

*"...per lo studio
e il perfezionamento
della tecnica
della costruzione
metallica..."*

C.T.A. COLLEGIO DEI TECNICI DELL'ACCIAIO

Membro FAST - Federazione Associazioni Scientifiche e Tecniche
20121 MILANO - PIAZZALE R. MORANDI, 2 - Tel. 78.47.11

XII CONGRESSO C.T.A.

**GIORNATE ITALIANE
DELLA COSTRUZIONE IN ACCIAIO**

22 - 23 - 24 - 25 ottobre 1989
ISOLA DI CAPRI

**La costruzione in acciaio
presente e futuro**

VOLUME II

C.T.A. Collegio dei Tecnici dell'Acciaio

GIORNATE ITALIANE DELLA COSTRUZIONE IN ACCIAIO

ISOLA DI CAPRI - OTTOBRE 1989

SCUDO A LAME PER GALERIE

Ing. Pierangelo Pistoletti

Studio Tecnico Progettazione e Consulenza

per strutture metalliche.

- Lecco -

Per lo scavo di due tunnels autostradali ad Algeri è stato realizzato uno Scudo a Lame di notevoli dimensioni, tali da poter essere considerato tra i più grandi se non il più grande mai costruito al mondo.

La sezione di scavo ha infatti una superficie di circa 150 m², con una corda di base di circa 20 m, una freccia di circa 10,3 m ed uno sviluppo perimetrale di circa 50 m.

Lo scudo è tuttora operante, avendo ultimato il primo tunnel ed essendo in fase di rimontaggio per l'esecuzione del secondo.

L'indice di produttività finora riscontrato è del tutto soddisfacente, essendosi superati agevolmente i 6 m per giorno di scavo e di rivestimento finito. Certamente non poca cosa, soprattutto in relazione alle dimensioni.

Si tratta in sostanza di uno scudo a lame a sviluppo parabolico in cui sono meccanizzati l'avanzamento dello scudo stesso e delle lame marciavanti e la posa in opera dei conci. Lo scavo e lo smarino vengono invece eseguiti con mezzi indipendenti.

Descrizione della macchina.

Lo scopo prevalente della struttura è duplice :

- fornire un'adeguata protezione di sicurezza per la porzione di scavo già effet

- fornire degli impalcati di servizio per l'esercizio di perforatori autonomi, di carri di smarino e dell'erettore dei conci in c.a. cui è demandata la posa in opera del rivestimento prefabbricato.

La parte anteriore dello scudo, suddivisa in molteplici lame mobili, è comunque dotata di taglienti in acciaio ad alta resistenza e durezza, ciò con l'intento di poter fornire anche un servizio di sterramento diretto qualora ci si trovi in corrispondenza di terreno soffice e comunque la possibilità di "rifinire" la periferia dello scavo per limitare al minimo le dimensioni dello stesso oltre il necessario, purchè ovviamente non in presenza di strati particolarmente consistenti.

La macchina consiste di tre parti principali :

- Lo scudo vero e proprio
- L'impalcato di servizio
- Gli erettori dei conci in c.a.

Lo scudo.

Lo scudo è realizzato con struttura ad arco in acciaio Fe 510, prefabbricato in conci di dimensioni e pesi compatibili con esigenze di trasporto e sollevamento, da collegarsi in opera mediante bulloni A.R. 10.9.

Le dimensioni caratteristiche della struttura sono le seguenti:

