COLLEGIO DEI TECNICI DELLA INDUSTRIALIZZAZIONE EDILIZIA
VIA GIACOMO ZANELLA 36, 20133 MILANO TELEFONO 02/713.880

in collaborazione con

ASSOBETON

COLLEGIO DEGLI INGEGNERI DI MILANO

ORDINE DEGLI INGEGNERI DI MILANO

CONVEGNO C.T.E. DEL 29 GIUGNO 1988

LA NUOVA NORMATIVA DELLE COSTRUZIONI PREFABBRICATE

con il patrocinio di

Impresa Pizzarotti & C.

LARCO system

RDB

SUPPLEMENTO ORDINARIO ALLA "GAZZETTA UFFICIALE" N. 106 DEL 7/5/1988
SERIE GENERALE

ALDO FAVINI

ESPERIENZE PROGETTUALI E LORO DISCUSSIONE IN RELAZIONE AI DETTATI DELLA NUOVA NORMA

CONVEGNO C.T.E.
29 giugno 1988

ALDO FAVINI . ESPERIENZE PROGETTUALI .

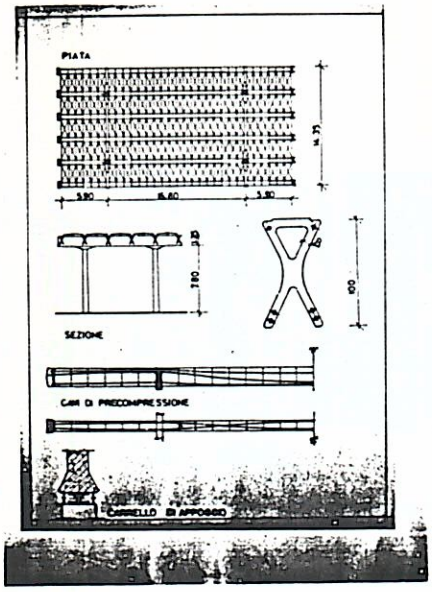
1 . PREMESSE

Gli anni che sono seguiti all'immediato dopo guerra, per l'incontenibile bisogno di ricostruzione prima, per l'incalzare poi dei problemi sociali,irrisolti nei periodi precedenti, per l'immigrazione massiccia al nord, per lo sviluppo della industrializzazione, per la mancanza di mano d'opera qualificata, per l'aumento del costo del lavoro, il tutto non sempre confortato da una intelligente ed adeguata politica edilizia, hanno scatenato una corsa alla ricerca di "sistemi" industrializzati importati dall'estero, ma che non sempre queste tecnologie hanno dato nel nostro paese felici risultati.
Nella applicazione poi dei concetti di standardizzazione, industrializzazione e prefabbricazione i nostri tecnici incalzati da una incontrollata concorrenza hanno creato per l'edilizia componenti da catalogo, prodotti e reclamizzati nella attesa di una scelta da supermercato da parte de

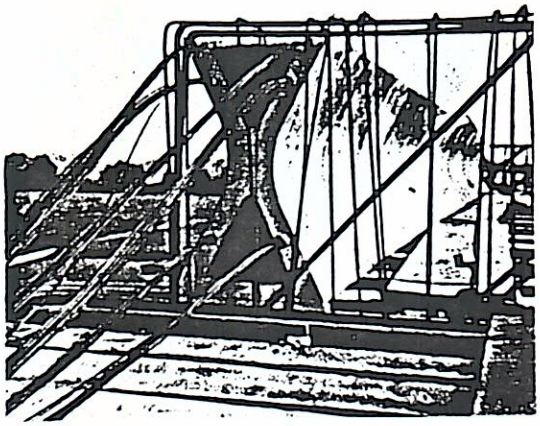
ho tentato di realizzare anche cose complesse con semplicità, e se non ci sono riuscito, questo lo lascio giudicare a Voi, però ci ho intensamente provato!

La mia esposizione sarà quindi una breve storia del cammino da me percorso nel campo della prefabbricazione e precompressione.

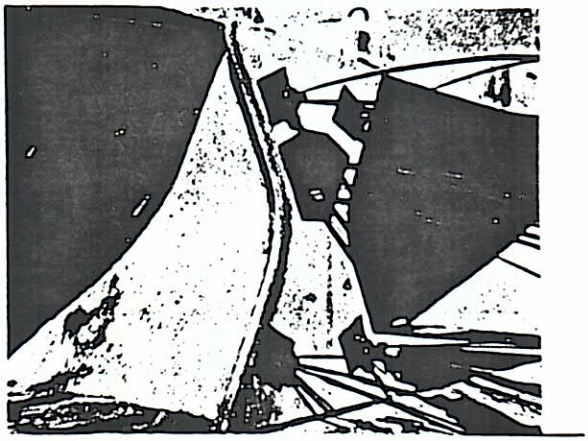
Noterete infine che l'esecuzione dei miei progetti è avvenuta quasi sempre "in situ", anche realizzati da ditte che trattano esclusivamente di prefabbricazione, ed il sistema di precompressione, se usato, è stato sempre quello "Favini" mai entrato commercialmente in concorrenza con altri.


PIATA
SEZIONE
CAVI DI PRECOMPRESSIONE
CARRELLO DI APPOGGIO

1



2



3

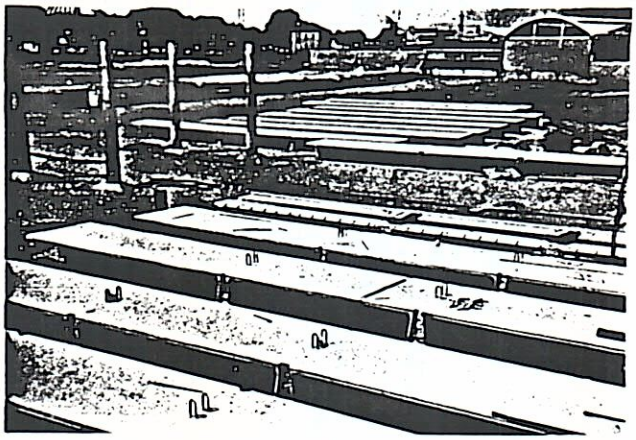
a forma di "X" che si sarebbe opposta ad un eventuale scorrimento fra due elementi contigui, non solo, ma che il riempimento di malta sarebbe risultato più semplice. Non accettai perchè pensavo che il cordone di malta (molto resistente) avrebbe fatto l'effetto di un cuneo con inevitabile fessurazione dell'elemento. Più tardi questa idea mi è stata confermata leggendo una pubblicazione sull'argomento del Lewicki. (4)

2. Una delle travi principali è stata appoggiata ai sottostanti pilastri con l'interposizione di carrelli con rulli di acciaio, mentre i ferri di armatura dei pilastri, ancorati nel getto della trave principale soprastante, sono stati segati in corrispondenza dei carrelli stessi prima della tesatura dei cavi di precompressione. (5)

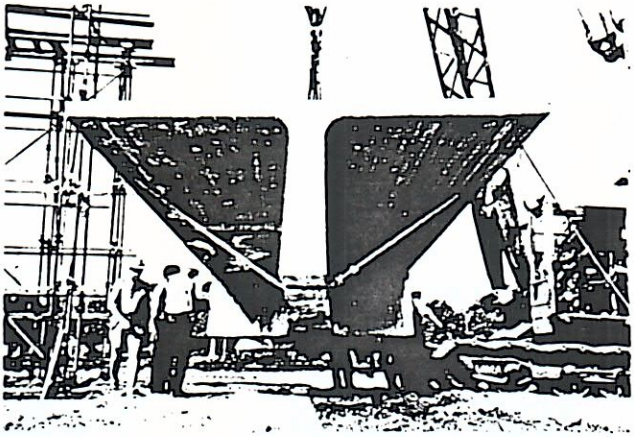
Queste operazioni sono state fatte al fine di permettere il libero accorciamento dovuto alle forze di precompressione, e quindi lo spostamento relativo tra trave principale e pilastri. (6)

A tesatura avvenuta i ferri dei pilastri sono stati saldati elettricamente e "purtroppo" si è completato il getto del calcestruzzo e bloccati i carrelli anziché lasciarli in vista.

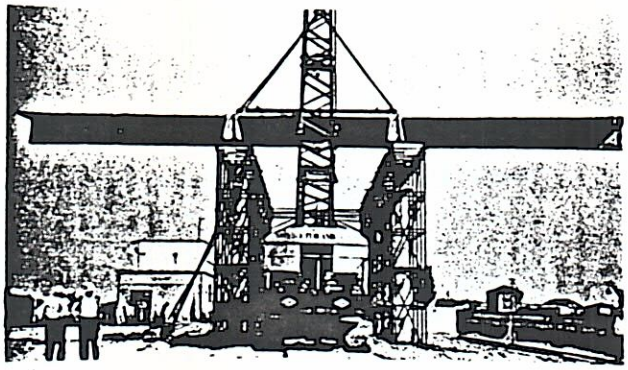
Architetti: A.Mangiarotti - B.Morassutti



8



9



10

4 . STABILIMENTO IN PADOVA

(14)

Uno studio un po' particolare è la copertura di uno stabilimento che avrebbe dovuto essere costruito a Padova.

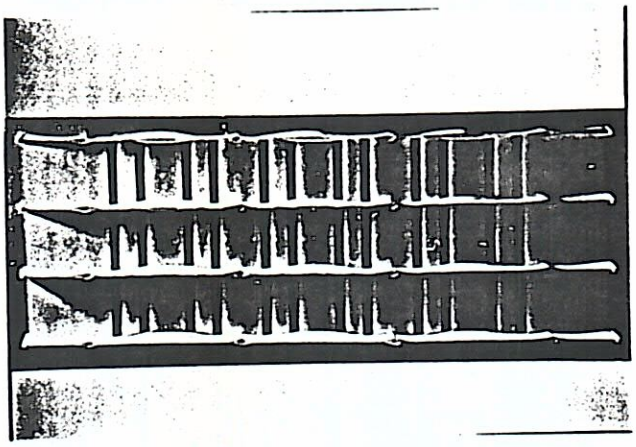
(15)

La trave sagomata e sottile ricorda nella forma per suggestione certe canoe fusiformi degli indios del lago Titicaca che avevo ossevato in una foto.

(16)

Comunico subito che lo studio è rimasto sulla carta, ma mi auguro di trovare in futuro un Committente sensibile al connubio tra l'intuizione artistica della forma e la tecnica della prefabbricazione e precompressione.

(17)



(14)

Architetto: B.Morassutti

5 . PONTE SUL CANALE NAVIGABILE MILANO - CREMONA PO

E' un primo premio "ex aequo" di un concorso (18)
indetto dal Consorzio per il canale navigabile Milano - Cremona Po per i ponti stradali "tipo" da costruirsi in serie per il sorpasso del canale navigabile stesso.

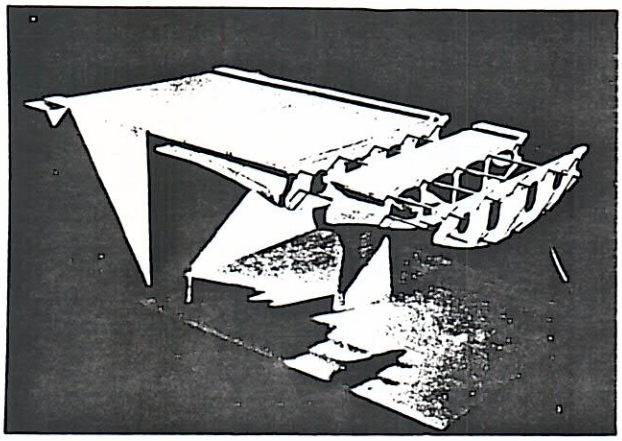
I vincoli imposti alla progettazione erano i seguenti: una campata centrale di m.47,00 e due campate laterali di m. 7,50 ciascuna. La larghezza della carreggiata prevista era di m. 6,00 + 7,50 + 10,50.

