

**Edifici**

---

***Buildings***

## Palazzetto dello sport a Teramo

## Teramo sports palace

---

Progetto strutturale:

**Prof. Ing. Franco Levi, Dott. Ing. Renzo Perazzone**

Progetto architettonico:

**Dott. Ing. Sergio Angeloni, Dott. Ing. Giampiero Castellucci**

---

*Structural design:*

**Prof. Ing. Franco Levi, Dott. Ing. Renzo Perazzone**

*Architectural design:*

**Dott. Ing. Sergio Angeloni, Dott. Ing. Giampiero Castellucci**

---

PERIODO DI COSTRUZIONE: 1978 - 1980

---

*TIME OF CONSTRUCTION: 1978 - 1980*

---

Schema statico: cupola a paraboloide ellittico in latero-cemento  
Superficie coperta: 2500 m<sup>2</sup>

Ellisse di imposta del paraboloide:

— asse maggiore: 63 m

— asse minore: 45 m

Freccia della cupola: 7,27 m

Interasse dei pilastri perimetrali: circa 5,70 m

Sezione trasversale dell'anello perimetrale: 70 cm × 70 cm

Spessore della copertura: 20 cm di laterizio + 4 cm di soletta in calcestruzzo

---

*Static scheme: elliptic paraboloid dome in concrete and hollow clay brick*

*Covered area: 2500 m<sup>2</sup>*

*Springer ellipse of paraboloid:*

*— main axis: 63 m*

*— minor axis: 45 m*

*Dome height: 7,27 m*

*Perimetral column spacing: nearly 5,70 m*

*Cross section of the perimetral ring: 70 cm × 70 cm*

*Roof thickness: 20 cm hollow clay brick + 4 cm concrete slab*

---

Elementi strutturali precompressi: anello perimetrale

Tipo di precompressione: post-tensione

Composizione dei cavi: 32 fili diametro 7 mm

Tensione iniziale dei fili: 110 kg/mm<sup>2</sup>

Tensione di esercizio dei fili: 99 kg/mm<sup>2</sup>

Sforzo massimo di compressione nel calcestruzzo:

— all'atto della precompressione, dietro le piastre di ancoraggio: 230 kg/cm<sup>2</sup>

— in esercizio: circa zero

Sforzo massimo di trazione nel calcestruzzo: zero

Valore caratteristico del carico di rottura cubico del calcestruzzo della struttura precompressa, a 28 giorni: 300 kg/cm<sup>2</sup>

Carico di rottura dell'acciaio: 165 kg/mm<sup>2</sup>

Limite convenzionale dell'acciaio allo 0,2%: 140 kg/mm<sup>2</sup>

---

*Prestressed structural elements: perimetral ring*

*Type of prestressing: post-tensioning*

*Cable composition: 32 wires 7 mm diameter*

*Initial stress in the wires: 110 kg/mm<sup>2</sup>*

*Effective stress in the wires: 99 kg/mm<sup>2</sup>*

*Maximum compressive stress in the concrete:*

*— at time of tensioning, behind anchor blocks: 230 kg/cm<sup>2</sup>*

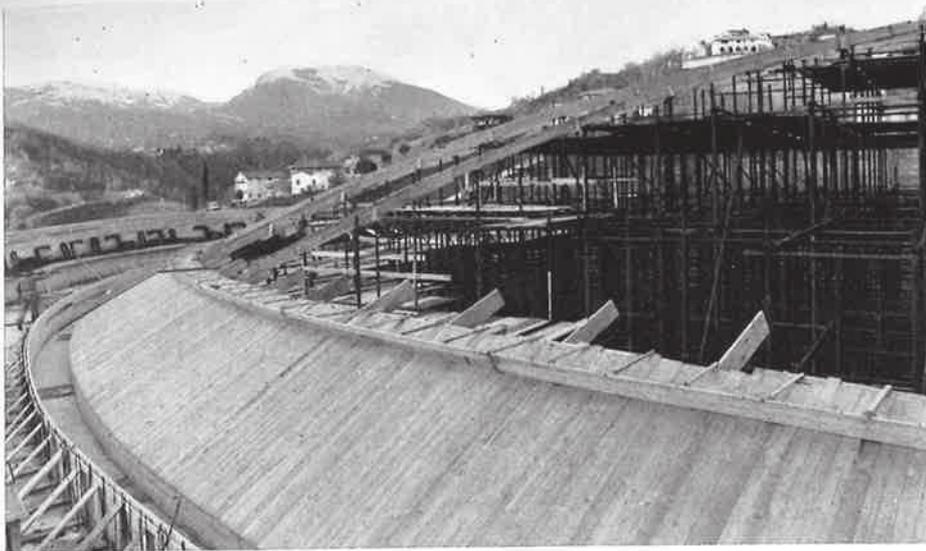
*— under service conditions: zero*

*Maximum tensile stress in the concrete: zero*

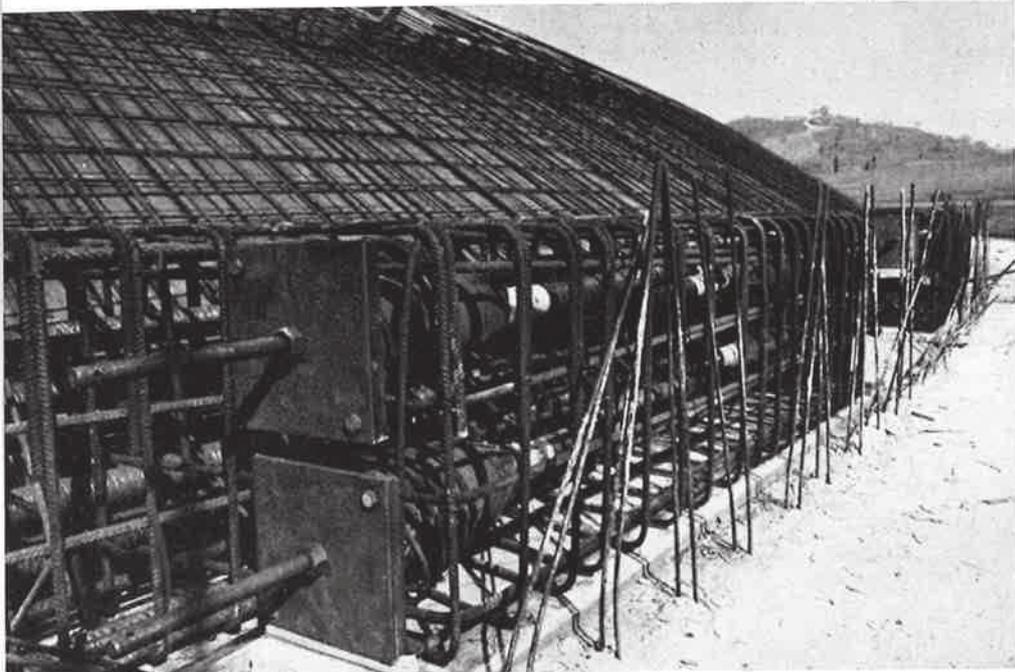
*Characteristic value of cube crushing strength of the prestressed concrete at 28 days: 300 kg/cm<sup>2</sup>*

*Ultimate steel strength: 165 kg/mm<sup>2</sup>*

*Conventional steel strength at 0,2% elongation: 140 kg/mm<sup>2</sup>*



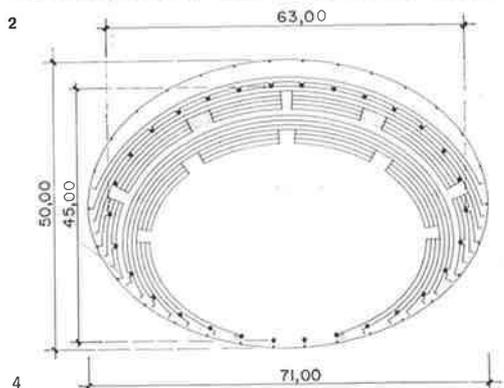
1



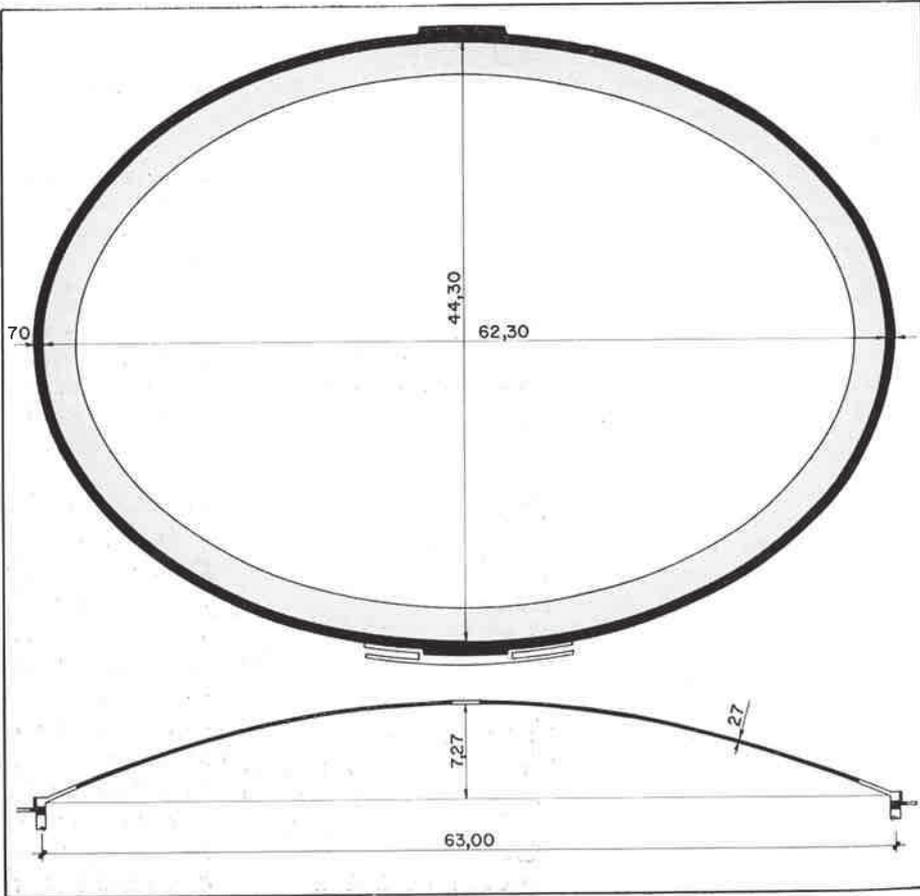
2



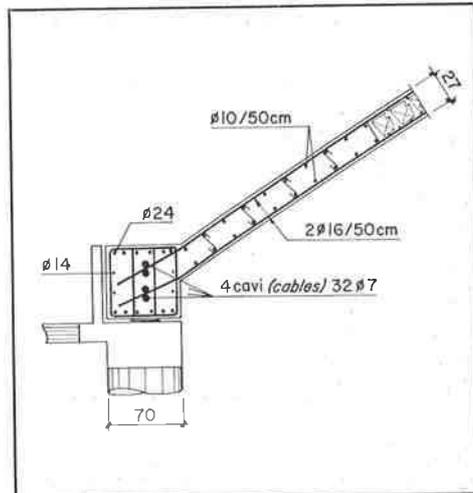
3



4



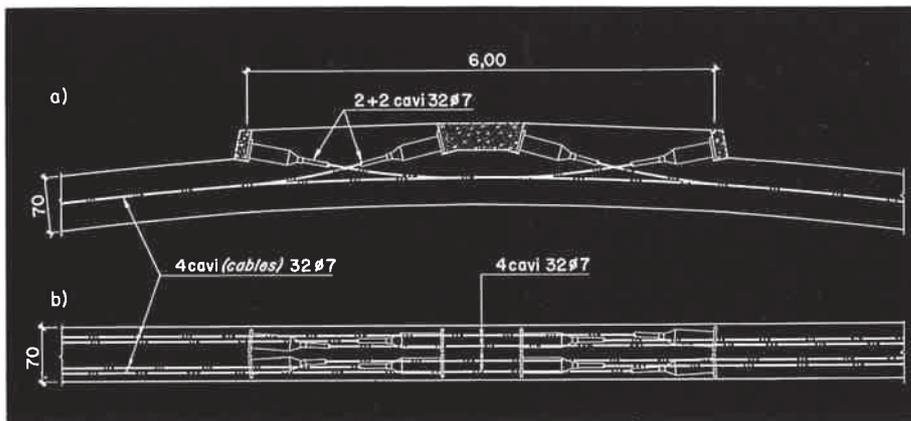
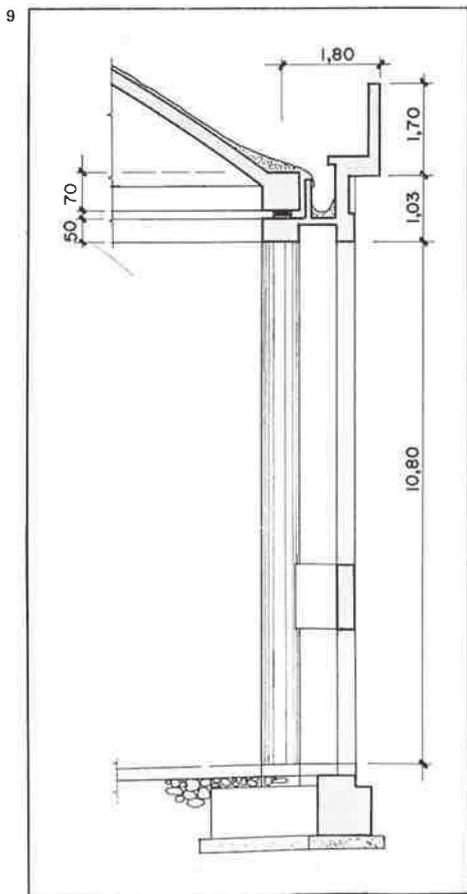
6



5

1 - La costruzione della centina della cupola e dell'anello perimetrale; 2 - Vista della testata d'ancoraggio dei cavi di precompressione dell'anello; 3 - La cupola prima del getto della soletta superiore in calcestruzzo; 4 - Pianta delle gradinate: sull'ellisse di assi 45 m e 63 m sono i pilastri che reggono la copertura a paraboloido iperbolico, la quale è raccordata con l'ellisse perimetrale, di assi 50 m e 71 m, mediante soletta orizzontale; 5 - Sezione trasversale della cupola e dell'anello perimetrale con particolari di armatura; 6 - Pianta e sezione trasversale della cupola: in grigio la parte, larga 2,50 m, realizzata con soletta piena; 7 - Getto della soletta superiore della cupola; 8 - Realizzazione della controsoletta interna con malta spruzzata; 9 - Particolare della sezione verticale dell'edificio; 10 - Particolare delle sezioni orizzontale (a) e longitudinale (b) dell'anello perimetrale della cupola, in corrispondenza dell'ancoraggio dei cavi; 11 - L'edificio in fase di completamento.

1 - Erection of the dome and perimetral formwork; 2 - View of the anchorage head for the perimetral ring prestressing cables; 3 - The dome before casting of the upper concrete layer; 4 - Plan of the seating : set along the ellipse, with axes of 45 m and 63 m, the columns bearing the elliptic paraboloid roof, which is joined to the perimetral ellipse, with axes of 50 m and 71 m, by means of a horizontal slab; 5 - Cross section of the dome and perimetral ring, with reinforcement details; 6 - Plan and cross section of the dome: grey indicates the part of the dome 2,50 m wide, realized by a solid slab; 7 - Casting of the upper concrete layer; 8 - Execution of the counterslab, by means of sprayed mortar; 9 - Detail of the vertical section of the building; 10 - Detail of the horizontal (a) and longitudinal (b) sections of the perimetral dome ring, in proximity to the cable anchorage; 11 - Final building phases.



11

---

## GENERALITA'

E' la più grande cupola a paraboloido ellittico in latero-cemento realizzata nel mondo. Essa copre una grande sala polifunzionale per attività sportive, destinata ad ospitare 2.000 persone sedute. Parte dello spazio interno è occupato da gradinate in calcestruzzo armato, mentre lo spazio libero orizzontale è un'ellisse con assi di 49 m e 34 m circa.

## SOLUZIONE STRUTTURALE

Il paraboloido ellittico che costituisce la copertura è stato realizzato con blocchi R.D.B. tipo STAR di 20 cm di spessore, rivestiti all'esterno con una soletta di 4 cm di calcestruzzo ed all'interno con 3 cm di malta spruzzata. La copertura è sostenuta dall'anello perimetrale che ha anche funzione di catena. La copertura è svincolata dai pilastri mediante l'interposizione di cuscinetti di appoggio in neoprene. In prossimità dell'imposta, per una profondità di 2,50 m, il laterizio è sostituito da una soletta piena in calcestruzzo armato, atta ad assorbire i momenti di bordo.

## MODALITA' COSTRUTTIVE

La struttura è stata realizzata con una rigida successione di fasi necessaria per evitare indesiderabili sollecitazioni parassite. Dopo la costruzione della pilastratura di sostegno con annesse tribune, la successione per la realizzazione della cupola è stata la seguente:

- 1) **getto** dell'anello perimetrale e tesatura parziale dei cavi **onde** evitare fessure di ritiro;
- 2) costruzione della cupola su centina leggera in legno ad esclusione dello strato spruzzato interno;
- 3) ulteriore tesatura parziale dei cavi dell'anello per compensare la spinta della cupola durante il disarmo;
- 4) disarmo graduale della cupola con progressiva realizzazione dello strato di malta all'intradosso per spicchi alterni contrapposti;
- 5) tesatura definitiva dell'anello con recupero delle cadute di tensione già verificatesi e successiva iniezione.

---

## MATERIALI ADOPERATI:

- calcestruzzo per strutture precomprese: 84 m<sup>3</sup>
- armatura ordinaria per strutture precomprese: 6,9 t
- acciaio per armature di precompressione: 16 t

---

COMMITTENTE: Amministrazione Comunale di Teramo

IMPRESA: Ing. Carmine Pedicone - Teramo

SISTEMA DI PRECOMPRESSIONE: B.B.R.V. - Prebeton

---

---

## GENERAL

*This is the largest elliptic paraboloid dome in concrete and hollow-clay brick in the world. It roofs a huge multifunctional area for sport activities that can hold 2000 seated persons. Part of the inner space is taken up by concrete stands, while the clear horizontal space is elliptic in form, with axes measuring about 49 m and 34 m.*

## STRUCTURAL SOLUTION

*The elliptic paraboloid roof was built of 20 cm thick STAR-type R.D.B. blocks, lined outside with a 4 cm thick concrete slab and on the inside with 3 cm of sprayed mortar. The roof is supported by its perimetral ring, which also functions as a chain. The roof is freed of its column constraints by the interposition of neoprene bearings. Near the springer, the clay brick is replaced, to a width of 2,50 m, by a solid slab of reinforced concrete, whose task is to absorb the edge moments.*

## CONSTRUCTION SYSTEM

*The structure was built in a rigidly programmed succession of stages, this being necessary so as to avoid undesirable parasitic stresses. After the construction of the bearing columns with their annexed tribunes, the following was the sequence of events for the construction of the dome:*

- 1) *pouring of the perimetral ring and partial tensioning of the cables so as to avoid shrinkage cracks;*
- 2) *construction of the dome on a lightweight wood centering, except for the inside sprayed lining;*
- 3) *a further partial tensioning of the cables in the ring, to compensate for the thrust of the dome during decentering.*
- 4) *gradual decentering with progressive application of the mortar to the soffit, by alternate contraposed sections;*
- 5) *definitive tensioning of the ring with the recovery of the loss in tension that had already taken place, and successive grouting.*

---

## CONSUMPTION OF MATERIALS

- concrete for prestressed structures: 84 m<sup>3</sup>
- reinforcing steel for prestressed structures: 6,9 t
- prestressing steel: 16 t

---

OWNER: Amministrazione Comunale di Teramo

CONTRACTOR: Ing. Carmine Pedicone - Teramo

PRESTRESSING SYSTEM: B.B.R.V. - Prebeton.

---

## Cupola del Palazzo dello sport di Vasto (Chieti)

## Dome for the sports palace at Vasto (Chieti)

Progetto:  
Prof. Ing. Remo Calzona

Design:  
Prof. Ing. Remo Calzona

PERIODO DI COSTRUZIONE: 1979 - 1980

TIME OF CONSTRUCTION: 1979 - 1980

Schema statico: guscio sottile a superficie ellittica vincolato ad una trave di bordo anulare orizzontale  
Superficie coperta: 2.530 m<sup>2</sup>  
Dimensioni in pianta della volta sottile: 44,60 m × 51,20 m  
Dimensioni in pianta dell'edificio: 47,00 m × 53,40 m  
Freccia della cupola: 8,00 m  
Altezza dell'edificio fino al colmo della cupola: 17,12 m  
Spessore del guscio: variabile da 30 cm all'imposta a 15 cm in chiave

Static scheme: thin shell of elliptic surface, constrained by a horizontal ring edge beam  
Covered area: 2.530 m<sup>2</sup>  
In-plan dimensions of the thin vault: 44,60 m × 51,20 m  
In-plan building dimensions: 47,00 m × 53,40 m  
Inflection of the dome: 8,00 m  
Building height to the crown of dome: 17,12 m  
Shell thickness: variable, from 30 cm at the springer to 15 cm at the crown

Elementi strutturali precompressi: travi di bordo  
Tipo di precompressione: post-tensione  
Composizione dei cavi: 9 fili diametro 7 mm  
Tensione iniziale dei fili in testata:  
— prima precompressione: 116 kg/mm<sup>2</sup>  
— seconda precompressione: 72 kg/mm<sup>2</sup>  
Sforzo massimo di compressione nel calcestruzzo:  
— all'atto della precompressione: 52 kg/cm<sup>2</sup>  
— in esercizio: 42 kg/cm<sup>2</sup>  
Sforzo massimo di trazione nel calcestruzzo: 15 kg/cm<sup>2</sup>  
Valore caratteristico del carico di rottura cubico del calcestruzzo della struttura precompressa, a 28 giorni: 400 kg/cm<sup>2</sup>  
Carico di rottura dell'acciaio: 170 kg/mm<sup>2</sup>  
Limite convenzionale dell'acciaio allo 0,2%: 150 kg/mm<sup>2</sup>

Prestressed structural elements: edge beams  
Type of prestressing: post-tensioning  
Cable composition: 9 wires 7 mm diameter  
Initial stress in the wires at the ends:  
— first prestressing: 116 kg/mm<sup>2</sup>  
— second prestressing: 72 kg/mm<sup>2</sup>  
Maximum compressive stress in the concrete:  
— at time of tensioning: 52 kg/cm<sup>2</sup>  
— under service conditions: 42 kg/cm<sup>2</sup>  
Maximum tensile stress in the concrete: 15 kg/cm<sup>2</sup>  
Characteristic value of cube crushing strength of the prestressed concrete at 28 days: 400 kg/cm<sup>2</sup>  
Ultimate steel strength: 170 kg/mm<sup>2</sup>  
Conventional steel strength at 0,2% elongation: 150 kg/mm<sup>2</sup>

### GENERALITA'

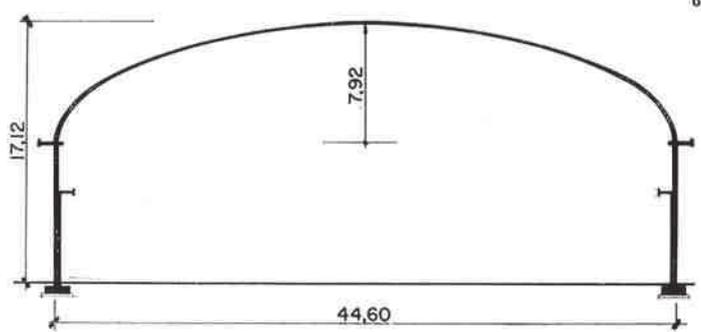
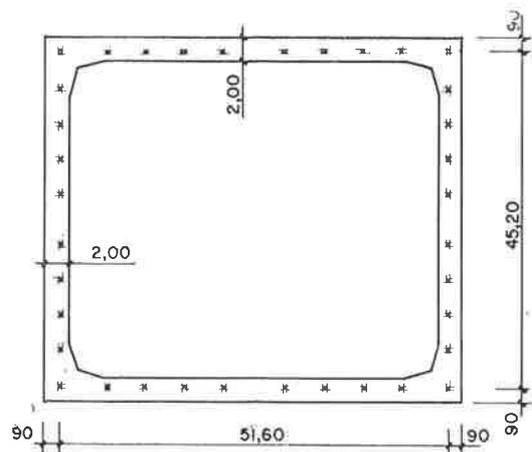
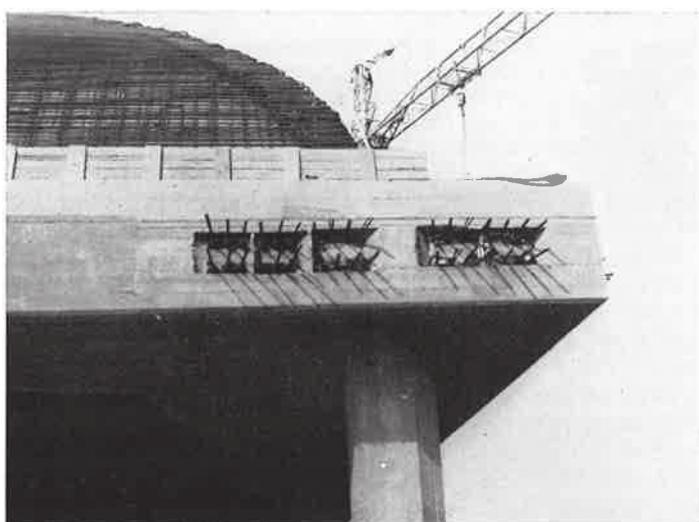
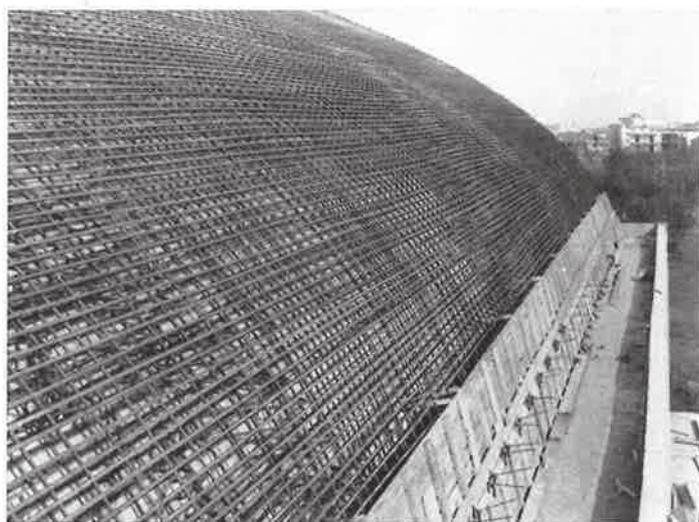
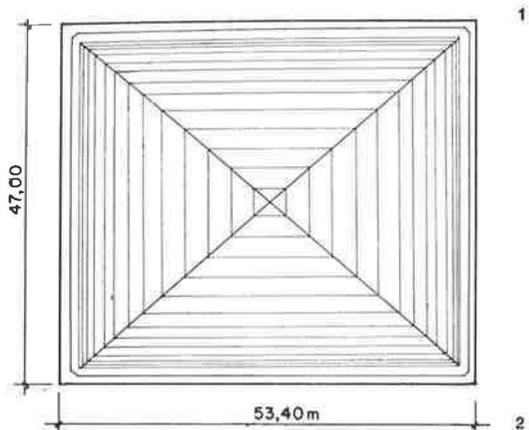
Questa cupola ripete, in chiave moderna, la forma delle classiche cupole a padiglione, realizzata però sfruttando le possibilità offerte dalla moderna tecnologia del conglomerato: calcestruzzo leggero, precompressione, additivi, ecc. E' costituita da una volta sottile a superficie ellittica su pianta rettangolare. La sua superficie è ottenuta facendo ruotare un semiellisse, con semiasse minore pari ad 8 m, attorno un asse verticale passante per il colmo; nella rotazione il semiasse maggiore varia dimensione con continuità tra 44,60 m - 68,03 m - 51,20 m. Si ottiene così una superficie a semplice curvatura, di ottimo comportamento statico per forma, ma semplice da realizzare, perché gli anelli orizzontali sono costituiti da elementi rettilinei.

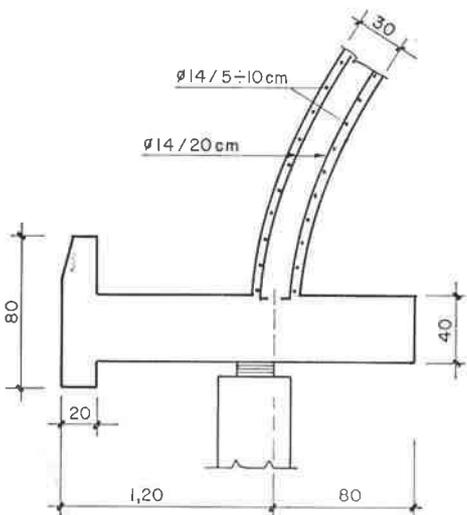
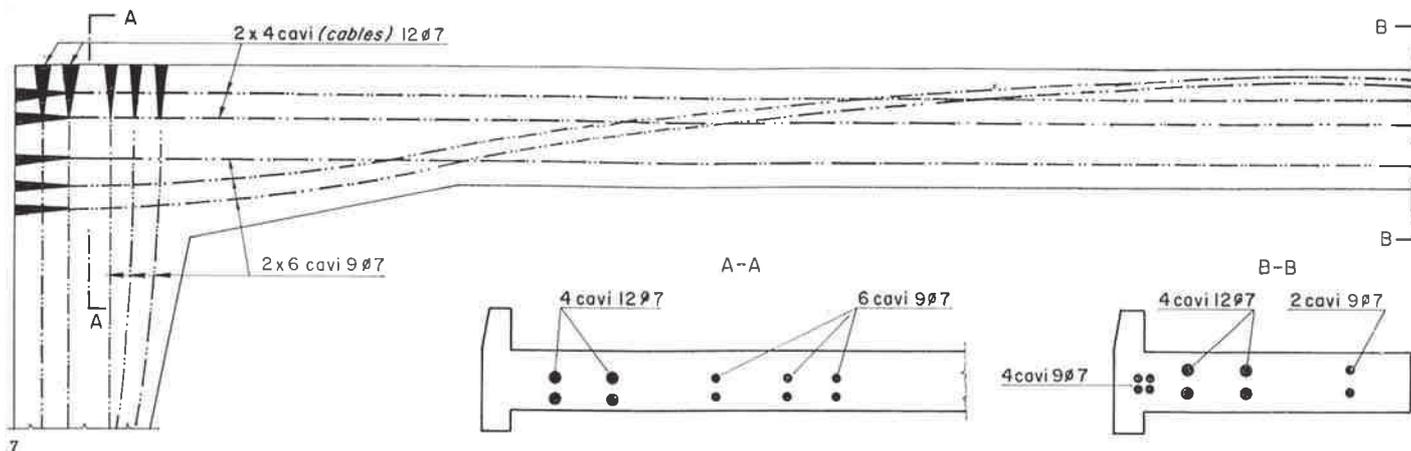
La cupola è vincolata ad una trave di bordo a sezione rettangolare, con momento di inerzia maggiore nel piano orizzontale, che costituisce una cornice orizzontale atta ad assorbire le azioni spingenti della cupola. La trave è sostenuta da 36 pilastri perimetrali; quelli d'angolo e quelli immediatamente prossimi sono continui con la trave di bordo e con la cupola, quelli centrali hanno in sommità un vincolo che permette il movimento relativo tra cupola e pilastri. Il vincolo è realizzato con apparecchi in teflon con coefficiente di attrito pari al 5%.

