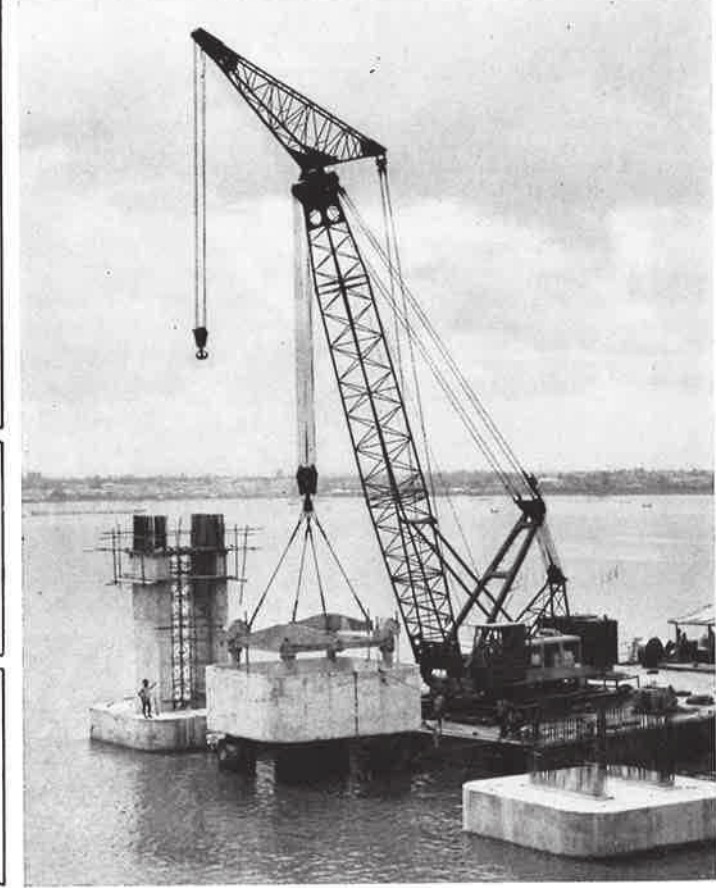
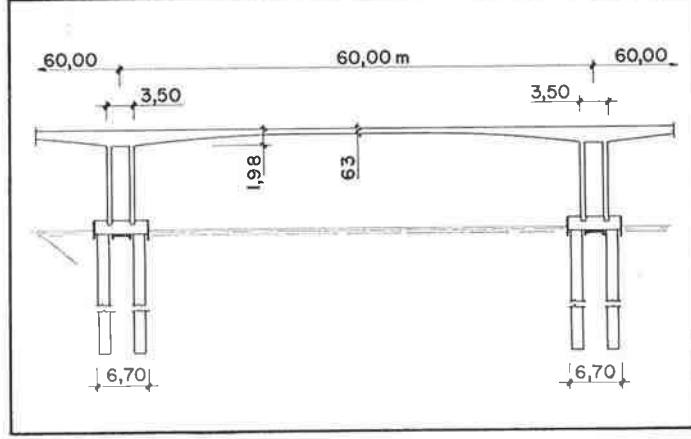
4

5

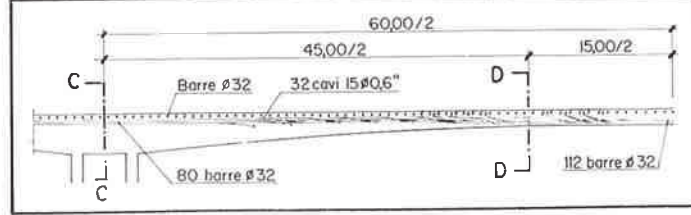


6

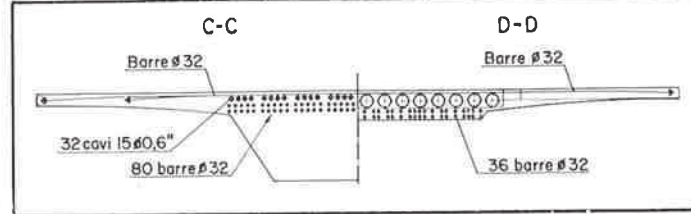
7



8



9

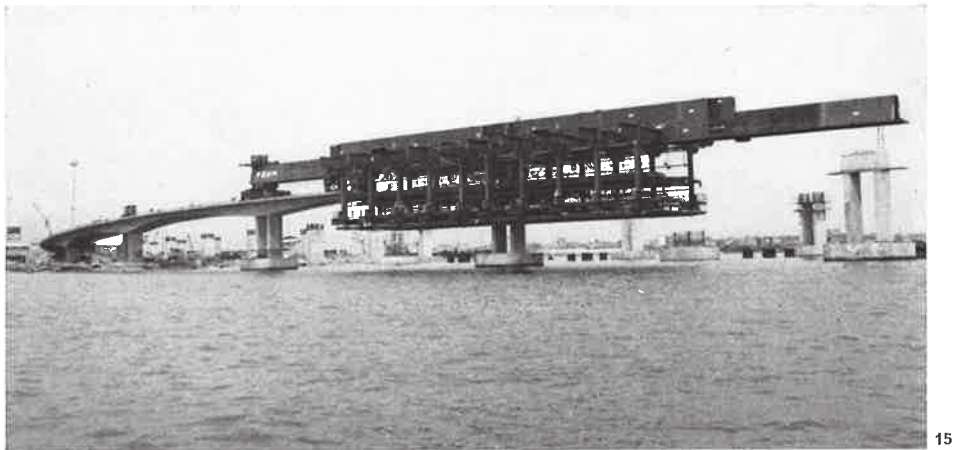
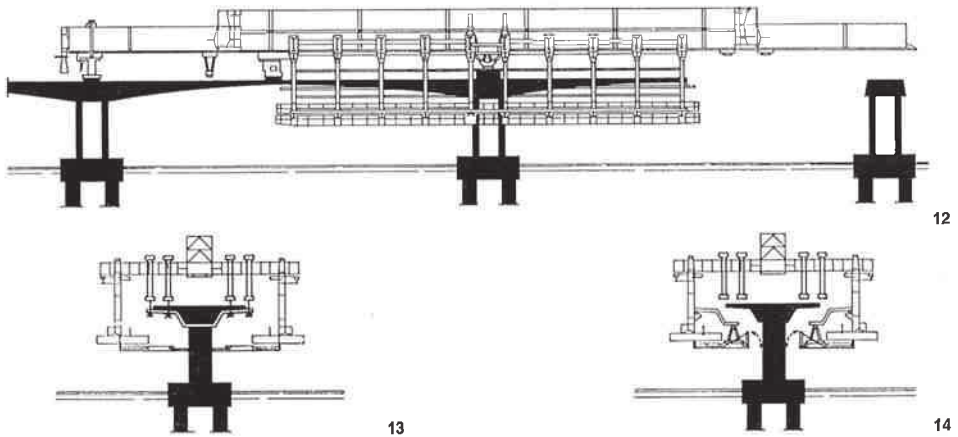


10

11

1 - Planimetria generale del terzo ponte di terraferma; 2 - Panoramica dei lavori del ponte: in primo piano la costruzione delle palificazioni delle luci navigabili, sullo sfondo il cantiere; 3 - L'infissione dal pontone della camicia di un palo; 4 - Sezione longitudinale della campata di luce 45 m; 5 - Sezione trasversale delle campate di luce 45 e 60 m; 6-7 - Disposizione dell'armatura di precompressione nelle sezioni longitudinale e trasversali della campata di luce 45 m; 8 - Sezione longitudinale della campata navigabile di luce 60 m; 9-10 - Disposizione dell'armatura di precompressione nelle sezioni longitudinale e trasversali della campata di luce 60 m; 11 - Posa in opera di un guscio prefabbricato per il getto di un pilino semisommerso; 12 - Vista di una centina mobile a struttura portante superiore per il getto delle rampe; 13-14 - Sezioni trasversali della centina in fase di getto e di avanzamento; 15 - La centina a struttura portante superiore in azione per il getto delle rampe; 16 - La centina in fase di rotazione su un'unica pila, per la manovra di trasferimento; 17 - Schema di avanzamento della centina mobile a struttura portante superiore; 18 - Panoramica di macchine e attrezzature durante il getto di una campata di rampa; la taxi-betoniera in primo piano rifornisce di calcestruzzo una pompa su pontone galleggiante, della quale è visibile il braccio che si introduce nella centina.

1 - Masterplan of the third mainland bridge; 2 - Air view of bridge under construction: close-up are the piles of the navigable spans in construction, in the background the construction yard; 3 - Pile casings being driven from a pontoon; 4 - Longitudinal section of the 45 m long span; 5 - Cross section of the 45 m and 60 m long spans; 6-7 - Positioning of the prestressing steel in the longitudinal section and cross sections of the 45 m long span; 8 - Longitudinal section of the 60 m long navigable span; 9-10 - Positioning of the prestressing steel in the longitudinal section and cross sections of the 60 m long span; 11 - In situ positioning of a precast shell for the casting of a semi-submerged footing; 12 - View of a mobile centering of the overslung load-bearing structure type, for the casting of the access viaducts; 13-14 - Cross sections of the centering during casting and advancement phases; 15 - The overslung structure centering during casting operations for the viaducts; 16 - The overslung loadbearing structure centering in rotation on one pier during transfer manoeuvres; 17 - Advancement scheme of the overslung load-bearing structure centering; 18 - Full view of machines and equipment during viaduct casting operations; close up is visible, the mobile concrete mixer, which supplies with concrete a pump on the floating pontoon, the hose, entering the centering is evident too.