Poichè si trattava di ponti da costruirsi in serie ho ritenuto opportuno studiare una soluzione ad elementi componibili da prefabbricarsi in officina, atti ad essere trasportati per via fluviale o terrestre e da montarsi in situ.

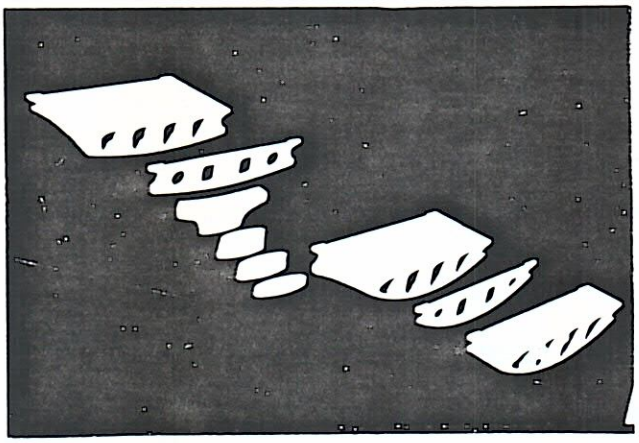
Scartata allora l'idea di prefabbricare travi e (19)
completare la soletta dell'impalcato o con un getto in opera o con soletta prefabbricata, sono giunto alla soluzione di una prefabbricazione totale, in cui l'elemento base, il "concio", costituisce sia la struttura portante che quella coprente.

Ogni ponte risultava così formato da una serie
di conci prefabbricati, posti ad interasse di me- (20)
tri 2,80, larghi quanto l'impalcato finito e della lunghezza di m. 2,45.

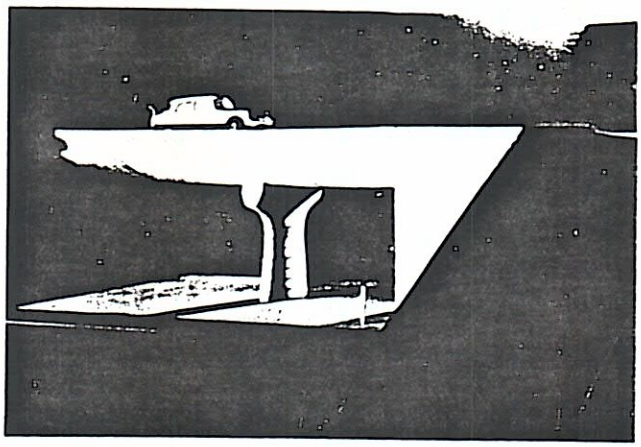
Questi conci avevano dei fori in posizioni determinate dal calcolo, attraverso i quali passavano alcuni cavi di precompressione rettilinei, mentre quelli parabolici erano guidati da diafram



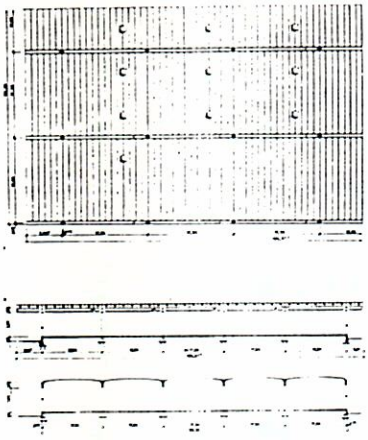
19



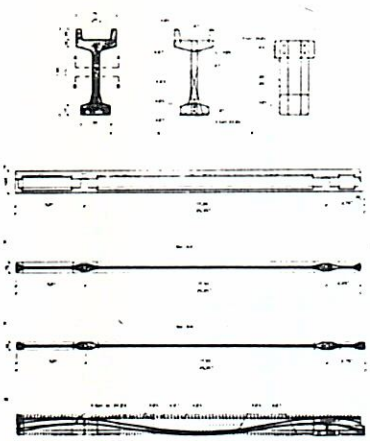
20



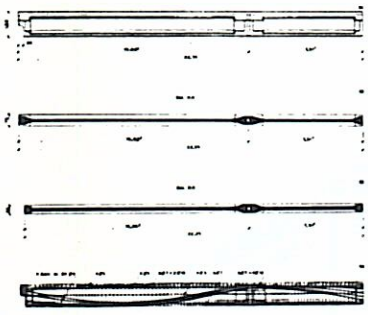
21



22

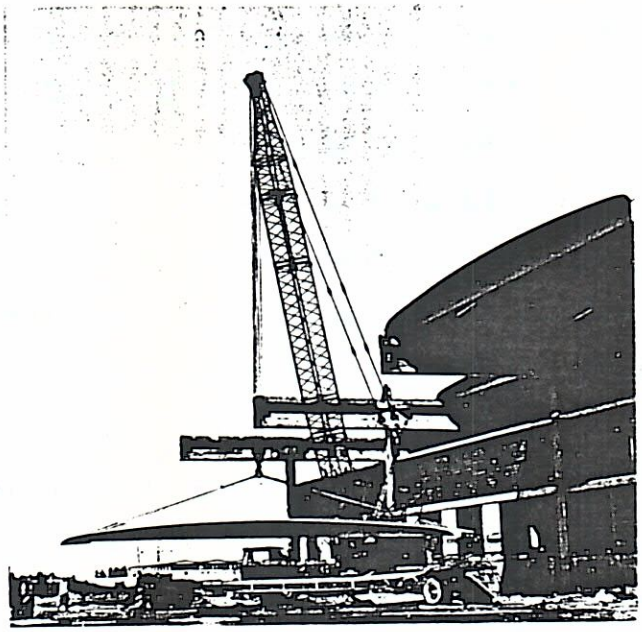


23

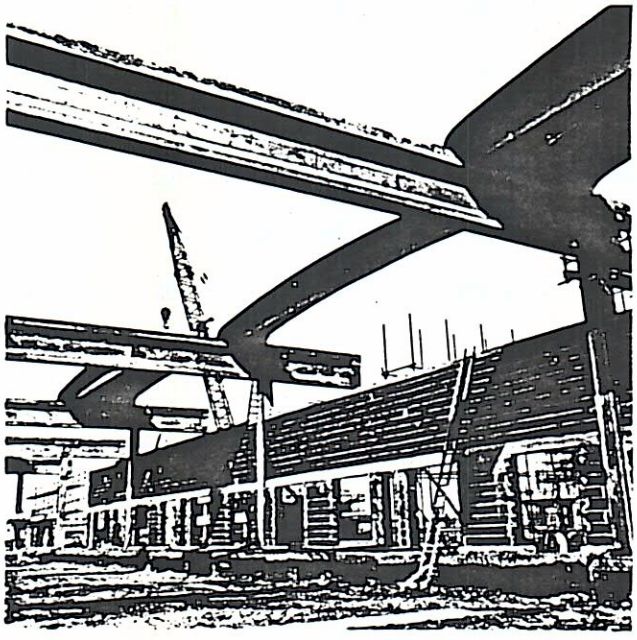


24

28



29



30

scuno, m. 11,50 di freccia e m. 7,20 di interasse. Gli archi non hanno catene (escluse dal bando di concorso) e sono sostenuti da due robuste spalle di cemento armato agli appoggi esterni e da un cavalletto prefabbricato all'interno.

Le spalle esterne portano incorporate mensole prefabbricate di m. 6,75 di sbalzo. (34)

Sulla sommità dell'arco due lucernari, essi pure prefabbricati, assicurano l'illuminazione e l'aereazione dell'edificio.

Canali di gronda, velette, architravi, arcarecci, ecc. sono tutti in cemento armato prefabbricato.

Le spalle esterne sono in c.a. ordinario e sono sagomate in modo tale da accogliere le cerniere di imposta dell'arco e incorporare gli elementi prefabbricati, e cioè la mensola esterna, le velette formanti architrave delle aperture ed il grande canale di gronda. (35)

Il cavalletto centrale, prefabbricato, è costituito da due aste inclinate i cui assi hanno in comune con le tangenti all'asse degli archi passanti per le cerniere lo stesso punto di concorso. (36)

Le basi di appoggio del cavalletto, che misurano cm. 45 x 55, hanno una robusta fasciatura metallica dello spessore di 5 mm, resa solidale al cavalletto mediante ferri saldati internamente alla fascia. Ferri che fuoriuscivano dal plinto, saldati esternamente alla fasciatura metallica, lo hanno reso solidale al plinto stesso. (37) (38)

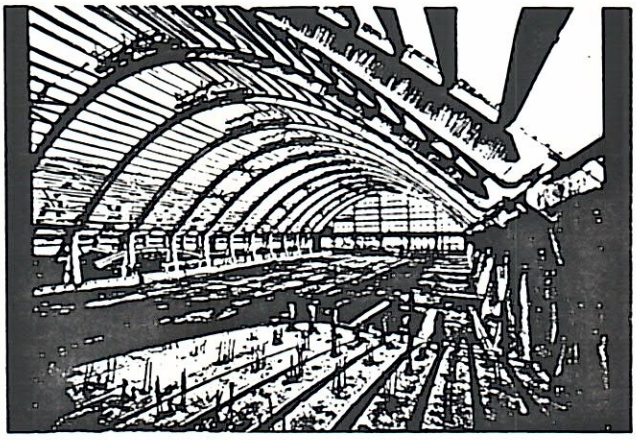
Gli archi, staticamente, sono a tre cerniere durante le operazioni di montaggio e sotto l'azione (39)

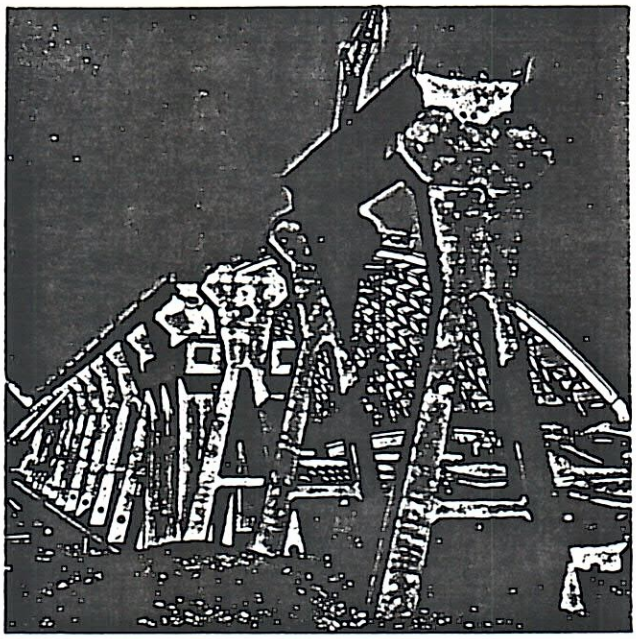
dei carichi permanenti, per divenire, dopo il blocco della sezione di chiave, archi a due cerniere, al fine di ridurre gli effetti delle variazioni termiche e quelli dovuti alla instabilità elastica.

