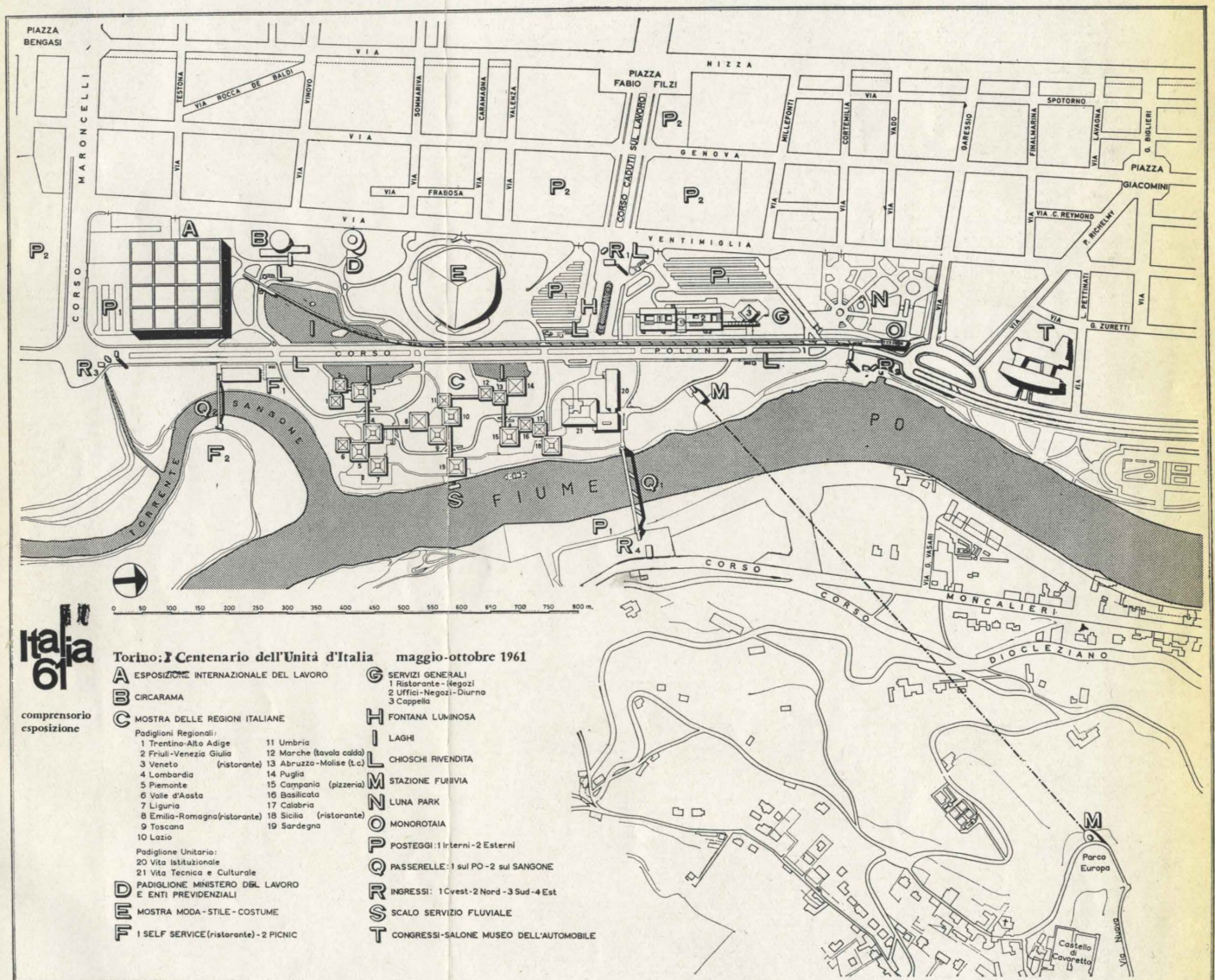


RASSEGNA TECNICA

La "Rassegna tecnica", vuole essere una libera tribuna di idee e, se del caso, saranno graditi chiarimenti in contraddittorio; pertanto le opinioni ed i giudizi espressi negli articoli e nelle rubriche fisse non impegnano in alcun modo la Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino

DOCUMENTI SULLE GRANDI STRUTTURE PER LE ESPOSIZIONI IN CORSO UNITÀ D'ITALIA

Il presente fascicolo contiene scritti di Nervi, Rigotti, Levi, Renacco e Bertolotti (da pag. 161 a pag. 222) ed è dedicato alla documentazione delle caratteristiche strutturali ed architettoniche di alcuni edifici realizzati in Torino per la celebrazione del Primo Centenario dell'Unità d'Italia.



Torino, 10 luglio 1961

La Società degli Ingegneri e degli Architetti di Torino, in occasione della Celebrazione del Primo Centenario dell'Unità d'Italia ha voluto portare il suo valido contributo sia sul piano tecnico che sul piano organizzativo alle Esposizioni e Mostre del '61.

Di questo contributo sono una preziosa documentazione le conferenze tenute dagli Ingegneri e Architetti sugli aspetti strutturali architettonici e organizzativi, ad iniziativa del Presidente della Società, Ing. Mario Catella, a cui va in particolare il ringraziamento del Comitato « Italia '61 ».

Nervi, Rigotti, Levi, Renacco, Bertolotti, hanno con le loro dotte, documentate e brillanti conversazioni, illustrato ai colleghi ed al pubblico quale è stato lo scopo creativo, le difficoltà tecniche da superare, nonché le esigenze estetiche e organizzative con cui ci si



è dovuto confrontare per realizzare quel complesso di opere, di sistemazioni e di mezzi di comunicazione che sono oggi vanto di quanti vi hanno collaborato e oggetto di ammirazione da parte degli ospiti di « Italia '61 » e di Torino.

Il documento che viene qui presentato, in degnissima veste, contiene dette conferenze svoltesi in Torino nel corso dei mesi di Maggio e Giugno 1961.

È un documento che offre al lettore una visione completa di ciò che è stata la programmazione e l'esecuzione delle Esposizioni e Mostre del 1961.

Nella sua serena obiettività e precisione è la prova più evidente della serietà con cui il lavoro per le Celebrazioni è stato concepito e svolto, e oserei dire che il documento rappresenta la risposta più autorevole a quanti, magari con spirito non sempre benevolo, hanno parlato, scritto, discusso di quanto è stato fatto a Torino.

È una risposta piena e convincente.

È una testimonianza inequivoca che quanti lavorarono per la Celebrazione del Centenario hanno non solo fatto scrupolosamente il loro dovere, ma meritano l'ammirazione e la stima dell'Italia la quale nell'occasione del suo Centenario è stata ancora una volta onorata dall'ingegno e dal lavoro dei suoi figli migliori.

ENZO GIACCHERO
Segretario Generale



Architettura strutturale con riferimento al Palazzo del Lavoro

PIER LUIGI NERVI puntualizza i principi dell'architettura strutturale e porta quale esempio il Palazzo del Lavoro da lui costruito a Torino tenendo conto nella sua progettazione essenzialmente dei parametri « tempo disponibile » e « superficie coperta ».

Sono molto lieto di trovarmi tra voi e potervi parlare dei miei lavori; e ringrazio vivamente il vostro Presidente per avermene dato il modo.

Vorrei anche con l'occasione esaminare brevemente un argomento che mi sembra sia di una particolare attualità, e cioè il tentativo di precisare che cosa si debba intendere per Architettura Strutturale, e quali caratteristiche possano individuarla nel vastissimo e multiforme campo dell'Architettura.

Giova al riguardo un'osservazione molto semplice, e tanto più facile per i colleghi che hanno la mia età e che durante la loro vita, hanno visto crescere enormemente la dimensione di tutti i problemi costruttivi. All'aumento delle dimensioni corrisponde un progressivo aumento dei sistemi resistenti che ad un certo momento assumono una tale importanza da diventare un qualche cosa di autonomo capace di determinare l'aspetto visivo di tutta l'opera, ossia diventano anche formalmente un fatto architettonico.

Se si considera il passato è facile osservare che escluso il periodo gotico e più precisamente le grandi cattedrali, l'organismo strutturale è stato quasi sempre unito alla funzione protettiva verso l'esterno o di compartimentazione interna. In tutte le opere murarie è difficile separare la funzione portante dei muri (fatto struttura) e da quella generale di definizione e chiusura degli spazi interni.

Non solo; si può anche osservare che le strutture murarie, non danno il più delle volte, nemmeno la possibilità di valutare o sentire i loro spessori e la loro interna struttura.

Chi osservi il Pantheon dall'e-

sterno o dall'interno non ha modo di valutare e apprezzare le raffinatezze di variazioni di spessori della cupola o delle pareti, o le previdenze costruttive che hanno permesso la realizzazione di un simile capolavoro tecnico.

Nè a prima vista le pareti trasversali degli schemi basilicali della Basilica di Massenzio, o delle grandi chiese rinascimentali svelano e fanno apprezzare all'osservatore, la loro essenziale funzione strutturale, diretta ad equilibrare la spinta della grande navata centrale.

Quando invece si passa alle costruzioni gotiche, la chiarezza strutturale diventa preminente e base di ogni elemento architettonico tanto all'esterno quanto all'interno. Non vorrei dilungarmi; ma è facile vedere, per esempio, che l'arco rampante, così come è realizzato, è di una strutturalità statica anche se esaminata a distanza di secoli. Se volessimo, usando solo delle pietre, trovare la soluzione migliore per trasmettere una spinta orizzontale e nello stesso tempo per sostenere il peso proprio dell'elemento che trasmette tale spinta, non potremmo creare qualcosa di diverso da ciò. Quindi è logico pensare che queste soluzioni siano nate proprio dal costruire; si potrebbe quasi dire che gli architetti di quel tempo abbiano capito la bellezza della soluzione puramente costruttiva e abbiamo cercato di sfruttarla al massimo possibile.

Ora da questo semplice, rapidissimo e sommario confronto fra alcune grandi costruzioni del passato, e da molte altre considerazioni che ometto per brevità mi pare che si possa concludere che una delle caratteristiche dell'architettura strutturale sia quella di impostare un importante problema statico e di risolverlo

formalmente in modo che diventi chiaro e comprensibile. Dovrebbe dunque essere lecito mettere alla base dell'architettura strutturale proprio questo concetto di « necessità », del problema statico e della chiara ed intuitibile evidenza del sistema costruttivo che lo risolve.

Un'altra caratteristica che mi pare assolutamente fondamentale è la dichiarata evidenza del materiale con il quale la struttura è realizzata. Questa dovrebbe essere, starei per dire, l'esaltazione delle possibilità di un materiale a resistere a degli sforzi. Il materiale si deve quindi vedere: la pietra, dev'essere pietra, i mattoni devono essere mattoni, il ferro, ferro, e il cemento armato, cemento armato. Il cemento armato, poi, non dovrebbe essere coperto da intonaco. Questa tecnica si è affinata solo da pochi decenni perchè non è nè semplice nè facile creare un cemento armato puro e semplice, che nasca così, dal primo momento. Mi pare che questa sia però una condizione assolutamente da rispettare.

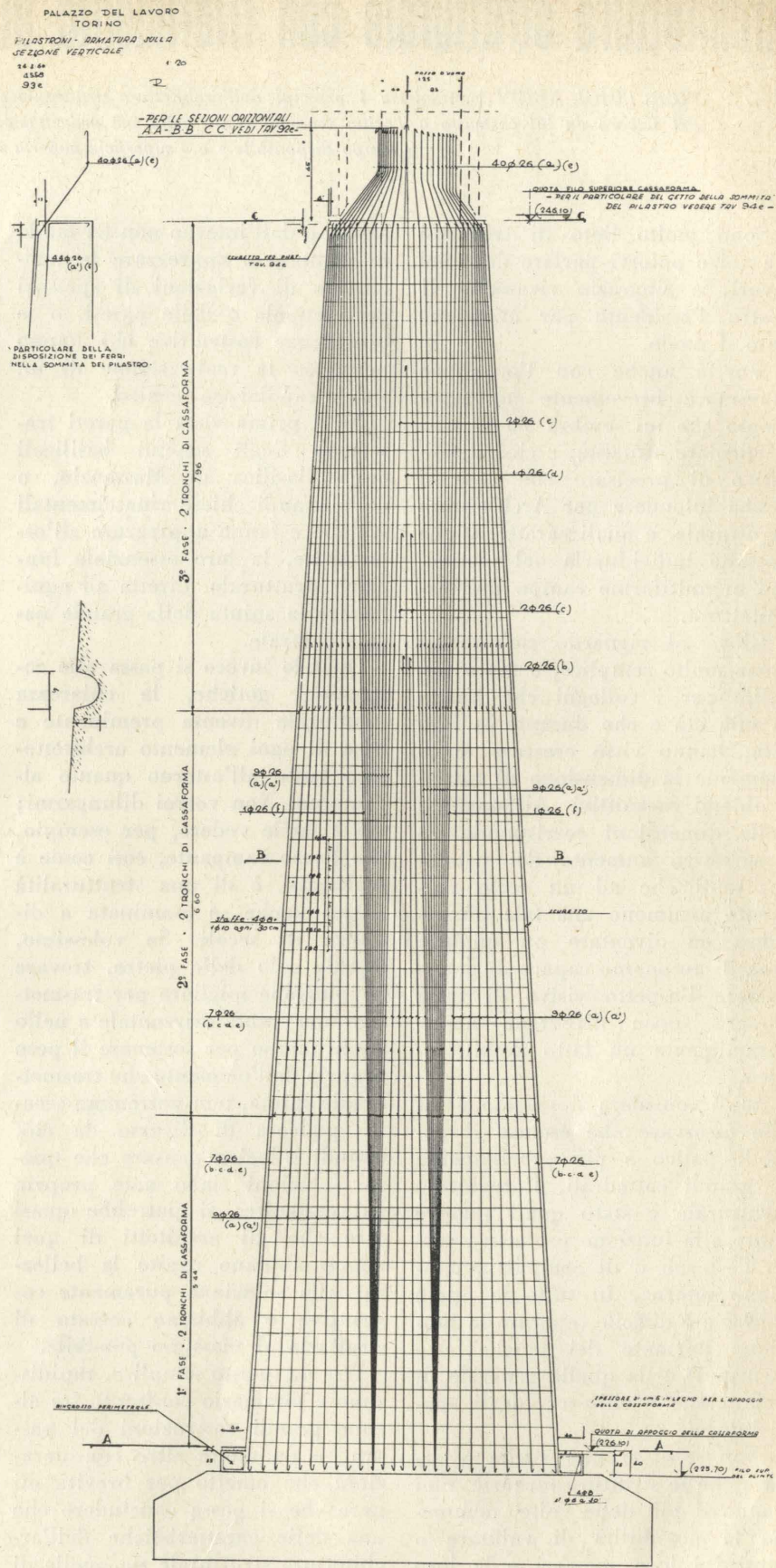
La necessità di un tema statico sembra evidente; le false strutture e le piccole strutture sono una caricatura. Il piccolo balcone, che copia le forme della grande struttura a sbalzo è, a mio modo di vedere, qualche cosa che pecca contro la serietà del fatto strutturale; perchè, è certo, che il fatto strutturale è sempre una cosa molto seria. Quando si ha da fare con grandi dimensioni, ossia si cerca la soluzione di un obiettivo e necessario tema statico costruttivo, si entra in un campo dove le libertà sono limitate, un campo dunque di cose molto serie. Si ha da fare con sollecitazioni molto importanti, con sforzi enormi, con fattori economici assai rilevanti, quindi con un complesso di cose

che obbligano a impostare problemi con i quali non si può scherzare. Perciò la piccola struttura è quasi sempre controproducente: a mio modo di vedere la piccola forma che ripete la forma della grande struttura deve essere evitata.

Ad ogni grande tema deve corrispondere una soluzione chiara e comprensibile; la comprensibilità è, a mio parere, fondamentale. Anche quelli che non sono né ingegneri, né architetti, hanno, chi più, chi meno, un senso statico; appunto questo senso statico dev'essere tranquillizzato e soddisfatto. Le acrobazie costruttive, escono dal serio campo dell'architettura strutturale.

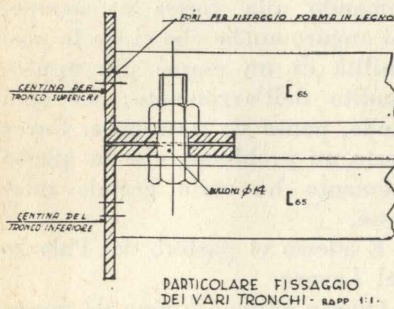
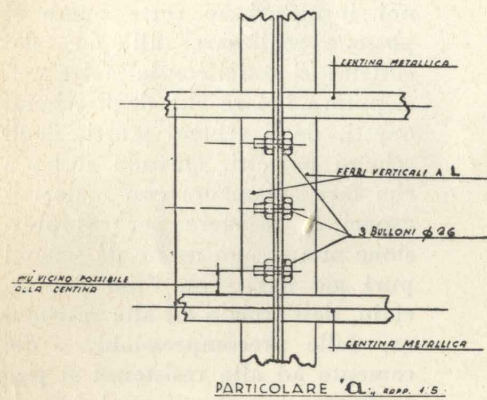
La manifestazione del materiale secondo le sue esatte caratteristiche e la dichiarazione del suo impiego sono anche cose molto importanti. Se si osservano le costruzioni gotiche, che per me sono fonte inesauribile di considerazioni e di saggezza, si vede che la pietra è sempre adoperata come tale, anche nei suoi aspetti decorativi: nulla è fatto contro le regole fondamentali del suo corretto impiego. La pietra chiede certe soluzioni; non siamo noi ad imporle. Così credo che il cemento armato e il ferro, debbano apparire dichiaratamente cemento armato o ferro nei loro più piccoli particolari. E poichè la caratteristica fondamentale del conglomerato cementizio è data dalla sua attitudine a prendere qualsiasi forma è facile osservare quale libertà formale ne derivi qualora nella definizione dei particolari e dell'insieme di una struttura si tenti di ubbidire alle istanze statiche e costruttive.

Se ne ricava una inesauribile fonte di forme nuove ed espressive. Per chiudere questa premessa che mi faceva particolare piacere esporvi vorrei osservare che prima o dopo si dovrebbe creare una specializzazione di architettura strutturale nelle facoltà di ingegneria o in quelle di architettura. Non saprei in quale delle due, perchè questa è veramente la materia che unisce in una sintesi indissolubile alcune caratteristiche



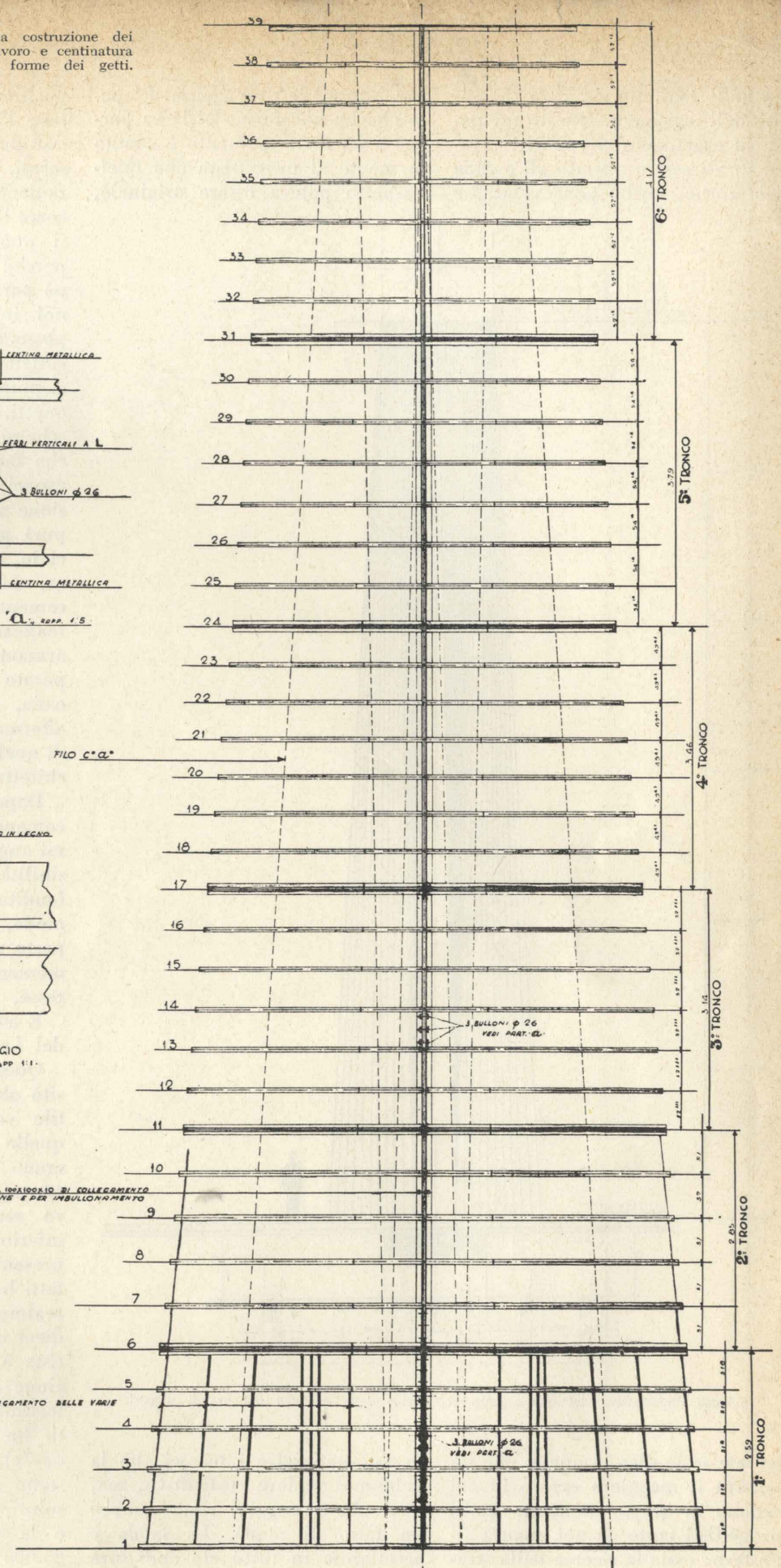
I grandi pilastri in cemento armato del Palazzo del Lavoro in Torino e le armature metalliche nella sezione verticale.

Predisposizioni organizzative fra la costruzione dei grandi pilastri nella Mostra del Lavoro e centinatura metallica per il montaggio delle forme dei getti.



N.B. I FERRI A L E I FERRI Ø 26 SONNO INDOTTI ALL'ATTO DEL MONTAGGIO DELLA FORMA DOPO AVER DISTANZIATE CON MASSIMA PRECISIONE LE RELATIVE CENTINE DI OGNI TRONCO.

FERRI Ø 26 DI COLLEGAMENTO DELLE VARIE CENTINE



sia dell'architetto sia altre specifiche dell'ingegnere. Questo mi pare un argomento che meriti veramente di essere portato all'ordine del giorno, anche per ovviare, e

vaganza per la stravaganza. L'opera che ha una forma bislacca perchè a un certo momento è venuto in mente al progettista che quell'aspetto poteva essere originale,

pochi anni, ma se ne deve evitare l'influenza nelle costruzioni destinate a durare decenni, se non secoli. Mi pare che questo sia veramente il pericolo massimo che corre l'architettura, nel quale oggi si può facilmente cadere anche perchè la tecnica è diventata troppo perfezionata. È colpa anche di noi ingegneri se certe opere si possono realizzare; all'epoca dei costruttori gotici con le pietre non si poteva ideare che degli schemi onesti, degli schemi giusti, degli schemi perfetti. Quando si ha a che fare solamente con materiali capaci di resistere per compressione non si può uscire da schemi puri ma oggi, con l'uso dell'acciaio, dell'acciaio ad alta resistenza, delle precompressioni, e del cemento ad alta resistenza si può realizzare ciò che si vuole. È un armamentario terribile, che adoperato male genera la stravaganza, ossia, e questo credo di poterlo affermare, veramente il contrario di quello che dovrebbe essere l'architettura.

Dopo questa premessa, che raccomando alla vostra attenzione, mi auguro anche che ci sia la possibilità di un esame più approfondito dell'argomento; ad ogni modo, penso sia stato utile, l'aver posto un problema, che in questo momento ha certo grande interesse.

E adesso vi parlerò del Palazzo del Lavoro.

Questo edificio è nato da necessità obiettive, con le quali è inutile voler discutere; e per me quelle sicuramente indiscutibili erano rappresentate dal fattore tempo. Il periodo nel quale dovevo realizzare il fabbricato era inferiore ad un anno; l'anno rappresentava il tempo massimo, e i fatti hanno dimostrato che furono realmente impiegati all'incirca dieci mesi. Ora quando il progettista è anche costruttore, (condizione che per me è stata la più fortunata della mia vita, in quanto ha determinato tutte le mie opere), le realtà obiettive acquistano il valore di imperativi assoluti. La brevità del tempo e la grandiosità dell'edificio di 25.000 metri quadrati coperti, ri-

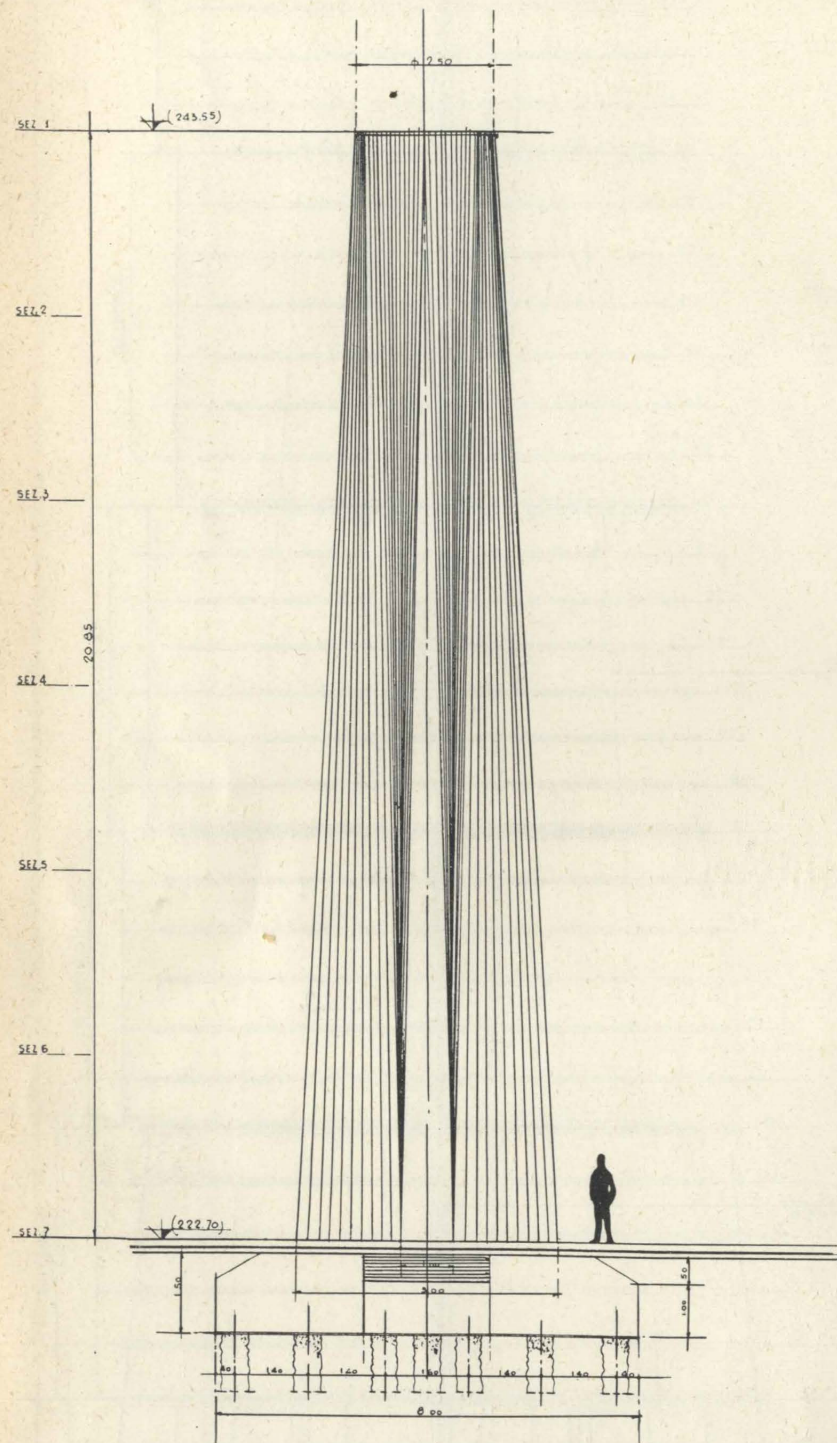
chiesti nel Bando dell'appalto-concorso, chiudevano qualunque strada che non fosse quella di uno schema, di una idea, di una trovata, che semplificasse il fatto costruttivo e lo rendesse fattibile in serie. Occorreva trovare il modo, ultimata una parte, di passare alle finiture, senza trovarsi al disarmo generale con moltissimo lavoro ancora da svolgere. Una cupola oppure una grande struttura di qualunque genere sarebbero state molto attraenti; mi stimolava moltissimo l'idea di fare qui a Torino, la più grande crociera del mondo; essa sarebbe stata anche realizzabile, ma ci voleva del tempo. Qualunque soluzione che imponesse di aspettare il disarmo per passare alle rifiniture restava assolutamente preclusa. Quindi, mentre dibattevamo in studio questo problema, ed eravamo sul punto di dire: « ringraziamo e non ne facciamo niente », uno dei miei figli, Antonio, disse: « Perchè non usiamo degli elementi isolati? » È bastata questa idea per sciogliere il dilemma, e dare avvio a una soluzione che poi i fatti hanno dimostrato efficiente.

Il secondo punto-chiave era come realizzare simili elementi. Dalla prima idea è nato dunque il concetto di poter affiancare tanti elementi isolati l'uno all'altro, invece di realizzare una unica grande copertura, e la conseguente possibilità di costruirli con ordinata progressività, di modo che, finito un certo numero di essi, si potesse addirittura gettare il solaio perimetrale, e incominciare a collocare le vetrate. E in verità gran parte di questo programma progressivo fu realizzato.

Il terzo punto si poteva così formulare: come fare l'ombrello? E vi debbo dire che il primo studio fu rivolto al cemento armato, se non altro per un'abitudine mentale dalla quale è difficile togliersi. Vi dirò anche che la soluzione in cemento armato aveva la stessa struttura che ha poi avuto quella di ferro, senonchè con essa si ritornava alla questione dei tempi, nel nostro caso inaccettabili. Infatti bisognava aspet-

tare di aver finito i pilastri per incominciare a montare il cemento armato della copertura; questo poi richiedeva tempo per il getto, per la stagionatura, con pericolo di ritardo per periodi di

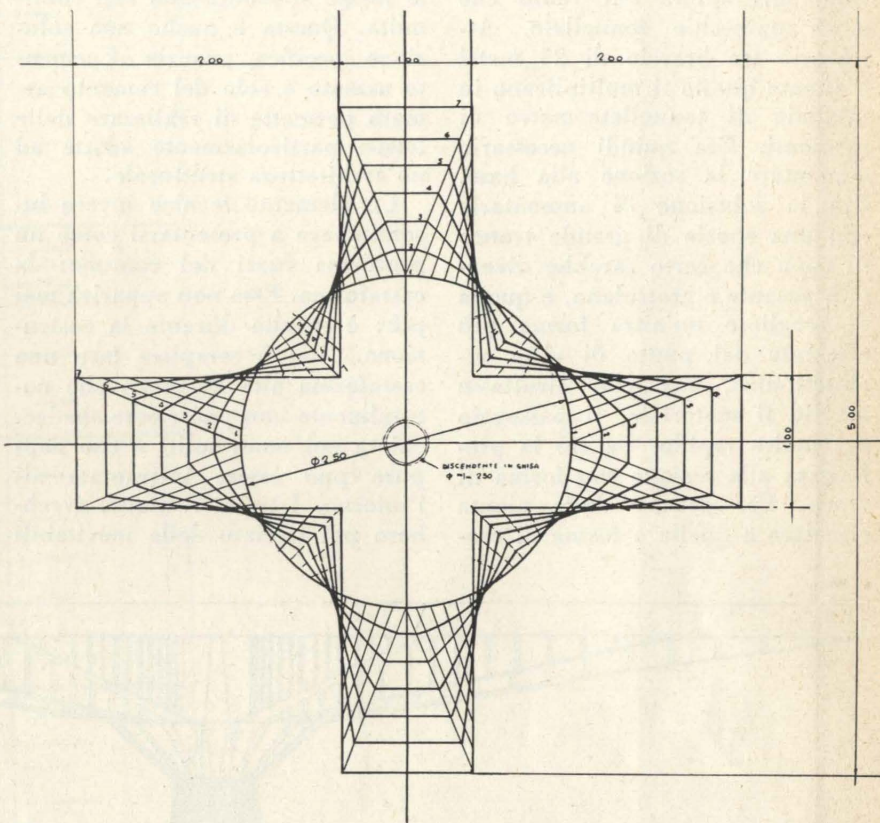
Ho interpellato sull'argomento l'Ing. Covre, (che ha studiato e definito il progetto esecutivo della struttura in ferro) che mi rassicurò: « Senz'altro, — mi disse, — ciò si può far benissimo; le di-



Schema dimostrativo del tracciamento geometrico delle superfici dei grandi pilastri.

scusate se lo dico, a quello che mi sembra il maggiore errore in cui cadono in questo momento molti progettisti tanto da noi quanto all'estero: ossia la ricerca della stra-

fa poi impazzire i tecnici che la debbono rendere costruttiva, ma, quel che è peggio, resta sempre un fatto di moda. La moda è accettabile in tutto ciò che dura



Schema dimostrativo del tracciamento geometrico delle superfici cementizie dei grandi pilastri.

tempo cattivo. Un'altra soluzione semplice e chiara per tutta l'opera è stata realizzata con la struttura in ferro; in tale modo si toglieva dal cantiere una quantità di lavoro che poteva essere contemporaneamente fatto in un altro ambiente. Da ciò la soluzione base, la divisione del grande spazio di copertura in un determinato numero di superfici autosufficienti, autoportanti e quindi autoeseguibili.

Si doveva poi risolvere lo schema architettonico delle raggiere nel capitellone; del passaggio cioè dalla colonna all'ombrello propriamente detto. Mi sembra che ciò sia riuscito abbastanza bene, malgrado che sia stato necessario operare il passaggio dal cemento armato al ferro, lasciando il più possibile intatto lo schema architettonico già deciso.

mensioni che hai disposto per il cemento armato, vanno bene anche per il ferro ». Ecco come il problema si è risolto. Era un problema che presentava delle difficoltà praticamente insolubili; invece esso si è sciolto ed è stato possibile presentare un'offerta per la costruzione e mantenere l'impegno poi assunto.

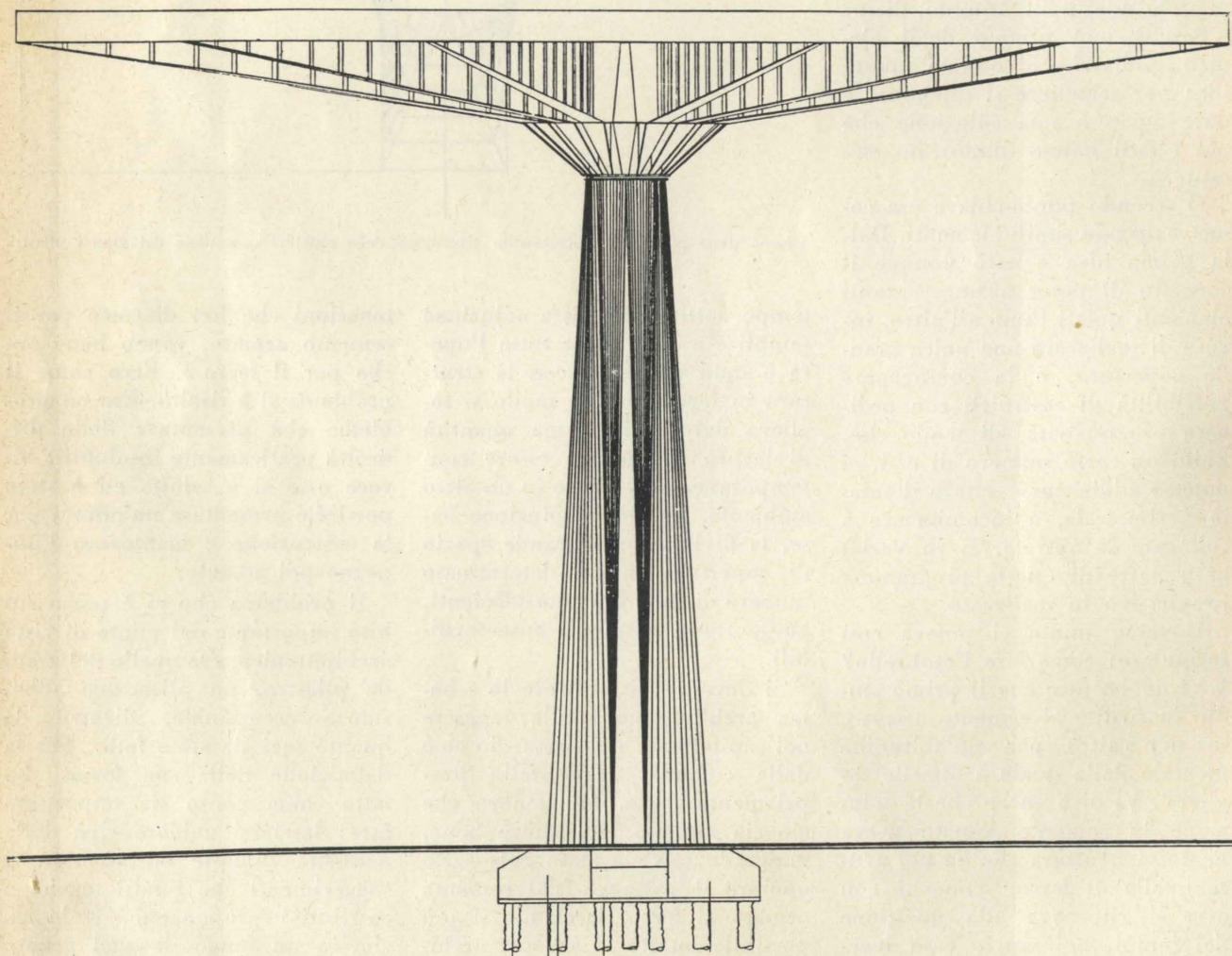
Il problema che ci è parso subito importante dal punto di vista architettonico, era quello del grande pilastro, un pilastro abbastanza eccezionale, diverso da quanto mai sia stato fatto. Per la definizione della sua forma, ho fatto come penso sia opportuno fare: lasciarsi guidare cioè dalle necessità imposte ed accettare i suggerimenti che i fatti tecnici e costruttivi propongono. È logico che in un fungo di quel genere non ci sia nessuna direzione pre-

ferenziale alla sommità del pilastro; quindi la forma circolare sembrava la più spontanea e la più opportuna. Quando si studia la base bisogna pensare che tutti i pilastri perimetrali ricevono una spinta dal vento che è di parecchie tonnellate. Attraverso un braccio di 25 metri d'altezza queste si moltiplicano in migliaia di tonnellate/metro di momenti. Era quindi necessario aumentare la sezione alla base. Fra la soluzione di aumentarla con una specie di grande tronco di cono che certo sarebbe diventato pesante e grossolano, e quella di scegliere un'altra forma più efficiente dal punto di vista architettonico, ma che sfruttasse meglio il materiale, il passaggio era molto rapido. Da ciò la preferenza alla sezione con forma di croce. Per passare dalla pianta circolare a quella a forma di cro-

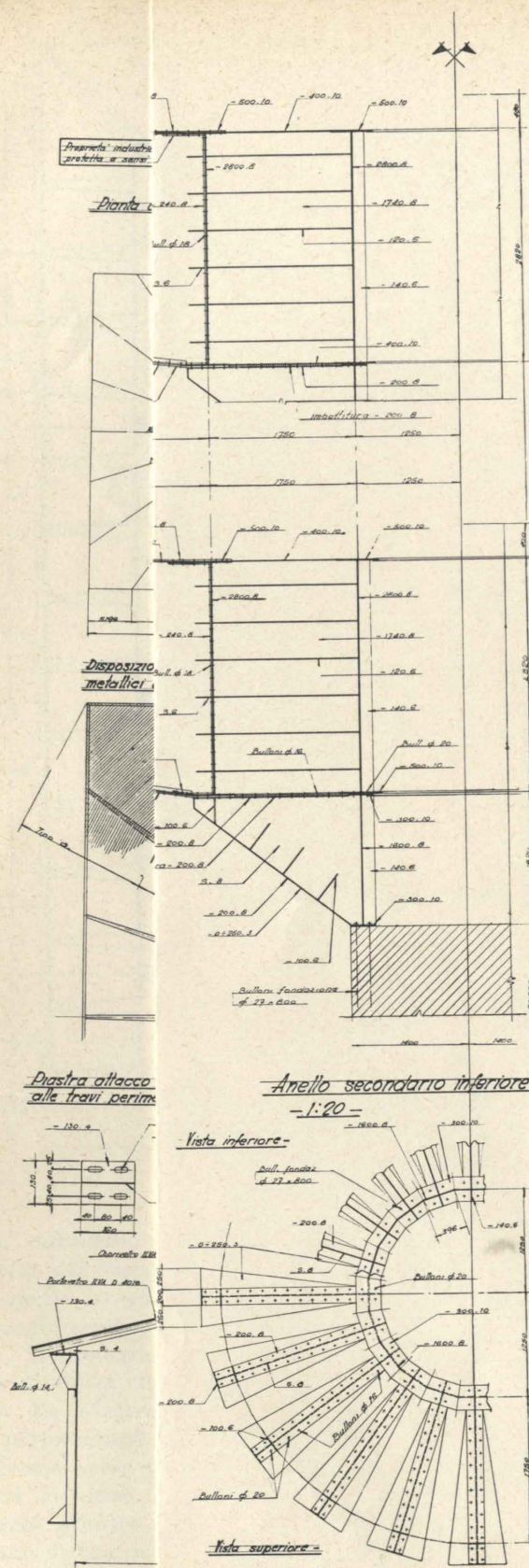
ce è sembrato opportuno creare una superficie geometrica rigata, come altre volte ebbi modo di sperimentare, con buoni risultati. In tal modo non c'è da temere di ottenere un aspetto sgradevole: le forme si modificano con continuità. Questa è anche una soluzione specifica, propria al cemento armato e solo del cemento armato permette di realizzare delle forme particolarmente adatte ad un'architettura strutturale.