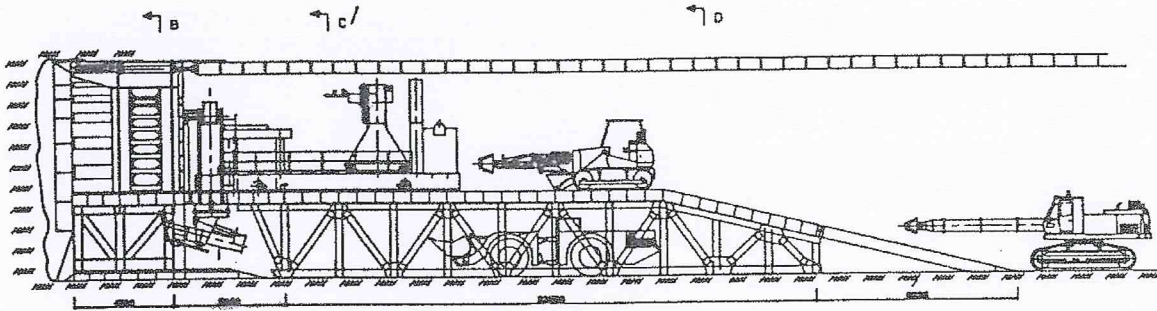
- Sviluppo longitudinale con taglienti aperti 8,8 m
- Sviluppo longitudinale con taglienti chiusi 7,8 m
- Sviluppo trasversale sul perimetro dell'arco 28,7 m

Il sistema di propulsione è realizzato mediante martinetti idraulici così suddivisi:

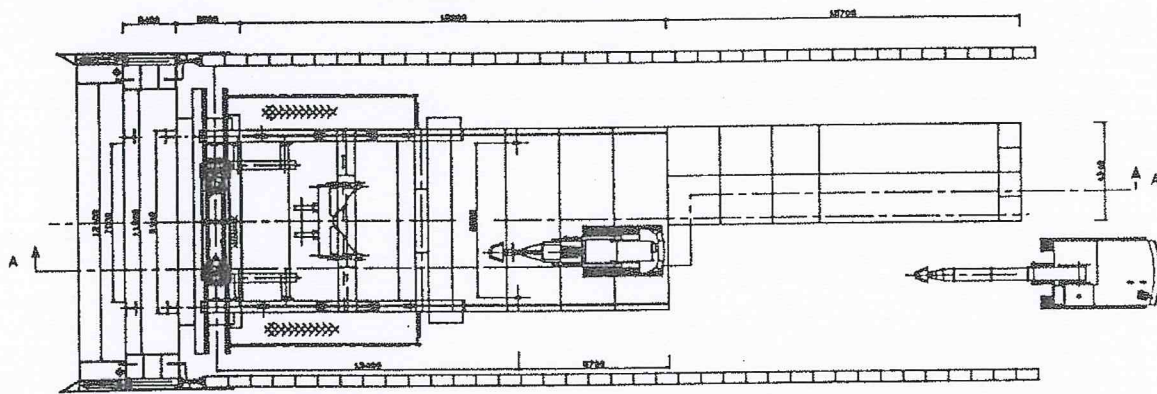
- 26 martinetti da 60 t disposti in coppia per l'avanzamento dei 13 settori taglienti anteriori;
- 28 martinetti da 160 t e 8 martinetti da 300 t disposti nella parte centrale resistente della struttura ed agenti sull'intero sviluppo dell'arco, costituenti il vero e proprio sistema propulsivo della macchina.

L'avanzamento avviene mediante strisciamento sul terreno avvalendosi delle spinte