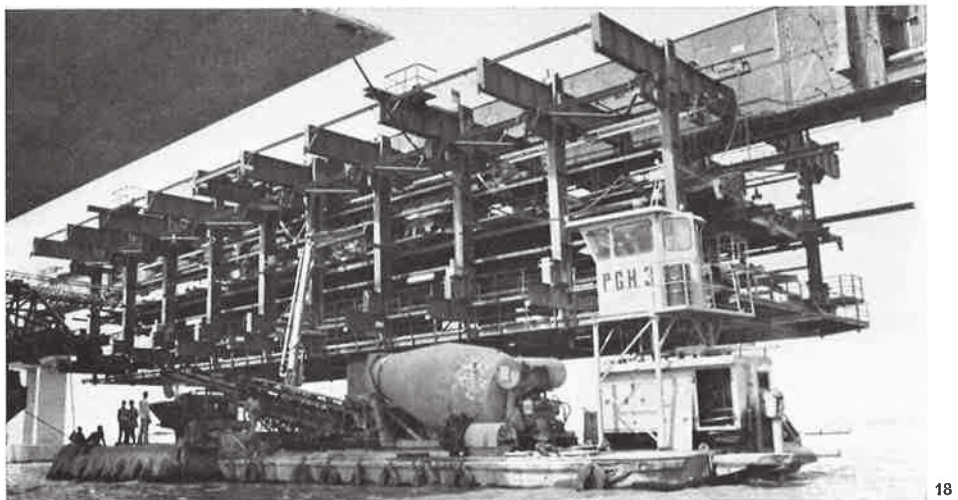
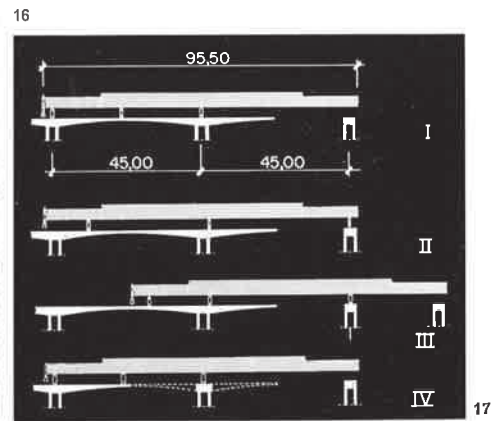


Legenda fig. 17:

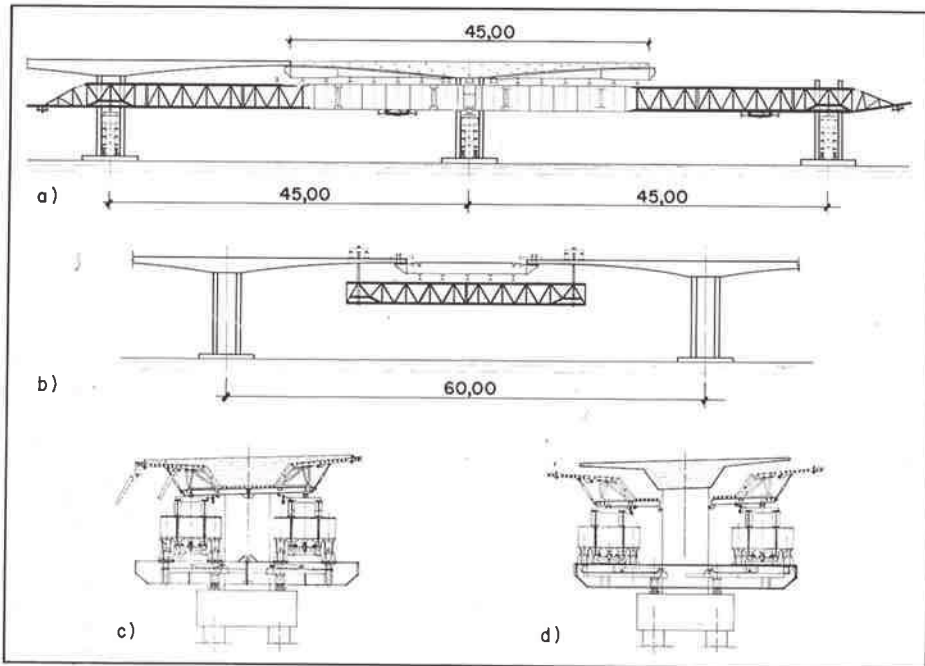
I - Posizione in fase di getto; II - Avanzamento degli appoggi; III - Avanzamento della centina; IV - Nuova posizione in fase di getto.

Key to fig. 17:

I - Position during casting; II - Advancement of the supports; III - Advancement of the centering; IV - New position during casting.



19 - Centina mobile a struttura portante inferiore per il getto delle campate del ponte principale:
 a) vista della struttura per il getto della campata di luce 45 m; b) vista della struttura per il getto di completamento della campata di luce 60 m; c) sezione trasversale della centina in posizione di getto; d) sezione trasversale della centina in fase di avanzamento; 20 - Vista della centina a struttura portante inferiore in azione per il getto di una campata del ponte principale; 21 - Le luci di navigazione da 60 m della carreggiata Nord sono in fase di completamento, mentre la seconda centina (a sinistra) affronta la carreggiata Sud; 22 - Posa in opera dell'armatura di un impalcato del ponte principale; sullo sfondo una centina mobile per la costruzione delle rampe, in fase di trasferimento; 23 - Dettaglio dell'armatura di uno sbalzo della campata navigabile; 24 - Fase di disarmo di uno sbalzo di una campata navigabile; resta da effettuare il getto della porzione centrale, di lunghezza 15 m, tra i due sbalzi affacciati qui visibili.

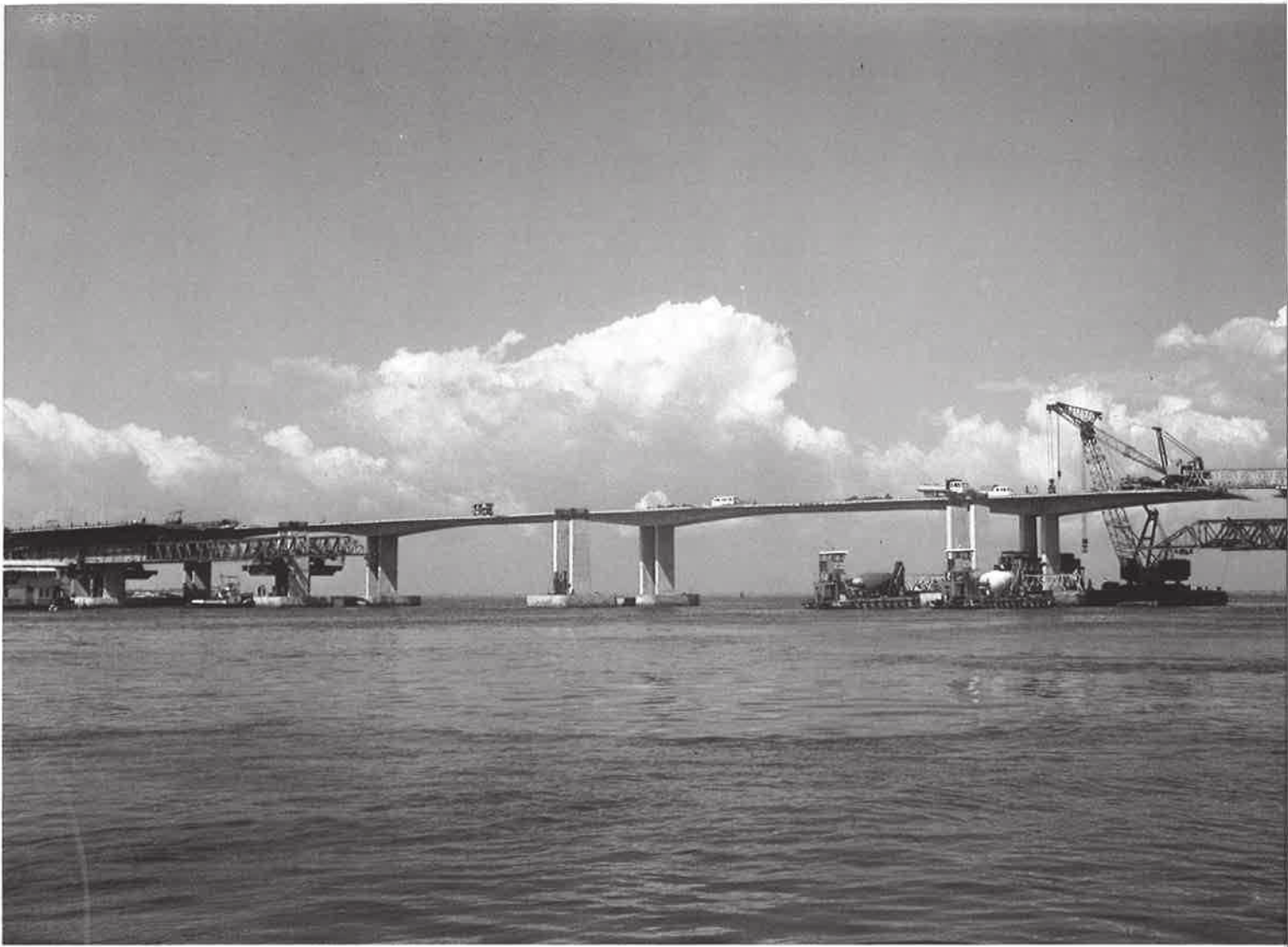


19 - The mobile centering of the underslung load-bearing structure type, utilized in casting the spans of the main bridge: a) view of the structure utilized for the casting of the 45 m span; b) view of the structure utilized for the completion of the 60 m span; c) cross section of the centering in its casting position; d) cross section of the centering during advancement; 20 - View of the underslung loadbearing structure centering in action for the casting of a span of the main bridge; 21 - The 60 m navigable spans of the North carriageway in completion, while the second centering (left) is working on the South carriageway; 22 - In situ positioning of the reinforcing steel of the deck of the main bridge; in the background the mobile centering for the construction of the viaducts, during transfer; 23 - Detail of the reinforcing steel of a cantilever of the navigable span; 24 - Dismantling of the cantilever of the centering for the casting of the central segment, 15 m long, is still to be effected between the two opposite cantilevers visible.