Un elemento tecnico invece incominciava a presentarsi come un problema fuori del comune: la cassaforma. Essa non apparirà mai più: è sparita durante la costruzione. Non è semplice fare una cassaforma alta 20 metri che naturalmente non può essere sbadacchiata nei modi soliti e che neppure può essere intirantata all'interno. I tiranti, infatti, avrebbero poi lasciato delle inevitabili

sporgenze all'esterno; essa doveva essere autostabile. Autostabile e autocentrabile; doveva stare cioè a posto bene quando fosse montata. E ora entra in ballo il costruttore: ho già avuto occasione di fare delle casseforme di dimensioni più piccole con ossature esterne in profilati di ferro. Esse erano fatte bene, addirittura arcuate, perchè la spinta del conglomerato è molto potente come fanno tutti i costruttori. Realizzata perciò con criterio scientifico, questa cassaforma è stata forse uno dei fatti più tecnici di tutta l'opera; essa fu divisa in tronchi di peso tale che le gru potessero alzarli, e di volume tale che nella giornata si potesse gettare il volume corrispondente. Tra una ripresa di un tronco e l'altra abbiamo adottato l'accorgimento, che è l'unico che sono riuscito a ideare per ora, di lasciare un canaletto, di 2 cm per



Veduta prospettica complessiva delle fondazioni dei grandi pilastri in cemento armato e della copertura metallica dell'edificio

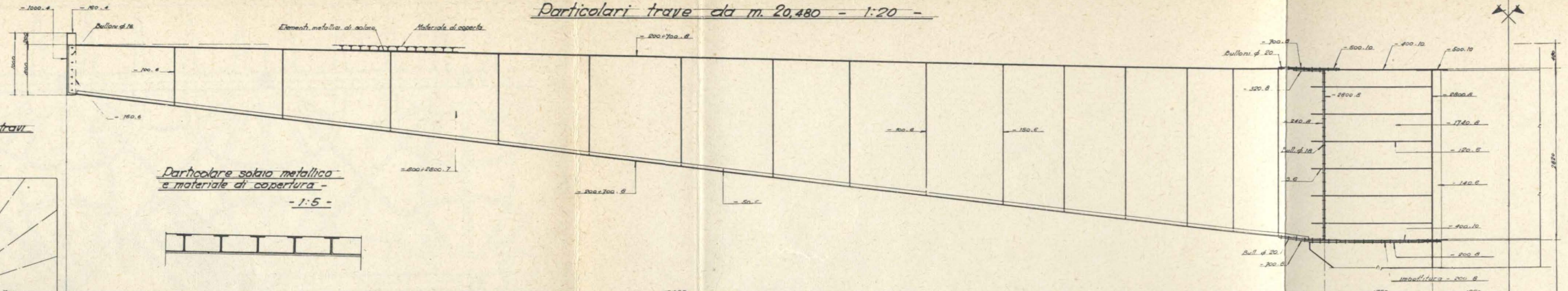


erimezo del ificato

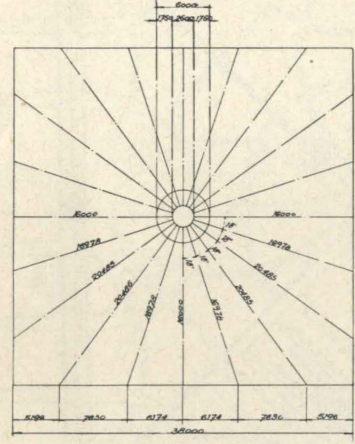
rileono-

e ha ecotico-deve e di tutti lioni due ivenibile. o vempo avia,

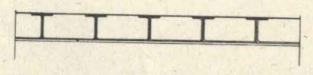
Particolari trave da m. 20,480 - 1:20 -



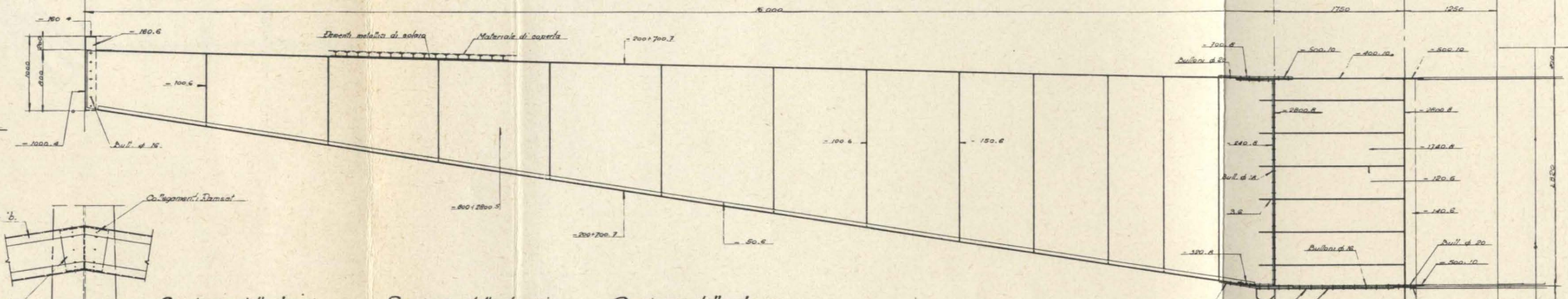
Pianta con disposizione delle travi



Particolare soletto metallico e materiale di copertura - 1:5 -



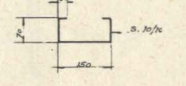
Particolari trave da m. 16 - 1:20 -



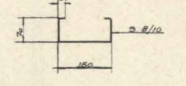
Elementi metallici costituenti il soletto di copertura - 1:5 - tipo 'a'



tipo 'b'



tipo 'c'

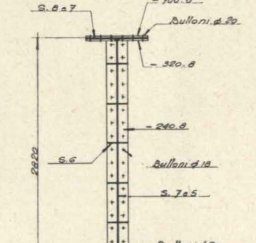
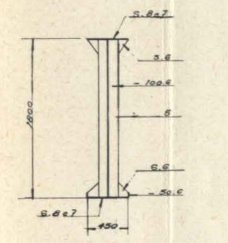
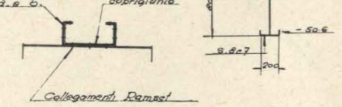


Sezione delle travi all'estremità - 1:20

Sezione delle travi in mezzera -

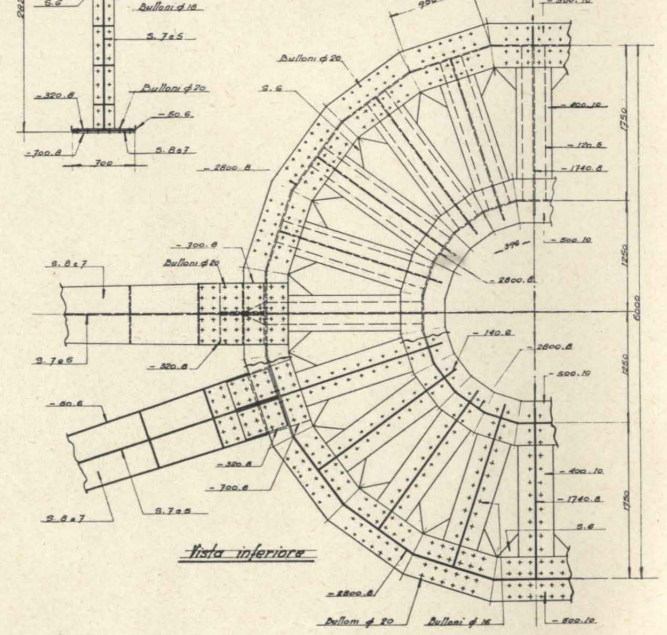
Sezione delle travi all'attacco dell'anello -

Giunto degli elementi metallici del soletto per i tipi 'a', 'b', 'c' - 1:5 (Per il tipo 'c' non occorre)



Anello principale superiore - 1:20 -

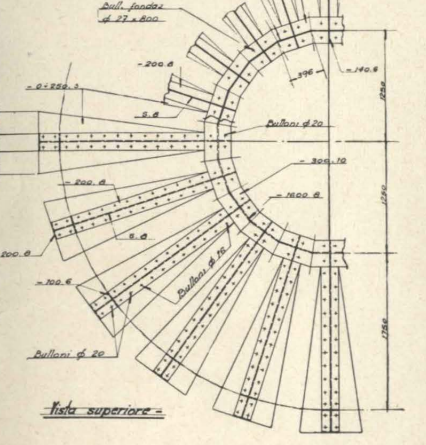
Vista superiore -



Vista inferiore

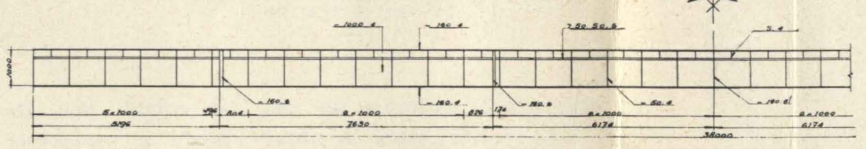
Anello secondario inferiore - 1:20 -

Vista inferiore -

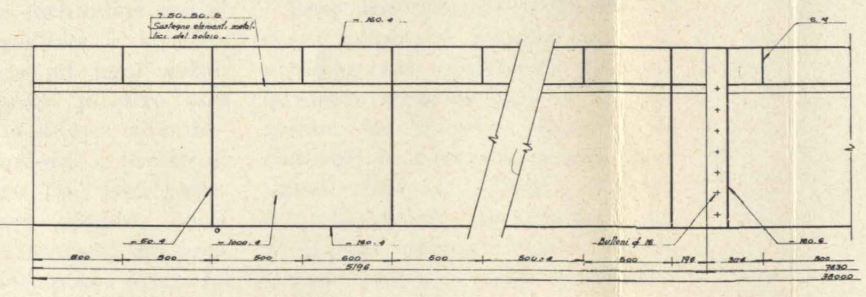


Vista superiore -

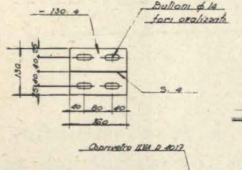
Schema della trave perimetrale - 1:50



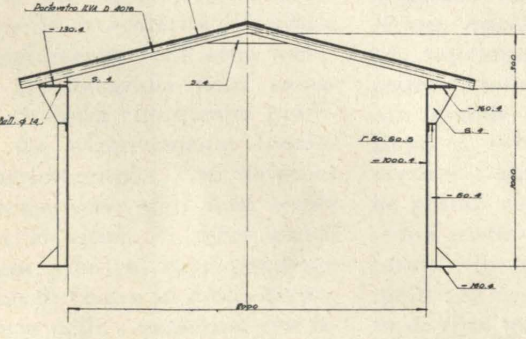
Particolare della trave perimetrale - 1:10

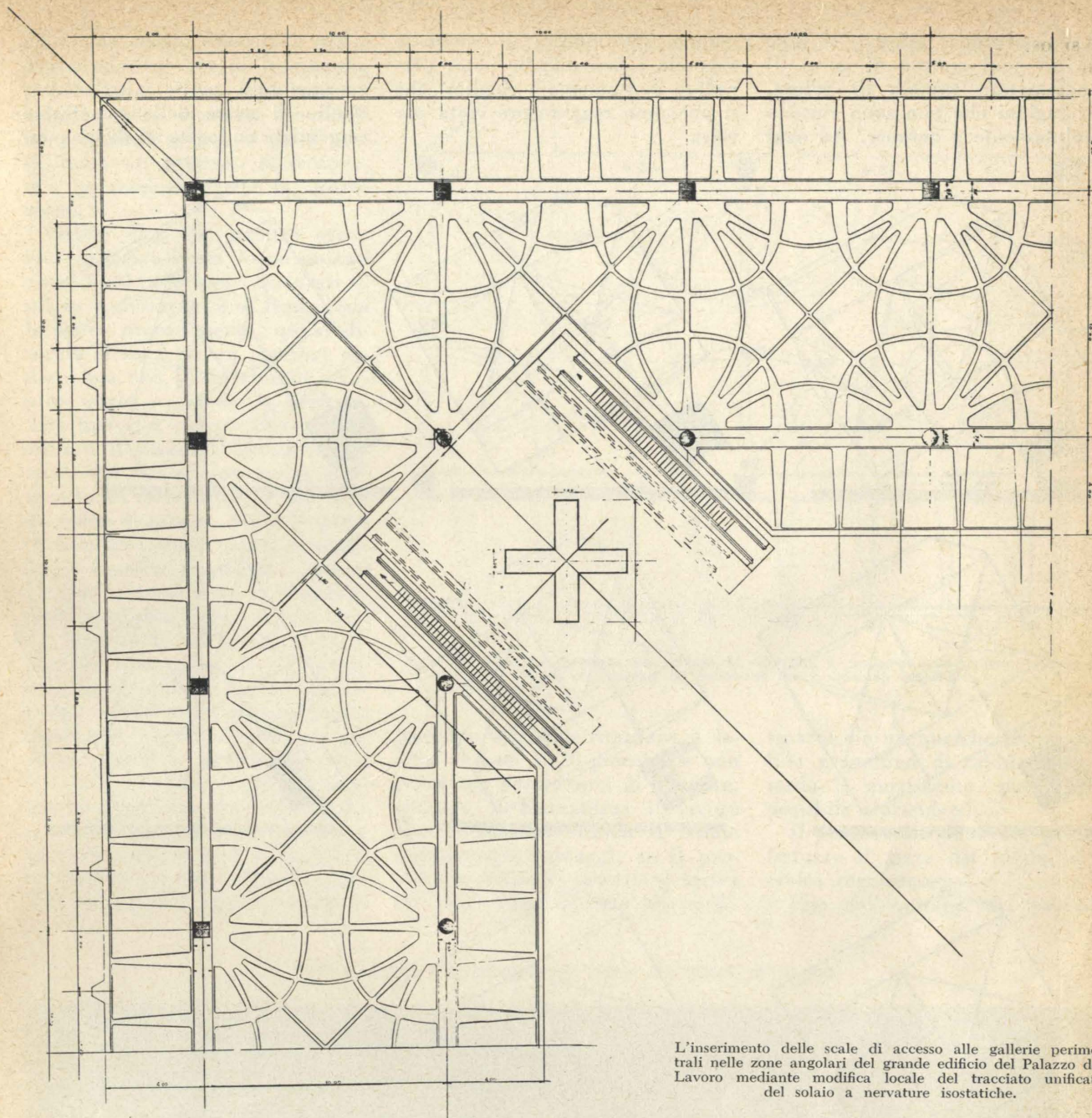


Diagrafma attacco cupolino alle travi perimetrali - 1:5



Cupolino - 1:10 -





L'inserimento delle scale di accesso alle gallerie perimetrali nelle zone angolari del grande edificio del Palazzo del Lavoro mediante modifica locale del tracciato unificato del solaio a nervature isostatiche.

2 cm, sufficiente però a dividere un getto dal successivo, ed assorbire quelle irregolarità di colore del conglomerato, che sono inevitabili. La fotografia della cassaforma dimostra che quanto predisposto ha effettivamente funzionato perfettamente. Con un'unica cassaforma sono stati fatti sedici pilastri al ritmo di dieci giorni per ogni pilastro, corrispondente al piano di lavoro in modo esatto. L'interno della cassaforma era fasciato di un duplice rivestimento di tavole: un primo fatto senza particolare attenzione, il secondo,

interno, realizzato con doghe di larghezza non superiore a circa 12 cm, mascherate una con l'altra, solidamente inchiodate con il primo strato, piallate e ripulite con grande cura ad ogni getto. Dopo il sedicesimo pilastro esse avevano l'aspetto nuovo, si sarebbe potuto continuare, e invece di sedici realizzarne 160. Una cassaforma di questo genere, costa molto: se ciò vi interessa dal punto di vista tecnico, posso dirvi che è costata di pure spese di cantiere più di dieci milioni. Se si pensa tuttavia che essa viene recuperata

per un numero abbastanza rilevante di volte, il suo peso economico diventa molto minore.

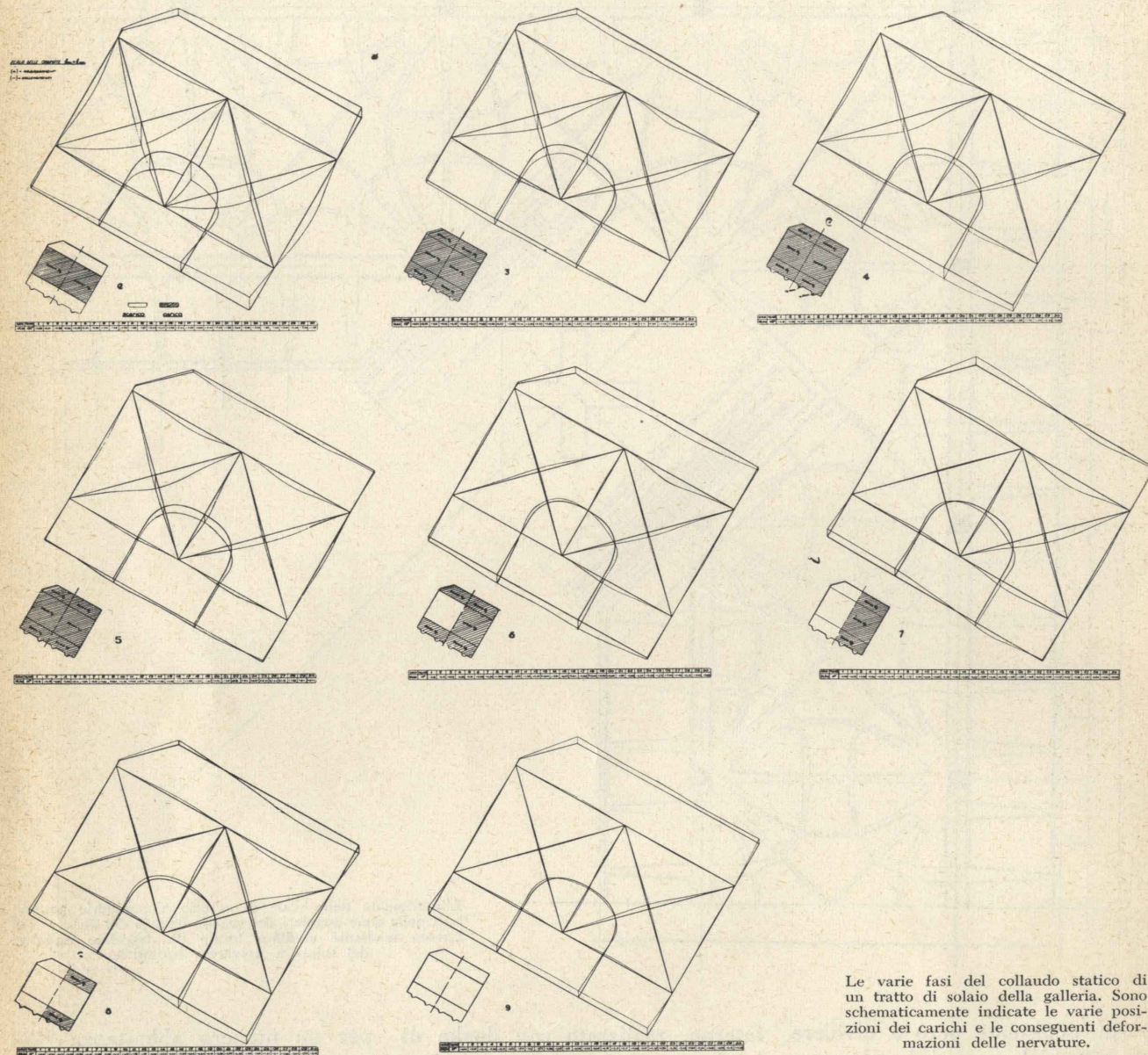
Ecco una considerazione che ha il suo valore: si possono fare economicamente casseforme particolarmente accurate solo se si deve gettare un numero rilevante di elementi in cemento armato tutti uguali. Gravare di dieci milioni un solo pilastro, o gravarne due di cinque milioni caduno, diventerebbe un peso mal sostenibile.

A pilastro finito, si possono vedere delle macchie che col tempo passano; ancora adesso tuttavia,

se si osservano i pilastri, si vede che ad ogni ripresa di getto, il conglomerato cambia di colore, per ragioni che non sono riuscito assolutamente a definire. Ad ogni

notano una infinità di anomalie e perciò è ben difficile poter prevedere esattamente i risultati che si potranno raggiungere volta per volta.

Per realizzare questo solaio ho adoperato un sistema che avevo sperimentato molte altre volte; quello di usare delle casseforme cementizie collocate su di un pon-



Le varie fasi del collaudo statico di un tratto di solaio della galleria. Sono schematicamente indicate le varie posizioni dei carichi e le conseguenti deformazioni delle nervature.

modo quei canali scuri, lasciati nelle riprese, assicurano una certa regolarità, ed anche i cambiamenti di colore non risultano fastidiosi.

I costruttori sanno molto bene quanto sia difficile ottenere il massimo risultato nei getti del conglomerato. Di questo in particolare sono abbastanza soddisfatto, ma penso che si possa ottenere ancora di meglio; però, fra tanti meriti del conglomerato, si

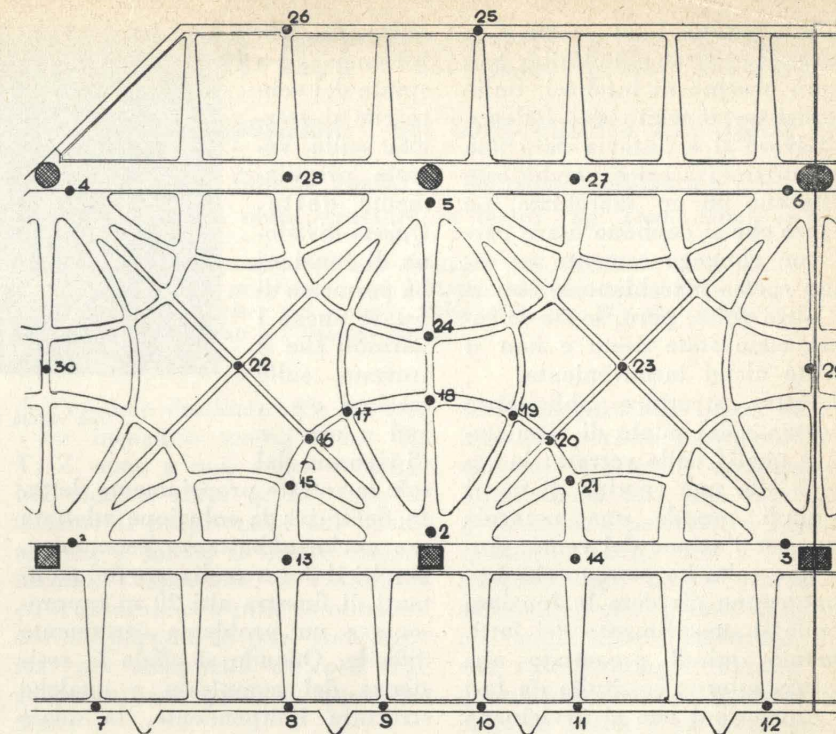
Lo sfasamento dei lavori portava ad aver già iniziato il solaio perimetrale quando in alto si stavano ancora montando i funghi di ferro.

Un problema che era abbastanza importante, soprattutto dal punto di vista del tempo, era quello del solaio perimetrale. Esso copre complessivamente 500 e più metri lineari ed è largo 8 metri; si tratta quindi di una ingente superficie.

teggio che, a disarmo, si abbassa, e può successivamente essere portato avanti e rialzato. È un sistema che permette, senza nessun aumento di costo, una grande libertà nelle nervature. Non crediate che queste nervature siano costate di più che se fossero state ideate rettilinee o incrociate nei tre sensi; abbiamo avuto, se mai, una leggera economia. La disposizione prevista per le nervature si avvicina in-

fatti a una logica fisica, di modo che si può realizzare un piccolo risparmio del ferro. Esse non sarebbero però state né pensabili né eseguibili se non si fosse preordinato un processo costruttivo, che ne rendesse facile la costruzione.

Debbo dire che mentre avevo già realizzato senza inconvenienti circa 30-40 mila metri quadrati di solaio a Bologna e a Roma con lo stesso procedimento, qui il disarmo ci ha fatto un pochino penare; ma non siamo riusciti a capire quale ne fosse la ragione. Alla fine si è trovato che per facilitare il disarmo bisognava lasciare dei fori alle estremità degli specchi di casseforme, e poi dare un colpo di mazza. Nulla di grave in definitiva; però questi procedimenti esecutivi presentano sempre qualche imprevisto e lasciano qualche dubbio fino a che la prova non abbia dato buoni risultati. Fin tanto che non fu disarmata la prima campata, avevo una discreta, anzi una notevole preoccupazione. Se per disgrazia il disarmo non fosse avvenuto bene o ci avesse obbligato a perdere giornate preziose, sarebbe stato un disastro. Il programma di lavoro era talmente stretto che il perdere solo un giorno per ogni fase di getto e di ripresa del solaio avrebbe si-



Tratto del solaio a nervature con andamento isostatico a sostegno della galleria perimetrale; con le posizioni dei flessimetri per il collaudo isostatico.

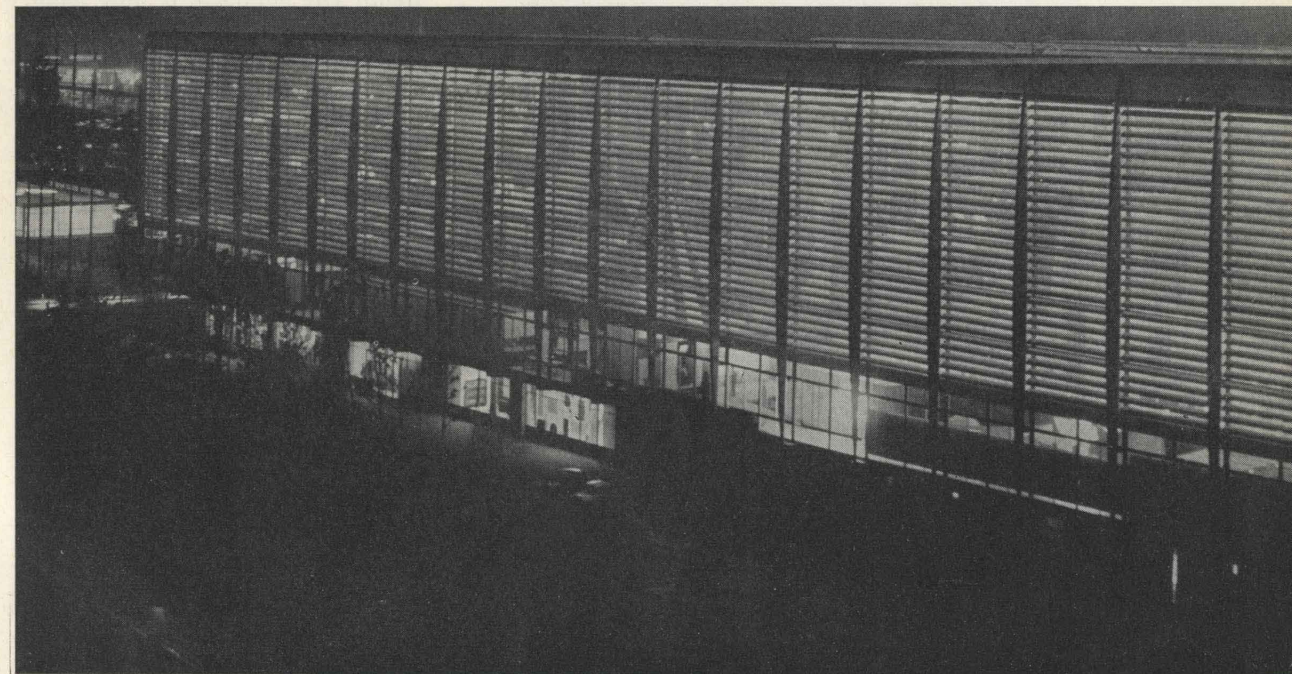
gnificato alla fine ritardare il lavoro di quei 15-20 giorni che non potevamo permetterci di sciupare. Quando si meccanizza il lavoro fino al massimo limite si hanno dei notevoli vantaggi; se il programma viene rispettato si arriva in tempo alla fine; ma se per di-

sgrazia c'è un qualche imprevedibile granellino di sabbia che ritarda il movimento, non è più possibile riprendersi.

Il programma di lavoro per effettuare il getto del solaio, si è svolto regolarmente.

Uno dei vantaggi del procedi-

Veduta notturna della parete vetrata esterna del Palazzo del Lavoro.



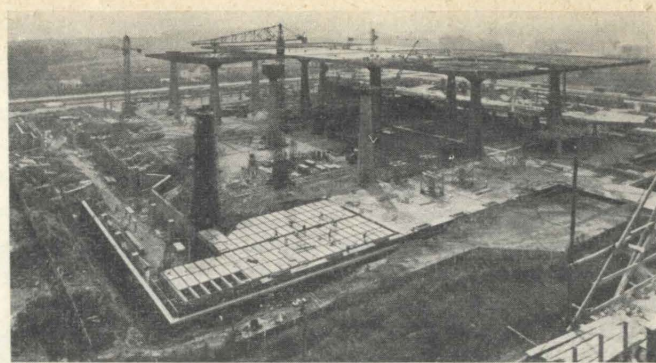
mento adottato è di lasciare la struttura perfettamente finita; non c'è più bisogno di intonaci. Sulle superfici in cemento del Palazzo del Lavoro si è tuttavia dato una mano di tinta a calce perchè esse risultavano un po' macchiate. Le sostanze che si debbono usare perchè non rimanga cemento su cemento spesso macchiano le superfici; altre volte, però, le stesse sostanze sono state usate e non si è avuto alcun inconveniente.

Un'altra struttura abbastanza importante dal punto di vista statico, è quella delle vetrate; la vetrata è alta una ventina di metri e quindi prende una notevole spinta per l'azione del vento. Ancora una volta ho pensato che fosse opportuno dividere le funzioni secondo il suggerimento dei fatti. Abbiamo quindi progettato una struttura esterna costituita da fusi con dimensioni che si avvicinano all'uniforme resistenza; essi sono fatti in lamiera di ferro e sono stati studiati dal punto di vista esecutivo dall'Ing. Covre.

Tali fusi, con opportuni col-

legamenti, assorbono la spinta del vento che si esercita sulla vetrata propriamente detta. Questa divisione di funzioni ha permesso di fissare anche i parasoli che si trovano sulle

facciate est, sud e ovest e di riparare dal sole le vetrate propriamente dette. In definitiva la soluzione adottata era anche abbastanza economica, perchè il dover realizzare dei montanti di finestra alti 20 m rappresentava un problema certamente difficile. Quando si affida la resistenza del complesso a qualche struttura indipendente, la quale non abbia tutti i vincoli tipici della finestra propriamente detta, si ottiene in definitiva un risultato vantaggioso dal punto di vista economico.



Una veduta del gigantesco e complesso cantiere.

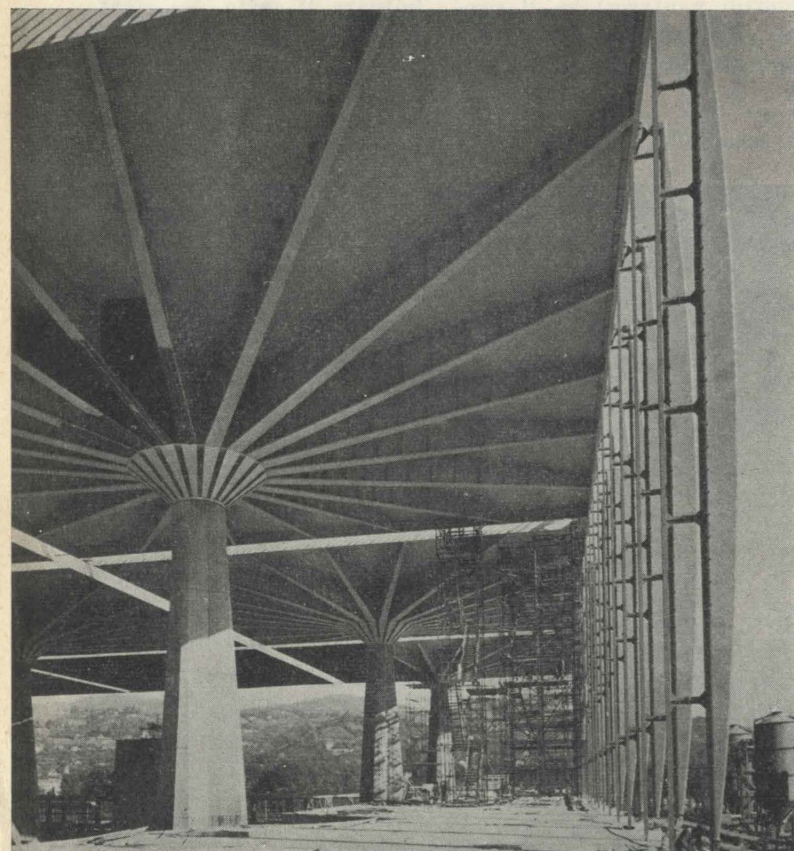
I montanti sono fissati in basso su di un appoggio mobile perchè la copertura può fare degli spostamenti sia in senso orizzontale che in senso verticale di parecchi centimetri con le variazioni termiche; quindi è stato creato in basso uno snodo che svincoli i montanti da qualunque conseguenza derivata dai movimenti della sommità. In alto ci sono due bielle messe a triangolo che fissano orizzontalmente la posizione della testa del montante, mentre lasciano verticalmente la libertà alle variazioni termiche.

E con questo, vorrei concludere, ritornando su quanto ho detto sull'architettura strutturale. Vorrei veramente raccomandare ai giovani, che studiano architettura, di appassionarsi alla tecnica, ed a quelli, che studiano ingegneria, di appassionarsi all'architettura. A quelli che sono già o puri tecnici o puri architetti di collaborare, tra loro perchè l'unica verità alla quale sono arrivati è questa: quando si è davanti a un foglio di carta bianca, e si incomincia a pensare ad una soluzione costruttiva in genere, bisogna pure che siano presenti due competenze: quella relativa all'ideazione generale e formale che possiamo sintetizzare nell'opera dell'architetto e quella relativa allo studio tecnico e costruttivo più specifiche dell'ingegnere e del costruttore.

Superfluo e del tutto sterile voler stabilire per le grandi opere d'oggi e per quelle del prossimo domani una graduatoria di importanza tra questi due aspetti di quell'unica realtà spirituale e materiale costituita da una grande opera architettonica.

Pier Luigi Nervi

Durante le ultime fasi del montaggio delle strutture metalliche di copertura e di chiusura laterale con i caratteristici montanti di irrigidimento delle vetrate predisposti per sopportare la spinta orizzontale del vento.



Funzionalità e architettura nei Palazzi per Mostre

Il nuovo Palazzo delle Mostre di "Torino Esposizioni" nel comprensorio di "Italia '61"

Progettisti: Arch. Prof. Annibale Rigotti, Ing. Prof. Giorgio Rigotti - Soluzione strutturale della volta e calcoli del c. a.: Ing. Prof. Franco Levi - Calcoli delle strutture in ferro: Ing. Dott. Silvio Bizzarri

GIORGIO RIGOTTI espone il problema generale compositivo del « Palazzo delle Mostre » attraverso le esigenze funzionali, diversissime fra loro, dell'Ente proprietario del Palazzo, degli espositori, del pubblico, dei servizi. Ricorda per sommi capi l'evoluzione del progetto, dalle prime idee alla sua realizzazione e fornisce alcuni dati sul Palazzo eseguito.

Dal vecchissimo, aureo aforisma Vitruviano « non bisogna (in architettura) far cosa di cui non si possano rendere buone ragioni », il signor Francesco Milizia, più letterato che architetto, prendeva lo spunto per scrivere, circa due secoli or sono, « Niente ha da vedersi in una fabbrica, che non abbia il suo proprio ufficio, e che non sia integrante della fabbrica stessa: onde quanto è in rappresentazione deve essere in funzione » (Principi di Architettura civile, Tomo I).

Per caratterizzare e per giustificare nel suo complesso, nelle singole parti e nei particolari una opera architettonica, qualunque essa sia, dobbiamo quindi rifarci, con vecchio, antico e pur ancora modernissimo, procedimento, alle funzioni principali per cui quell'opera è stata creata.

Ora se consideriamo, sia pure in senso molto lato e in modo non troppo appropriato e non certo ortodosso, la definizione matematica di « funzione », troviamo: una variabile dipendente entro un certo campo da altre variabili; ne consegue che per studiare la funzionalità di un edificio dobbiamo conoscere e analizzare prima le variabili da cui tale funzionalità direttamente dipende.

Nello specifico caso in esame le variabili principali sono tre, e assumono nei nostri confronti di progettisti quasi il ruolo intransigente di veri e propri tiranni (absit iniuria verbis, direbbe un avvocato) che con le loro esigenze — a volte anche dispotiche, prepotenti e spesso, troppo spesso contrastanti — consigliano, dettano e impongono i limiti alla più sbrigliata fantasia creativa e costringono in termini precisi e sovente assoluti la progettazione, lo sviluppo e la realizzazione pratica

dell'edificio destinato alle mostre.

Le incognite matematiche, X, Y, Z, sono a noi, e per fortuna, ben note e sotto quelle sigle si celano: il proprietario del palazzo, che è anche il nostro cliente diretto, l'espositore, il visitatore, ed è naturale con tutte le numerosissime persone in quei tre singolari per semplicità di cose raggruppate, collegate e rappresentate.

Per il primo il palazzo delle mostre deve soprattutto essere un complesso « bon à tout faire ».

Quando si gettano le basi e i programmi, e durante lo sviluppo dei progetti, si parla volentieri di esposizioni di piccoli pezzi, di fiere-mercato, di possibilità di accogliere oggetti di grandissime dimensioni; si passa facilmente dal gioiello prezioso, al vestito, all'immenso anello di un generatore elettrico di eccezionale potenza, all'aeroplano; ma si viene subito ad aggiungere anche la probabilità di ambientare alberi di alto fusto, e perchè no, fare un lago per la motonautica, o il villaggetto delle case prefabbricate con la chiesetta e il suo bravo campanile.

Ma poi nascono ancora in programma altre manifestazioni: il circo equestre, lo spettacolo coreografico su ghiaccio, le gare di tennis, gli incontri di pugilato, la sei giorni ciclistica, il concorso ippico internazionale, e chi più ne ha più ne metta.

Il palazzo deve poter ospitare tutto questo: leoni in gabbia, cavalli al galoppo, piste, gradinate per migliaia di persone, baracconi da luna park, cose aeree e leggere come veli, o massicce, voluminose e pesanti parecchie tonnellate, tutto! nessuna possibilità deve essere a priori esclusa, nessuna manifestazione deve essere scartata.

Perciò alla « superficie » utiliz-

zabile amplissima, libera da ogni intralcio portato da pilastri e da sostegni intermedi, sgombera da installazioni fisse che non siano perimetrali e nascoste, deve corrispondere anche un « volume » adeguato agli intenti, un'altezza sufficiente, uno spazio, insomma, che possa essere utilizzato nella sua vastità integra, oppure ritagliato, modellato e plasmato ogni volta in maniera diversa, secondo le esigenze contingenti, sì da non essere nemmeno più riconoscibili da una manifestazione all'altra, a distanza sovente di pochi, pochissimi giorni.

E qui sta la profonda differenza fra il cosiddetto « palazzo delle mostre » (che così concepito può essere tutto ma non sarà mai un vero e proprio palazzo) e le altre costruzioni di grande mole o monumentali, come per esempio le chiese.

Per queste ultime il fatto volumetrico e spaziale sorge spontaneo dalla soluzione planimetrica, dalle membrature strutturali, dalle altezze e dalla forma dei vani, legati fra loro dalla composizione architettonica dell'insieme.

La chiesa, una volta costruita, è destinata a rimanere come l'architetto o l'ingegnere l'hanno ideata fin nei suoi minimi particolari: dall'ossatura portante alle trabeazioni, alle cupole, dalle cornici alle singole modanature, ai partiti puramente decorativi.

Tutti, in ogni istante, potranno vedere la composizione del complesso e di ogni sua parte, infatti i fedeli non formano altro che un basso strato di fondo, una specie di prato di fili d'erba ugualizzati da una tosatrice, e gli eventuali addobbi sono limitati a elementi di importanza nettamente secondaria e di solito seguono abbastanza fedelmente le linee architetto-

niche primitive, quando non siano già stati previsti e predisposti anch'essi in sede di progetto (rivestimenti di colonne, di lesene, baldacchini, ecc.).

La chiesa vuota, senza funzioni

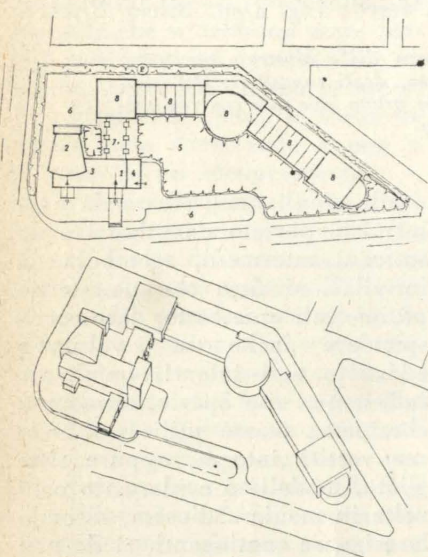


Fig. 1 - Schema della primitiva soluzione aperta.

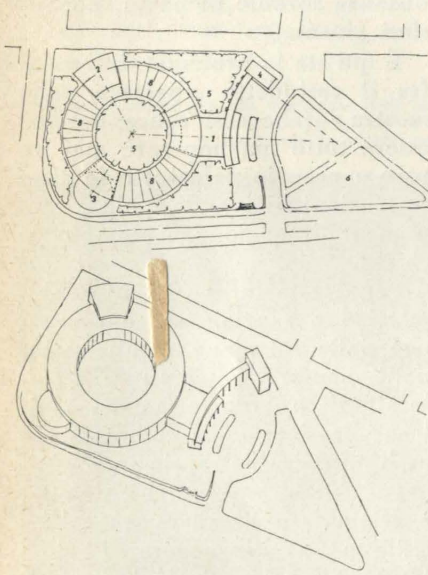


Fig. 2 - Schema della primitiva soluzione ad anello.

1) atrio d'ingresso; 2) salone conferenze per due-mila persone; 3) bar e ristorante; 4) uffici; 5) giardino per mostre; 6) parcheggio autoveicoli; 7) galleria aperta; 8) saloni per mostre.

religiose, è sempre la stessa chiesa, per lo meno dal punto di vista compositivo, anzi a volte diventa più affascinante ancora, e il suo richiamo si acuisce.

Così il teatro, così i grandi saloni per adunanze, i parlamenti, dappertutto il vano creato dall'artista ha una precisa e costante funzione da assolvere, e la struttu-

ra e la composizione architettonica della costruzione dominano incontrastate in ogni momento, senza che nulla tenda mai ad alterarne — leggermente e profondamente — le linee fondamentali, la forma dell'invaso, i particolari decorativi. Al contrario, il palazzo delle mostre vuoto, cioè quando la sua forma è completamente afferabile in tutta la sua ampiezza, è un complesso senza vita, inutilizzato, visitato tutt'al più da pochi tecnici per scopo d'informazione e di studio, o da qualche curioso turista di passaggio.