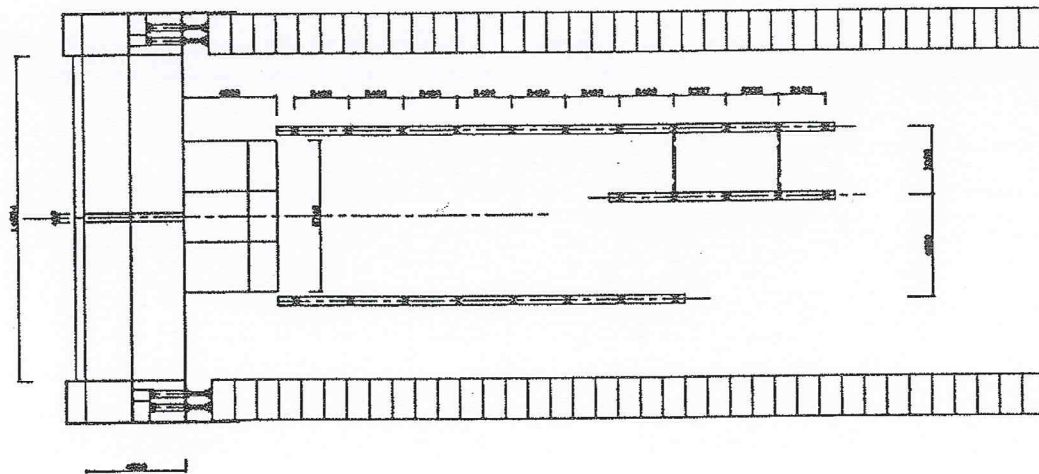
SEZIONE A - A



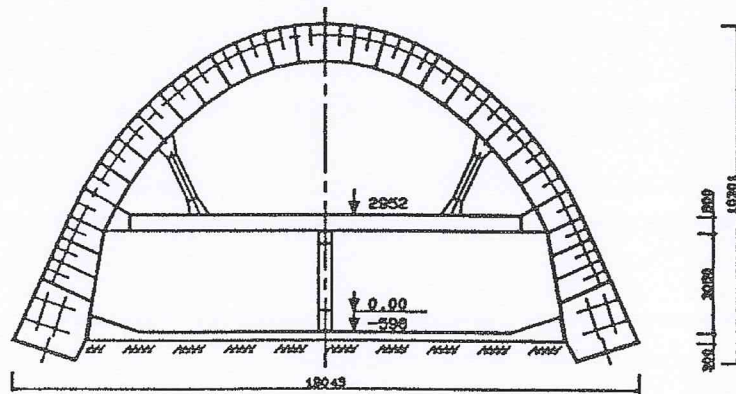
PIANTA PIATTAFORMA SUPERIORE



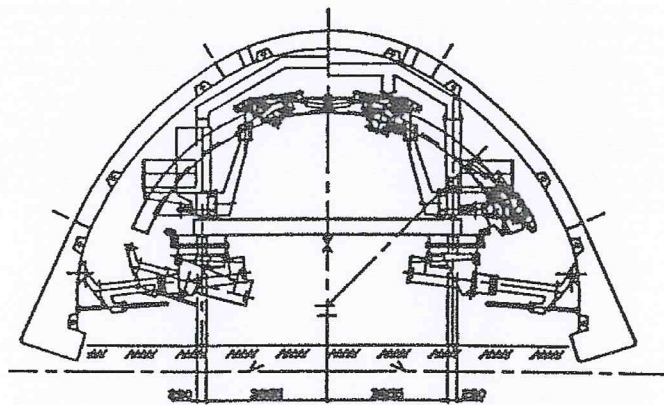
PIANTA PIATTAFORMA INFERIORE



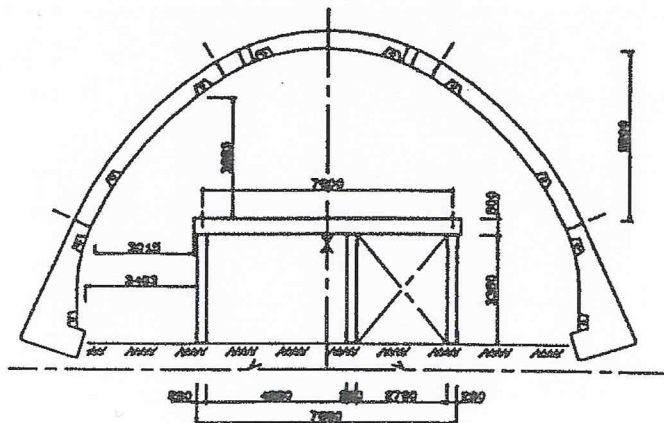
SEZIONE B



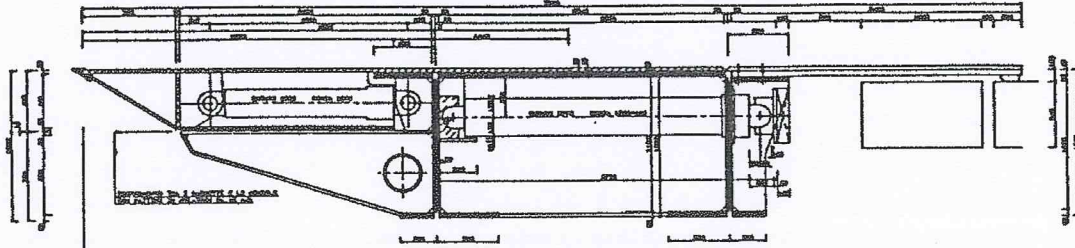
SEZIONE C



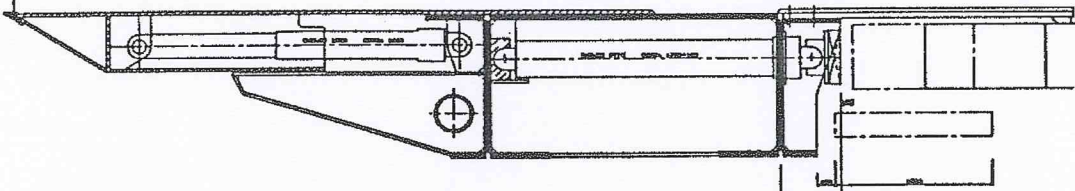
SEZIONE D



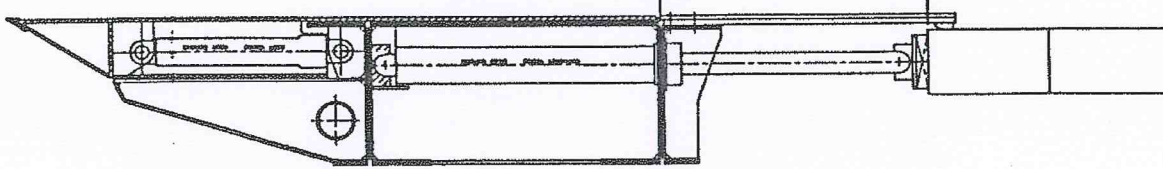
SEZIONE TIPICA LONGITUDINALE
SULL'ASSE DEI PARTIMETTI DEI CASSETTI
INFINE ESTENSIONE



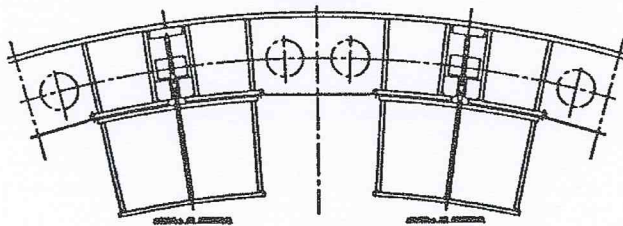
SEZIONE TIPICA LONGITUDINALE
SULL'ASSE DEI PARTIMETTI DEI CASSETTI
INSERIMENTO CHIAVE/MASSIMA ESTENSIONE CASSETTI



SEZIONE TIPICA LONGITUDINALE
SULL'ASSE DEI PARTIMETTI DEI CASSETTI
MAGLINA AVANZAMENTO



SEZIONE TIPICA TRASVERSALE
SCOPPIO DEI CASSETTI
MAGLINA AVANZAMENTO



NOTE E DIMENSIONI DELLE QUOTAZIONI DEI CASSETTI

propulsiva dei 36 martinetti principali, scaricata sulla struttura in c.a. del rivestimento della galleria già posizionata.

In condizioni di emergenza la pressione dell'impianto idraulico può essere portata fino ad un max di 400 bar, cui corrispondono le seguenti spinte:

- Martinetti dei settori anteriori : 100 t
- Martinetti di spinta correnti : 200 t
- Martinetti di spinta di base : 380 t

La spinta totale disponibile per l'avanzamento della macchina risulta quindi di circa 8600 t, la spinta disponibile per l'avanzamento dei taglienti è di circa 2600 t.

Le due basi dell'arco sono collegate da una piattaforma in acciaio con la doppia funzione di catena irrigidente dell'arco stesso e di piattaforma di distribuzione del carico sul terreno per ridurre le pressioni specifiche d'appoggio.

A circa 1/3 della freccia max un impalcato di servizio intermedio, collegato anch'esso all'arco con compiti di irrigidimento strutturale, consente l'esercizio di perforatori semoventi che realizzano lo scavo nella parte centrale-superiore della galleria.