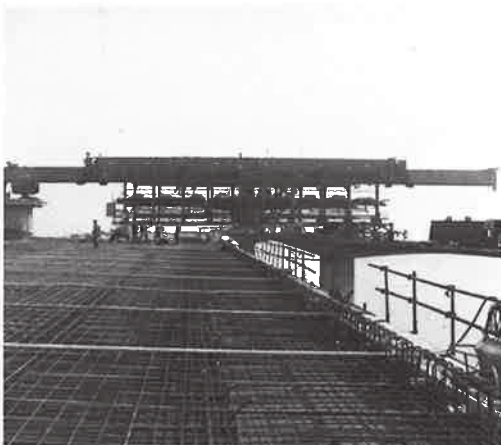
19

20





21



22



23



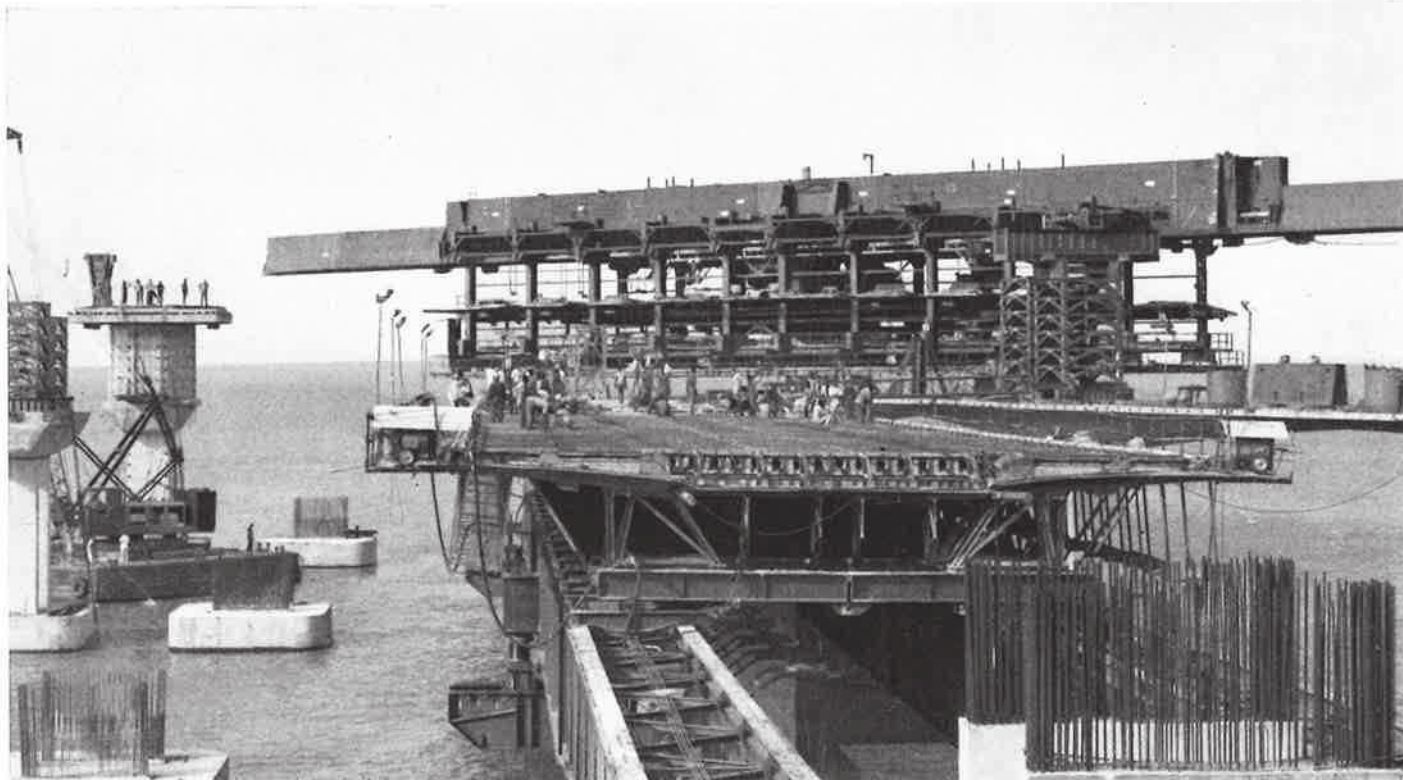
24

25 - Armatura di una cerniera scorrevole di collegamento tra due impalcati, sormontata dagli angolari di sostegno del giunto di dilatazione; 26 - Terminata la costruzione della rampa, visibile a destra, la centina mobile a struttura portante superiore, è in fase di trasferimento su un diverso posto di lavoro; in primo piano è invece la centina a struttura portante inferiore per il getto delle campate del ponte principale; 27 - In primo piano la centina a struttura portante superiore per il getto delle rampe, in fase di rotazione per il trasferimento; in secondo piano, sotto l'impalcato già gettato è visibile la centina mobile a struttura portante inferiore per le campate del ponte principale; 28 - Veduta aerea del terzo ponte in fase di completamento; in primo piano l'isola di Lagos; 29 - Veduta aerea del ponte e delle rampe in fase di completamento nella laguna di Lagos; 30 - Una rampa va a congiungersi ad una carreggiata del ponte principale; 31 - Ventaglio di rampe nella laguna di Lagos.

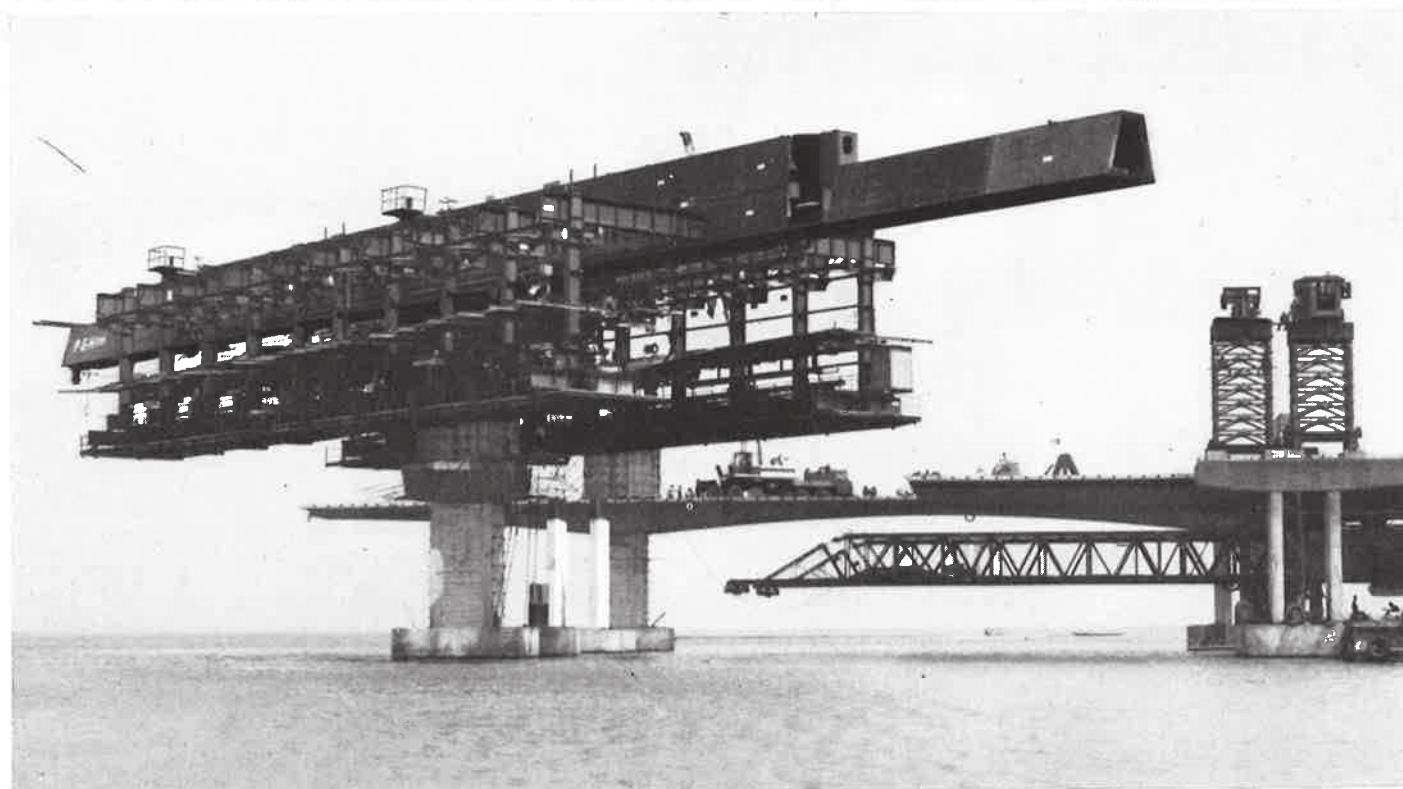
25 - The reinforcing steel of a sliding hinge, connecting two decks, surmounted by the supporting braces of the expansion joint; 26 - After completion of the viaducts visible to the right, the overslung loadbearing structure centering is seen during transfer to a different work stage; close up, instead, is the underslung loadbearing structure centering for the casting of the main bridge; 27 - Close up the overslung loadbearing structure centering for the casting of the viaducts, during rotation for the transfer; in the background, under the deck already cast, the underslung loadbearing structure centering, is visible, utilized for the spans of the main bridge; 28 - Air-view of the third bridge during completion; in the foreground the isle of Lagos; 29 - Air-view of the bridge and viaducts during completion in the Lagos lagune; 30 - An access viaduct joining the main bridge; 31 - The new structures in the Lagos lagune.