Il palazzo, invece, vive quando è sovraccarico di elementi eterogenei, anomali che si stipano e si sovrappongono in modo inverosimile nel pur ampio volume, salgono improvvisi da terra, simulano di sporgere a sbalzo in equilibrio instabile, scendono appesi alla copertura come strane macchine volanti.

In questo caotico ma festoso accatastamento — polo di attrazione principale — le linee strutturali e architettoniche sono destinate a passare in sottordine, scomparire quasi, formare semplicemente il limite, la chiusura dello spazio; non possono e direi non devono mai imporsi violentemente all'attenzione del pubblico, gareggiare in importanza o essere un contrasto stridente con le installazioni posticce.

Quel limite, quella chiusura dello spazio si afferrano quasi insensibilmente, in modo semplice e naturale, si devono solamente « sentire », indovinare, proprio come si « sentono » e si indovinano in ogni paesaggio, in ogni veduta panoramica, la linea dell'orizzonte, la volta celeste.

Linee e superfici curve, continue, morbide, ricorrenti, di ampio respiro che anche se bruscamente interrotte da elementi estranei si riprendono, si ritrovano facilmente e intuitivamente al di là dell'ostacolo occasionale; linee e superfici che non diano mai l'impressione di incombere, di pesare sulle fragili e temporanee installazioni posticce e sul visitatore, strutture che appaiano quasi senza peso come senza peso ci appare il cielo.

Leggerezza e continuità da prolungarsi come in ritmo continuo

anche sulle pareti di perimetro, opache o traslucide che siano, e dove la spinta ascensionale delle linee verticali o, meglio ancora, aprentisi a ventaglio verso l'alto completa la indispensabile limitazione dello spazio, per forza di cose, racchiuso e riparato.

Per quanto riguarda l'esterno la nostra prima variabile ha poche ma ben precise esigenze: la costruzione si deve notare da lontano, nettamente diversa da quelle che eventualmente la circondano, perfettamente individuabile nella sua linea caratteristica. La sua stessa forma sia un'attrazione, ma celi gelosamente il segreto di quanto si svolge nell'interno in modo da invogliare il pubblico a entrare. Abbondanza di pareti traslucide che illuminano contrastino vivamente con il buio della notte.

Ingressi facili a trovarsi, minimi tragitti a piedi, possibilità di far entrare e uscire materiali pesanti e voluminosi attraverso portoni carrai di massime dimensioni; circuito dei veicoli e delle persone interessate al montaggio dei posteggi nettamente separato dal circuito e dagli ingressi normali per il pubblico, in quanto, si sa, molte volte affluisce ancora materiale pur essendo la mostra già aperta.

E anche all'esterno aree libere, ampie, sempre più ampie: per la circolazione e il parcheggio delle automobili, per eventuali mostre all'aperto, per padiglioni temporanei, e sistemazioni scenografiche.

Infine — caratteristica comune, ben lo sappiamo, a tutti o quasi i nostri clienti — alle massime dimensioni richieste dovrebbe corrispondere una spesa il più possibile limitata e contenuta; qualità questa, per dire il vero, che durante la lunga, tortuosa e difficile strada della realizzazione molte volte, e per forza di cose, si perde pur d'arrivare in tempo agli scopi prefissi.

La seconda variabile interessata nella funzionalità del palazzo per le mostre non è certo meno esigente della prima; e se pur essa è destinata a comparire soltanto a cose fatte, a palazzo costruito, fa sentire il notevole suo peso già in fase di studio e di progettazione.

Così constatiamo che i gruppi degli espositori e gli enti che li

rappresentano, malgrado tutto sono in effetti i veri, dispotici padroni della situazione.

Sono infatti gli espositori che usano il palazzo, pagano per affittarne l'area, spendono per costruire e montare la loro mostra, per preparare il materiale da esporre, per la pubblicità e il personale addetto, e vogliono trarre da tali ingenti spese, come è naturale, il massimo utile possibile.

Per essi il palazzo delle mostre è un campo di battaglia, una terra di conquista dove ognuno tenta di arrivare prima, cerca il suo posto e lo sfrutta come crede più opportuno, senza badare troppo agli eventuali vicini, senza soggiacere a nessun complesso d'inferiorità.

Disposizioni particolari, articoli di regolamento interno, limitazioni, sono nella maggior parte dei casi lettera morta, specialmente negli ultimi giorni, nelle ultime ore prima dell'inaugurazione.

Si potrebbe dire (non prendete le mie parole in mala parte) che esista soltanto la legge di una speciale giungla pur di sopravvivere all'arrembaggio generale, pur di arrivare in tempo con l'ultimo tocco di pennello quando il corteo inaugurale con le autorità è già a pochi metri di distanza.

Fra gli articoli del regolamento delle mostre, per esempio, ce n'è quasi sempre uno che proibisce l'uso di quell'infernale moderna macchina sparachiodi... ebbene in qualche momento — durante il montaggio — e specialmente nell'ultimo periodo conclusivo vi parrà d'essere a una battuta di caccia in una ricchissima riserva o su un campo di tiro a segno.

I chiodi d'acciaio sono sparati dappertutto: nei muri, nei pilastri in cemento armato, sulle volte sottili, nei marmi di rivestimento e persino nelle tubazioni dei servizi distributivi. E, si sa, chiodo sparato è sparato, non c'è più nulla da fare, è un po' come la « voce dal sen fuggita... ».

Eppure occorre ben tenere in piedi le strutture provvisorie di un posteggio pubblicitario, e se non stan su da sole sarà pur necessario appenderle a qualche cosa di solido, controventarle da qualche parte: i muri, le strutture, le coperture, paiono fatte apposta!

Tutti vorrebbero le posizioni

migliori — se queste esistono — quelle che un'accurata ricognizione strategica indica come postichave, vicini all'ingresso, sui passaggi obbligati, agli incroci di due flussi di visitatori, in centro al salone, ecc.

Ogni espositore vorrebbe trionfare ed essere il solo in tale trionfo, avere lo stand più vistoso come superficie, altezza, massa, colore, in modo da imporsi automaticamente sulla marea possibilmente amorfa di quelli che lo circondano. Fra gli articoli di regolamento ne troviamo di solito un altro che limita l'altezza massima delle installazioni; tutto procede bene e regolare fino a un certo punto; poi a un dato momento un'audace — forse anche in perfetta buona fede — scappa fuori magari con una sola innocente antenna isolata; e allora è finita: la corsa al più alto è incominciata e non può più essere frenata, non c'è il tempo materiale per far demolire quanto è abusivo, l'inaugurazione batte alle porte e per quel momento tutto deve essere finito, pulito, lucidato. Dopo? ebbene, quello che è fatto è fatto e se ne riparlerà semmai alla prossima mostra.

L'espositore non rispetta nulla, cancella ogni cosa, copre accuratamente tutto quanto può distogliere l'attenzione del pubblico, e si serve di quanto esiste senza alcun rispetto nell'unico scopo di valorizzare il proprio prodotto. È naturale, la mostra è fatta per questo soltanto.

Non ammette perciò che, per esempio, un finestrone con vetri trasparenti aperti su un panorama qualsiasi attiri i visitatori stanchi di vedere oggetti e merci. Di solito tutte le aperture vengono accuratamente schermate, e se per caso quelle aperture furono originariamente chiuse con vetrate trasparenti, chi passa all'esterno del palazzo non vede altro che la brutta, bruttissima successione grezza e informe della parte posteriore delle pareti dei posteggi: le classiche due facce della medaglia!

Ci sono infiniti esempi di padiglioni grandi e piccoli risolti interamente con pareti vetrate trasparenti, leggere, aeree, tanto belle a vedersi a costruzioni vuote, così luminose. Ebbene, a esposi-

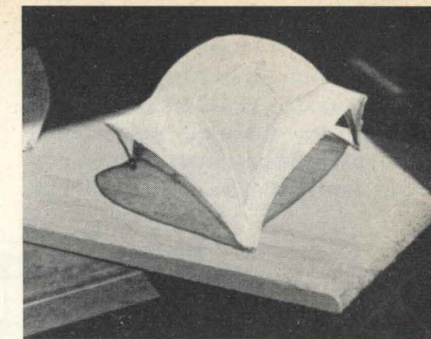


Fig. 3 - Primo bozzetto originale schematico della cupola (settembre 1957).

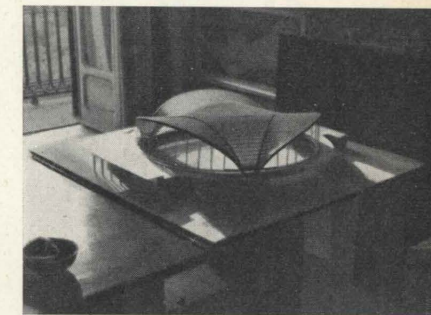


Fig. 4 - Bozzetto della cupola con anello periferico ridotto (ottobre 1958).

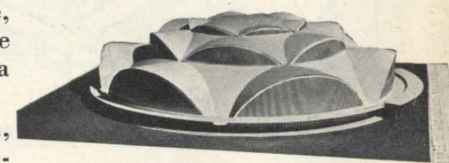


Fig. 5 - Bozzetto della cupola a sei punti di appoggio.

zione montata, se rientriamo in quei padiglioni troviamo il più delle volte quelle vetrate completamente coperte, o quasi, da pannelli opachi, per poter ottenere — naturalmente usando anche in pieno giorno la luce artificiale — particolari effetti luminosi e cromatici che hanno la prerogativa di una maggior potenza di richiamo e di una possibilità di graduazione quasi automatica dei punti di maggiore interesse.

Si potrebbe obiettare che lungo le pareti vetrate debbano essere sistemate le corsie di passaggio per il pubblico, ma allora si perde superficie utile e l'area per un fattore costa e per l'altro rende, di conseguenza quanto non è affittabile deve essere assolutamente graduato con il contagocce, limitato al minimo indispensabile.

Naturalmente poi i vetri trasparenti permettono a chi è fuori

— e non ha pagato — di vedere dentro, cosa quanto mai deleteria specialmente se si tratti di manifestazioni, e se nelle vicinanze più o meno immediate del palazzo esistono case abbastanza alte e con abbondanti finestre e balconi che

vetrate schermate con sistemazioni di fortuna ottenute con tende, pannelli, drappaggi, o peggio — ed è già capitato — con tinte applicate direttamente sui vetri o con decalcomanie. Per questo un'accurata ricerca sui diagrammi di soleggia-

massa dei visitatori — vorrebbe quasi sempre, e per prima cosa, vedere tutto in un sol colpo d'occhio, una specie di veduta panoramica onde sapersi orientare verso i settori preferiti senza perdere tempo e senza fare passi inutili.

Le persone, di solito, male sopportano — o non vogliono del tutto — i percorsi obbligati: cordoni, transenne, siepi di vasi di fiori, tappeti erbosi, disposti a indicare rigidamente un giro prefissato, sono soltanto palliativi; dopo un po' di tempo l'ostacolo è aggirato, scavalcato se non travolto, proprio come capita quando un torrente in piena abbatte ciò che gli impedisce di andare dove vuole e come vuole, e magari suddividersi in tanti rigagnoli persi fra i campi.

E qui vi è un contrasto con le richieste di parecchi espositori che preferirebbero invece il percorso obbligato per essere sicuri che tutti passino davanti al loro posteggio e per non correre il pericolo di capitare malauguratamente in una zona morta o defilata.

Andare qua e là come meglio piace, con o senza una fissa mèta, ritornare sui propri passi, fermarsi a discorrere con altri, sono altrettante esigenze di carattere collettivo che difficilmente possono essere soddisfatte con un unico percorso obbligato.

Debbono poi sempre esistere scorciatoie per saltare interi reparti che non interessano, e la possibilità in ogni momento di interrompere il giro per stanchezza, per noia o per fretta e di trovare rapidamente un'uscita o un luogo di riposo.

E sotto questo punto di vista l'ampio salone unico offre indubbi vantaggi sulla sequenza di parecchie sale grandi o piccole, sia pure strettamente collegate fra loro da un'adatta disposizione planimetrica e da un nesso logico compositivo. Un'altra richiesta della maggior parte del pubblico è quella di avere percorsi pianeggianti, essere obbligati a salire e scendere scale rappresenta sempre un'imposizione mal tollerata a meno di inserire scale mobili o elevatori; allora tutto diventa come un giuoco divertente, un nuovo richiamo.

Se invece la salita e la discesa

sono facoltative, sta alla perizia dell'ordinatore della mostra attirare con particolari accorgimenti pubblicitari l'attenzione delle persone sui reparti sopraelevati o a livello abbassato, e invogliarle a

L'attenzione del pubblico deve essere concentrata sul materiale in mostra — l'abbiamo già detto — e non può essere distratta da attrattive esterne; che importa infatti agli immediati fini pratici

bero, tranquillo e senza imposizioni pubblicitarie.

Per soddisfare gli scopi di una mostra normale, al pubblico è sufficiente un ingresso solo (anche più facile da controllare per la

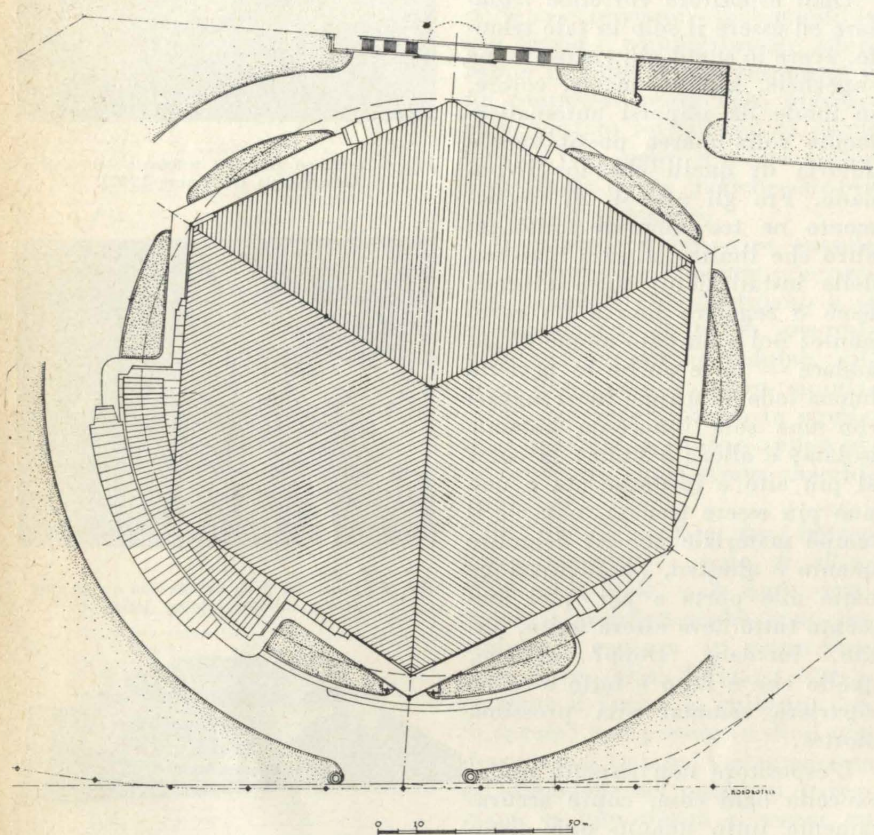


Fig. 6 - Planimetria della sistemazione.

possono assumere da un momento all'altro, e gratuitamente (questo è grave!) le funzioni dei palchi di un teatro.

Un altro nemico degli espositori è il sole. Le zone delle mostre colpite per un certo tempo dai raggi solari sono deprezzate, disertate, sia per il caldo eccessivo e prolungato (particolarmente noioso al personale fisso) e sia per l'alterazione dei colori nei prodotti e la troppo alta luminosità che disturba un'accurata percezione e non invita certo il pubblico a fermarsi lungamente.

Alle vetrate troppo o del tutto trasparenti, specialmente se esposte nei settori dal sud-est all'ovest (i raggi solari del mattino danno poca noia perchè penetrano in ore in cui la mostra è chiusa) occorrerà aggiungere una parete ad alette frangisole; in caso contrario vedremo certamente le nostre

mento nell'interno dei saloni per mostre non sarà mai cosa inutile durante gli studi e può dare ottimi avvertimenti e consigli al progettista.

Ma non è detto che l'espositore si limiti a considerare soltanto l'interno del palazzo. Molte volte, specialmente se si tratti di mostre a carattere unitario, è richiesto anche un addobbo all'esterno.

Allora assistiamo a ingenti sforzi per mimetizzare la costruzione, alterare le linee strutturali, nella sola ricerca di un effetto nuovo; non potendo demolire il solido cemento armato lo si usa per l'appoggio di sovrastrutture in gesso, in cartapesta, di variopinti tendoni da circo togliendo ogni carattere alla costruzione originaria.

Chi entra in una mostra — parliamo ora evidentemente della terza variabile, il pubblico, la

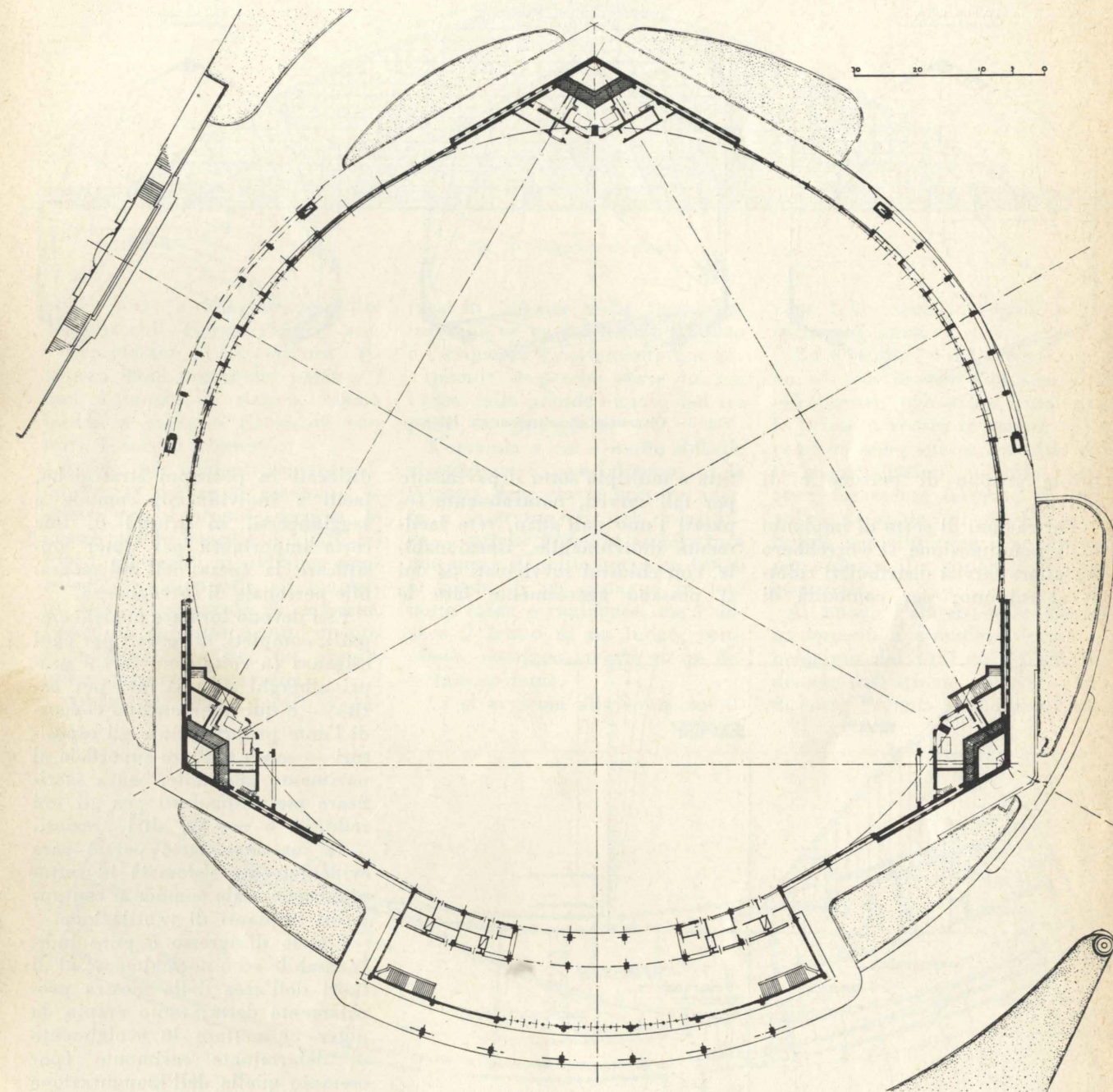


Fig. 7 - Pianta del Palazzo al piano pavimento.

compiere di buon grado e volontariamente quella fatica supplementare.

Il visitatore vuole vedere e vedere il più possibile nel più breve tempo, e in questo va d'accordo con l'espositore che cerca di intasare tutto lo spazio disponibile con un'infinità di roba.

una vista aperta sulla collina o sulle sponde di un fiume?

Quando lo si ritenga necessario potranno essere creati luoghi appositamente attrezzati all'interno o, meglio, all'esterno della mostra, per il riposo, la sosta e permettere così a chi è stanco di riprendere lena in un ambiente li-

vendita dei biglietti) ma ci dovrebbe essere la possibilità di più uscite per comodità e per sicurezza in caso di sfollamento rapido.

Ingressi separati, invece, con percorsi interni diversi e ben delimitati, si renderanno utili nelle manifestazioni a carattere unitario (spettacoli, raduni, ecc.).

Rimane da considerare per ultimo, e lo trattiamo a sè, il complesso problema dei servizi (siano essi distributivi o generali) importantissimo in un palazzo per mostre che raduna un così no-

lefono, acqua potabile, scarichi, e naturalmente i fili, i condotti, le tubazioni non devono minimamente intralciare le sistemazioni vicine e i passaggi del pubblico. Perciò esisterà sempre una rete

In più è indispensabile una rete idrica isolata di emergenza con attacchi particolari in caso d'incendio.

Fra i servizi generali assumono molta importanza quelli igienici

servizi specifici per il funzionamento delle manifestazioni: uffici della mostra e degli organizzatori, uffici di banca, di informazioni, biglietterie, posti telefonici pub-

E passiamo più specificamente al nuovo Palazzo delle Mostre di Torino-Esposizioni.

Una delle domande che più ci è stata rivolta da quando la strut-

E allora si ricomincia daccapo pazientemente, si approfondiscono le indagini, si affina la critica, cadono alcuni presupposti, ne sorgono di nuovi, idee che sembra-

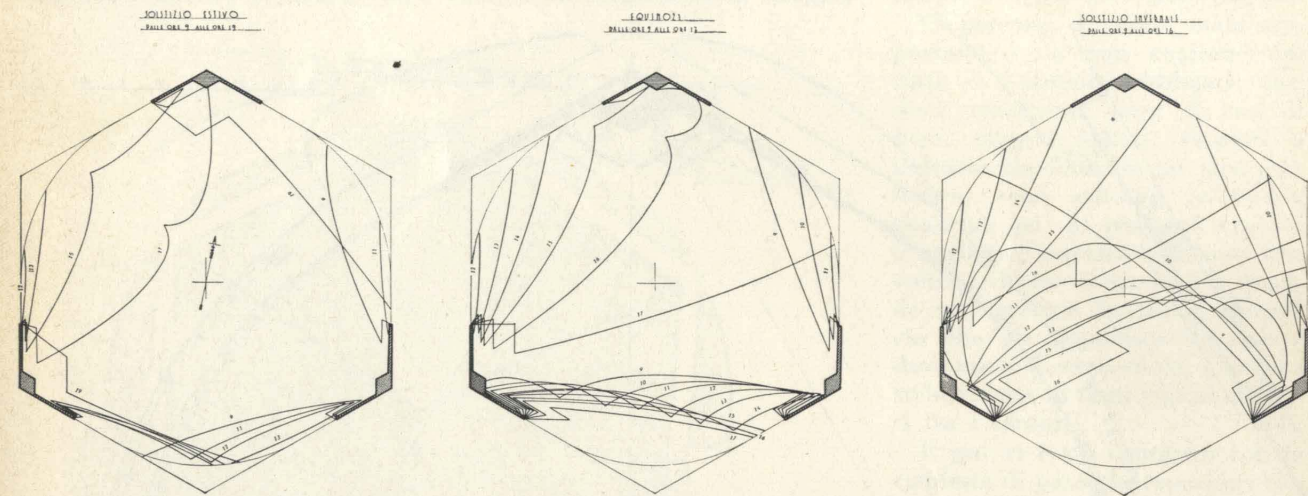


Fig. 8 - Diagrammi di soleggiamento interno.

tevole gruppo di persone e di attività.

Per ragioni di costo di impianto e di manutenzione si vorrebbero installare servizi distributivi ridotti al minimo; per comodità di

fitta e multipla sotto il pavimento per tali servizi, naturalmente separati l'uno dall'altro, rete facilmente individuabile, ispezionabile, con chiusini ravvicinati da cui si possano agevolmente fare le

dislocati in posizioni strategiche, facili a individuarsi, comode a raggiungersi, in gruppi di una certa importanza per poter giustificare la spesa dell'indispensabile personale di sorveglianza.

Essi devono formare nuclei compatti, completi, attrezzati per ogni esigenza (a volte sono veri e propri alberghi diurni) ma, per carità — e qui intervengono concordi l'ente proprietario e gli espositori — senza togliere superficie al pavimento affittabile, senza sacrificare metri quadrati per gli uni redditizi e per gli altri preziosi.

La massima parte perciò sarà evidentemente sistemata in sottopiani, con scale comode e con appositi impianti di ventilazione.

L'atrio d'ingresso è pure indispensabile ed è normalmente al di fuori dell'area della mostra propriamente detta; tanto ampio da poter permettere lo svolgimento di determinate cerimonie (per esempio quella dell'inaugurazione e del ricevimento della autorità) o da servire come luogo di attesa e di ritrovo, oppure ancora come ridotto, foyer, per i passi perduti negli intervalli di particolari manifestazioni.

A cavallo fra l'atrio d'ingresso e il salone delle mostre, sempre a contatto diretto con espositori e pubblico, prima e dopo il posto di controllo dei biglietti, sono i

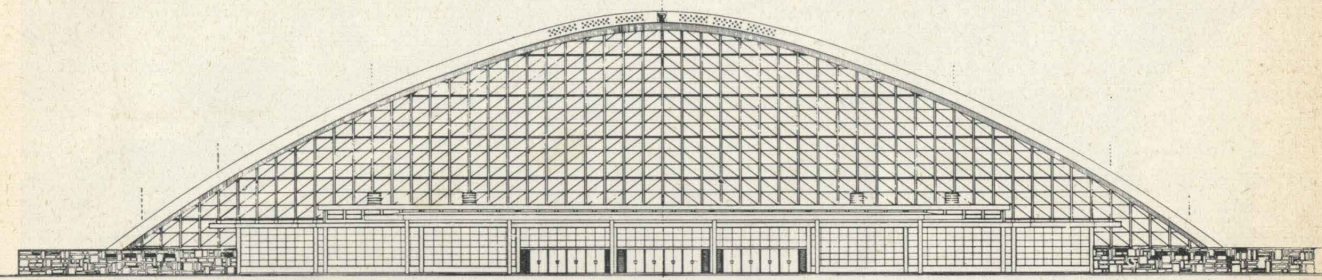


Fig. 10 - Facciata principale.

blici, poste e telegrafo, vendita di tabacchi, giornali, fiori, ecc.

Completano l'attrezzatura richiesta dagli utenti del palazzo i bar, i luoghi di ristoro, tavola fredda e calda o ristorante con tutti i servizi connessi.

Infine, per evidenti ragioni collettive, si dovranno sistemare la saletta per il pronto soccorso, le stanze per le guardie, i vigili del fuoco, gli agenti di pubblica sicurezza, gli elettricisti; gli spogliatoi per il personale di servizio, i locali di deposito, e tutto quanto è indispensabile per un grande assembramento di persone.

Anche per questi locali la pa-

tura fu liberata dalle incastellature che ne nascondevano la linea e l'ampiezza è certamente questa: « quando e perchè sorse in noi l'idea della grande cupola con tre punti di appoggio ».

Domanda a cui è molto difficile rispondere — specialmente se la risposta deve essere breve e adatta a interviste di tipo telegrafico — perchè l'idea in architettura non nasce di solito come un fungo al piede di un castagno in una notte calda e rugiadosa, ma è invece il frutto di un lungo, complesso, continuo lavoro su un determinato tema.

Ci si avvicina alla soluzione fi-

vano felici sono in seguito ripudiate per altre.

Ed è strano — ma forse è umano — che le cose più semplici, più lineari, non siano quasi mai le prime a venire in mente (e se vengono sono spesso scartate) ma si materializzano soltanto dopo aver duramente lavorato di scalpello, di raspa, di sgorbia e di bulino per eliminare il superfluo, per ridurre il complesso al puro essenziale.

Il nuovo Palazzo delle Mostre incominciò a prendere forma al principio del 1957 su un terreno diverso dall'attuale, sempre a lato di corso Polonia (ora corso Unità

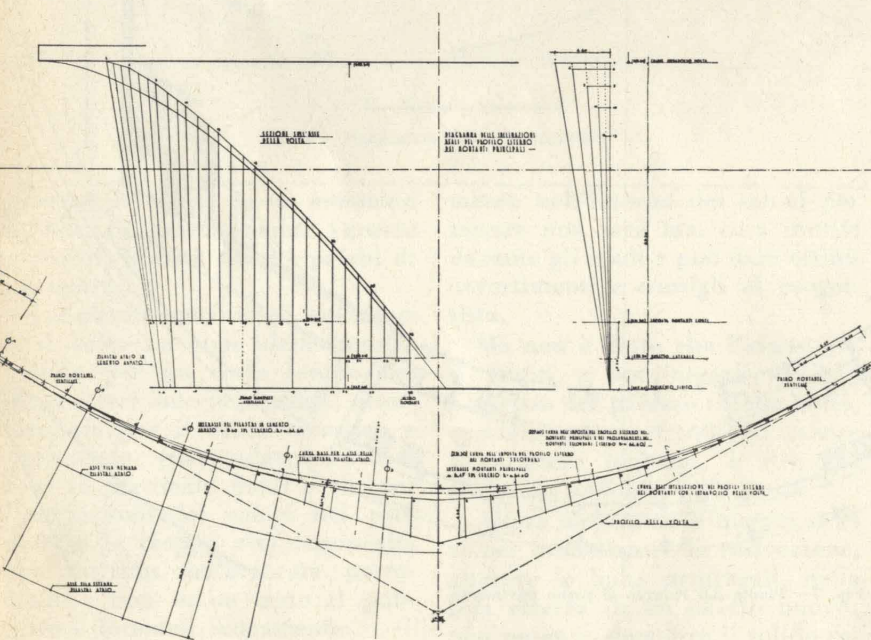


Fig. 9 - Schema geometrico delle vetrate.

esercizio e degli espositori essi dovrebbero essere invece sviluppati al massimo.

In ogni stand ciascuno vorrebbe avere in qualsiasi punto e a portata di mano energia elettrica, te-

derivazioni necessarie dalle morsettiere o dalle saracinesche regolabili (una maglia quadrata di m 10 di lato è di solito considerata sufficiente nella dislocazione dei chiusini).

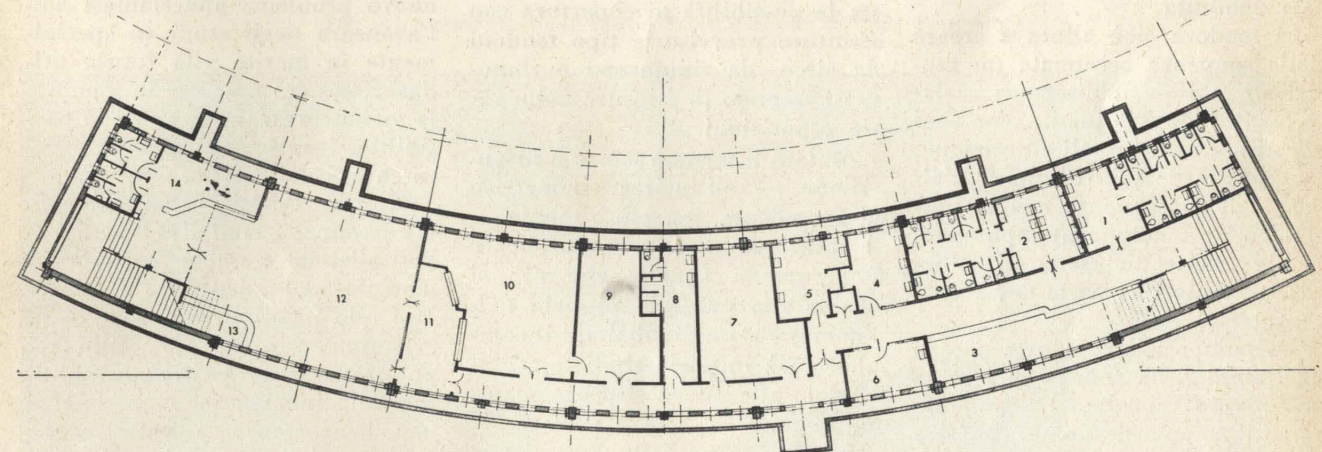


Fig. 11 - Pianta dei servizi sotto l'atrio d'ingresso.

- 1) servizi donne; 2) servizi uomini; 3) guardaroba; 4) barbiere; 5) parrucchiere; 6) saletta di riposo; 7) impianti di riscaldamento e di ventilazione; 8) spogliatoio e servizi del personale del ristorante; 9) dispensa e cantina; 10) cucina; 11) office; 12) sala da pranzo per cento posti; 13) bar; 14) guardaroba e servizi.

rola d'ordine è sempre la stessa: non occupare spazio usabile o affittabile per mostre, non creare intralci allo svolgersi delle svariatissime manifestazioni previste.

nale magari partendo da concezioni completamente opposte, percorrendo strade tortuose, faticose, che a volte girano su se stesse e riportano al punto di partenza.

d'Italia), ma irregolare, stretto, lungo e in abbastanza forte pendenza.

E prese naturalmente una forma ben differente da quella rea-

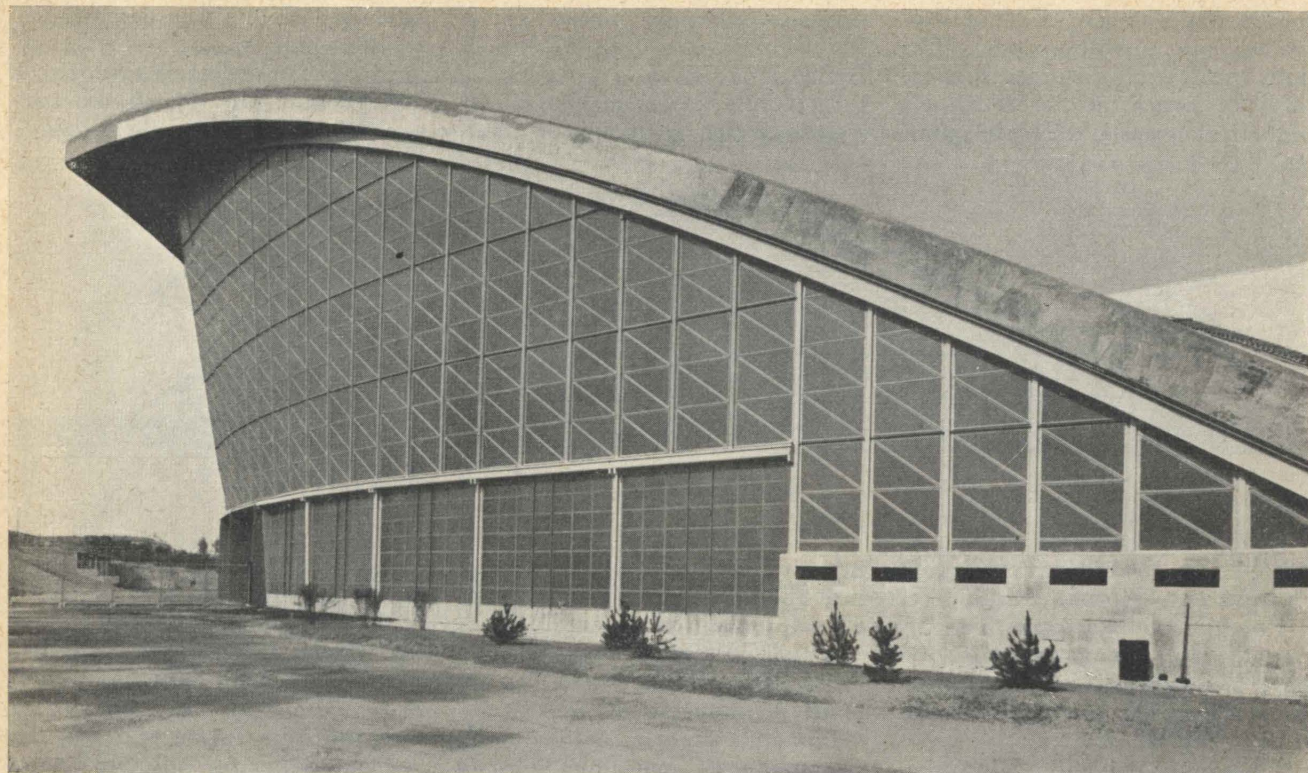


Fig. 12 - Veduta del Nuovo Palazzo (fronte secondario verso via Ventimiglia).

lizzata: una serie di gallerie retangolari, allungate, con diversa orientazione, articolate da due elementi di cerniera (una sala quadrata con volta a crociera e un salone circolare con volta a bacino ondulata) e chiuse da un'altra sala quadrata.

Si tendeva cioè allora a creare nella sequenza accennata un motivo di interesse abbastanza variato già in sede d'impianto, con vani adatti per ogni tipo di esposizione, facilmente separabili l'uno dall'altro, e di conseguenza con la possibilità di tenere contemporaneamente mostre diverse, o di utilizzare soltanto una parte dell'intero complesso.

La composizione aperta faceva da quinta e da fondale e isolava un ampio giardino degradante verso il corso e destinato a mostre all'aperto con padiglioni provvisori da erigersi e demolirsi nel giro di ogni manifestazione.

Naturalmente erano previsti inoltre, ingressi, ristorante, salone per conferenze e tutti i servizi.

Fra le soluzioni allora scartate però ne esisteva già una di forma circolare di m 140 di diametro, con salone anulare continuo, un giardino-mostra centrale (m 80 di

diametro), e appendici per servizi vari.

Il salone anulare avrebbe dovuto essere in massima parte chiuso verso l'esterno, completamente aperto invece verso il giardino circolare interno di cui era prevista la possibilità di copertura con strutture provvisorie tipo tendoni da circo, da rimuoversi e rinnovarsi secondo le esigenze delle varie esposizioni.

Mutato il terreno messo a disposizione — all'incirca simmetrico al precedente, ma più a monte — la soluzione allora più semplice e più comoda (quella che più si adatta alla naturale pigrizia dell'uomo) è stata di ribaltare il complesso già in parte studiato, adattandolo alle nuove esigenze planimetriche.

L'inclinazione delle due gallerie principali definì la forma della più importante cerniera in un salone pentagonale avente però sempre la copertura a cupola circolare ondulata.

L'insieme fu semplificato e la composizione generale divenne — o, meglio, parve divenire — definitiva; il progetto fu approfondito e studiato nei suoi particolari

distributivi, strutturali e anche decorativi.

Ma... esisteva sempre la soluzione circolare che tornava sovente a far capolino — quasi per vendicarsi di essere stata troppo frettolosamente scartata — e a ogni nuovo problema affacciandosi nell'avanzare degli studi (e specialmente in merito alla futura utilizzazione del palazzo) la mente e la mano correivano subito alle possibilità, invero grandi, offerte dal cerchio e dall'anello.

Mostra, infatti, come abbiamo già accennato, vuol dire tutto: dall'esposizione vera e propria al mercato, dal puro fatto spettacolare alle possibilità di raduno di gran numero di persone, dallo scopo prettamente artistico e culturale alla funzione commerciale di una concorrenza a volte anche spietata, dalla messa in valore di piccoli oggetti isolati alla riunione di materiali e di prodotti in grande massa.

Poteva perciò essere un difetto — dato lo scopo da raggiungere — l'aver una sequenza di sale staccate, a diversa composizione planimetrica e volumetrica, più adatte evidentemente per un'esposizione preordinata di determi-

nati « pezzi » di tipo, di massa, di colore e di valore ben definiti a priori (cioè una specie di museo).

Meglio forse avere la stessa superficie distribuita uniformemente su un unico schema ripetuto che non creasse già a priori posizioni-chiave, angoli defilati, cioè in definitiva una disparità di trattamento contraria alla stessa concezione della mostra generica.

E le fondamentali caratteristiche geometriche del cerchio ritornavano con insistenza: unità perfettamente bilanciata, continuità senza fine e senza principio, compattezza planimetrica, massima area rispetto a qualunque altro poligono iscritto, uniformità nei vari settori, amplissime possibilità di sistemazione della superficie, nessuna direzione preferita o danneggiata.

E a un certo momento il cerchio — era fatale! — finì d'imporsi con prepotenza, risolvendo i dubbi che ancora esistevano e offrendo una soluzione ai problemi che si erano andati ammucchiando nei tentativi precedenti.

Ma il travaglio compositivo non era finito.

Alle perplessità già affiorate nei primi tempi circa la composizione e la resistenza del terreno di fondazione, si aggiunse la certezza di

essere di fronte a una situazione quanto mai infida.

I sondaggi avevano rivelato la presenza di un forte strato di terreno di discariche e di riporto molto recente, con spessore variabile da m 7 a m 15, inconsistente in modo assoluto (macerie, detriti vari, argilla, qualche piccola lente di sabbione sciolto e argilloso, limo con ghiaia) e per di più in presenza di acqua corrente, poi un banco abbastanza compatto di ghiaia frammista a sabbia, o di ghiaia e ciottoli, con qualche piccolo strato lenticolare di macigno ma sempre in presenza di acqua a volte anche in pressione.

Lo spessore di questo banco di alluvioni recenti però in un secondo tempo si dimostrò purtroppo insufficiente (da 12 a 20 metri circa) mentre gli strati più profondi rivelarono poi ancora argilla non troppo compatta, dall'azzurro all'ocra, abbastanza plasmabile, senza più variazioni fin oltre i m 50, profondità alla quale i sondaggi vennero conclusi.

Un'altra caratteristica del terreno è risultata l'estrema variabilità della sua composizione stratigrafica, si riscontrarono infatti condizioni diversissime a volte a distanze di pochissimi metri, e questo anche in relazione all'altezza della falda freatica.

