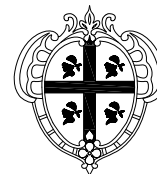




**REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA**  
**REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**

Assessoradu de sos traballos pùblicos  
Assessorato dei lavori pubblici



**Ente acque della Sardegna**  
*Servizio Gestione Sud*

Riassetto e risanamento funzionale del canale adduttore principale  
alimentato dai laghi del medio Flumendosa - III Lotto

Risanamento funzionale dei ponti canale del Canale Principale  
Adduttore alimentato dai laghi del medio Flumendosa  
denominati "Guasila 1" e "Guasila 2" in agro di Guasila

**PROGETTO PRELIMINARE**

PARTE F - INDAGINI E STUDI PRELIMINARI

**INDAGINE SULLE CONDIZIONI DI SICUREZZA  
E DI CONSERVAZIONE DEI PONTI-CANALE  
DI GUASILA I, GUASILA II, SEGARIU, SELEGAS, RIU ARAI.**

redatto a cura del Prof. Ing. Ettore Pozzo - 1987

Allegato

**F2**

file

rev. 00

data 24-04-2015

**Progettista  
e coordinamento progettuale**  
Ing. Pietro Pillai

**Collaborazioni Ingegneristiche**  
Ing. Federica Porcheddu  
Ing. Filippo Zoncheddu

**Collaborazioni Tecniche**  
Geom. Corrado Balistreri (SPC)  
Geom. Osvaldo Carta (SPC)

**Il Direttore del Servizio**  
Ing. Felice Soda

**Il Direttore Generale**  
Ing. Franco Ollargiu

Cagliari, maggio 2015

REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

ENTE AUTONOMO FLUMENDOSA

## INDAGINE

SULLE CONDIZIONI DI SICUREZZA E DI CONSERVAZIONE  
DEI PONTI-CANALE DI:

GUASILA I	L. 180.00 m
GUASILA II	L. 120.00 m
SEGARIU	L. 130.00 m
SELEGAS	L. 128.00 m
RIU ARAI	L. 27.00 m

Indagine eseguita dal Prof. Ing. Ettore Pozzo - Ordinario di  
Tecnica delle Costruzioni presso l'Università di Cagliari