### GENERAL

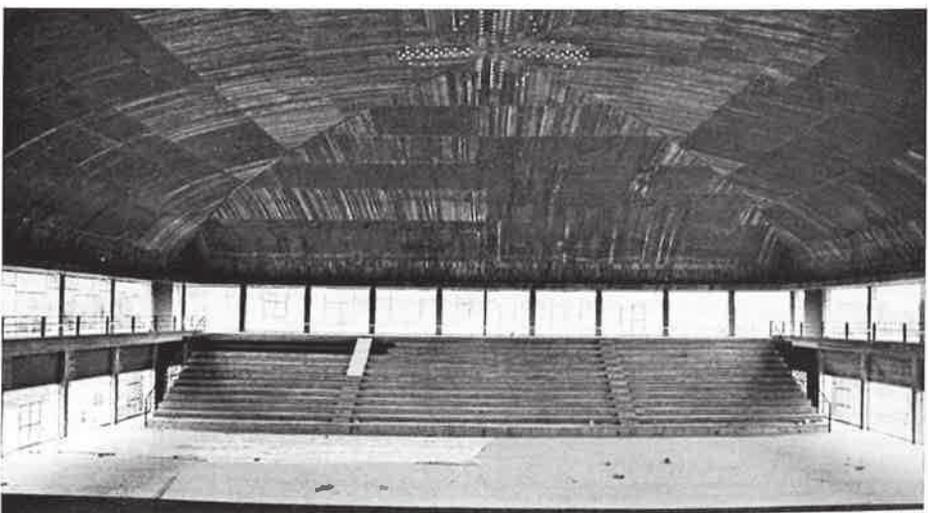
This dome repeats, in a modern note, the form of the classical cloister vault, but created by exploiting the possibilities offered by modern concrete technology: lightweight concrete, prestressing, admixtures, etc. It is formed of a thin vault of elliptic surface on a rectangular plan. Its surface is got by rotating a semiellipse with a minor semiaxis of 8 m around a vertical axis passing through the crown; during the rotation the major semiaxis continuously varies in length between 44,60 m - 68,03 m - 51,20 m. Thus a simply-curved surface is obtained, having excellent static behaviour due to its form, but easy to build, since the horizontal rings are composed of rectilinear elements.

The dome is constrained by an edge beam of rectangular cross section, having its major moment of inertia in the horizontal plane, that forms a horizontal frame able to absorb the thrust of the dome. The beam is supported by 36 perimetral columns: the corner columns and those immediately contiguous are solid to the edge beam and the dome, while the central columns have at their tops a constraint that permits relative motion between dome and columns. The constraint is formed of devices in teflon having a coefficient of friction of 5%.





1 - Pianta della copertura; 2 - L'edificio in costruzione; 3 - Particolare dell'armatura della cupola; 4 - L'ancoraggio dei cavi di precompressione delle travi di bordo, alle quali è vincolata la cupola; 5 - Pianta della trave di bordo anulare con posizione dei pilastri di sostegno della cupola; 6 - Sezione trasversale schematica della struttura dell'edificio; 7 - Pianta parziale e sezioni trasversali della trave di bordo con disposizione dell'armatura di precompressione; 8 - L'appoggio della cupola sui pilastri con dettagli dell'armatura della volta; 9-10-11 - L'esterno e l'interno dell'edificio, in fase di completamento.



1 - Plan of the covering; 2 - The building under construction; 3 - Detail of the dome reinforcing steel; 4 - Anchorage of the prestressing cables of the edge beams, to which the dome is restrained; 5 - Plan of the ring edge beam with the position of the columns bearing the dome; 6 - Schematic cross section of the building's structure; 7 - Partial plan and cross sections of the edge beam with the positioning of the prestressing steel; 8 - The bearing of the dome on the columns with details of the reinforcing steel of the vault; 9-10-11 - The outside and inside of the building during the final phase.

La cupola è in calcestruzzo leggero gettato in opera, la trave di bordo è in cemento armato precompresso, i pilastri in cemento armato ordinario.

#### SOLUZIONE STRUTTURALE

Da un punto di vista strutturale la cupola è un guscio sottile, con prevalente funzionamento a membrana, vincolato alla trave di bordo a sua volta vincolata ai pilastri.

L'insieme strutturale è stato calcolato mediante un programma agli elementi finiti su una « mesh » di 260 nodi a sei gradi di libertà, per la sola cupola e 40 nodi per trave e pilastri, per le seguenti condizioni di carico:

- a) peso proprio + carico accidentale assimilato a  $100 \text{ kg/m}^2$  sulla proiezione orizzontale;
- b) effetto alla precompressione della trave di bordo;
- c) effetto del vento con intensità, sulla proiezione verticale, di  $100 \text{ kg/m}^2$ ;
- d) variazione termica con  $\Delta T = 15^\circ\text{C}$ , e ritiro;
- e) effetti viscosi.

La precompressione della trave di bordo è stata studiata, come tracciato dei cavi e forza di precompressione, in maniera da compensare quasi completamente le deformazioni provocate dal peso della cupola. In tale modo la trave di bordo risulta sollecitata, per effetto del peso della cupola, da una compressione quasi uniforme ed i pilastri d'angolo da uno sforzo normale quasi centrato.

#### MODALITA' COSTRUTTIVE

La cupola è stata interamente gettata in opera su una ammirabile cassaforma in legname. Le fasi di costruzione si sono susseguite secondo i seguenti passi:

- 1) getto dei pilastri e della trave di bordo;
- 2) stagionatura per 28 giorni;
- 3) disarmo della carpenteria della trave;
- 4) prima precompressione: tesatura dei 16 cavi con andamento parabolico, da ambedue le testate;
- 5) getto della cupola per fasce orizzontali concentriche a partire dal basso;
- 6) stagionatura a 28 giorni, con protezione superficiale del getto per mezzo di fogli di politene;
- 7) seconda precompressione dei 24 cavi rettilinei da entrambe le estremità;
- 8) disarmo della centinatura della cupola.

#### MATERIALI ADOPERATI (solo per le travi di bordo):

- calcestruzzo per strutture precomprese:  $480 \text{ m}^3$
- armatura ordinaria per strutture precomprese:  $62,7 \text{ t}$
- acciaio per armature di precompressione:  $9,2 \text{ t}$

COMMITTENTE: Comune di Vasto  
IMPRESA: Angelo Ciancaglini  
SISTEMA DI PRECOMPRESSIONE: Tecnicavi

The dome is cast in-situ lightweight concrete, the edge beam of prestressed concrete, and the columns of ordinary reinforced concrete.

#### STRUCTURAL SOLUTION

From a structural viewpoint the dome is a thin shell, having for the most part membrane behaviour, constrained at the edge beam, which, in its turn, is constrained at the columns.

The structural whole was calculated using a finite elements program on a 260 node mesh having six degrees of freedom for the dome alone; and a 40 node mesh for the beam and columns, under the following loading conditions:

- a) dead load + live load taken at  $100 \text{ kg/m}^2$  on the horizontal projection;
- b) effect of the prestressing of the edge beam;
- c) wind effect, a pressure of  $100 \text{ kg/m}^2$  being exerted on the vertical projection;
- d) thermal gradients, with  $\Delta T = 15^\circ\text{C}$ , and shrinkage;
- e) creep.

The prestressing in the edge beam was studied, as regards cable path and prestressing force, so as to compensate almost entirely for the strains caused by dead load of the dome. In this way the edge beam is stressed, due to the weight of the dome, by an almost uniform compression, and the corner columns are stressed by an almost centered normal force.

#### CONSTRUCTION SYSTEM

The dome was cast entirely in situ, in an admirable wooden formwork. Construction phases succeeded one another according to the following schedule:

- 1) casting of the columns and the edge beam;
- 2) curing for 28 days;
- 3) dismantling of the beam formwork;
- 4) first prestressing: tensioning from both ends of the 16 parabolically curved cables;
- 5) casting of the dome in horizontal concentric bands, starting from bottom up;
- 6) curing for 28 days, with surface protection of the pour by polythene sheets;
- 7) second prestressing of the 24 rectilinear cables, from both ends;
- 8) dismantling of the dome centering.

#### CONSUMPTION OF MATERIALS (only for the edge beams):

- concrete for prestressed structures:  $480 \text{ m}^3$
- reinforcing steel for prestressed structures:  $62,7 \text{ t}$
- prestressing steel:  $9,2 \text{ t}$

OWNER: Commune of Vasto  
CONTRACTOR: Angelo Ciancaglini  
PRESTRESSING SYSTEM: Tecnicavi

## Edificio per uffici della Società FATA a Torino

## Office building for the FATA Company in Turin

Progetto strutturale:

**Prof. Ing. Riccardo Morandi**

Progetto architettonico:

**Arch. Oscar Niemeyer**

con la collaborazione dell'Arch. Massimo Gennari

Structural design:

**Prof. Ing. Riccardo Morandi**

Architectural design:

**Arch. Oscar Niemeyer**

in collaboration with Arch. Massimo Gennari

PERIODO DI COSTRUZIONE: Maggio - Novembre 1978

TIME OF CONSTRUCTION: May - November 1978

Schema statico: edificio a piani appesi, sostenuti da due travi Gerber su tre appoggi, con sbalzi laterali

Superficie coperta: 1.400 m<sup>2</sup>

Dimensioni dell'edificio in pianta: 107,10 m × 13,00 m

Numero dei piani dell'edificio: 4, di cui 2 appesi

Altezza dell'edificio: 15,30 m

Luce delle travi principali di sostegno: 32,40 m

Lunghezza degli sbalzi delle travi principali: 21,15 m

Sezione trasversale delle travi principali: 1,50 m × 3,70 m

Spessore delle pareti del cassone delle travi principali:

— pareti verticali: 30 cm

— soletta superiore: 50 cm

— soletta inferiore: 82 cm

Luce dei solai: 12,50 m

Spessore dei solai: 42 cm

Sezione trasversale dei tiranti: 0,30 m × 1,50 m

Elementi strutturali prefabbricati: solai dei vari piani e di copertura

Static scheme: building with suspended floors, supported by two Gerber beams on three bearings, with lateral cantilevers

Covered area: 1.400 m<sup>2</sup>

In plan dimensions of the building: 107,10 m × 13,00 m

Number of floors of the building: 4, 2 of which suspended

Height of the building: 15,30 m

Span of the main loadbearing beams: 32,40 m

Cantilever length of the main beams: 21,15 m

Cross section of mainbeams: 1,50 m × 3,70 m

Thickness of the box walls of main beams:

— vertical walls: 30 cm

— upper slab: 50 cm

— lower slab: 82 cm

Floor span: 12,50 m

Floor thickness: 42 cm

Cross section of tie-members: 0,30 m × 1,50 m

Precast structural units: floor and roof slabs

Elementi strutturali precompressi: travi principali, tiranti

Tipo di precompressione: post-tensione

Composizione dei cavi: 16 trefoli diametro 0,5" (travi principali); 4 trefoli diametro 0,5" (tiranti)

Tensione iniziale dei trefoli: 130 kg/mm<sup>2</sup>

Tensione di esercizio dei trefoli: 95 kg/mm<sup>2</sup>

Sforzo massimo di compressione nel calcestruzzo:

— all'atto della messa in tensione: 180 kg/cm<sup>2</sup>

— in esercizio: 150 kg/cm<sup>2</sup>

Sforzo massimo di trazione nel calcestruzzo: 15 kg/cm<sup>2</sup>

Valore caratteristico del carico di rottura cubico del calcestruzzo della struttura precompressa, a 28 giorni: 400 kg/cm<sup>2</sup>

Carico di rottura dell'acciaio: 180 kg/mm<sup>2</sup>

Limite convenzionale dell'acciaio all'1%: 145 kg/mm<sup>2</sup>

Prestressed structural elements: main beams, tie-members

Type of prestressing: post-tensioning

Cable composition: 16 strands 0,5" diameter (main beams); 4 strands 0,5" diameter (tie-members)

Initial stress in the strands: 130 kg/mm<sup>2</sup>

Effective stress in the strands: 95 kg/mm<sup>2</sup>

Maximum compressive stress in the concrete:

— at time of tensioning: 180 kg/cm<sup>2</sup>

— under service conditions: 150 kg/cm<sup>2</sup>

Maximum tensile stress in the concrete: 15 kg/cm<sup>2</sup>

Characteristic value of cube crushing strength of the prestressed concrete at 28 days: 400 kg/cm<sup>2</sup>

Ultimate steel strength: 180 kg/mm<sup>2</sup>

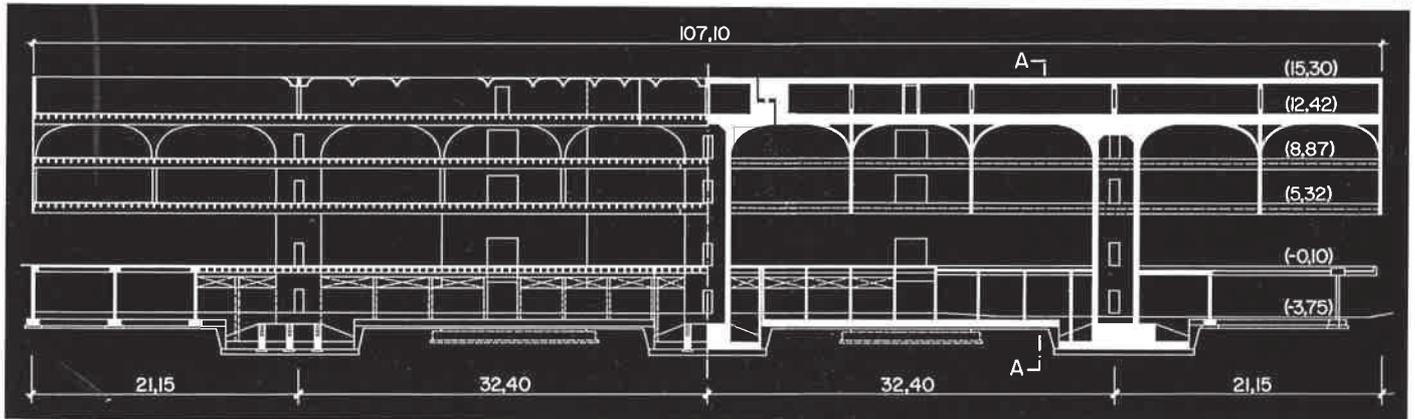
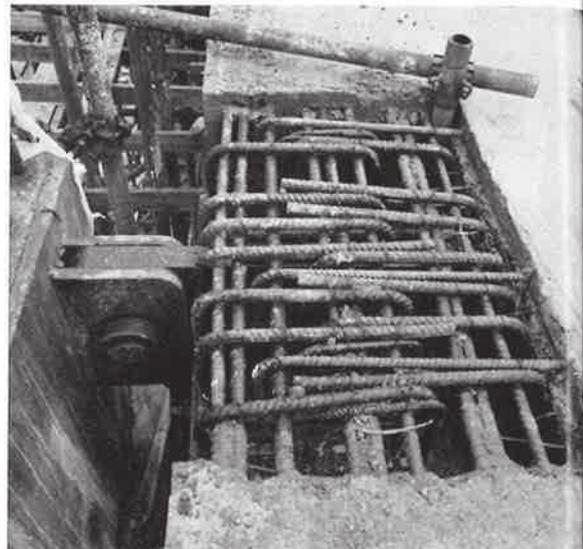
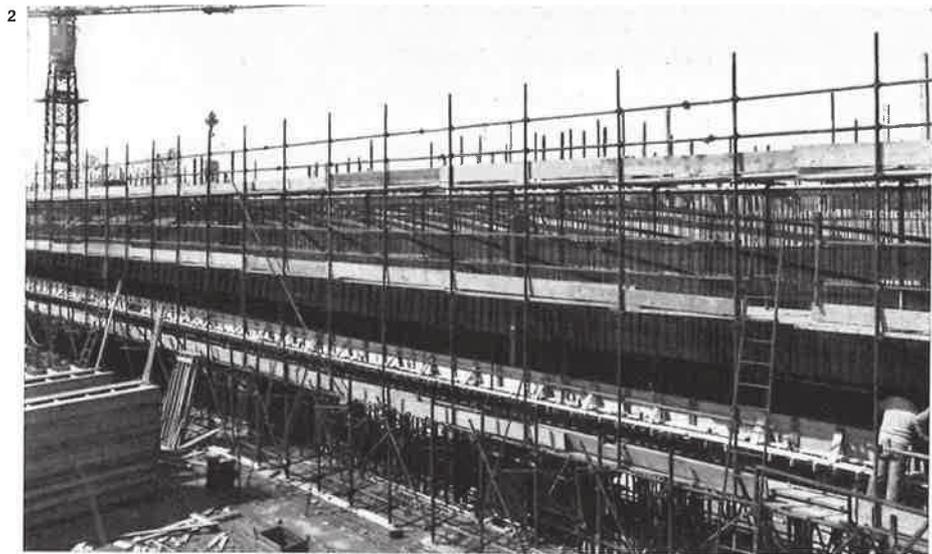
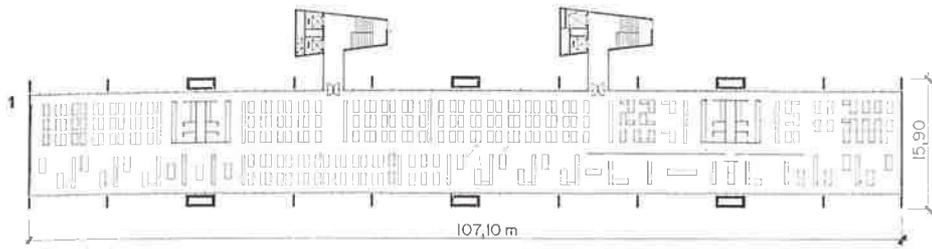
Conventional steel strength at 1% elongation: 145 kg/mm<sup>2</sup>

### GENERALITA'

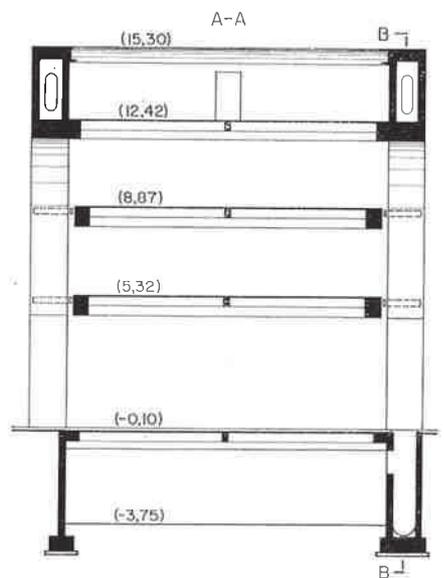
L'edificio, del volume fuori terra di 22.000 m<sup>3</sup>, è caratterizzato da una struttura a piani appesi, che risponde pienamente all'impostazione progettuale prevista dal grande architetto sudamericano.

### GENERAL

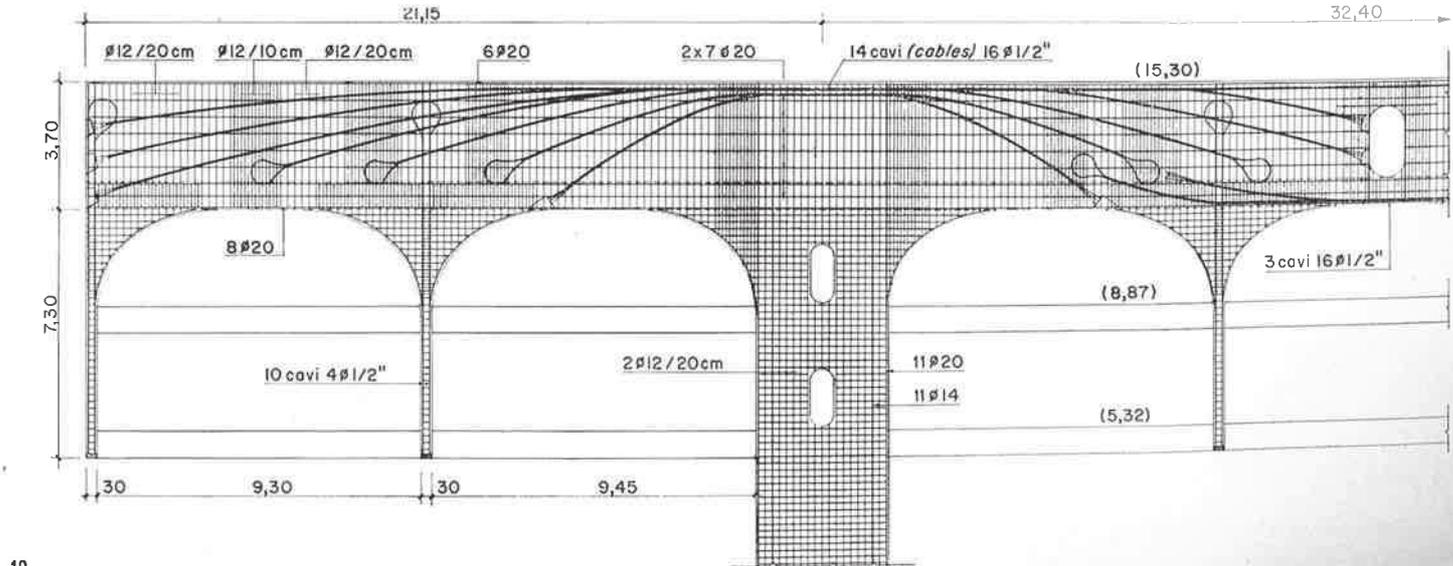
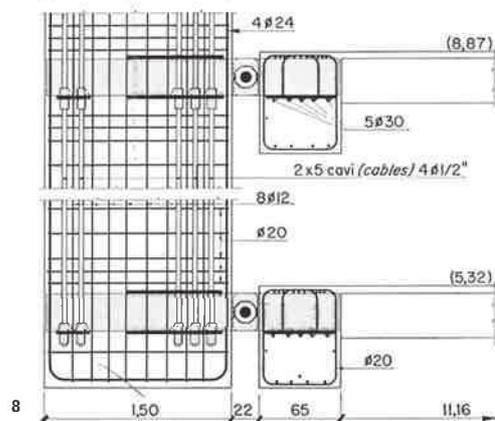
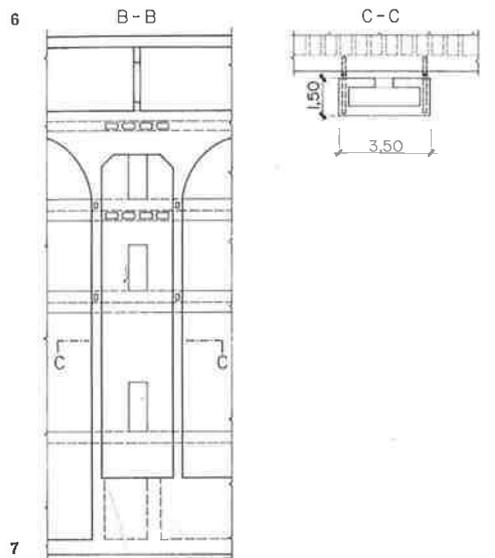
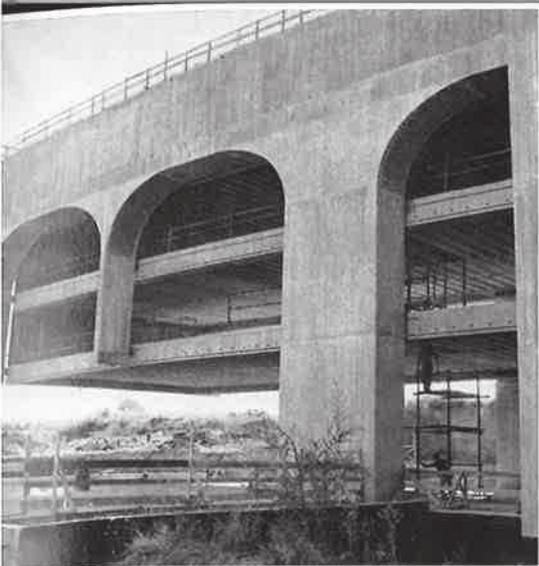
The building, having an above-ground volume of 22.000 m<sup>3</sup>, is characterized by a suspended-floor structure, which fully answers to the design approach of the great South-American architect.



1 - Pianta del piano tipo dell'edificio; 2 - L'armatura ordinaria e di precompressione di una delle due travi principali di sostegno; 3 - Particolari dell'armatura di una cerniera; 4 - Sezione longitudinale dell'edificio: sui solai (a sinistra), sulle travi principali (a destra); 5-7 - Sezione trasversale dell'edificio e particolari; 6 - Completamento di uno degli sbalzi dell'edificio; 8 - Sezione verticale del collegamento dei solai ai tiranti; 9 - Particolare del collegamento tiranti-solai appesi; 10 - Armatura ordinaria e di precompressione dei telai principali portanti.



1 - Plan of a typical floor of the building; 2 - The reinforcing and prestressing steel of one of the two main load-bearing beams; 3 - Details of the reinforcing steel of a hinge; 4 - Longitudinal section of the building: on the floors (left), on the main beams (right); 5-7 - Cross section of the building and details; 6 - Completion of one of the two cantilevers of the building; 8 - Vertical section of the connection between the floors and the tie-members; 9 - Detail of the connection between tie-members and suspended floors; 10 - Reinforcing and prestressing steel of the main load-bearing frames.







11

11 - Vista notturna parziale dell'edificio; 12 - Caratteristica principale dell'edificio è la struttura a piani appesi; 13-14 - Due viste dell'atrio vetrato.

11 - Nocturnal partial view of the building; 12 - The main characteristic of the building is its suspended floors' structure; 13-14 - Two views of the glazed hall.

13



14



## SOLUZIONE STRUTTURALE

La struttura è costituita da sei grandi pilastri, di sezione  $1,50 \text{ m} \times 3,60 \text{ m}$ , disposti a tre a tre lungo i lati più lunghi di un rettangolo. Essi sopportano, a 15 metri di altezza, due lunghe travi orizzontali, delle dimensioni di  $1,50 \text{ m}$  per  $3,70 \text{ m}$  e della lunghezza complessiva di 107 metri. Queste due travi, sopportano quattro solai, uno all'altezza dell'estradosso, uno all'altezza dell'intradosso e due altri appesi a mezzo tiranti. Ciascuna trave, formata da due campate di  $32,40 \text{ m}$  e da due sbalzi di  $21,15 \text{ m}$ , è solidale con i pilastri esterni, ma è interrotta in corrispondenza del pilastro interno con due giunti a seggiola. In questo modo si sono potuti risolvere tutti i problemi relativi agli effetti delle variazioni di temperatura, di ritiro e di fluage, particolarmente importanti in una travata lunga più di cento metri, su appoggi particolarmente rigidi. Tra ciascun tirante ed i solai appesi è stata introdotta una articolazione in acciaio allo scopo di controllare l'azione flettente sul tirante. Ogni tirante è stato precompresso in modo che, in seguito all'applicazione dei carichi dei solai appesi, rimanga sempre compresso (almeno  $20 \text{ kg/cm}^2$ ).

## MODALITA' COSTRUTTIVE

La realizzazione della struttura è avvenuta nelle seguenti fasi:

- 1) getto delle fondazioni e del piano interrato;
- 2) prefabbricazione e montaggio, su centina provvisoria, delle strutture relative al più basso dei due solai appesi;
- 3) stessa operazione del punto precedente per quanto riguarda il più alto dei due solai appesi;
- 4) contemporaneamente alle operazioni 2 e 3, getto dei tiranti di sospensione e dei pilastri dei due telai principali;
- 5) getto delle travi principali cave, prefabbricazione e montaggio delle strutture del solaio al livello dell'intradosso delle travi principali;
- 6) precompressione contemporanea delle travi principali e dei tiranti di sospensione, con automatico disarmo dei tre solai;
- 7) prefabbricazione e montaggio del solaio di copertura;
- 8) ritaratura e iniezione dei cavi.

## MATERIALI ADOPERATI:

- calcestruzzo per strutture precomprese:  $900 \text{ m}^3$
- armatura ordinaria per strutture precomprese:  $120 \text{ t}$
- acciaio per armature di precompressione:  $35 \text{ t}$

COMMITTENTE: Soc. FATA - Torino  
IMPRESA: Ing. Franco Borini, Figli & C. - Torino  
SISTEMA DI PRECOMPRESSIONE: Morandi M5

## STRUCTURAL SOLUTION

The structure is formed of six great columns of  $1,50 \text{ m} \times 3,60 \text{ m}$  cross section, arranged three by three along the long sides of a rectangle. These columns support at a  $15 \text{ m}$  height two long horizontal beams,  $1,50 \text{ m} \times 3,70 \text{ m}$  in cross section and having an overall length of  $107 \text{ m}$ . These two beams support four floor structures, one at the height of the extrados, one at the height of the soffit, and two others hanging from tie-members.

Each beam, formed of two  $32,40 \text{ m}$  spans and two  $21,15 \text{ m}$  cantilevers, is solidly attached to the outer columns, but is interrupted at the inside column by two seat joints. In this way all the problems regarding the effects of temperature change, shrinkage, and creep could be solved, these effects being specially important in a girder over one hundred metres long on particularly rigid bearings. Between each tie-member and the suspended floors a steel jointing was introduced so as to control the bending moment on the tie-members. Each tie-member was prestressed so that, after the loads of the hanging floors were applied, it remains compressed (at least  $20 \text{ kg/cm}^2$ ).

## CONSTRUCTION SYSTEM

The structure was built in the following phases:

- 1) pour of the foundations and underground floor;
- 2) precasting and mounting, on a provisional centering, of the structures of the lower of the two suspended floors;
- 3) the same operation as before, but for the upper suspended floor;
- 4) at the same time as operations 2 and 3 went on, the pour of the tie-members and of the large columns bearing the two main frames;
- 5) pour of the main hollow girders, precasting and assembly of the floor structure at the level of the soffit of the main beams;
- 6) simultaneous prestressing of main beams and of the suspension tie-members, with automatic dismantling of the three floor structure forms;
- 7) precasting and assembly of the roof structure;
- 8) re-tensioning and grouting of the cables.