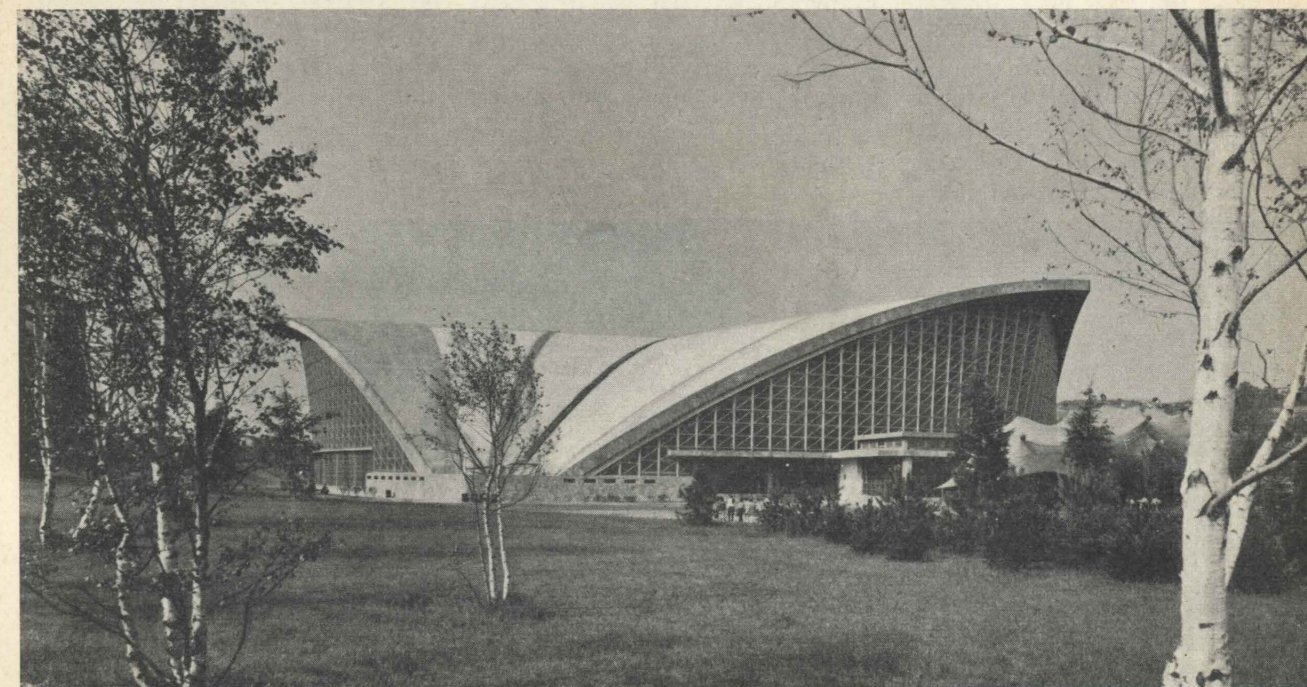
Non è da dimenticare, infatti, che la zona è la cosiddetta di « millefonti » per la presenza di innumerevoli vene e sorgenti sgorganti al vecchio piano di campagna (parecchi metri al di sotto dell'attuale) e si trova all'incirca alla confluenza del Sangone con il Po.

Il problema di carattere strutturale perciò veniva orientato su un vero dilemma: o moltiplicare il numero degli appoggi della costruzione per distribuire il più possibile il carico sul terreno con una pressione unitaria molto bassa e pressochè uniforme, oppure ridurre al minimo il numero degli appoggi onde potere — sempre rimanendo nei limiti di una convenienza economica — curare, correggere e direi quasi preparare e costruire acconciamente in quei pochi punti il terreno atto a fondazione.

La soluzione nel caso della galleria anulare non poteva essere che la prima: data infatti la presenza di due pareti perimetrali circolari continue, era possibile e facile avere due serie di ritti anche abbastanza ravvicinati senza interferire con lo spazio da destinarsi alle mostre.

E infatti il progetto si orientò sull'anello di m 140 di diametro esterno e di m 80 di diametro in-

Fig. 13 - Veduta del Nuovo Palazzo (fronte principale con atrio d'ingresso).



terno, suddiviso in 87 campate uguali, e la struttura — studiata allora dalla Sezione costruzioni e impianti FIAT — era completata da travi precomprese e prefabbricate di m 30 di luce appoggianti sui pilastri perimetrali e portanti il solaio piano di copertura.

Ma, ci chiederete, e la cupola a tre punti di appoggio?

Uno dei fattori principali preposti a dettare legge nell'impianto di un palazzo per mostre — l'abbiamo già visto — è senza dubbio lo spazio; quello spazio che da una parte diventa superficie affittabile agli espositori (e perciò un reddito dell'impresa) e dall'altra acquista funzione di palestra di esibizione e di richiamo per chi espone i suoi prodotti.

Quel cerchio rimasto al centro dell'anello come un giardino, luogo di passeggio e di riposo per il pubblico, usufruibile soltanto saltuariamente per esposizione e ricopribile con sistemazioni forse attraenti dal punto di vista spettacolare, ma sempre provvisorie, fu ben presto messo in stato di accusa perchè considerato come « area persa », una specie di parassita.

E allora nacque il problema della copertura permanente dell'incriminato giardino interno per poter recuperare a scopi espositivi e in modo definitivo e permanente anche quell'area.

Scartata l'ipotesi di seguitare a moltiplicare gli appoggi della nuova costruzione — sarebbe stato in questo caso un assurdo e si sarebbe

persa la magnifica opportunità di avere un vasto salone libero — e forti dell'esperienza, allora recentissima, di Eero Saarinen per l'auditorio del Massachusetts Institute of Technology, ci orientammo subito sul secondo corno del dilemma a cui abbiamo prima accennato e derivante dalle condizioni del terreno di fondazione: cioè ridurre al minimo i punti di appoggio della già vasta copertura, portandoli a tre, i tre punti che in ogni caso definiscono un piano e uno soltanto.

E incominciò ad assumere forma e consistenza la grande cupola: si era al settembre del 1957, poco più di otto mesi dall'inizio degli studi.

Affermato il principio, intravista la possibilità di realizzazione, era naturale e umano che la cupola, nata come elemento secondario e complementare di una sistemazione ad anello, prendesse poco per volta il sopravvento diventando l'elemento principale a scapito della galleria anulare che, sempre più ridotta in ampiezza, finì poi per scomparire totalmente.

In questo processo evolutivo — lo possiamo affermare in perfetta coscienza — non c'è mai stata in modo assoluto per parte nostra la ricerca di un record, di un primato fine a se stesso, del superamento in dimensioni di quanto altri avevano già fatto: entro i limiti planimetrici fissati è stata soltanto la forma spaziale più semplice e più libera che si è imposta direi quasi automatica-

mente alla forma più involuta e costretta.

L'« opale » sul Charles River di Saarinen non ha certo il suo pregio principale nella cinquantina di metri di lunghezza del lato del triangolo equilatero di base, la bellezza di quella costruzione è ben altra: sta nella leggerezza della semplice volta a vela tesa su un ottavo di sfera, purtroppo visibile soltanto all'esterno dell'edificio, leggerezza tanto accentuata da essere paragonata dall'ingenuità primitiva e alquanto spregiudicata degli americani a un cappellino a calotta per signora, o alle mutandine di un bambino lattante.

Nata sulla base circolare la nostra volta doveva rimanere su tale base per non perdere gli indubbi vantaggi offerti dal cerchio, doveva perciò avere pennacchi a sbalzo che permettessero di passare agevolmente dal triangolo equilatero definito dagli appoggi, al cerchio definito dai limiti del salone, con diametro interno stabilizzato nella dimensione di m 130.

La copertura perciò non poteva essere individuata da una volta semplice ma doveva essere interpretata piuttosto come una volta composta o una cupola, e nella soluzione primitiva esistevano archi portanti correnti secondo il perimetro cilindrico e secondo i piani verticali aventi per traccia le corde principali, e — riprendendo la frase di una nostra relazione di allora — « le superfici comprese fra un arco e l'altro sono tutte superfici rigate (generabili

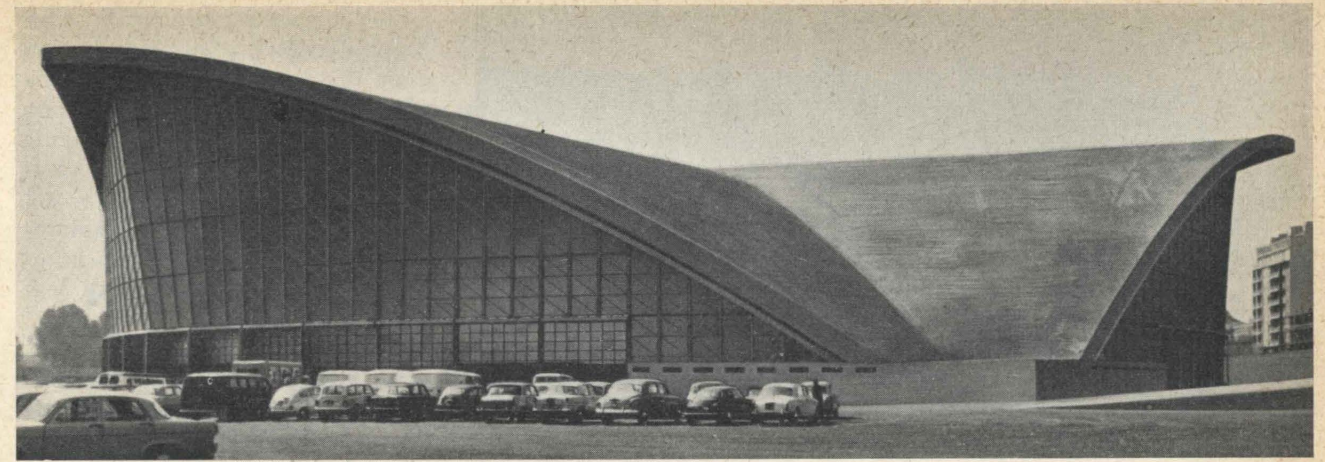


Fig. 15 - Veduta del Nuovo Palazzo (fronte verso nord-est).

da una retta scorrente sulle direttrici) e cioè porzioni di volte a botte strutturalmente ben definite e praticamente abbastanza facilmente realizzabili ».

Per ragioni contingenti — che sarebbe troppo lungo ricordare — l'appalto-concorso bandito nel marzo 1959 e limitato alla sola struttura della cupola, venne poi impiantato su un'altra soluzione, diciamo così obbligata, da noi pure studiata all'ultimo momento (dicembre 1958) e avente sempre il diametro di m 130, però con sei appoggi.

Il ritorno — possiamo ora dire, fortunato ritorno — al tipo a tre appoggi fu dovuto alla proposta fatta in sede di appalto e in alternativa dall'Impresa Guerrini sul nostro progetto primitivo e dimostratosi in ultima analisi (come era prevedibile) ancora la più economica.

La soluzione strutturale finale fu quindi ancora semplificata dai calcolatori, rispetto a quelle che erano le nostre prime previsioni, con l'adozione della doppia lamina nervata già sperimentata per la grande volta (questa però semplicemente triangolare e senza sbalzi) del Salone parigino del Centro Nazionale delle Industrie e della Tecnica al Rond-Point de la Defense; e di questa soluzione strutturale vi parlerà più specificamente il prof. Levi.

La formula-base del Palazzo delle Mostre che per quanto abbiamo già detto può essere riassunta in « spazio + servizi » venne così da noi risolta con il grande

salone circolare di m 130 di diametro completamente libero e utilizzabile (superficie di mq 13.300 circa).

Presso i tre punti di appoggio della cupola (uscenti, per altro, fuori dal limite circolare interno, il diametro del cerchio circoscritto essendo di m 150) dove per evidenti ragioni strutturali l'altezza della copertura si avvicina troppo al pavimento del salone e rende difficile o impedisce completamente il passaggio del pubblico e il montaggio dei posteggi, sono stati installati tre importanti gruppi di servizi in parte al piano del pavimento e in parte a livello più abbassato.

Si sfruttano così altri 600 mq coperti, altrimenti in pratica inutilizzabili, portando in cifra tonda la superficie del salone a 14.000 mq.

Nelle sistemazioni angolari sono stati pure ricavati oltre alla centralina elettrica, gli impianti di riscaldamento del salone composti di sei gruppi di emissione di aria calda con potenzialità di 500.000 calorie/ora ciascuno.

Fra la doppia lamina della cupola (lo spessore completo è di m 1,30) è contenuto uno spazio di m 1,15 di altezza media completamente praticabile — appositi passi d'uomo forano tutte le nervature — in cui è stata stesa tutta la rete elettrica per l'illuminazione del palazzo e per l'impianto elettroacustico. Sono stati installati 90 gruppi di tre lampade da 1000 watt, per un totale di 270 KW.

La camera d'aria fra le due solette serve anche ottimamente per impedire la condensa nell'interno

del salone, e 15 sfiatatoi praticati nell'estradosso garantiscono un sufficiente ricambio d'aria reso più attivo attraverso i 90 fori posti in chiave delle volte all'intradosso in corrispondenza dei gruppi di illuminazione.

L'altezza massima della cupola in chiave è di m 29 all'esterno e m 27,70 all'interno.

Aderente alla fronte orientale verso sud si sviluppano l'atrio di ingresso (mq. 800) con gli uffici delle mostre e i servizi generali annessi.

Sotto l'atrio trovano posto l'albergo diurno, il ristorante e un'altra centralina di riscaldamento.

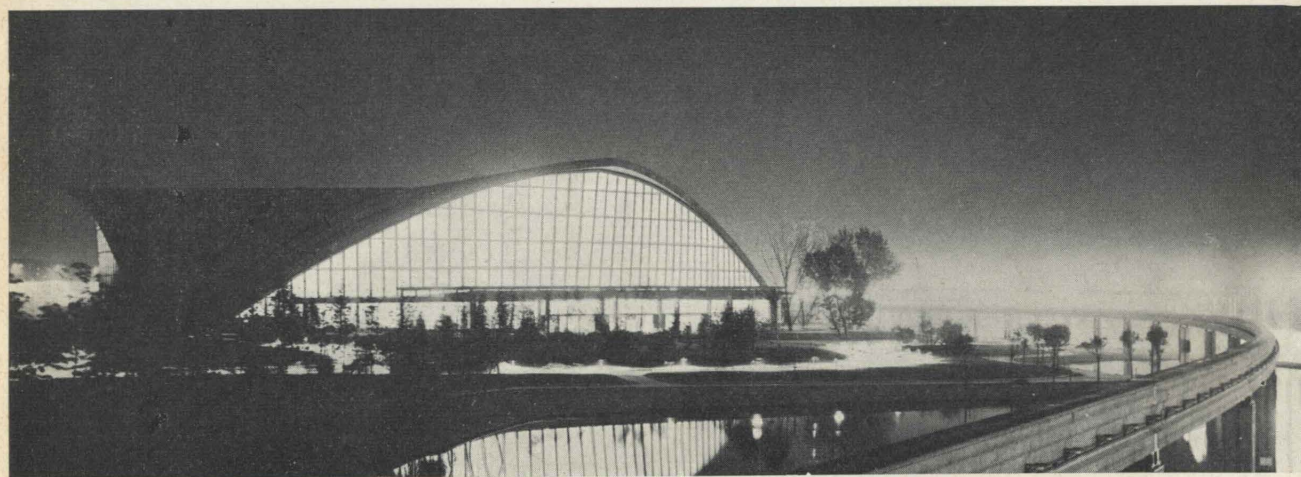
Ogni gruppo di servizi ha un impianto autonomo di ventilazione.

Ma vi sono ancora due argomenti sui quali conviene soffermarsi: il primo riguarda le vetrate perimetrali, e il secondo la possibilità di aumentare la superficie utilizzabile con la creazione di gallerie interne anulari.

Necessità derivanti dal calcolo hanno portato la convenienza di ampliare le visiere sulle vetrate, da noi previste in un primo tempo curve, fino a formare vere e proprie cuspidi, e così la pianta della copertura invece di essere circolare con lunette sporgenti, divenne esagonale.

La variante avrebbe certamente troppo appesantito la volta da un punto di vista estetico, inconveniente a cui fu ovviato (con soluzione originale di mio padre) inclinando in alto e verso l'esterno le vetrate onde diminuire gli sbalzi liberi in cemento armato.

Fig. 14 - Veduta del Nuovo Palazzo (fronte principale).



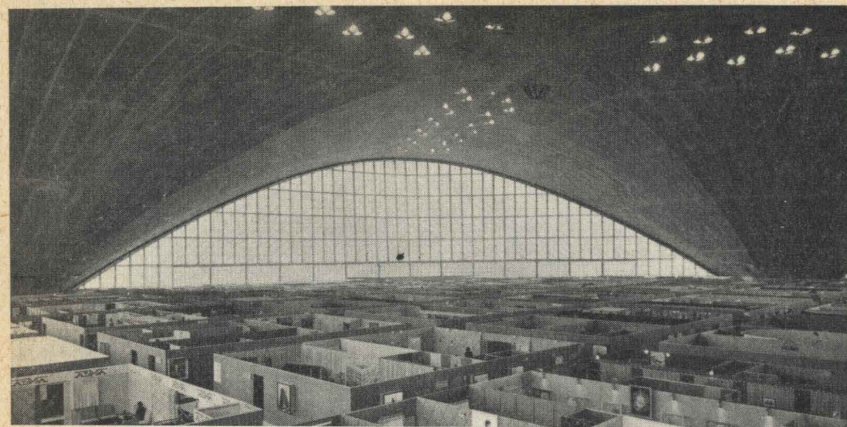


Fig. 16 - L'interno del Palazzo utilizzato dal SAMIA.

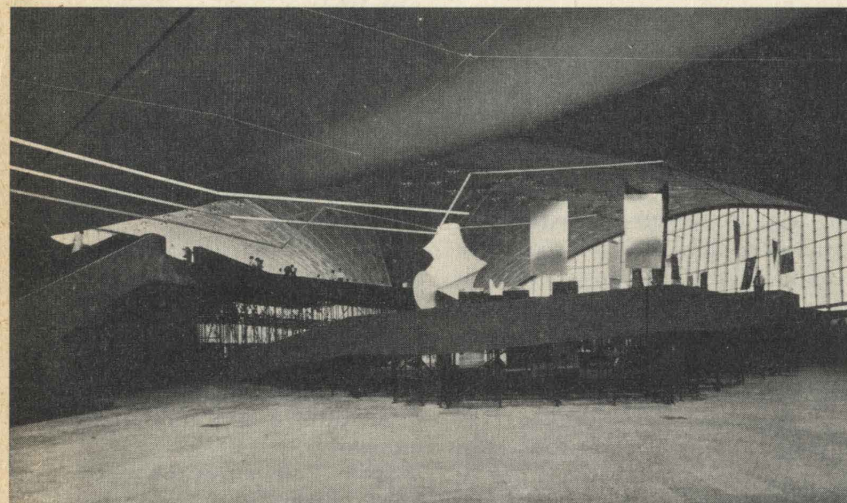


Fig. 17 - L'interno del Palazzo utilizzato dalla Mostra della Moda Stile e Costume.

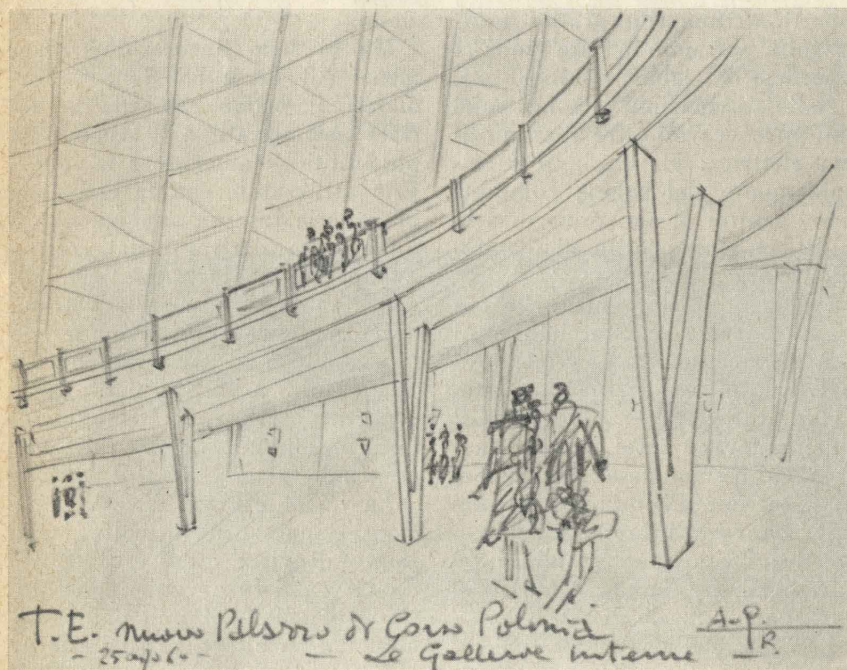


Fig. 18 - La soluzione per le gallerie interne.

Così le pareti perimetrali, interamente a vetri, partono dalla verticale presso gli appoggi e insensibilmente, senza alcuna soluzione di continuità, seguendo una superficie elicoidale, si inclinano sempre più fino a raggiungere nel montante di centro uno strapiombo di m 4,60, e aumentano notevolmente l'effetto spaziale di leggerezza del complesso.

I montanti però con tale soluzione risultano sghembi fra loro e si rese quindi indispensabile ridurre i vetri da rettangolari a triangolari inserendo le diagonali che dominano il ritmo di ogni vetrata e formano, oltre tutto, una ottima controventatura.

Il problema delle gallerie interne è nato invece dalla ricerca di aumentare ancora il già grande spazio per esposizione.

Costruibili in un secondo tempo senza alcun inconveniente e senza interessare minimamente le strutture portanti della volta e delle vetrate, sono anulari, su pilastri a V, hanno m 15 di larghezza con il piano di calpestio a m 6 circa sopra il pavimento principale del salone; si sviluppano simmetricamente sui due lati opposti a quello dell'atrio d'ingresso per una superficie totale di circa 4000 metri quadrati, e possono anche offrire al pubblico posti adatti per una visione panoramica dell'intero salone non certo da sottovalutare ai fini spettacolari.

Per chiudere, e tanto per dare un sia pur grossolano termine di confronto alla vastità dell'opera, accennerò che sotto la cupola del nuovo complesso di Torino-Esposizioni ci starebbe abbondantemente tutto il Largo Vittorio Emanuele (quadrato di m 120 di lato) all'incrocio dei corsi Vittorio e Galileo Ferraris, con le facciate porticate dei palazzi che lo recingono, gli alberi e il monumento; soltanto la statua del primo Re d'Italia svetterebbe poggiando i piedi sulla chiave della cupola.

E mi pare che questo casuale incontro possa essere di augurio per un'opera pensata, voluta e realizzata nella sua massima parte esclusivamente da torinesi.

Giorgio Rigotti

Il nuovo Palazzo delle Mostre di Torino Esposizione

Impostazione del problema strutturale

FRANCO LEVI descrive le principali caratteristiche della volta di copertura del Nuovo Palazzo delle Mostre in Corso Unità d'Italia a Torino. Modalità esecutive. Cenni sui calcoli di verifica.

A fianco degli edifici destinati ad accogliere le esposizioni allestite in occasione del centenario dell'Unità, è sorto nella zona di Torino denominata « Italia '61 », fra il corso Unità d'Italia e la via Ventimiglia, un nuovo grande Palazzo delle Mostre, costruito dall'Impresa Gastone Guerrini di Torino per conto della Società « Torino Esposizioni », nel quale si svolgeranno nei prossimi mesi alcune importanti manifestazioni celebrative. Sono lieto, nel quadro dell'attuale numero destinato ad illustrare le nuove costruzioni torinesi, di presentare una breve descrizione tecnica della cupola che costituisce l'elemento essenziale di tale opera.

Caratteristiche generali della volta

La volta del Palazzo di Corso Unità d'Italia ha fatto oggetto, nell'autunno del 1959, di un concorso appalto impostato su un progetto base dei proff. ingg. Annibale e Giorgio Rigotti. La copertura prevista era costituita da una cupola su sei punti di appoggio formata dalla sovrapposizione di tre ordini di archi sormontati da una cupoletta molto ribassata. Gli archi, primitivamente previsti sfalsati di 30° fra un ordine e il successivo, erano stati in seguito disposti « in fase » e cioè con i vertici sovrapposti situati nello stesso piano diametrale.

Invitato dall'Impresa Gastone Guerrini di Torino a risolvere staticamente la volta oggetto dell'appalto, chi scrive ritenne di proporre, a fianco della soluzione di concorso, nella quale si doveva necessariamente prevedere una orditura portante formata da nervature in vista, un'altra soluzione di tipo autoportante nella quale tutti gli elementi strutturali fossero fusi nella stessa volta di copertura. A tal fine, scartate le soluzioni miste di ogni tipo (acciaio-copertura leggera; acciaio-

calcestruzzo; calcestruzzo-laterizio) si ricorse ad una volta scatolare liscia in cemento armato poggiante su tre punti che si pensò di realizzare estendendo ad una copertura di forma poligonale il procedimento costruttivo usato a Parigi per la costruzione del Palazzo su pianta triangolare del « Centre National des Industries Techniques » (C.N.I.T.). Il passaggio dal triangolo all'esagono regolare si poteva infatti conseguire mediante aggiunta sui tre lati di tre grandi sbalzi. Il passaggio dai sei ai tre punti di appoggio era giustificato, oltre che da motivi estetici e da considerazioni funzionali attinenti all'ingombro a terra, dal richiamo ad un antecedente studio degli arch. Rigotti. Trattandosi tuttavia di realizzare una costruzione di dimensioni eccezionali, e non potendo disporre

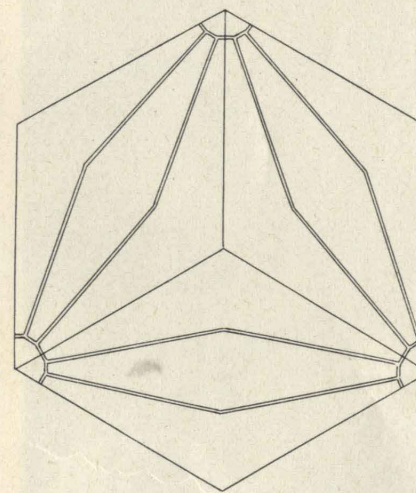


Fig. 1.

del tempo necessario per lo svolgimento di prove su modelli in scala ridotta, si decise di chiedere a Nicolas Esquillan, calculatore dello C.N.I.T. e Direttore tecnico dell'Impresa Boussiron di Parigi, di collaborare alla stesura del progetto e alla messa a punto della programmazione esecutiva.

La volta, quale risultò dalla col-

laborazione così impostata, è costituita nel suo insieme da tre grandi archi di larghezza fortemente variabile, ruotati l'uno rispetto all'altro di 60° onde realizzare una copertura a forma esagonale (fig. 1). La larghezza degli archi, misurata in direzione perpendicolare al piano verticale congiungente gli appoggi, varia da 4,618 m all'origine della fibra media a 75 metri in chiave. L'espansione degli archi forma così verso l'esterno sulle tre facciate del palazzo tre grandiosi sbalzi di 37 m 50 che costituiscono indubbiamente la più originale caratteristica della volta (fig. 2). Verso l'interno dell'esagono l'allargamento degli archi li porta invece a congiungersi con i due archi adiacenti lungo due raggi facenti fra loro un angolo di 120°. La luce teorica degli archi (pari alla corda della circonferenza passante per gli appoggi) è di m 122, la monta di m. 29,65. La circonferenza circoscritta all'esagono ha un diametro di m 150.

La fig. 3 rappresenta la sezione trasversale corrente di un arco. Vi si nota la forma scatolare, realizzata a mezzo di due solette e di nervature verticali. Lo spessore totale, misurato ortogonalmente alla linea media è ovunque pari a 1 m 30. Fra le solette è compresa una intercapedine praticabile entro la quale trovano posto gli impianti di ogni tipo (ventilazione, illuminazione, riscaldamento, ecc.). Tale intercapedine svolge inoltre una importante funzione di isolamento termico. In tutta la zona centrale della copertura, e fino ad una quindicina di metri dalle imposte, le due solette hanno uno spessore di soli 6 cm. Ne risulta una intercapedine di 1, m 18. Più in basso, lo spessore delle solette aumenta gradualmente fino a raggiungere 40 cm alle imposte.

La fig. 4 rappresenta la distri-

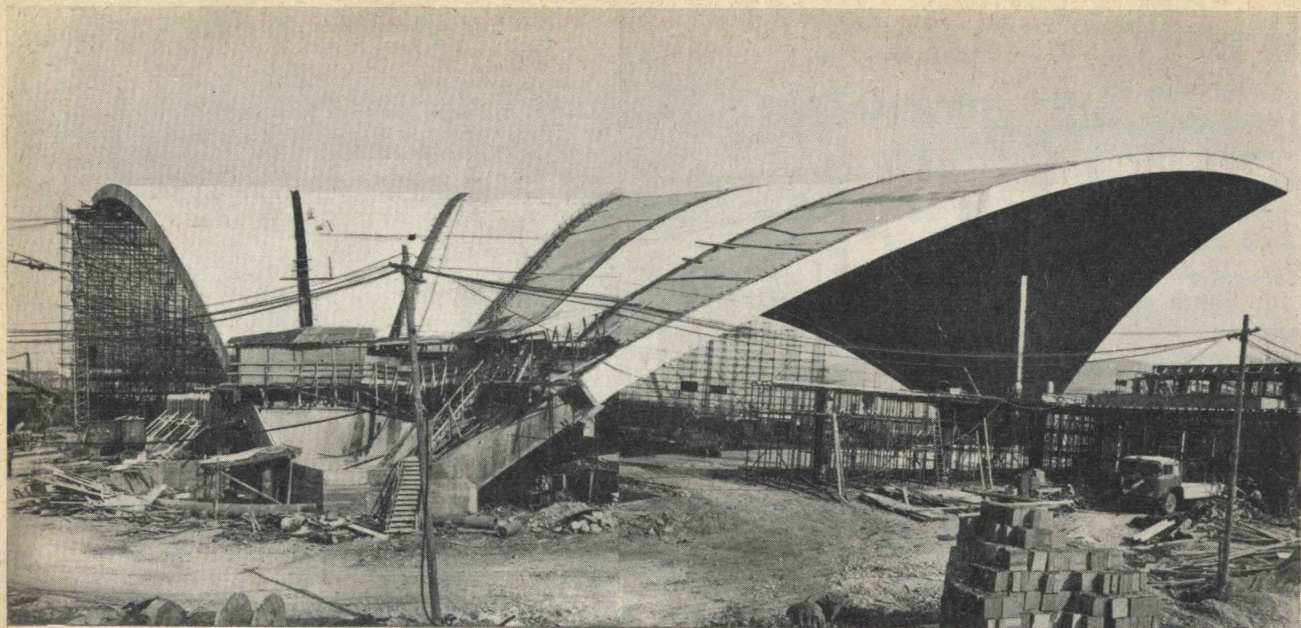
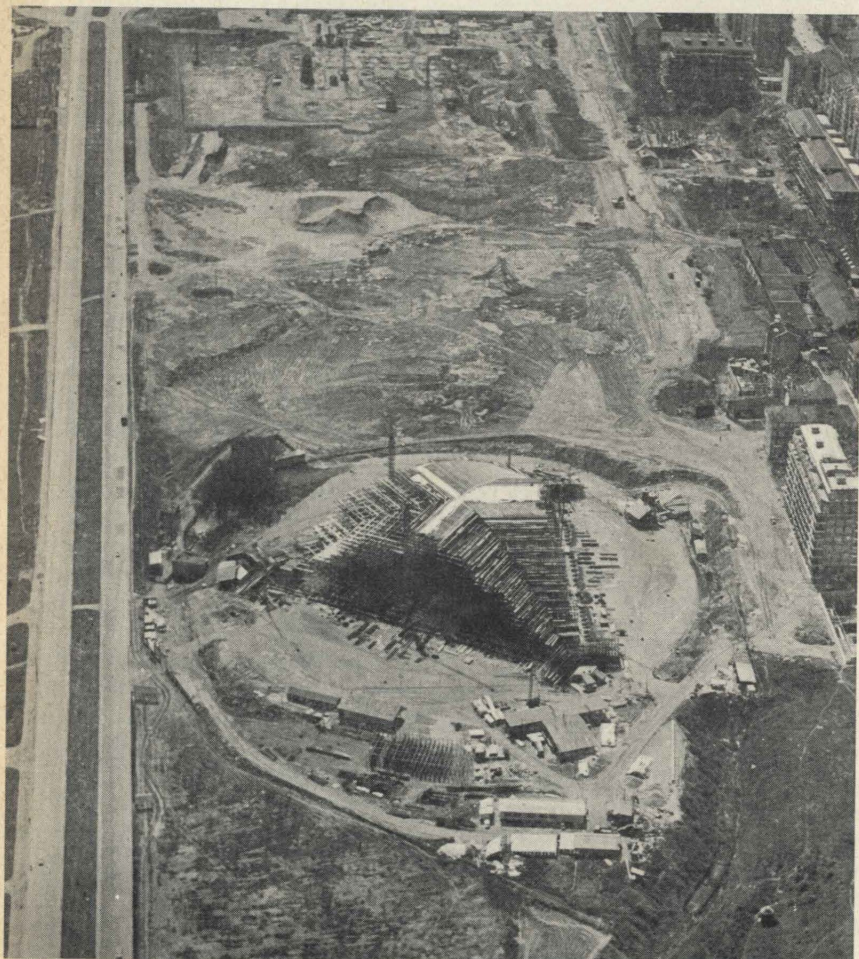


Fig. 2.

buzione delle nervature di collegamento fra le due solette. Si hanno due ordini di nervature: una serie di « timpani » trasversali all'interasse di 12 m 20 l'uno dall'altro (misurato in proiezione

Veduta aerea del cantiere durante l'esecuzione del 1° fuso.



orizzontale), una serie di « anime » longitudinali ad interasse variabile la cui distanza mutua rimane inferiore a 4 m. Per le ragioni statiche che illustreremo più avanti, il timpano di chiave assume una particolare importanza; donde la sua sezione rinforzata (fig. 5) e la presenza nel suo interno di grossi cavi pretesi.

Fra le tre imposte della volta sono disposti tre tiranti in acciaio duro destinati ad assorbire parte della spinta orizzontale. La posizione in pianta dei tiranti è visibile sulla fig. 6. La fig. 7 è una sezione longitudinale della volta, effettuata in corrispondenza di un tirante; si osservi la variazione graduale dello spessore delle solette e la posizione in elevazione dei timpani trasversali e dei tiranti. In prossimità della spalla, si nota la presenza di un giunto affiancato da due forti nervature trasversali: si tratta dell'alloggiamento destinato a contenere i martinetti di disarmo.

Infine la fig. 8 rappresenta schematicamente le fondazioni che sono costituite da cassoni autoaffondanti di altezza compresa fra 9 e 12 metri, a seconda delle condizioni del sottosuolo, ed aventi in pianta forma quadrata con lato di m 13. I cassoni comportano una crociera di rinforzo e sono

chiusi inferiormente da un tampono dello spessore di 3 metri poggiante su un fondo ghiaioso rinforzato mediante iniezioni. Alla parte superiore, le pareti sono collegate da una soletta fortemente

chi sghembi verso l'esterno che completano l'esagono. Tali ultimi archi fuoriescono completamente dall'allineamento dei tiranti e costituiscono i tre sbalzi di cui si è detto, unitamente alla metà ester-

tudinali lungo le linee di contatto fra i fusi. È importante aggiungere subito che in ciascuna delle tre fasi assumeva un ruolo di primo piano la presenza del timpano di chiave destinato a raccogliere le

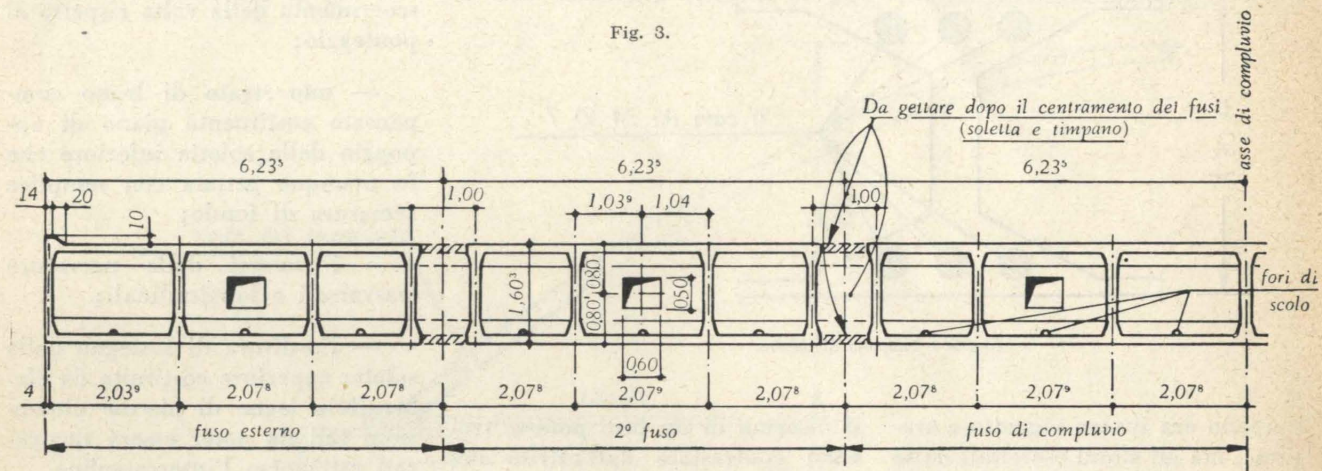


Fig. 3.

armata su cui poggiano le imposte.

Fasi esecutive.

Come vedremo più avanti, la caratteristica statica essenziale degli archi a raggiera che costituiscono la volta del palazzo delle Mostre è che ciascun spicchio ritagliato dalle anime longitudinali funziona come funicolare del proprio peso se dispone in chiave di un timpano capace di assorbire la componente trasversale della spinta.

Le modalità esecutive adottate si fondano precisamente sullo sfruttamento di tale proprietà che consente di scomporre la costruzione in fasi successive, con possibilità di riutilizzare più volte caseri e ponteggi. Le fasi esecutive prescelte sono chiaramente illustrate nei quattro schizzi di fig. 9. Dopo l'affondamento dei cassoni e la posa in opera dei tiranti (fig. 9a) si è eseguito un primo « fuso » a forma di stella a tre punte che può considerarsi formato da tre elementi di arco ad asse sghembo verso l'interno affiancati lungo tre raggi facenti fra loro angoli al centro di 120° (figura 9b). Il secondo « fuso » è invece costituito da tre archi retti, centrati sui tiranti (fig. 9c). Infine il terzo « fuso » comporta tre ar-

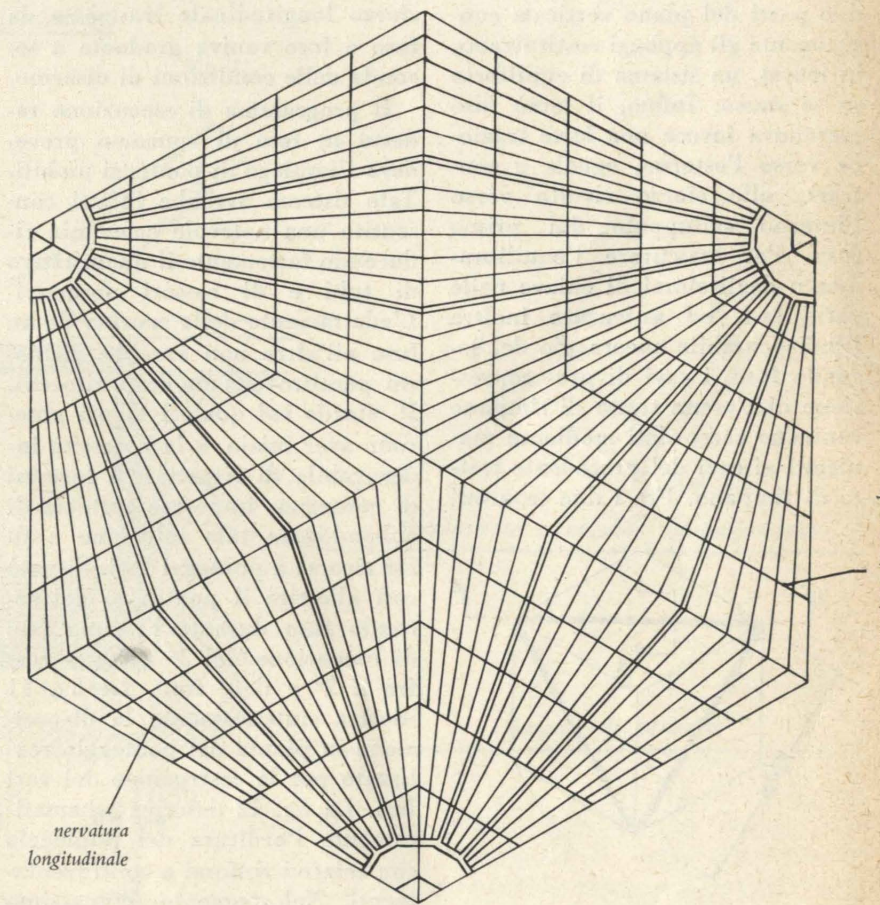


Fig. 4.

na del secondo fuso. La divisione in fusi è anche chiaramente visibile nella fig. 4 dove si nota il raddoppio delle nervature longi-

componenti trasversali delle spinte. Nella fig. 9 il tratto di timpano di chiave eseguito in ciascuna fase è segnato con tratto rinforzato.

Per il primo fuso, sghebo verso l'interno, il timpano assorbiva sforzi di compressione rivolti in dentro ed equilibrantisi al centro della volta. Nel secondo fuso il

programma di messa in tensione dei cavi poteva così essere adeguato alle fasi successive del disarmo. Una precauzione complementare consisteva nell'evitare che

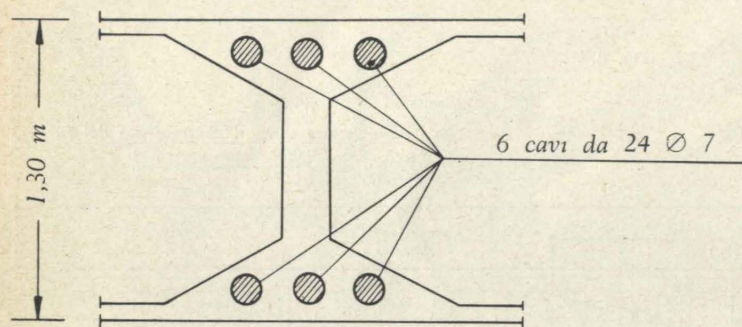


Fig. 5 - Timpano di chiave.

timpano era invece soggetto a trazione, ma gli sforzi esercitati dalle due metà dell'arco situato dalle due parti del piano verticale congiungente gli appoggi costituivano, in teoria, un sistema di equilibrio su se stesso. Infine, il terzo fuso esercitava invece una forte trazione verso l'esterno, eguale e contraria allo sforzo rivolto verso l'interno sviluppato dal primo fuso. Per assicurare l'equilibramento degli sforzi di chiave nelle varie fasi, ed assicurare inoltre l'indispensabile ancoraggio del secondo fuso, i cavi di precompressione di ciascun tratto di timpano venivano raccordati mediante manicotti ai cavi del precedente tratto di timpano. Fra i due tronconi

il disarmo di un fuso potesse trovarsi contrastato dall'attrito dei rulli; a tal fine l'intensità dello sforzo longitudinale trasmesso da fuso a fuso veniva graduata a seconda delle condizioni di disarmo.