Gli archi sono a momento d'inerzia variabile secondo la legge $J_o = J_i \cos \alpha$; hanno un'anima di 10 cm ed una altezza variabile da 80 cm. in chiave a 94 cm. all'imposta. (40)

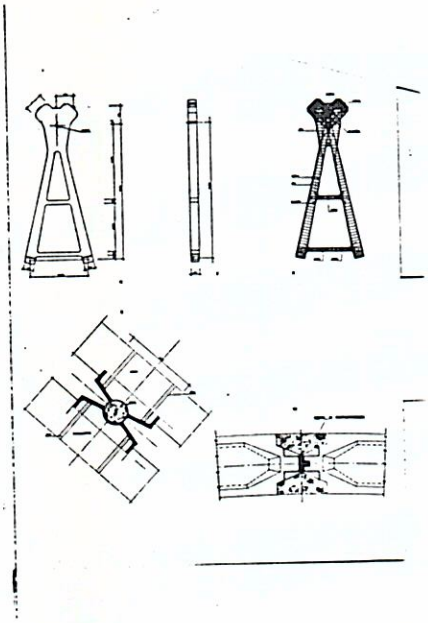
Completano la struttura arcarecci di cemento armato vibrato di altezza variabile da 20 a 40 cm. resi solidali all'arco mediante un getto di completamento e posti ad interasse di m. 1,40; controventi a bandiera ogni tre campate e lucernari a doppio V (41) (42)

Il montaggio è stato effettuato senza l'ausilio di ponteggi, ma per mezzo di tre autogrue.

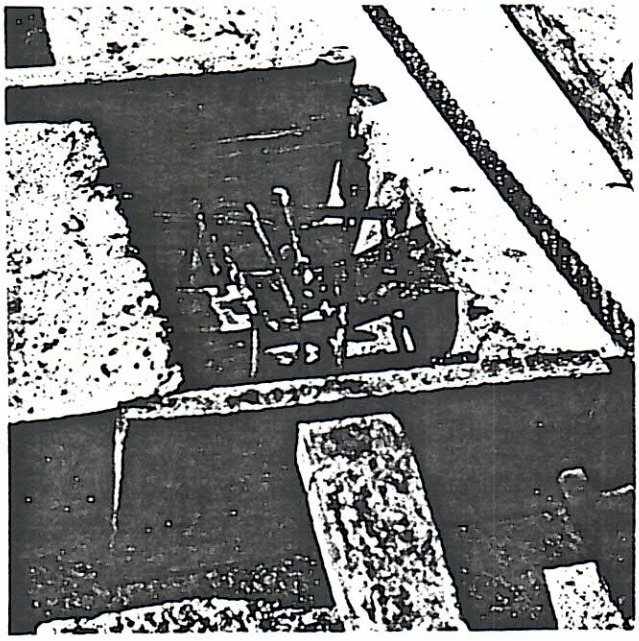




37



38



39

8 . STABILIMENTO KODAK DI CASERTA

(43)

Questo edificio è progettato su una maglia ad interasse di m. 15 x 15.

La struttura che si presenta è nata dalla necessità di utilizzare ai fini statici gli ingombri che nascevano dagli impianti (condizionamento dell' aria, idraulici, ecc.) impianti molto esigenti per il particolare tipo di utilizzazione degli spazi interni.

(44)

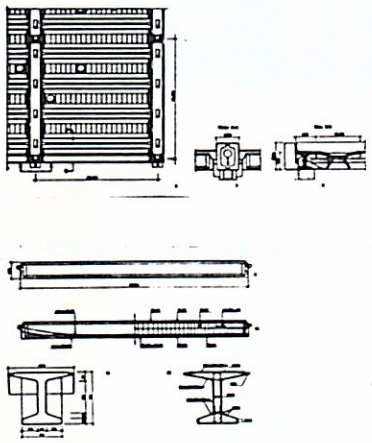
Da queste premesse prendevano forma un pilastro a "H" capace di alloggiare nello stesso elemento e il montante dell'impianto di condizionamento e il pluviale; la trave principale a cassone ed una particolare forma di coppone ad "X" per meglio distribuire il flusso di aria condizionata che proveniva dal condotto principale.

(45)

(46)→(51)

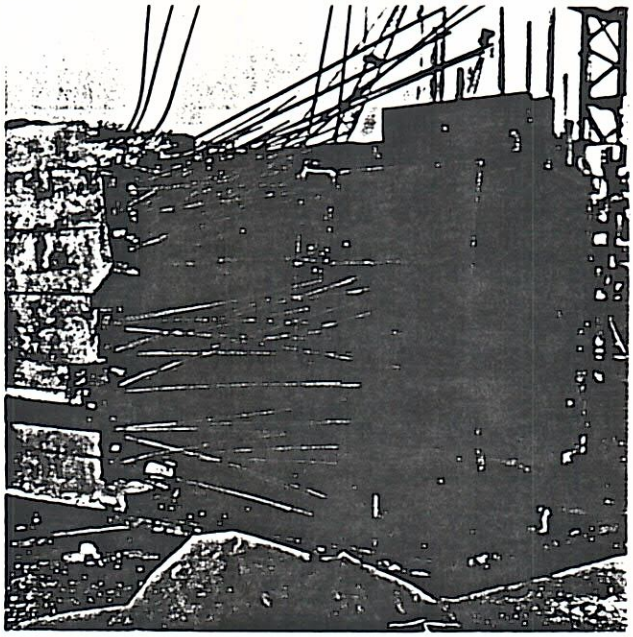
Tutte le strutture orizzontali sono precompresse e prefabbricate in luogo.

(52)→(54)

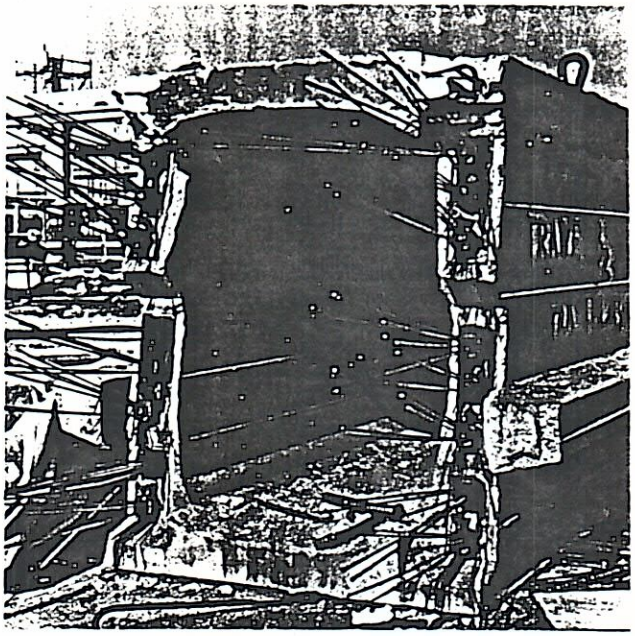


(43)