25



26

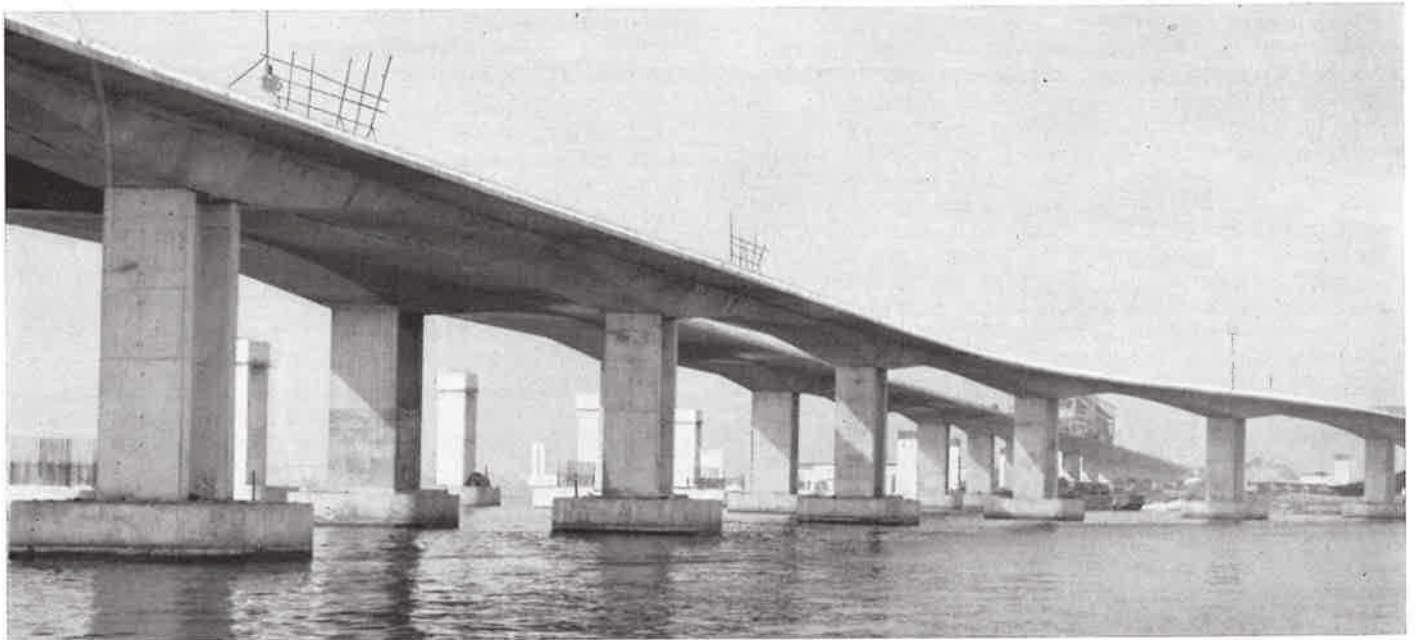


27

28



29



30



31

cali, ma sufficientemente duttile per accettare le dilatazioni longitudinali dell'impalcato reso continuo, deriva immediatamente dallo schema a sequenza di telai a T ora definito.

Da citare, fra i vantaggi della soluzione strutturale prescelta, l'insensibilità ai cedimenti di fondazione, l'assenza di apparecchi di appoggio, la concentrazione delle funzioni portanti in pochissimi elementi di minimo contorno, particolarmente opportuna nell'ambiente marino equatoriale di Lagos. Il ponte è stato calcolato, in accordo alle British Standards, per 45 unità di carico HB, corrispondenti ad un veicolo speciale a 4 assi di 180 t di peso e della lunghezza di circa 10 m, affiancato da normali carichi civili.

MODALITA' COSTRUTTIVE

I lavori sono iniziati con la realizzazione di un'isola artificiale in corrispondenza al baricentro dello svincolo di Ebute-Metta, ottenuta riportando sabbia per pompaggio, ciò che ha consentito di disporre in tempi brevi di un'area di cantiere altrimenti irripetibile. Sono quindi iniziati i lavori di palificazione, sia sull'isola stessa che in laguna, con l'impiego di pontoni modulari. Limitandoci alla sola struttura principale del viadotto, sono stati eseguiti 888 pali trivellati Ø 1500 mm, incamiciati con lamierino metallico per i 15-20 m superiori e sostenendo lo scavo a maggiore profondità (fino anche a 52 m) con l'ausilio di fanghi di bentonite. La perfetta riuscita dei getti è stata controllata su tutti i pali mediante carotaggio sonico per l'intera lunghezza. Plinti e pile sono stati eseguiti con sistemi tradizionali; per risolvere le difficoltà di esecuzione dei plinti semisommersi in laguna sono stati adottati dei gusci prefabbricati che, montati su pali di fondazione con l'ausilio di carpenterie recuperabili, hanno consentito di assemblare l'armatura dei plinti e di eseguire il getto degli stessi in ambiente asciutto e controllato.

Per la realizzazione degli impalcati, per i quali l'impostazione progettuale prevedeva il getto in opera, sono state impiegate complessivamente quattro centine mobili autovaranti. Due di queste, del tipo ormai noto a struttura portante superiore, atte alla esecuzione delle rampe con raggi di 250 m, sono state munite di tutti gli artifici necessari per la realizzazione delle complesse geometrie delle zone di transizione e svincolo. Le altre due centine, a struttura portante inferiore, sono state concepite ed impiegate per l'esecuzione degli impalcati del ponte principale. Fatto saliente la presenza delle campate di navigazione da 60 m, realizzate per fasi (dapprima impalcati standard di 45 m di lunghezza, a doppio sbalzo, ed in seguito elementi di completamento a chiusura dei varchi con realizzazione dello schema finale a piastra continua).

Grazie all'organizzazione di cantiere ed alla possibilità di effettuare disarmi rapidi, favoriti dal clima caldo-umido e da un programma di tesatura in più fasi, è stato spesso realizzato il ciclo completo di costruzione degli impalcati tipo nel tempo record di soli quattro giorni.

MATERIALI ADOPERATI:

- calcestruzzo per strutture precomprese: 91.500 m³
- armatura ordinaria per strutture precomprese: 7.960 t
- acciaio per armature di precompressione: 5.980 t

COMMITTENTE: Federal Ministry of Works - Lagos
IMPRESA: PGH Joint Venture fra: HI.CO.NI. (Nigeria) Ltd.;
Borini, Prono & Co. (Nigeria) Ltd.; S.A.I.U.G.E. (Nigeria) Ltd.
SISTEMA DI PRECOMPRESSIONE: Dywidag

expansion of a continuous deck, immediately derives from the T-frame sequence scheme now defined.

Among the advantages of the structural solution chosen are to be cited: insensitivity to foundation settlement, the absence of bearing devices, the concentration of load-bearing functions in a very few elements having minimum profile, something of special importance in the equatorial marine environment of Lagos. The bridge was designed in accordance with the British Standards to take 43 units of HB loading which means a special vehicle on 4 axles weighing 180 tons and about 10 m long, as well as with normal truck loads.

CONSTRUCTION SYSTEM

Work began with the creation of an artificial island at the center of gravity of the Ebute-Metta interchange, by the pumping of sand; thus in a brief time an otherwise unattainable site for a construction yard was available. The pile-driving then began, both on the island itself and in the lagoon, using modular pontoons. Considering only the main viaduct structure, 888 Ø 1500 mm bored piles were excavated, with a steel casing, on the upper 15-20 m; the excavation down to lower depths (as low as 52 m) was effected using bentonite muds. The pours were monitored for all piles by acoustic coreborings over their entire lengths. Footings and piers were built using traditional methods; to solve the problems in the construction of footings half submerged in the lagoon, precast shells were used, which, mounted on the foundation piles using recoverable steelworks, let the reinforcements for the footings be assembled and pours be made in a dry, controlled environment.