## CONSUMPTION OF MATERIALS:

- concrete for prestressed structures:  $900 \text{ m}^3$
- reinforcing steel for prestressed structures:  $120 \text{ t}$
- prestressing steel:  $35 \text{ t}$

OWNER: FATA Company - Turin  
CONTRACTOR: Ing. Franco Borini, Figli & C. - Turin  
PRESTRESSING SYSTEM: Morandi M5

# Aerostazione dell'aeroporto di Fontanarossa a Catania

# Terminal building for the Fontanarossa airport in Catania

Progetto:  
Prof. Ing. Riccardo Morandi

Design:  
Prof. Ing. Riccardo Morandi

PERIODO DI COSTRUZIONE: 1978 - 1981

TIME OF CONSTRUCTION: 1978 - 1981

Schema statico: copertura sostenuta da una serie di telai iperstatici piani  
Superficie coperta: 5.000 m<sup>2</sup>  
Dimensioni in pianta dell'edificio: 121,00 m × 41,00 m  
Griglia strutturale in pianta: 41,00 m × 3,50 m  
Numero dei telai: 33  
Interasse tra i telai: 3,50 m  
Luce del trasverso del telaio: 41,00 m  
Luce dello sbalzo: 5,00 m  
Altezza del trasverso del telaio: 1,60 m  
Altezza totale del piedritto del telaio: 9,50 m  
Spessore delle piastre di copertura: 15 cm  
Elementi strutturali prefabbricati: piastre di copertura

Static scheme: covering supported by a series of hyperstatic plane frames  
Covered area: 5.000 m<sup>2</sup>  
In plan dimensions of the building: 121,00 m × 41,00 m  
In plan structural grid: 41,00 m × 3,50 m  
Number of frames: 33  
Spacing between frames: 3,50 m  
Frame span length: 41,00 m  
Cantilever span: 5,00 m  
Depth of frame beam: 1,60 m  
Overall height of frame column: 9,50 m  
Thickness of roof slabs: 15 cm  
Prefabricated elements: roof slabs

Elementi strutturali precompressi: telai principali  
Tipo di precompressione: post-tensione  
Composizione dei cavi: 8 trefoli diametro 0,5''  
Tensione iniziale dei trefoli: 130 kg/mm<sup>2</sup>  
Tensione di esercizio dei trefoli: 95 kg/mm<sup>2</sup>  
Sforzo massimo di compressione nel calcestruzzo:  
— all'atto della precompressione: 180 kg/cm<sup>2</sup>  
— in esercizio: 150 kg/cm<sup>2</sup>  
Valore caratteristico del carico di rottura cubico del calcestruzzo della struttura precompressa, a 28 giorni: 400 kg/cm<sup>2</sup>  
Carico di rottura dell'acciaio: 180 kg/mm<sup>2</sup>  
Limite convenzionale dell'acciaio all'1%: 145 kg/mm<sup>2</sup>

Prestressed structural elements: main frames  
Type of prestressing: post-tensioning  
Cable composition: 8 strands 0,5'' diameter  
Initial stress in the strands: 130 kg/mm<sup>2</sup>  
Effective stress in the strands: 95 kg/mm<sup>2</sup>  
Maximum compressive stress in the concrete:  
— at time of tensioning: 180 kg/cm<sup>2</sup>  
— under service conditions: 150 kg/cm<sup>2</sup>  
Characteristic value of cube crushing strength of the prestressed concrete at 28 days: 400 kg/cm<sup>2</sup>  
Ultimate steel strength: 180 kg/mm<sup>2</sup>  
Conventional steel strength at 1% elongation: 145 kg/mm<sup>2</sup>

## GENERALITA'

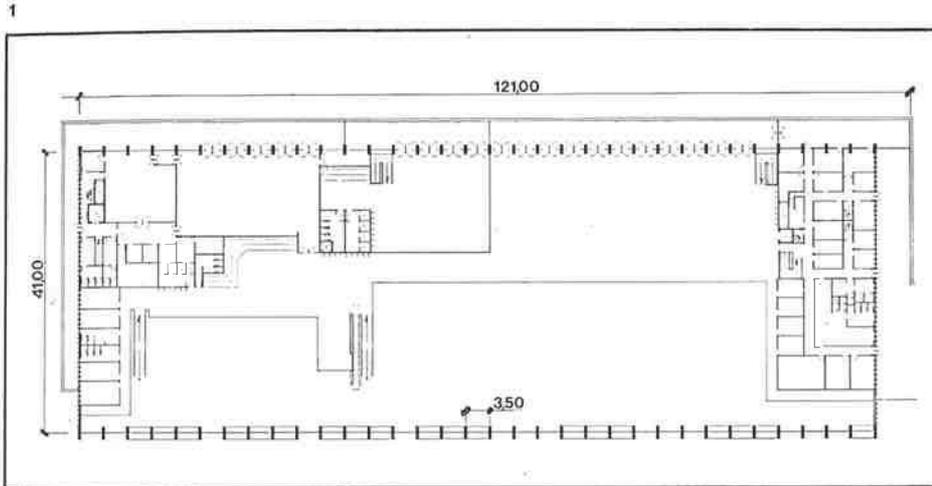
Il problema progettuale era la copertura di una grande superficie con il minor numero possibile di appoggi intermedi. Ciò allo scopo di conseguire la massima libertà di articolazione

## GENERAL

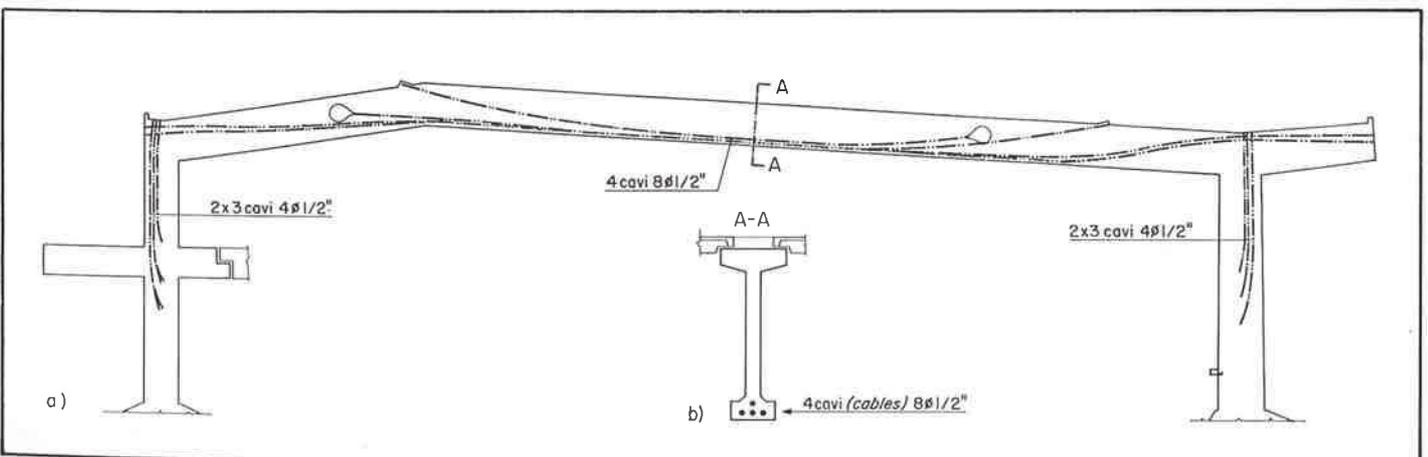
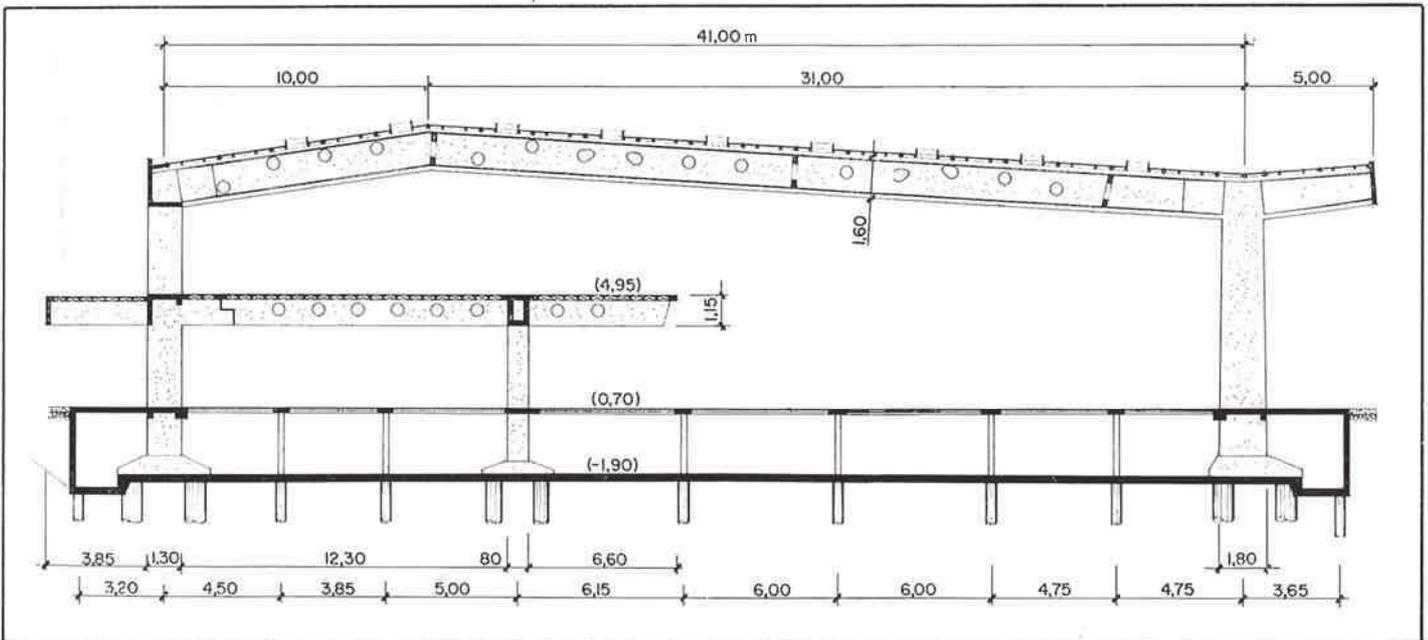
The design problem was the roofing of a large area with the smallest possible number of intermediate supports. This, to achieve the greatest freedom for the articulation of the various

1-2 - Pianta e sezione trasversale dell'edificio;  
 3 - Disposizione dell'armatura di precompressione in uno dei telai principali dell'edificio: a) sezione longitudinale del telaio; b) sezione trasversale del telaio; 4 - L'armatura della travata di copertura e dello sbalzo nel nodo col pilastro; 5 - Le teste dei pilastri, sulle quali poggiano le travi della copertura, con la preparazione della prima fase del vincolo; 6 - Una delle travi di copertura pronta per il getto.

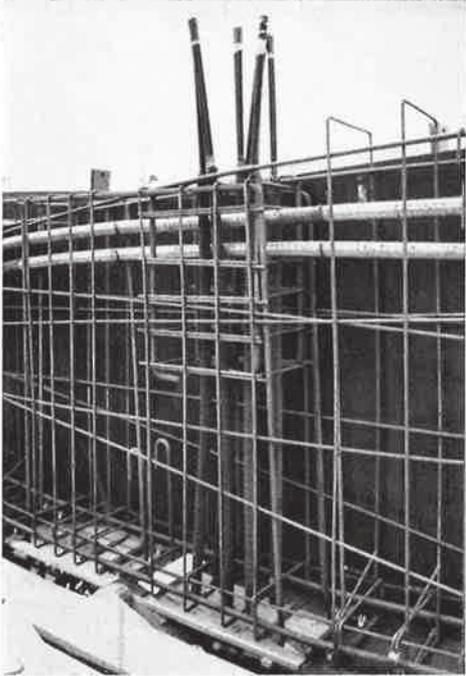
1-2 - Plan and cross section of the building;  
 3 - Positioning of the prestressing steel of one of the main frames of the building: a) longitudinal section of the frame; b) cross section of the beam; 4 - Reinforcing steel of the roof beam and cantilevers at the column connection; 5 - The column heads, on which the roof beams are supported, with the first phase of the constraint in preparation; 6 - One of the roof beams ready for the casting.



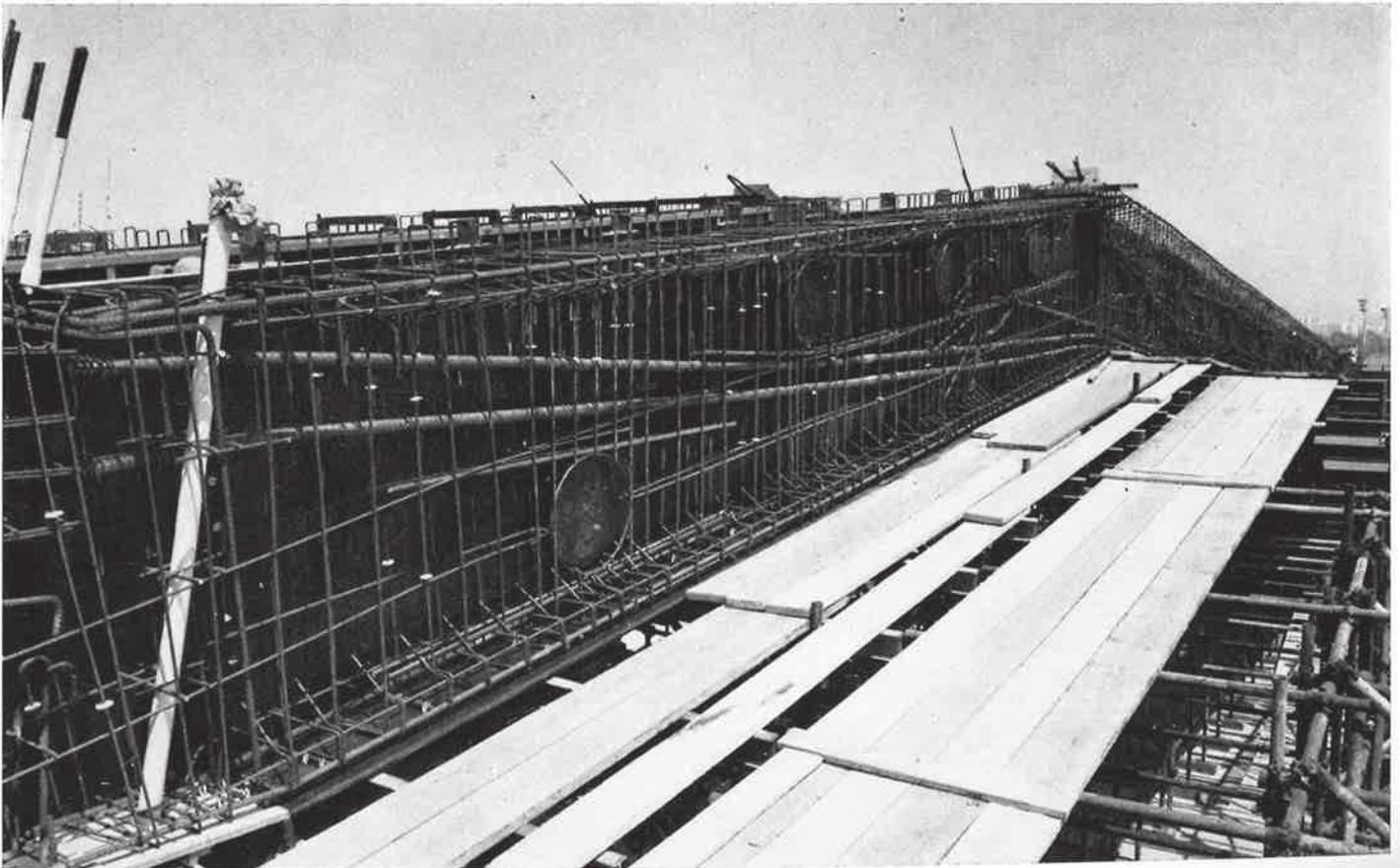
2



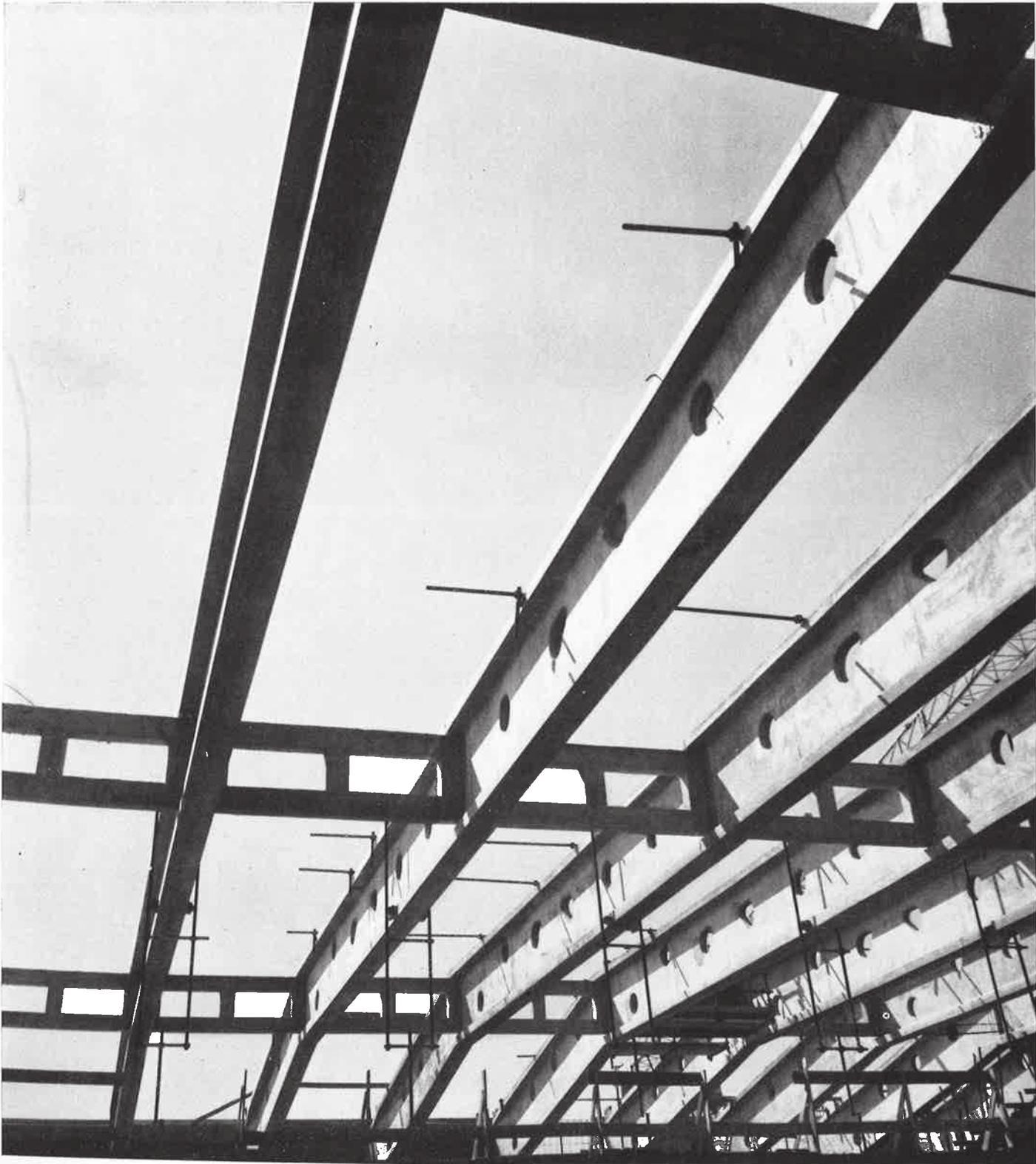
4



5



6



8



9



7 - L'orditura principale portante della grande copertura; 8 - Prospetto dell'aerostazione verso la città; 9 - L'interno dell'aerostazione: i banchi per la registrazione e la balconata superiore.

7 - The main loadbearing beamwork of the great covering; 8 - The elevation of the air terminal on the city side; 9 - The interior of the air terminal: the check-in desks and the upper balcony.

dei vari servizi e soprattutto di ottenere ampie possibilità di trasformazione nel tempo, per seguire l'evoluzione delle esigenze del vettore aereo.

### SOLUZIONE STRUTTURALE

La copertura di 5.000 m<sup>2</sup> senza alcun appoggio intermedio è stata realizzata con una serie di 35 telai di luce 41 m. Nel volume totale coperto di 35.000 m<sup>3</sup> sono stati ricavati:

- 1) un piano interrato: per le condutture dei vari impianti ed il movimento dei bagagli;
- 2) un piano terreno: per le due aule degli arrivi e delle partenze;
- 3) una balconata intermedia: per i vari servizi per il pubblico, compreso il ristorante.

Ogni trasverso è collegato ortogonalmente a quelli adiacenti a mezzo di due travi lamellari, in corrispondenza delle sue estremità, e da due altri elementi lungo la luce principale. La copertura è costituita da una sequenza di piastre prefabbricate in calcestruzzo armato, con nervature di altezza 15 cm e soletta di spessore 4 cm.

### MODALITA' COSTRUTTIVE

L'esecuzione dei telai principali è avvenuta nelle seguenti fasi:

- 1) getto dei due piedritti, con inserite le relative armature, ordinaria e di precompressione;
- 2) disposizione, sulla sommità dei piedritti al livello dell'intradosso del trasverso, di un appoggio limitato in teflon (superficie 600 cm<sup>2</sup>);
- 3) getto del trasverso su centina fissa, in modo che sul piedritto l'appoggio risulti limitato alla parte scorrevole in teflon;
- 4) getto delle parti di minima inerzia orizzontale delle travi lamellari trasversali;
- 5) prima operazione di precompressione del trasverso;
- 6) posa in opera delle piastre prefabbricate di copertura;
- 7) seconda fase di precompressione del trasverso e completamento delle travi lamellari trasversali;
- 8) getto di solidarizzazione delle piastre prefabbricate tra di loro e coi trasversi;
- 9) terza fase di precompressione del trasverso;
- 10) getto di sutura della sommità dei piedritti per il completamento del nodo piedritto-trasverso;
- 11) tiro dei cavi dei piedritti.

### MATERIALI ADOPERATI (per m<sup>2</sup> di copertura):

- calcestruzzo per strutture precomprese: 0,15 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>
- armatura ordinaria per strutture precomprese: 16 kg/m<sup>2</sup>
- acciaio per armatura di precompressione: 7 kg/m<sup>2</sup>

COMMITTENTE: Direzione Generale Aviazione Civile  
IMPRESA: A.I.A. - Catania  
SISTEMA DI PRECOMPRESSIONE: Morandi M5

services, and especially to obtain wide possibilities of conversion so as to follow the evolution of aircraft needs.

### STRUCTURAL SOLUTION

The 5.000 m<sup>2</sup> roof with no intermediate support, was realized by means of a series of 35 frames having 41 m spans. From the total roofed volume of 35.000 m<sup>3</sup>, the following spaces were obtained:

- 1) an underground floor: for service mains and baggage handling;
- 2) a ground floor: for the two arrival and departure concourses;
- 3) an intermediate mezzanine: for the various public services, including a restaurant.

Every main beam of the frames is orthogonally connected to the adjacent elements by means of two slender beams at its two ends, and by two other elements along the main span. The roof-structure is formed of a sequence of precast concrete slabs, the ribbing being 15 cm deep and the slab 4 cm thick.

### CONSTRUCTION SYSTEM

The main frames were built in the following phases:

- 1) pour of the two columns, the reinforcing, both normal and prestressing, being already inserted;
- 2) the arrangement along the tops of the columns at the level of the soffits of the beam, of a limited bearing in teflon (600 cm<sup>2</sup> area);
- 3) the pour of the beam on a fixed centering, so that the beam bears on the column only where the sliding teflon bearing is located;
- 4) the pour of the portions of the slender crossbeams having minimum horizontal inertia;
- 5) first prestressing of the beam;
- 6) positioning of the precast roof slabs;
- 7) second prestressing of the beam and completion of the slender crossbeams;
- 8) a pour to join the precast slabs among themselves and to the beams;
- 9) third prestressing of the beam;
- 10) a stitching pour at the tops of the columns so as to complete the beam-column node;
- 11) tensioning of the cables in the columns.

### CONSUMPTION OF MATERIALS (per m<sup>2</sup> of roof):

- concrete for prestressed structures: 0,15 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>
- reinforcing steel for prestressed structures: 16 kg/m<sup>2</sup>
- prestressing steel: 7 kg/m<sup>2</sup>

OWNER: General Civil Aviation Management  
CONTRACTOR: A.I.A. - Catania  
PRESTRESSING SYSTEM: Morandi M5

## Stabilimento S.A.C.E. a Dalmine (Bergamo)

## S.A.C.E. factory at Dalmine (Bergamo)

Progetto strutturale:

**Dott. Ing. Gian Carlo Giuliani**

Progetto generale:

**Studio Tre**

Progetto architettonico:

**Dott. Arch. Giorgio Clerici di Cavenago**

*Structural design:*

**Dott. Ing. Gian Carlo Giuliani**

*General design:*

**Studio Tre**

*Architectural design:*

**Dott. Arch. Giorgio Clerici di Cavenago**

PERIODO DI COSTRUZIONE: Marzo - Dicembre 1978

*TIME OF CONSTRUCTION: March - December 1978*

Schema statico: gusci sottili autoportanti a shed, assemblati in « super-elementi » di copertura

Superficie coperta: 18.000 m<sup>2</sup>

Griglia strutturale in pianta: 20 m × 20 m

Sezione trasversale dei pilastri: 80 cm × 80 cm

Numero delle travi: 2 per ogni campo da 20 m × 20 m

Interasse tra le travi: 20 m

Altezza delle travi: 2,60 m

Spessore dei gusci: 7 cm

Altezza libera sotto la struttura: 7,50 m

Elementi strutturali prefabbricati: pilastri, shed 20,00 m × 5,00 m con relativo segmento incorporato di trave principale, pannelli orizzontali di chiusura esterna

*Static scheme: thin loadbearing shed type shells, assembled together forming « super-element » roof units*

*Covered area: 18.000 m<sup>2</sup>*

*Structural plan grid: 20 m × 20 m*

*Column cross section: 80 cm × 80 cm*

*Number of beams: 2 for each 20 m × 20 m field*

*Beam spacing: 20 m*

*Beam height: 2,60 m*

*Thickness of roof elements: 7 cm*

*Clearance under the structure: 7,50 m*

*Prefabricated structural elements: columns; 20,00 m × 5,00 m shed elements, with incorporated relative main beam segment; horizontal external cladding panels*

Elementi strutturali precompressi: shed, travi principali

Tipo di precompressione:

— shed: pre-tensione

— travi principali: post-tensione

Diametro dei trefoli di pretensione: 0,6"

Composizione dei cavi post-tesi: 6 trefoli diametro 0,6"

Tensione iniziale dei trefoli: 136 kg/mm<sup>2</sup>

Tensione di esercizio dei trefoli: 108 kg/mm<sup>2</sup>

Sforzo massimo di compressione nel calcestruzzo:

— all'atto della precompressione: 165 kg/cm<sup>2</sup>

— in esercizio: 110 kg/cm<sup>2</sup>

Sforzo massimo di trazione nel calcestruzzo: 15 kg/cm<sup>2</sup>

Valore caratteristico del carico di rottura cubico del calcestruzzo nella struttura precompressa, a 28 giorni: 330 kg/cm<sup>2</sup>

Carico di rottura dell'acciaio: 180 kg/mm<sup>2</sup>

Limite convenzionale dell'acciaio all'1%: 148 kg/mm<sup>2</sup>

*Prestressed structural elements: shed elements, main beams*

*Type of prestressing:*

— shed elements: pre-tensioning

— main beams: post-tensioning

*Pre-tensioning strand diameter: 0,6"*

*Composition of post-tensioned cables: 6 strands 0,6" diameter*

*Initial stress in the strands: 136 kg/mm<sup>2</sup>*

*Tension of each strand under service conditions: 108 kg/mm<sup>2</sup>*

*Maximum compressive stress in the concrete:*

— at time of tensioning: 165 kg/cm<sup>2</sup>

— under service conditions: 110 kg/cm<sup>2</sup>

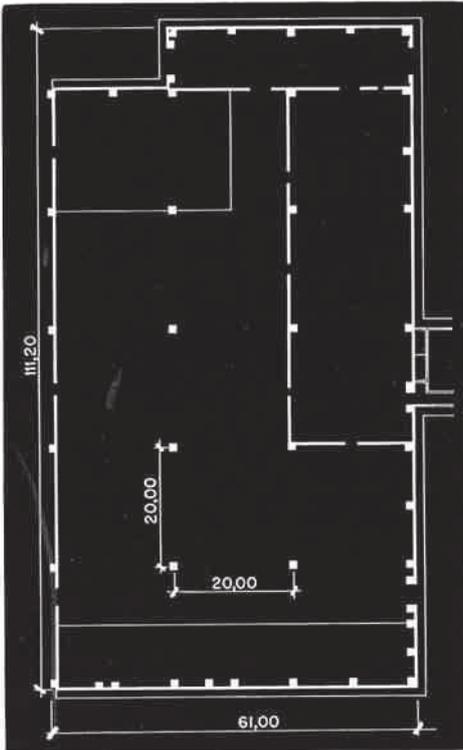
*Maximum tensile stress in the concrete: 15 kg/cm<sup>2</sup>*

*Characteristic value of cube crushing strength of the prestressed concrete at 28 days: 330 kg/cm<sup>2</sup>*

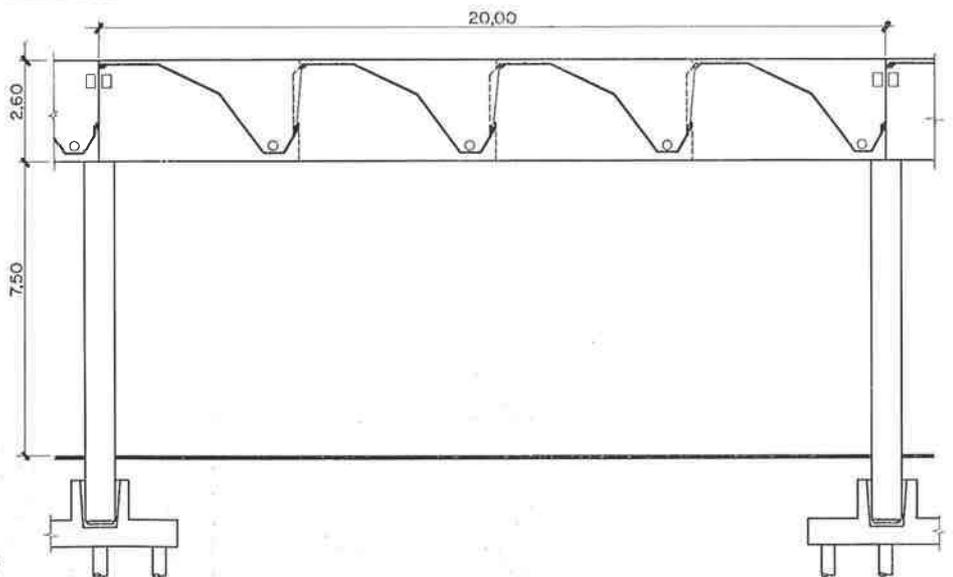
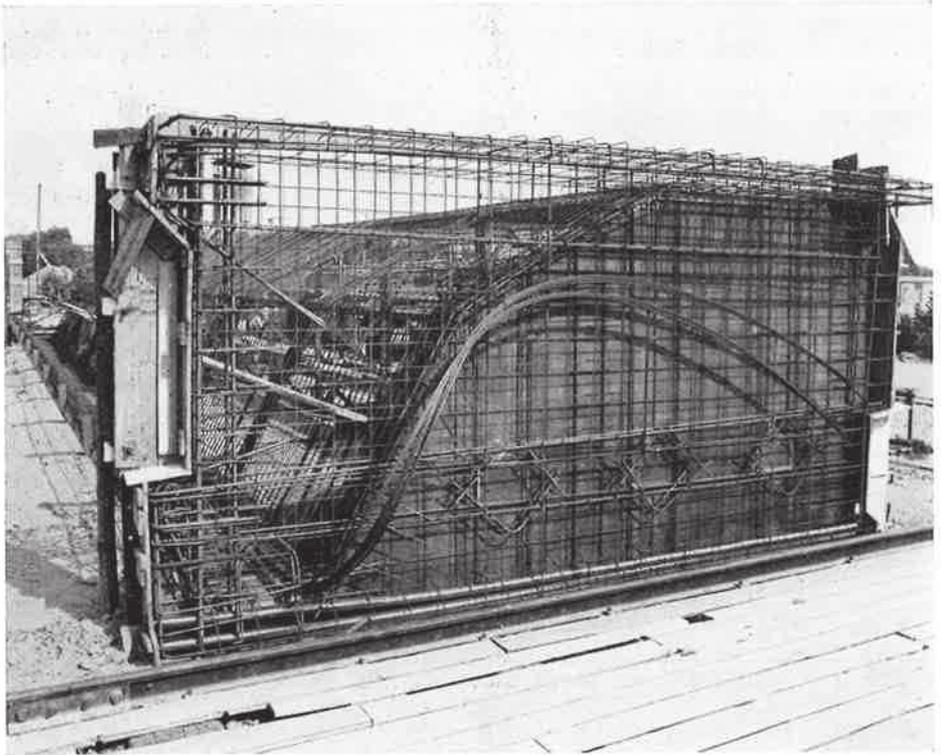
*Ultimate steel strength: 180 kg/mm<sup>2</sup>*