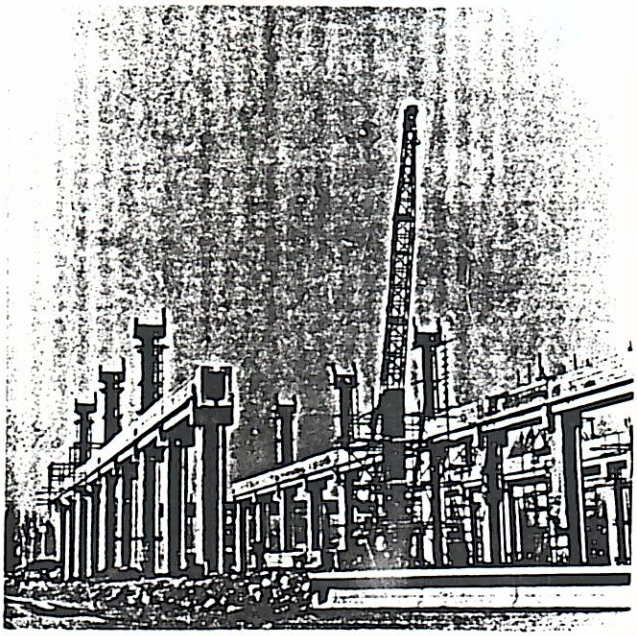
Architetto: G.Ghò



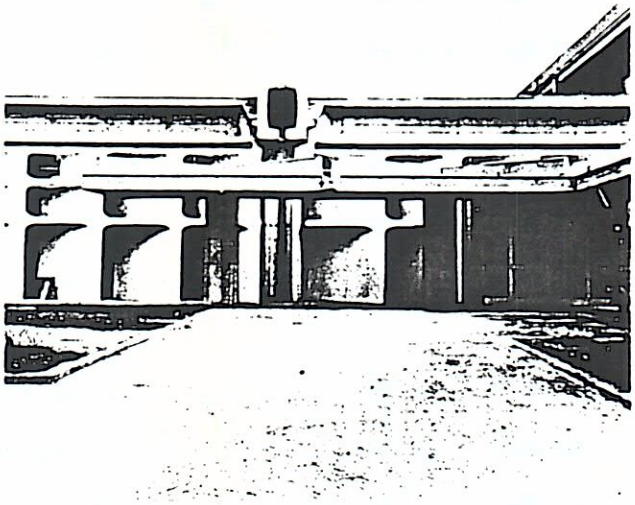
47



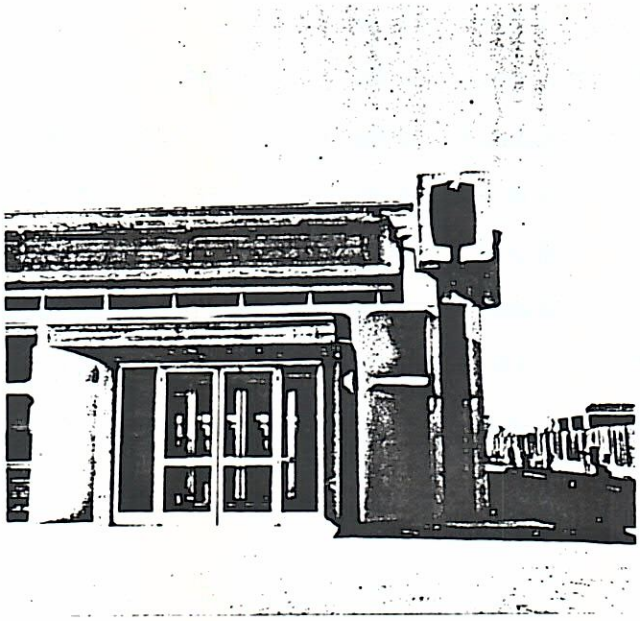
48



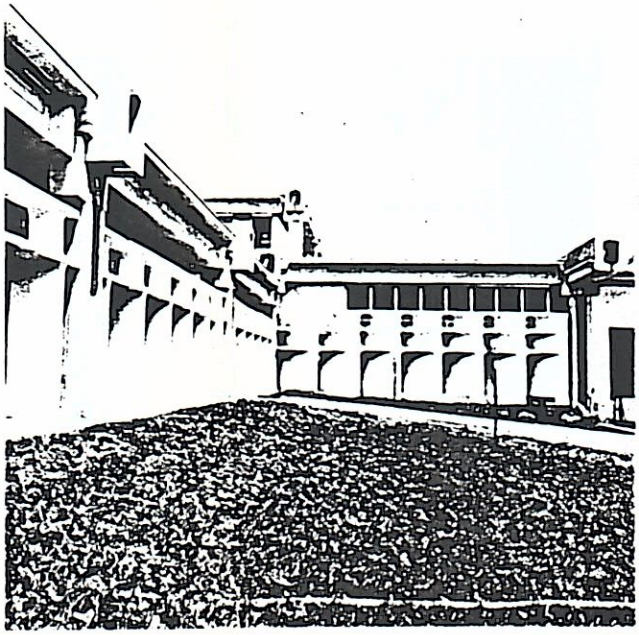
49



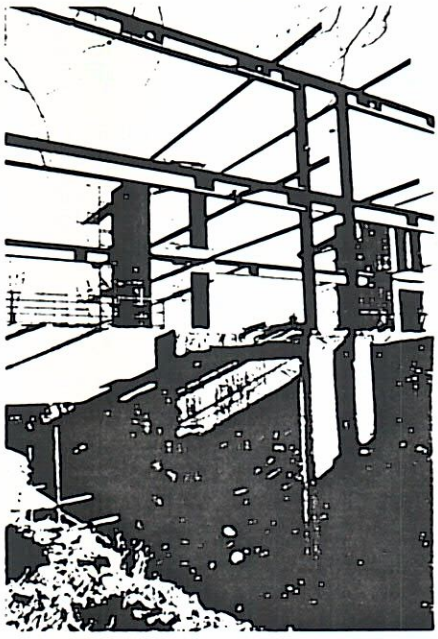
52



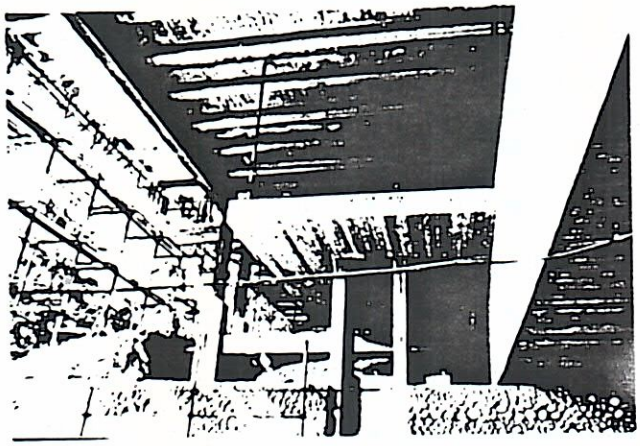
53



54

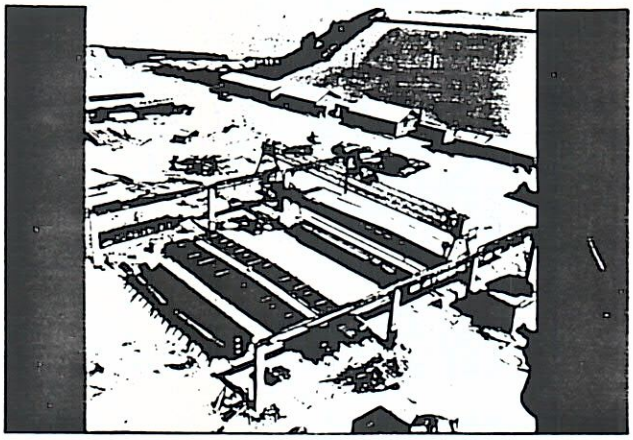


55a

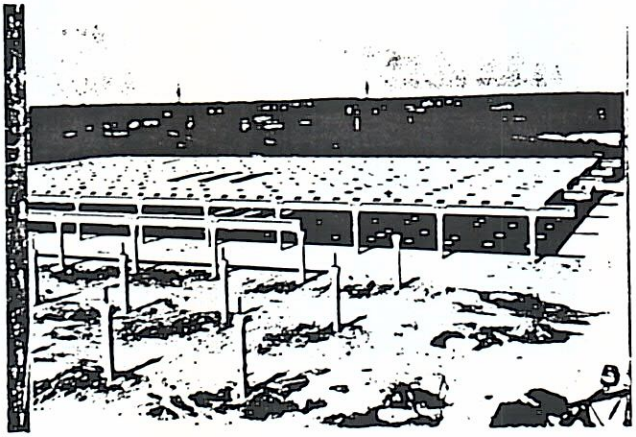


55b

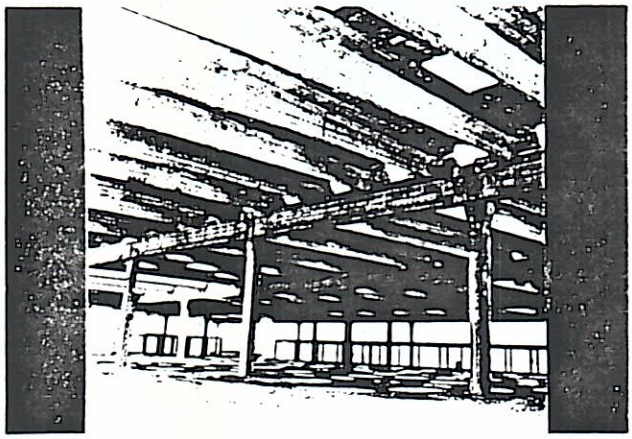
Architetti: B. Morassutti & Associati



56

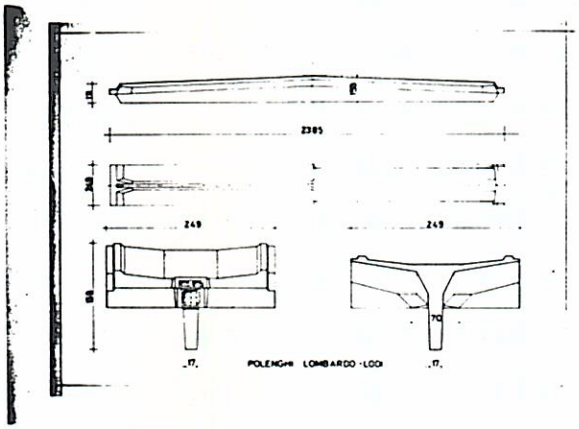


57



58

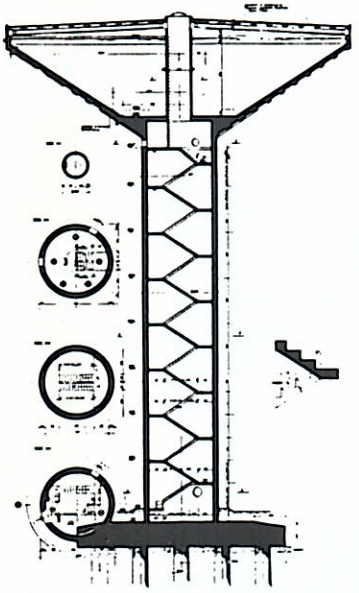
L'intradosso è orizzontale mentre l'estradosso ha una pendenza del 4% per il deflusso delle acque.
Hanno una costola variabile da cm. 12 a cm. 22 che si allarga a bulbo in prossimità delle ali; queste sono rialzate verso l'esterno per accogliere le lastrine di copertura con incorporati i lucernari.
La sezione dei copponi diventa rettangolare agli appoggi: la costola centrale si interrompe bruscamente mentre la soletta superiore si abbassa e diventa parte del canale di gronda.
I copponi hanno una larghezza di m. 2,50 e sono posti all'interasse di m. 4,00.
Il tutto è stato prefabbricato e precompresso in Cantiere.



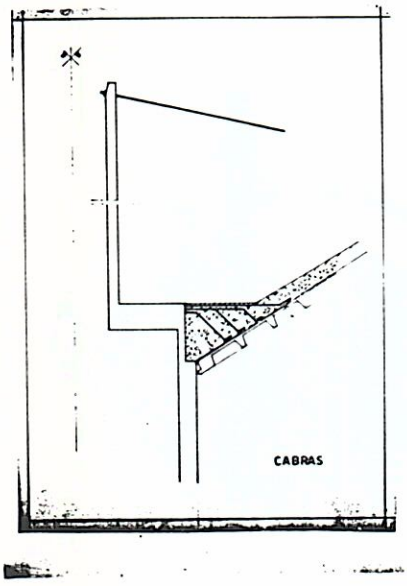
62

vera e propria sull'apposito alloggiamento.
Armature preesistenti lasciate in situ hanno creato la continuità.
Completano la struttura travi prefabbricate e precompresse e tegoloni di copertura.
L'armatura provvisoria, dato il forte vento nella zona, è stata controventata a terra.

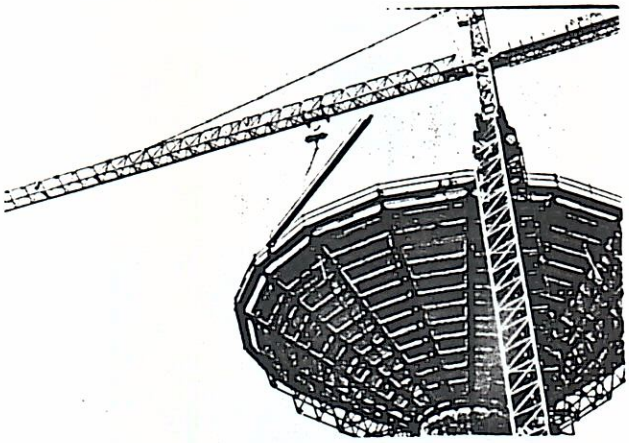
65 → 71



63



64



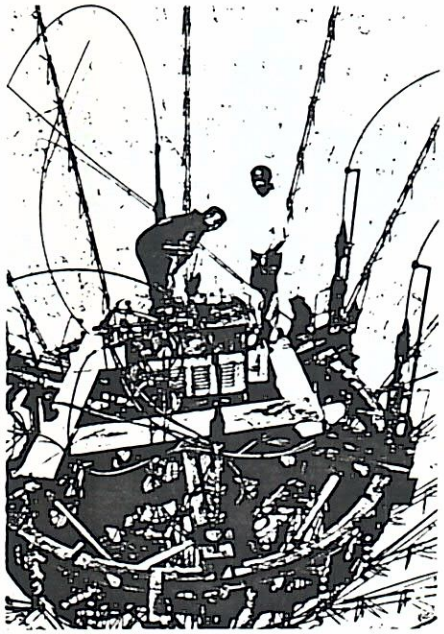
68

69

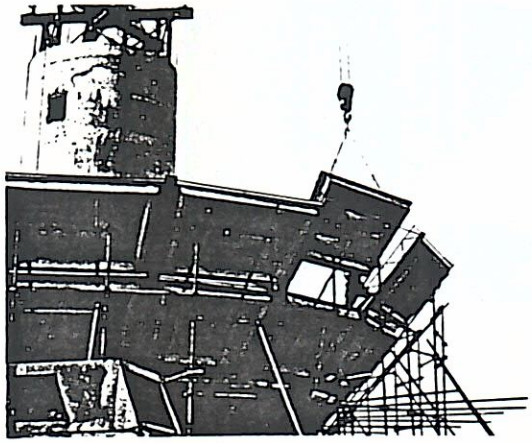
12 . SERBATOIO DI NORBELLO (SARDEGNA)
CAPACITA' 500 MC.

72 → 76

Si differenzia dal precedente serbatoio perchè l'armatura provvisoria, costituente il "cesto è rimasta incorporata nella vasca tronco conica a formare la parte resistente dell'armatura metallica.
Si è sollevato il cesto completo delle tavelle di fondo vasca e dell'armatura metallica mancante.
Quindi si è proceduto al getto del calcestruzzo.
Il resto tutto come il precedente serbatoio.