Non sono previsti impianti di sostegno frontali perchè si è ritenuto di essere in presenza di terreno autoportante, come in effetti si è dimostrato nello scavo del primo tunnel.

L'allineamento orizzontale della macchina viene eseguito mediante l'opportuna selezione dei martinetti di spinta.

L'allineamento verticale può essere ancora realizzato mediante l'adeguata selezione dei martinetti di spinta, se da correggere verso il basso.

Per correggere verso l'alto si può operare mediante i martinetti dei taglienti anteriori, creando un'adeguata resistenza all'avanzamento oppure, se in condizioni di particolare cedevolezza del terreno, ancorando lo scudo nelle zone retrostanti. A tale scopo infatti sono predisposti quattro golfari saldati nelle zone alte dei conci principali, ciascuno in grado di sostenere un tiro di 150 t, per complessive 600 t di reazione.

Va comunque considerato che la piattaforma di servizio, collegata allo scudo a livello superiore, in fase di avanzamento esercita per effetto dell'attrito un'azio

ne volta a correggere verso l'alto il movimento dello scudo, fornendo quindi un ulteriore contributo in questa direzione.

L'impalcato di servizio.

All'impalcato intermedio è collegato l'impalcato di servizio posteriore.

Consiste in una piattaforma di lavoro di 8,14 m di larghezza, realizzata in conci prefabbricati di acciaio da collegare in opera mediante bulloni, e sostenuta da tralicci verticali in elementi bullonati.

Lo sviluppo longitudinale complessivo dell'impalcato, comprendendo la rampa di accesso anch'essa in pannelli di acciaio, è di 37,5 m.

In asse ai tralicci di sostegno sono disposte le rotaie di scorrimento dell'erettore dei conci prefabbricati in c.a.

Le piattaforme di servizio in zona scavo sono rivestite di legname, spessore 70mm, per facilitare la movimentazione e la presa delle macchine operatrici.

Nelle zone retrostanti un manto di lamiera striata crea una superficie sufficientemente antiscivolo.

I pesi strutturali complessivi sono i seguenti :

- Scudo	ca. 270 t
- Piattaforma servizio	ca. <u>260 t</u>
	Totale ca. 530 t

Gli erettori dei conci.

Gli erettori sono tre. Due di essi, situati simmetricamente al di sotto della piattaforma di servizio e consistenti essenzialmente in un braccio idraulico, sono destinati alla posa dei piedritti.

Il terzo, ubicato sopra l'impalcato di servizio, costituito da un portale scorrevole in senso longitudinale e dotato di una navetta mobile circonferenzialmente e radialmente, ha il compito della posa in opera dei conci di rene e calotta.

Tutti e tre gli erettori vengono alimentati direttamente dai mezzi semoventi che trasportano i conci.

SCHEMA STATICO

Lo schema statico considerato è di arco appoggiato con doppia catena di irrigidimento. Si sono considerati anche ulteriori elementi irrigidenti, costituiti dalla trave-parete centrale che collega le due catene e dai due "puntoni" biella che collegano la catena superiore all'arco stesso.

Come vincoli esterni si sono ipotizzati una cerniera fissa ed un carrello disposto nel piano dell'arco. Per le sezioni resistenti si sono schematizzate aste complanari di adeguata rigidità. Soltanto la parte centrale dello scudo si è considerata come sezione resistente, l'avanscudo ed il retroscudo, per la loro discontinuità secondo l'asse dell'arco, si sono ipotizzati ai fini della rigidità globale soltanto per le piattabande ed anime verticali di collegamento allo scudo stesso. Le mensole parte cassette e le lame di protezione posteriore si sono infine considerate soltanto per gli effetti locali e come organi strutturali di trasferimento dei carichi allo scudo centrale.

Le condizioni di carico esterno si sono quindi schematizzate come azioni complanari allo scudo, associate ai relativi momenti di trasporto, agenti come momenti torcenti per la sezione resistente.