To build the decks, the design approach being their in-situ pour, four self-launching truss centerings were used. Two of these, of the loadbearing-structure overslung type, adapted to the construction of 250 m radius ramps, were furnished with all the expédients necessary for the creation of the complex geometries involved in the transition and interchange areas. The other two truss centerings, of the underslung type, were designed and used for the pour of the decks of the main bridge. A salient fact was the requirement for 60 m navigation spans, which were built in phases: first, standard 45 m long decks were built as double cantilevers, and afterward completion elements filled in the gap, realizing the final continuous slab scheme.

Due to the favourable yard organization and possibility of rapid de-moulding, enabled by the warm-humid climate and the cable tensioning procedures scheduled in various phases, it was possible to complete a cycle of typical decks in the record time of only four days.

CONSUMPTION OF MATERIALS:

- concrete for prestressed structures: 91.500 m³
- reinforcing steel for prestressed structures: 7.960 t
- prestressing steel: 5.980 t

OWNER: Federal Ministry of Works - Lagos
CONTRACTOR: PGH, Joint Venture of HI.CO.NI. (Nigeria) Ltd.;
Borini, Prono & Co. (Nigeria) Ltd.; S.A.I.U.G.E. (Nigeria) Ltd.
PRESTRESSING SYSTEM: Dywidag

Rafforzamento del Ponte del Grillo per l'attraversamento del fiume Tevere tra la Via Salaria e la Via Tiberina nei pressi di Roma

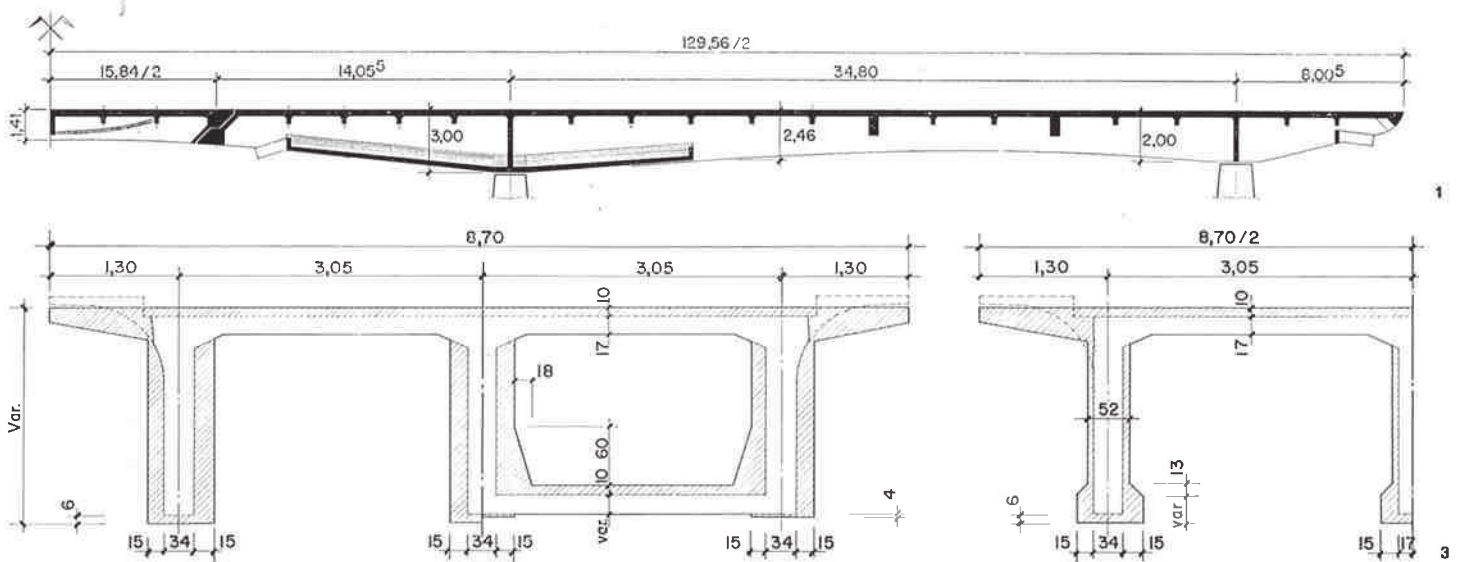
Strengthening of the «Ponte del Grillo» for the Tiber river crossing between the Via Salaria and the Via Tiberina near Rome

Progetto:
Prof. Ing. Carlo Cestelli Guidi, Prof. Ing. Giorgio Croci

Calcoli e particolari esecutivi:
Prof. Ing. Emanuele F. Radogna

Design:
Prof. Ing. Carlo Cestelli Guidi, Prof. Ing. Giorgio Croci

Design calculations and construction details:
Prof. Ing. Emanuele F. Radogna



1 - Sezione longitudinale di metà del ponte dopo il rafforzamento; 2 - Sezione trasversale del ponte (in tratteggiato la parte relativa al rafforzamento): a sinistra, in mezzeria della campata laterale; a destra, in prossimità della pila; 3 - Sezione trasversale parziale sulla mezzeria della trave centrale appoggiata (in tratteggiato la parte relativa al rafforzamento).

1 - Longitudinal section of half of the bridge after strengthening; 2 - Cross section of the bridge (the dashed line indicates strengthened parts): on the left, at center-point of the lateral span; on the right, in proximity to the pier; 3 - Partial cross-section at midspan of the central supported beam (the dashed line indicates the strengthened part).

PERIODO DELL'INTERVENTO: Ottobre 1980 - Settembre 1981

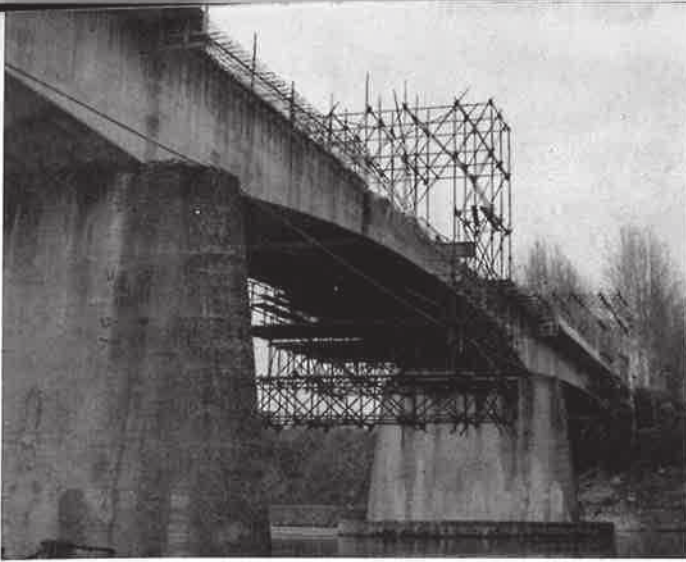
TIME OF STRENGTHENING WORK: October 1980 - September 1981

Schema statico: trave Gerber con sbalzi terminali
Numero delle campate: 3
Luci delle campate: 34,80 m - 43,95 m - 34,80 m
Luci degli sbalzi: 8,00 m
Lunghezza totale del ponte: 129,56 m
Larghezza del ponte: 8,70 m
Altezza dell'impalcato in mezzeria del ponte: 1,41 m
Altezza dell'impalcato sulle pile: 2,00 m e 3,00 m
Spessore della soletta: agli originali 17 cm sono stati aggiunti 10 cm in calcestruzzo leggero
Numero delle travi affiancate: 3

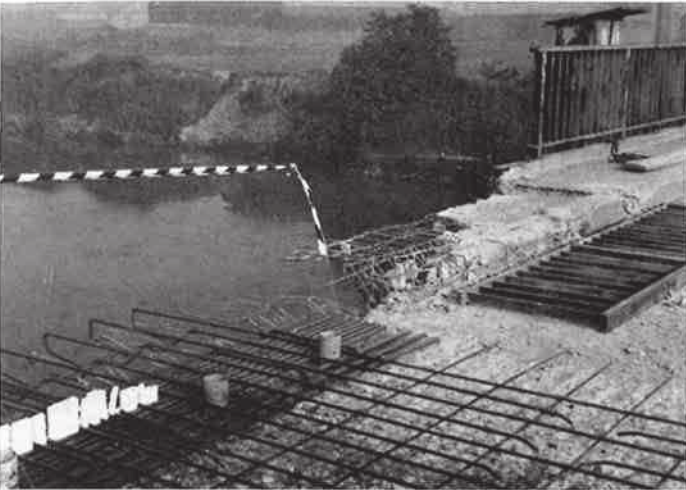
Static scheme: Gerber beam with end cantilevers
Number of spans: 3
Span length: 34,80 m - 43,95 m - 34,80 m
Cantilevers: 8,00 m
Overall length of the bridge: 129,56 m
Bridge width: 8,70 m
Deck depth at the middle of the bridge: 1,41 m
Deck depth over the piers: 2,00 m and 3,00 m
Deck slab thickness: to the original 17 cm, 10 cm of light-weight concrete were added
Number of parallel girders: 3

Elementi strutturali precompressi: nervature longitudinali
Tipo di precompressione: post-tensione
Composizione dei cavi: 6 oppure 8 trefoli diametro 0,6''
Tensione iniziale dei trefoli: 135 kg/mm²
Tensione di esercizio dei trefoli: 85 kg/mm²
Sforzo massimo di precompressione nel calcestruzzo, in esercizio: 100 kg/cm²
Valore caratteristico del carico di rottura cubico del calcestruzzo integrativo precompresso, a 28 giorni: 350 kg/cm²