72

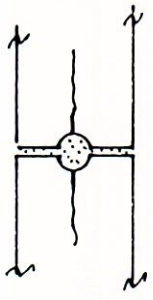


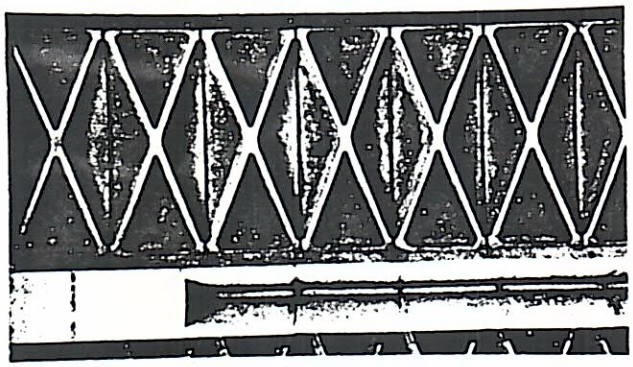
73

gli interessati.
Da qui lo scatenarsi alla ricerca del più leggero per ridurre la quantità dei materiali, il costo dei traporti e della posa in opera.
Le strutture hanno assunto spessori sempre più ridotti fino ad arrivare all'assurdo, come travi da ponte,ad es. con anima da 8÷10 cm.
Non voglio qui denigrare i principi della prefabbricazione per il solo fatto che alcune realizzazioni sono risultate nel tempo scadenti , ma voglio soltanto invitare gli addetti a dare alle strutture uno schema valido sotto l'aspetto tecnico, economico ed estetico senza imboccare strade troppo divergenti tra tecnica ed eleganza della forma.
Ad incrementare la prefabbricazione non poco nell'edilizia, specie in quella industriale, hanno contribuito la tecnica della "precompressione" e l'uso dei comp uters, ma voglio sperare che tutti questi strumenti vengano usati non per creare soluzioni anonime che definirei "corrotte" e senza espressività come la gran parte di quelle che in questi ultimi anni si vanno realizzando, ma per affinare le forme nel più rigoroso rispetto delle esigenze tecniche e per creare strutture valide sotto ogni aspetto, che denuncino un'epoca, che ricordino un Maillart, un Lafaille, un Nervi .. e tanti altri contemporanei.
Ciò premesso mi permetto di presentare alcuni miei lavori, dove non sempre la ricerca del "meglio" ha coinciso con la realizzazione dell'opera:

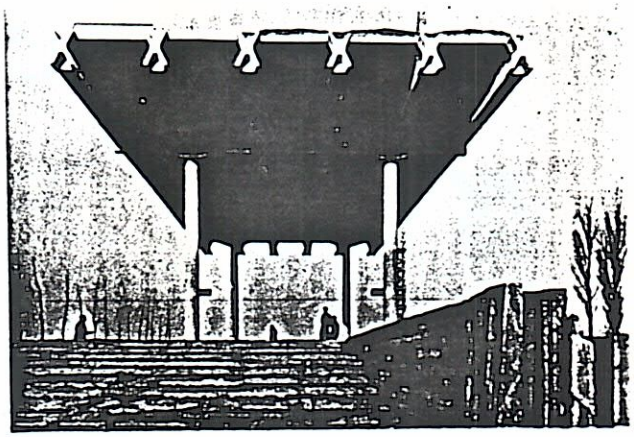
2 . CHIESA DI BARANZATE

Il tema era quello di coprire una superficie rettangolare con una struttura leggera, che poteva essere ripetitiva e realizzabile da piccole imprese artigiane: doveva costituire, nello spirito del Donatore, una specie di prototipo.
L'idea più semplice era quella di porre le travi secondarie secondo il lato maggiore e quelle principali trasversalmente.
Convinto che l'economia della struttura sarebbe stata quella di travi con momento flettente in mezzaria uguale, in valore assoluto, a quello sull'appoggio, per un rettangolo di m. 14,35 x 28,60 le travi sono risultate così dimensionate quelle secondarie a conci prefabbricati: luce centrale di m. 16,80 e sbalzi laterali di m. 5,90 e per quelle principali gettate in opera: rispettivamente m.8,25 e sbalzi di m. 3,05.
La posizione dei pilastri, di forma tronco conica, veniva così ben determinata.
Le travi secondarie, in numero di sei, sono intervallate di m. 2,75 e la copertura è completata da tegoloni nervati prefabbricati.
Per i colleghi più giovani vorrei segnalare due accorgimenti che ritengo abbastanza interessanti
1. Mi era stato consigliato di non far terminare gli elementi prefabbricati in piano ma di fare alla estremità delle costole due scanalature a sezione circolare che riempite di buova malta avrebbero creato una sezione, resistente,

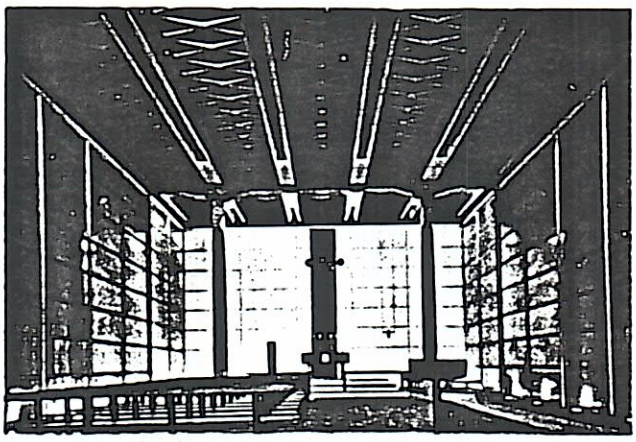




4



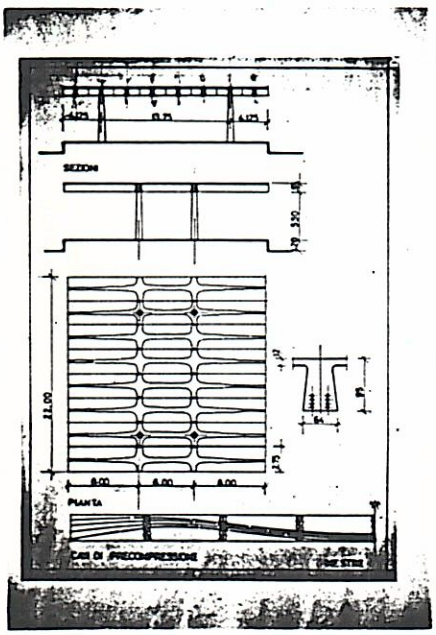
5



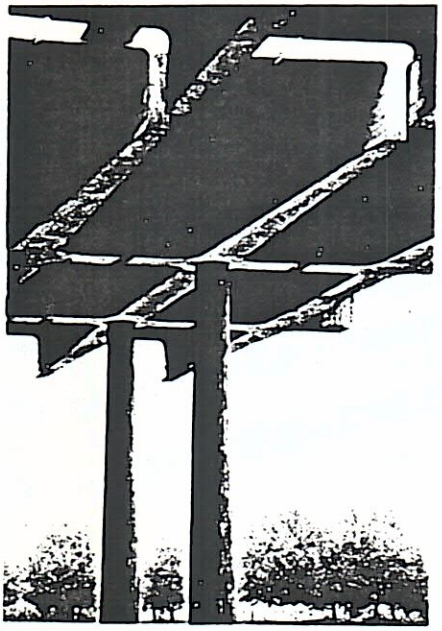
6

3 . DEPOSITO BIRRA PORETTI A MESTRE

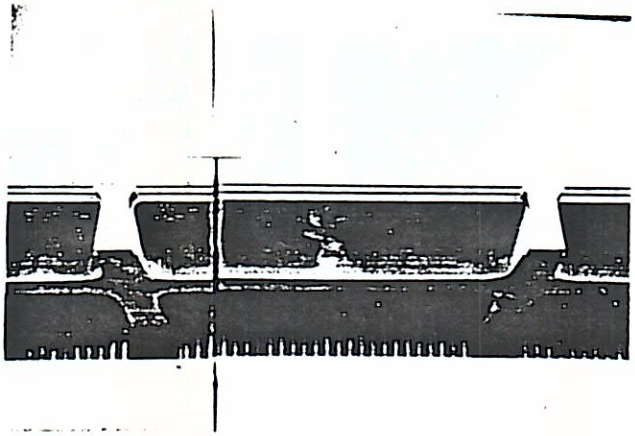
Il precedente lavoro, la copertura della chiesa di Baranzate, si articolava in tre elementi prefabbricati: tegolo di completamento - trave secondaria - trave principale.
Qui si sono riuniti in un unico prefabbricato le tre precedenti componenti: ne è risultato un elemento a pianta rettangolare di m. 22,00 x 2,75 e dell'altezza di m. 0,95 che teneva incorporato soletta di copertura, travi secondarie e conci di trave principale.
I conci prefabbricati sono stati posti in opera su una armatura provvisoria costruita sui due allineamenti dei pilastri, quindi, dopo aver infilato i cavi di precompressione, si sono sigillati i conci e si è infine proceduto alla temporanea tesatura dei cavi nelle due travi principali.
Una coppia di pilastri è stata solidarizzata con le travi principali mediante robusti pluviali di acciaio del Ø 100, mentre l'altra coppia è stata resa completamente indipendente dalla copertura mediante appoggi di gomma al neoprene.