CARICHI DI PROGETTO

I carichi considerati nel dimensionamento delle strutture sono i seguenti :

carico del terreno : 20.000 Kg/m²

con due distinte modalità di azione:

a) terreno completamente incoerente: carico radiale uniforme (ipotesi molto cautelativa)

b) terreno con \varnothing : 35° :

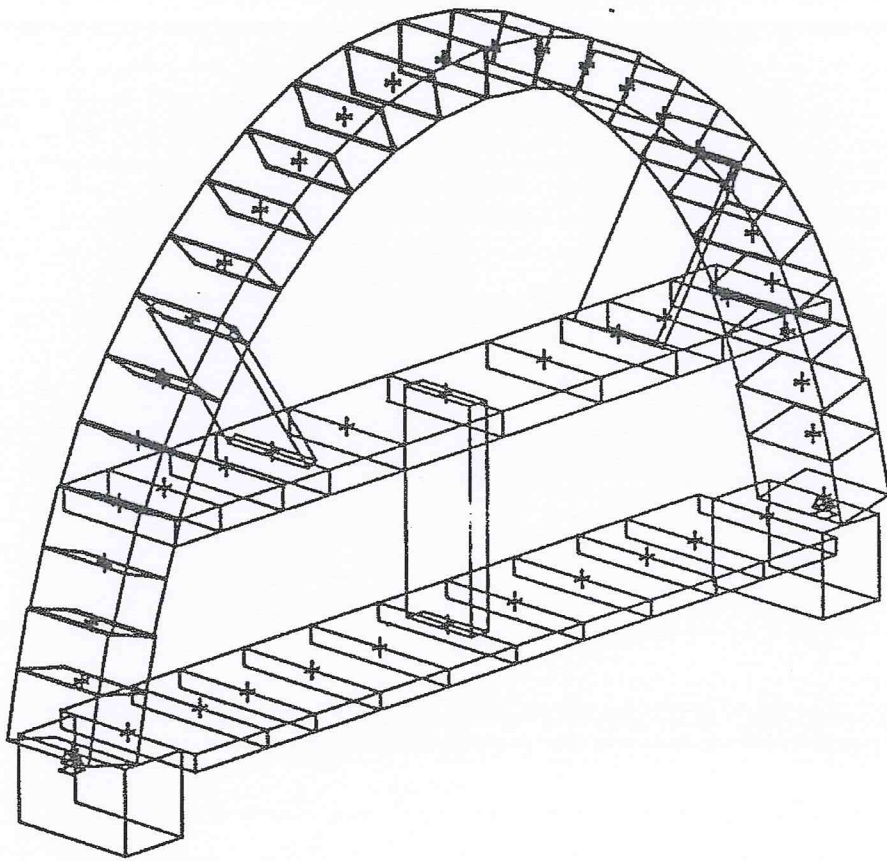
- componente verticale	20.000 Kg/m ²
- componente orizzontale	5.400 "

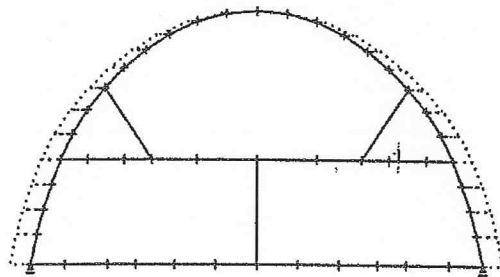
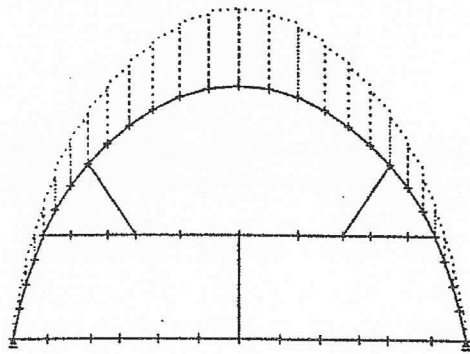
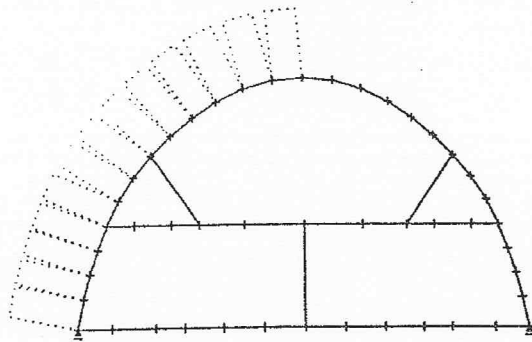
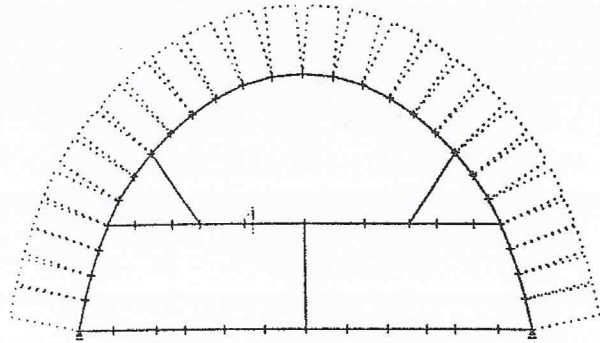
Spinte locali martinetti :