Prestressed structural elements: longitudinal girders
Type of prestressing: post-tensioning
Cable composition: 6 or 8 strands 0,6'' diameter
Initial stress in the strands: 135 kg/mm²
Effective stress in the strands: 85 kg/mm²
Maximum prestressing stress in concrete, under service conditions: 100 kg/cm²
Characteristic value of cube crushing strength of the added prestressed concrete at 28 days: 350 kg/cm²



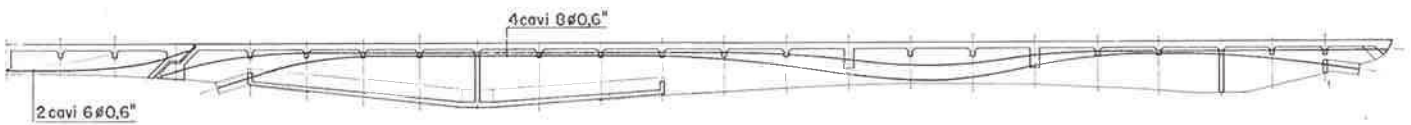
4



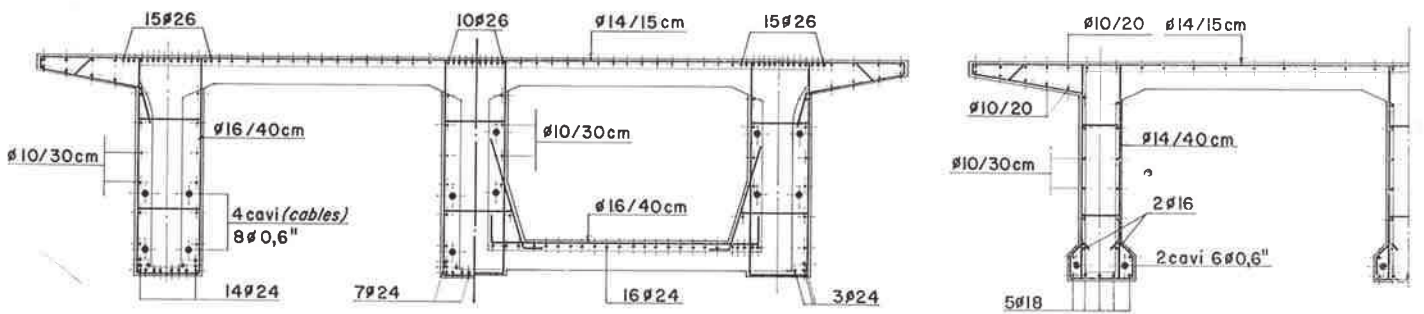
5



6



7

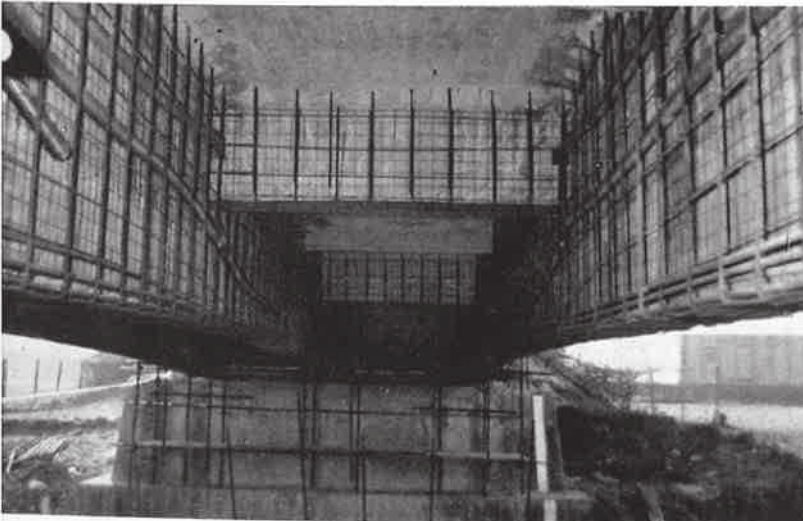


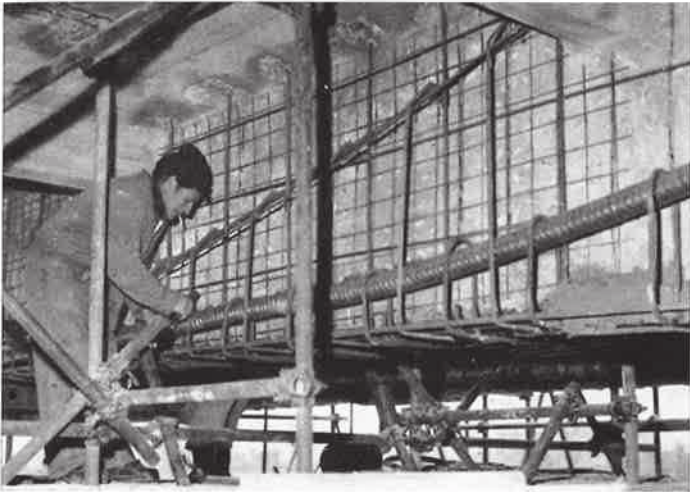
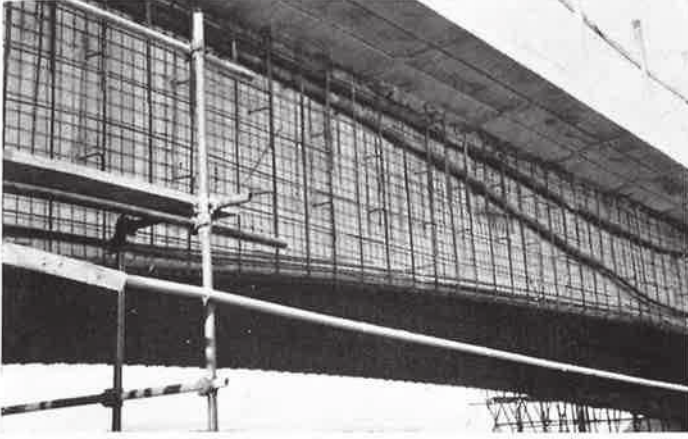
8

10

9

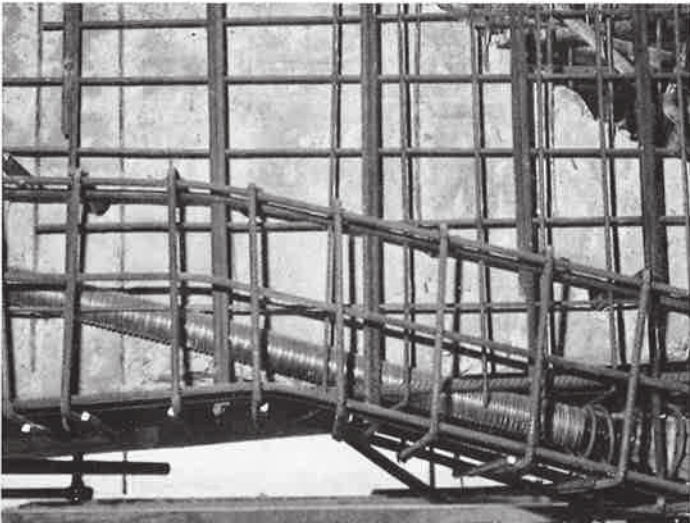
11

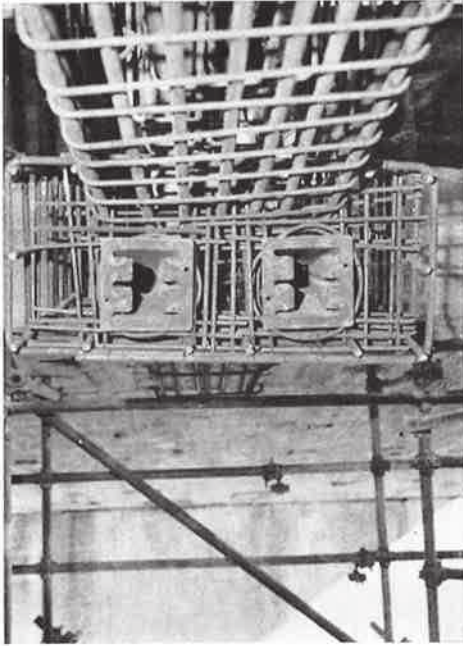




4 - Il ponte prima dell'intervento; si inizia a demolire la banchina laterale; 5 - L'armatura di rafforzamento della soletta d'impalcato; 6 - Viene scoperta l'armatura di una delle tre travi longitudinali; 7 - Disposizione dei cavi di precompressione nella sezione longitudinale; 8 - Disposizione dell'armatura aggiuntiva normale e di precompressione: a sinistra, in mezzzeria della campata laterale; a destra, in prossimità della pila; 9 - Disposizione dell'armatura aggiuntiva e di precompressione nella mezzzeria della trave centrale appoggiata; 10 - Vista parziale dell'intradosso del ponte durante il posizionamento dell'armatura aggiuntiva e di precompressione; 11 - L'armatura aggiuntiva del trasverso conserva la sua continuità, passando attraverso fori praticati nelle travi longitudinali; 12-13-14-15 - Il posizionamento dell'armatura aggiuntiva e di precompressione, delle travi longitudinali e dei trasversi; 16 - L'ancoraggio di un cavo di precompressione su una estremità del ponte; 17 - L'inizio delle operazioni di spruzzo della malta monogranulare, su una trave longitudinale di bordo.