Il programma di esecuzione redatto in fase di concorso prevedeva l'impiego di ponteggi mobili. Tale sistema avrebbe infatti consentito una notevole economia riducendo fortemente il quantitativo di tubi e di casseri necessari. L'adattamento della centina da un fuso all'altro non avrebbe richiesto peraltro che modesti ritocchi. Il ritardo col quale i lavori poterono aver inizio, e la necessità inderogabile di rispettare i termini di consegna, imposero tuttavia di abbandonare tale soluzione e di far ricorso a ponteggi fissi. Si poté così allestire il ponteggio del secondo fuso durante l'ultima fase di esecuzione del 1° fuso; e così fra il 2° e il 3° fuso. La fig. 11 illustra sinteticamente la disposizione in pianta del ponteggio realizzato per la costruzione dei vari fusi. La fig. 12 descrive schematicamente l'orditura del ponteggio con relativi rinforzi e controventamenti. Nel momento di massimo impegno, si ebbero sul cantiere fino a 700.000 ml di tubi, parte da 60 mm (orditura generale di sostegno), parte da 48 mm (manto di appoggio dei casseri e sottostanti rinforzi).

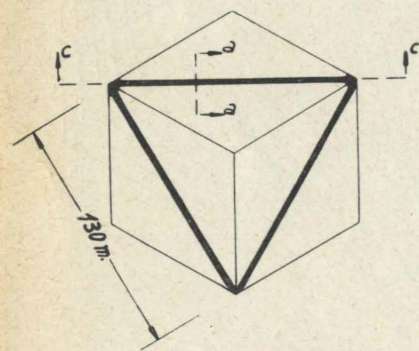


Fig. 6.

di timpano veniva inoltre interposta una serie di rulli in acciaio capaci di trasmettere lo sforzo normale senza creare alcuna solidarietà tangenziale (fig. 10). Il

Al disopra del manto in tubi venivano disposti in ordine successivo:

- una serie di tavolette di 11×3 cm posate di costa che dovevano, all'atto del disarmo, consentire, mediante ribaltamento, lo scorrimento della volta rispetto al ponteggio;
- uno strato di legno compensato costituente piano di appoggio della soletta inferiore che fu ovunque gettata con semplice armatura di fondo;
- i casseri delle nervature trasversali e longitudinali;
- l'orditura di sostegno della soletta superiore costituita da elementi in legno di piccole dimensioni tali da poter essere recuperati attraverso l'intercapedine.

venivano disposti in ordine successivo:

— una serie di tavolette di 11×3 cm posate di costa che dovevano, all'atto del disarmo, consentire, mediante ribaltamento, lo scorrimento della volta rispetto al ponteggio;

— uno strato di legno compensato costituente piano di appoggio della soletta inferiore che fu ovunque gettata con semplice armatura di fondo;

— i casseri delle nervature trasversali e longitudinali;

— l'orditura di sostegno della soletta superiore costituita da elementi in legno di piccole dimensioni tali da poter essere recuperati attraverso l'intercapedine.

Ecco peraltro l'ordine seguito nei getti: a) getto della soletta inferiore in forma di riquadri trapezi compresi fra due timpani e due anime; b) dopo maturazione a ritiro non contrastato della soletta inferiore, scalpellatura delle superfici di ripresa e getto successivo dei timpani trasversali e delle anime longitudinali (entro i quali venivano riservati gli appositi passi d'uomo); c) getto della soletta superiore, previa scalpellatura delle riprese. Nel getto venivano lasciati alcuni giunti di ritiro che venivano chiusi dopo alcuni giorni.

La granulometria dell'impasto impiegato aveva fatto oggetto prima dell'inizio dei lavori di ricerche accuratissime. Si trattava infatti di ottenere un calcestruzzo ad alta resistenza, caratterizzato da debole ritiro e suscettibile di fornire un intradosso di buon aspetto estetico, pur essendo vibrato solo dall'alto. Si accertò così che la granulometria più adatta era del tipo « discontinuo », onde ottenere un impasto poco maneggevole, suscettibile di non rifluire ai lati dei vibrator pneumatici e capace di sopportare una vibrazione prolungata che conferiva alla superficie inferiore un ottimo aspetto. Il dosaggio degli impasti per solette e nervature fu fissato

in 350 Kg/m^3 di cemento tipo 680. Le resistenze raggiunte furono mediamente di 480 Kg/cm^2 a 7 gg, 560 Kg/cm^2 a 28 gg. La dispersione dei risultati a 28 gg è risultata modesta: scarto quadratico medio dell'ordine del 12 %.

per la fabbricazione delle reti era stato predisposto in cantiere). Le solette, superiore e inferiore, comportavano inoltre un'armatura pretesa distribuita costituita da tondini $\varnothing 10 \text{ mm}$ ad alta resistenza rivestiti di pa-

archi, una compressione trasversale destinata ad assicurare l'impermeabilità della copertura nella zona corrente compresa fra i giunti fra i fusi. La messa in tensione, effettuata prima del disarmo, avveniva mediante afferraggio di un

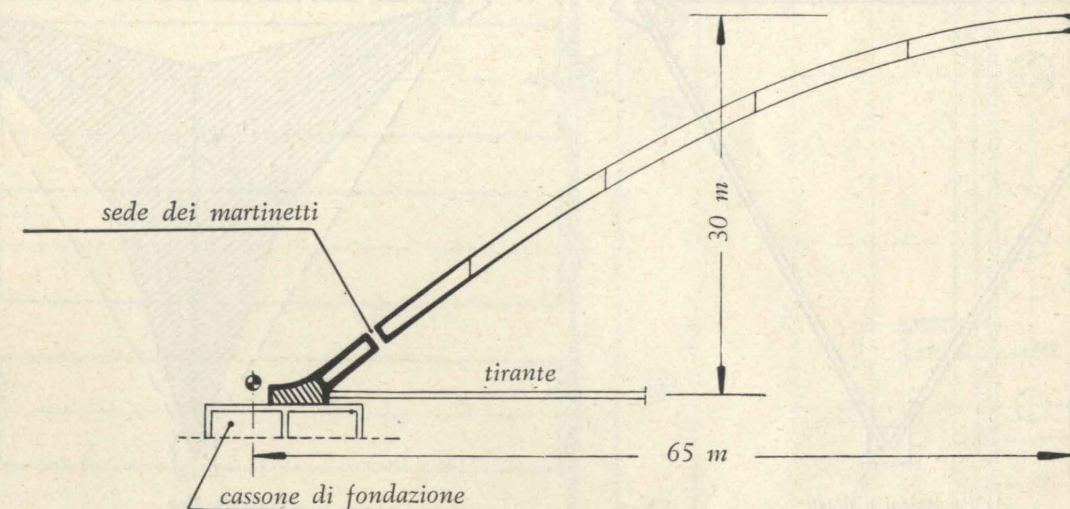


Fig. 7.

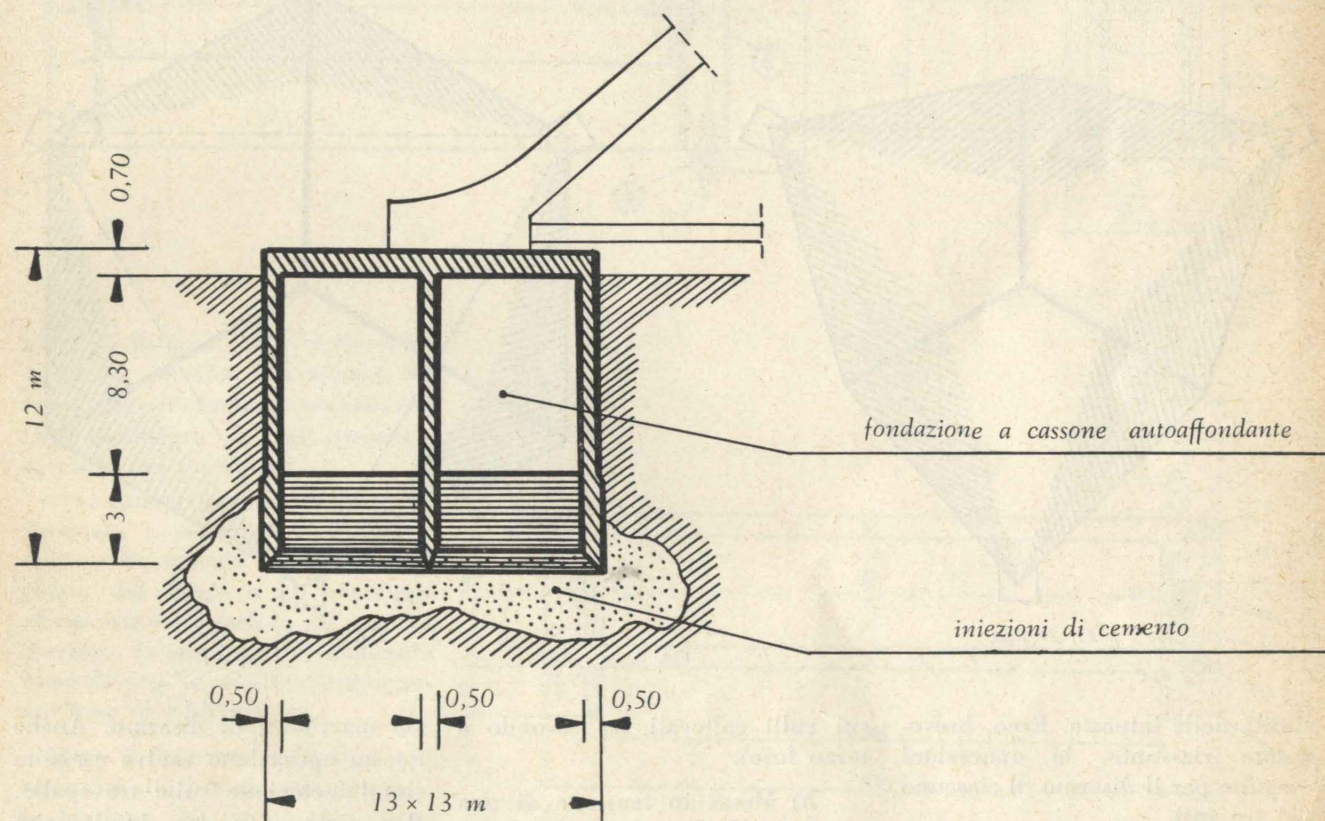


Fig. 8.

L'armatura delle solette è stata realizzata a mezzo di reti saldate formata da fili $\varnothing 5$ di acciaio Aq 50 saldato per punti (un apposito impianto meccanizzato

raffina e avvolti in un involucro di plastica. Scopo essenziale di tale precompressione era di conferire alla soletta, già compressa nel senso della fibra media degli

bottoni filettati infilati sul tondino e contrastante su una testina ribattuta (cfr. fig. 13).

Un cenno ora alle operazioni di disarmo. Ciascun « fuso » della

copertura fu disarmato mediante azione combinata sui tiranti di base e sui martinetti disposti entro gli appositi giunti previsti in pros-

tima operazione è stata eseguita per il 50 % prima del disarmo, per il secondo 50 % a metà disarmo, ad evitare un eccessivo attrito

rie tappe, alternando l'azione sui tiranti di base e l'intervento sui martinetti di disarmo.
c) Prima fase di forzamento

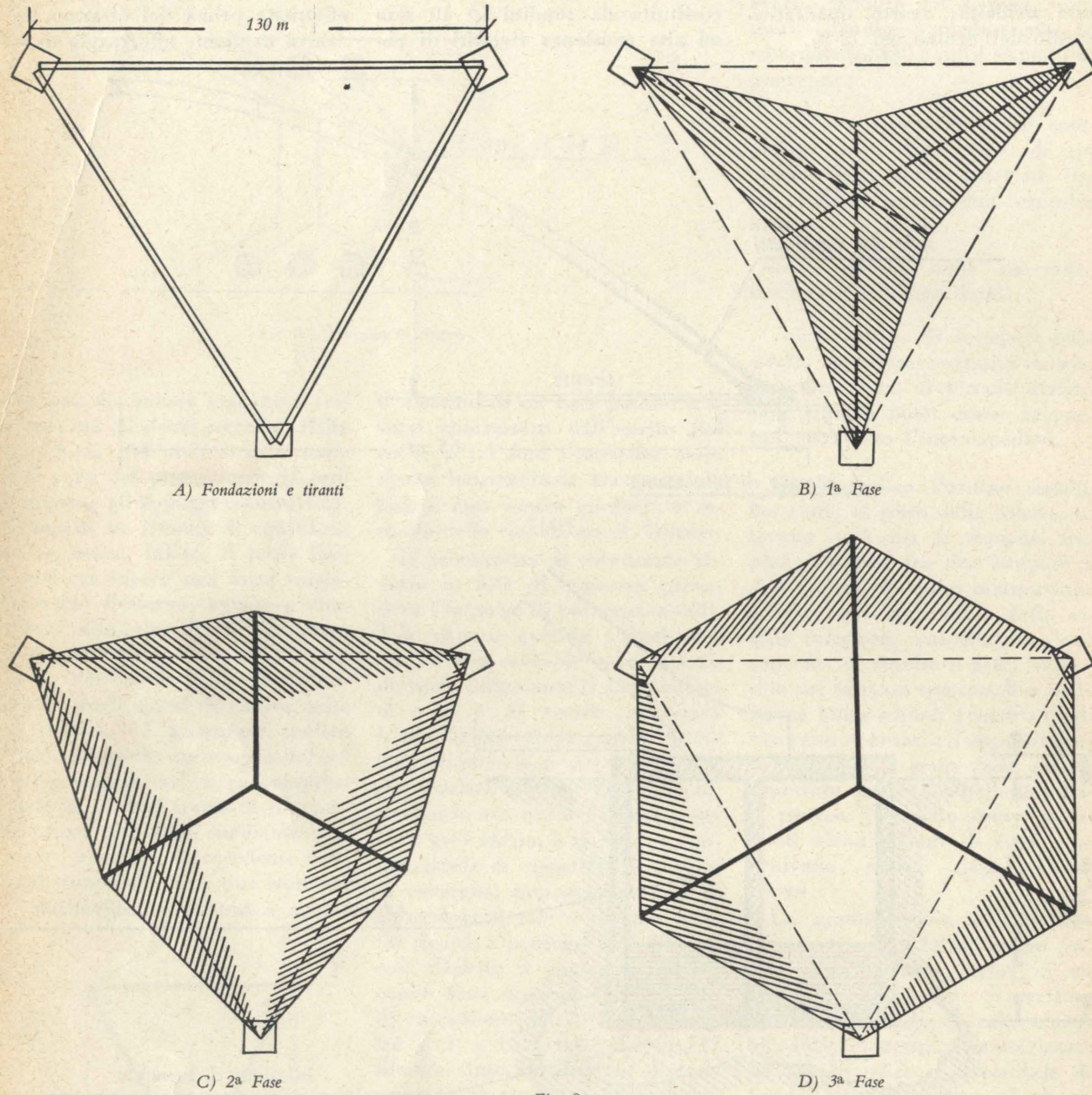


Fig. 9.

simità delle imposte. Ecco, brevemente riassunte, le operazioni eseguite per il disarmo di ciascuno dei tre fusi.

a) Operazioni preliminari.

Dopo raggiunta una sufficiente maturazione, messa in tensione dell'armatura pretesa delle solette e tesatura dei cavi del timpano di chiave (per il terzo fuso quest'ul-

sui rulli collocati fra secondo e terzo fuso).

b) Messa in tensione di una prima frazione dei tiranti di base.

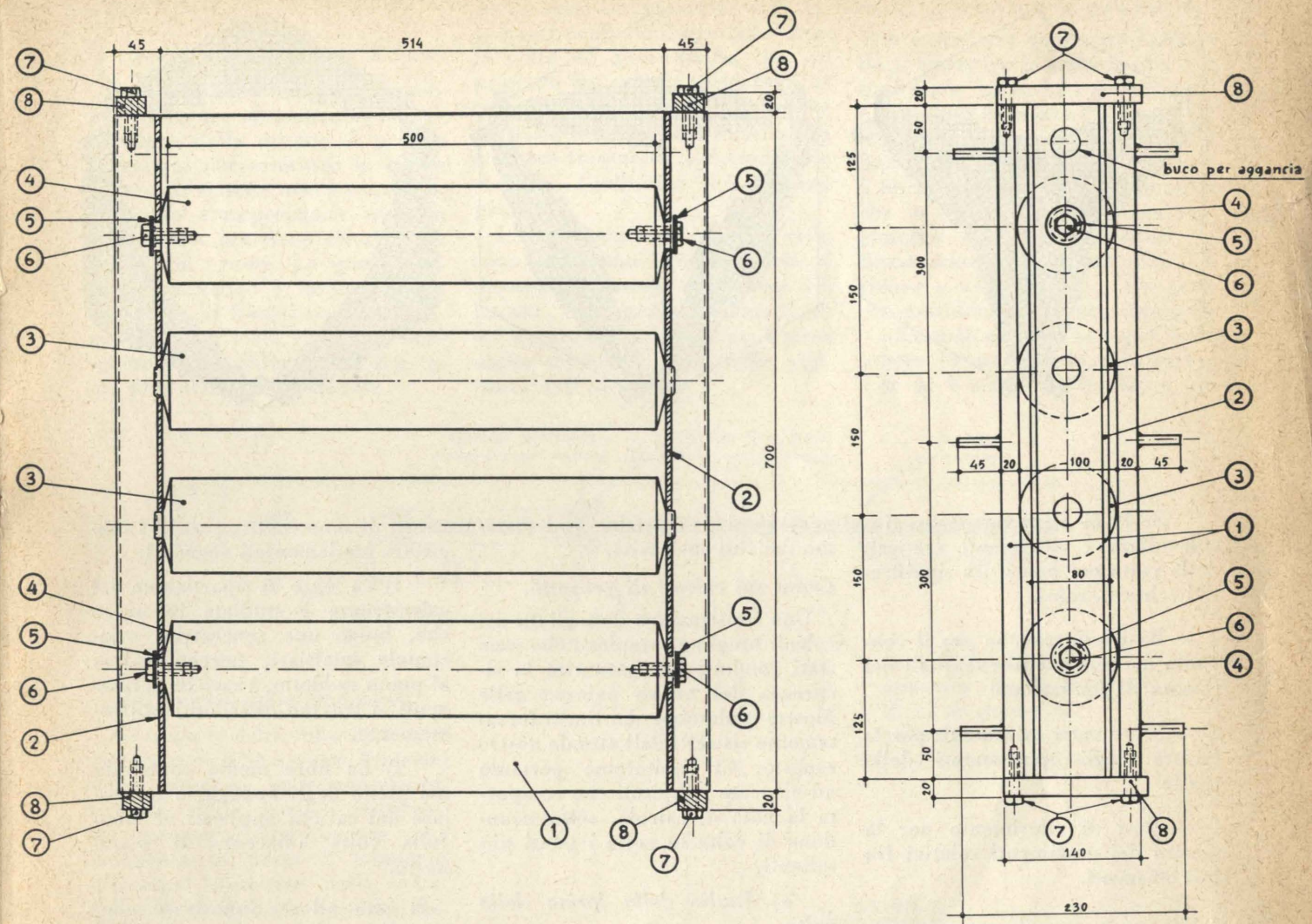
L'operazione veniva eseguita contemporaneamente sui tre lati ad evitare squilibri eccessivi sui cassoni di fondazione. Per lo stesso motivo, i tiranti corrispondenti ad un dato fuso venivano tesi in va-

sui martinetti di disarmo. Anche questa operazione veniva eseguita simultaneamente sulle tre spalle. Per conseguire la simultaneità delle operazioni un doppio collegamento telefonico era stato istituito fra i vari centri operativi.

d) Successivi interventi (alternati) sui tiranti di base e sui martinetti di disarmo fino a conse-

Sezione Verticale

Vista Laterale



Vista in Piano

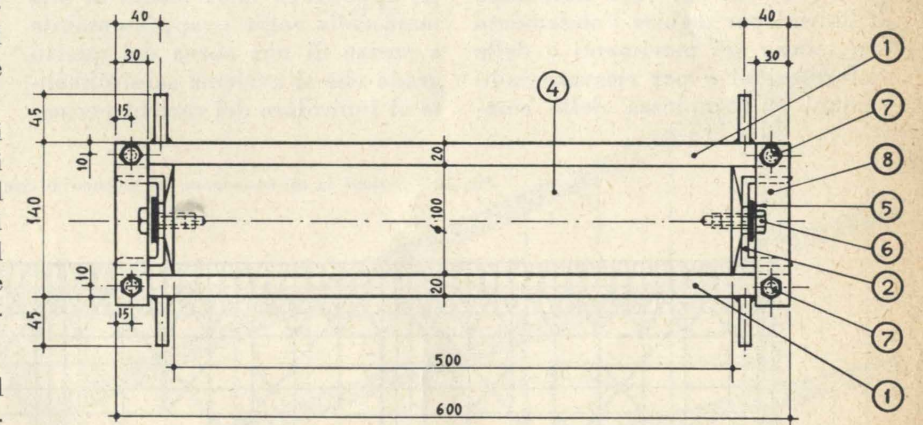


Fig. 10.

guire il distacco totale della volta dalla sua centina. L'avvenuto disarmo era chiaramente segnato dal raggiungimento di una pressione costante nei martinetti.

e) Compensazione degli archi destinata a correggere gli effetti dell'accorciamento dell'asse, del ritiro, del fluage e gli eventuali effetti termici (qualora all'atto del disarmo, la temperatura ambiente fosse diversa da quella assunta come base di riferimento).

Dopo il disarmo, si effettuava il getto dei conci di calcestruzzo nella frazione del giunto non occupata dai martinetti, nonché l'iniezione dei tiranti di base già messi in tensione. A maturazione avvenuta, il carico veniva riportato sui conci suddetti mediante asportazione dei martinetti.

Precisiamo che, durante il di-

sarmo, un accuratissimo sistema di controllo consentiva di seguire il regolare andamento delle operazioni. Ecco un elenco delle attrezzature impiegate.

— Estensimetri elettrici annessi nei getti per la misura della temperatura vera del calcestruzzo e delle tensioni esistenti nei punti caratteristici della volta.

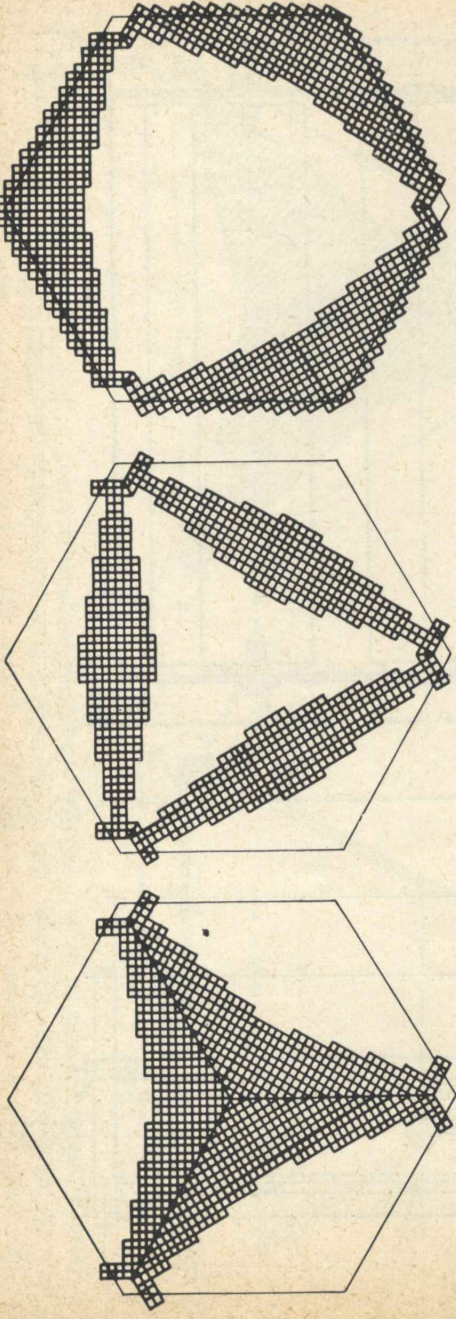


Fig. 11.

— Serie di fili invar destinati a controllare i movimenti verticali della volta nei punti più significativi (chiave, reni).

— Basi topografiche per il controllo dei movimenti eventuali dei cassoni di fondazione.

— Flessimetri orizzontali per la misura degli spostamenti delle spalle.

— Basi di riferimento per la misura dei movimenti relativi fra fusi affiancati.

— pensazioni da introdurre al disarmo dei fusi successivi.

Cenni sui calcoli di progetto.

Una illustrazione dettagliata dei calcoli lunghi e complessi che sono stati condotti per garantire la sicurezza del nuovo palazzo delle Mostre esulerebbe dai limiti fortemente ristretti dell'attuale nostro esposto. Ci limiteremo pertanto ad elencare i capitoli che comporranno la nota di calcolo, sottolineandone di volta in volta i punti più salienti.

a) *Studio della forma della volta.*

Nel piano verticale passante per gli appoggi la linea media di una metà della volta è rappresentabile a mezzo di una curva del quarto grado che si avvicina sensibilmente al funicolare dei carichi permanenti.

nenti. Si sono inoltre seguiti i due criteri fondamentali seguenti.

1) La legge di ripartizione del calcestruzzo è studiata in modo che, lungo una generatrice orizzontale qualsiasi, perpendicolare al piano suddetto, i carichi permanenti si trovino distribuiti uniformemente.

2) La fibra media contenuta nel piano degli appoggi è funicolare dei carichi applicati al terzo della volta adiacente al piano stesso.

Si può allora dimostrare che, in tali condizioni, uno spicchio qualsiasi ricavato nella volta fra una coppia di linee irradianti dagli appoggi è funicolare del proprio peso. L'equilibrio generale dei vari elementi richiede tuttavia una reazione trasversale in chiave

che viene fornita dal timpano di chiave (*).

b) *Calcolo dei tiranti di base.*

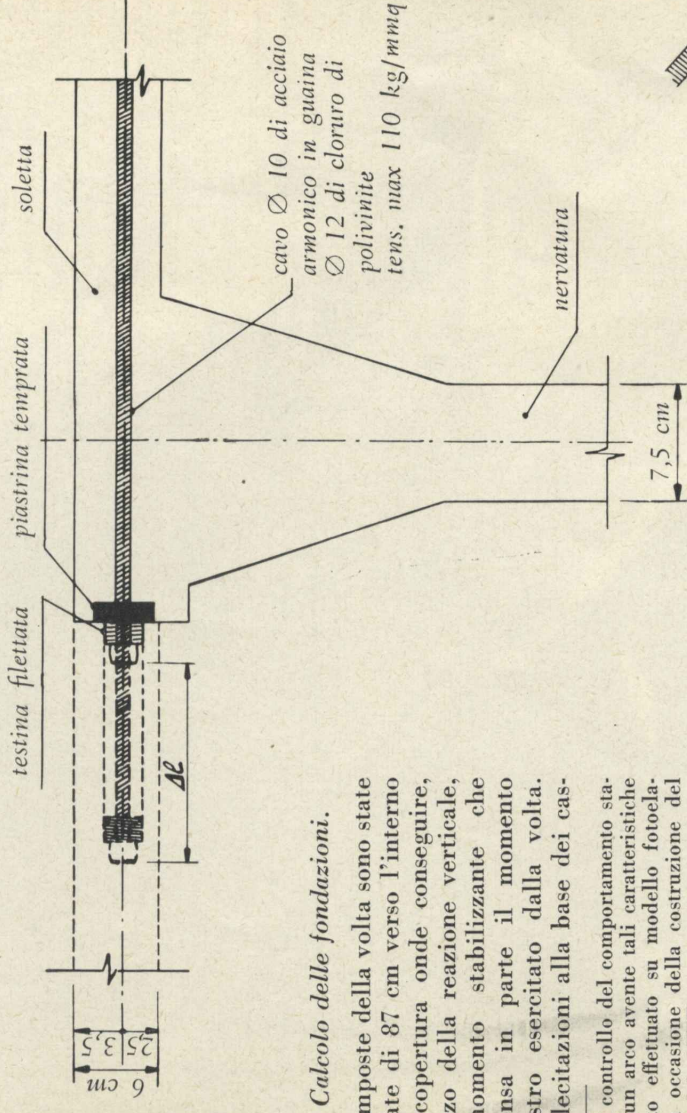
I tiranti sono destinati ad assorbire la spinta permanente. La valutazione della sezione di acciaio necessaria per assorbire la spinta fornita da ciascun fuso è stata fatta mediante scomposizione tenendo conto della posizione relativa del fuso e del tirante. La spinta data dal sovraccarico è invece affidata ai cassoni di fondazione che, grazie alla loro forte rigidità, consentono di considerare la volta come perfettamente incastrata.

soni sono state calcolate tenendo conto delle combinazioni più sfavorevoli degli sforzi trasmessi dalla volta ed ammettendo che, in presenza dei carichi accidentali, il cassone riceva una spinta attiva da parte del terreno adiacente. Si è invece trascurata, a favore della stabilità, l'influenza della spinta passiva.

La sollecitazione media sulla zona di terreno iniettato posto al disotto dei cassoni è di circa 3,5 kg/cm², con punte ai lembi di 4,2 kg/cm² la cui comparsa è però molto dubbia a causa della rigidità dell'insieme.

d) *Calcolo dell'effetto dei carichi, permanenti e accidentali.*

Si è studiato dapprima l'effetto degli scarti fra la linea media e il funicolare dei carichi permanenti. Si è quindi calcolata l'influenza di un errore di tracciato che provochi uno scarto fra fibra media teorica e fibra media reale. Si è ammesso che lo scarto massimo possa raggiungere ± 3 cm riducendosi poi linearmente, fino ad annullarsi in chiave e alle imposte. Così pure si è considerata una miglioramento o minorazione dello spessore delle solette (5 mm in più o in meno) e se ne è studiata l'influenza più



c) *Calcolo delle fondazioni.*

Le imposte della volta sono state sencentrate di 87 cm verso l'interno della copertura onde conseguire, a mezzo della reazione verticale, un momento stabilizzante che compensa in parte il momento d'incastro esercitato dalla volta. Le sollecitazioni alla base dei cas-

(*) Il controllo del comportamento statico di un arco avente tali caratteristiche era stato effettuato su modello fotografico in occasione della costruzione del palazzo del CNIT.

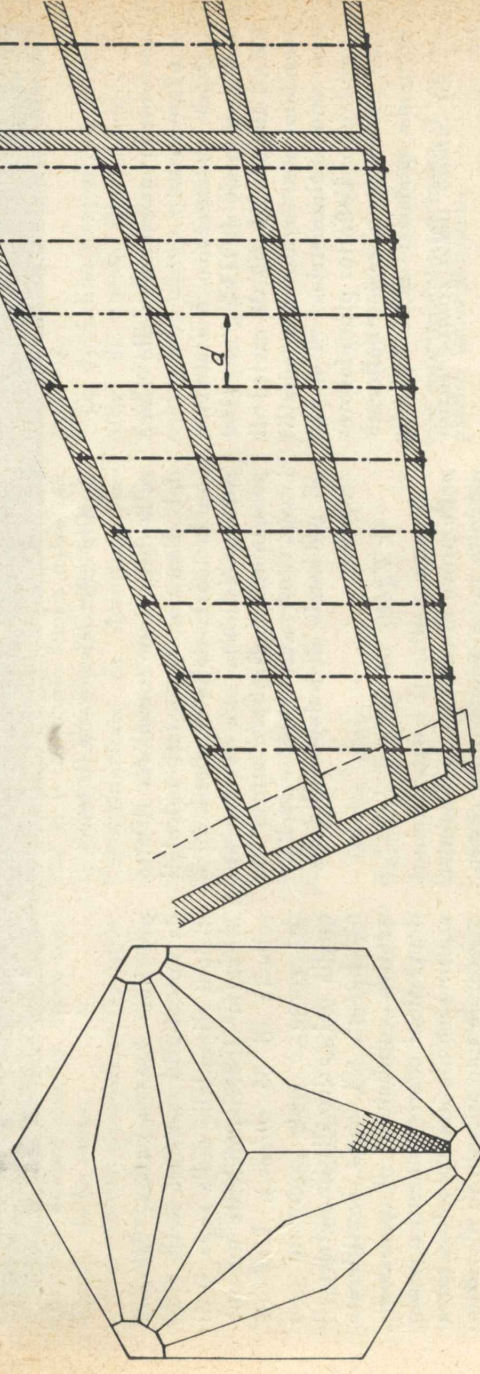


Fig. 13.

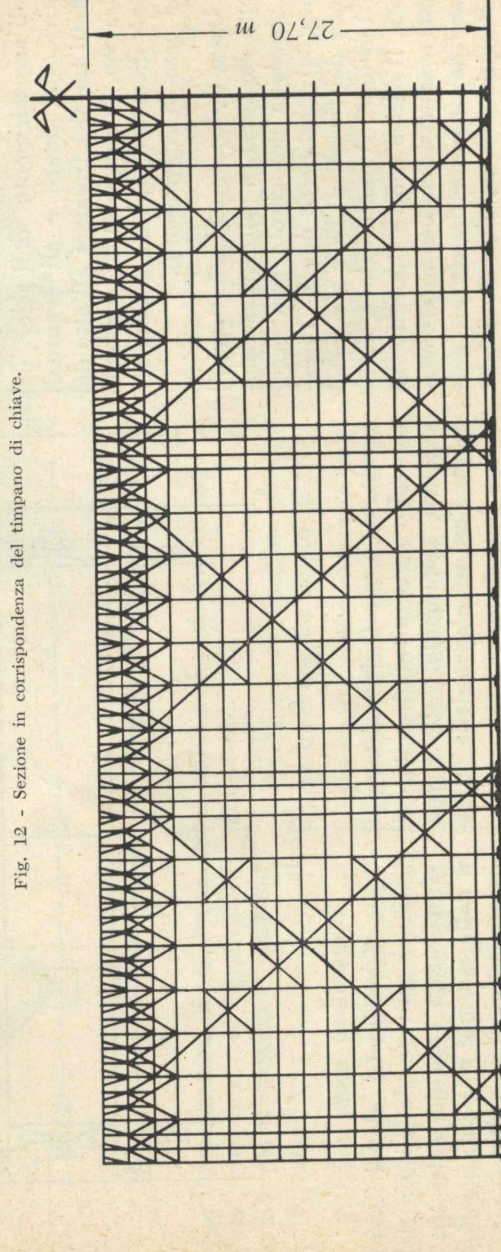
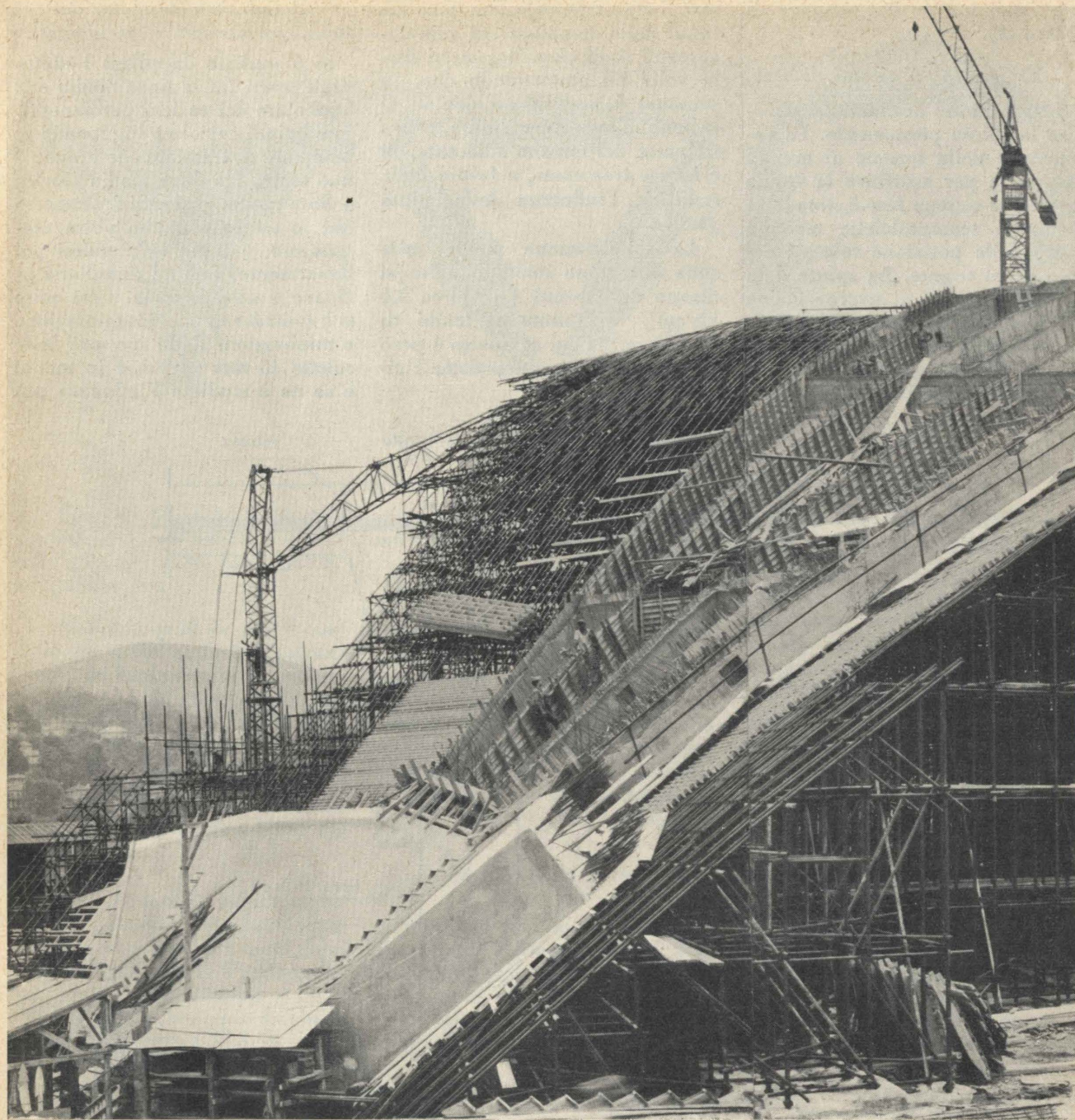


Fig. 12 - Sezione in corrispondenza del timpano di chiave.



Costruzione delle nervature (1° fuso).

sfavorevole a mezzo delle linee d'influenza.

Quale sovraccarico è stato assunto un totale di 115 kg/mq (100 kg di neve e 15 kg di carico di esercizio per cartelloni o simili) con azione simmetrica. Si è poi considerato l'effetto più sfavorevole di un sovraccarico collocato in modo qualsiasi di 65 kg/mq.

e) *Studio della compensazione.*

Gli effetti del ritiro e del fluage

sulla distorsione introdotta all'atto del disarmo sono stati calcolati con la teoria delle coazioni. Si è peraltro istituita una verifica approssimata degli effetti mutui che i vari fusi avrebbero esercitato gli uni sugli altri dopo solidarizzazione.

f) *Effetti del vento.*

Si sono utilizzati i dati ottenuti nelle prove in tunnel aerodinamico eseguite in occasione della costruzione del palazzo dello CNIT. La

pressione base adottata, desunta da uno studio statistico delle condizioni climatiche della zona, è di 74 kg/m² (corrispondente ad una velocità di 35 m/sec.). L'azione del vento è stata cumulata con quella del carico dissimmetrico di 65 kg/m². Si sono considerate quattro condizioni di pressioni-depressioni corrispondenti a vento agente secondo uno spigolo a terra o secondo uno spigolo in elevazione con vento nei due sensi.

g) *Effetti termici.*

Si è considerato uno sbalzo termico di $\pm 30^\circ$ ed una azione differenziale fra le solette di $\pm 15^\circ$.

h) *Calcolo del timpano di chiave.*

Valutati gli sforzi normali cumulati dati dalle componenti di spinta e dalla pretensione dei cavi, si è verificato inoltre l'ef-

della precompressione parziale indotta dei tondini $\varnothing 10$ inseriti nelle solette.

l) *Instabilità d'insieme della volta.*

Si sono istituite tre verifiche separate. La prima è stata impostata utilizzando le formule classiche per archi incastrati. La seconda e la terza sono state condotte valu-

m) *Instabilità locale delle solette.*

La verifica è stata eseguita sia per via teorica, utilizzando le classiche formule del Timoshenko, sia con riferimento alle esperienze di lunga durata su lastre in calcestruzzo.

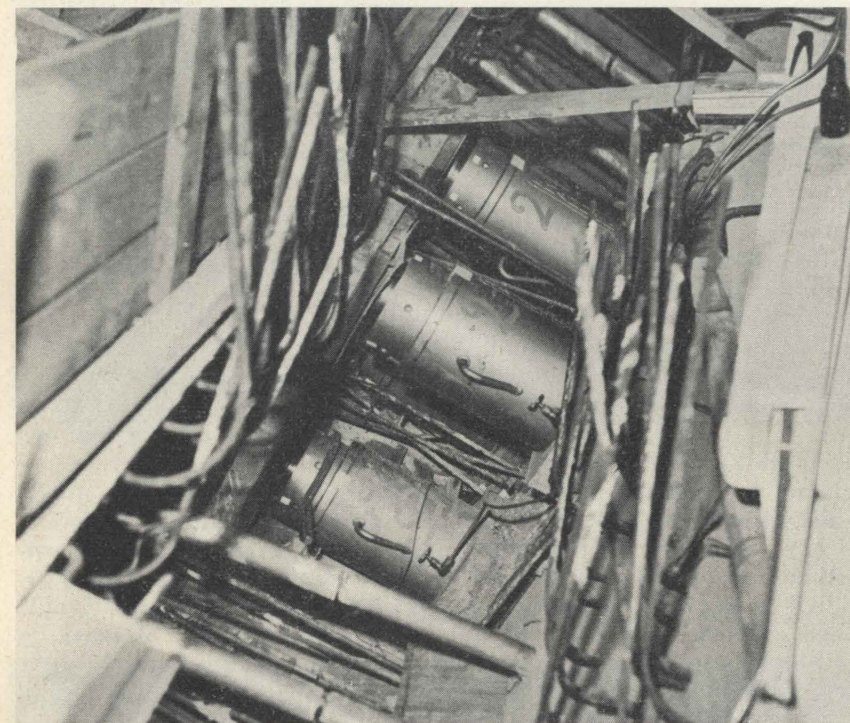
Nel concludere questa nostra descrizione di carattere forzatamente sommario, crediamo opportuno sottolineare quelle che, a nostro avviso, sono le particolarità più salienti dell'opera testè compiuta.

In primo luogo è lecito rilevare la importanza strutturale dei grandi sbalzi « funicolari del proprio peso e trattenuti in chiave » che caratterizzano la volta di corso Polonia. A nostro avviso, tale nuova soluzione statica apre ai progettisti possibilità di notevole interesse, sia dal punto di vista architettonico, sia dal punto di vista economico.