*Conventional steel strength a 1% elongation: 148 kg/mm<sup>2</sup>*

1

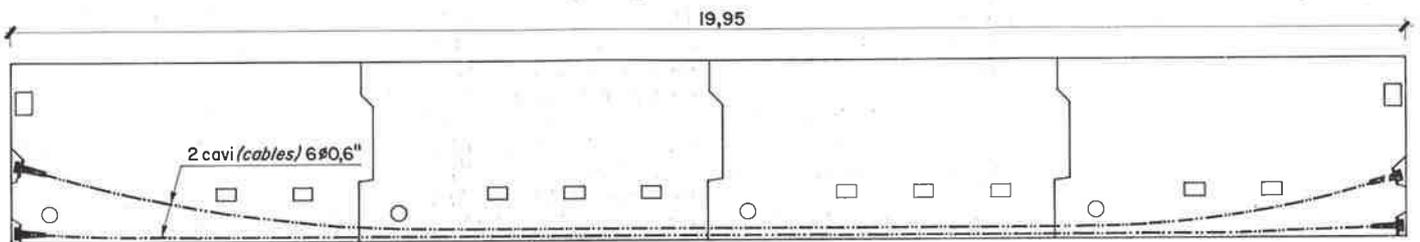


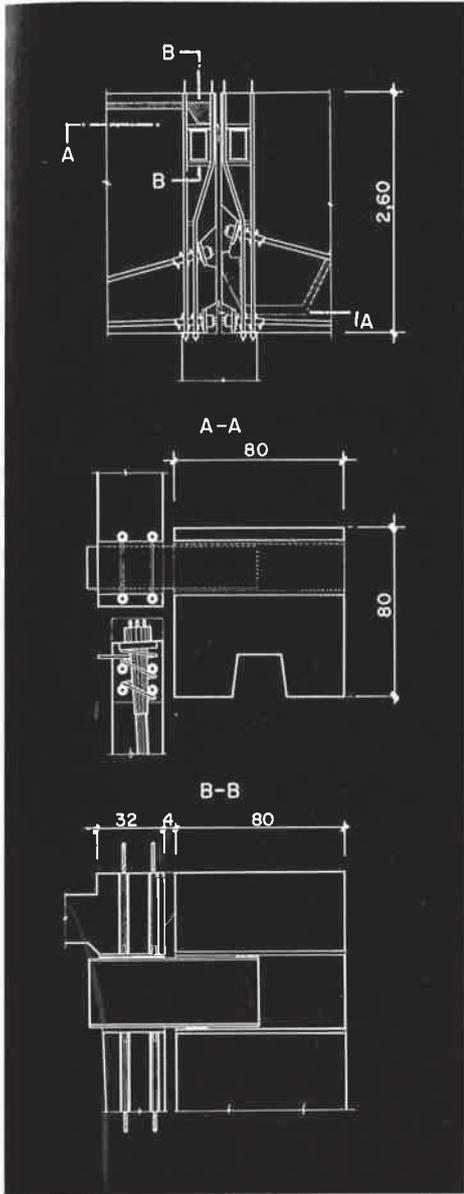
2



4

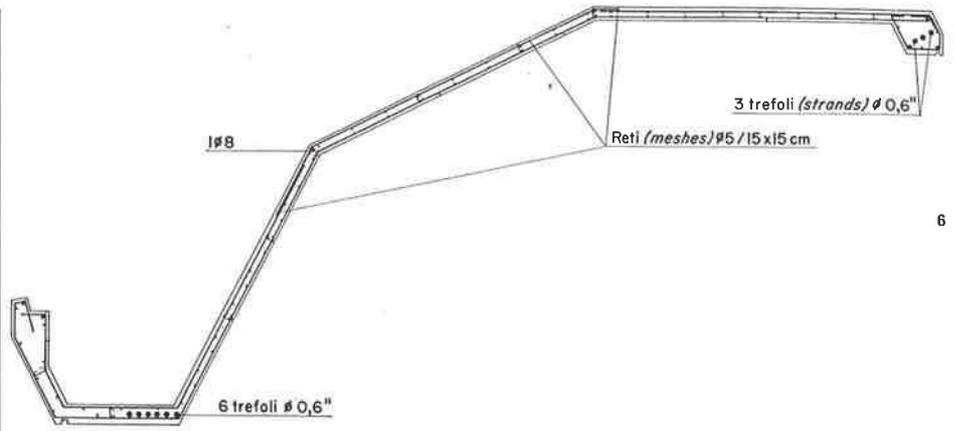
3



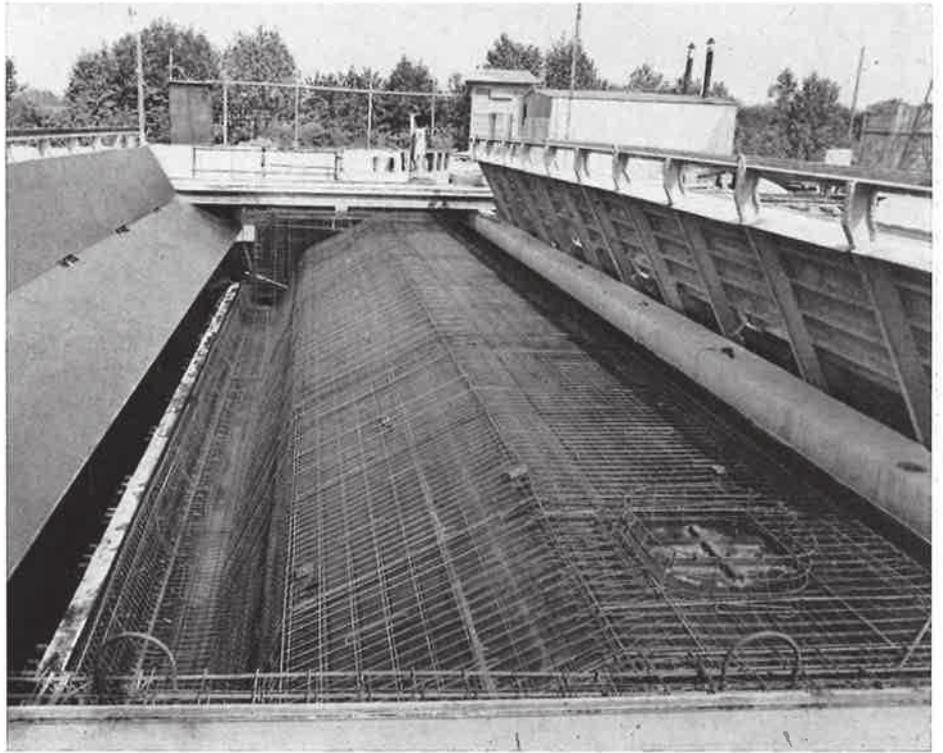


5

1 - Pianta di uno degli edifici dello stabilimento; 2 - La gabbia d'armatura prefabbricata per uno shed intermedio; 3 - Sezione trasversale di una campata tipo; 4 - Andamento dei cavi di precompressione in un «super-elemento» di copertura; 5 - Schema e sezione del collegamento degli sheds di copertura al pilastro; 6 - Dettagli di armatura, normale e di precompressione nella sezione trasversale di uno shed intermedio; 7 - Uno shed pronto per il getto; 8 - Stoccaggio degli elementi a shed prefabbricati.



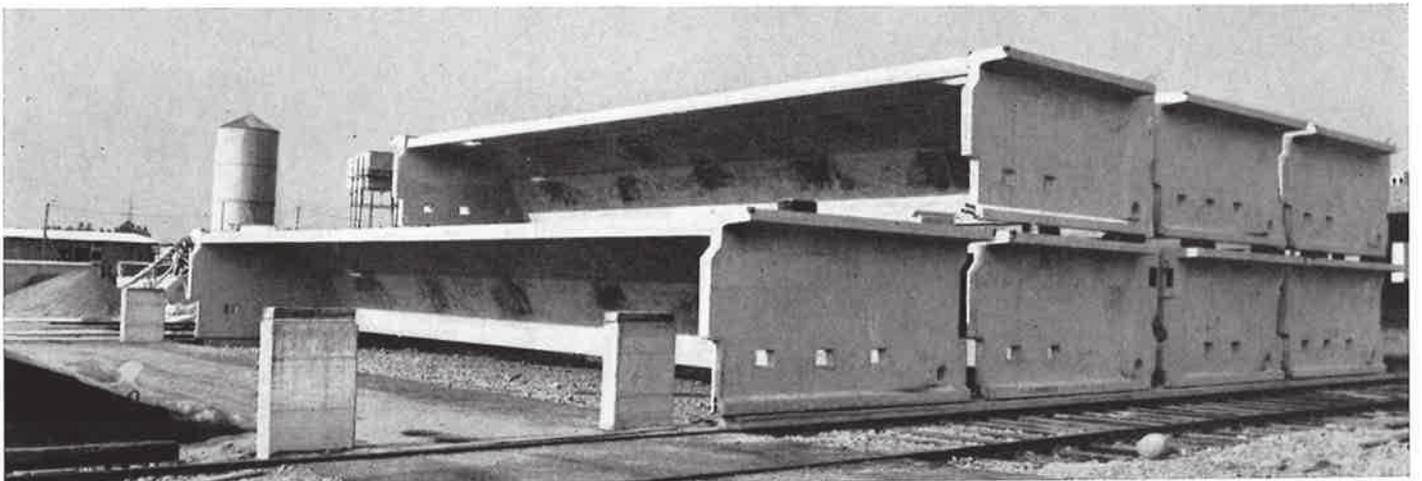
6

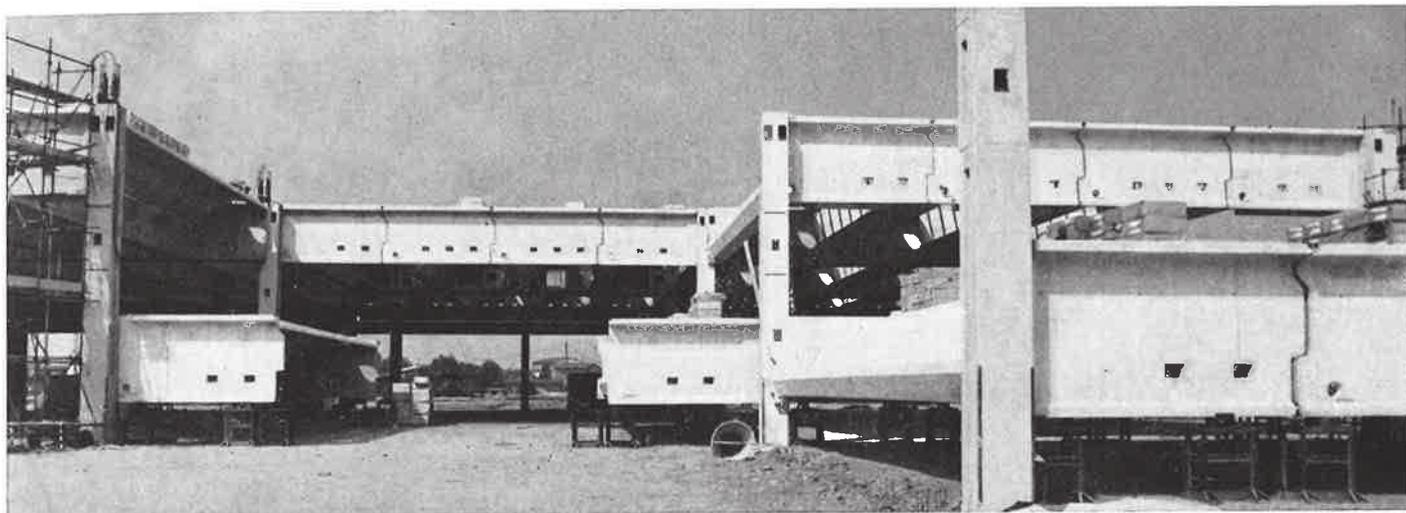


7

1 - Plan of one of the factory buildings; 2 - The pre-assembled reinforcement cage for an intermediate shed element; 3 - Cross section of a typical span; 4 - Position of the prestressing cables in a «super-element» roof element; 5 - Scheme and section of the connection of the roof shed element to the column; 6 - Details of ordinary and prestressing reinforcement in a cross section of an intermediate shed element; 7 - A shed element ready for casting; 8 - Stockpiling of the precast shed elements.

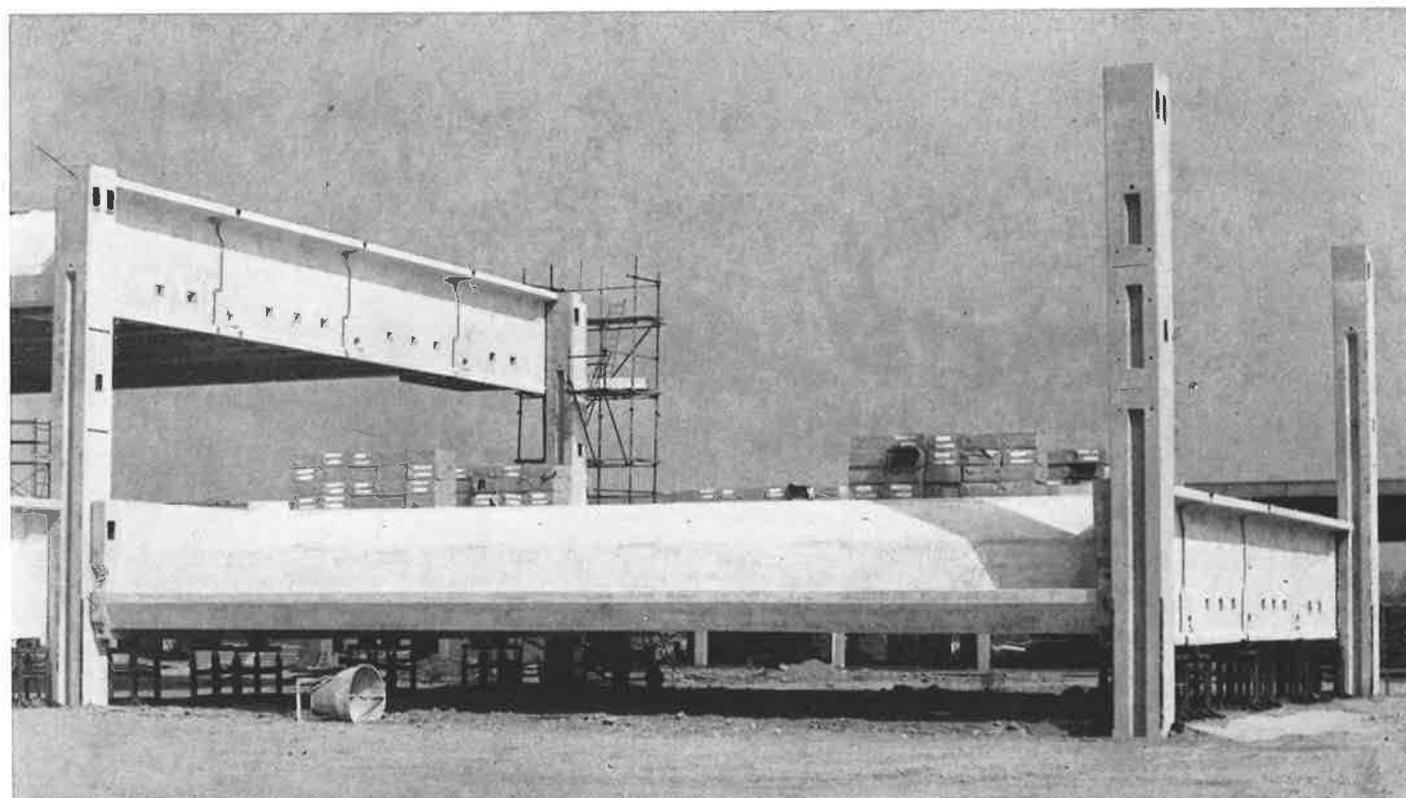
8

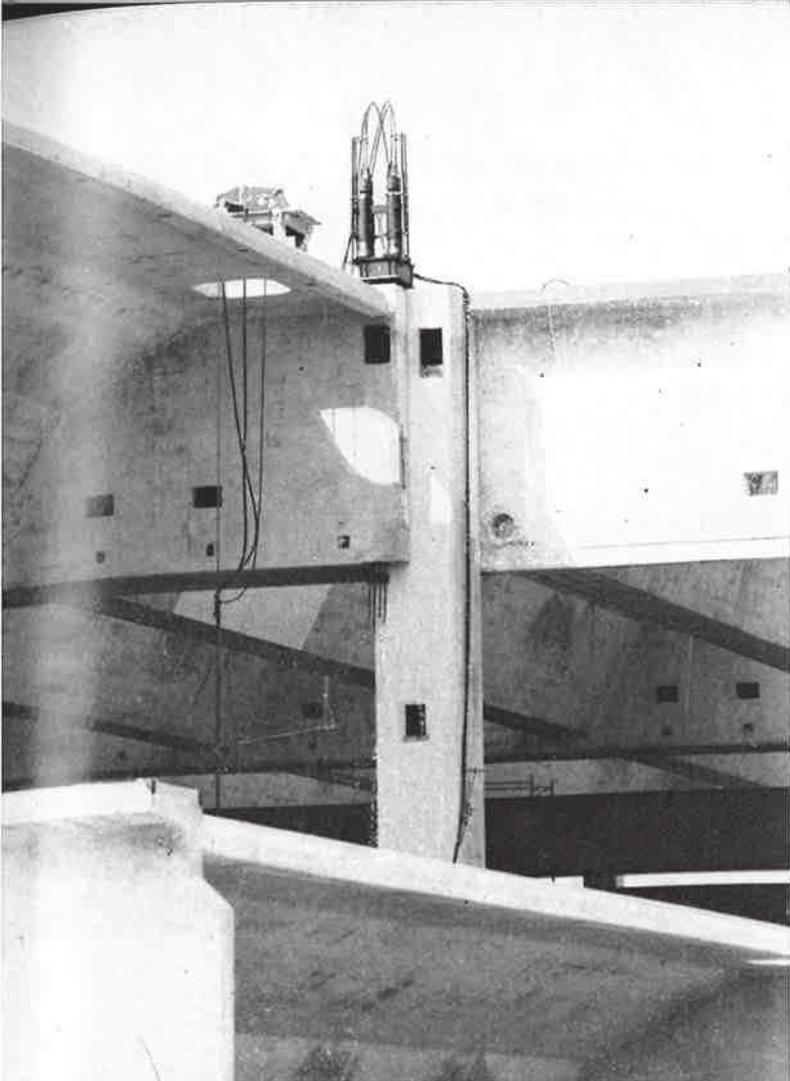




9 - Assemblaggio a piè d'opera degli shed prefabbricati a gruppi di quattro, in modo da formare il « super-elemento » di copertura; 10 - Un « super-elemento » a piè d'opera, prima dell'operazione di precompressione e del successivo sollevamento; 11 - Vista dell'apparecchiatura di sollevamento, costituita da quattro gruppi di martinetti idraulici, posizionati sui pilastri, e del collegamento al pilastro stesso; 12 - L'interno di uno degli edifici in fase di completamento; 13 - La chiusura esterna degli edifici è costituita da pannelli orizzontali prefabbricati in calcestruzzo leggero.

9 - Yard assembly of the precast shed elements in groups of four, thus forming the « super-component » roof unit; 10 - A « super-component » in the yard before prestressing operations and final lifting; 11 - View of the lifting equipment consisting in four groups of hydraulic jacks positioned on the columns and the beam-column connection; 12 - The interior of one of the buildings during final phases; 13 - The external cladding consists of horizontal precast panels in lightweight concrete.





11

12



13

## GENERALITA'

La scelta dello shed come elemento di copertura è stata determinata dalle esigenze di buona illuminazione naturale e di alloggiamento, nell'altezza degli elementi, di tutti gli impianti ed in particolare delle centraline di termoventilazione. La completa prefabbricazione a piè d'opera con posa a terra della impermeabilizzazione e coibentazione, ha consentito tempi di lavoro molto ridotti.

## SOLUZIONE STRUTTURALE

La struttura è stata ideata congiuntamente al sistema di costruzione. La capacità portante delle strutture in foglio è stata utilizzata per lo shed, agli effetti dei carichi e sovraccarichi propri della copertura e dei carichi industriali appesi a questa. Il timpano di estremità degli shed, necessario per il funzionamento di assieme della struttura in foglio, è stato utilizzato come segmento di trave principale.

I calcoli sono stati effettuati con i metodi agli stati limite, tenendo conto degli effetti del 2° ordine per i pilastri e con analisi ad elementi finiti per i gusci a shed e per le travi composte con le loro traverse di estremità.

## MODALITA' COSTRUTTIVE

Si è fatto uso di completa prefabbricazione a piè d'opera, realizzando pilastri, elementi a shed e pannelli.

Gli elementi a shed sono stati gettati su cassero metallico; il contrasto della pretensione è stato ottenuto mediante apposita struttura in cemento armato attrezzata per il futuro reimpiego per i previsti ampliamenti. Dopo il montaggio dei pilastri prefabbricati gli shed sono stati trasportati singolarmente fino alla posizione corrispondente alla proiezione della loro collocazione finale, quindi si è provveduto all'infilaggio dei cavi ed all'iniezione dei giunti fra le traverse di estremità in modo da realizzare, a precompressione avvenuta, le travi di bordo. Sono stati così ottenuti dei « super-elementi » di dimensioni 20 m x 20 m. Tali super-elementi sono poi stati sollevati alla sommità dei pilastri e collegati a questi mediante spine metalliche.

## MATERIALI ADOPERATI (per m<sup>2</sup> di superficie coperta):

- calcestruzzo per strutture precomprese: 0,16 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>
- armatura ordinaria per strutture precomprese: 22 kg/m<sup>2</sup>
- acciaio per armature di precompressione: 3 kg/m<sup>2</sup>

COMMITTENTE: SACE S.p.A. - Dalmine  
IMPRESA: Ing. Giovanni Pandini - Bergamo  
SISTEMA DI PRECOMPRESSIONE: VSL

## GENERAL

*The choice of the shed structure as the roof element was made to satisfy the need for good natural lighting and for lodging at roof level all systems, in particular the heating and ventilation units. The complete on-site prefabrication together with the laying of the waterproofing and insulation at ground level considerably reduced construction time.*

## STRUCTURAL SOLUTION

*The structure was conceived together with its construction system. The load-bearing capacity of the folded plate structures was used for the shed to take the dead load of the roof and the live industrial loads hanging from it. The diaphragms at the shed ends, necessary for the sheet structure to function as a whole, was used as a main beam segment. Design calculations were done according to the ultimate limit state method, second-order effects being taken into consideration for the columns; finite elements analyses were used for the shed shells and for the compound beams with the end cross-members.*

## CONSTRUCTION SYSTEM

*Columns, shed elements and cladding panels were completely prefabricated on site.*

*The shed elements were cast in steel forms; thrust reaction for the prestressing was provided by a special reinforced concrete structure, adapted to future re-use in the planned enlargements. After the precast columns were positioned the sheds were hauled individually to the position corresponding to the projection on the ground of their definitive placement; then the cables were threaded through and the joints between the end cross members were grouted so as to create, after the post-tensioning, the edge beams. Thus, the 20 m x 20 m « super-elements » were created. These super-elements were then hoisted up to the tops of the columns and affixed to them by steel pins.*

## CONSUMPTION OF MATERIALS (per m<sup>2</sup> of covered area):

- concrete for prestressed structures: 0,16 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>
- reinforcing steel for prestressed structures: 22 kg/m<sup>2</sup>
- prestressing steel: 3 kg/m<sup>2</sup>

OWNER: SACE S.p.A. - Dalmine  
CONTRACTOR: Ing. Giovanni Pandini - Bergamo  
PRESTRESSING SYSTEM: VSL

# Edificio per uffici e magazzino delle «Messaggerie Italiane» a Milano

# Office and warehouse building for the «Messaggerie Italiane» in Milan

---

## Progetto strutturale:

Dott. Ing. Gian Carlo Giuliani

## Progetto architettonico:

Dott. Arch. Jan Battistoni

---

## Structural design:

Dott. Ing. Gian Carlo Giuliani

## Architectural design:

Dott. Ing. Jan Battistoni

---

PERIODO DI COSTRUZIONE: Novembre 1978 - Giugno 1980

---

TIME OF CONSTRUCTION: November 1978 - June 1980

---

Schema statico: piastre nervate appoggiate su pilastri; sbalzo a trave Vierendeel con montanti in calcestruzzo e acciaio

Superficie coperta: 2.500 m<sup>2</sup> per piano

Griglia strutturale in pianta: 9,97 m × 8,80 m

Diametro dei pilastri circolari: 50 cm

Sbalzo degli uffici: 9,78 m

Numero delle piastre: 80

Interasse tra le nervature delle piastre: da 2,63 m a 3,59 m

Altezza delle nervature delle piastre: 0,50 m e 0,60 m

Spessore della soletta delle piastre: 10 cm

Elementi strutturali prefabbricati: piastre nervate di solaio

---

Static scheme: ribbed slabs simply supported on columns; Vierendeel cantilevered beam with concrete and steel vertical members

Covered area: 2.500 m<sup>2</sup> per floor

Structural plan grid: 9,97 m × 8,80 m

Circular columns diameter: 50 cm

Offices cantilever: 9,78 m

Number of slabs: 80

Spacing between slab ribs: from 2,63 m to 3,59 m

Slab rib depths: 0,50 m and 0,60 m

Thickness of floor slab: 10 cm

Precast structural elements: ribbed floor slabs

---

Elementi strutturali precompressi: piastre nervate di solaio, correnti della trave Vierendeel per lo sbalzo degli uffici

Tipo di precompressione:

— piastre di solaio: pre-tensione

— correnti trave Vierendeel: post-tensione

Diametro dei trefoli di pre-tensione: 0,6"

Composizione dei cavi di post-tensione: 19 trefoli diametro 0,6"

Tensione iniziale dei trefoli: 138 kg/mm<sup>2</sup>

Tensione di esercizio dei trefoli: 110 kg/mm<sup>2</sup>

Sforzo massimo di compressione nel calcestruzzo:

— all'atto della precompressione: 172 kg/cm<sup>2</sup>

— in esercizio: 158 kg/cm<sup>2</sup>

Sforzo massimo di trazione nel calcestruzzo: 12 kg/cm<sup>2</sup>

Valore caratteristico del carico di rottura cubico del calcestruzzo della struttura precompressa a 28 giorni: 300 kg/cm<sup>2</sup>

Carico di rottura dell'acciaio: 180 kg/mm<sup>2</sup>

Limite convenzionale dell'acciaio all'1%: 148 kg/mm<sup>2</sup>

---

Prestressed structural elements: ribbed floor slabs

Vierendeel beam chords for the offices cantilever

Kind of prestressing:

— floor slabs: pre-tensioning

— Vierendeel-beam chords: post-tensioning

Diameter of pre-tensioning strands: 0,6"

Post-tensioning cable composition: 19 strands diameter 0,6"

Initial stress in strands: 138 kg/mm<sup>2</sup>

Tension of strands under service conditions: 110 kg/mm<sup>2</sup>

Maximum tensile stress in the concrete:

— at time of tensioning: 172 kg/cm<sup>2</sup>

— under service conditions: 158 kg/cm<sup>2</sup>

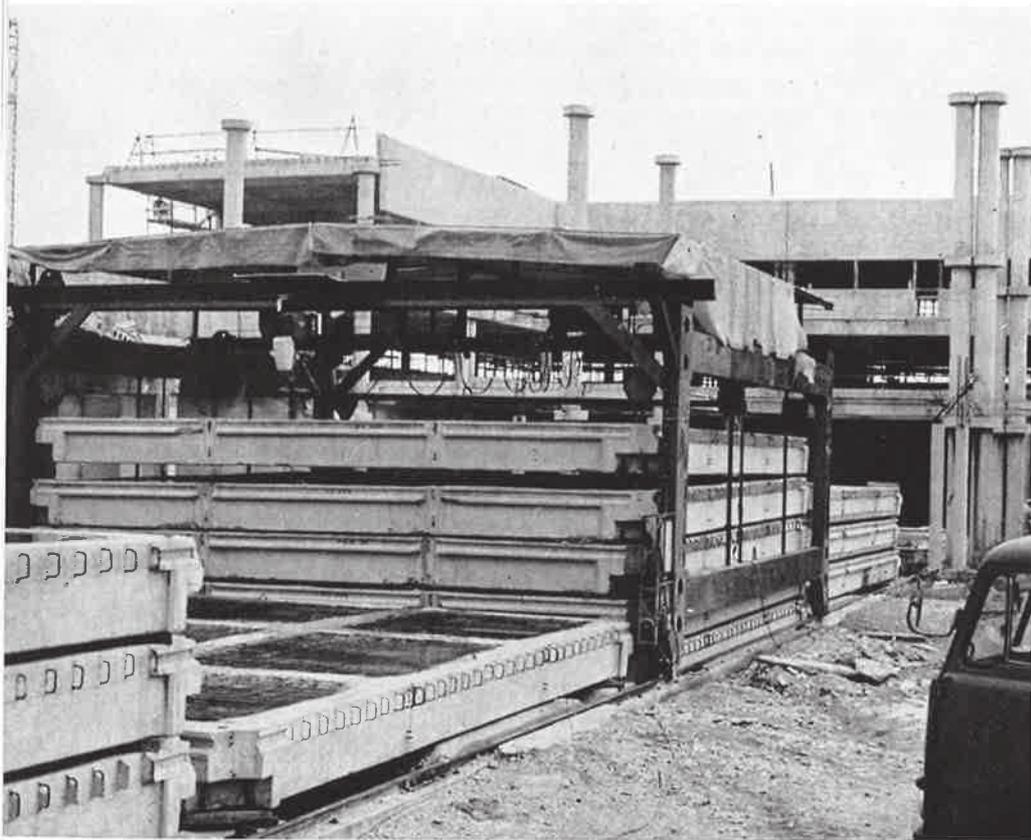
Maximum tensile stress in the concrete: 12 kg/cm<sup>2</sup>