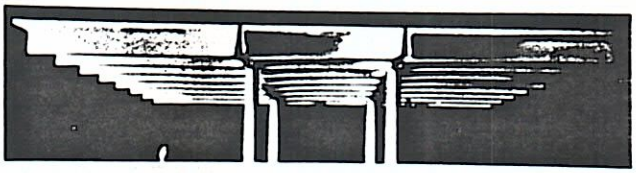
Architetto: A.Mangiarotti



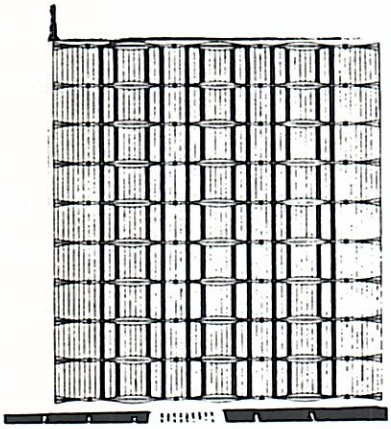
11



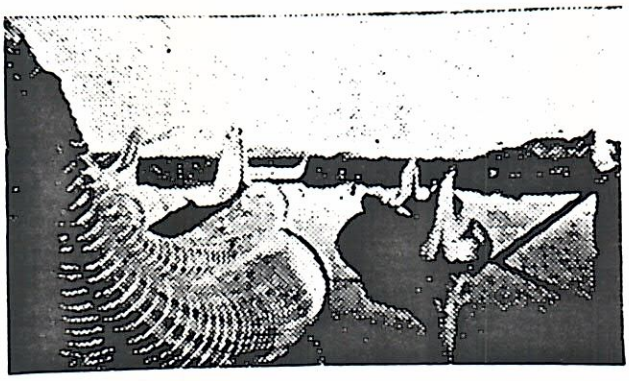
12



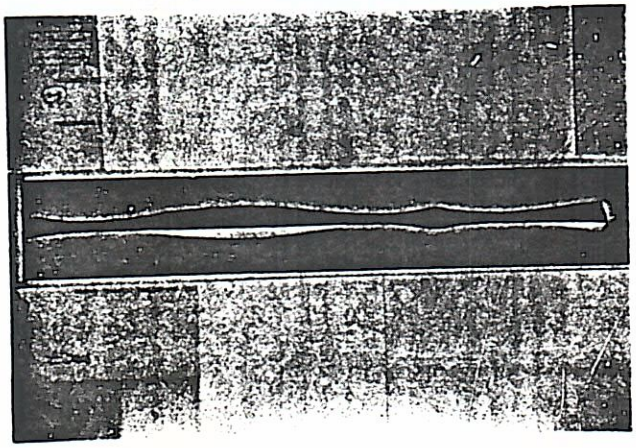
13



15



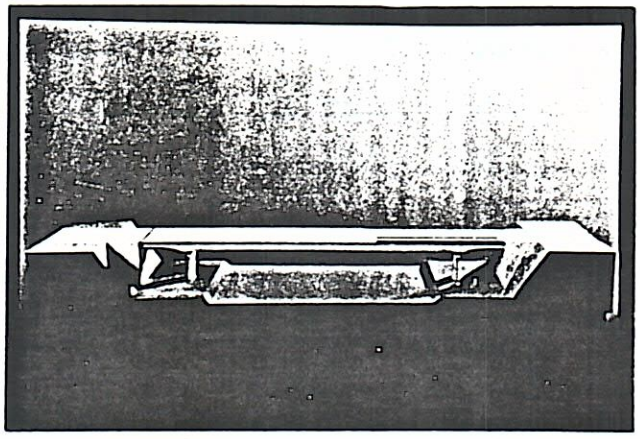
16



17

mi di calcestruzzo dello spessore di cm. 20, sempre prefabbricati, e posti tra un concio e l'altro.
Lo spazio per il getto di completamento tra gli elementi era di cm. 7,5.
La sezione del ponte risultava cellulare cava a forma lenticolare, con una volta sottile inferiore curva a direttrice parabolica.
Le pile erano a forma ellittica, costituite da elementi cavi prefabbricati e tenuti in situ da un getto di calcestruzzo e da cavi di precompressione ancorati nella fondazione.
E' questa una soluzione, guidata dalla volontà di estendere il più possibile la prefabbricazione totale ad una struttura abbastanza impegnativa; una strada sicuramente ardua ma passibile di nuovi sviluppi.
Anche questa struttura è ancora in attesa di realizzazione, e forse lo sarà per tanti anni ancora!

(21)



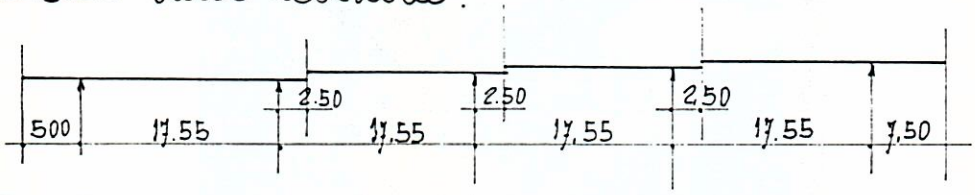
(18)

6 . FABBRICATO INDUSTRIALE A TREZZANO SUL NAVIGLIO

Il fabbricato realizzato a Trezzano sul Naviglio era destinato a deposito dei prodotti di una catena di supermercati. (22)

La struttura era costituita da pilastri in c.a. gettati in opera disposti secondo una maglia quadrata di m. 17,55 x 17,55; su questi appoggiavano le travi ed i copponi di copertura prefabbricati e precompressi. (23)

La particolarità della struttura consiste nell'aver adottato una sequenza di travi staticamente determinata dove ogni trave a meno di uno sbalzo, (24)
sosteneva la trave successiva, come indicato nella figura della relazione:

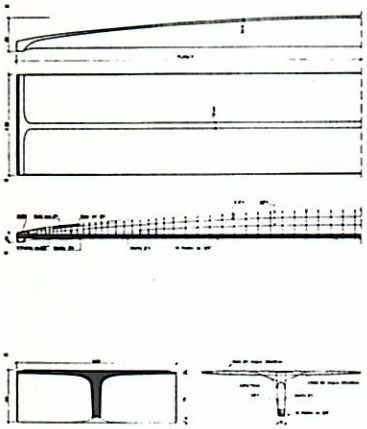


I pilastri erano collegati alle travi mediante due coppie di tiranti di acciaio per permettere il montaggio dissimmetrico della struttura.

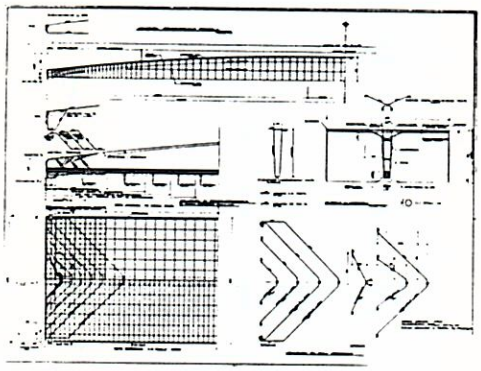
Le travi appoggiavano sui pilastri tramite una lastra di piombo di 3 mm. mentre un cuscinetto di neoprene di 12 mm. è stato interposto tra le travi negli appoggia seggiola.

Sopra le travi di copertura sono stati appoggiati i copponi parabolici prefabbricati e precompressi tramite uno strato di derbigum da 3 mm. (25)

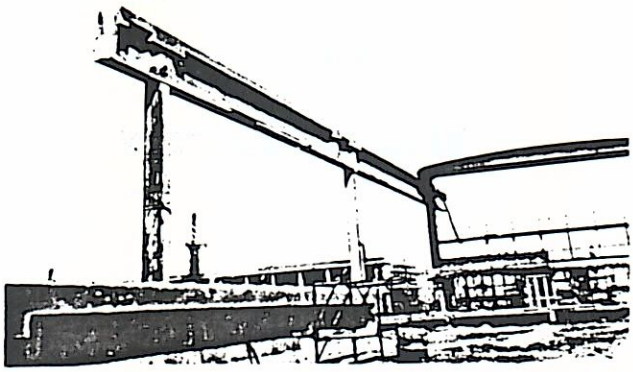
Il coppone ha una sezione a "T" ed è costituito da una volta sottile a direttrice parabolica con costolatura irrigidente. Da notare nell'armatura la disposizione dei ferri a 45° incorrispondenza degli appoggi. (26) (27) → (30)



25



26



27

7 . NUOVO CENTRO OPERATIVO F.LLI GONDRAND A PIOLTELLO (MILANO)

(31)

L'arco, inteso fino ad oggi come un elemento strutturale ben definito, condannato ad essere relegato con tutte le sue variazioni in un manuale di scienza delle costruzioni, è uno dei temi più difficili da inserire in una moderna architettura strutturale dove il progresso scientifico e tecnologico spingono sempre più i progettisti alla ricerca di soluzioni nuove, a volte spettacolari, ma spesso in contrasto con un chiaro senso costruttivo e quindi con l'economia.

(32)

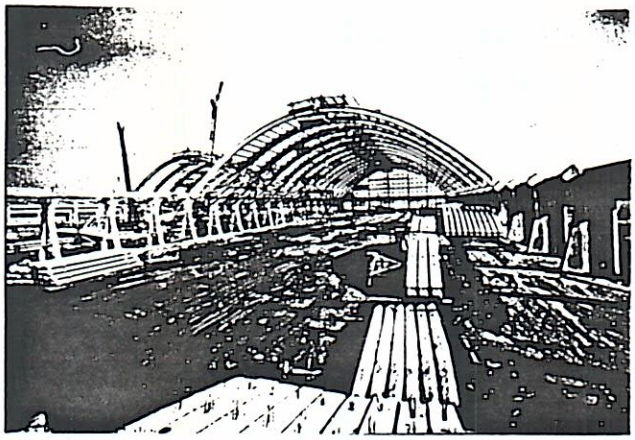
La costruzione che presento è stata progettata con queste premesse fondamentali:
ricerca di una soluzione basata sull'impiego della "prefabbricazione" intesa come mezzo di progressione costante dal punto di vista costruttivo al fine di permettere i lavori man mano che procedevano i montaggi delle grosse strutture senza l'ausilio di costose o ingombranti opere provvisionali, e realizzare una costruzione per la quale la parola "architettura" continuasse a sussistere nel suo significato più ampio.

Ci sono riuscito?

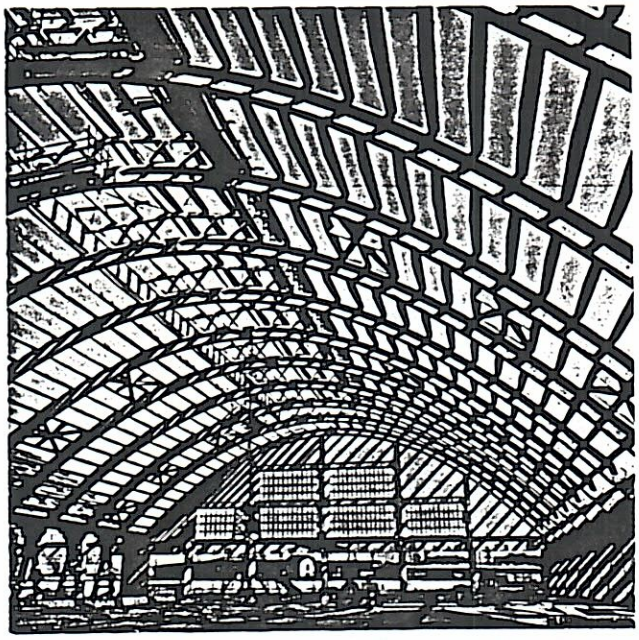
L'edificio copre una superficie di 21.000 mq. , ha una lunghezza di 188,80 m. ed una larghezza di m. 92,50 con sbalzi su tre lati; a meno delle fondazioni e dei piloni esterni è tutto prefabbricato.

(33)

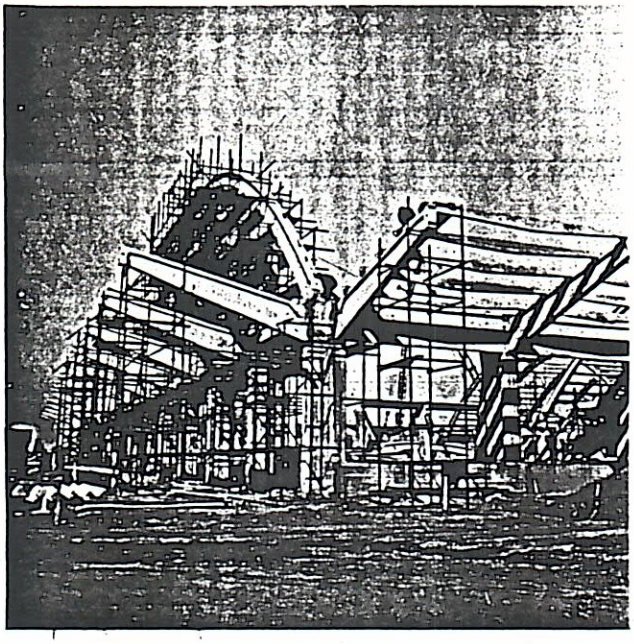
La copertura è costituita da due serie di archi parabolici accoppiati, della luce di metri 45 cia