Così pure ci sembra degno di nota il risultato estetico conseguito con l'adozione di una volta scatolare « liscia ». Altre particolarità interessanti: l'impiego oculato dei tiranti pretesi nelle parti più impegnative della struttura portante, l'impiego di cavi « raccordati » fra elementi tangenzialmente indipendenti, l'uso della precompressione entro solette di piccolo spessore, l'impiego sistematico di maglie di grandi dimensioni saldate a piè d'opera. Tutte queste caratteristiche del Palazzo dimostrano, a parer nostro, a quali brillanti risultati si possa ormai giungere nel campo delle costruzioni cementizie quando si associno tutte le risorse del calcolo con le possibilità offerte dalla tecnica più aggiornata.

Ci sia infine consentito, al termine di questa illustrazione, di rendere un vibrato omaggio a tutti coloro che hanno contribuito alla riuscita della costruzione eccezionale che abbiamo descritta. Operando in condizioni difficili, Impresa, ingegneri di studio e di cantiere, tecnici, operai, hanno svolto per 16 mesi un lavoro durissimo che costituisce un singolare esempio di tenacia e di dedizione. Ad essi esprimiamo pertanto il nostro plauso incondizionato.

Franco Levi



Veduta dei martinetti di disarmo inseriti nell'apposito giunto.

fetto flessionale provocato dalla eccentricità che la curva delle pressioni presenta in chiave. A mezzo di un calcolo approssimato, si è quindi apprezzata la frazione di tale effetto flessionale che viene assorbita dalla rigidità flessione-torsionale della volta.

Una verifica particolare riguarda le condizioni di lavoro dei rulli nelle varie fasi del disarmo.

i) *Flessione trasversale delle solette.*

Si è tenuto conto dell'azione diretta dei carichi e degli sforzi secondari indotti dal fatto che spinta assiale e curvatura locale provocano spinte al vuoto non esattamente equilibrate dai carichi locali. Nella verifica statica delle sezioni si è inoltre tenuto conto

tando l'effetto ricorrente delle deformazioni date da un carico dissimmetrico di 65 kg/mq e da uno scarto antisimmetrico di 3 cm fra fibra media reale e fibra media teorica. Per queste ultime verifiche si è in primo luogo calcolata la deformazione primaria; quindi l'accentuazione di deformazione dovuta alla messa in conto della deformazione primaria e così via. (In pratica, data la rapida convergenza osservata, sono bastati tre « giri » per valutare la freccia totale). Si è quindi valutato il coefficiente di sicurezza k ponendo:

$$\frac{\text{freccia totale}}{\text{freccia primaria}} = \frac{K}{K-1}$$

I margini di sicurezza trovati con i vari procedimenti si aggirano tutti fra 6 e 7.

Il Piano urbanistico generale delle Mostre Italia '61 a Millefonti ed i padiglioni della Mostra delle Regioni

NELLO RENACCO espone compendiosamente i criteri compositivi e pratici che hanno ispirato il progetto generale urbanistico del comprensorio di « Italia '61 » in regione Millefonti. Fornisce analoghe indicazioni generali nei riguardi della progettazione architettonica per i Padiglioni della Mostra delle Regioni, corredando l'articolo di particolari costruttivi degli edifici destinati ad ospitare le ambientazioni interne.

Piano urbanistico generale.

Il Piano Generale delle Mostre chiedeva all'architetto urbanista la risposta a due fondamentali esigenze: la prima, di fissare definitivamente, sin dai primi studi, l'ubicazione delle due grandi Mostre: Esposizione Internazionale del Lavoro e Mostra delle Regioni, onde consentire, senza remore, l'inizio dei progetti e relativi lavori; la seconda, quella di conferire al Piano un certo grado di elasticità, per poter soddisfare le mutevoli esigenze che via via si sarebbero certamente profilate.

Occorreva infine tener conto di quelle opere che la Città di Torino aveva già attuato (radiale di Corso Polonia) o programmato (prolungamento di Corso Caduti sul Lavoro) nonché il grosso Palazzo delle Mostre, la cui ubicazione, progettazione e costruzione ha sempre seguito un iter indipendente dal resto delle opere del Comprensorio.

La presenza di una grande arteria, già in piena efficienza, quale il Corso Polonia, (ora Unità d'Italia) e l'innesto perpendicolare del protrondimento di Corso Caduti sul Lavoro, suddividono il vasto comprensorio, i circa 500.000 mq, in tre zone: quella delimitata dal Corso Polonia, Corso Maroncelli, Via Ventimiglia e il nuovo tratto

di Corso Caduti sul Lavoro, fu scelta ad ospitare il nuovo Palazzo delle Mostre e il Palazzo dell'Esposizione Internazionale del Lavoro.

Parallelamente alle prime elaborazioni del Piano generale, proseguivano gli studi per l'impostazione di quest'ultimo edificio e dalla definizione delle norme del relativo Concorso Appalto se ne poteva già intravedere dimensione e forma. Cosicché la sua definitiva ubicazione poteva essere confermata nella zona prospiciente il Corso Maroncelli, l'unica che per dimensione, poteva offrire un adeguato spazio circostante quale quello che l'opera prevista esigeva.

Lo spazio compreso tra il nuovo Palazzo delle Mostre e il Palazzo dell'Esposizione Internazionale del Lavoro fu, in un primo tempo, destinato ad ospitare una serie di Padiglioni degli Stati Esteri e di quegli eventuali altri Enti che ne avrebbero fatto richiesta.

Oggi ospita l'elegante struttura del Circarama e il Padiglione del Ministero del Lavoro.

Dall'esigenza di dotare il vasto comprensorio di tutta quella serie di servizi che una grande Mostra richiede, emerse la necessità di prevedere un idoneo complesso edilizio di ragguardevole capienza.

La sua ubicazione, per essere la più utile ai visitatori, non poteva trovarsi che nella seconda zona all'incrocio dei percorsi pedonali (e anche veicolari) provenienti dai due ingressi verso la Città: ingresso nord di corso Unità d'Italia, ingresso ovest su via Ventimiglia in corrispondenza di Corso Caduti sul Lavoro.

L'interessante ed accogliente complesso fu realizzato, come è noto, su progetto degli architetti Nicola, Rizzotti e Romano.

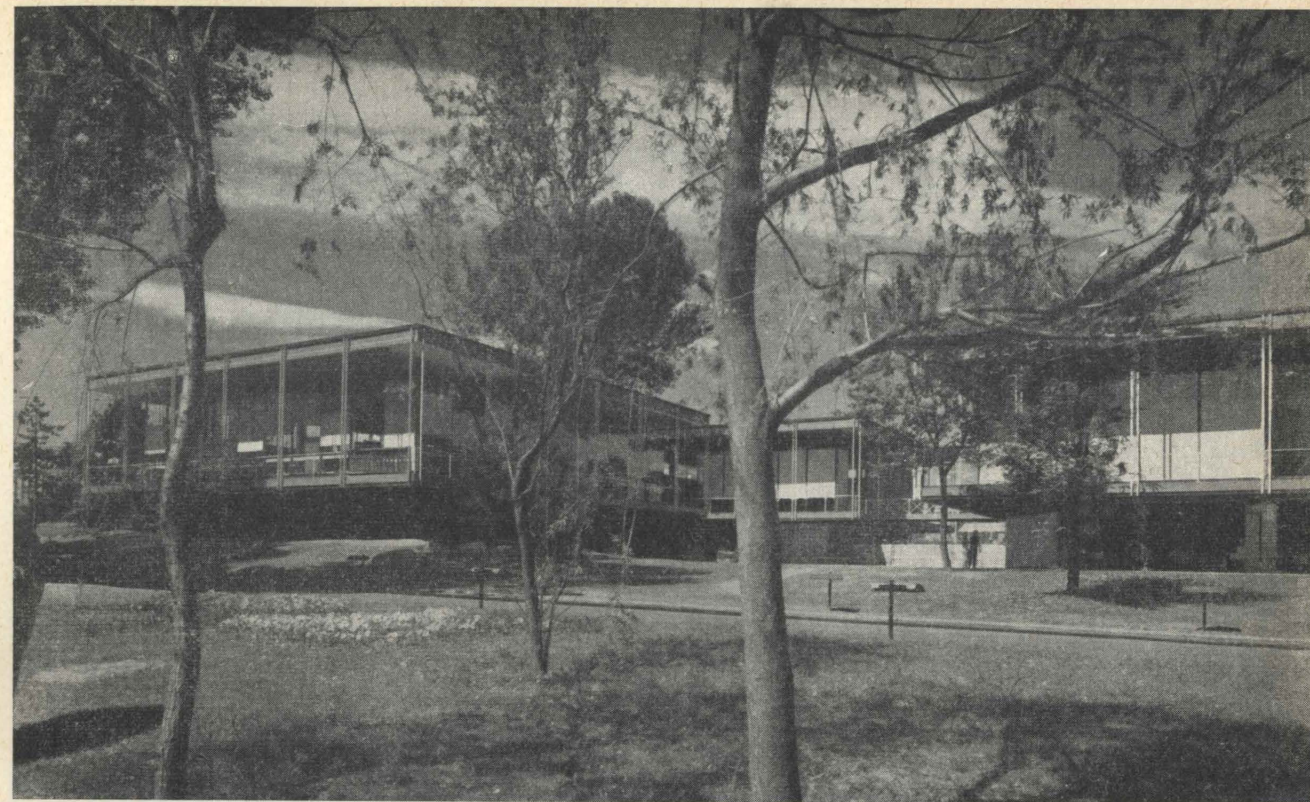
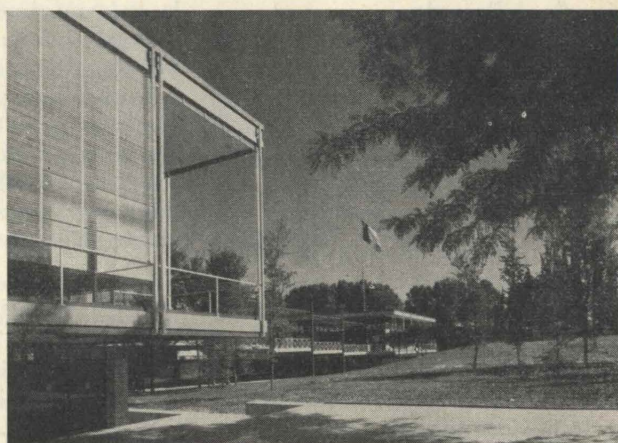
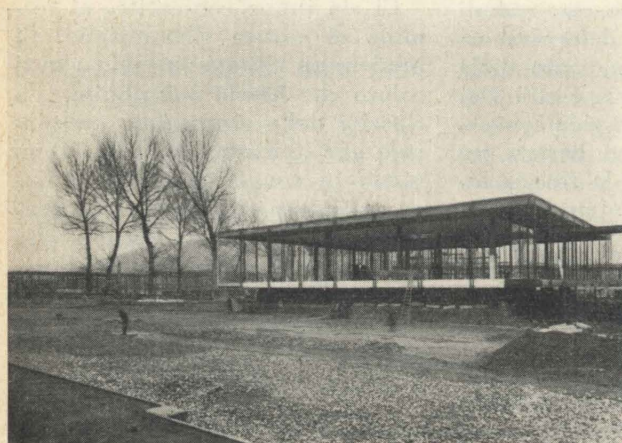
Sull'estremità sud del Corso Unità d'Italia fu previsto il terzo ingresso, mentre un quarto, quasi di emergenza, raccoglie e smista i visitatori sul Corso Moncalieri, superando il corso del Po con una passerella pedonale.

Questi ingressi, (tranne quello di Corso Moncalieri) dovevano essere caratterizzati con un particolare elemento: le torri degli architetti Mattia e Mosso assolvono, nella loro stringata eleganza, a questo compito.

Infine, il tratto di Corso Caduti sul Lavoro, interno al Comprensorio, non si poteva pensarlo come un semplice slargo bitumato: sullo spartitraffico centrale, che tale resterà anche a Mostre concluse, gli architetti Varaldo e Zuccotti hanno realizzato un suggestivo movimento d'acqua, articolato in una

I lavori di impermeabilizzazione dei laghi.

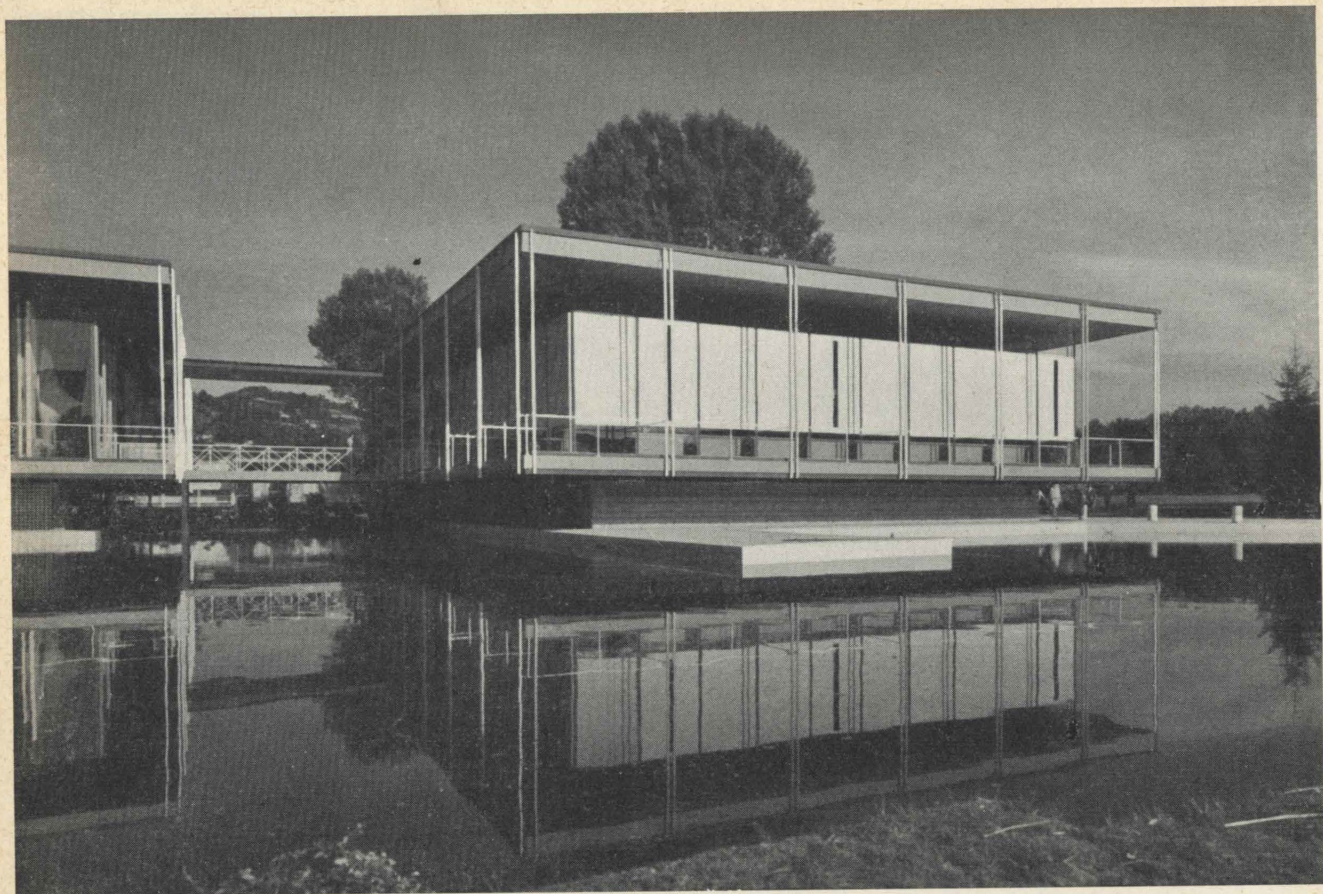
Marche e passerella di collegamento all'Umbria.



Trentino-Alto Adige - Veneto - Friuli-Venezia Giulia, da est.

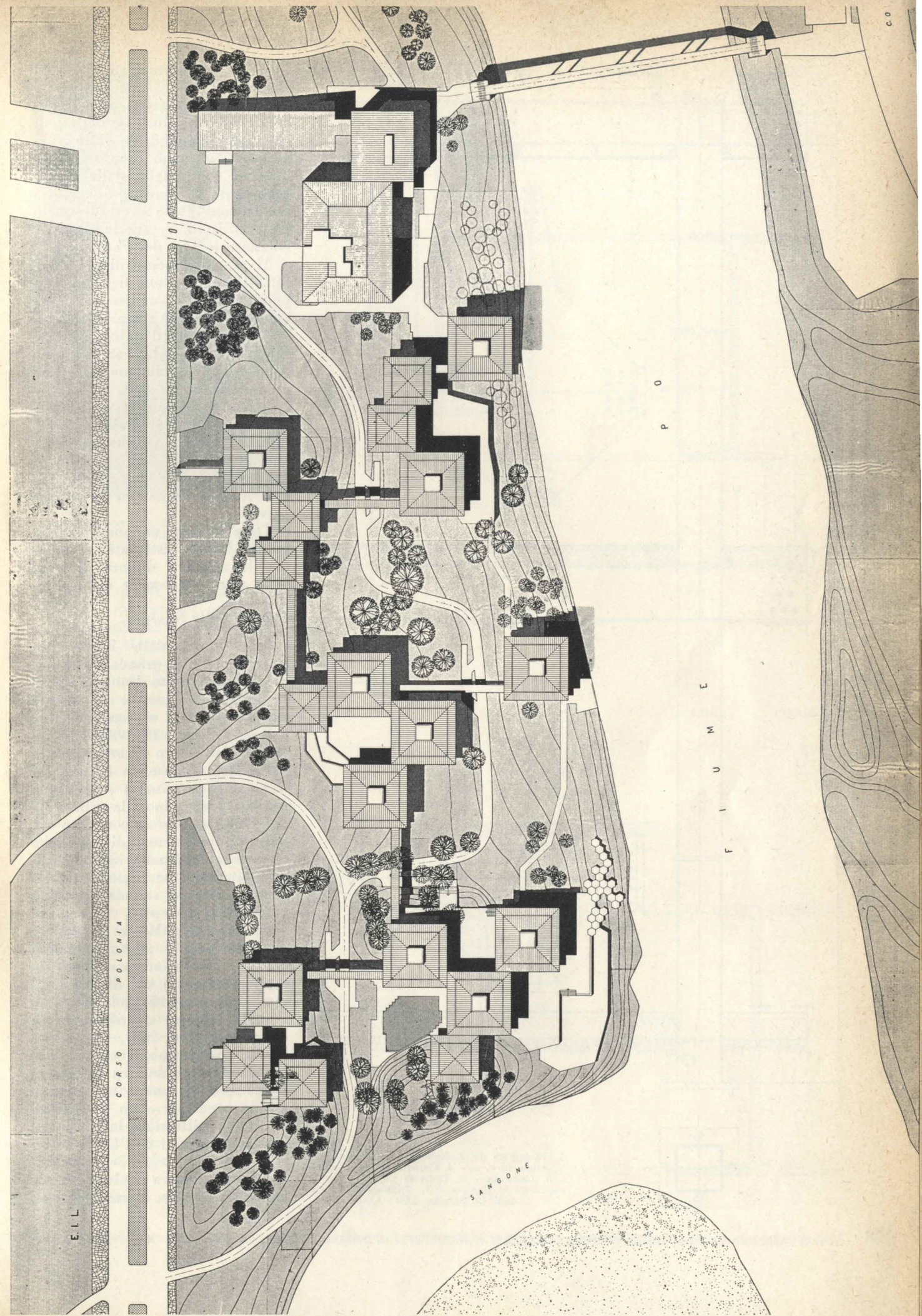
Il padiglione della Sardegna e il gruppo della Toscana - Lazio - Umbria, da nord.

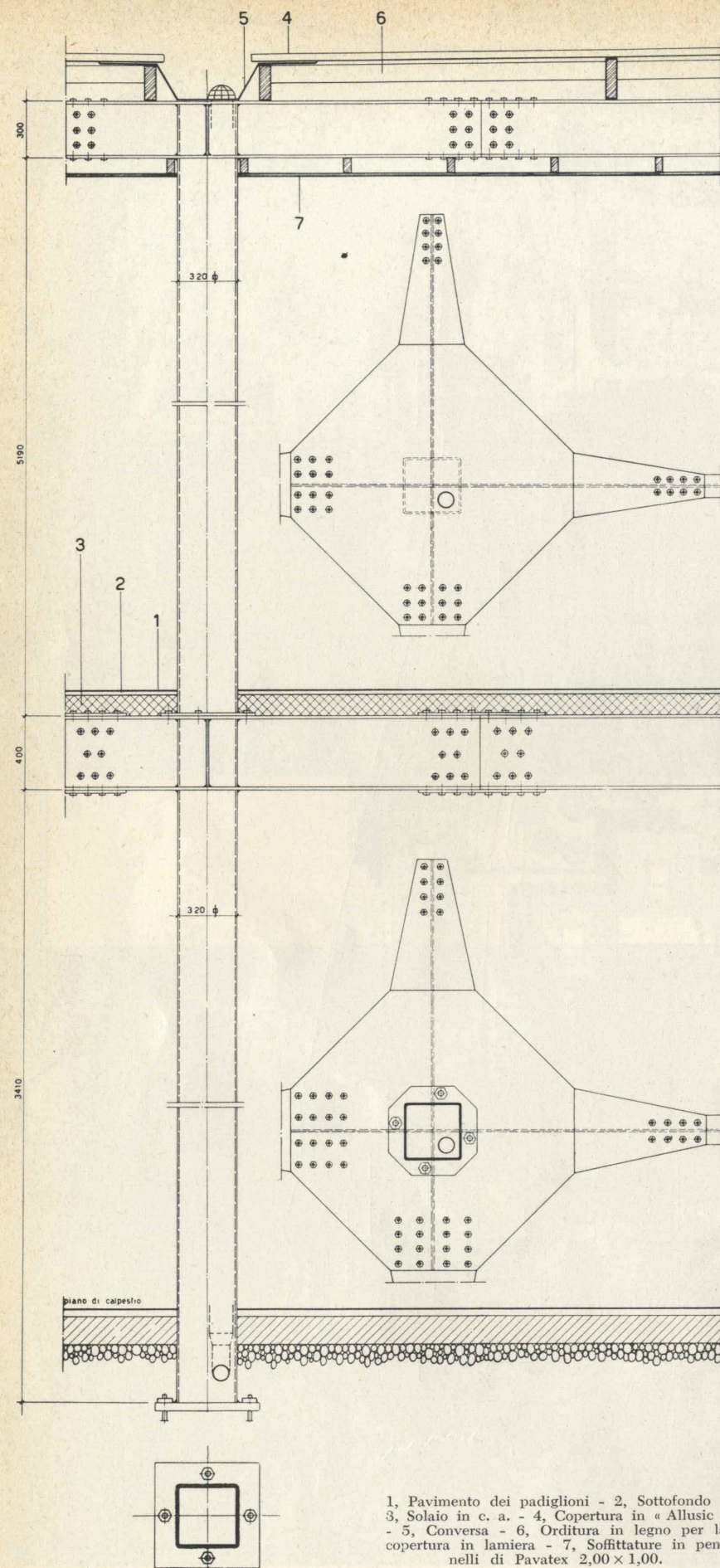




I padiglioni del Friuli-Venezia Giulia e Veneto, verso ovest.

Il gruppo della Liguria - Piemonte - Valle d'Aosta e Lombardia.





1, Pavimento dei padiglioni - 2, Sottofondo - 3, Solaio in c. a. - 4, Copertura in « Allusic » - 5, Conversa - 6, Orditura in legno per la copertura in lamiera - 7, Soffitture in pennelli di Pavatex 2,00 x 1,00.

struttura architettonica pregevolissima.

Sul tema dell'acqua occorre ancora ricordare l'insieme dei laghi, che, interrompendo le vaste zone erbose, potevano rappresentare insieme alla maglia delle strade trasversali, gli elementi di cucitura tra le zone est e ovest di Corso Unità d'Italia e, specie di sera, riflettere le luci dei Padiglioni.

Al raggiungimento di tale fine, tutta l'illuminazione del Parco fu pensata in tono sommesso, in contrapposizione alla sfarzosità di luci del Corso Unità d'Italia, asse naturale di tutta la composizione urbanistica volutamente rispettato e valorizzato.

A fianco del complesso dei Servizi generali, del Palazzo delle Mostre e del Lavoro furono previsti ampi parcheggi per vetture di rappresentanza e di servizio; all'occorrenza anche per le vetture private.

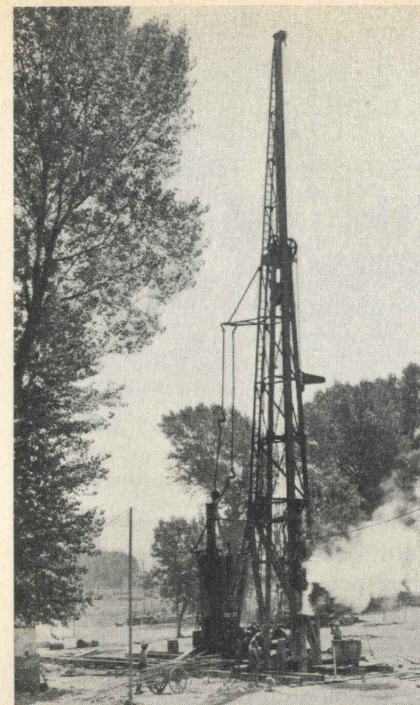
Tutte le zone non occupate da edifici furono sistemate a verde, con la messa a dimora di circa 4000 alberi di essenze diverse.

Mostra delle Regioni.

Alla Mostra delle Regioni fu riservata la terza grande zona compresa fra il corso Unità d'Italia, l'ansa del Sangone e la sponda sinistra del Po; un terreno irregolare di circa 150.000 mq (un terzo dell'intero Comprensorio delle Mostre) inserito in un scenario di straordinaria suggestione paesistica, ma, fino alla primavera del 1960, lasciato in completo abbandono quale luogo di pubbliche discariche; un'area ricca solo di avvallamenti e sterpaglie, interrotte a caso da un singolare gruppo di altissimi pioppi.

Per una tale Mostra si doveva anzitutto pensare ad una struttura edilizia adatta ad accogliere la rappresentazione dei diversi temi assegnati ad ogni singola Regione, i quali, sebbene « profondamente diversi tra loro, tutti, in qualche modo, concorrono, visti nel loro insieme, a dare un'idea del nostro Paese », e bisognava nello stesso tempo predisporre un Padiglione destinato a illustrare la storia dei primi cento anni dell'Unità d'Italia.

Infine si doveva risolvere, in un ambiente esterno, l'armonica con-

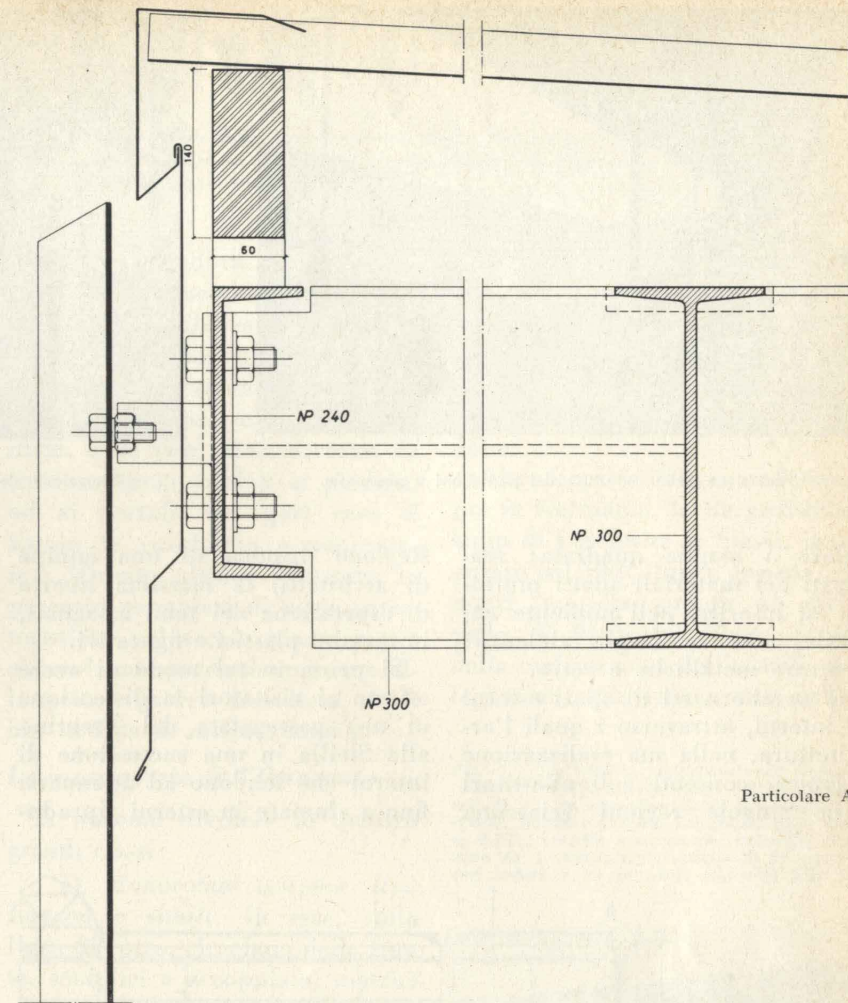


La battitura dei pali di fondazione per ogni pilastro di acciaio dei padiglioni. 3 pali \varnothing 40 - 12 ÷ 14 mt di profondità.

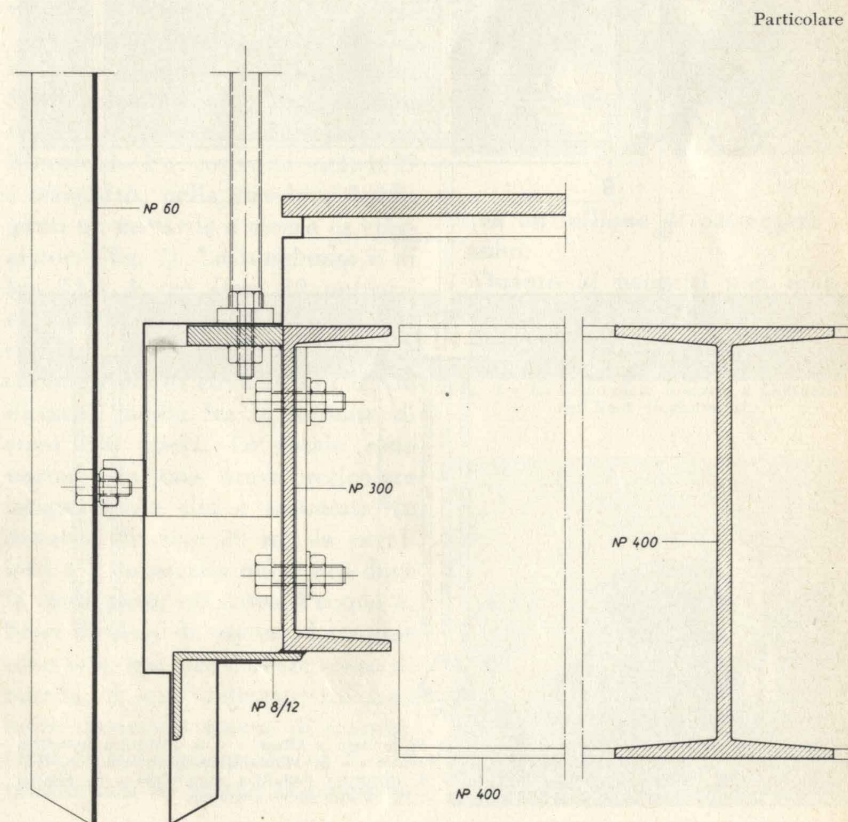
vivenza di questo complesso edilizio con i due grandi edifici dell'Esposizione del Lavoro e del Palazzo delle Mostre.

Le soluzioni possibili potevano essere raggruppate in due grandi classi: un'ennesima concessione al tipico complesso per esposizioni, di dimensioni gigantesche, impressionante per la potenza dei suoi volumi, ma, in ultima analisi, angosciosamente incumbente sul visitatore, proprio per quel suo erigersi in scala così lontana da quella umana; oppure una successione di elementi architettonici moderati, ciascuno assegnato ad una Regione, in uno svolgimento ritmico e non discontinuo che, pur rispettando le separazioni necessarie, evitasse il pericolo di una manifestazione episodica a carattere folcloristico. In questo senso è stato realizzato l'attuale complesso architettonico e si crede di avere così risposto anche a quell'esigenza cui si accennava prima, di convivenza dei diversi corpi edilizi in un unico insieme paesistico ambientale.

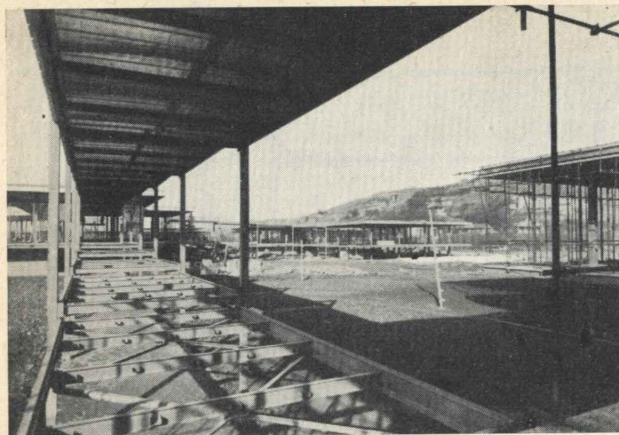
La Mostra delle Regioni si articola in una successione di gruppi di Padiglioni impostati sulla forma geometrica più semplice: il quadrato; articolati in un sistema mo-



Particolare A



Particolare B



Ultimazione delle coperture dei padiglioni e passerelle.



Ultimazione delle coperture dei padiglioni e passerelle.

dulare a maglia quadrata; realizzati nei materiali adatti piuttosto ad inserirsi nell'ambiente naturale, che a fargli violenza: strutture metalliche e vetro.

È un alternarsi di spazi esterni ed interni, attraverso i quali l'architettura, nella sua realizzazione organica, consentì agli allestitori delle singole regioni (ciascuna

Regione dispone di una équipe di architetti) la massima libertà di espressione dei temi assegnati, in termini plastici e figurativi.

Si pensa in tal modo di avere offerto ai visitatori la distensione di una passeggiata dal Trentino alla Sicilia in una successione di interni che tendono ad attenuarsi fino a sfumare in esterni riprodu-

centi, per quanto possibile, i paesaggi propri di ogni singola regione ed intesi a sottolinearne sia le caratteristiche naturali, sia il tema di esposizione. I diversi Padiglioni costituiscono infatti una alternanza di quinte inquadranti squarci di collina, boschi e tratti di fiume, mentre le pensiline che li collegano, sopraelevate per non interferire con il traffico veicolare sottostante, scorrono, a tratti, immerse nel verde degli alberi ad alto fusto volutamente salvati ed opportunamente integrati nella impostazione urbanistica.

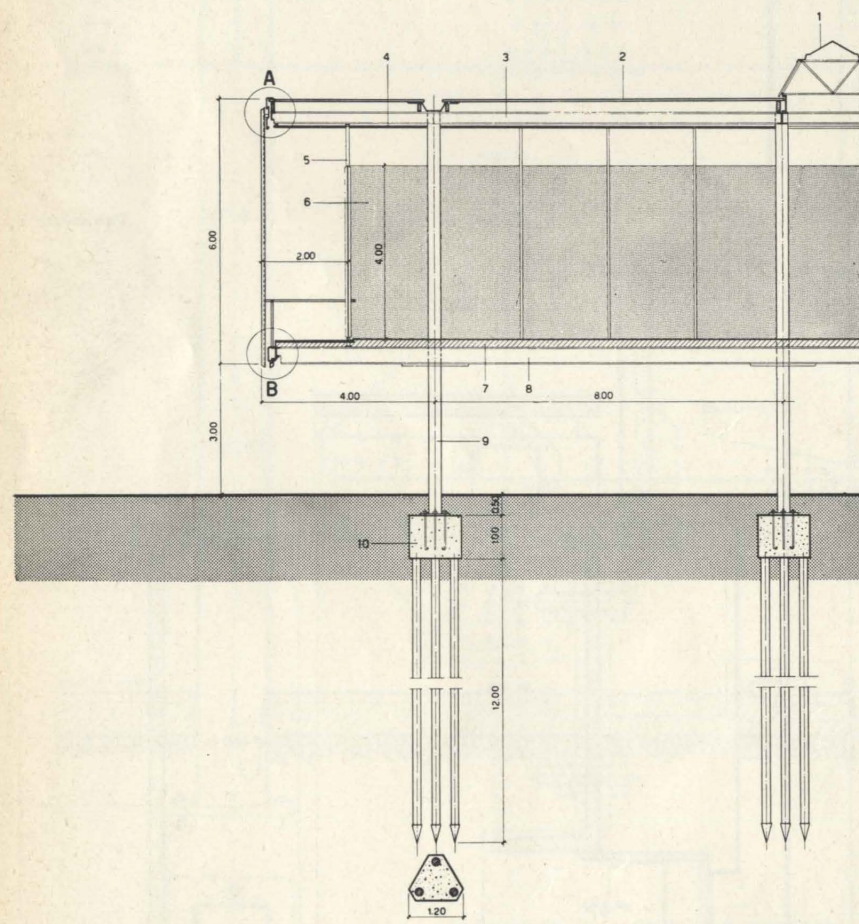
La Mostra si svolge per la massima parte al primo piano dei Padiglioni; il piano terreno è riservato ai servizi, alle attrezzature di sosta, allo svago, e al ristoro. I collegamenti, in queste zone, sono pedonali.

I padiglioni regionali si concludono con il Padiglione Unitario, che ha per tema espositivo « I primi cento anni di unità ».

L'architettura del Padiglione è stata concepita dal progettista architetto Carlo Casati, organicamente con la suddivisione tematica dell'allestimento, e per questo il complesso è articolato in tre elementi che comprendono le tre grandi zone della Mostra e hanno forme e volumi diversi, ottenuti col gioco delle naturali differenze di livello del terreno.

Il complesso, in struttura metallica e vetro, pone in evidenza, come motivo architettonico dominante, le possenti travi di sostegno della copertura della grande zona della vita tecnica e culturale.

Nello Renacco



1, Cupolette in materiale acrilico - 2, Copertura in lamiera « Allusic » - 3, Struttura metallica della copertura - 4, Soffittatura in pannelli di « Pavatex » - 5, Montanti reggicristalli - 6, Cristalli di mt. 4,00 x 2,00 - 7, Solaio in c. a. - 8, Struttura metallica reggisolaio - 9, Pilastri in acciaio 320 x 320 x 80,22 - 10, Plinto di fondazione.

Sulla monorotaia Alweg di "Italia '61"

CARLO BERTOLOTI, che aveva la responsabilità della progettazione, della costruzione e dell'esercizio degli impianti di trasporto di Italia '61, descrive quello di essi che ha suscitato maggiore interesse tecnico: la ferrovia monorotaia Alweg.

I. Considerazioni generali.

Le ferrovie sopraelevate.

Le ferrovie sopraelevate presentano vantaggi analoghi a quelli delle ferrovie sotterranee, soprattutto di non essere d'intralcio al normale traffico di superficie e generalmente costano meno e sono di costruzione svelta. Per questa ragione esse ebbero, al principio del secolo, una certa diffusione e ne furono costruiti esempi notevoli, in cemento armato o in ferro, a Berlino, a New York, a Philadelphia, a Chicago.

Tuttavia la differenza di costo, per quanto sensibile, non bastava

Si cercò quindi di limitarne l'ingombro, sostituendo al largo viadotto, sul quale esse originariamente correvano, una via di corsa costituita da una fune, ricadendo propriamente nel campo delle funivie, o da una rotaia sorretta da travi continue solidali ai piedritti od ai portali, nel quel caso si hanno le cosiddette « monorotaie ». Queste ultime, costruite in parecchi esemplari di varie caratteristiche nel secolo scorso e poi abbandonate precedentemente alla prima guerra mondiale, sono ora in fase di attivo rilancio.

Le monorotaie dell'Ottocento.

Si possono dividere in quattro grandi classi:

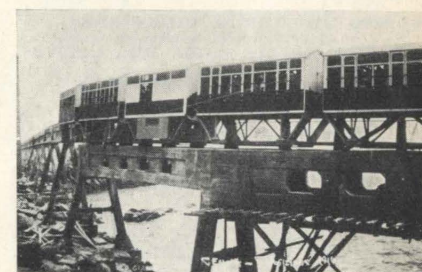
a) *Monorotaie sospese tipo Langen e simili.* In esse, sulla linea di corsa, circolano delle ruote, semplici o accoppiate, motrici o no, agli assi delle quali sono sospese le vetture.

Di questo tipo è, in Germania, la ormai notissima Wuppertaler Schwebebahn che collega, correndo sulla Wupper, Barmen con Elberfeld. Fu costruita nel 1899 e trasportò, nella sua lunga vita, quasi un miliardo e mezzo di viaggiatori (fig. 1). La lunghezza è di km 13,3 di cui circa 10 percorsi sul fiume Wupper, la pendenza massima del 46% e la velocità commerciale di circa 24 km/h con distanza media fra le fermate di circa 800 metri. Le rotaie sono portate da una trave reticolare longitudinale che è sostenuta (a distanza di circa 30 m) da cavalletti a V rovesciata nel tratto dove la linea passa sul corso d'acqua e, fuori di esso, da arconi. Le rotaie sono due, una per ciascun senso di marcia, e sono collegate fra loro nelle stazioni a mezzo di scambi. Ogni treno è composto di 2 o 3 vetture con 80 posti e la potenzia-

lità oraria è di 3800 persone per ciascun senso. Il numero dei viaggiatori trasportati è di circa 60.000 al giorno. La sicurezza di esercizio in qualunque condizione atmosferica, può essere presa a modello.

Altra ferrovia del genere è, sempre in Germania, la Bergschwebebahn di Loschwitz in Slesia, inaugurata nel 1901, lunga appena 280 metri, ma che supera un dislivello di 84 metri. Essa, prima della realizzazione dell'attuale collegamento filoviario, trasportava

Fig. 3 - La ferrovia sopraelevata di Genova, costruita nel 1914 dalla Ing. Bellani, Benazzoli & C., in occasione della Esposizione di Igiene, Marina e Colonie. Lunghezza della linea m 2.227, velocità massima del convoglio (formato da 4 vetture della portata di 38 passeggeri seduti e 12 in piedi ciascuna) Km 30.



circa un milione di passeggeri all'anno.

Quanto ai progetti non realizzati, merita particolare rilievo

Fig. 4 - La monorotaia Brennan a Gillingham, nel Kent (Inghilterra).