Characteristic value of cube crushing strength of prestressed concrete at 28 days: 300 kg/cm<sup>2</sup>

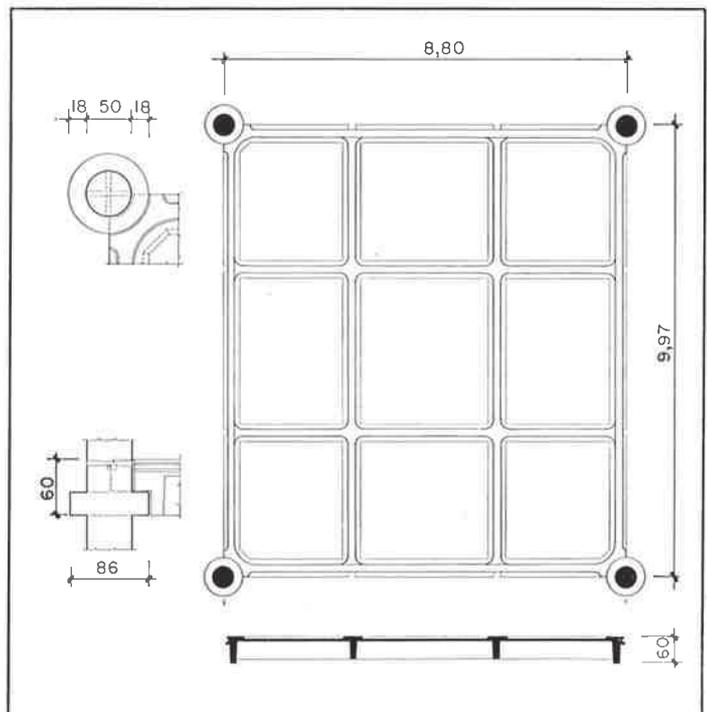
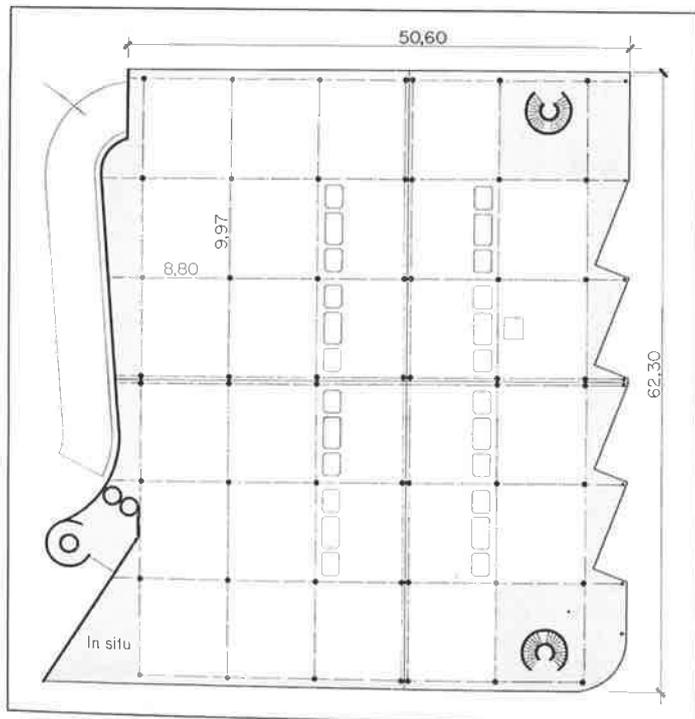
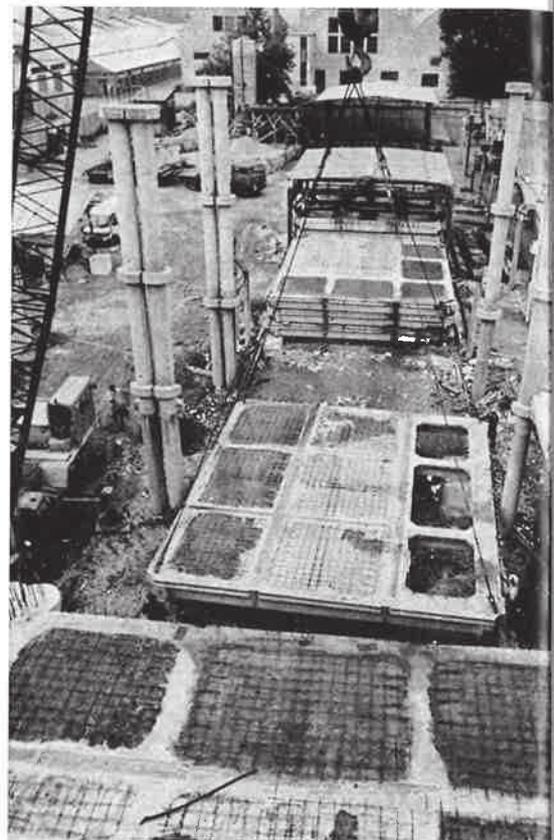
Ultimate steel strength: 180 kg/mm<sup>2</sup>

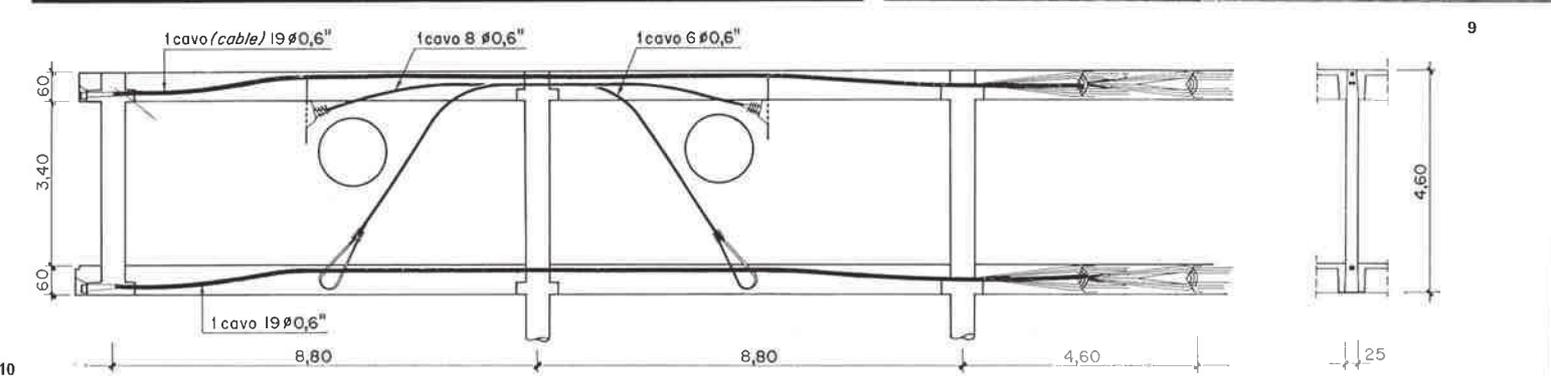
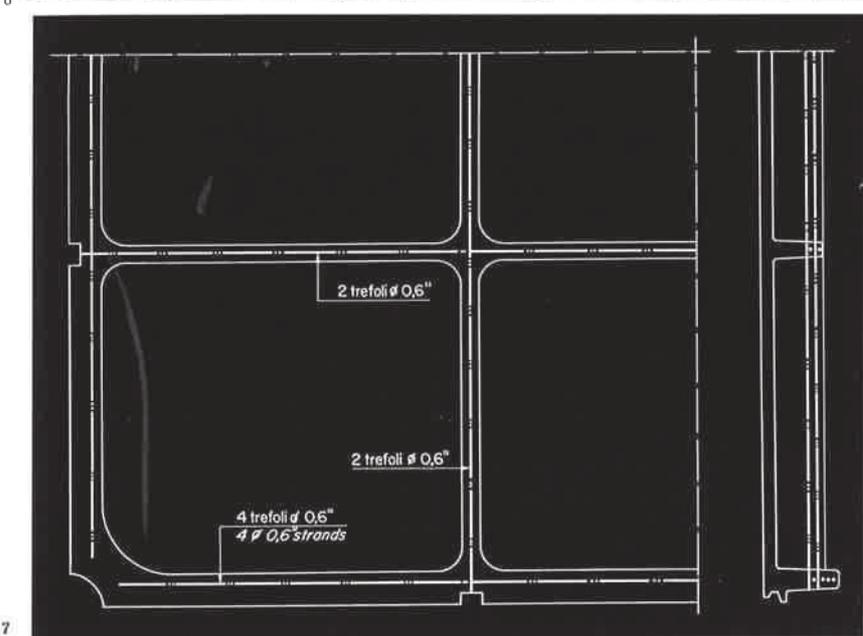
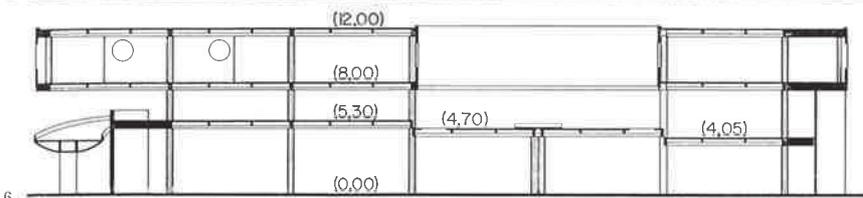
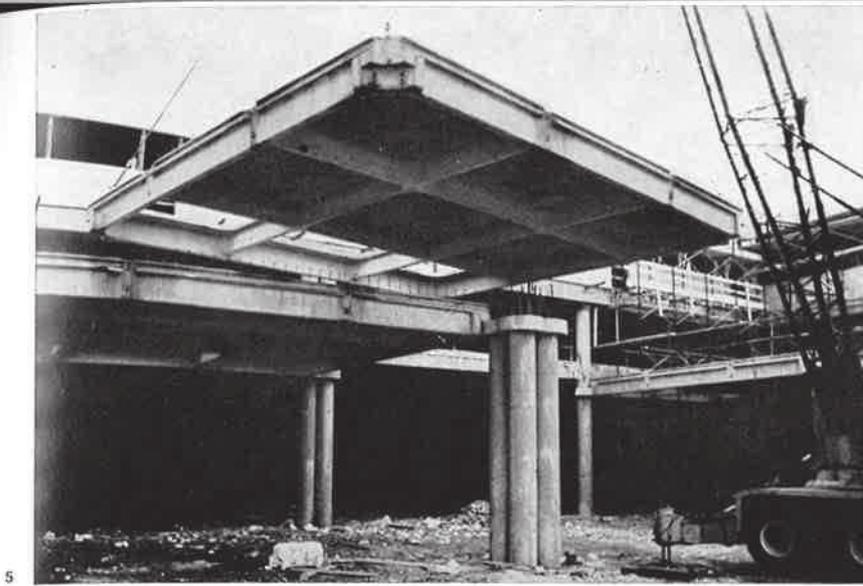
Conventional steel strength at 1% elongation: 148 kg/mm<sup>2</sup>

1



2





1-2 - Stoccaggio delle piastre nervate di solaio, prefabbricate a piè d'opera, e sollevamento per il montaggio; 3 - Pianta del primo solaio dell'edificio: retinata la parte gettata in opera; 4 - Piastra nervata di solaio: pianta, sezione trasversale, particolari dell'appoggio della piastra sul pilastro; 5 - Posa in opera della piastra di solaio; 6 - Sezione trasversale dell'edificio; 7 - Disposizione dell'armatura di precompressione nelle piastre tipo: pianta e sezione trasversale; 8 - Vista di un interno adibito ad uffici; 9 - Lo sbalzo degli uffici e la rampa di accesso al parcheggio; 10 - Armatura di precompressione della trave Vierendeel di sostegno dello sbalzo (9,78 m) degli uffici.

1-2 - Stockpiling of the ribbed floor slabs, precast on the ground and lifted into position for assembly; 3 - Plan of the first floor building: grey indicates the part cast in situ; 4 - Ribbed floor slab: plan, cross section, details of the support of floor slab on the column; 5 - In situ positioning of a floor slab; 6 - Cross section of the building; 7 - Positioning of the prestressing steel in a typical slab: plan and cross section; 8 - View of the inside utilized as office space; 9 - The cantilever of the offices and access ramp to the parking area; 10 - The prestressing steel of the Vierendeel beam supporting the 9,78 m cantilever of the offices.

## GENERALITA'

L'edificio è impostato su maglia 8,80 m × 9,98 m ed è composto in massima parte con piastre prefabbricate. Zone particolari quali quelle delle scale e degli ingressi sono state realizzate con getto in opera a vista. Pure con getti in opera sono state formate le fascie laterali in aggetto oltre il filo dei pilastri.

L'edificio è caratterizzato da un forte sbalzo (9,78 m) della zona uffici e della rampa di accesso al piano intermedio dei parcheggi.

## SOLUZIONE STRUTTURALE

L'uso di piastre nervate di grandi dimensioni precomprese e prefabbricate a piè d'opera, è risultato fattore di grande economia e di pregevole effetto estetico. Lo sbalzo degli uffici è stato ottenuto mediante solidarizzazione di setti in c.a. sopportati dalla prima fila di pilastri con le piastre adiacenti degli impalcati superiore e inferiore.

Un montante tubolare in acciaio posizionato sull'asse esterno delle piastre e solidarizzato a queste completa la struttura Vierendeel dello sbalzo. Sia i setti che le travi in spessore, realizzate mediante getto fra le nervature delle due piastre adiacenti, sono state precomprese mediante cavi scorrevoli. La rampa di accesso al piano parcheggio è costituita da trave, con sezione cava e intradosso curvilineo, continua su quattro appoggi. Anche essa è stata precompressa a cavi scorrevoli.

## MODALITA' COSTRUTTIVE

Le piastre nervate sono state gettate nell'area di cantiere entro cassero metallico. La struttura di reazione per la pre-tensione è stata realizzata in c.a. La sformatura avveniva mediante martinetti idraulici di sollevamento coadiuvati da iniezione di acqua fra la forma in acciaio e la soletta della piastra. Il trasporto e lo stoccaggio venivano effettuati mediante carrello equipaggiato con argani e mobile su binario. Il montaggio delle piastre è stato effettuato con autogrù. La struttura dello sbalzo è stata realizzata montando le piastre su supporti provvisori, gettando le travi in spessore con il montante in acciaio e provvedendo infine alla precompressione.

## MATERIALI ADOPERATI (per m<sup>2</sup> di superficie coperta):

- calcestruzzo per strutture precomprese: 0,18 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>
- armatura ordinaria per strutture precomprese: 16 kg/m<sup>2</sup>
- acciaio per armature di precompressione: 3,2 kg/m<sup>2</sup>

COMMITTENTE: Messaggerie Italiane S.p.A. - Milano  
IMPRESA: Ing. Carbone - Milano  
SISTEMA DI PRECOMPRESSIONE: VSL

## GENERAL

The building follows an 8,80 m × 9,98 m grid and is for the most part made up of precast slabs. Special areas such as the stairways and entrances were built with in situ pours left fair face. Cast in situ were also the lateral fascias overhanging the outer edge of the columns. Characteristic of the building is the huge cantilever (9,78 m) of the offices area and of the access ramp to the intermediate parking floor.

## STRUCTURAL SOLUTION

The use of large-size ribbed slabs, prestressed and precast on site, contributed greatly to economy of construction and to the pleasing aesthetic effect. The cantilever of the office area was realized by integrally joining the reinforced concrete diaphragms supported by the first row of columns to the adjacent slabs of the upper and lower decks.

A tubular steel upright placed on the outside axis of the slabs and fully joined to them, completes the Vierendeel beam structure for the cantilever. Both the diaphragms and the flush beams, the latter being created by pours between the ribs of two adjacent slabs, were prestressed by means of post-tensioning cables. The access-ramp to the parking floor is formed by a continuous beam, having a hollow section and curved soffit, simply supported at four points. This too was prestressed with post-tensioning cables.

## CONSTRUCTION SYSTEM

The ribbed slabs were cast in metal forms in the yard. The reaction structure for the pre-tensioning was built of reinforced concrete. Demoulding was executed by hydraulic lifting jacks aided by water injections between the steel form and the slab. Transport and stockpiling were done by means of a trolley equipped with winches and moving on rails. The plates were put in position using a crane truck. The cantilever structure was created by mounting the plates on provisional supports, pouring the flush beams with the steel upright, and then realizing the prestressing.

## CONSUMPTION OF MATERIALS (per m<sup>2</sup> of covered area):

- concrete for prestressed structures: 0,18 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>
- reinforcing steel for prestressed structures: 16 kg/m<sup>2</sup>
- prestressing steel: 3,2 kg/m<sup>2</sup>

OWNER: Messaggerie Italiane S.p.A. - Milano  
CONTRACTOR: Ing. Carbone - Milano  
PRESTRESSING SYSTEM: VSL

# Magazzino ricambi della Società Autostar a Capena (Roma)

# Spare-parts warehouse for the Autostar Company at Capena (Rome)

Progetto delle strutture:

Prof. Ing. Carlo Cestelli Guidi, Prof. Ing. Giorgio Croci,  
Dott. Ing. Sergio Tremi Proietti

Progetto architettonico:

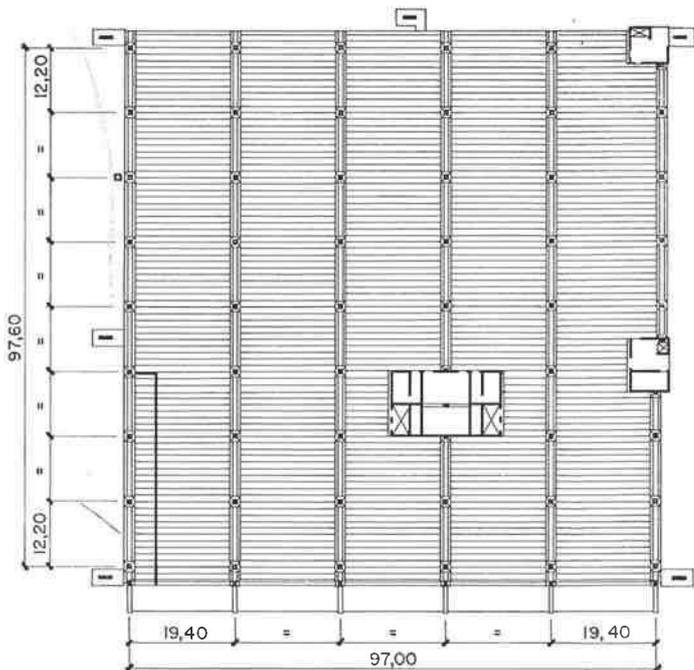
Dott. Ing. Giustino Trella

Structural design:

Prof. Ing. Carlo Cestelli Guidi, Prof. Ing. Giorgio Croci,  
Dott. Ing. Sergio Tremi Proietti

Architectural design:

Dott. Ing. Giustino Trella



1 - Pianta del primo solaio dell'edificio.

1 - Plan of the first floor of the building.

PERIODO DI COSTRUZIONE: 1978 - 1982

TIME OF CONSTRUCTION: 1978 - 1982

Schema statico: telai collegati con elementi di solaio ad U rovescia

Superficie coperta: 10.559 m<sup>2</sup>

Griglia strutturale in pianta: 12,20 m × 19,40 m

Numero delle travi: 94

Interasse tra le travi: 19,40 m

Lunghezza degli elementi prefabbricati di solaio: 18,22 m

Altezza degli elementi del 1° solaio: 1,34 m

Spessore della soletta del 1° solaio: 10 cm

Altezza degli elementi di copertura: 70 cm

Spessore della soletta di copertura: 5 cm

Dimensione dei pannelli di facciata: 1,94 m × 19,00 m

Elementi strutturali prefabbricati: travi, tegoli ad U rovescia, pannelli di facciata

Static scheme: frames connected together by upside-down U roof elements

Covered area: 10.559 m<sup>2</sup>

Structural plan grid: 12,20 m × 19,40 m

Number of beams: 94

Beam spacing: 19,40 m

Length of the precast floor elements: 18,22 m

Height of 1st floor elements: 1,34 m

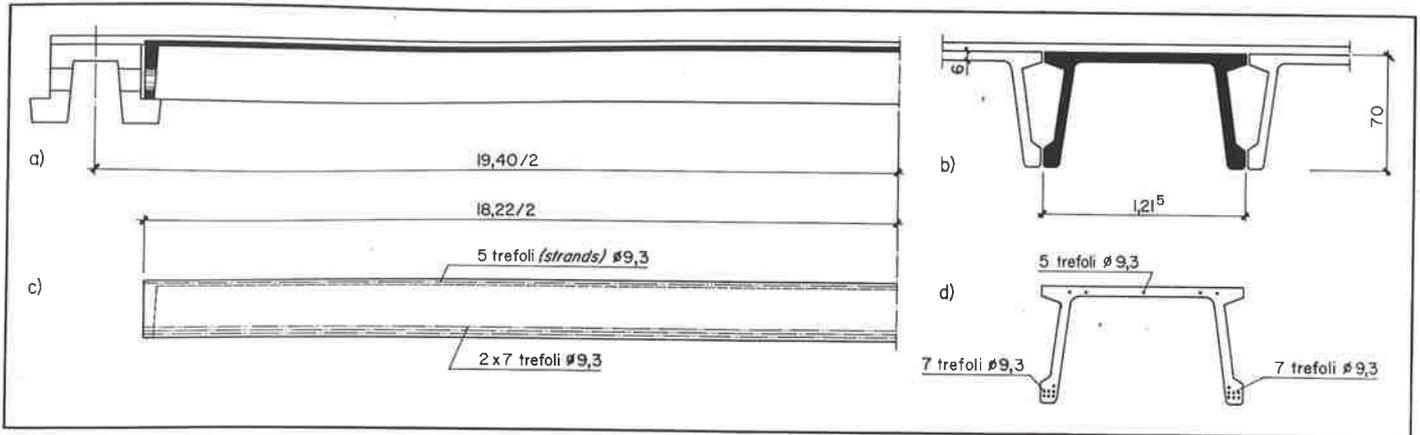
Thickness of the 1st floor slab: 10 cm

Height of roof elements: 70 cm

Thickness of the roof slab: 5 cm

Dimensions of the façade panels: 1,94 m × 19,00 m

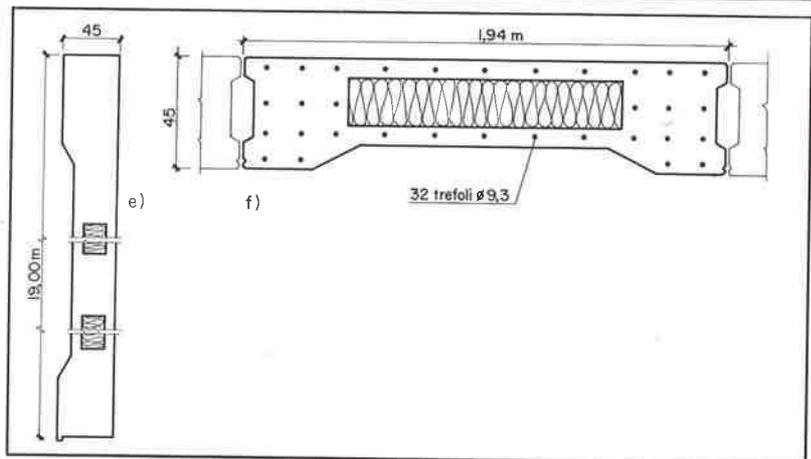
Precast structural elements: beams, upside-down U elements, façade panels



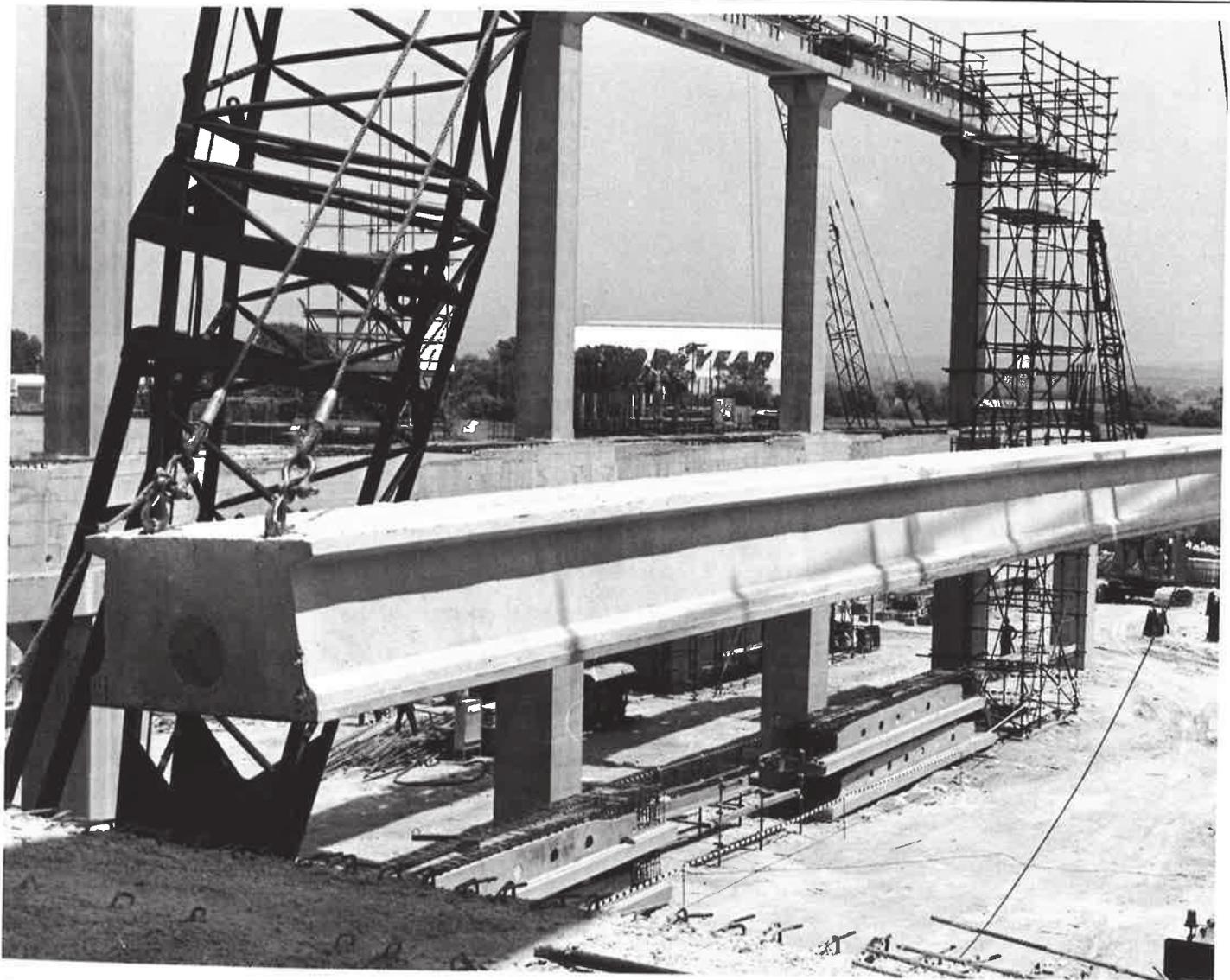
3

2

4

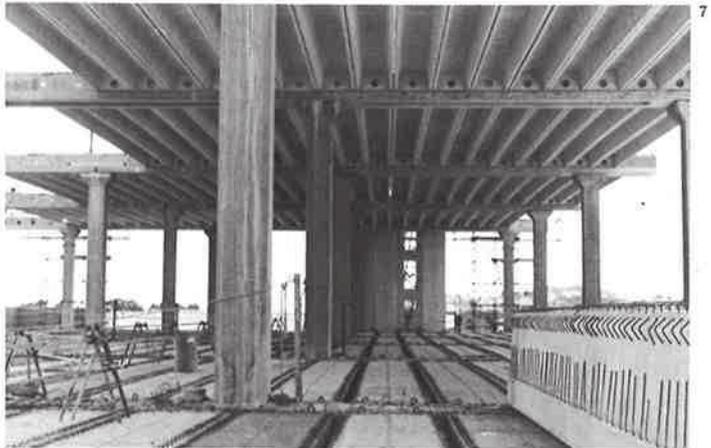


5





6



7

2 - Tegoli ad U rovescia di copertura in cemento armato precompresso; a) e b) sezioni longitudinale parziale e trasversale; c) e d) trefoli di precompressione nelle sezioni longitudinale e trasversale; 3 - Il cantiere durante la posa in opera delle travi prefabbricate a piè d'opera; 4 - Pannelli precompressi di chiusura; e) sezione verticale; f) sezione orizzontale; 5 - Posa in opera dei tegoli ad U rovescia; 6 - Posa in opera dei pannelli di grande dimensione per le facciate; 7-8 - Viste dell'interno dell'edificio, in fase di costruzione e finito; 9 - L'edificio completato.

2 - The upside-down U roof elements: a) and b) partial longitudinal and cross sections; c) and d) prestressing strands in the longitudinal and cross sections; 3 - The yard during in situ positioning of the on site precast beams; 4 - The precast cladding panels: e) vertical section; f) horizontal section; 5 - In situ positioning of the upside-down roof elements; 6 - In situ positioning of the large dimension cladding panels; 7-8 - View of the inside of the building, both under construction and complete; 9 - The completed building.



8



9

Elementi strutturali precompressi: tegoli ad U rovescia, pannelli prefabbricati di facciata

Tipo di precompressione: pre-tensione

Diámetro dei trefoli: 9,3 mm

Tensione iniziale dei trefoli: 135 kg/mm<sup>2</sup>

Tensione di esercizio dei trefoli: 97 kg/mm<sup>2</sup>

Sforzo massimo di compressione nel calcestruzzo:

— all'atto della precompressione: 204 kg/cm<sup>2</sup>

— in esercizio: 75 kg/cm<sup>2</sup>

Sforzo massimo di trazione nel calcestruzzo: 2 kg/cm<sup>2</sup>

Valore caratteristico del carico di rottura cubico del calcestruzzo della struttura precompressa, a 28 giorni: 410 ÷ 520 kg/cm<sup>2</sup>

Carico di rottura dell'acciaio: 190 kg/mm<sup>2</sup>

Limite convenzionale dell'acciaio all'1%: 170 kg/mm<sup>2</sup>

*Prestressed structural elements: upside-down U elements, pre-cast facade panels*

*Type of prestressing: pre-tensioning*

*Strand diameter: 9,3 mm*

*Initial stress in the strands: 135 kg/mm<sup>2</sup>*

*Effective stress in the strands: 97 kg/mm<sup>2</sup>*

*Maximum compressive stress in the concrete:*

*— at time of tensioning: 204 kg/cm<sup>2</sup>*

*— under service conditions: 75 kg/cm<sup>2</sup>*

*Maximum tensile stress in the concrete: 2 kg/cm<sup>2</sup>*

*Characteristic value of cube crushing strength of the pre-stressed concrete at 28 days: 410 to 520 kg/cm<sup>2</sup>*

*Ultimate steel strength: 190 kg/mm<sup>2</sup>*

*Conventional steel strength at 1% elongation: 170 kg/mm<sup>2</sup>*

#### SOLUZIONE STRUTTURALE

La struttura, progettata per un sovraccarico accidentale di 2.000 kg/m<sup>2</sup>, è costituita da telai in cemento armato, collegati da tegoli precompressi ad U rovescia, disposti secondo il lato maggiore della maglia dei pilastri. Il collegamento dei tegoli tra loro e con le travi di appoggio avviene tramite il getto di una soletta in opera. Si realizza così un vincolo di cerniera avendo predisposto, in corrispondenza dell'appoggio dei tegoli, un apparecchio in acciaio e teflon che permette lo scorrimento. La struttura è giuntata soltanto in corrispondenza dei corpi che alloggiavano le scale per consentire le deformazioni di natura termica.