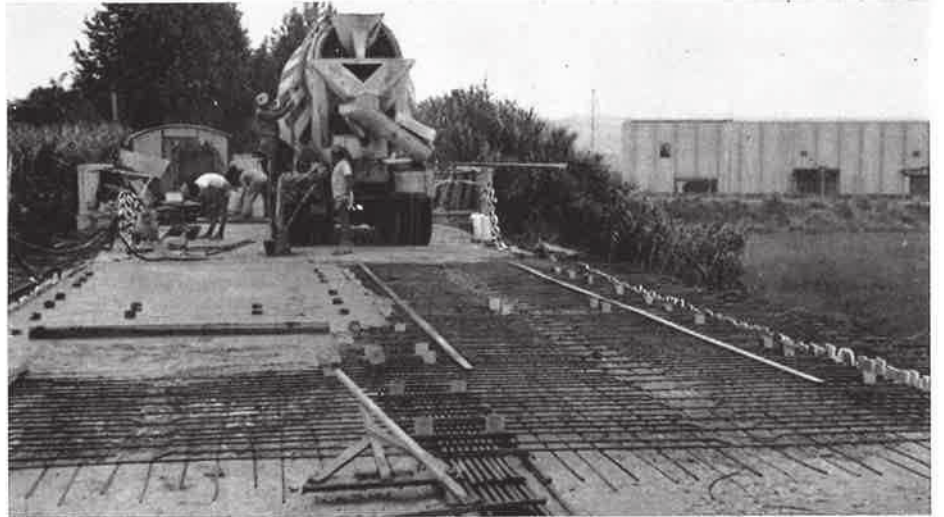
4 - The bridge before strengthening operations; the lateral shoulders are demolished; 5 - Strengthening steel for the deck slab; 6 - The reinforcement of one of the three longitudinal beams is uncovered; 7 - Position of the prestressing cables in the longitudinal section; 8 - Position of the added reinforcing and prestressing steel: on the left, at center-point of the lateral span; on the right, in proximity to the pier; 9 - Position of the added reinforcing and prestressing steel at midspan of the central supported beam; 10 - Partial view of the intrados of the bridge during positioning of the added reinforcing and prestressing steel; 11 - The cross diaphragm added reinforcing, maintains its continuity by passing through holes drilled in the longitudinal beams; 12-13-14-15 - Positioning of the added reinforcing and prestressing steel of the longitudinal beams and of the cross diaphragms; 16 - The anchorage of a prestressing cable to an extremity of the bridge; 17 - Beginning of even-grained grout spraying operations on one of the longitudinal edge beams.



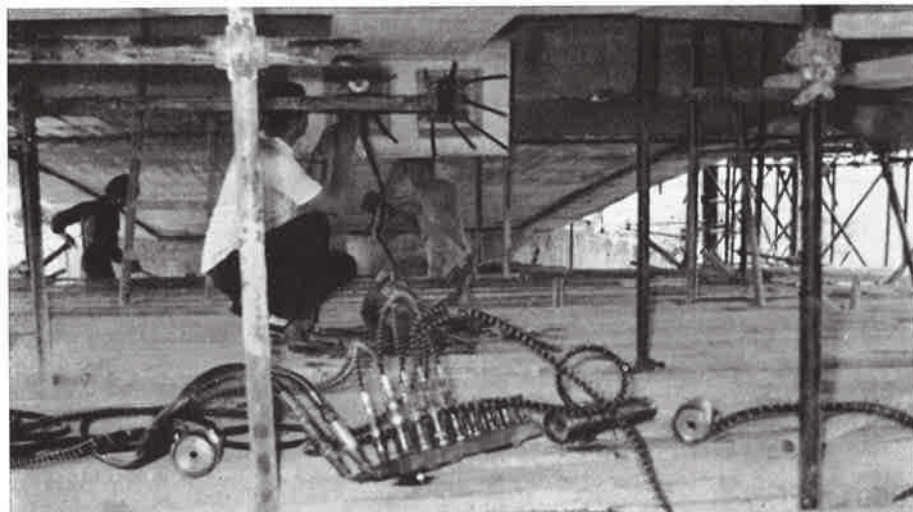
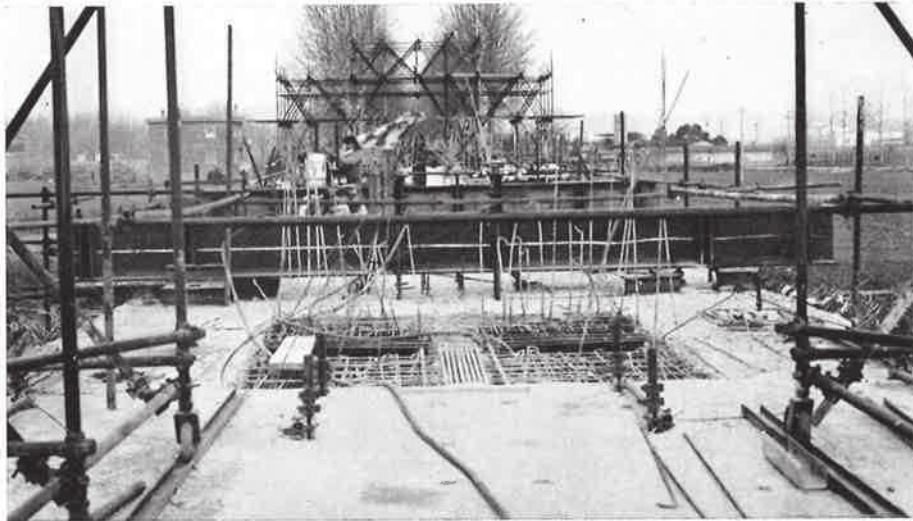


18

19



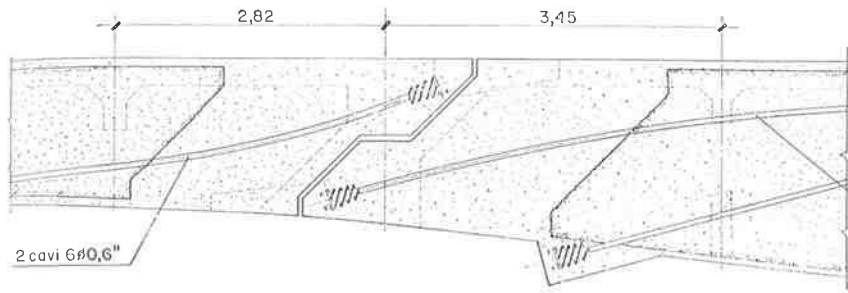
20



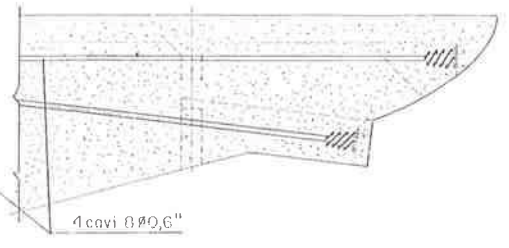
21

18 - Vista frontale dell'ancoraggio dei cavi di pre-compressione in una estremità del ponte; 19 - Il getto di integrazione della soletta preesistente; 20 - Per la ricostruzione degli appoggi Gerber, le tre travi longitudinali della travata centrale appoggiata, sono state rese solidi con un sistema di travi metalliche a doppio T, disposte in corrispondenza delle due sezioni trasversali di appoggio: nella figura è visibile la demolizione effettuata per l'intervento sull'appoggio della trave centrale; 21-24 - Infilaggio dei cavi e tesatura; 22-23 - Ancoraggio dei cavi in corrispondenza degli appoggi Gerber e alle estremità del ponte; 25 - Vista di una estremità del ponte dopo il lavoro di rafforzamento; 26 - Le modalità di esecuzione della ricostruzione degli appoggi Gerber; a) intervento sulla trave centrale; b) intervento sulla trave laterale; c) nel cerchio è indicata la zona demolita e ricostruita; 27 - Vista parziale del ponte nella fase di completamento dell'intervento; 28-29 - Vista dell'intradosso e del prospetto del ponte a lavoro ultimato.

18 - Front view of the anchorage of prestressing cables to one of the bridge extremities; 19 - Integrating concrete pour of the pre-existing slab; 20 - In order to reconstruct the Gerber supports, the three longitudinal beams, of the central supported deck, were made solid by means of a system of double T steel girders positioned on the two cross sections supports: the figure indicates demolition effected before the strengthening operations; 21-24 - Cables are threaded and tensioned; 22-23 - Cable anchorage at the Gerber supports and at the bridge extremities; 25 - View of one extremity of the bridge after strengthening operations; 26 - Reconstruction phases of the Gerber supports: a) operations on the main beam; b) operations on the lateral beam; c) the circle indicates the demolished and reconstructed area; 27 - Partial view of the bridge during the final operations; 28-29 - View of the intrados and of the bridge elevation after completion of strengthening operations.