Cagliari, 26.5.1987

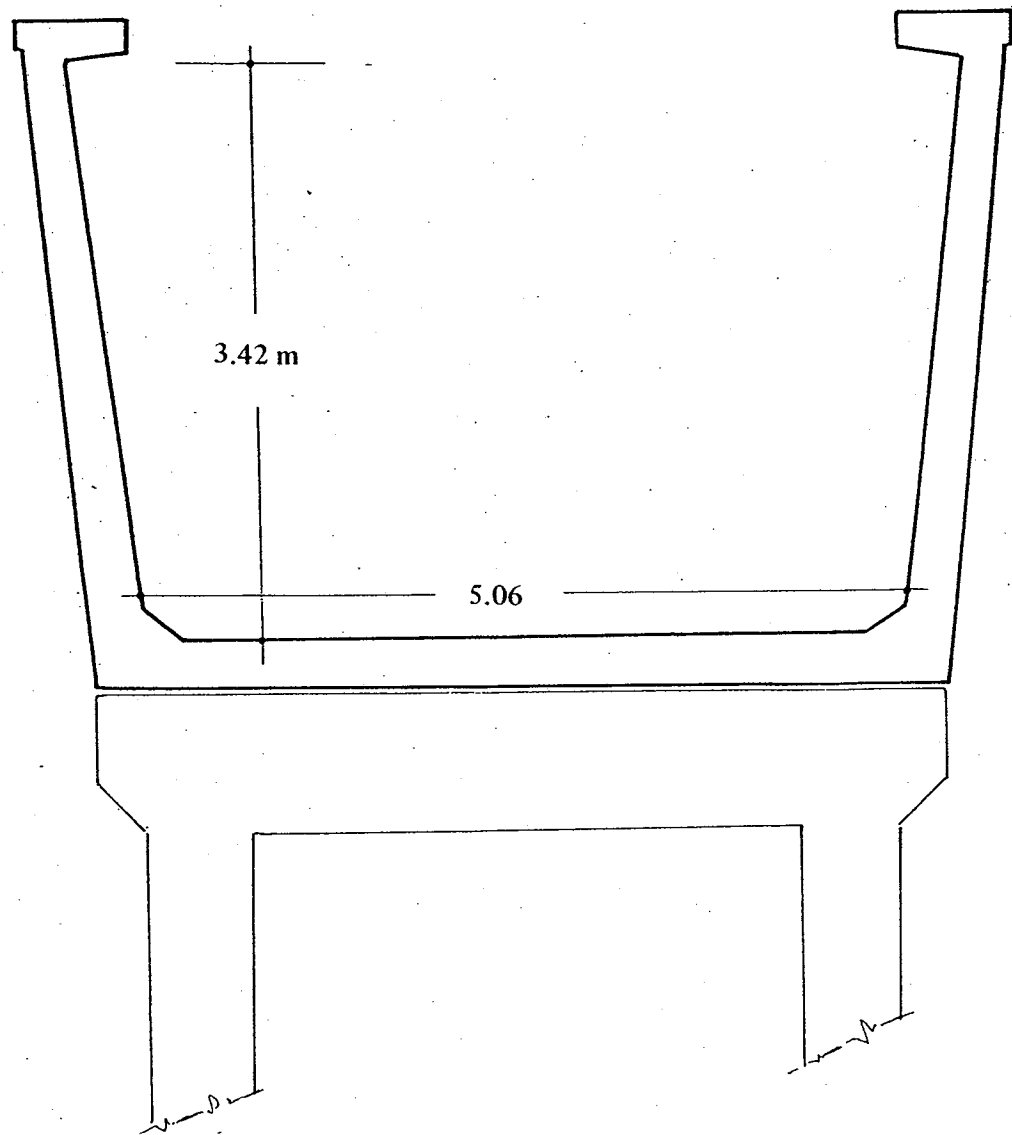
# 1) PREMESSE

L'indagine in questione riguarda cinque ponti canale dell'Ente Autonomo del Flumendosa in cemento armato , costruiti oltre 30 anni or sono. Più precisamente, trattasi del ponte canale denominato "Guasila I " a molte luci e della lunghezza complessiva di 180 m, di quello di Guasila II della lunghezza complessiva di 120 m, di quello di Segariu, della lunghezza complessiva di 130 m , di Segariu , di 128 m, oltre al ponte canale ad una sola luce di Selegas con luce di 27.70 m.

Le prime quattro opere, e cioè Guasila I, Guasila II, Segariu e Selegas sono costituite da travate con circa 10 metri di luce che poggiano su telai, costituiti da due rit- ti e da una trave orizzontale di collegamento (pulvino).

Le sezioni trasversali sono standard per i primi quattro ponti canale e sono schematizzate in Fig. 1, costituite da una parete di fondo e da due pareti quasi vertica- li, con leggera inclinazione verso l'esterno, come si può

*PONTE CANALE di GUASILA I, GUASILA II,  
SEGARIU e SELEGAS*



SEZIONE TRASVERSALE

Fig. 1

SCALA 1:50

vedere nel citato disegno.

Lo schema statico di tali travate è rappresentato dalla trave continua su appoggi a livello . Gli appoggi sono stati realizzati mediante lastre di piombo , con interposta una lastra di ferro zincato.

L'altezza dei ponti canale in questione è piuttosto variabile e va da qualche metro a non oltre i 5-6 m. per i ponti di Guasila I e Guasila II; giunge ad oltre 8 m per il ponte di Selegas e supera i 15 m per il ponte di Segariu.