Le travi principali ad U rovescia, che consentono anche il passaggio degli impianti al loro interno, presentano una controsoletta in corrispondenza dei pilastri per far fronte alle notevoli sollecitazioni flettenti e torcenti. Le travi, prefabbricate a terra, vengono rese continue in opera con getti di sigillatura prima del posizionamento dei tegoli precompressi.

#### MODALITA' COSTRUTTIVE

Il criterio informatore prescelto è stato quello, data la modularità dell'opera, di adottare la prefabbricazione per gran parte degli elementi strutturali. Sono stati eseguiti infatti in stabilimento e trasportati in cantiere tutti i tegoli precompressi del 1° solaio e della copertura, realizzando in opera il solo getto di completamento. Sempre in stabilimento sono stati prefabbricati i pannelli precompressi, di rilevanti dimensioni, con i quali sono state realizzate le facciate. In cassaforme approntate a piè d'opera sono state invece gettate le travi, in cemento armato normale, dei due solai. Per assicurare la continuità strutturale dei telai, i nodi tra le travi ed i pilastri sono stati eseguiti con calcestruzzo integrato con prodotti espansivi.

#### MATERIALI ADOPERATI:

- calcestruzzo per strutture precomprese: 5.200 m<sup>3</sup>
- armatura ordinaria per strutture precomprese: 300 t
- acciaio per armature di precompressione: 190 t

COMMITTENTE: Autostar S.p.A.

IMPRESA: Grassetto Costruzioni S.p.A. - Roma

#### STRUCTURAL SOLUTION

*The structure, designed to bear a live load of 2.000 kg/m<sup>2</sup>, is formed of reinforced concrete frames connected together by upside-down U prestressed roof elements arranged parallel to the longer side of the column grid. The connection of these elements among themselves and with their support beams is effected by the in situ pour of the slab. Thus a hinge constraint is created, there having been arranged at the roof element support points, a steel-and-teflon bearing device that permits sliding. The structure is jointed only in proximity to the bodies housing the stairwells to permit thermal strains.*

*The main upside-down U channel beams, inside which run the system ducts, have a bottom slab in proximity to the columns, so as to sustain the considerable bending and torsional stresses. The beams, precast in the yard, are made continuous by in situ filling pours before the prestressed roof elements are positioned.*

#### CONSTRUCTION SYSTEM

*The informing criterion chosen was, considering the structure's modular nature, the use of precasting for a large part of the structural elements. In fact, all the prestressed roof elements for the 1st and roof floors were plant-manufactured and hauled to the yard, only the completion pour being made in place. The prestressed cladding panel of considerable dimensions, that were used for the facades, were plant precast too. The reinforced concrete beams for the two floors were, however, poured in formworks at the site. To assure the structural continuity of the portals, the nodes between the beams and columns were executed using concrete with expansive admixtures.*

#### CONSUMPTION OF MATERIALS:

- concrete for prestressed structures: 5.200 m<sup>3</sup>
- reinforcing steel for prestressed structures: 300 t
- prestressing steel: 190 t

OWNER: Autostar S.p.A.

CONTRACTOR: Grassetto Costruzioni S.p.A. - Rome

**Filiale di Napoli  
della Società Autostar  
a Pozzuoli (Napoli)**

**Naples branch  
of the Autostar Company  
at Pozzuoli (Naples)**

Progetto strutturale:

Prof. Ing. Carlo Cestelli Guidi, Prof. Ing. Giorgio Croci,  
Dott. Ing. Sergio Tremi Proietti

Progetto architettonico:

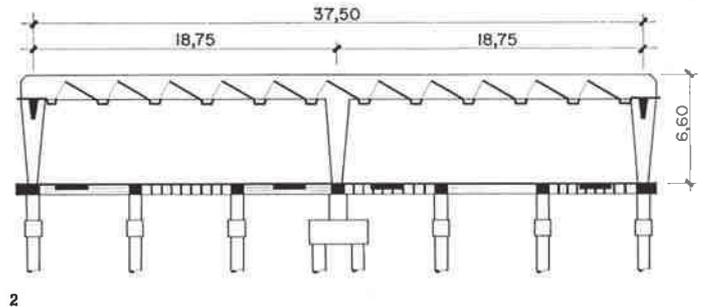
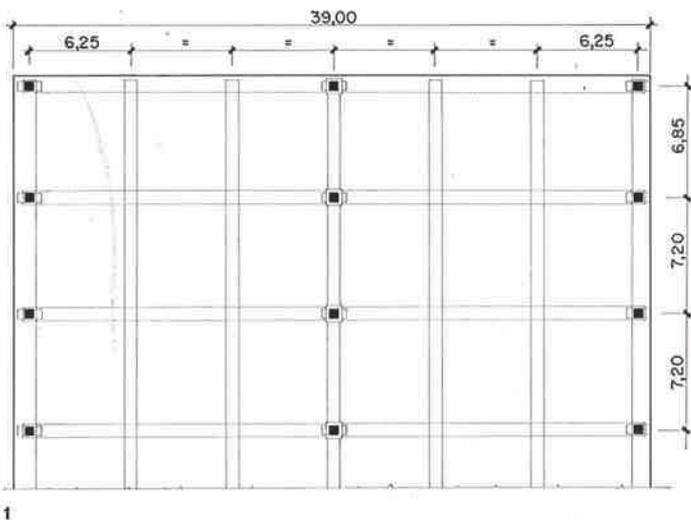
Dott. Ing. Giustino Trella

Structural design:

Prof. Ing. Carlo Cestelli Guidi, Prof. Ing. Giorgio Croci,  
Dott. Ing. Sergio Tremi Proietti

Architectural design:

Dott. Ing. Giustino Trella



1-2 - Pianta parziale del primo solaio e sezione trasversale di uno degli edifici.

1-2 - Partial plan of the first floor and cross section of one of the buildings.

PERIODO DI COSTRUZIONE: Novembre 1978 - Luglio 1980

TIME OF CONSTRUCTION: November 1978 - July 1980

Schema statico dell'officina: portale doppio simmetrico incernierato alla base

Static scheme for the workshop: double symmetric portal, hinged at the base

Superficie coperta dell'intero stabilimento: 8.900 m<sup>2</sup>

Covered area for entire plant: 8.900 m<sup>2</sup>

Superficie coperta dell'officina: 2.220 m<sup>2</sup>

Covered area for workshop: 2.220 m<sup>2</sup>

Griglia strutturale in pianta dell'officina: 7,20 m × 18,75 m

In-plan structural grid for workshop: 7,20 m × 18,75 m

Numero dei portali dell'officina: 9

Number of portal-frames in workshop: 9

Interasse dei portali dell'officina: 7,20 m

Portal spacing in workshop: 7,20 m

Altezza delle travi: 1,50 m

Beam depth: 1,50 m

Spessore degli sheds di collegamento dei portali: 20 cm

Thickness of sheds connecting portals: 20 cm

Elementi strutturali prefabbricati dell'officina: sheds

Precast structural elements for workshop: shed elements

Elementi strutturali precompressi dell'officina: telai a portale

Prestressed workshop structural elements: portal frames

Tipo di precompressione: post-tensione

Type of prestressing: post-tensioning

Composizione dei cavi: 6 oppure 10 trefoli diametro 0,5"

Cable composition: 6 or 10 strands 0,5" diameter

Tensione iniziale dei trefoli: 130 kg/mm<sup>2</sup>

Initial stress in the strands: 130 kg/mm<sup>2</sup>

Tensione di esercizio dei trefoli: 96 kg/mm<sup>2</sup>

Effective stress in the strands: 96 kg/mm<sup>2</sup>

Sforzo massimo di compressione nel calcestruzzo:

Maximum compressive stress in concrete:

— all'atto della precompressione: 100 kg/cm<sup>2</sup>

— at time of tensioning: 100 kg/cm<sup>2</sup>

— in esercizio: 79 kg/cm<sup>2</sup>

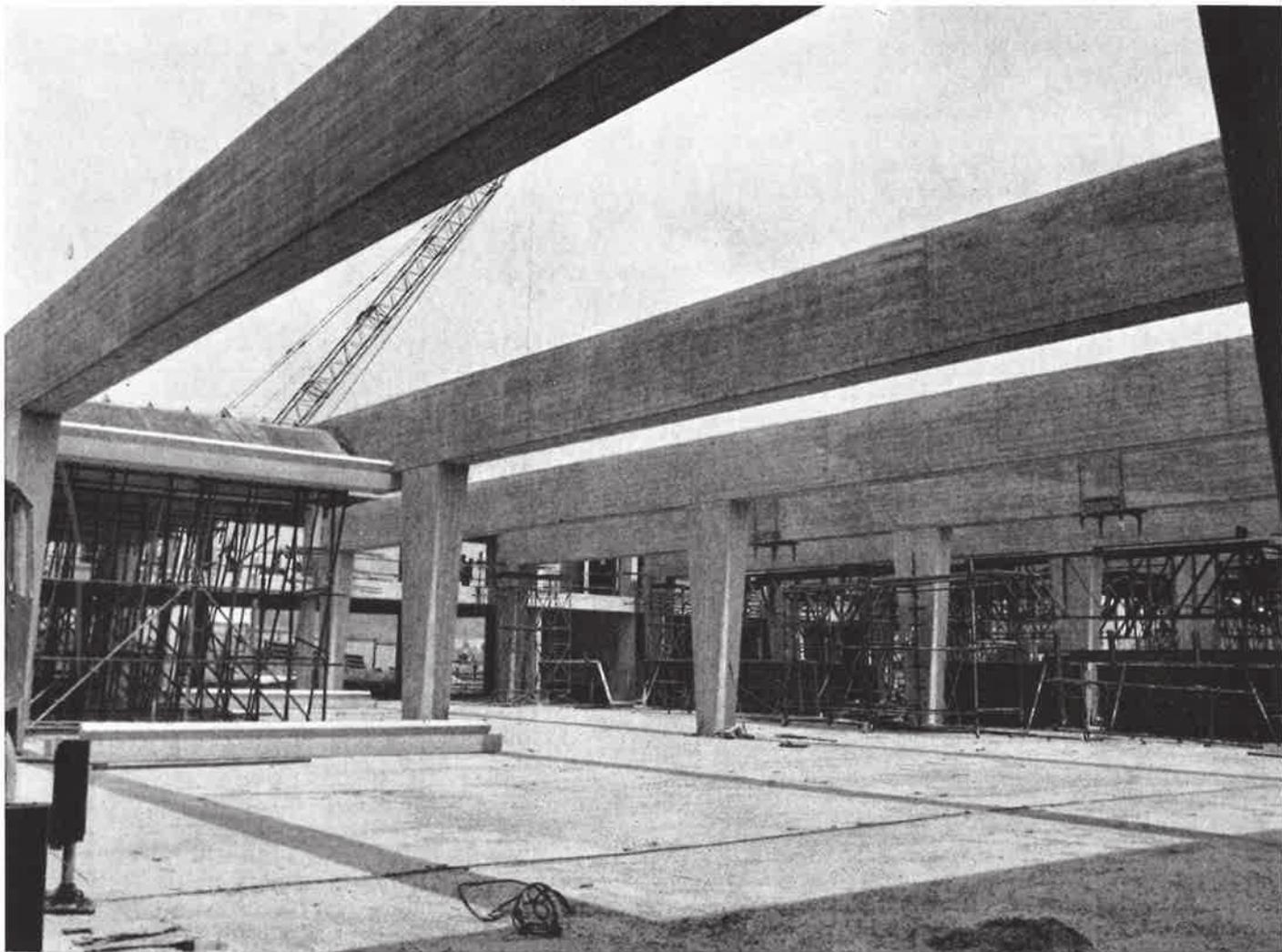
— under service conditions: 79 kg/cm<sup>2</sup>

Sforzo massimo iniziale di trazione nel calcestruzzo: 18 kg/cm<sup>2</sup>

Maximum tensile stress in the concrete: 18 kg/cm<sup>2</sup>

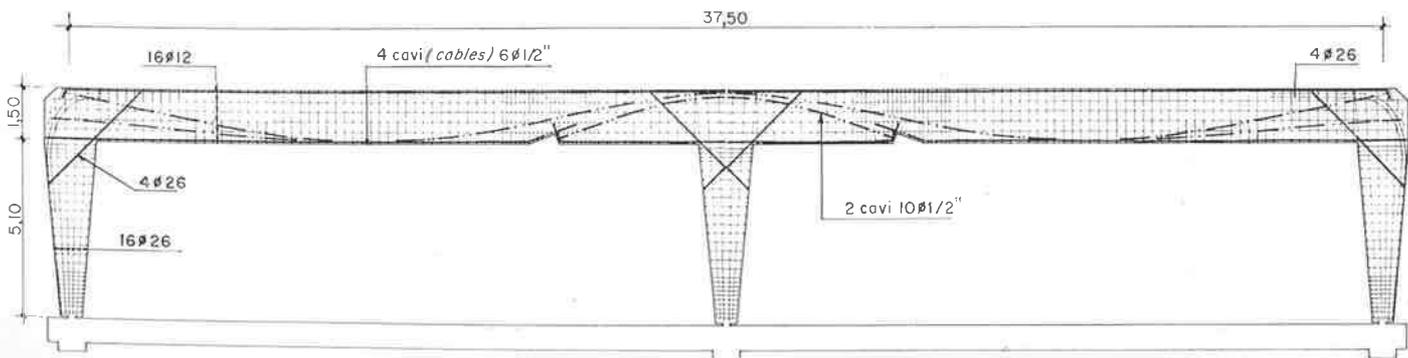
Valore caratteristico del carico di rottura cubico del calcestruzzo della struttura precompressa, a 28 giorni: 420 kg/cm<sup>2</sup>

Characteristic value of cube crushing strength of the pre-stressed concrete at 28 days: 420 kg/cm<sup>2</sup>



3

4





7



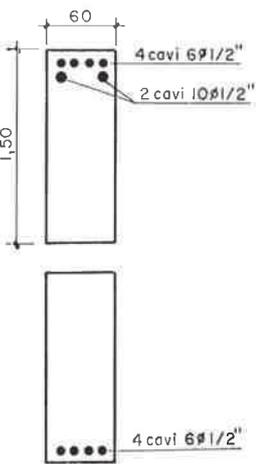
8



9

3 - Vista dei telai doppi, in cemento armato pre-compresso, di sostegno della copertura; 4 - Sezione longitudinale del telaio doppio con dettagli di armatura normale e di precompressione; 5-6 - Sezioni trasversali della trave del telaio con dettagli dei cavi, sull'appoggio intermedio ed in mezzeria; 7-8-9 - Viste dell'interno degli edifici in esercizio; 10 - Il complesso completato.

3 - View of the double frames, in prestressed concrete, supporting the roof; 4 - Longitudinal section of the double frame with details of reinforcing and prestressing steel; 5-6 - Cross sections of the frame beam, with details of the cables, at the intermediate support and at mid-span; 7-8-9 - Views of the interior of the buildings in use; 10 - The finished complex.



5

6



10

Carico di rottura dell'acciaio: 175 kg/mm<sup>2</sup>  
Limite convenzionale dell'acciaio all'1%: 149 kg/mm<sup>2</sup>

Ultimate steel strength: 175 kg/mm<sup>2</sup>  
Conventional steel strength at 1% elongation: 149 kg/mm<sup>2</sup>

## SOLUZIONE STRUTTURALE

Il complesso industriale si compone di sei corpi strutturalmente indipendenti:

- l'officina autovetture con struttura costituita da portali doppi simmetrici di 19,75 m di luce in cemento armato precompresso incernierati alla base e collegati da lastre in cemento armato inclinate (sheds);
- l'officina veicoli industriali con struttura costituita da travi continue in cemento armato precompresso su quattro appoggi (pilastri), collegati da lastre in cemento armato piane;
- la carrozzeria con struttura costituita da portali semplici in cemento armato precompresso di 19,75 m di luce, incernierati alla base collegati da lastre in cemento armato inclinate (sheds);
- l'edificio servizi sociali e l'edificio uffici con struttura costituita da telai in cemento armato longitudinali ed elementi di solaio, prefabbricati sempre in cemento armato, solidarizzati in opera;
- la pensilina accettazione con struttura costituita da telai in cemento armato collegati da tegoli ad U rovescia in cemento armato precompresso.

Il sito ricade in zona sismica di 2<sup>a</sup> categoria, pertanto particolare cura è stata posta nello studio delle connessioni tra gli elementi prefabbricati e le strutture gettate in opera e nella distribuzione delle rigidità, così da evitare concentrazioni di sforzi ed asimmetrie.

## MODALITA' COSTRUTTIVE

Per conseguire una maggiore semplicità e rapidità d'esecuzione tutte le coperture sono state realizzate mediante tegoli in cemento armato o in cemento armato precompresso, prefabbricati in stabilimento e trasportati in cantiere, completando le strutture con il getto in opera delle travi. Con un banchiaggio tradizionale sono stati invece eseguiti i telai precompressi.

## MATERIALI ADOPERATI:

- calcestruzzo per strutture precomprese: 1.000 m<sup>3</sup>
- armatura ordinaria per strutture precomprese: 50 t
- acciaio per armature di precompressione: 5 t

COMMITTENTE: Autostar S.p.A.  
IMPRESA: Grassetto Costruzioni - Roma  
SISTEMA DI PRECOMPRESSIONE: Morandi M5 e M10

## STRUCTURAL SOLUTION

The industrial complex comprises six structurally independent bodies:

- the vehicle workshop, with a structure formed of double symmetric portals of 19,75 m span, in prestressed concrete, hinged at their bases and connected by inclined reinforced concrete slabs (shed elements);
- the industrial-vehicles workshop, having a structure formed of continuous beams in prestressed concrete bearing on four support columns, connected by ordinary reinforced concrete slabs;
- the body workshop, whose structure is formed of simple portals in prestressed concrete, 19,75 m span, hinged at their bases and connected by reinforced concrete slabs (shed elements);
- the social services and offices buildings, with structures formed of longitudinal frames in reinforced concrete and precast reinforced concrete floor structure elements, solidly joined together in situ;
- the vehicle delivery shelter with a structure formed of reinforced concrete frames connected by upside-down U roof elements in prestressed concrete.

The site falls in a 2nd category seismic zone, therefore special care was taken in studying the connections between the precast elements and the in-situ poured structures, as well as in the distribution of the stiffnesses, so as to avoid stress concentrations and asymmetries.

## CONSTRUCTION SYSTEM

So as to obtain a greater simplicity and speed of execution, all roof structures were built using reinforced concrete or prestressed concrete roof elements, precast offsite and hauled to the yard, the structures being completed with the in-situ pour of the beams. Traditional formwork was used, however, in building the prestressed frames.

## CONSUMPTION OF MATERIALS:

- concrete for the prestressed structures: 1.000 m<sup>3</sup>
- reinforcing steels for prestressed structures: 50 t
- prestressing steel: 5 t

OWNER: Autostar S.p.A.  
CONTRACTOR: Grassetto Construction - Rome  
PRESTRESSING SYSTEM: Morandi M5 and M10

# Nuovo stabilimento della Soc. Campagnolo nella zona industriale Vicenza Ovest

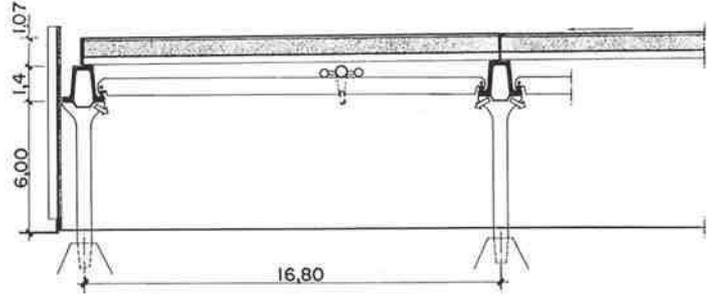
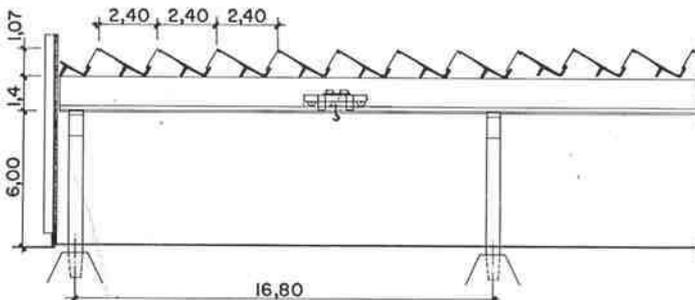
# New plant for the Campagnolo Company in the West Vicenza industrial area

Progetto generale:  
Gherzi Organisation - Zurigo

Progetto strutturale:  
Dott. Ing. Silvano Zorzi, Dott. Ing. Lucio Zorzi

General design:  
Gherzi Organisation - Zurich

Structural design:  
Dott. Ing. Silvano Zorzi, Dott. Ing. Lucio Zorzi



1  
1-2 - Sezioni parziali dell'edificio nelle due direzioni.

2  
1-2 - Partial sections of the building in both directions.

PERIODO DI COSTRUZIONE: Maggio - Settembre 1980

TIME OF CONSTRUCTION: May - September 1980

Schema statico: strutture prefabbricate di copertura semplicemente appoggiate

Static scheme: simply supported precast roof structures

Superficie coperta dell'edificio principale: 17.300 m<sup>2</sup>

Covered area of main building: 17.300 m<sup>2</sup>

Griglia strutturale in pianta: 16,80 m x 16,80 m

Structural plan grid: 16,80 m x 16,80 m

Numero delle travi: 66

Number of beams: 66

Interasse tra le travi: 16,80 m

Spacing between beams: 16,80 m

Altezza delle travi: 1,40 m

Height of beams: 1,40 m

Larghezza delle travi: 1,70 m

Width of beams: 1,70 m

Numero delle coppelle di copertura: 430

Number of roof elements: 430

Interasse tra le coppelle: 2,40 m

Spacing between roof elements: 2,40 m

Altezza delle coppelle, in opera: 1,07 m

Height of the roof elements in situ: 1,07 m

Elementi strutturali prefabbricati: pilastri, travi e coppelle di copertura

Precast structural elements: columns, beams and roof elements

Elementi strutturali precompressi: travi e coppelle di copertura  
Tipo di precompressione: post-tensione (travi); pre-tensione (coppelle di copertura)

Prestressed structural elements: beams and roof elements  
Type of prestressing: post-tensioning (beams); pre-tensioning (roof elements)

Composizione dei cavi: 4 trefoli diametro 0,6"

Cable composition: 4 strands 0,6" diameter

Diametro dei trefoli pre-tesi: 0,5"

Diameter of pre-tensioned strands: 0,5"

Tensione iniziale dei trefoli: 136 kg/mm<sup>2</sup> (travi); 144 kg/mm<sup>2</sup> (coppelle)

Initial stress in the strands: 136 kg/mm<sup>2</sup> (beams); 144 kg/mm<sup>2</sup> (roof elements)

Tensione di esercizio dei trefoli: 104 kg/mm<sup>2</sup> (travi); 107 kg/mm<sup>2</sup> (coppelle)

Effective stress in the strands: 104 kg/mm<sup>2</sup> (beams); 107 kg/mm<sup>2</sup> (roof elements)

Sforzo massimo di compressione nel calcestruzzo:

Maximum compressive stress in the concrete:

— all'atto della precompressione: 145 kg/cm<sup>2</sup>

— at time of tensioning: 145 kg/cm<sup>2</sup>

— in esercizio: 153 kg/cm<sup>2</sup>

— under service conditions: 153 kg/cm<sup>2</sup>

Sforzo massimo di trazione nel calcestruzzo: 14 kg/cm<sup>2</sup>

Maximum tensile stress in the concrete: 14 kg/cm<sup>2</sup>

Valore caratteristico del carico di rottura cubico del calcestruzzo delle strutture precomprese, a 28 giorni: 500 kg/cm<sup>2</sup>

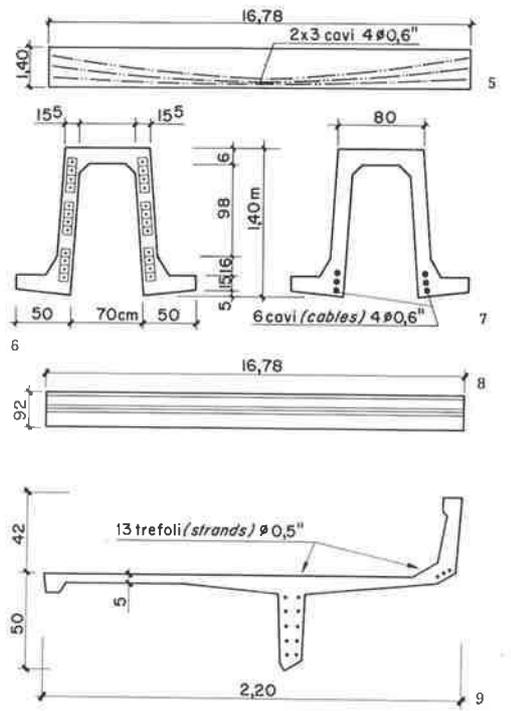
Characteristic value of cube crushing strength of the pre-stressed concrete at 28 days: 500 kg/cm<sup>2</sup>

Carico di rottura dell'acciaio: 180 kg/mm<sup>2</sup>

Ultimate steel strength: 180 kg/mm<sup>2</sup>

Limite convenzionale dell'acciaio all'1%: 160 kg/mm<sup>2</sup>

Conventional steel strength at 1% elongation: 160 kg/mm<sup>2</sup>



10

3 - Prova di carico a rottura di una coppella prefabbricata di copertura « ecoshed »; 4 - Posa in opera di una trave portante a canale rovescio; 5 - Andamento longitudinale dei cavi nella trave portante; 6-7 - Vista in testata e sezione trasversale in mezzera di una trave portante con la posizione dei cavi di precompressione; 8 - Vista laterale di una coppella di copertura; 9 - Sezione trasversale di una coppella di copertura, con la posizione dei trefoli di pre-tensione; 10 - Posa in opera degli « ecoshed » di copertura; 11-12 - Vista esterna ed interna dell'edificio completato.

3 - Structure ultimate strength test of a precast « ecoshed » roof element; 4 - In situ positioning of a loadbearing upside-down channel beam; 5 - Longitudinal positioning of cables in the loadbearing beam; 6-7 - View of the head and cross section at midspan of a loadbearing beam with the position of the prestressing cables; 8 - Lateral view of a roof element; 9 - Cross section of a roof element with the position of the prestressing strands; 10 - Positioning of the « ecoshed » roof elements. 11-12 - External and internal view of the completed building.



11



12

## GENERALITA'

Il nuovo complesso industriale per la produzione di componenti meccanici di precisione è costituito da un edificio principale destinato alle lavorazioni, sviluppato su un'area di 17.300 m<sup>2</sup> e da tre corpi di fabbrica minori, adibiti ad uffici e servizi, per ulteriori 4.850 m<sup>2</sup> di superficie coperta. Integralmente prefabbricato, l'edificio principale è organizzato dimensionalmente su basi modulari, con disposizione dei piedritti secondo un reticolo a maglia quadrata di 16,80 m di lato e con ingombro risultante in pianta corrispondente a 6 x 10 campi strutturali.

La copertura, a sheds orientati verso Nord, è funzionalmente concepita per illuminazione interna a luce diffusa. Conformata a due falde in leggera pendenza (inferiore all'1%), la copertura localizza la linea di displuvio sull'asse di simmetria Nord-Sud dell'edificio: converse e pluviali, sui soli lati Est e Ovest, convogliano a collettori esterni. Pannelli prefabbricati risolvono le tamponature perimetrali, ad elevata consistenza igro-termica, e le pareti divisorie interne tagliafuoco.

## SOLUZIONE STRUTTURALE

L'organismo statico, regolato sull'unità modulare di 2,40 m, è definito dai suoi componenti essenziali: pilastri con capitello a forcilla; travi portanti a canale rovescio, che accolgono internamente passaggi impiantistici ispezionabili o condotti di termoventilazione; coppelle « ecoshed » di copertura.

Le travi, precomprese con cavi post-tesi, sono ordite secondo la dimensione minore dell'edificio (asse Nord-Sud): sui lembi inferiori prominenti insistono le vie di corsa dei carriponte. Le coppelle di copertura si configurano come sheds elementari: la sezione, di geometria costante e precompressa con trefoli aderenti pretesi, è praticamente conformata a « T » ad ala larga dissimmetrica, con un bordo rialzato. Disposte sulle travi ad interasse di 2,40 m, le coppelle assumono, in opera, una inclinazione di circa 30 gradi, delimitando aole di luce continue, nelle quali sono impegnati gli infissi.

## MODALITA' COSTRUTTIVE

Realizzati secondo i procedimenti della produzione in serie di stabilimento, i prefabbricati sono stati posti in opera con l'ausilio di normali autogru. I pilastri sono immorsati al piede entro gli alloggiamenti a bicchiere delle fondazioni. Travi e coppelle di copertura poggiano a secco, su cuscinetti in gomma interposti, escludendo ogni esigenza di connessioni strutturali reciproche o di getti integrativi in opera.

## MATERIALI ADOPERATI:

- calcestruzzo per strutture precomprese: 2.415 m<sup>3</sup>
- armatura ordinaria per strutture precomprese: 220 t
- acciaio per armature di precompressione: 99 t

COMMITTENTE: Brevetti Internazionali Campagnolo S.p.A. - Vicenza

IMPRESA: Precem S.p.A. - Verona

SISTEMA DI PRECOMPRESSIONE (cavi post-tesi): Tesit

## GENERAL

The new industrial complex for the manufacture of precision mechanical components is formed of a main building assigned to processing that covers an area of 17.300 m<sup>2</sup> and of three smaller buildings, assigned to offices and services, providing further 4.850 m<sup>2</sup> of covered area. Entirely prefabricated, the main building is dimensionally organized on a modular basis, the columns being arranged according to a square grid 16,80 m per side, the resulting in-plan layout corresponding to 6 x 10 structural bays.

The roof, of the shed type and oriented northerly, is functionally conceived to provide diffused internal lighting. Having a double-pitch conformation with a slight (less than 1%) gradient, the roof locates its ridge-line on the building's north-south axis of symmetry: valleys and down-spouts, on the east and west sides only, lead the waters to external collectors. Precast panels, of high hygro-thermic quality, solve the problem of perimetral cladding, and are used also for the internal fire-barrier dividing walls.

## STRUCTURAL SOLUTION

The static load-bearing organism, ordered in 2,40 m modules, is defined by its essential components: columns with fork-type capitals, load-bearing upside-down channel beams, inside which are ducts and heating and ventilation conduits, all easily inspected, and « ecoshed » roof elements.

The beams, prestressed by post-tensioned cables, are arranged parallel to the smaller dimension of the building (North-South axis); along their lower edges, which protrude, bear the runways for the bridge cranes. The roof elements have the shape of elementary sheds: their cross-section, constant along its swept length, is prestressed by pre-tensioning strands, and is practically shaped like a T having a wide asymmetric cross-piece, with one edge turned up. The roof elements are arranged along the beams at a spacing of 2,40 m and, when installed, are inclined by about 30 degrees, defining continuous slots in which the skylight frames are set.