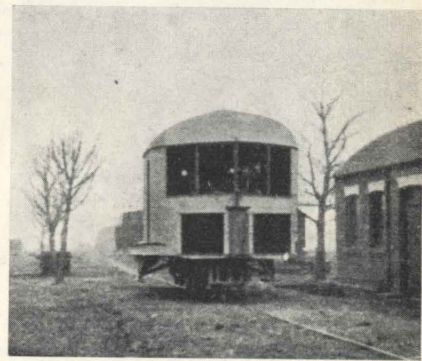
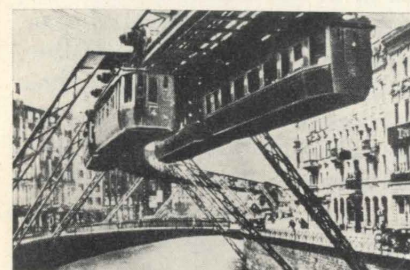
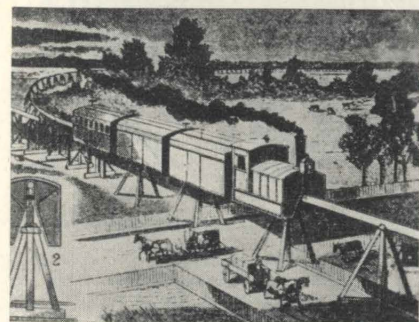


Fig. 1 - La Wuppertaler Schwebebahn.



a compensarne la rumorosità, la inevitabile limitazione di luce causata alle vie e alle case adiacenti, nonché la conseguente alterazione della preesistente architettura stradale.

Fig. 2 - La monorotaia Lartigue da una stampa dell'epoca.



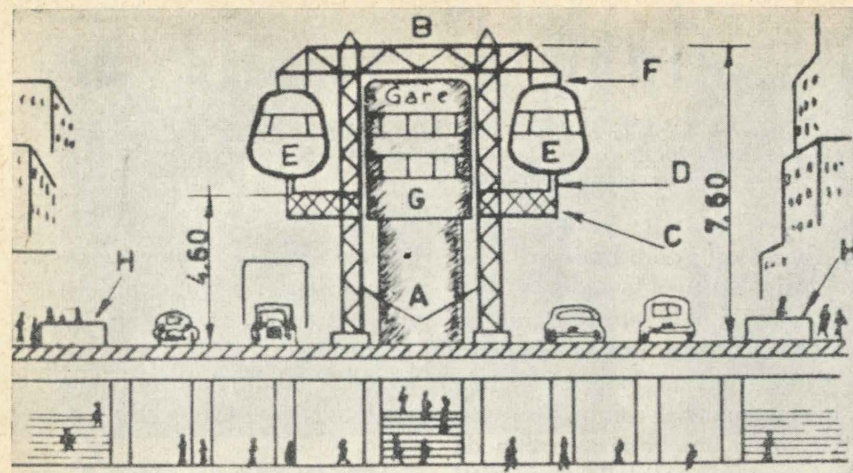


Fig. 5 - Sistema a rotaia unica « U.S. Monorail Corporation ». Le vetture marciano su ruote d'acciaio.

quello che era stato sottoposto, verso il 1930, alle autorità parigine e che avrebbe dovuto servire al collegamento della capitale francese con St. Denis. A Los Angeles, recentemente, ne sono poi stati esposti, per risolvere un importante problema locale, due, che ricordano assai da vicino la Barmen-Elberfeld. Un terzo progetto, esposto in quella circostanza, si può considerare come una derivazione del sistema Kearney.

b) *Monorotaie tipo Lartigue e simili.* Le ruote, motrici o portanti, semplici o accoppiate che siano, corrono sulla monorotaia, alla quale, lateralmente, si appoggiano, mediante sostegni variamente congegnati, le vetture.

La prima monorotaia di questo tipo fu progettata nel 1820 dall'inglese Palmer per il trasporto merci: dei cavalletti portavano una rotaia sulla quale dovevano circolare dei vagoncini a ruote, appoggiati lateralmente alla rotaia stessa per mezzo di carrucole di guida. Il progetto fu realizzato nel 1830 nello Hertfordshire e lo stesso sistema fu applicato per i lavori di sistemazione del Bois de Boulogne e per la costruzione delle fortificazioni di Parigi. A Lione, nel 1872, un certo Duchamp realizzò una linea lunga

1100 metri con una vettura formata di due elementi simmetrici, equilibrantesi da un lato all'altro dell'unica rotaia e trainata da una fune continua. Seguono, nel 1878, in Pennsylvania (USA) sui 6 km fra Bradford e Gilmore, il « Peg Leg Railroad », mosso da una locomotiva a vapore che purtroppo scoppiò dopo qualche tempo, nel 1892, nel Suffolk (Inghilterra), il « Boyntons Bicycle Railroad » a trazione elettrica, e, infine, nel 1887, l'Ingegnere francese Lartigue realizzò la sua prima celebre monorotaia sulla costa occidentale dell'Irlanda, tra Listowel e Ballybunnien. Si trattava di una rotaia posta a 90 cm da terra appoggiata su cavalletti a V rovesciata, distanti 1 metro l'uno dall'altro e lateralmente ai quali erano fissate due guide; la velocità massima del treno era di 35 km/h e la linea misurava 16 km. Lo stesso Lartigue costruì poi, nel 1894, un'altra linea in Francia, nell'Alta Loira, tra Panissières e Feurs. Il percorso era di 17 km e la rotaia era stata portata a 1,50 da terra; durante il viaggio inaugurale però la linea crollò sotto il peso della locomotiva a 6 km dalla partenza e le Autorità dovettero tornare a piedi alla stazione di partenza. Questo

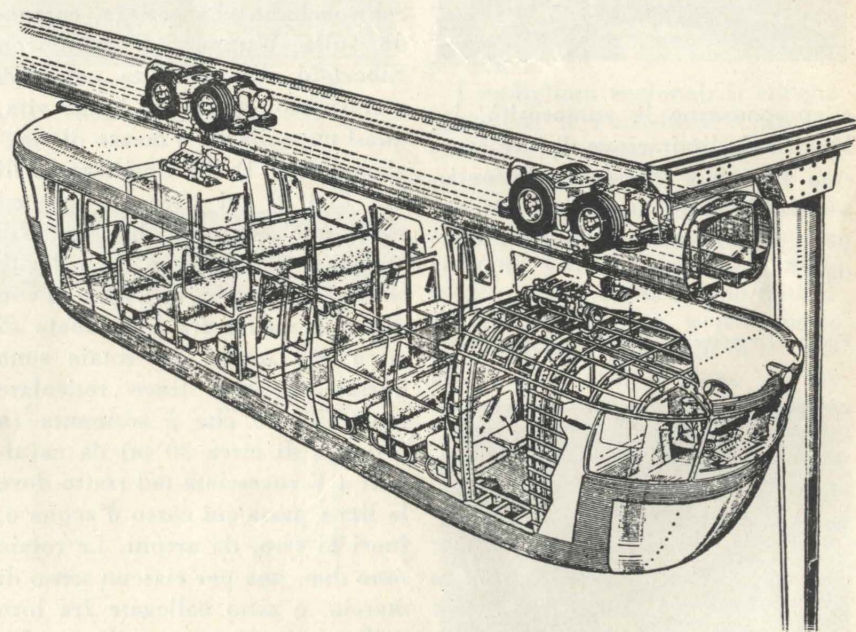


Fig. 7 - Struttura dell'impianto SAFEGE. Oltre alla disposizione generale, si noti la sezione della trave-cassone che serve da pista di rotolamento, e la disposizione delle ruote portanti (verticali) e guidanti (orizzontali) dei due carrelli. La sospensione è assicurata da due « polmoni » od aeromolle ad aria compressa, visibili di fianco, fra le due ruote verticali.



Fig. 6 - Ferrovia sospesa (la « Skyway » nel Texas).

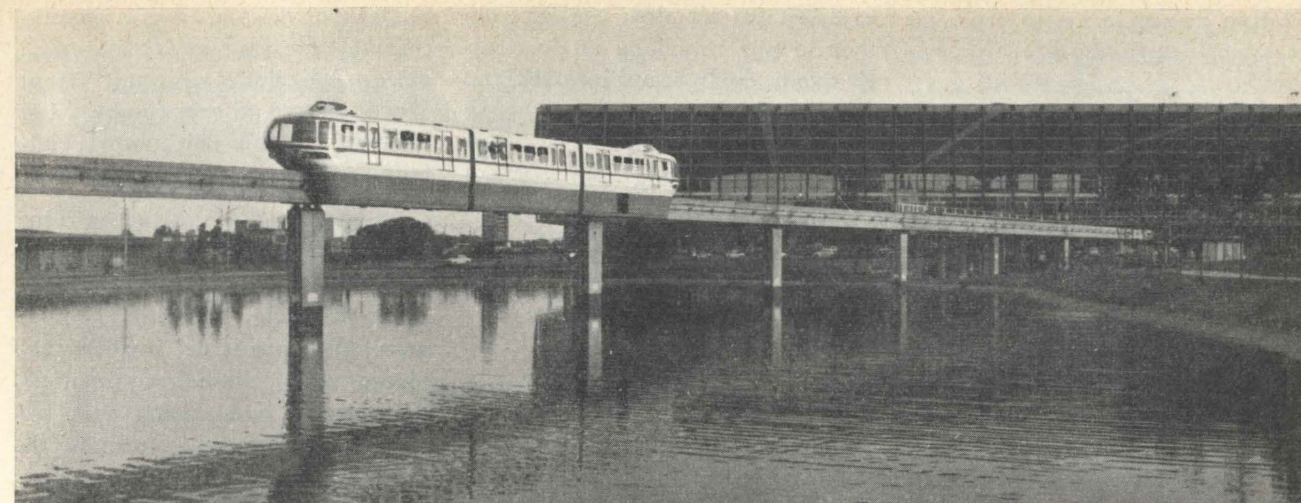


Fig. 8 - La ferrovia monorotaia Alweg di « Italia '61 ».

insuccesso non impedì che venissero realizzati altri impianti del tipo Lartigue (fig. 2); ricordiamo in particolare quello per l'Esposizione di Bruxelles del 1898 e quello (fig. 3), in cui erano state introdotte notevoli innovazioni, realizzato a Genova dagli Ingegneri Bellani e Benazzoli per l'Esposizione marinara del 1914.

c) *Monorotaie tipo Brennan.* Le vetture avanzano in equilibrio su di una rotaia posata a terra, su traverse, alla maniera delle biciclette. L'equilibrio, in marcia come in sosta, è assicurato da un sistema giroscopico.

Ne conosciamo un solo esemplare: quello realizzato nel 1907 (fig. 4), per l'Esposizione anglo-giapponese di Londra, dall'Ingegnere inglese Luigi Brennan. La vettura, del peso di 20 tonnellate con un carico utile di 10, era montata su 2 carrelli, ciascuno a 2

ruote, sagomate ad incavo, e azionato da un motore elettrico da 40 CV. L'equilibrio era ottenuto per mezzo di due volani giroscopici verticali, ruotanti a 3000 giri, in senso inverso, nel piano della rotaia e azionati da due motori elettrici da 10 CV. Vi erano poi un motore a scoppio da 80 CV e uno da 20 che, accoppiati a dei generatori, fornivano la corrente necessaria rispettivamente alla trazione e ai giroscopi. Il gruppo da 20 CV serviva inoltre alla trazione alle basse velocità e all'illuminazione. L'esperimento, per quanto interessante, non diede felici risultati perchè i vari meccanismi erano troppo complessi. Altri valenti tecnici, tra cui l'ingegnere tedesco Scherl e il russo Schilowsky, proseguirono poi i tentativi in questa direzione, ma non riuscirono ad approdare a risultati pratici di rilievo.

d) *Monorotaie tipo Kearney.* Le vetture avanzano su di una rotaia a terra o sopraelevata, ma sono costantemente guidate, in alto, per mezzo di un secondo sistema di ruote collegate ad un'altra monorotaia. Il sistema ebbe una sola applicazione, nel 1908, con la « Kearney Electric High Speed Railway ».

Le monorotaie moderne.

Negli Stati Uniti la « U. S. Monorail Corporation » ha messo a punto, tra il 1952 e il 1955, un suo sistema (fig. 5), realizzando nel 1956 a Houston, nel Texas, un impianto (fig. 6), lungo 300 m, denominato « Skyway ».

In Francia la SAFEGE (Société Anonyme Française d'Etudes de Gestion et d'Entreprises) ha realizzato a Châteauneuf-sur-Loire un impianto sperimentale inaugurato nel febbraio 1961. L'impianto è

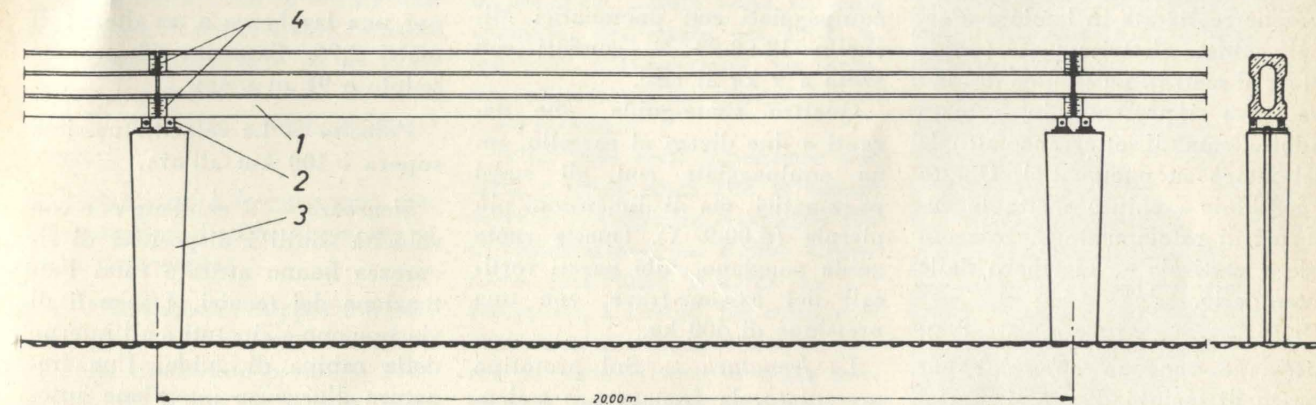


Fig. 9 - Schema della linea: 1) Travi; 2) Piastre delle travi; 3) Pilastri; 4) Giunti di dilatazione a pettine.

del tipo « sospeso » (fig. 7) e ne facciamo seguire una breve descrizione:

La via — I due carrelli di ciascun vagone si spostano all'interno di una trave metallica a forma di

comportanti un elemento centrale mobile per rotazione analogo all'« ago » degli scambi ferroviari.

I carrelli — Quattro ruote portanti e motrici azionate da due motori elettrici da 100 CV ed

ta, ma per la fase di sfruttamento commerciale sono previsti freni a disco. All'azione di questi freni Westinghouse ad aria compressa si aggiunge quella dei motori elettrici.

La sospensione — La cassa è sospesa ai suoi due carrelli con una sospensione doppia: una sospensione primaria, verticale, che riposa sullo chassis del carrello mediante due « polmoni » pneumatici ad aria compressa; una sospensione secondaria formata da due coppie di biellette articolate, da una parte, sull'elemento terminale della sospensione primaria e, dall'altra, sul tetto del veicolo.

La combinazione dei giochi massimi delle due sospensioni si traduce con uno spostamento trasversale massimo di 500 mm, il che rappresenta una inclinazione di 7°30' rispetto alla verticale, che è la massima inclinazione compatibile con il benessere dei passeggeri.

Per la realizzazione di questa sospensione, i creatori della ferrovia hanno beneficiato dei lavori, unici al mondo, intrapresi dalle Ferrovie Francesi con la carrozza pendolare presentata nel 1957.

La stabilità trasversale è assicurata da un sistema automatico di servosospensione.

La vettura. Realizzazione — Il prototipo usato per la dimostrazione è stato costruito in alluminio, secondo il principio della monoscocca o carrozzeria portante. Ha una lunghezza di metri 17,30 per una larghezza e un'altezza di metri 2,96. Capienza 32 persone sedute e 91 in piedi.

Velocità — La velocità massima supera i 100 km all'ora.

Sicurezza — È evidente che con velocità simili i dispositivi di sicurezza hanno attirato tutta l'attenzione dei tecnici. I segnali di via vengono « ripetuti » all'interno della cabina di guida. Una frenatura d'urgenza interviene automaticamente quando si « brucia »

equipaggiati con pneumatici Michelin 12.00-20 X, gonfiati con azoto a 9 kg al cm².

Quattro ruote-guida, due davanti e due dietro al carrello, sono equipaggiate con gli stessi pneumatici, ma di dimensioni più piccole (6.00-9 X). Queste ruote guida poggiano sulle pareti verticali del cassone-trave, con una pressione di 400 kg.

La frenatura — Sul prototipo presentato, la frenatura è assicurata da un tamburo su ogni ruo-

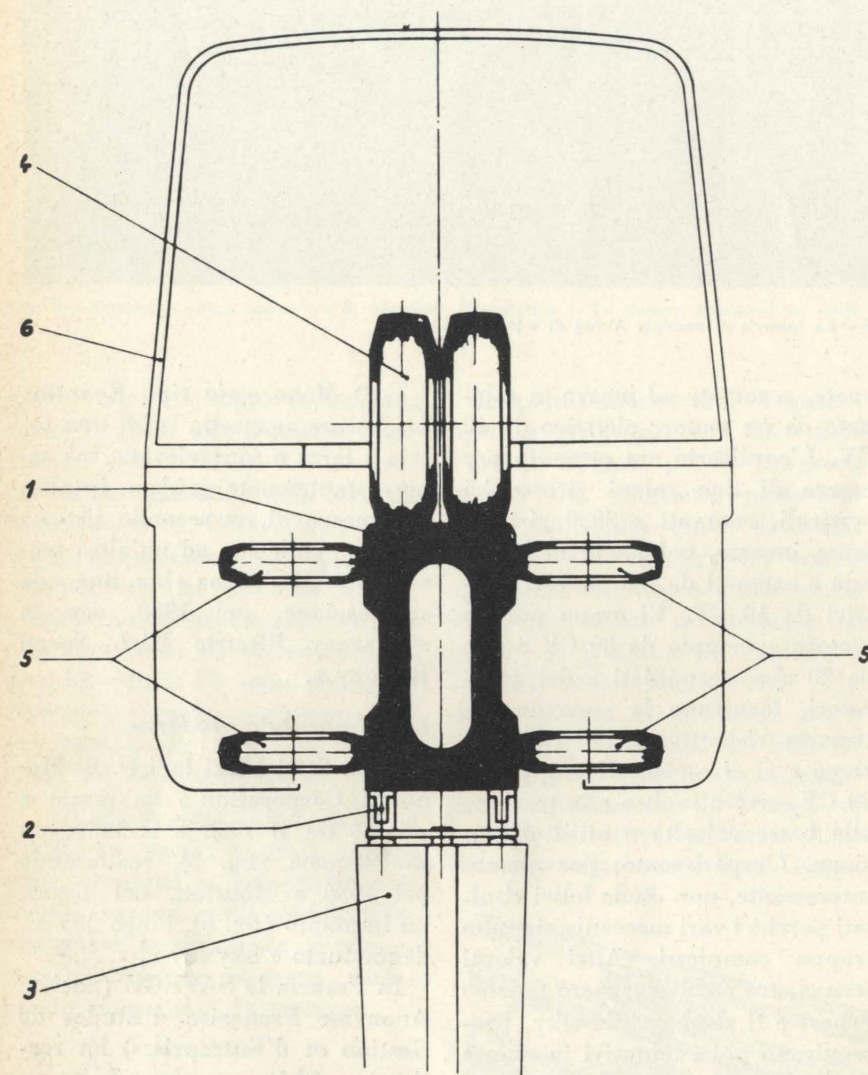


Fig. 10 - Carrello: 1) Trave; 2) Piastra; 3) Pilastro; 4) Ruota portante con pneumatici gemelli; 5) Ruote di guida e stabilizzazione; 6) Vettura.

cassone realizzata in lamiera d'acciaio saldata elettricamente (peso: 80 kg al metro). La sezione di questa trave si presenta, in formato ridotto, come il sotterraneo attuale del metrò su pneumatici. Questo « corridoio » chiuso mette le superfici di rotolamento — orizzontale e verticale — al riparo dalle intemperie.

Gli scambi — I cambiamenti di direzione vengono effettuati per mezzo di scambi disegnati esattamente come quelli convenzionali,

un segnale. Il conduttore di ogni convoglio è in comunicazione telefonica costante con il responsabile del traffico.

sono allora piantati sui marciapiedi.

In Germania infine la Alweg (il cui nome deriva dalle iniziali del

diretto — con la fervida collaborazione di molti valenti tecnici ⁽¹⁾ — la progettazione ed esecuzione.

Della citata ferrovia facciamo ora seguire la descrizione.

2. L'impianto e il materiale rotabile.

a) Generalità.

L'armamento della ferrovia monorotaia Alweg consiste di una trave a sezione rettangolare, sostenuta da pilastri (fig. 9). La campata è di 20 metri. Travi e pilastri sono in cemento armato precompresso e vengono prefabbricati in serie.

L'automotrice (azionata da motori elettrici a corrente continua) circonda la trave con i suoi carrelli in modo che sulla superficie superiore corrono le ruote portanti munite di pneumatici e su quelle laterali le ruote di manovra e sta-

⁽¹⁾ Desidero in particolare ringraziare il Prof. Ing. Riccardo Morandi, al quale è dovuto, fra l'altro, il sistema di precompressione usato nelle strutture in calcestruzzo precompresso, gli Ingegneri Schüler e Schröder della Alweg, Daniele, Sales e Beltramo dell'Azienda Elettrica Municipale di Torino, Albrecht della Kiepe e Grippo del Servizio Trasporti di Italia '61.

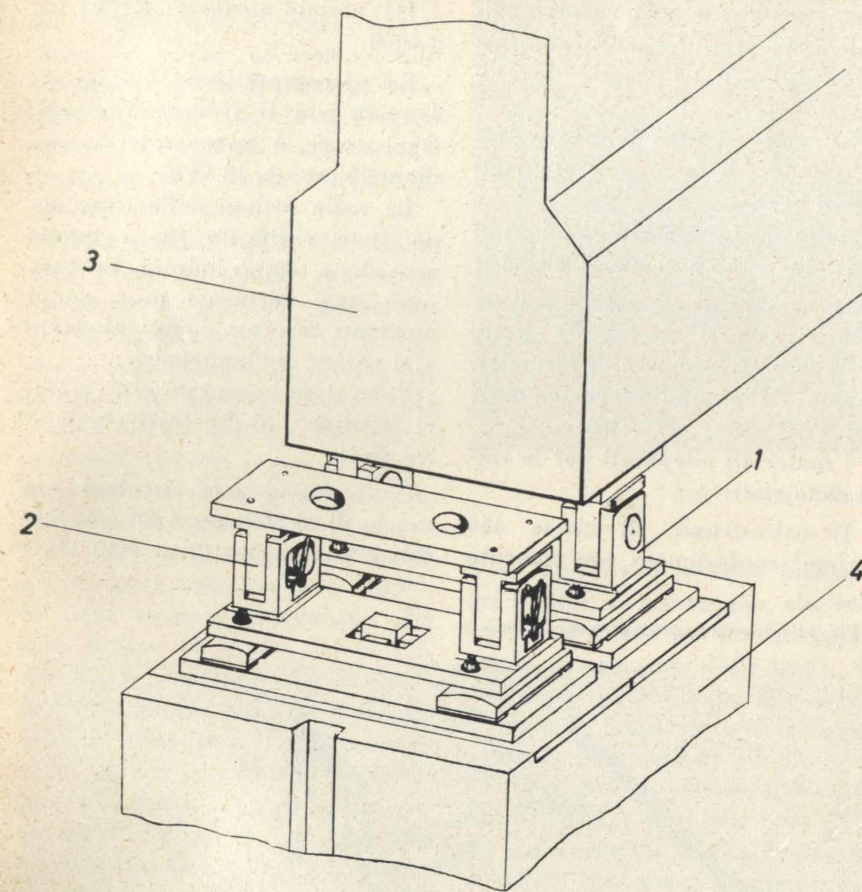


Fig. 11 - Apparecchi d'appoggio: 1) Piastra fissa; 2) Piastra mobile; 3) Trave; 4) Pilastro.

Peso — Il peso della cabina con le relative attrezzature è di 8.500 chilogrammi.

I sostegni — Per sostenere la via aerea, si possono usare tre tipi di sostegno:

— **Supporto a T**, per via doppia, che lascia sotto le vetture una luce libera di metri 4,90. L'altezza di questo supporto è di m 10,85 per un ingombro al suolo di metri 0,80 di diametro a ogni 30 metri circa;

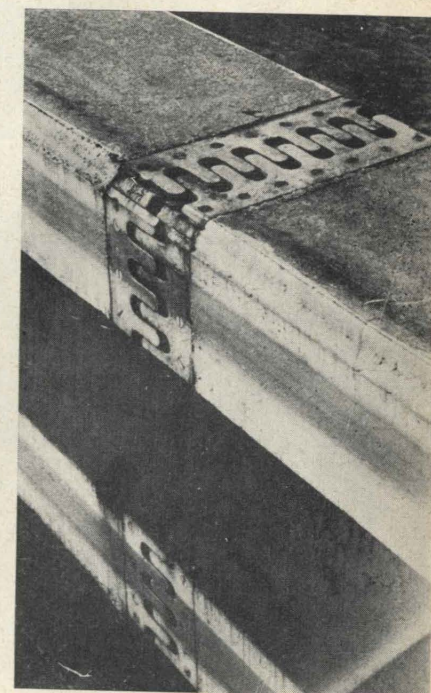
— **Supporto a L rovesciato**, per via semplice, di concezione analoga al precedente;

— e finalmente, **Supporto a portale**, per il caso in cui la larghezza della strada non permetta l'impianto di piloni al centro della strada stessa. I piedi dei portali

suo fondatore (l'industriale svedese Awel Lenard Wenner-Gren) mise allo studio fin dal 1951 un suo sistema, che fu poi realizzato nel 1955, in un impianto sperimentale su scala ridotta, a Fühlingen, nei dintorni di Colonia. A quel primo impianto ne seguì un secondo, questa volta su scala normale, nell'estate del 1957, e, nel 1959, a Disneyland, un terzo, su scala ridotta, ma aperto al pubblico esercizio.

Sulla base delle esperienze così fatte e degli studi che le hanno seguite, il Comitato Nazionale per la Celebrazione del Primo Centenario dell'Unità d'Italia ha ora realizzato, a Torino, nel complesso espositivo di « Italia '61 », la prima ferrovia Alweg su scala normale e in servizio pubblico (figura 8), impianto di cui abbiamo

Fig. 12 - Piastre a dita.



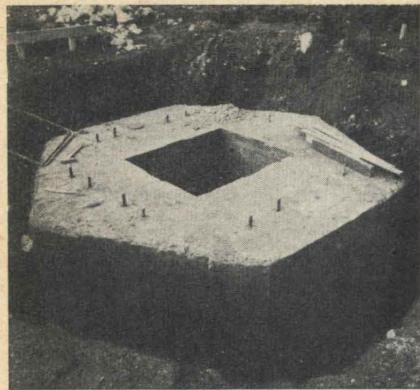


Fig. 13 - Uno dei blocchi di fondazione.

bilizzazione pure munite di pneumatici (fig. 10).

b) Le travi.

Sono della lunghezza di metri 19,975, con sezione a cassone delle dimensioni esterne $b/d = 80/140$ cm.

Esse poggiano sui pilastri, incassati nelle fondazioni, tramite apparecchi d'appoggio semplici (fig. 11) costituiti da un rullo ad una estremità e una cerniera all'altra. Le forze frenanti sono trasmesse ai pilastri tramite le cerniere.

Gli appoggi sono inoltre capaci di prendere le forze generate dagli effetti torcenti.

Nella progettazione sono stati presi in conto i seguenti carichi:

1) carichi trasmessi dalle vetture Alweg; 2) pesi propri; 3) effetto del vento (coefficiente di forma ricavato dallo studio sperimentale del Prof. Ing. Seeweld).

I materiali adoperati per le travi sono stati:

I) calcestruzzo di classe 450 kg/cm² confezionato con cemento

680 kg/cm²; sabbia 0,3 ÷ 0,7 cm; ghiaia 7-30 cm;

II) acciaio per precompressione: TC 2 155-165;

III) acciaio normale: RUMI LU 3-4000.

La precompressione è stata effettuata con il sistema Morandi. Ogni trave è precompressa mediante 5 cavi da 15 Ø 7.

Le varie sezioni della trave sono state verificate sia a tempo zero che a tempo infinito. Le travi sono state verificate pure per i momenti torcenti dovuti al vento e al carico dissimmetrico.

Sono state impiegate oltre a travi rettilinee, anche travi curve di tre tipi:

— travi ad asse circolare con raggio di m 500; travi ad asse circolare con raggio di m 600; travi

di raccordo con asse a curvatura variabile, per il collegamento dei tratti rettilinei con i tratti in curva.

Il calcolo delle travi in curva, con la stessa luce di quelle in rettilineo, si limita all'esame delle condizioni di sollecitazione che sono cambiate per la differente azione del treno di carico in dipendenza della curva e dell'inclinazione della trave.

Resta quindi valido il calcolo della trave in rettilineo per tutto quello che riguarda le sollecitazioni e il dimensionamento a flessione; il supplemento di calcoli per la trave in curva riguarda solo l'esame delle sollecitazioni per i momenti torcenti e per gli sforzi taglianti e il relativo dimensionamento delle armature.

Poichè i pilastri sono disposti ad interasse costante di m 20,00, le travi contigue presentano alle loro testate un giunto di cm 2,5, che ha la funzione di consentire le deformazioni prodotte dalle variazioni termiche. La continuità della via di corsa della trave in corrispondenza di tale giunto è peraltro assicurata da speciali « piastre a dita » (fig. 12), ognuna composta da due metà collegate alle travi adiacenti.

Le travi sono longitudinalmente percorse da un tubo continuo del diametro di 15 cm per il passaggio della cavettatura occorrente per l'esercizio elettrico della linea.

Il volume effettivo di calcestruzzo di una trave è di circa m³ 15, per cui ogni trave pesa 40 tonn.

c) I pilastri.

I pilastri, a sostegno delle travi, sono disposti, come è già stato detto, ad interasse di m 20,00; essi pure sono in cemento armato, prefabbricati, ed hanno altezze variabili da m 6,21 a m 7,71, per consentire l'orizzontalità delle travi sovrastanti anche ove il profilo longitudinale del terreno presenta delle variazioni altimetriche.

Nella testata superiore dei pilastri sono murate delle coppie di barre in ferri profilati, tra le qua-

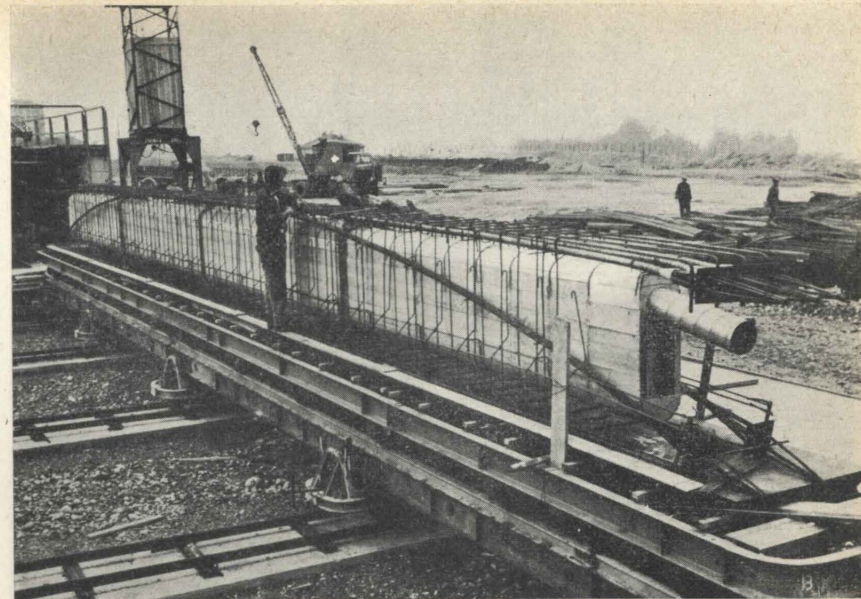


Fig. 15 - Preparazione dell'armatura di una trave.

li si impegnano le teste inferiori dei bulloni di ancoraggio, che collegano al pilastro stesso gli apparecchi di appoggio delle travi. Al fine di consentire la perfetta messa a punto di queste ultime (allineamento e livellazione) i bulloni di ancoraggio non sono costituiti da normali prigionieri, ma sono alloggiati in cavità, successivamente riempite con massa inerte, cosicché è possibile lo spostamento, anche in misura considerevole, delle piastre degli apparecchi di

appoggio nelle due direzioni di un piano orizzontale.

È inoltre prevista la possibilità di spessorare le piastre degli apparecchi di appoggio, in modo da correggere anche eventuali errori nella posizione altimetrica della trave, sia verso l'alto che verso il basso.

Tale disposizione, seppure in apparenza assai complessa, ha per contro il notevole pregio di rendere sempre possibile la perfetta messa a punto della linea sia al-

Fig. 16 - La camera di betonaggio.

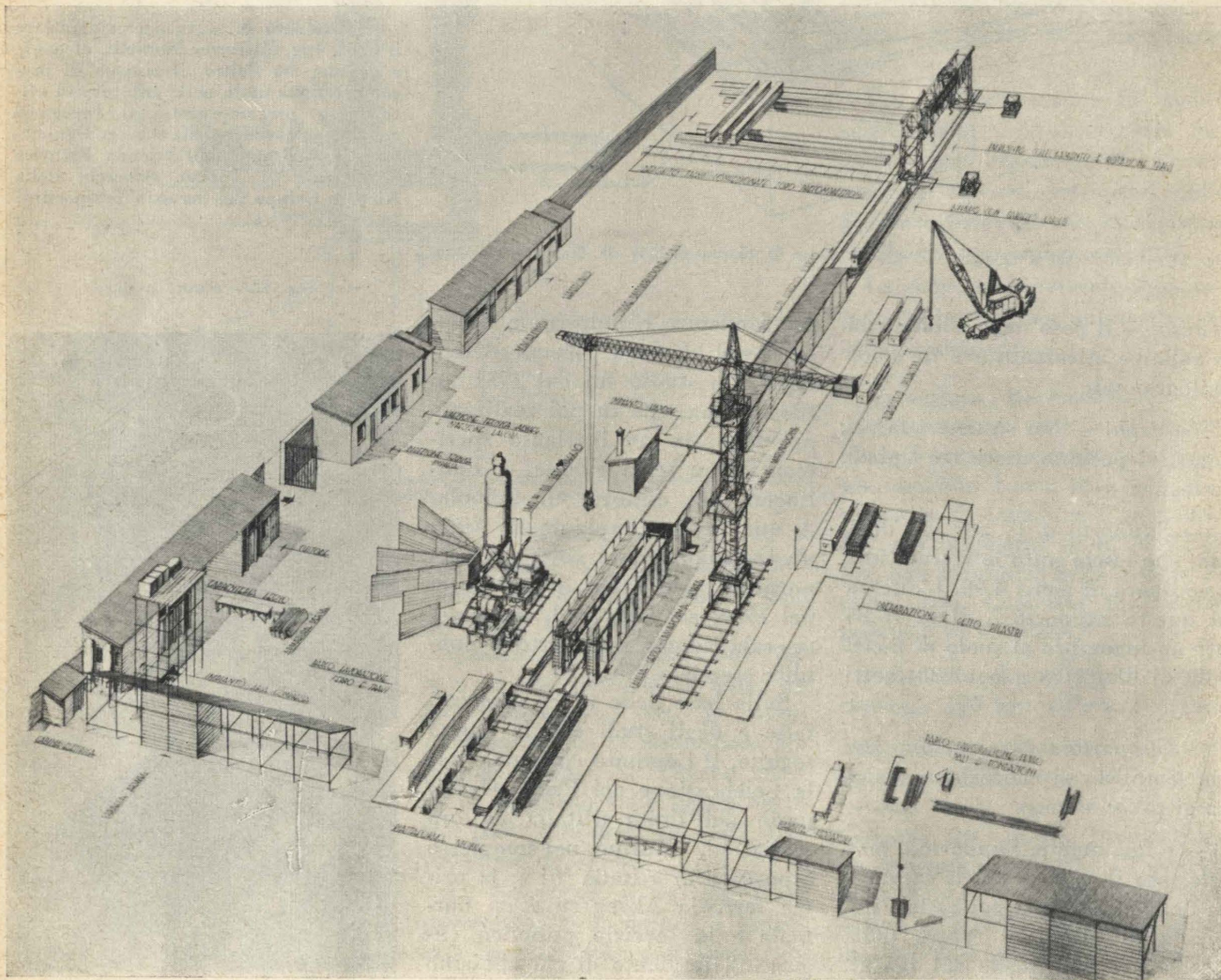
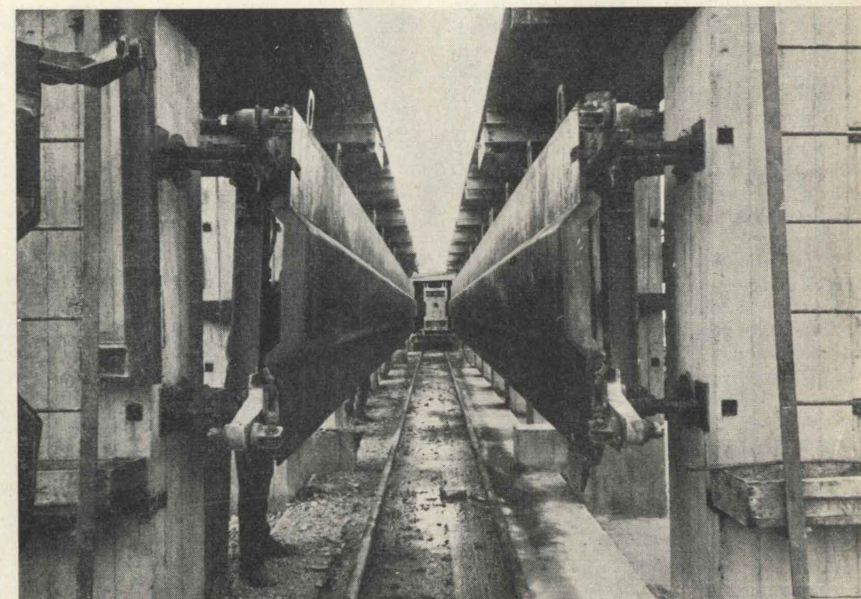


Fig. 14 - Schema organizzativo del cantiere.

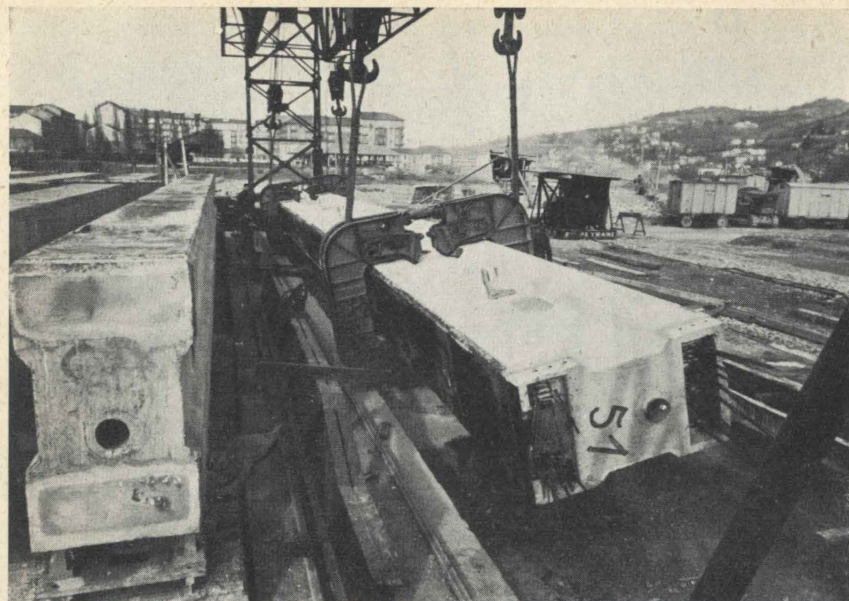


Fig. 17 - Raddrizzamento e deposito a magazzino di una trave.

l'atto del montaggio, sia, durante l'esercizio, per riprendere eventuali spostamenti o cedimenti.

Alla testata inferiore, il pilastro è rigidamente incastrato in un'apposita nicchia ottenuta nel sottostante blocco di fondazione. I pilastri presentano volumi variabili da 6,1 a 7,3 m³ ed un peso variabile da 16 a 19 tonn. (2).

(2) Le forze agenti sui pilastri sono:

I) Pilastri in curva: 1) azioni trasmesse dal treno in curva; 2) peso proprio delle strutture; 3) vento considerato in 80 kg/m².

II) Pilastri in rettilineo: 1) azioni trasmesse dal treno in rettilineo; 2) peso proprio delle strutture; 3) vento considerato in 80 kg/m²; 4) urto di automezzi considerato come forza statica di 50 tonn, applicata a ml 1,50 dal piano viabile. (L'azione dell'urto è considerata associata solo ai carichi permanenti).

Le reazioni dei pilastri sono state calcolate tenendo conto della contemporanea azione delle sollecitazioni in due piani tra loro ortogonali e quindi a presso-flessione deviata.

Il calcolo di dimensionamento e verifica è stato eseguito mediante le tabelle e i grafici « Sager ».

Sono state raggiunte le seguenti tensioni massime:

1) Pilastri in curva:

$$\sigma_c = 95 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_f = 1400 \text{ kg/cm}^2$$

2) Pilastri in rettilineo:

$$\sigma_c = 97 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_f = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

La trasmissione del momento d'incastramento nella fondazione è realizzata solo tramite l'azione di forze orizzontali contro la fondazione.

d) Le fondazioni.

In relazione alla particolare natura del terreno nella zona percorsa dalla monorotaia, costituito praticamente da un potente strato di materiale di riporto, posato a sua volta su di un letto di sabbia e ghiaia, si è ritenuto indispensabile, per assicurare la necessaria stabilità alle opere di fondazione,

La parte del pilastro all'interno della fondazione (tra le sezioni E-E ed F-F) si presuppone rigida.

ricorrere all'impiego di palificazioni.

Le fondazioni risultano pertanto costituite da una parte superficiale, ubicata immediatamente al di sotto del piano di campagna, posata su sei pali disposti secondo i vertici di un esagono regolare, inclinati verso l'esterno per assorbire le sollecitazioni dirette in senso orizzontale (sforzo frenante, azione del vento, ecc.).

Si indichi con b la larghezza della superficie di appoggio e con h la profondità dell'incastramento.

Le forze esterne M ed H sono applicate nella sezione E-E.