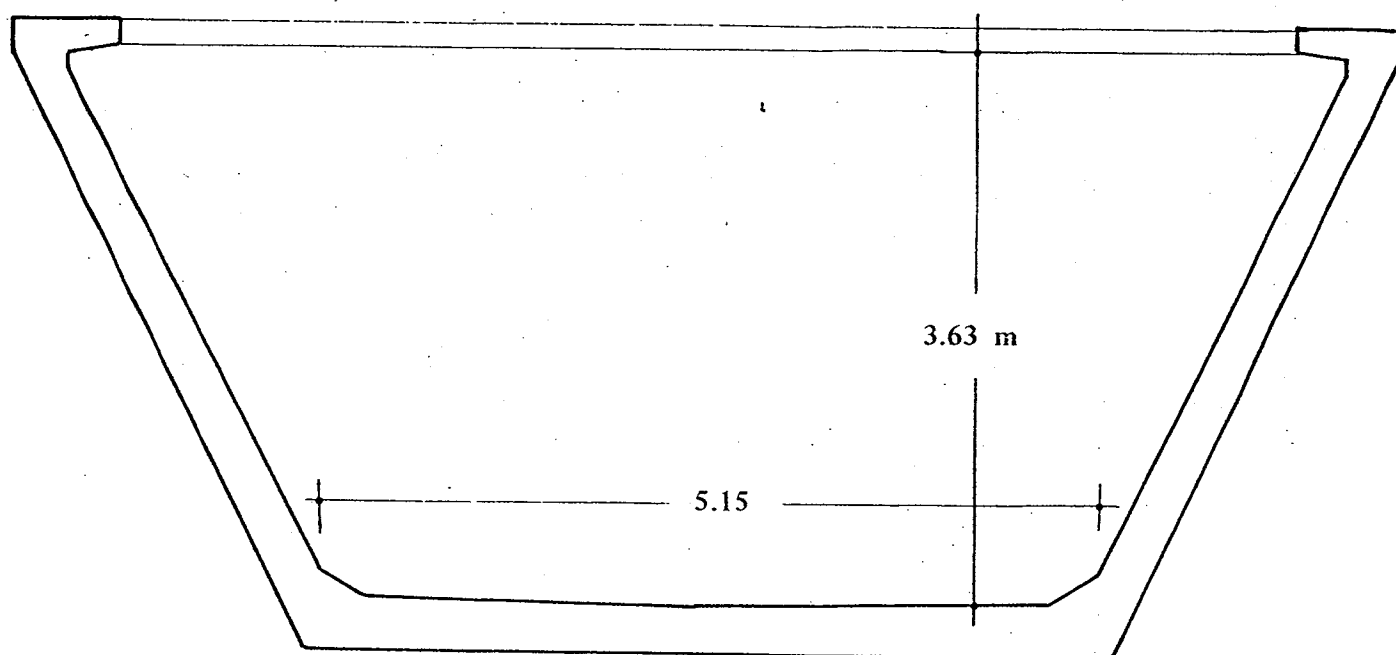
La sezione trasversale invece del ponte sul rio Arai è indicata in Fig. 2 e mostra una maggiore inclinazione delle pareti rispetto a quanto si rileva nei precenti ponti. Lo schema statico è qui la travata semplicemente appoggiata e in sommità presenta una sequenza di tiranti orizzontali , visibili in figura, che contrastano le spinte orizzontali di tipo idrostatico. La lunghezza della trave è di 27.70 m.

L'incarico affidatomi consiste nel verificare lo stato di sicurezza delle strutture in esame, oltre a quello di conservazione dei manufatti. Occorre inoltre valutare il massimo battente d'acqua ammissibile allo stato attuale delle opere, nel caso in cui quello di progetto non sia oggi consentito per ragioni di sicurezza.

## 2) MISURE E SAGGI

Le indagini sono iniziate con il rilievo della geome-

## PONTE CANALE SUL RIO ARAI



## SEZIONE TRASVERSALE

Fig. 2

SCALA 1 : 50

tria delle costruzioni.

Allo scopo di porre in luce lo stato effettivo dei materiali e porre in evidenza eventuali difetti od ammaloramenti occulti, iniziali o prodottisi nel tempo, sono stati predisposti numerosi saggi atti a controllare lo stato dei ferri di armatura e quello del calcestruzzo, sia nelle superfici esterne che in quelle interne dei vari manufatti.

I saggi sono stati eseguiti all'intradosso delle pareti di fondo delle travate, sulle pareti laterali (sia nelle parti che sono state a contatto dell'acqua che non), nei pulvini, nei ritti, sia in elevazione che al disotto del terreno.

E' stato rilevato intanto come, in tempi più recenti è stato gettato sulla parete di fondo uno strato di circa 15 cm di calcestruzzo, al solo scopo protettivo, non armato.

Oltre ai saggi sopra descritti, si è anche proceduto ad un attento e circostanziato esame del calcestruzzo mediante saggi sclerometrici, sia nelle pareti delle travate che nei pulvini e nei ritti.

Nei saggi eseguiti si è posta cura, con particolare attenzione nelle zone dove appariva all'esterno un certa infiltrazione di acqua, nel porre a nudo le armature e porre in luce lo stato del calcestruzzo.

Va comunque precisato che il numero dei saggi eseguiti, se è stato sufficiente a dare un giudizio sullo stato

di sicurezza delle varie parti dell'opera , non ci esone-  
ra dalla futura necessità di un esame più dettagliato ed  
approfondito che per il momento, data l'urgenza, non si è  
potuto eseguire; che, anzi, quanto ora evidenziato impo-  
ne di sottoporre a controllo ogni parte di ciascun pila-  
stro, di ciascun pulvino e di ciascuna trave.