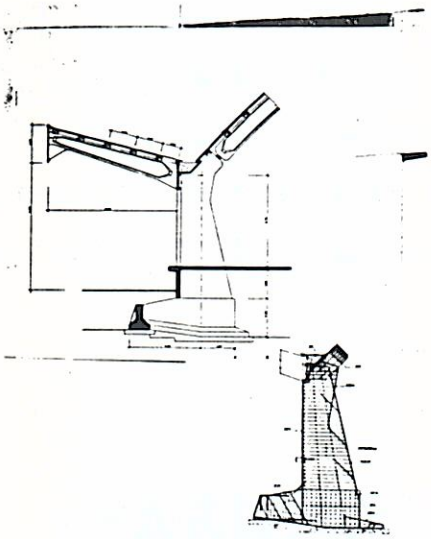
31



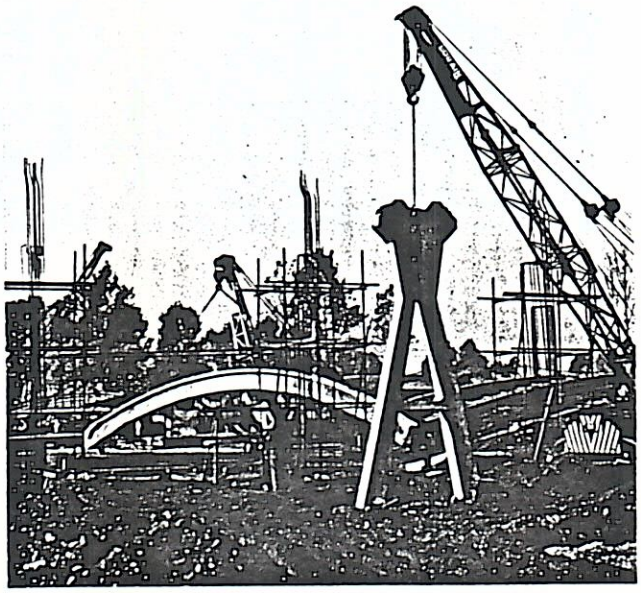
32



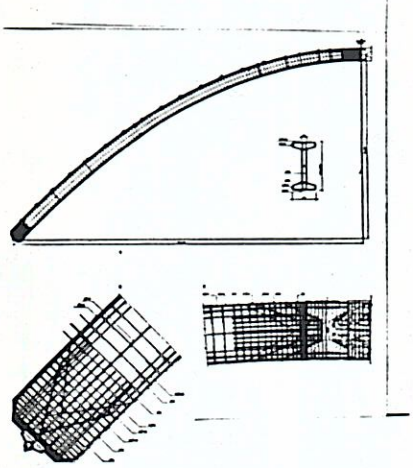
34



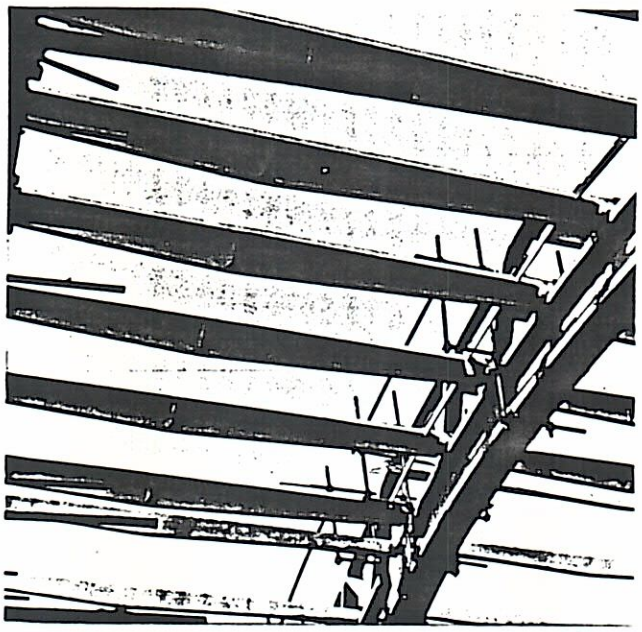
35



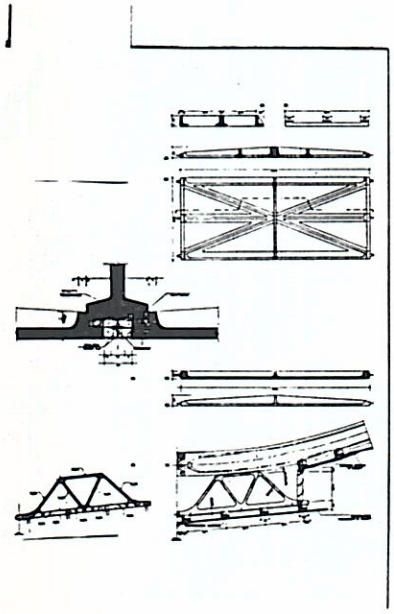
36



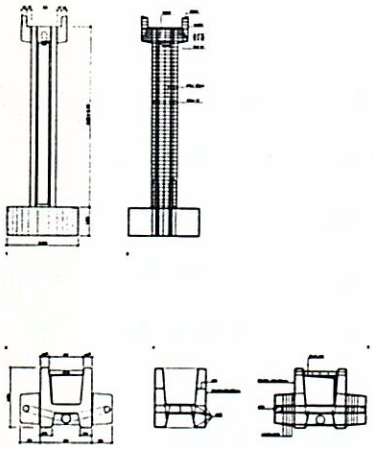
40



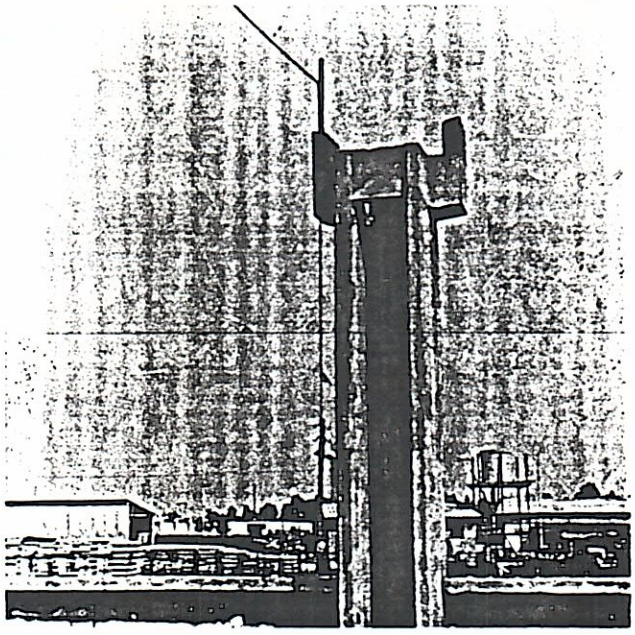
41



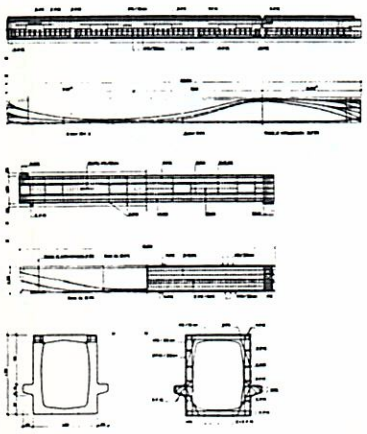
42



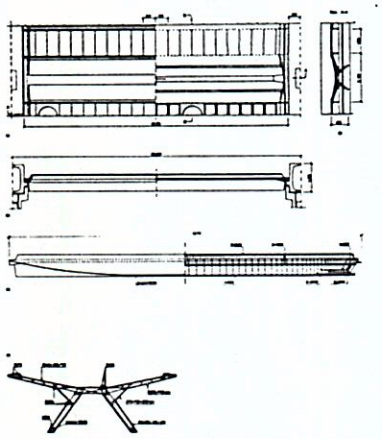
44



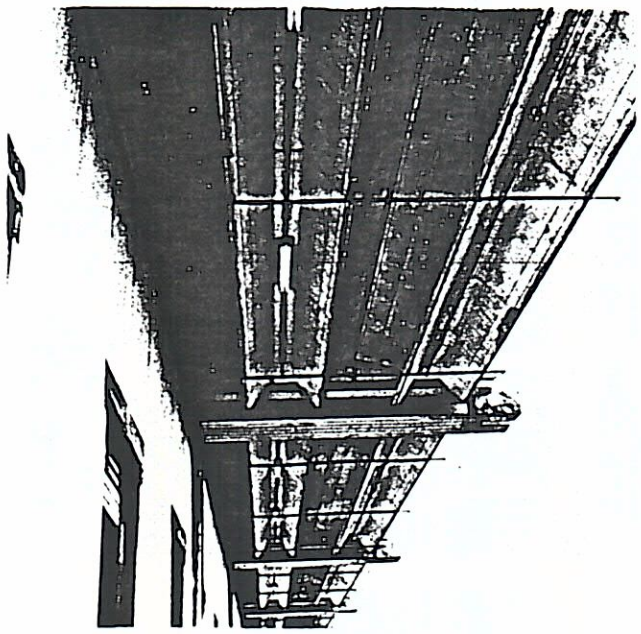
45



46



50



51

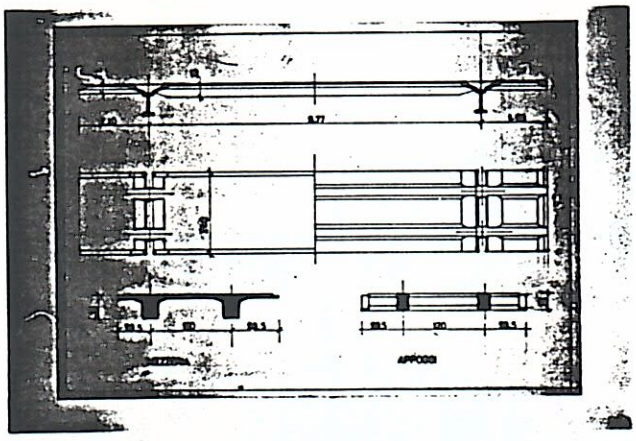
9 . I.B.M. CENTRO ISTRUZIONE DI NOVEDRATE
PREMIO C.E.C.M. 1975

55

La struttura dell'edificio è essenzialmente in acciaio, ad eccezione delle torri, delle scale e dei solai delle aule.
Questi ultimi sono di tipo misto con ossatura portante in acciaio ed impalcato in elementi di c.a. prefabbricato e precompressi a cavi aderenti.
Poichè l'unione di elementi in c.a. a strutture di ferro rappresenta sempre un problema delicato i punti di contatto fra le due strutture sono stati studiati con particolare cura.
Gli elementi prefabbricati di solaio in c.a.p. hanno una particolare svasatura a "V" in corrispondenza dell'ala superiore della trave di ferro in modo che i "pioli" connettori che fuoriescono dalla trave possano collegarsi alla struttura di c.a.p. con un getto di completamento, getto eseguito contemporaneamente alla solettina superiore di 5 cm.

55a

55b



55

10 . STABILIMENTO POLENGHI LOMBARDO DI LODI

Copre una superficie di 32.000 mq. su una maglia di m. 24 x 16 con altezza sotto la trave principale di m. 7,50. (56)

La struttura è costituita da tre elementi chiaramente definiti nella loro funzione statica e prefabbricati a piè d'opera: (57)

pilastri, travi principali e copponi di copertura intervallati da lastrine anch'esse prefabbricate. (58)

I pilastri hanno una sezione di cm. 60 x 70, si allargano in sommità per formare un capitello trapezoidale atto a ricevere la travi principali ed hanno incorporati i pluviali. (59)

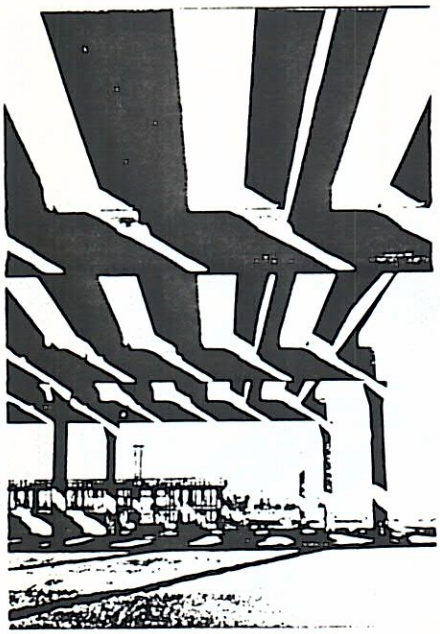
Questi ultimi si raccordano in corrispondenza dei capitelli con tubi Dalmine quadri fuoriuscenti dai pilastri per tutta l'altezza delle travi per assicurare a queste ultime una stabilità laterale durante la loro posa e quella dei copponi.