## CONSTRUCTION SYSTEM

Built by the procedures of plant assembly-line manufacture, the precastings are set in place using ordinary crane trucks. The columns are fixed at their feet within the socket-type housings in the foundations. Beams and roof elements are dry mounted on rubber bearings, there being no need for mutual structural connections or for filling pours.

## CONSUMPTION OF MATERIALS:

- concrete for prestressed structures: 2.415 m<sup>3</sup>
- reinforcing steel for prestressed structures: 220 t
- prestressing steel: 99 t

OWNER: Brevetti Internazionali Campagnolo S.p.A. - Vicenza

CONTRACTOR: Precem S.p.A. - Verona

PRESTRESSING SYSTEM (post-tensioned cables): Tesit

## Deposito ed officina autobus del Consorzio Trasporti Torinesi alla periferia di Torino

## Bus garage and workshop of the Turin Transport Consortium at the outskirts of Turin

Progetto:  
SINTECNA - Prof. Ing. Giuseppe Mancini,  
Prof. Ing. Paolo Napoli

Design:  
SINTECNA - Prof. Ing. Giuseppe Mancini,  
Prof. Ing. Paolo Napoli

PERIODO DI COSTRUZIONE: 1980 - 1981

TIME OF CONSTRUCTION: 1980 - 1981

Il complesso è costituito principalmente dall'edificio officina, dall'edificio parcheggio e dall'edificio verifiche, che saranno in seguito indicati rispettivamente con le lettere A, B, C.

Schema statico: travi reticolari, appoggiate agli estremi, sulle quali posano, alternativamente sui correnti superiore e inferiore, tegoli a TT precompressi disposti obliquamente a forma di shed

Superficie coperta: 7700 m<sup>2</sup> (A), 13.900 m<sup>2</sup> (B), 2950 m<sup>2</sup> (C)  
Griglia strutturale in pianta: 52,50 m × 11,00 m e 36,64 m × 12,90 m (A); 40,30 m × 16,16 m (B); 27,50 m × 16,16 m e 20,50 m × 16,16 m (C)

Interasse tra le travi: 11,00 m o 12,90 m (A); 16,16 m (B e C)  
Altezza delle travi: 5,00 m

Tegoli:

- altezza complessiva: 55 cm
- spessore nervature: 6-11 cm
- spessore solette: 4 cm

Elementi strutturali prefabbricati: travi reticolari e tegoli

Elementi strutturali precompressi: travi reticolari e tegoli  
Tipo di precompressione: post-tensione (travi reticolari); pre-tensione (tegoli)

Composizione dei cavi: da 2 a 18 trefoli diametro 0,6"

Diametro dei trefoli pre-tesi: 3/8"

Tensione iniziale dei trefoli: 114 kg/mm<sup>2</sup> (A); 123 kg/mm<sup>2</sup> (B)

Tensione di esercizio dei trefoli: 74 kg/mm<sup>2</sup> (A); 80 kg/mm<sup>2</sup> (B)

Sforzo massimo di compressione nel calcestruzzo:

— all'atto della precompressione: 218 kg/cm<sup>2</sup> (A); 160 kg/cm<sup>2</sup> (B)

— in esercizio: 189 kg/cm<sup>2</sup> (A); 145 kg/cm<sup>2</sup> (B)

Sforzo massimo di trazione nel calcestruzzo: zero

Valore caratteristico del carico di rottura cubico della struttura precompressa, a 28 giorni: 550 kg/cm<sup>2</sup>

Carico di rottura dell'acciaio: 180 kg/mm<sup>2</sup>

Limite convenzionale dell'acciaio all'1%: 160 kg/mm<sup>2</sup>

The complex mainly comprises a workshop building, a garage building, and a control building, which in the following will be indicated respectively by the letters A, B, and C.

Static scheme: lattice girders, simply supported at their ends, on which, alternately on the upper and lower chords, prestressed TT roof elements bear, obliquely arranged

Covered area: 7700 m<sup>2</sup> (A); 13.900 m<sup>2</sup> (B); 2950 m<sup>2</sup> (C)

In plan structural grid: 52,50 m × 11,00 m and 36,64 m × 12,90 m (A); 40,30 m × 16,16 m (B); 27,50 m × 16,16 m and 20,50 m × 16,16 m (C)

Beam spacing: 11,00 m or 12,90 m (A); 16,16 m (B and C)

Beam height: 5,00 m

Roof units:

- total height: 55 cm
- ribbing thickness: 6-11 cm
- slab thickness: 4 cm

Prefabricated structural elements: lattice girders and roof units

Prestressed structural elements: lattice girders and roof units  
Type of prestressing: post-tensioning (lattice girders); pre-tensioning (roof units)

Cable composition: 2 to 18 strands 0,6" diameter

Diameter of pre-tensioning strands: 3/8"

Initial stress in the strands: 114 kg/mm<sup>2</sup> (A); 123 kg/mm<sup>2</sup> (B)

Effective stress in the strands: 74 kg/mm<sup>2</sup> (A); 80 kg/mm<sup>2</sup> (B)

Maximum compressive stress in the concrete:

— at time of prestressing: 218 kg/cm<sup>2</sup> (A); 160 kg/cm<sup>2</sup> (B)

— under service conditions: 189 kg/cm<sup>2</sup> (A); 145 kg/cm<sup>2</sup> (B)

Maximum tensile stress in the concrete: zero

Characteristic value of cube crushing strength of the prestressed concrete at 28 days: 550 kg/cm<sup>2</sup>

Ultimate steel strength: 180 kg/mm<sup>2</sup>

Conventional steel strength at 1% elongation: 160 kg/mm<sup>2</sup>

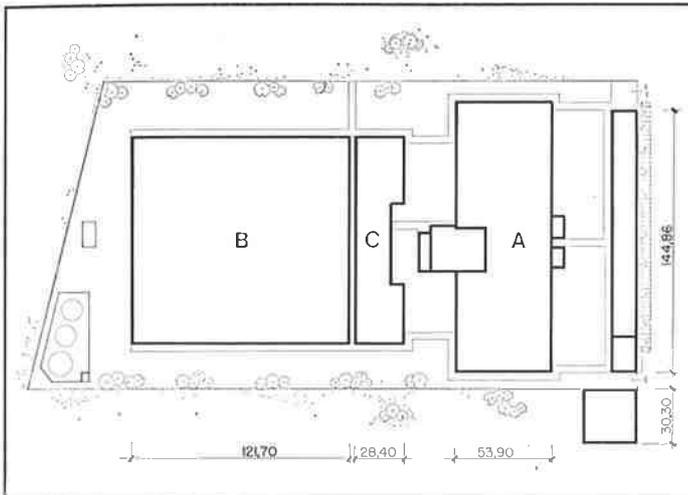
### GENERALITA'

I requisiti più impegnativi richiesti dal bando di concorso erano la ragguardevole luce libera (52,00 m per l'edificio officina e 39,50 m per l'edificio parcheggio) e l'elevata superficie illuminante verticale in copertura. Entrambi i requisiti sono

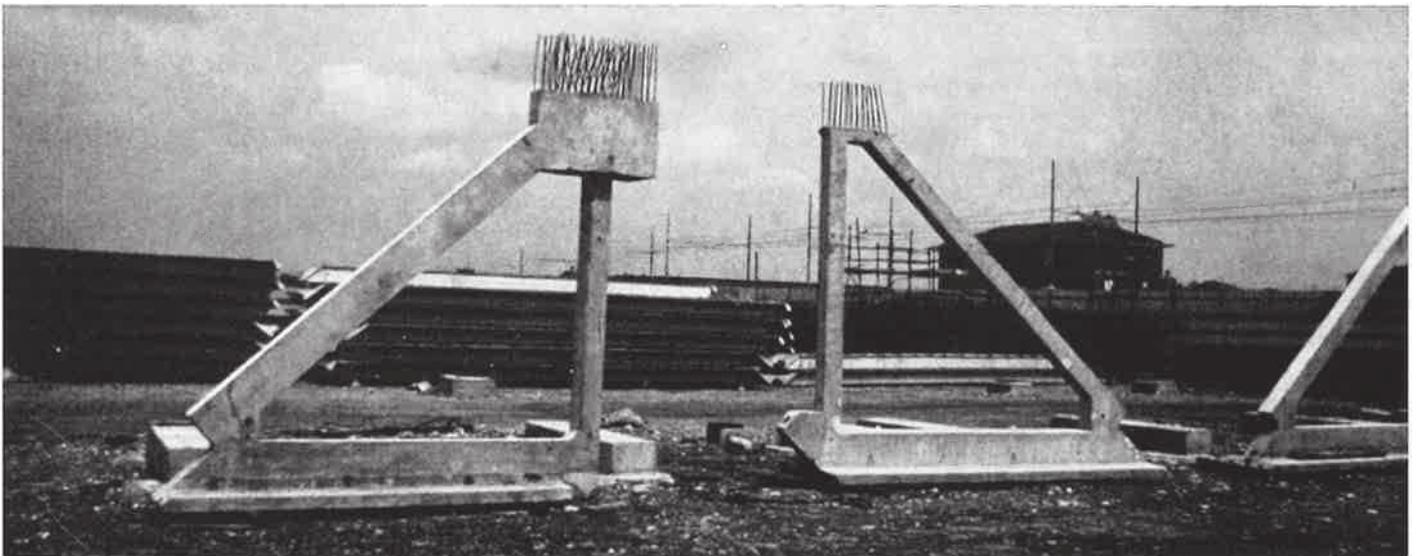
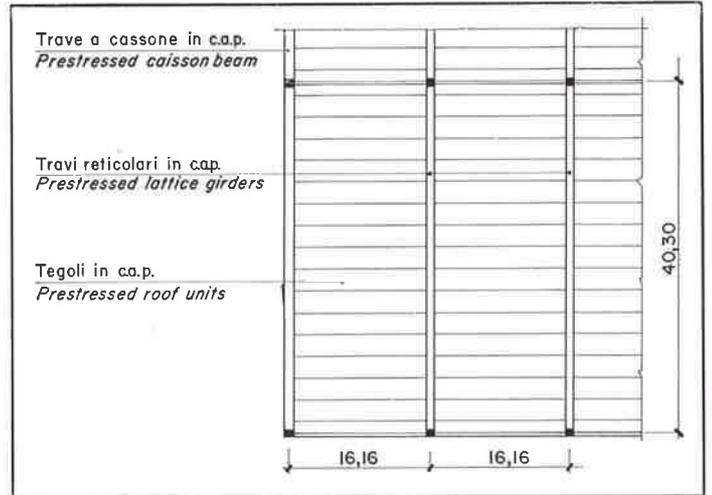
### GENERAL

The most exacting requirements made in the bidding were the very considerable clear spans (52,00 m for the workshop building and 39,50 m for the garage) and the large amount of vertical lighting surface in the roof. Both requirements were

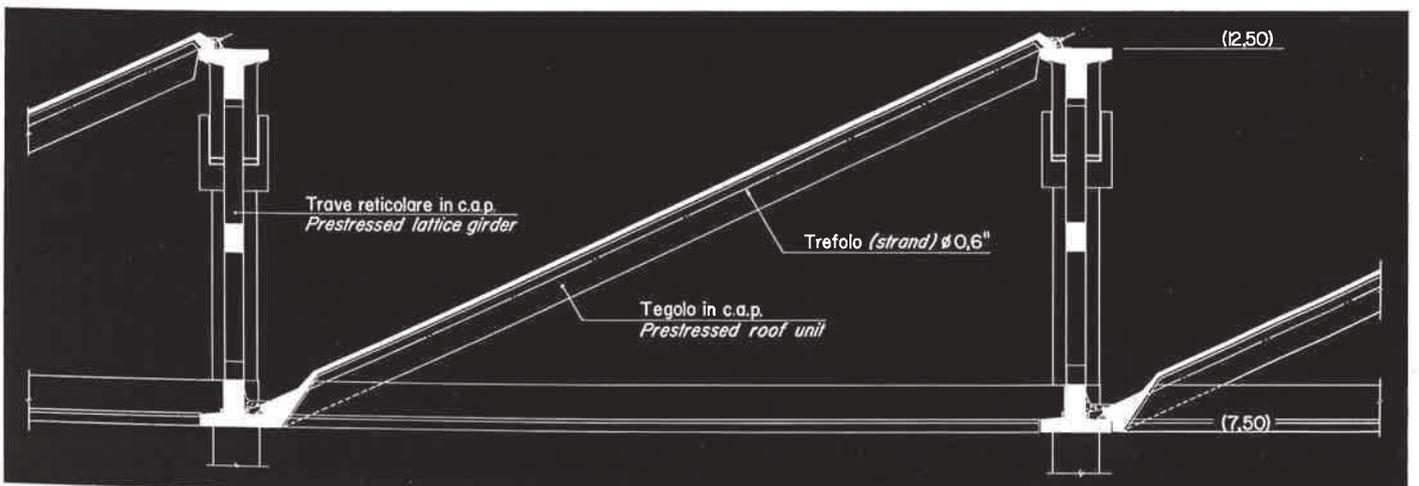
1



2



3



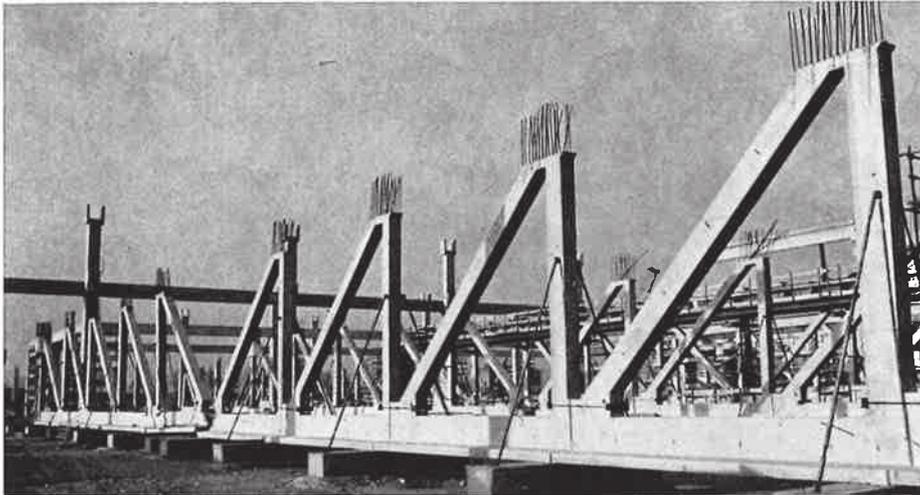
4

1 - Planimetria generale del complesso: A - Edificio officina; B - Edificio parcheggio; C - Edificio verifiche; 2 - Griglia strutturale in pianta dell'edificio parcheggio; 3 - Elementi prefabbricati di una trave reticolare da 40 m prima dell'assemblaggio; 4 - Sezione della copertura a shed dell'edificio officina, perpendicolarmente alle travi reticolari di sostegno; 5 - Dettaglio dell'armatura di una testata della trave reticolare; 6 - Assemblaggio a terra dei conci di una trave reticolare da 40 m; 7 - Getto del corrente superiore di una trave reticolare utilizzando un cassero poggiate sugli elementi prefabbricati; 8 - Sezione parziale dell'edificio parcheggio, parallelamente alla trave reticolare.

1 - Masterplan of the complex: A - Workshop building; B - Garage building; C - Control building; 2 - In plan structural grid of the parking building; 3 - Precast elements of the 40 m lattice girder before assembly; 4 - Section of the shed element roof of the workshop building, perpendicular to the loadbearing lattice girders; 5 - Detail of the reinforcing steel of the head of the lattice girder; 6 - On ground assembly of the segments of a 40 m lattice girder; 7 - Casting of the upper chord of a lattice girder utilizing a formwork bearing on the precast elements; 8 - Partial section of the parking building, parallel to the lattice girder.



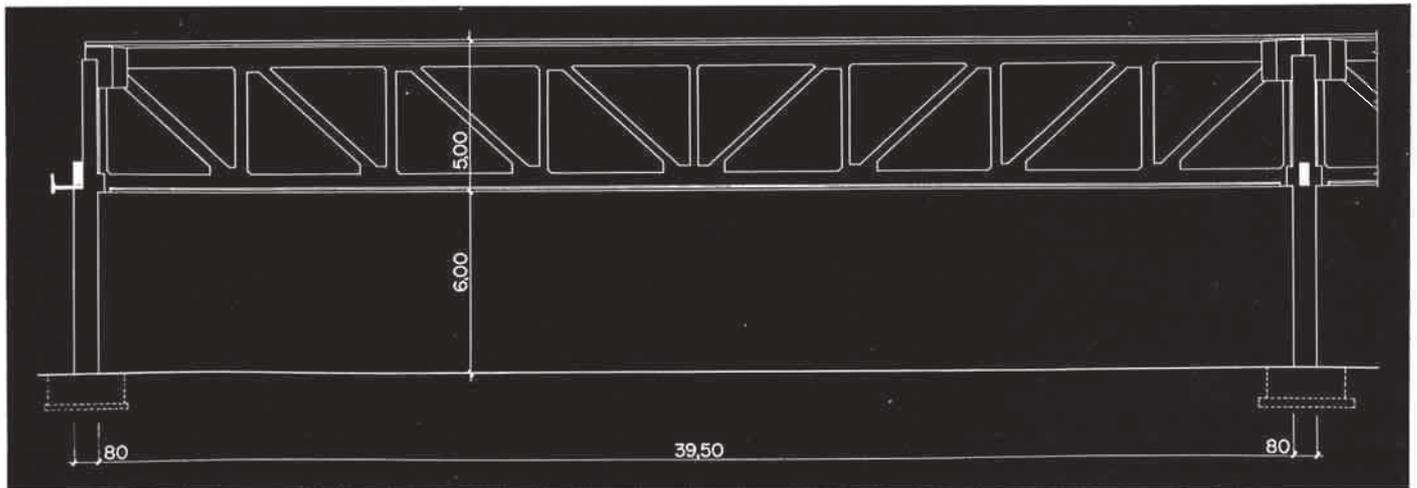
5



6

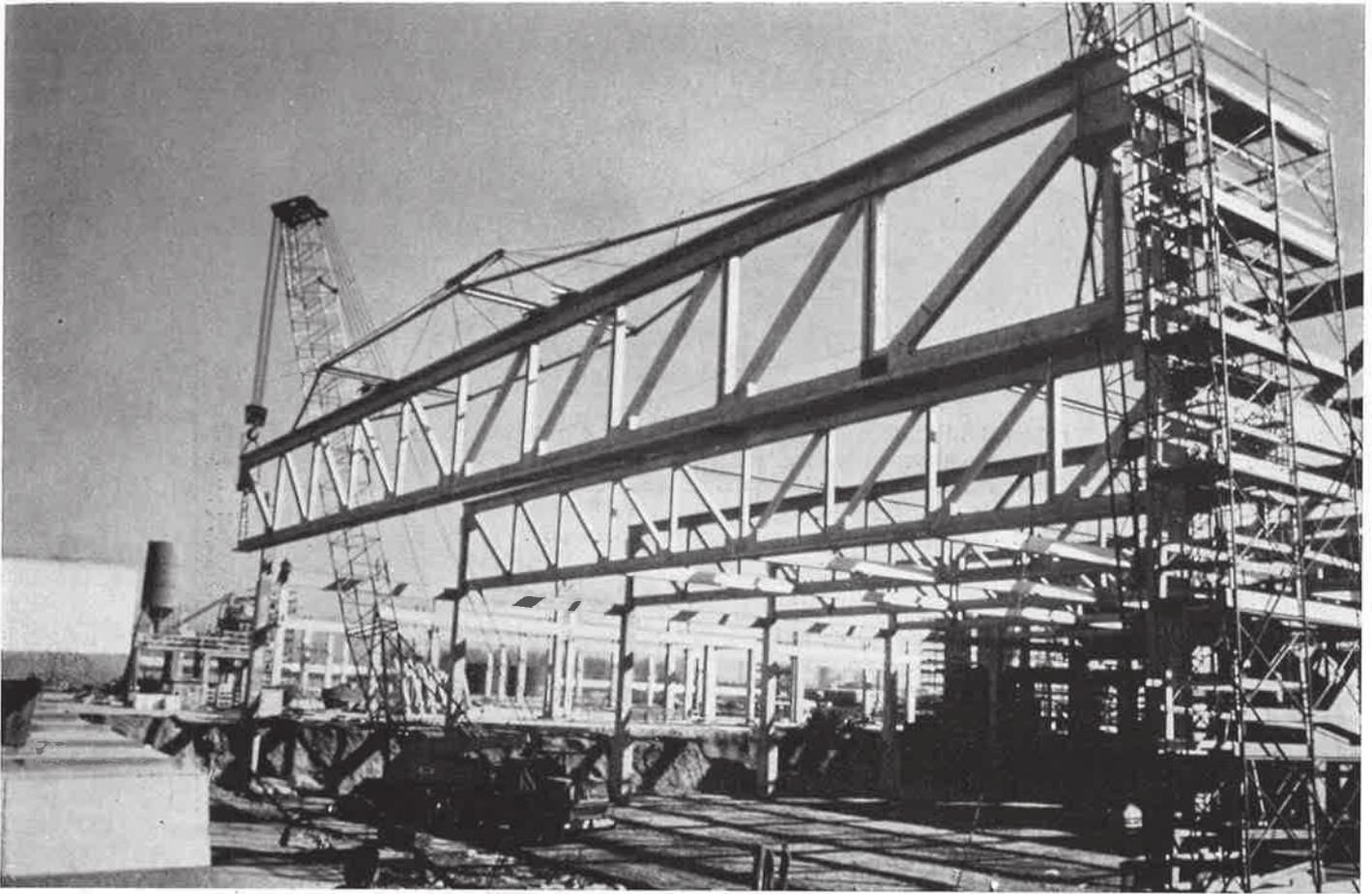


7



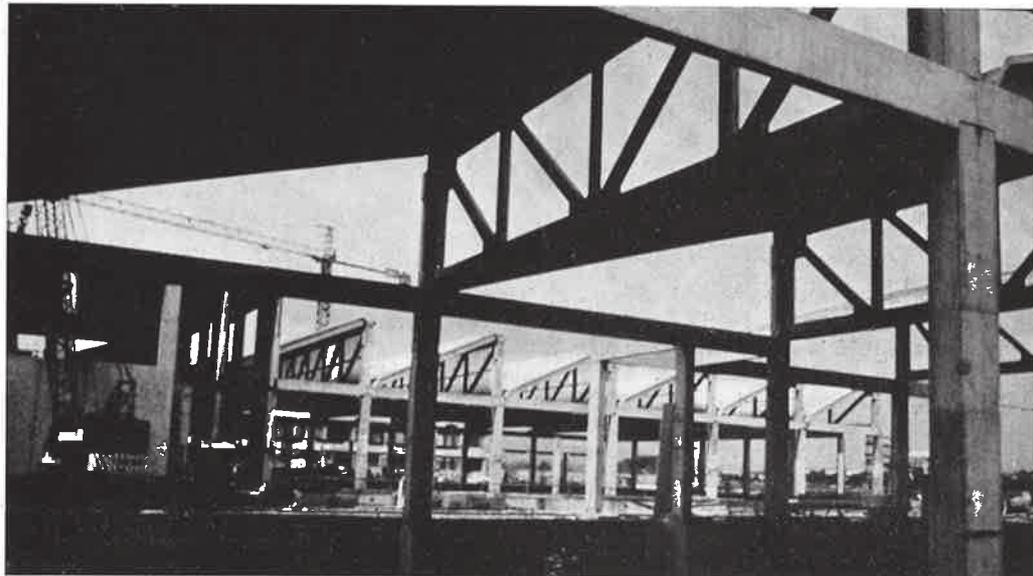
8





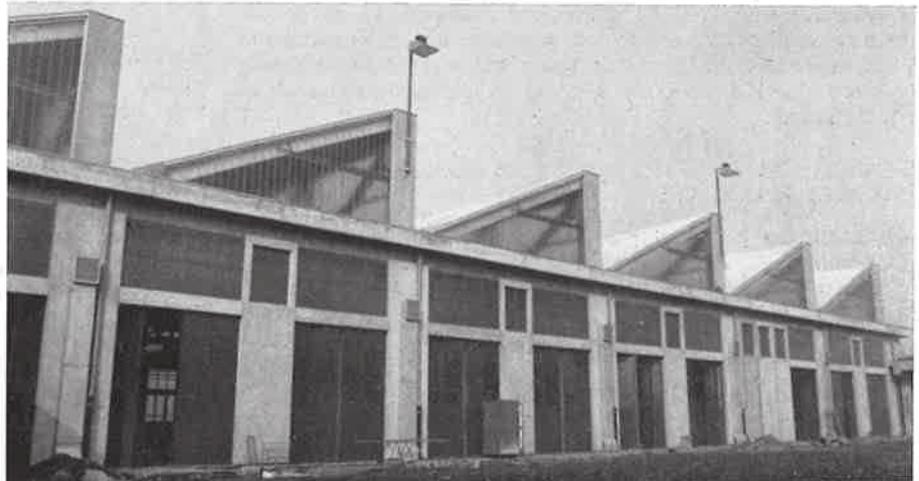
12

13



9-10 - Dettagli dell'armatura di precompressione ed ordinaria della trave reticolare di sostegno della copertura; 11 - Le travi reticolari da 53 m prima della precompressione; 12 - Sollevamento di una trave reticolare da 53 m; la stabilità laterale, durante il sollevamento è assicurata da un dispositivo metallico di irrigidimento, visibile sul corrente superiore; 13 - L'edificio officina in costruzione visto dall'edificio verifiche; 14 - L'edificio officina in fase di completamento.

9-10 - Details of the prestressing and reinforcing steel of the lattice girder supporting the roof; 11 - The 53 m lattice beams before prestressing; 12 - Lifting operations of a 53 m lattice girder; guarantee against buckling is assured by a steel stiffening device visible on the upper chord; 13 - The workshop building under construction, seen from the control building; 14 - The workshop near completion.



14

137

stati soddisfatti con travi reticolari disposte sulla luce maggiore, sulle quali posano i tegoli. Essendo la trave alta 5 m, il rapporto tra la superficie illuminante verticale di copertura e la superficie in pianta vale 0,34 per la maglia 52 m × 11 m e 0,23 per la maglia 39,50 m × 16 m.

#### SOLUZIONE STRUTTURALE

Sono state adottate travi reticolari composte da conci prefabbricati di lunghezza 5 m di forma triangolare, completate a piè d'opeda con il getto del corrente superiore e precomprese con cavi, che, partendo dalla sommità delle diagonali, percorrono un tratto di corrente inferiore e risalgono nella diagonale opposta.

Gli elementi prefabbricati triangolari hanno forma identica tra loro, qualunque sia la luce della trave, variando solamente la dimensione della diagonale e l'armatura di precompressione e ordinaria in funzione delle sollecitazioni agenti. Le travi sono state studiate come telai piani caricati in modo spaziale non soltanto nella condizione di esercizio, ma in tutte le situazioni transitorie di trasporto, precompressione, sollevamento. Particolare cura è stata dedicata agli effetti del II ordine, del ritiro differenziale e delle fasi parziali di tesatura.

Il peso totale della struttura di copertura è risultato di 370 kg/m<sup>2</sup> (di cui 150 per le travi) per la maglia 52,50 m × 11 m e di 320 kg/m<sup>2</sup> (di cui 100 per le travi) per la maglia 40,30 m × 16,16 m.

#### MODALITA' COSTRUTTIVE

Gli elementi triangolari di 5 m di base costituiti da un montante, una diagonale e un tratto di corrente inferiore, sono stati costruiti in stabilimento di prefabbricazione. Il getto è avvenuto in posizione orizzontale. Gli elementi sono stati successivamente trasportati per oltre 200 km ed allineati su basi provvisorie a piè d'opera. Successivamente si è provveduto alla solidarizzazione degli elementi con resina epossidica, all'infilaggio dei cavi di precompressione, al getto del corrente superiore con un cassero autoportante fissato sugli elementi prefabbricati e alla precompressione della trave. Il sollevamento delle travi da 53 m e del peso di 85 t, ha richiesto l'utilizzo di un dispositivo di controvento provvisorio in acciaio, per assicurare la stabilità del corrente superiore prima dell'intervento del controventamento definitivo. Le travi da 39,50 m viceversa sono state poste in opera senza l'ausilio di dispositivi provvisori disponendo i ganci di sollevamento a 5 m dalle estremità.

#### MATERIALI ADOPERATI:

- calcestruzzo per travi precomprese: 1250 m<sup>3</sup>
- armatura ordinaria per travi precomprese: 187 t
- acciaio per armature di precompressione: 75 t

COMMITTENTE: Consorzio Trasporti Torinesi - Torino  
IMPRESA: Borini e Prono Costruzioni S.p.A. - Torino  
DITTA COSTRUTTRICE DELLE STRUTTURE PREFABBRICATE:  
F.lli Lombardi S.p.A. - Rezzato (Brescia)  
SISTEMA DI PRECOMPRESSIONE: Tesit

met using lattice girders arranged lengthways, on which the roof elements are placed. Since the girder is 5 m deep, the ratio between vertical roof lighting surface and in plan surface is 0,34 for the 52 m × 11 m grid, and 0,23 for the 39,50 m × 16 m grid.

#### STRUCTURAL SOLUTION

Lattice girders made up of precast sections 5 m long, triangular in shape, completed at the site by the pour of the upper chord and prestressed using cables that, starting from the tops of the diagonals, run along a stretch of lower chord to then rise up again in the opposite diagonal.

The precast triangular elements are all identical in form, whatever the beam length may be, with a variation only of the dimension of the diagonal, of the reinforcement and of the prestressing steel, as a function of the stresses acting. The beams were conceived as plane frames, loaded three dimension not only under operating conditions, but under all intermediate phases, whether of hauling, prestressing, positioning, etc. Special care was given to the second-order effects of differential shrinkage and of the partial tensioning phases.

The total weight of the roof structure was 370 kg/m<sup>2</sup> (of which, 150 for the beams) for the 52,50 m × 11 m grid, and 320 kg/m<sup>2</sup> (of which, 100 for the beams) for the 40,30 m × 16,16 m grid.

#### CONSTRUCTION SYSTEM

The 5 m base triangular elements, comprising a vertical member and a diagonal, and a section of lower chord, were built in a prefabrication factory. The pour was made with the triangles horizontal. The elements were then hauled for over 200 km and lined up on provisional bases at the site. Then, the elements were joined together using epoxy resin, the prestressing cables were threaded through, the upper chord was poured using a self-supporting form attached to the precast elements, and the girder was then prestressed. The hoisting of the 53 m girders — each weighing 85 tons — required the use of a temporary steel shear-brace, to guarantee the upper chord against buckling before the definitive shear-bracing. The 39,50 m girders, instead, were hoisted into place without the use of temporary equipments by arranging the hoist hooks 5 m from the ends.