### 3) RISULTATI

La prima osservazione che balza evidente dall'esa-  
me dei saggi eseguiti è i pilastri mostrano una notevole  
discontinuità nei getti; più precisamente si può dire che  
in alcuni tratti il calcestruzzo appare di fattura discre-  
ta (con valori di resistenza che dovrebbero situarsi inter-  
no ai  $280\div320 \text{ kg/cm}^2$  ), in altri i pilastri mostrato un  
calcestruzzo altamente vacuolato, con una resistenza assai  
più bassa (valutabile intorno a circa i  $150 \text{ kg/cm}^2$ ).

Non sembra comunque trattarsi di degrado intervenu-  
to in tempi successivi alla esecuzione , ma di discontinui-  
tà prodotte in fase dei getti (non appaiono infatti trac-  
ce di passaggi di acqua , nè di fenomeni di carbonatazione).

Le discontinuità riscontrate nel calcestruzzo dei  
pilastri riguarda soprattutto i ponti canale di Guasila I,  
Guasila II, Selegas, meno invece nel ponte di Segariu in  
cui i ritti sono parecchio più alti.

In tutti i casi si può dire che nelle parti in eleva-  
zione dei ritti il degrado non pare causato da passaggi  
di acqua, ma da infiltrazione e da prolungato imbibimento



che ha prodotto la corrosione delle armature; cosa che ha in qualche tratto causato lo stacco della parte di calcestruzzo protettiva (coprifetto).

Le cose appaiono invece sensibilmente differenti per quanto riguarda la parte interrata dei ritti, anche se la situazione appare assai variabile e diversa da caso a caso (solo un completo scoprimento delle fondazioni potrà dire in tettaglio lo stato di conservazione delle varie parti e sino a che punto si è spinta l'ossidazione delle armature).

La situazione appare invece decisamente peggiore se si considerano le travi di collegamento dei ritti, che sostengono le travate (pulvini). Qui una copiosa infiltrazione di acqua in taluni casi, ovvero un costante imbibimento in altri casi, ha prodotto notevoli danni alla statica della struttura in quanto in quanto ha provocato una lesione lungo l'asse del pulvino tale da interessarne l'intera altezza. Anche l'armatura mostra in alcuni casi una notevole ossidazione.

Gli apparecchi d'appoggio delle travi, realizzati come prima descritto, appaiono in uno stato precario e la loro funzionalità, gravemente compromessa, ha causato quelle lesioni sopra citate in taluni pulvini. In altri casi la funzionalità dell'apparecchio d'appoggio appare ridotta, ma non del tutto compromessa.

Veniamo ora a considerare le travate. Iniziamo dalle parti che sono state a lungo a contatto dell'acqua: ad un

primo esame si nota una certa asportazione delle parti "fini", ma -tutto sommato- il calcestruzzo pare integro.

I saggi eseguiti hanno però messo in evidenza come in talune zone si sia prodotto un degrado del calcestruzzo di forte entità, portando così ad una situazione allarmante sotto il profilo della sicurezza, soprattutto nella parte inferiore delle pareti dei ponti canale.

Infiltrazioni di acqua in alcuni punti, ovvero veri e propri passaggi d'acqua interni in altri casi, hanno prodotto un degrado tale del calcestruzzo, messo bene in evidenza nella documentazione fotografica, da ridurlo in molti punti ad un ammasso di ghiaia, con minime parti di "fino" e di legante, dalla consistenza ridotta a valori esigui.

Occorre comunque osservare che, anche laddove si manifesta un fortissimo degrado del calcestruzzo, l'ossidazione dell'armatura non è altrettanto avanzata e la riduzione di sezione resistente dei tondi di acciaio non è, in molti casi, oltre il 10÷15 %.(come messo in evidenza dalle prove di sabbiatura).

L'ammaloramento del calcestruzzo compare, ad ogni buon conto, anche parti superiori delle travate, ma la entità appare ridotta rispetto alle zone in basso (presumibilmente perchè sono state meno a lungo esposte al contatto dell'acqua).

Occorre inoltre notare, e a questo proposito la documentazione fotografica è tale da non richiedere commento alcuno, che il diversi punti le pareti mostrano evidenti per-

dite d'acqua, sia pure in quantità modesta rispetto alla portata del canale. Nel manufatto di Selegas tali perdite sono però assai più numerose che negli altri ponti ed interessano l'intera parete, non solo le zone vicine ai giunti.

Tutto ciò produce un costante imbibimento delle travate interessate, dei sottostanti pulvini e ritti, anche nei mesi caldi.

Passiamo ora alle parti di struttura che costituiscono il fondo dei ponti canale. La parte di estradosso, come già accennato, è stata piuttosto di recente coperta da uno strato di calcestruzzo a scopo protettivo. Ciò ha indubbiamente ridotto, o annullato le perdite d'acqua da una certa data in poi, ma non ha potuto evidentemente porre rimedio a quanto avvenuto in precedenza.