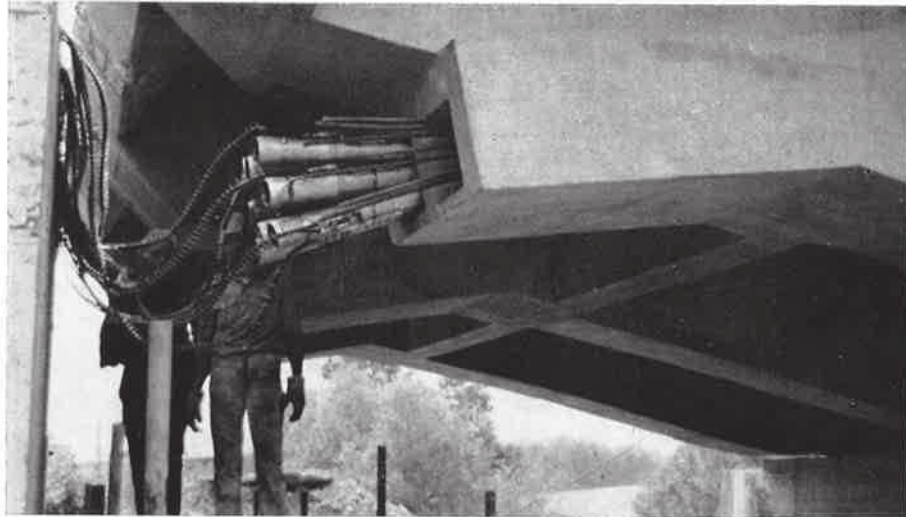


22

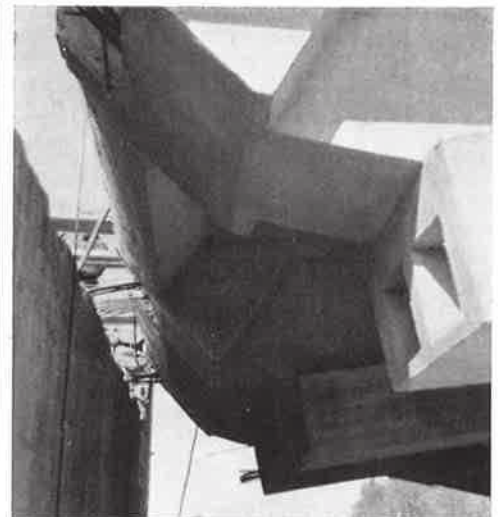


23

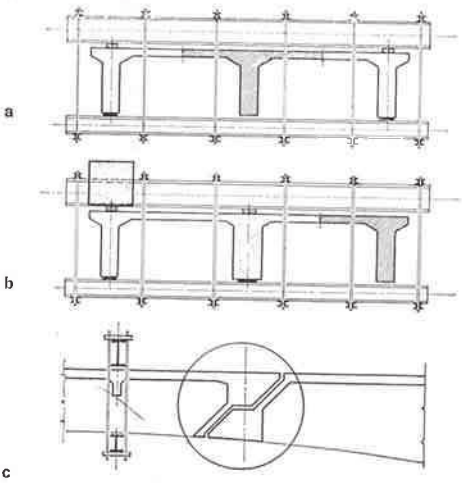
24



25



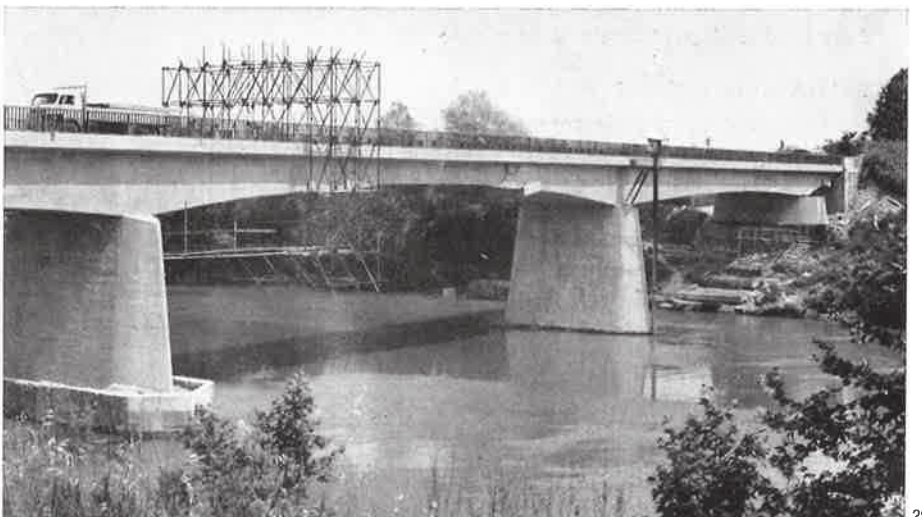
26



27



28



29

Carico di rottura dell'acciaio: 180 kg/mm²
Limite convenzionale dell'acciaio all'1%: 160 kg/mm²

Ultimate steel strength: 180 kg/mm²
Conventional steel strength at 1% elongation: 160 kg/mm²

GENERALITA'

Il ponte in cemento armato costruito nel 1949 e progettato per i soli carichi civili è stato ritenuto insufficiente per il traffico locale dalla Amministrazione Provinciale di Roma, che ne ha disposto l'adeguamento alla 1^a categoria. Nel corso delle indagini sull'opera sono state rilevate manifestazioni di degradazione del calcestruzzo, limitatamente agli spessori di copriferro delle armature longitudinali e trasversali, alla soletta dell'impalcato e dei marciapiedi a sbalzo, ed infine dei giunti e di alcuni apparecchi di appoggio. Inoltre sono state osservate lesioni sia nelle travi principali che nei trasversi. Il tema progettuale veniva così ad ampliarsi, dovendosi prevedere non solo l'adeguamento ai carichi più elevati, ma anche il ripristino delle parti degradate.

SOLUZIONE STRUTTURALE

Il problema principale derivante dal considerevole aumento dei carichi accidentali posto dal passaggio del ponte dalla 2^a alla 1^a categoria, è stato superato facendo ricorso alla precompressione con cavi post-tesi pervenendo così ad una struttura parzialmente precompressa. Adottando un tracciato dei cavi affine al diagramma dei momenti flettenti dei carichi permanenti si è ottenuta una riduzione delle sollecitazioni permanenti e conseguentemente la possibilità di ammettere i carichi accidentali richiesti.

Gli interventi hanno consistito:

- nell'inserimento per ciascuna nervatura di due cavi di grosso diametro, su ognuna delle due fiancate, inglobati in un nuovo calcestruzzo additivato con EMACO gettato in aderenza alle travi, opportunamente dotato di armature longitudinali e di staffe;
- nella demolizione e ricostruzione delle zone di calcestruzzo comprendenti le seggiole Gerber, e sostituzione degli appoggi;
- nel risanamento delle zone ammalorate di calcestruzzo;
- nell'impermeabilizzazione dell'impalcato, previo getto di una soletta di 10 cm di spessore in calcestruzzo leggero, e sistemazione degli scarichi delle acque piovane.

MODALITA' COSTRUTTIVE

La demolizione delle vecchie seggiole Gerber è stata realizzata senza sollevare le travi della campatina centrale intervenendo su una nervatura per volta sostenuta con una struttura metallica trasversale alle altre due nervature parallele.

MATERIALI ADOPERATI:

- calcestruzzo ordinario per strutture precomprese: 225 m³
- calcestruzzo leggero per strutture precomprese: 230 m³
- armatura ordinaria per strutture precomprese: 75 t
- acciaio per armature di precompressione: 13 t

COMMITTENTE: Provincia di Roma
IMPRESA: ACRIE (Gruppo Federici) - Roma
SISTEMA DI PRECOMPRESSIONE: Tesit

GENERAL

The old reinforced concrete bridge, built in 1949 and designed for civil loads only, was considered inadequate for local traffic by the Rome Provincial Administration, which decided to bring it up to a 1st category bridge. During investigations on the bridge, deterioration of the concrete was discovered, though limited to the covering of the longitudinal and transverse steels, and to the deck slab and cantilevered sidewalks; the joints and some of the bearing devices had deteriorated too. Furthermore, cracks were observed in both main girders and cross beams. The project had thus to provide not only for bringing the bridge up to higher loads, but also for the restoration of the deteriorated parts.

STRUCTURAL SOLUTION

The main problem deriving from the considerable increase in live load implied by the conversion of the bridge from a category 2 to a category 1 was overcome by resorting to prestressing with post-tensioned cables, a partially prestressed structure thus resulting. By adopting cable routes similar to the diagram of the bending moments under dead load a reduction in dead load stress was obtained, and consequently the capacity to take the live loads required.

The operations comprised:

- the insertion in each girder of two large diameter cables along each of the two flanks, these being buried in a new concrete admixed with EMACO cast adhering to the beams suitably furnished with longitudinal reinforcing and stirrups;
- the demolition and rebuilding of the concrete areas including the Gerber seats, and replacement of the supports;
- the restoration of the deteriorated portions of the concrete;
- the waterproofing of the deck, after the pour of a 10 cm thick slab of lightweight concrete, and installing the rain-water drains.

CONSTRUCTION SYSTEM

The demolition of the old Gerber seats was effected without lifting the girders of the central span, by operating on one girder at a time, it being supported by a steel structure set crosswise to the other two parallel girders.

CONSUMPTION OF MATERIALS:

- ordinary concrete for the prestressed structures: 225 m³
- lightweight concrete for the prestressed structures: 230 m³
- reinforcing steel for the prestressed structures: 75 t
- prestressing steel: 13 t

OWNER: Province of Rome
CONTRACTOR: ACRIE (Federici Group) - Rome
PRESTRESSING SYSTEM: Tesit