Sulla sommità dei pilastri laterali due coppie di tiranti di acciaio assicurano le travi esterne principali contro il ribaltamento.

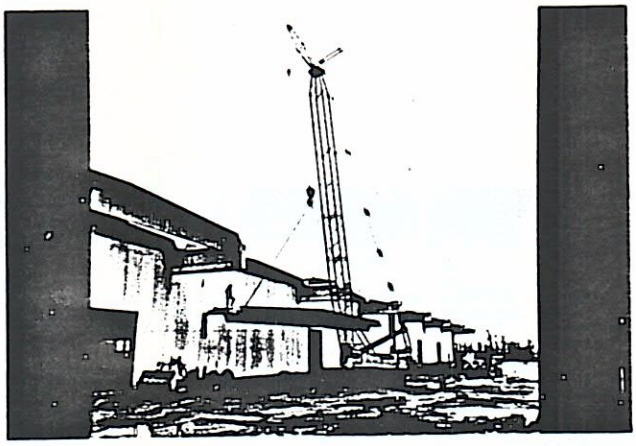
Le travi principali, dell'altezza di m. 1,75, sono di due tipi: quelle centrali della luce di metri 16,00 e quelle di estremità della stessa luce con uno sbalzo di m. 6,75.

Lo sbalzo, gettato separato dalla trave, è stato assemblato a terra mediante cavi di precompressione e poi il tutto posto in opera. (60) (61)

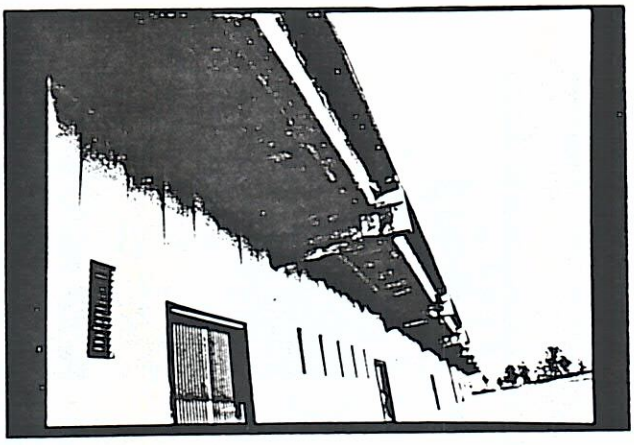
Le travi secondarie, della lunghezza di m. 24,00, sono degli elementi a "Y" dell'altezza variabile da m. 1,50 in mezzaria a m. 1,12 agli appoggi. (62)



59



60



61

11. SERBATOIO SOPRAELEVATO DI CABRAS (SARDEGNA)

(63)

Si tratta di un serbatoio sopraelevato della capacità di 3000 mc. edificato nel Comune di Cabras, con un battente di acqua di m. 7,00 di altezza e quota superiore di sfioro a m. 45,50 dal piano di campagna.

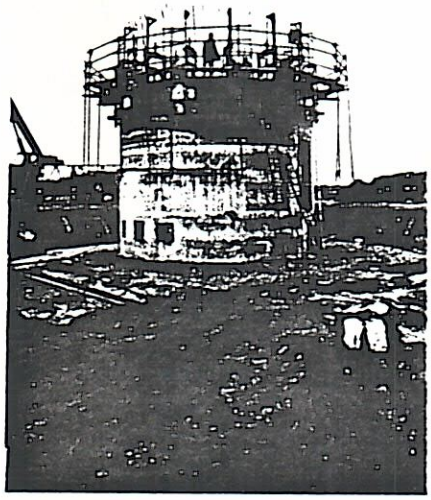
Il serbatoio è stato realizzato in cls di cemento armato normale gettato in opera, con elementi prefabbricati quali le scale, le coppelle di sostegno dell'intradosso della vasca, i pannelli di coronamento del bordo superiore, le travi precompresse e prefabbricate poste a sostegno dei tegoloni di copertura.

Il serbatoio ha un diametro esterno di m. 32,82 ed una altezza totale dal piano di fondazione al camino di m. 51,25.

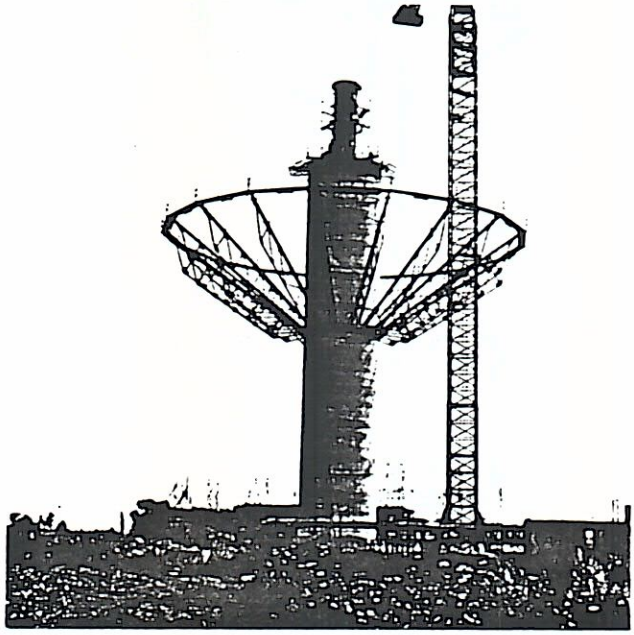
(64)

Il problema che il sottoscritto si era posto era quello di non creare soluzioni di continuità tra il fondo vasca (dell' altezza di cm. 75), il fusto (dello spessore di cm. 55) e l'innesto della parte tronco conica della vasca (cm. 45) proprio là dove le tensioni nel cls risultavano maggiori. E ancora, risultando troppo oneroso il sollevamento della vasca edificata a terra (circa 1500 tonn.), si è preferito sollevare un "cesto" costituente armatura provvisoria del peso di sole 20 tonnellate.

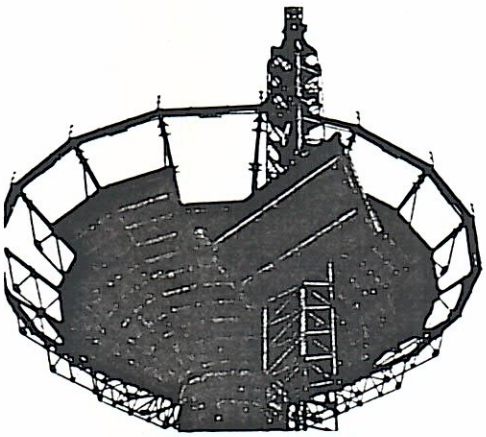
Il nodo (fondo vasca - fusto - parete tronco conica) è stato gettato in due tempi per permettere il sollevamento dell'armatura provvisoria, il suo ancoraggio al camino ed il getto della vasca



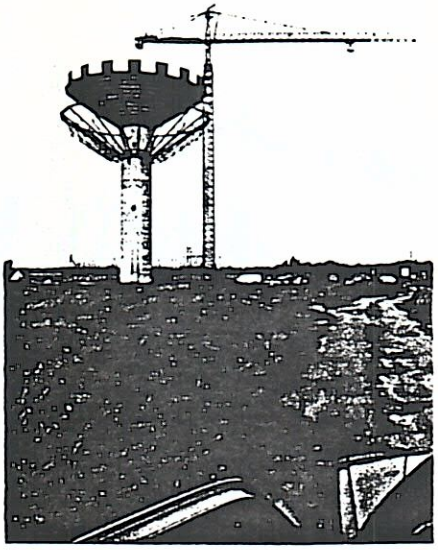
65



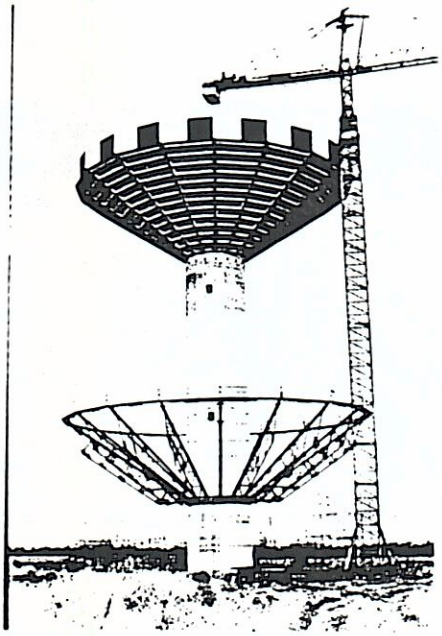
66



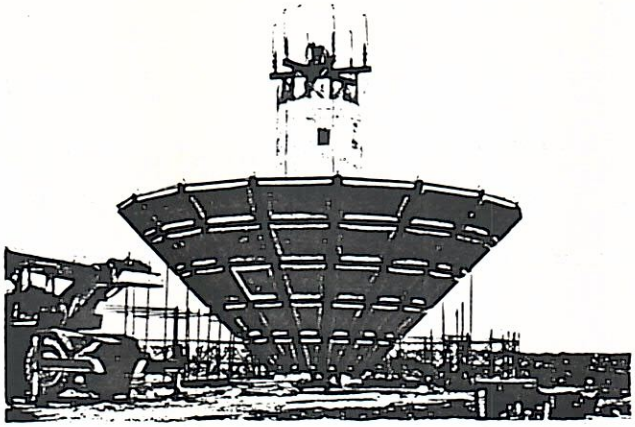
67



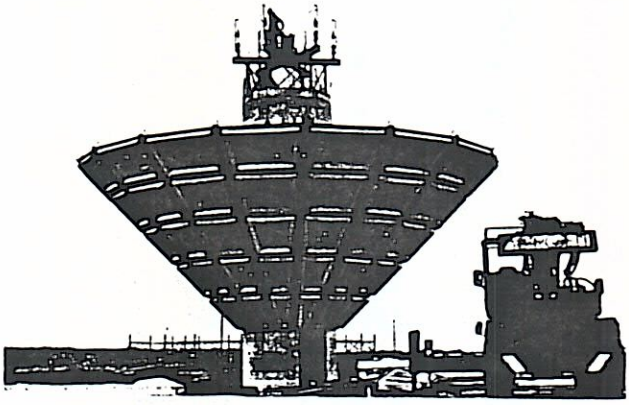
70



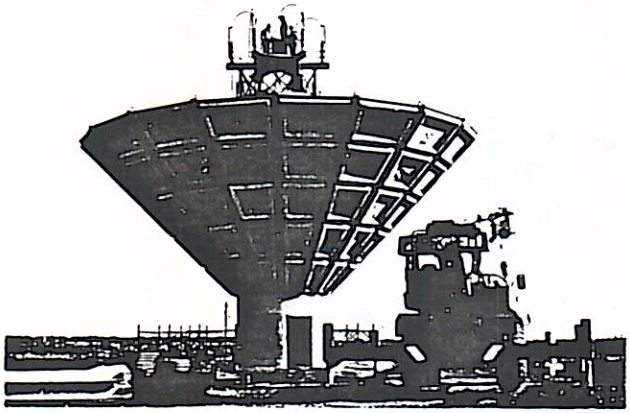
71



74



75



76