Posto:

$$A = b \cdot h = \text{area della sezione}$$

$$W = b \cdot h^2 / 6 = \text{modulo di resistenza}$$

si ottengono per le sollecitazioni ai bordi superiori ed inferiori (— compressione, + trazione):

$$\sigma_1 = - \frac{2}{bh^2} (2Hh + 3M)$$

$$\sigma_2 = \frac{2}{bh^2} (Hh + EM)$$

$$X_1 = \frac{h(Hh + 1,5M)}{1,5(Hh + 2M)}$$

$$X_2 = \frac{h(Hh + 3M)}{3(Hh + 2M)}$$

Il diagramma delle forze trasversali nelle condizioni vincolari all'incastramento è parabolico.

$$T_x = \frac{1}{2x_2} \{ b\sigma_2 X^2 - 2\sigma_2 b(h - X_2)X + 2HX_2 \}$$

per la condizione $T_x = 0$

$$x_0 = h - 2x_2 \text{ si ha}$$

$$M_{\text{max}} = \frac{4(Hh + 3M)^2}{27(Hh + 2M)^2}$$

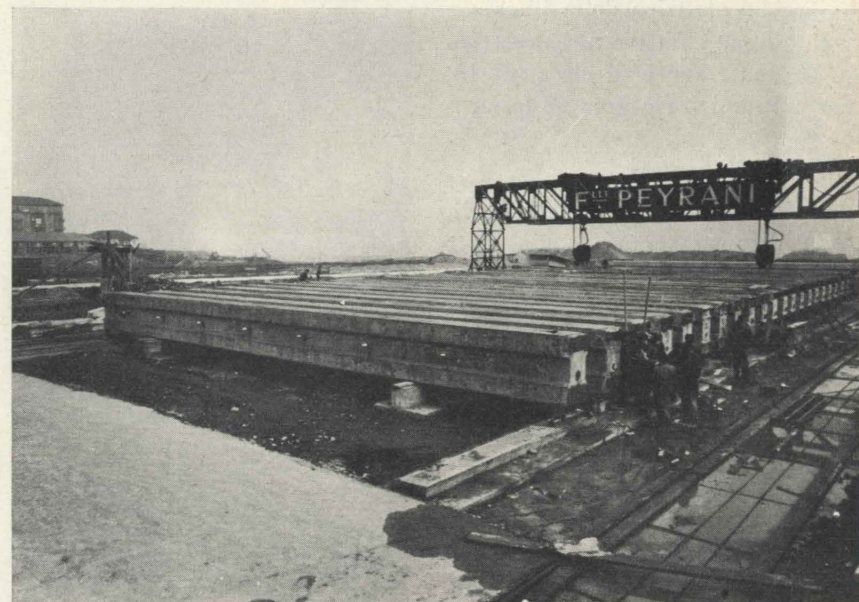


Fig. 18 - Il deposito delle travi, pronte per il montaggio.

Il blocco di fondazione (fig. 13) è costituito da una massa di cemento armato del volume di 16-20 mc circa, dello spessore di m 2, che porta nel centro una apposita cavità nella quale, come detto, è infisso il piede inferiore dei pilastri, e alla quale sono collegate le testate superiori dei pali di fondazione.

Detti pali sono stati ottenuti con l'impiego di sonda del diametro di 50 cm.

Dopo l'infissione dei pilastri nella nicchia della testa di fondazione si è provveduto a sigillare il vano risultante, con calcestruzzo accuratamente costipato.

e) Le installazioni di cantiere.

In relazione sia all'elevato grado di precisione geometrica richiesta nella costruzione delle travi e dei pilastri, sia all'esiguità del tempo a disposizione per la condotta dei lavori, è stato indispensabile prevedere e attrezzare in modo opportuno un apposito cantiere per la costruzione delle par-

Fig. 19 - Un pilastro montato e provvisoriamente bloccato.

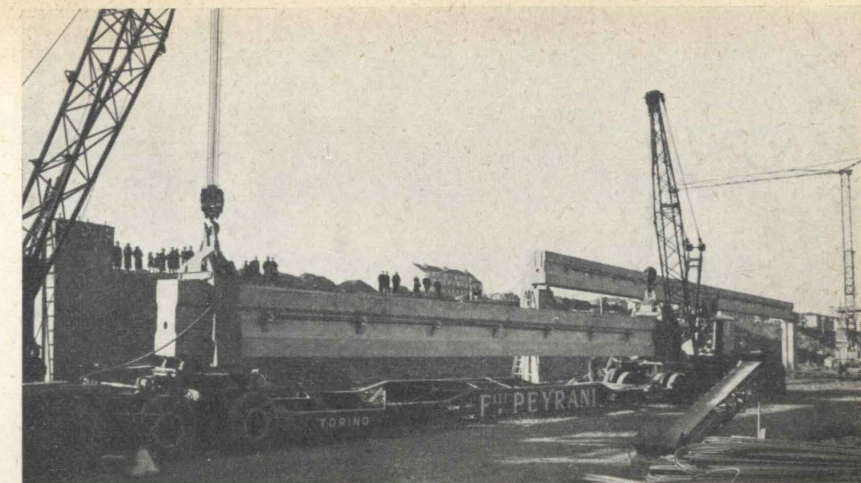
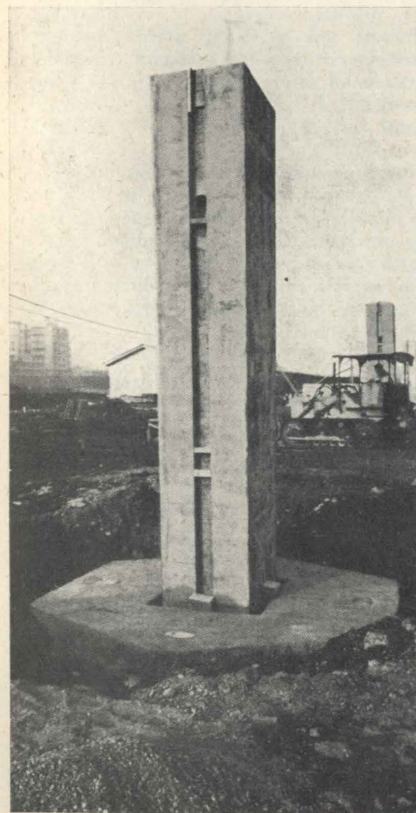


Fig. 20 - Una trave, trasportata a piè d'opera, è ora afferrata dai tenaglioni.

ti prefabbricate (travi e pilastri) un efficiente ed organico complesso di attrezzature e servizi per il trasporto e il montaggio in opera delle parti stesse, nonché un cantiere secondario per la costruzione in loco delle opere di fondazione.

Il cantiere (figura 14) presentava, dal punto di vista organizzativo e funzionale, stretta analogia con una officina per la produzione in serie di parti meccaniche. Oltre alle consuete attrezzature caratteristiche dei cantieri edili (uffici, baraccamenti, magazzini, officina, falegnameria, silos per il cemento e per gli inerti, impianto di betonaggio e di distribuzione del calcestruzzo), esso disponeva infatti di due complessi che possono essere denominati « linea di costruzione travi » e « linea di costruzione pilastri » (3).

(3) Per la costruzione delle travi era infatti stata attrezzata una « linea di montaggio » a 7 stalli, costituita da una via di corsa percorsa da 7 speciali carrelli la cui superficie superiore, metallica, poteva essere opportunamente incurvata in senso longitudinale e inclinata in senso trasversale con una serie di appositi spessori in legno duro. La piattaforma di ogni singolo carrello costituiva così il lato inferiore della cassaforma per il getto delle travi.

Sul carrello vuoto disposto sul primo stallo veniva posata, mediante una gru, che la prelevava da un adiacente piazzale dove era stata costruita, la completa gabbia d'armatura comprendente l'armatura metallica della trave, i cavi di precompressione, le piastre degli apparecchi di appoggio e le casseforme perse (fig. 15).

Il carrello veniva spinto nello stallo n. 2, che costituiva la vera e propria ca-

f) Il montaggio.

Oltre alla gru a portale, già descritta per la rotazione e traslazione delle travi, il cantiere era

mera di betonaggio (fig. 16), interamente metallica, composta da due robuste fiancate in carpenteria rivestite di lamiera, mobili in direzione perpendicolare all'asse longitudinale della trave mediante 36 binde manovrate a mano e controllate in 36 punti da altrettanti dispositivi di misura dotati di nonio.

In base a tabelle opportunamente pre-costituite, manovrando sulle binde e controllando le misure ai nonii sopraccitati, si potevano sagomare le due fiancate della cassaforma per ottenere sia le travi rettilinee che quelle ricurve o di raccordo. La cassaforma era completata da due testate pure metalliche, alle quali venivano rigidamente fissate le piastre di precompressione e gli apparecchi di appoggio.

Il getto del calcestruzzo avveniva dall'alto mediante benne sollevate da gru mobile a braccio girevole, che le prelevava dall'impianto di betonaggio.

Particolare cura è sempre stata posta nella confezione del calcestruzzo, la cui composizione granulometrica veniva settimanalmente controllata e corretta in relazione agli inerti approvvigionati, sempre accuratamente selezionati al loro arrivo in cantiere. La confezione avveniva in betoniera a funzionamento automatico, con pesatura degli inerti e dosatura dell'acqua mediante contatore.

Il calcestruzzo veniva steso nell'interno della cassaforma in strati uniformi ed accuratamente vibrato, oltre che con i normali vibratori a mano, soprattutto con 36 vibratori ad aria compressa funzionanti sinronicamente, applicati alle fiancate della cassaforma.

Lo stallo n. 3 era occupato dalla camera di maturazione a vapore, il cui impiego è stato imposto dal fatto che nel brevissimo ciclo di lavorazione previsto sarebbe stato impossibile far conseguire per via naturale al calcestruzzo la resi-

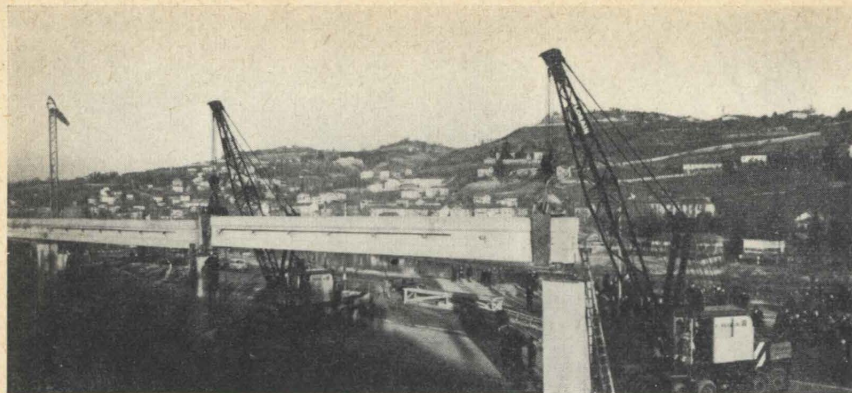


Fig. 21 - La trave è ora montata.

attrezzato con due gru semoventi della portata di 30 tonn, con un rimorchio per il trasporto dei pilastri e con un carrello appositamente

costruito per il trasporto delle travi che, come detto, avevano un peso dell'ordine di 40 tonn. (4).

Successivamente ancora la gru a portale, sempre procedendo lungo la sua via di corsa, depositava la trave sugli appoggi provvisori.

Quando poi, mediante prove sclerometriche che venivano eseguite ogni due giorni, si constatava nel calcestruzzo la necessaria resistenza, si procedeva alla precompressione della trave seguendo il sistema Morandi.

Dopo il taglio delle estremità dei cavi di precompressione e la sigillatura delle testate, la trave, ormai ultimata, era pronta per il trasporto in linea (fig. 18).

Per i pilastri la linea di montaggio era costituita da una serie di piazzali contigui, sui quali si procedeva al montaggio delle gabbie di armatura, alla posa delle piastre degli apparecchi di appoggio ed infine alla applicazione delle casseforme metalliche per il getto.

Dopo un'accurata regolazione delle stesse si procedeva alle operazioni di betonaggio, condotte con la stessa tecnica già descritta per le travi.

Anche per i pilastri, particolarmente durante il periodo freddo, si è proceduto alla maturazione mediante vapore, costruendo attorno alla cassaforma delle incastellature in legno nelle quali veniva introdotto del vapore a temperatura di circa 60°.

Dopo il disarmo i pilastri venivano sollevati da gru semoventi e disposti, nell'ambito del cantiere, in una zona adibita a « magazzino pilastri », in attesa del loro trasporto in linea.

(4) Un trattore di potenza adeguata provvedeva all'azionamento dei carrelli per il trasporto delle travi e dei pilastri. terminate in linea le delicate operazioni di tracciamento di ogni singolo plinto di fondazione, il cui fondo veniva accuratamente livellato in relazione alla lunghezza dei corrispondenti pilastri, si procedeva al loro trasporto e posa in opera. Essi venivano sollevati in cantiere da una gru semovente, posati sull'apposito rimorchio e trainati a picchetto. Qui una seconda gru semovente li scaricava al suolo, li rizzava, li sollevava e li posava

mentre costruito per il trasporto delle travi che, come detto, avevano un peso dell'ordine di 40 tonn. (4).

Successivamente ancora la gru a portale, sempre procedendo lungo la sua via di corsa, depositava la trave sugli appoggi provvisori.

Quando poi, mediante prove sclerometriche che venivano eseguite ogni due giorni, si constatava nel calcestruzzo la necessaria resistenza, si procedeva alla precompressione della trave seguendo il sistema Morandi.

Dopo il taglio delle estremità dei cavi di precompressione e la sigillatura delle testate, la trave, ormai ultimata, era pronta per il trasporto in linea (fig. 18).

Per i pilastri la linea di montaggio era costituita da una serie di piazzali contigui, sui quali si procedeva al montaggio delle gabbie di armatura, alla posa delle piastre degli apparecchi di appoggio ed infine alla applicazione delle casseforme metalliche per il getto.

Dopo un'accurata regolazione delle stesse si procedeva alle operazioni di betonaggio, condotte con la stessa tecnica già descritta per le travi.

Anche per i pilastri, particolarmente durante il periodo freddo, si è proceduto alla maturazione mediante vapore, costruendo attorno alla cassaforma delle incastellature in legno nelle quali veniva introdotto del vapore a temperatura di circa 60°.

Dopo il disarmo i pilastri venivano sollevati da gru semoventi e disposti, nell'ambito del cantiere, in una zona adibita a « magazzino pilastri », in attesa del loro trasporto in linea.

(4) Un trattore di potenza adeguata provvedeva all'azionamento dei carrelli per il trasporto delle travi e dei pilastri. terminate in linea le delicate operazioni di tracciamento di ogni singolo plinto di fondazione, il cui fondo veniva accuratamente livellato in relazione alla lunghezza dei corrispondenti pilastri, si procedeva al loro trasporto e posa in opera. Essi venivano sollevati in cantiere da una gru semovente, posati sull'apposito rimorchio e trainati a picchetto. Qui una seconda gru semovente li scaricava al suolo, li rizzava, li sollevava e li posava

g) L'alimentazione.

La linea funziona a corrente continua a 1200 volts, 700 Amp. con una sottostazione di distribuzione appositamente costruita dalla Ansaldo San Giorgio. Siccome il treno Alweg corre per mezzo di ruote a pneumatici sulla trave in cemento (fig. 10), per l'alimentazione sono necessarie due barre elettriche. Esse sono poste, separatamente — a destra e a sinistra della trave — su isolatori a distanze regolari di m 2,5. La separazione delle due barre esclude il pericolo di corrente vagante.

h) Il materiale rotabile.

L'automotrice (figg. 23 e 24) è a tre elementi indivisibili. I telai

nella nicchia del plinto di fondazione.

Assai delicate sono state le manovre occorrenti per disporre i pilastri esattamente verticali e con i loro assi di simmetria disposti secondo gli assi di tracciamento; a tale scopo si è fatto ricorso alle osservazioni simultanee eseguite con tre apparecchi topografici collimanti a segni di riferimento apposti nelle testate superiore ed inferiore dei pilastri; gli spostamenti occorrenti per portare in perfetta posizione questi ultimi venivano effettuati agendo all'interno della nicchia ricavata nel plinto contro le fiancate dei pilastri con martinetti idraulici da 20 tonnellate.

I pilastri venivano provvisoriamente bloccati nei plinti di fondazione con l'interposizione di grossi cunei di calcestruzzo ad alta resistenza (fig. 19); successivamente, come già detto, i vani esistenti tra i piedi dei pilastri e le cavità dei plinti venivano saturati con calcestruzzo accuratamente vibrato.

Per quanto infine riguarda le travi, dopo il sollevamento dal deposito provvisorio mediante la già menzionata gru a portale, esse venivano posate sull'apposito carrello e fissate rigidamente allo stesso mediante le piastre degli apparecchi di appoggio.

Trainata a picchetto, la trave veniva afferrata alle estremità (fig. 20) da due tenaglie apribili con comando oleodinamico, sollevata dal carrello ed issata sulle testate dei pilastri (fig. 21), sui quali erano già stati predisposti i bulloni di ancoraggio.

L'aggiustaggio definitivo della linea (fig. 22) è stato infine condotto agendo da un apposito carrello scorrevole sulla trave; il che ha permesso ad una squadra di specialisti di conseguire, mediante l'impiego di martinetti idraulici da 20 tonn, il perfetto allineamento e la posa a livello di tutte le travi. Successivamente si è proceduto al bloccaggio, mediante cunei di ferro saldati in opera, delle piastre di appoggio sulle testate dei pilastri ed all'apposizione delle « piastre a dita », per la copertura dei giunti di dilatazione.

delle vetture sono in lega metallica leggera Al Mg Si, le testate in fibra vetrosa Polyster rinforzata e i telai dei carrelli in acciaio (parti saldate in St 52.3, parti fuse in Gs 60.1, parti soggette a forti sollecitazioni in leghe d'acciaio).

La parte portante dei telai delle vetture, a forma di U, circonda la trave. Il profilo a U sul piano consiste di un sostegno cavo resistente alle torsioni e di pareti verticali in lamiera portante resistente agli urti.

Ad eccezione delle testate, per le cui finestre viene usato Plexiglas, tutti i finestrini del veicolo sono muniti di cristalli di sicurezza. I finestrini laterali possono venir fatti scorrere verso il basso.

Ogni elemento della vettura ha due porte doppie scorrevoli per lato. Esse sono munite di bordo sensibile pneumatico. Le porte sono azionate elettro-pneumaticamente. Il manovratore apre, a turno, tutte le porte di un lato; l'apertura è possibile solo quando il treno è fermo. Dopo lo sblocco o tutte le porte di uno stesso lato vengono aperte contemporaneamente dalla cabina di manovra o i passeggeri stessi le azionano separatamente mediante pulsanti interni o esterni. La chiusura è simultanea per tutte le porte ed è effettuata dalla cabina di manovra. Dispositivi particolari permettono la messa in moto del veicolo solo a chiusura avvenuta.

Ognuna delle sei porte di un lato può venire usata contemporaneamente da 2 persone (5).

(5) Supponendo che debbano scendere 50 passeggeri si otterrà il seguente tempo di discesa:

$$t = \frac{z-2}{2} \cdot \frac{a}{v} + z \cdot C + t_d = 28 \text{ sec.}$$

ove:

z=50=Numero dei passeggeri
a=0,5 m = Intervallo tra un passeggero e l'altro
v=0,8 m/sec = Velocità dei passeggeri
C=0,2 sec/pass. = Aumento difficoltà per discesa dal veicolo alla banchina
t_d=3 sec = Tempo per apertura porta e discesa dei primi due passeggeri affiancati.

Nel settore passeggeri vi sono dei corrimano per i viaggiatori in piedi.

Ogni elemento dell'automotrice è trasportato da due carrelli.

i) Gli impianti di sicurezza per il movimento del treno.

Per la sicurezza del movimento del treno viene impiegato il sistema permanente magnetico della Siemens & Halske AG.

Per le ruote portanti vengono impiegati pneumatici di misura 13.00-20, per quelle laterali di sostegno pneumatici di misura 7.50-15. Ad ogni pneumatico laterale e ad ogni asse portante è collegato un rullo di sicurezza (con corpi delle ruote in metallo leggero circondati di gomma piena) e un pattino di sicurezza (in acciaio duro Mn) che normalmente non toccano la trave. Solo in caso di guasto i dispositivi di sicurezza entrano in funzione.

Dei sei assali portanti — muniti di pneumatici gemelli — i quattro mediani sono motori e frenanti, mentre i due alle estremità sono semplici assali di corsa. Tutto il meccanismo di avviamento e d'arresto, con eccezione dell'ingranaggio degli assali, è contenuto negli scom-

Trasmettitori e ricevitori della linea sono sistemati sulla trave dove scorrono le ruote, quelli del veicolo sono distribuiti nei tre elementi che lo compongono.

Questo impianto di sicurezza garantisce che, in qualsiasi caso

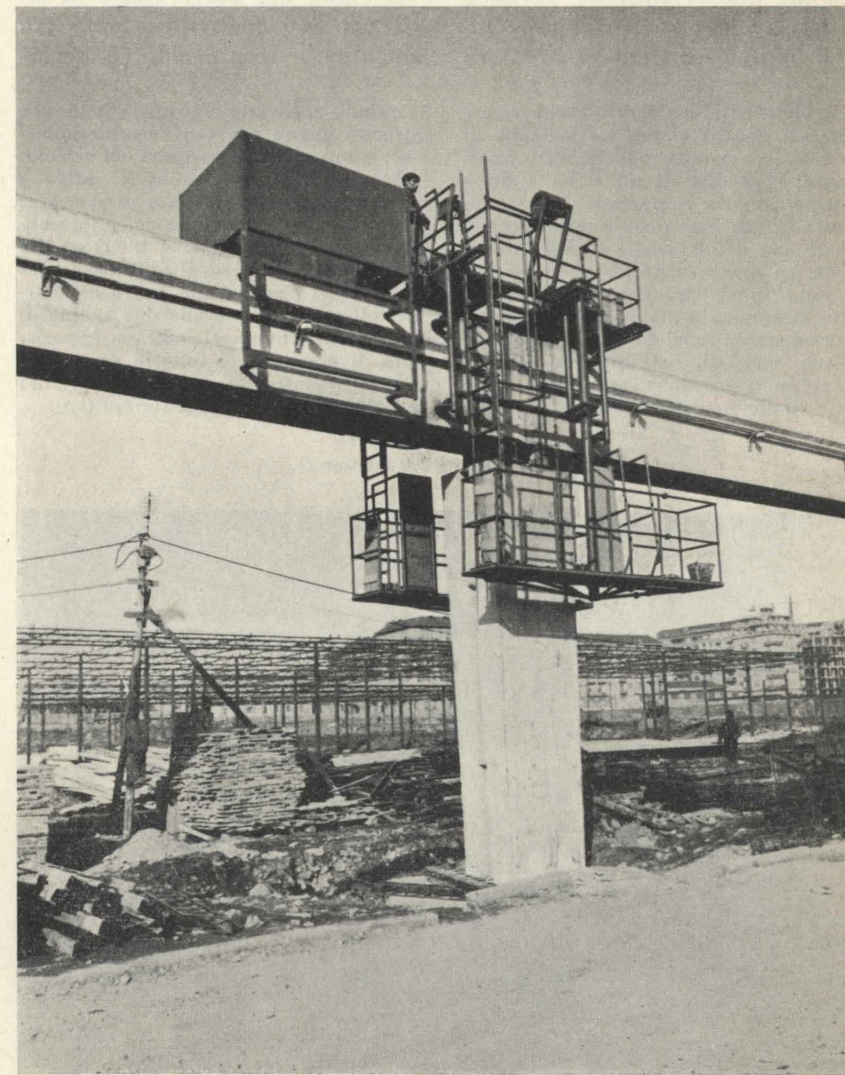
parti laterali delle vetture, vicino alla trave (sotto il pavimento).

L'avviamento dei quattro assali avviene tramite un elettromotore a 113 KW/h, attraverso giunti d'isolamento, giunti elastici in gomma, ingranaggio inferiore (posto dietro al freno a disco), albero di trasmissione e assali (fig. 25).

Nell'automotrice vi sono due collettori per ogni fase (fig. 26). Essi vengono accostati alle barre di alimentazione mediante un dispositivo ad aria compressa che agisce in contrasto con una molla per effetto della quale, se la pressione nella condotta scende al di sotto di un certo grado, i collettori vengono automaticamente scostati dalle barre.

Quanto ai freni, oltre al freno normale

Fig. 22 - Aggiustaggio della linea.



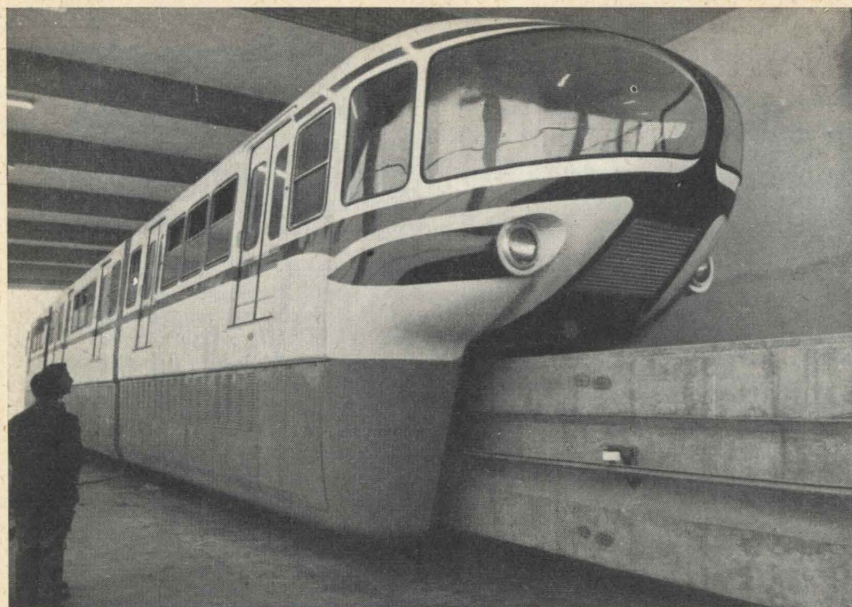


Fig. 23 - L'automotrice in officina.

di guasto degli impianti o di errore del manovratore — anche a vettura a pieno carico (peso totale 60 tonn) — il treno si arresterà

che è elettrico e con il quale può essere raggiunta una decelerazione massima di $1,5 \text{ m/sec}^2$, ognuno dei quattro assali portanti è munito di un freno a disco azionato ad aria compressa. In caso di frenata di emergenza con questo freno si ottiene una decelerazione di $3,0 \text{ m/sec}^2$.

Due dei quattro carrelli muniti di freno sono infine provvisti anche di un freno meccanico a molla che entra automaticamente in funzione quando, per una ragione qualsiasi, nell'impianto ad aria compressa la pressione scenda al di sotto di un limite predeterminato. L'impianto

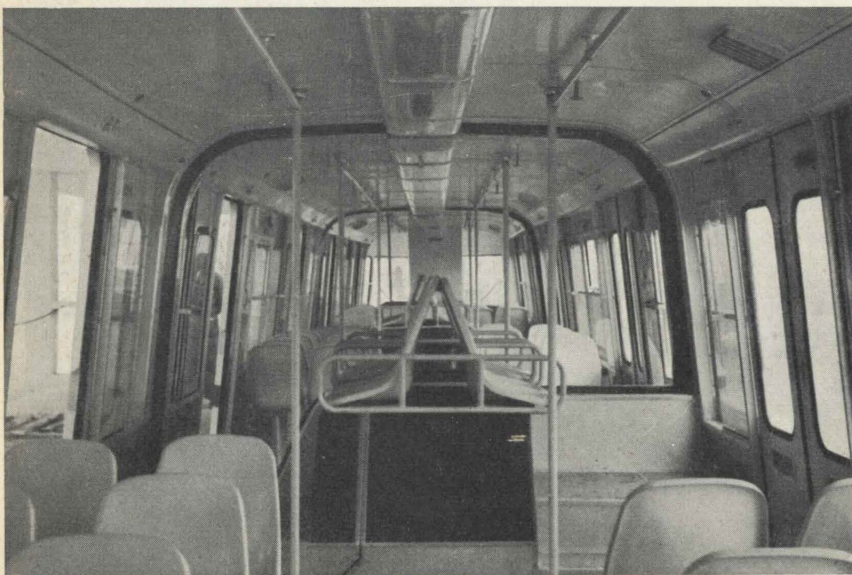
ai respingenti finali senza toccarli.

A causa del breve tratto di sicurezza (40 metri) esistente tra banchina e respingente, è neces-

è quindi realizzato in modo tale che qualsiasi guasto provoca l'arresto immediato o impedisce la partenza del veicolo.

Ognuna delle due cabine di guida è poi provvista di interruttore di sicurezza cosiddetto dell'« uomo morto ». Accanto al pulsante per la frenata di emergenza si trovano infine i segnali di allarme per i passeggeri che possono provocare l'arresto di emergenza. Nelle due cabine di guida segnali luminosi indicano le variazioni di pressione di tutte le ruote portanti (manometri) e della temperatura dell'olio negli ingranaggi (termostati).

Fig. 24 - L'interno dell'automotrice.



sario controllare la velocità dell'automotrice. Il controllo avviene in tre punti, prima di ogni stazione, e consiste di un trasmettitore e di un ricevitore posti sulla trave a intervalli di m 20.

Il controllo della velocità avviene secondo il principio di misurazione strada/tempo. Al passaggio del treno il ricevitore di linea, all'inizio di un posto di controllo, riceve un impulso dal trasmettitore dell'automotrice (SGc nell'elemento C). Ciò mette in azione un interruttore che, attraverso un avvolgimento e dopo un tempo determinato, disinnesta il trasmettitore permanente magnetico che si trova alla fine del posto di controllo della linea. Se il treno, con il suo ricevitore per la linea (EFA nell'elemento A), supera questo trasmettitore prima del previsto, lo sbarramento entra in azione e provoca la frenata di emergenza. Se, invece, l'automotrice oltrepassa il controllo dopo il tempo stabilito, il ricevitore del treno passa il trasmettitore della linea quando questo è già chiuso e quindi la corsa procede indisturbata.

Il procedimento è uguale per tutti i posti di controllo. Si differenziano solo i tempi su cui sono regolati gli interruttori per poter controllare le diverse velocità.

Oltre ai trasmettitori dei posti di controllo, ad ogni stazione esiste un trasmettitore, che non può mai essere disinnestato, per impedire al treno di superare, inavvertitamente, il tratto di sicurezza tra stazione e respingente.

Quando ha provocato una frenata di emergenza, lo sbarramento non può venir sollevato prima di almeno 6 secondi, premendo un pulsante di cui viene registrato ogni azionamento.

La sicurezza della corsa, in particolare in prossimità delle stazioni, è dunque garantita in cinque modi:

1) L'efficienza del manovratore è controllata dall'interruttore di sicurezza (« uomo morto »).

2) La conformità ai regolamenti di esercizio è sorvegliata dai posti di controllo della velocità.

3) Gli sbarramenti dietro alle stazioni impediscono che il tratto di sicurezza venga superato.

4) Qualsiasi guasto negli impianti di sicurezza del treno o della linea provoca l'arresto immediato del veicolo.

5) Le estremità della linea sono munite di respingenti. Questi entrano in funzione solo quando i provvedimenti di cui ai punti 1-4 non abbiano effetto: ipotesi al di fuori di ogni possibile previsione.

1) I respingenti.

La ferrovia dispone di un tratto di sicurezza di m 40 ad ogni estremità. Un impianto automatico di sicurezza rende questo tratto assolutamente sufficiente all'arresto del treno, prima della fine della linea.

I respingenti (fig. 27) non hanno quindi il compito di arrestare il treno in corsa, ma solo quello di rendere sicure eventuali manovre.

L'estremità Nord presenta infatti la particolarità di terminare nella officina riparazioni; il veicolo, di conseguenza, passa su questo tratto ogni giorno almeno una volta all'entrata e una volta all'uscita dall'officina.

Supponendo quindi che il treno sia fermo in officina, può succedere che il manovratore commetta un errore all'avviamento, facendo avanzare l'automotrice anziché farla retrocedere. La stessa cosa può succedere dopo una frenata d'emergenza.

Inoltre il treno fermo, ma non frenato, può essere spinto dal vento.

Il respingente deve dunque essere eseguito in modo che:

1) arresti, senza danni, il treno vuoto in fase di manovra o spinto dal vento;

2) Impedisca la caduta del treno carico dall'estremità della trave in caso di riavviamento nel tratto di sicurezza.

Nella linea di « Italia '61 » i respingenti furono costruiti in modo da poter sopportare normalmente, senza danni alla vettura, un urto massimo di 35 tonn, il che si ritiene ampiamente sufficiente per i due casi sopra previsti.

m) Considerazioni generali tecnico-economiche.

Nei primi 30 giorni di esercizio (6 maggio - 6 giugno 1961) la

Nel periodo in esame si verificò un unico lieve incidente, dovuto ad una frenata che fece perdere l'equilibrio a 2 passeggeri con la

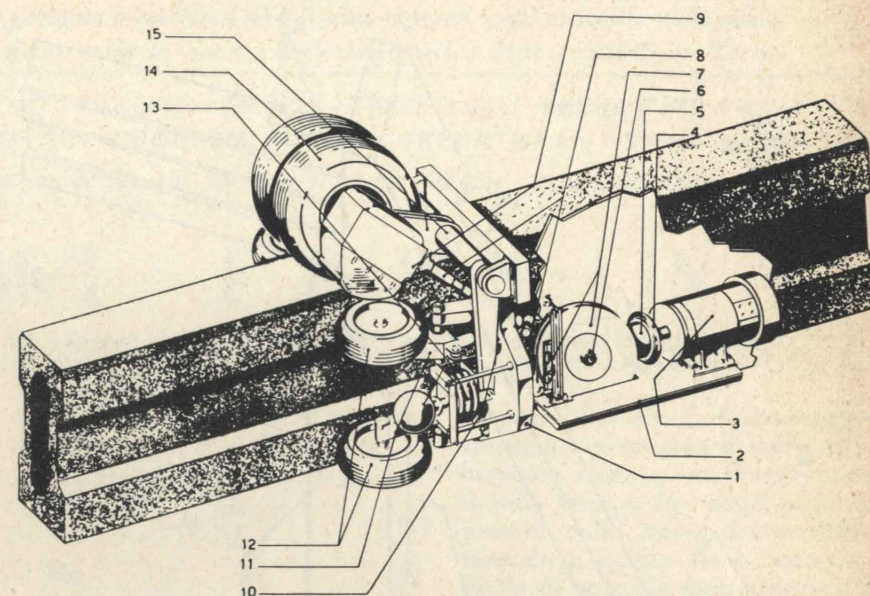


Fig. 25 - Parti meccaniche del carrello: 1) Costolone telaio del carrello; 2) Intelaiature; 3) Motore; 4) Giunto d'isolamento; 5) Giunto elastico; 6) Ingranaggio motore; 7) Freno a disco; 8) Albero di trasmissione; 9) Ingranaggio assali; 10) Molle in gomma per ruote di guida; 11) Leva oscillante delle ruote di guida; 12) Ruote di guida; 13) Molla ad aria con serbatoio aggiuntivo; 14) Ruota portante con pneumatici gemelli; 15) Leva oscillante della ruota portante.

monorotaia Alweg di Italia '61 ha percorso circa 6.000 km, trasportando 280.000 passeggeri, con un consumo di 13.700 KW. Il personale impiegato, sia viaggiante che di manutenzione e sorveglianza, ammonta a 25 dipendenti, divisi in 2 turni lavorativi.

conseguenza di qualche leggera contusione. Le prove di collaudo, effettuate sia sulla linea che sul materiale rotabile dal Ministero dei Trasporti, Ispettorato Generale M.C.T.C., e, per conto del committente, dai Professori Oberti e Zignoli del Politecnico di To-

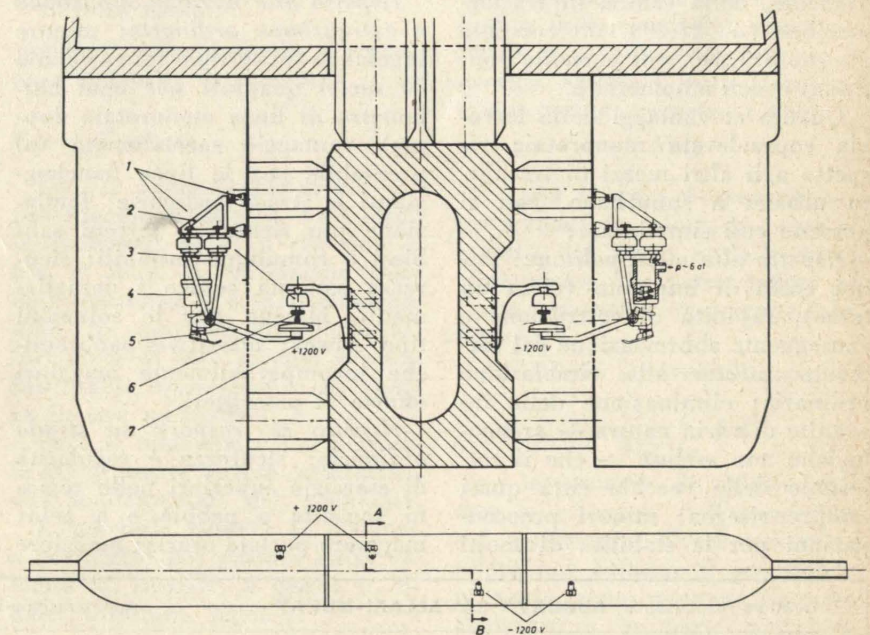


Fig. 26 - Collettori: 1) Isolatori; 2) Morsetto di collettore; 3) Intelaiature del collettore; 4) Cilindro d'azionamento; 5) Braccio del collettore; 6) Barra elettrica; 7) Morsetto delle barre elettriche.

rino, hanno dato tutte esito favorevole.

Il costo effettivo dell'impianto si può valutare, per la sola linea, a circa 200 milioni al km (per via

vecchi edifici, anche in relazione a modificazioni idrauliche nel sottosuolo; possibilità di recuperare gran parte del valore degli impianti, specialmente se in strutture

durata del materiale mobile grazie alla possibilità di rifinire la superficie di scorrimento con precisione maggiore di quella conseguibile su una strada, riducendo così gli scuotimenti a vantaggio della durata del materiale che può venire alleggerito con guadagno di portata utile.

sotto un aspetto generale: possibilità di contribuire ad una soluzione economica e tecnicamente vantaggiosa del problema del trasporto delle masse di viaggiatori che giornalmente ad orari obbligati arrivano e ripartono dai grandi centri urbani, nonché di quello dell'allacciamento delle città con gli aeroporti, gli stadi e i complessi sportivi e di esposizioni.

Ma anche prescindendo da questo quadro essenzialmente urbano e suburbano, le possibilità delle monorotaie, e cioè di convogli lanciati lungo sedi per così dire filiformi e sopraelevate, appaiono non meno interessanti sui grandi itinerari, sia per l'economia e la speditezza dell'impianto derivante anche dai minori espropri, che per la possibilità di superare forti acclività e per la non interferenza con la circolazione ferroviaria e ordinaria. Oltre a questi vantaggi potrebbero, a maggior ragione, valere, per le grandi comunicazioni, la già ricordata attrattiva di migliori visioni panoramiche, la minore soggezione a frane ed innervamenti, la facilità di fondazione, la silenziosità ed il conforto offerto dalle sospensioni pneumatiche.

Per tali ragioni riteniamo che, in generale, la ferrovia aerea troverà una notevole diffusione nei prossimi anni; dovrà solo cedere il posto alla « metropolitana » nel cuore cittadino, ma allora la stessa ferrovia aerea monorotaia valendosi della sua capacità a superare le pendenze, potrà, arrivata nei quartieri della City, scendere sotto terra, per uscirne appena possibile e lanciarsi nell'aria a raggiungere i quartieri periferici e le città satelliti vicine e lontane.

Carlo Bertolotti

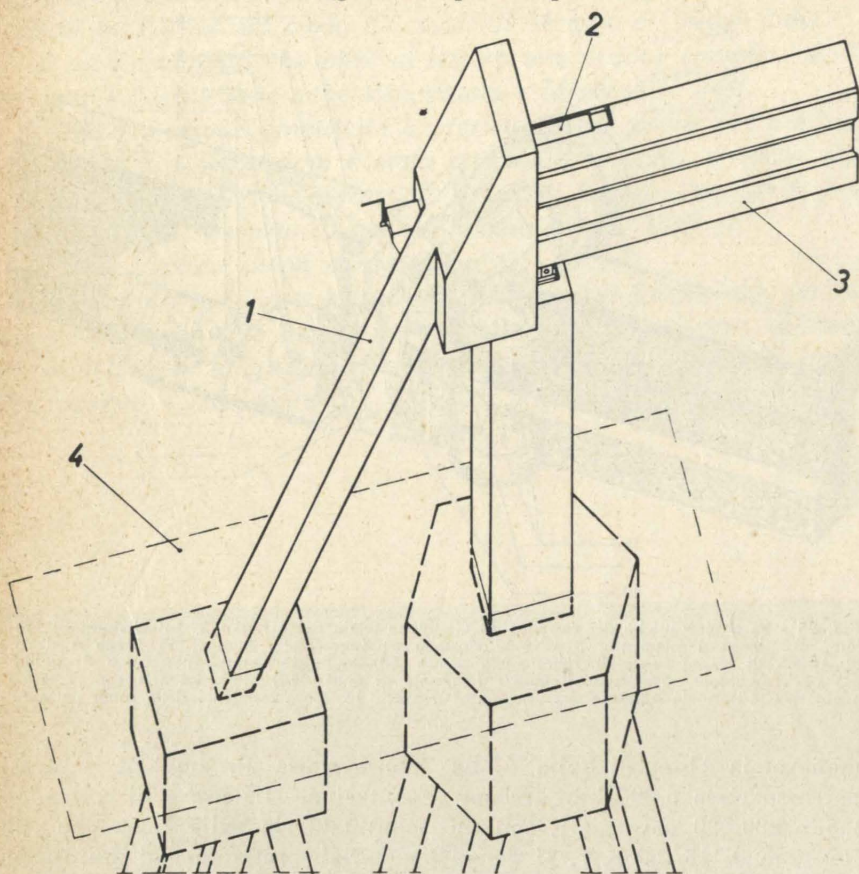


Fig. 27 - Respingente: 1) Respingente; 2) Paraurti; 3) Trave; 4) Suolo.

semplice). A questa cifra vanno aggiunti i costi delle stazioni, dell'officina, della cabina di trasformazione (da 27.000 volt corrente alterna a 1.200 volt corrente continua) e dell'automotrice.

Quanto ai vantaggi della ferrovia sopraelevata monorotaia rispetto agli altri mezzi di trasporto urbano e suburbano, essi si possono così sintetizzare:

rispetto alle metropolitane: minor costo di impianto (circa un terzo); rapidità di costruzione e conseguente abbreviazione del tormento inflitto alla circolazione ordinaria; eliminazione delle incognite di varia natura — archeologiche non escluse — che il sottosuolo delle vecchie città quasi sempre riserba; minori preoccupazioni per la stabilità di molti

metalliche, in caso di eliminazione o modificazione di percorsi.

rispetto alle ferrovie suburbane e extraurbane ordinarie: minore ingombro sul terreno (si calcolano 70 metri quadrati per ogni chilometro di linea monorotaia doppia), vantaggio specialmente apprezzabile per le linee fiancheggiatrici le strade ordinarie; fondazione più sicura su terreni sabbiosi o comunque instabili; sicurezza assoluta contro i deragliamenti, almeno per le soluzioni tipo Alweg; attrattive panoramiche incomparabilmente maggiori offerte ai passeggeri.

rispetto ai trasporti su strada ordinaria: sicurezza e regolarità di esercizio superiori nelle regioni soggette a nebbie e a gelo; maggiore portata oraria; maggiore