#### CONSUMPTION OF MATERIALS:

- concrete for prestressed beams: 1250 m<sup>3</sup>
- reinforcing steel for prestressed beams: 187 t
- prestressing steel: 75 t

OWNER: Consorzio Trasporti Torinesi - Turin  
CONTRACTOR: Borini and Prono Construction, S.p.A. - Turin  
MANUFACTURER FOR PRECAST STRUCTURES: F.lli Lombardi,  
S.p.A. - Rezzato (Brescia)  
PRESTRESSING SYSTEM: Tesit

# Elementi tridimensionali Zanussi - Farsura per edifici residenziali

# Zanussi - Farsura three-dimensional elements for residential buildings

Progetto strutturale:  
Dott. Ing. Gian Carlo Giuliani

Architetto ed ideatore del sistema:  
Dott. Arch. Luciano Gerola

Structural design:  
Dott. Ing. Gian Carlo Giuliani

Architect and inventor of the system:  
Dott. Arch. Luciano Gerola

PERIODO DI COSTRUZIONE: produzione continua a partire dal 1978

TIME OF CONSTRUCTION: current production since 1978

Schema statico: celle tridimensionali prefabbricate ed assemblate mediante cavi post-tesi  
Dimensioni interne di una semicella: 4,50 m × 2,70 m × 2,70 m  
Spessore delle pareti verticali: 7 cm  
Spessore della soletta inferiore: 12 cm  
Spessore della soletta superiore: 8 cm  
Elementi strutturali prefabbricati: semicelle composte da tre pareti e da due solette

Static scheme: three-dimensional cells precast and assembled by means of post-tensioned cables  
Internal dimensions of a half-cell: 4,50 m × 2,70 m × 2,70 m  
Thickness of the vertical walls: 7 cm  
Thickness of the lower slab: 12 cm  
Thickness of the upper slab: 8 cm  
Precast structural units: half-cells consisting of three walls and two slabs

Elementi di precompressione: tiranti orizzontali di assemblaggio  
Tipo di precompressione: post-tensione  
Composizione dei cavi: 1 trefolo da 0,5"  
Tensione iniziale dei trefoli: 125 kg/mm<sup>2</sup>  
Tensione di esercizio dei trefoli: 108 kg/mm<sup>2</sup>  
Sforzo massimo di compressione nel calcestruzzo:  
— all'atto della precompressione: 60 kg/cm<sup>2</sup>  
— in esercizio: 52 kg/cm<sup>2</sup>  
Sforzo massimo di trazione nel calcestruzzo: zero  
Valore caratteristico del carico di rottura cubico del calcestruzzo della struttura precompressa, a 28 giorni: 220 kg/cm<sup>2</sup>  
Carico di rottura dell'acciaio: 180 kg/mm<sup>2</sup>  
Limite convenzionale dell'acciaio all'1%: 145 kg/mm<sup>2</sup>

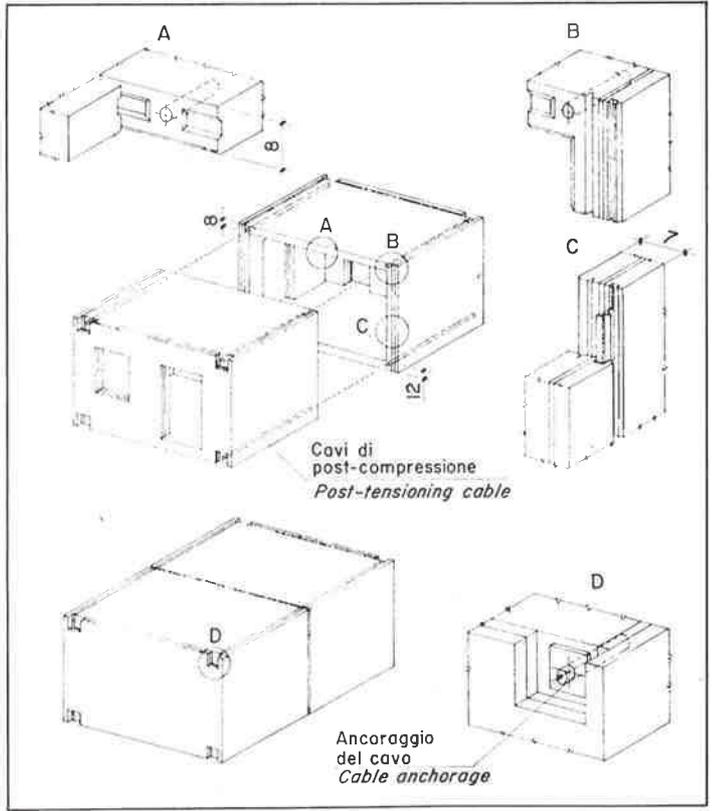
Prestressed structural elements: horizontal assembly tie-rods  
Type of prestressing: post tensioning  
Cable composition: one strand, 0,5" diameter  
Initial stress in the strands: 125 kg/mm<sup>2</sup>  
Effective stress in the strands: 108 kg/mm<sup>2</sup>  
Maximum compressive stress in the concrete:  
— at time of tensioning: 60 kg/cm<sup>2</sup>  
— under service conditions: 52 kg/cm<sup>2</sup>  
Maximum tensile stress in the concrete: zero  
Characteristic value of cube crushing strength of prestressed concrete at 28 days: 220 kg/cm<sup>2</sup>  
Ultimate steel strength: 180 kg/mm<sup>2</sup>  
Conventional steel strength at 1% elongation: 145 kg/mm<sup>2</sup>



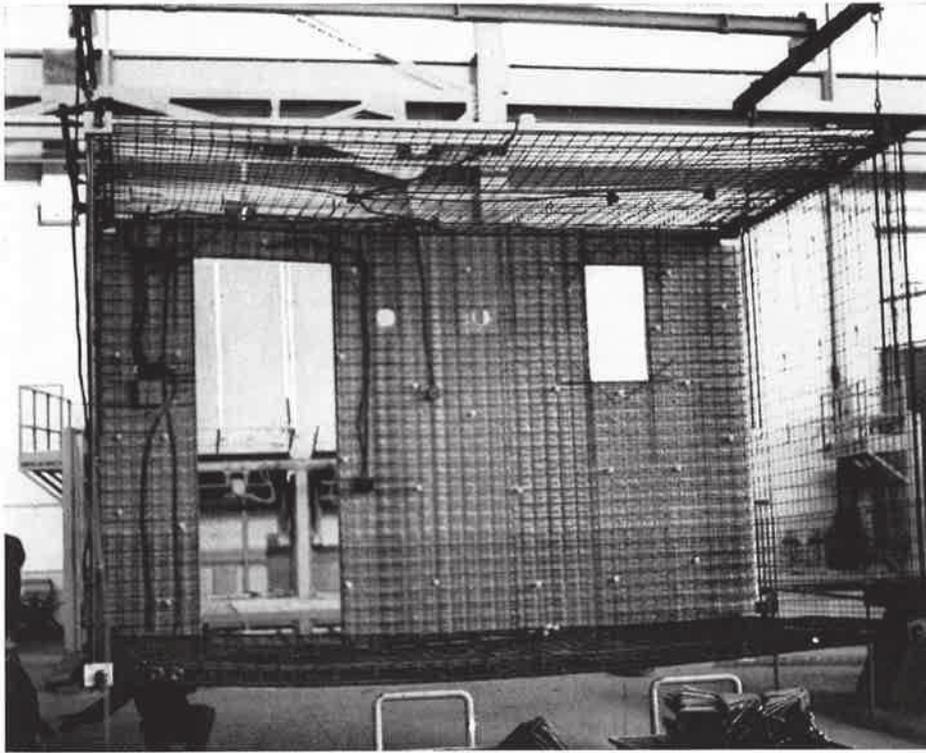
1 2

1 - L'unità tridimensionale è ottenuta mediante il collegamento di due semicelle scatolari. Fra le due semicelle di estremità, possono essere inseriti altri elementi scatolari, ampliando modularmente la lunghezza dell'unità; 2 - Il collegamento tra le semicelle scatolari è assicurato dai cavi di post-compressione, che hanno un ruolo fondamentale al fine del trasferimento dei carichi orizzontali dovuti alle azioni sismiche; 3 - L'armatura prefabbricata di una semicella; 4 - Dettaglio dell'ancoraggio di un cavo di precompressione; 5 - Prospetto, pianta e sezione dell'armatura ordinaria di una semicella 4,50 m × 2,70 m × 2,70 m.

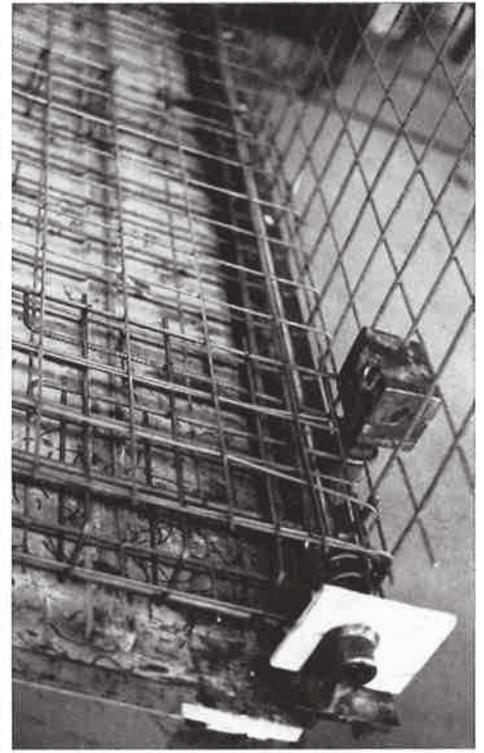
1 - The three-dimensional unit is obtained by the connection of two box type half-cells. Further box elements can be inserted between the two end half-cells thus modularly increasing the length of the unit; 2 - The connection between the box type half-cells, is obtained by the post-tensioning which plays a fundamental role in the transfer of the horizontal loads due to seismic action; 3 - The pre-assembled reinforcing steel for an unit; 4 - Detail of the anchorage of a prestressing cables; 5 - Elevation, plan and section of the reinforcing steel of a half-cell 4,50 m × 2,70 m × 2,70 m.



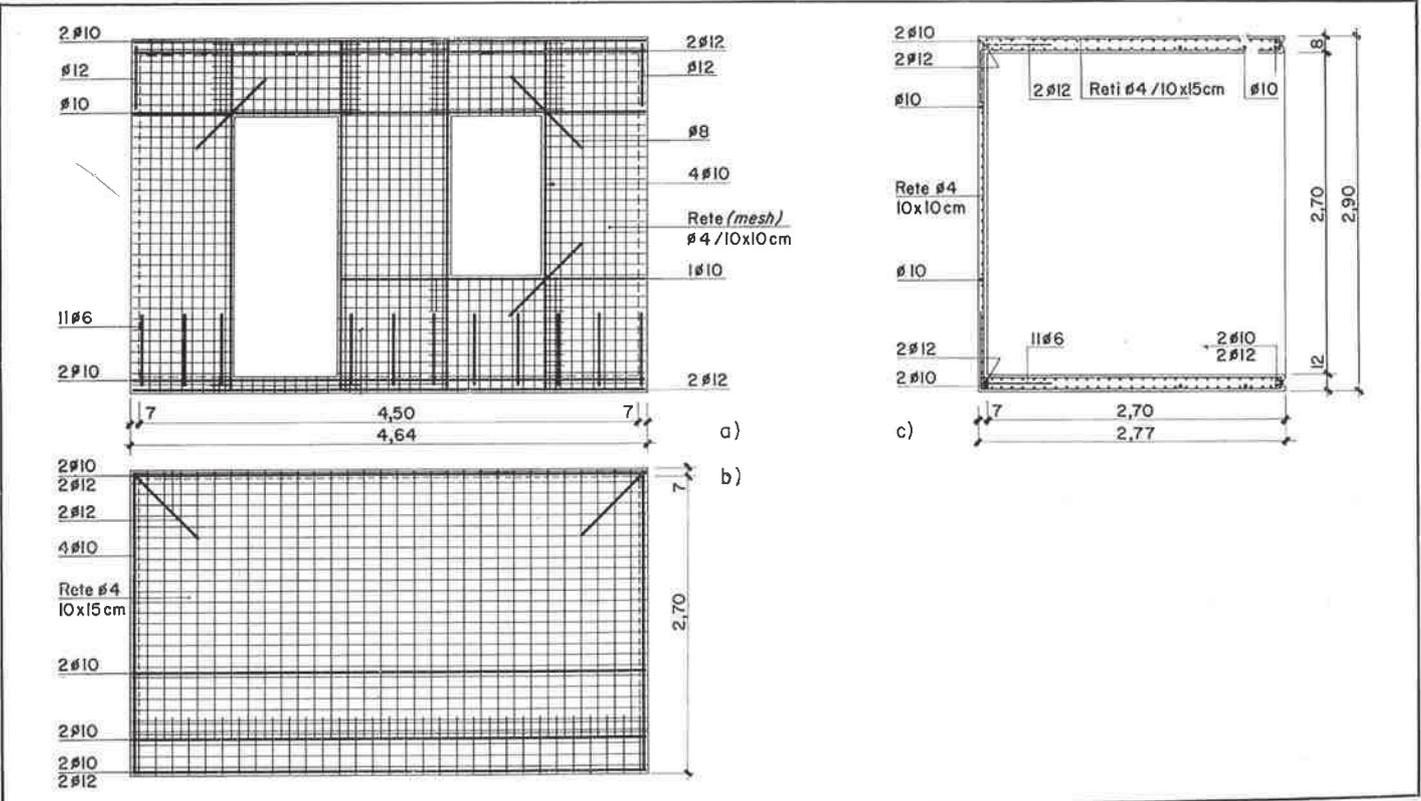
3



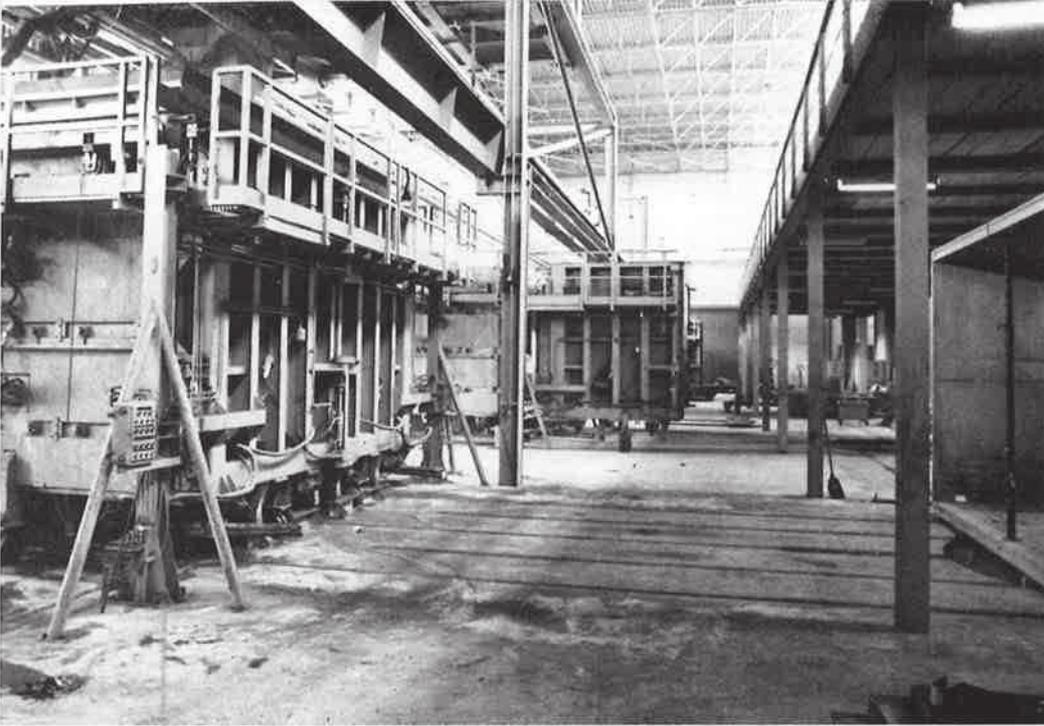
4



5

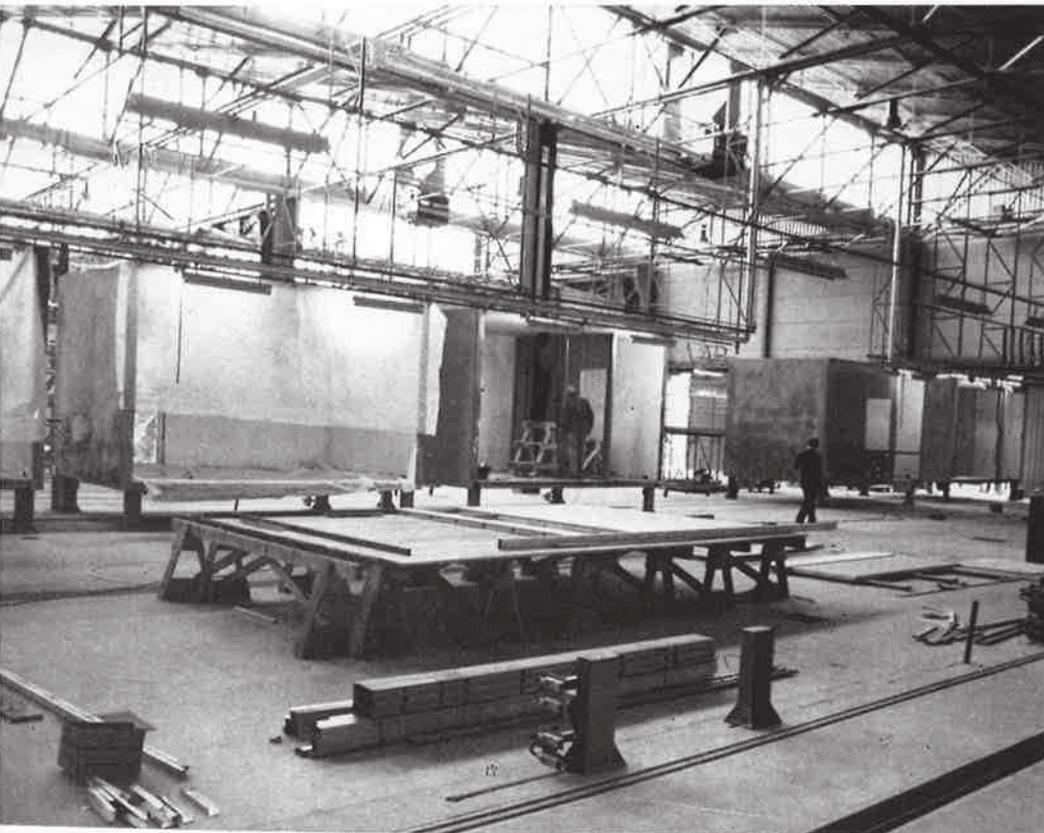


6



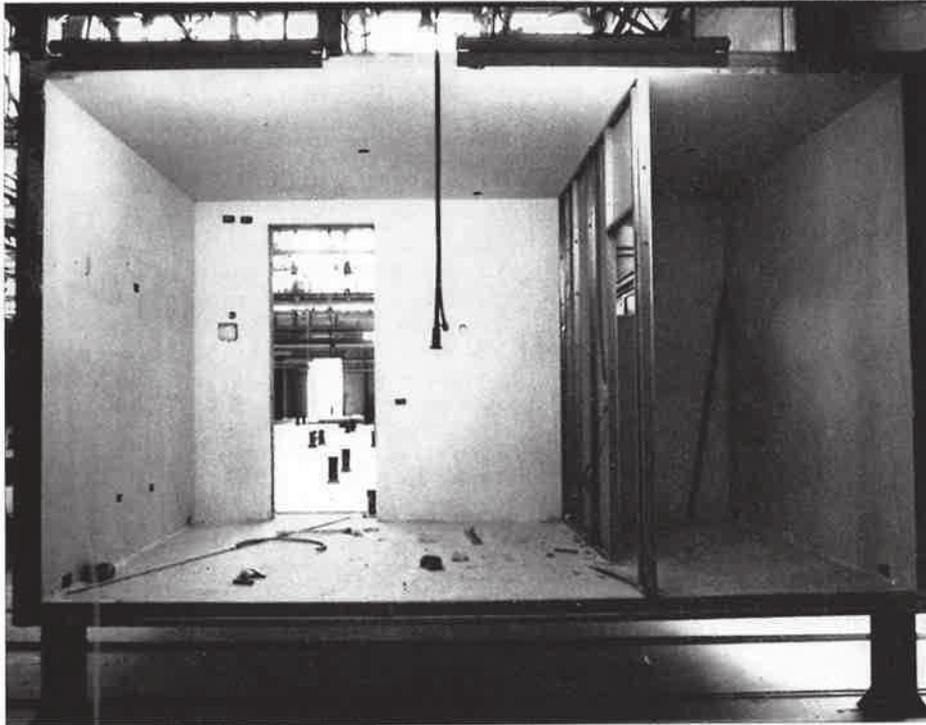
6 - Il cassero per il getto delle semicelle tridimensionali; 7 - Linea di montaggio delle semicelle; 8 - Semicella in fase di allestimento; 9 - Stoccaggio delle semicelle; 10 - Montaggio di una semicella; 11 - Una realizzazione con l'impiego degli elementi tridimensionali del sistema e di pannelli solari.

6 - The formwork for the casting of the three-dimensional half-cells; 7 - The assembly line for the half-cells; 8 - A half-cell in preparation; 9 - Stockpiling of the half-cells; 10 - Assembly of a half-cell unit; 11 - A construction realized by means of the three-dimensional units and solar panels.

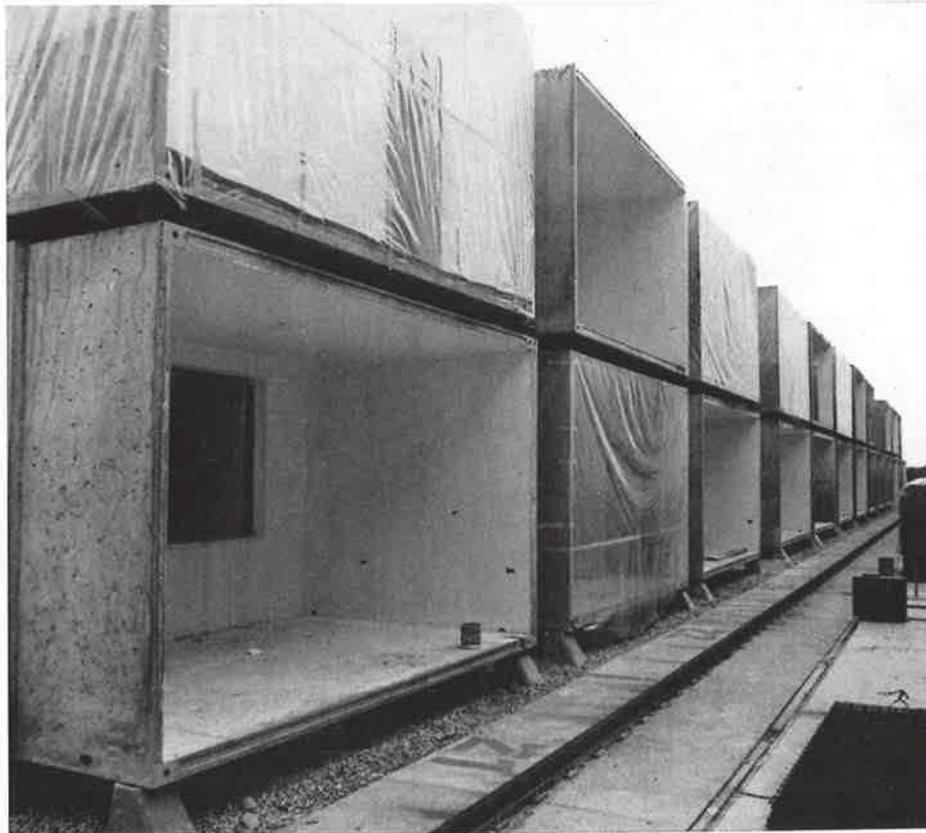
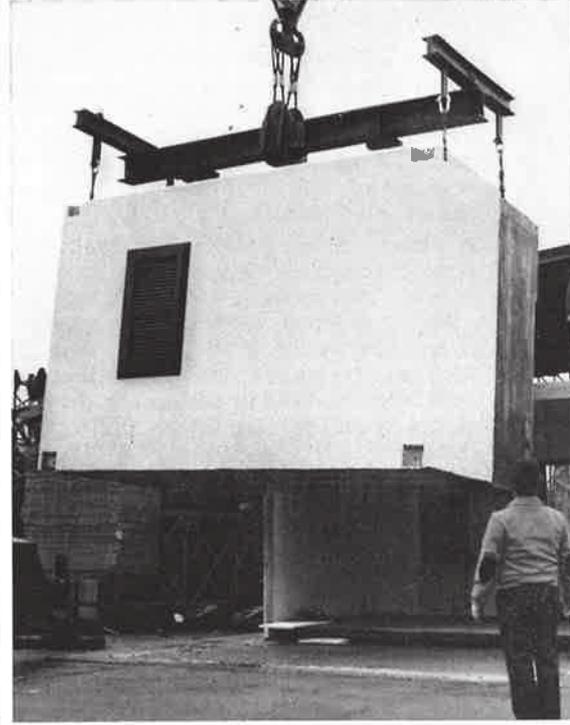


7

8

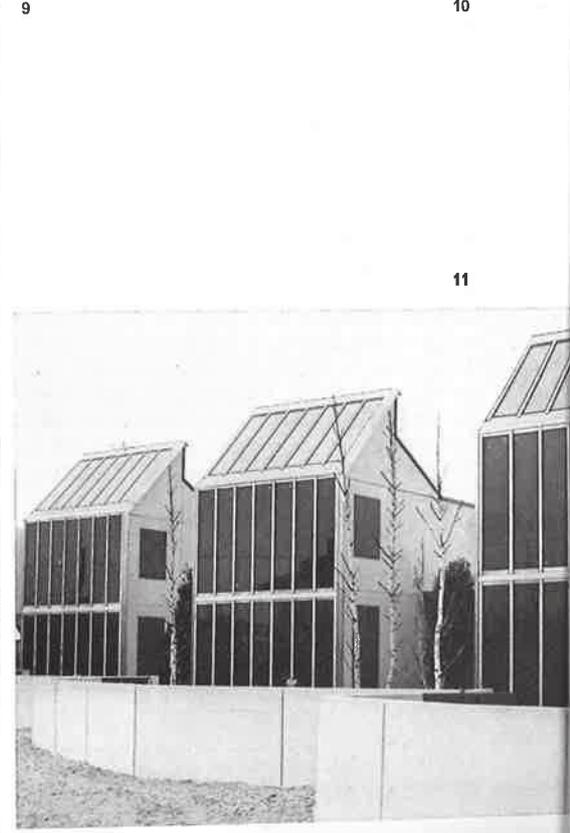


(Chiolini)



9

10



11

## GENERALITA'

L'unità tridimensionale rispondente a funzioni strutturali e abitative è ottenuta mediante il collegamento di due semicelle scatolari. Fra le due semicelle di estremità possono essere inseriti altri elementi scatolari, ampliando modularmente la lunghezza dell'unità. In linea generale componendo le semicelle in piano ed elevazione si ottengono possibili aggregazioni in numero praticamente infinito.

Il sistema di prefabbricazione tridimensionale adottato consente la completa finitura in stabilimento, su vera e propria linea di montaggio, di ogni elemento prodotto, limitando gli interventi in luogo alla preparazione delle fondazioni, agli allacciamenti ed a operazioni di assemblaggio a secco.

Il sistema è concepito per zona sismica di 1<sup>a</sup> categoria ed ha trovato impiego nella ricostruzione del Friuli ed in varie realizzazioni in altre località. Gli elementi sono tutt'ora in produzione corrente.

## SOLUZIONE STRUTTURALE

La stabilità di ogni elemento risultante dall'assemblaggio di semicelle è assicurata dalle pareti di testata di queste. I cavi post-tesi, posizionati per ogni semicella, due nella soletta inferiore e due in quella superiore, hanno un ruolo fondamentale ai fini del trasferimento dei carichi orizzontali dovuti alle azioni sismiche ed agli effetti del 2° ordine che si sviluppano nelle pareti verticali.

L'azione di tali cavi consente inoltre la realizzazione di edifici « a ponte », aggiungendo maggiore libertà alla composizione degli elementi tridimensionali e fornendo adeguata sicurezza nel caso di slivellamento degli appoggi in zona sismica. Il calcolo è stato effettuato mediante schematizzazione a elementi finiti. I risultati sono stati controllati mediante prova su prototipo, sul quale sono stati simulati cicli alterni di accelerazioni orizzontali pari a 0,4 g, ottenendo conferma della validità della concezione.

## MODALITA' COSTRUTTIVE

La prefabbricazione e la completa finitura delle semicelle avviene in stabilimento; il loro assemblaggio è realizzato in cantiere con la messa in tensione dei cavi e l'incollaggio con resina epossidica. La delicata operazione di getto simultaneo del fondo, delle pareti esterne a sandwich e della copertura di ogni semicella, avviene entro speciali casseri dotati di anime rientranti e sponde a cerniera verticale. L'armatura è preassemblata in gabbia in cui sono incorporati gli impianti e gli strati isolanti delle pareti esterne.

## MATERIALI ADOPERATI (per m<sup>2</sup> di superficie coperta):

- calcestruzzo per strutture precomprese: 0,36 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>
- armatura ordinaria per strutture precomprese: 26 kg/m<sup>2</sup>
- acciaio per armature di precompressione: 0,8 kg/m<sup>2</sup>

COSTRUTTORE: Zanussi-Farsura S.p.A.

SISTEMA DI PRECOMPRESSIONE: CCL

## GENERAL

*The three-dimensional unit having structural and residential functions is obtained by connecting two box-type half-cells. Other box elements may be inserted between the two end half-cells, modularly increasing the unit's length. Generally speaking, the half-cells may be fitted together horizontally and vertically so as to obtain a practically infinite number of possible groupings.*

*The three-dimensional precasting system used permits the complete finishing at the plant, on a true assembly line, of each element manufactured, the site operations being limited to preparing the foundations, connecting operations, and assembly operations in the dry.*

*The system is designed to meet the requirements of a seismic zone of the 1st category, and was used during rebuilding in Friuli, and in various other places. The elements are still in current production.*

## STRUCTURAL SOLUTION

*The structural stability of each element assembled with the half-cells is guaranteed by the half-cell headwalls. The post-tensioned cables, positioned for each half-cell — two in the lower slab and two in the upper — play a fundamental role in the transfer of the horizontal loads arising from earthquakes and from 2nd order effects developed in the vertical walls. Furthermore, the action of these cables permits creating « bridge-type » buildings, allowing greater freedom in the arrangement of the three-dimensional elements and providing adequate safety in seismic areas, should their foundations be subjected to large differential settlements.*

*Calculations were executed by a finite element scheme. The results were checked by tests on a prototype, on which alternating cycles of 0,4 g horizontal acceleration were simulated, thus confirming the soundness of the conception.*

## CONSTRUCTION SYSTEM

*The prefabrication and complete finishing of the half-cells is carried out in the factory; they are assembled at the site, being glued together with epoxy resin and their cables being tensioned. The tricky simultaneous pour of the bottom, the sandwich outer walls and the upper slab of each half-cell is done in special forms furnished with movable cores and vertically hinged panels. The reinforcement is preassembled cage-fashion, the service fittings and the insulating layers for the outer walls being incorporated in the cage.*

## CONSUMPTION OF MATERIALS (per m<sup>2</sup> of covered area):

- concrete for prestressed structures: 0,36 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>
- reinforcing steel for prestressed structures: 26 kg/m<sup>2</sup>
- prestressing steel: 0,8 kg/m<sup>2</sup>

CONTRACTOR: Zanussi-Farsura S.p.A.

PRESTRESSING SYSTEM: CCL