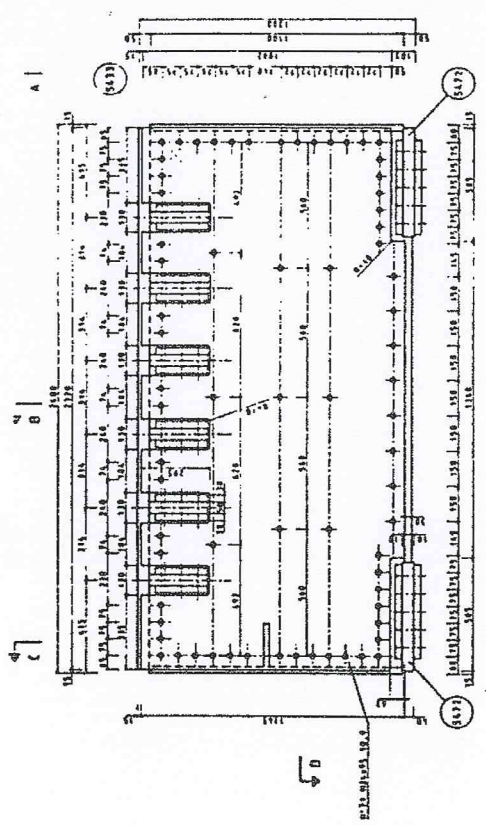
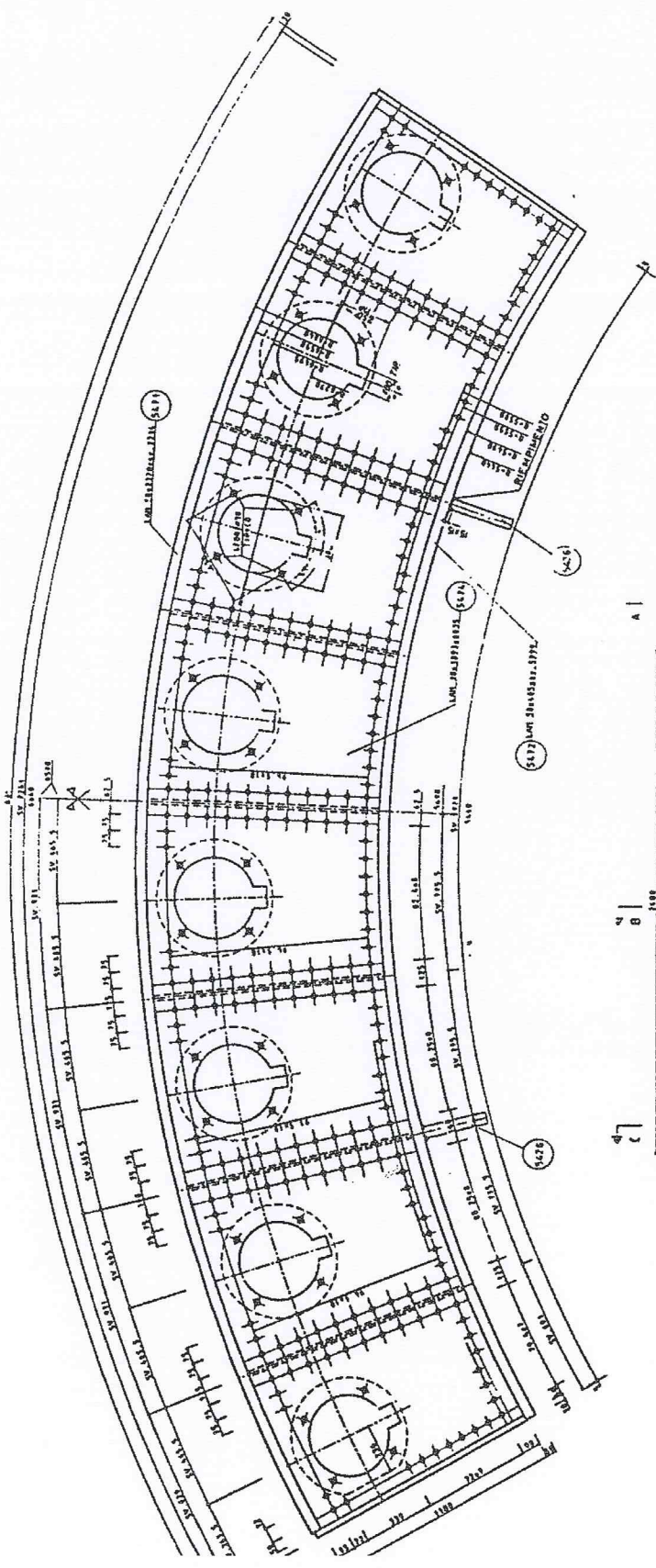
- Sistema di propulsione:

a) Esercizio corrente : P = 160 t sull'arco
P = 300 t sulla base

b) Emergenza : P = 200 t sull'arco
P = 380 t sulla base







- Martinetti taglianti anteriori :
 - a) Esercizio corrente : P = 60 t
 - b) Emergenza : P = 100 t

Carichi sulla piattaforma

- Fresa puntuale : 45 t
- Carro porta conci c.a. : 55 t
- Erettore porta conci c.a. : 50 t max reazione sotto carico
15 t reazione corrente
- Sovraccarico distribuito : 1000 Kg/m2 zona scavo
500 " " servizio
- Sovraccarico distribuito nella zona di scavo,
alternativo ai carichi discreti : 3000 Kg/m2

Attriti del terreno

Il coefficiente di attrito del terreno è stato considerato pari a 0,5 se a sfavore di sicurezza e 0,25 se a favore di sicurezza.

Disegni di progetto e fabbricazione.

Tanto i disegni di progetto quanto quelli di fabbricazione e montaggio sono stati eseguiti su Computer con l'ausilio di uno schema CAD bidimensionale. Ciò ha consentito notevoli vantaggi in termini di tempo e qualità di esecuzione non solo nella fase di progettazione ma anche e soprattutto in quella di fabbricazione.

Direttamente dai disegni di progetto si è infatti riusciti a produrre, ad esempio, sagome di taglio, imbastitura e foratura al vero, ove necessario per difficoltà operativa. Si è quindi dato un sensibile contributo alla contrazione dei tempi di preparazione delle documentazioni normalmente occorrenti, e soprattutto alla qualità del prodotto, consentendo il rispetto di tolleranze di lavorazione necessariamente ristrette. Un esempio concreto di come l'utilizzo di un sistema CAD possa tradursi effettivamente in un beneficio globale dalla progettazione alla realizzazione.

Dati Generali

- Committente : GI.CO Costruzioni S.p.A. Roma
- Progettazione Generale : Ingg. G.e R. Cozzani (GI.CO Costruzioni)
- Progettazione Esecutiva e Direz. Lavori : Ing. P. Pistoletti, Lecco
- Impiantistica : Ing. A. Ranzini (Giulio Nasazzi S.r.l.)
Ing. G. Masdea, Roma
- Fabbricazione Scudo e impalcati : Cordioli S.p.A., Valeggio s/ Mincio