Si nota infatti come in diversi punti delle infiltrazioni siano state fermate, ma, come posto in luce dai saggi eseguiti, l'ammaloramento del calcestruzzo era già avvenuto. Degradi del materiale sono infatti apparsi nelle zone di intradosso anche se, occorre dire, sovente non sono molto estesi e per molti casi non interessano l'intero spessore della parete di fondo.

L'ossidazione delle armature mostra una intensità superiore a quella riscontrata nelle pareti, anche molto diversa da caso a caso, ma la riduzione della sezione resistente dell'acciaio non pare andare oltre il 20÷30 % per i ponti canale di Guasila I, Guasila II, Segariu e rio Arai.

Un caso del tutto a se è rappresentato dal ponte di

Selegas il quale, non solo mostra un numero ed una consistenza delle perdite d'acqua assai superiore agli altri, ma in talune parti della parete di fondo il calcestruzzo ha subito un degrado tale da porre in serio pericolo la sicurezza della struttura . Il degrado di cui si parla non interessa questa volta prevalentemente il calcestruzzo, ma interessa in notevole misura anche l'armatura.

Sta di fatto che, mentre l'ammaloramento del fondo degli altri ponti canale non pare che raramente interessare l'intero spessore della parete di fondo, qui il degrado è ben più profondo ed i tondi di armatura appaiono talvolta ridotti a sezioni resistenti esigue rispetto al valore iniziale (come del resto ben visibile nella documentazione fotografica). Quanto detto vale comunque soprattutto per una parte iniziale del ponte della lunghezza di circa 10 metri.

Parlando ora in generale per le cinque opere sottoposte a controllo , possiamo dire che lo stato di sicurezza dei manufatti risulta inferiore a quello dovuto e non è tale da sopportare nel modo più assoluto il battente di acqua di progetto se non producendo una situazione che mette a repentaglio la sicurezza delle opere e di persone. Senza contare che il crollo, anche solo di parti delle travate, suspenderebbe del tutto l'erogazione dell'acqua.

Allo stato attuale delle opere, e per un breve periodo dalla data odierna, il massimo battente d'acqua sopportabile è valutabile al disotto del metro. Ciò dipende prin-

cipalmente dall'incapacità delle pareti a sopportare la spinta idrostatica verso l'esterno prodotta dall'acqua (data la notevole riduzione della resistenza flessionale delle pareti) e dalla incapacità di talune parti delle pareti del fondo delle travate a sopportare le azioni verticali per la ridotta capacità portante di taluni tratti del fondo.

Non bisogna però dimenticare lo stato precario delle fondazioni, di taluni ritti e di certi pulvini che sono interessati da una profonda spaccatura, di cui abbiamo detto.

## CONCLUSIONI

La presente indagine , relativa alle condizioni di sicurezza dei ponti canale denominati : Guasila I, Guasila II, Segariu, Selegas e Rio Arai, oltre che allo stato di conservazione degli stessi, è stata compiuta mediante una ampia serie di controlli sperimentali (in particolare, saggi e prove sclerometriche) , di misurazioni ed analisi teoriche dello stato di "sicurezza" delle varie parti delle opere in esame. Essa comprende inoltre una esauriente documentazione fotografica che pone in rilievo quanto di maggiormente significativo è emerso nelle indagini.

Il presente studio ha così consentito di giungere alle conclusioni che seguono.

1) Nei ritti è stata posta il luce una notevole discontinuità nei getti di calcestruzzo. Mentre infatti mediamente la sua resistenza si aggira su valori di  $280-320 \text{ kg/cm}^2$ , in taluni tratti la resistenza scende a valori che in media non superano la metà di quello citato. Ciò sembra comunque imputabile ad imperfezioni o veri e propri errori iniziali in fase di getto più che a fenomeni di degrado intervenuti in tempi successivi.

L'armatura appare piuttosto corrosa , con riduzioni di sezioni resistenti valutabili all'incirca dal 15 al 30 per cento.

2) In talune parti delle fondazioni si è poi avuta una cospicua ossidazione delle armature dovute al prolungato imbibimento, con conseguente stacco della scorza protettiva di calcestruzzo, cioè del copriferro.

3) Le travi che sostengono le travate dei ponti canale (pulvini) mostrano a tratti una sensibile ossidazione dell'armatura, con una riduzione della sezione resistente che può giungere anche al 40 per cento. In taluni di essi, presubilmente per le spinte orizzontali dovute ad effetti termici che agivano su apparecchi di appoggio di compromessa efficienza, si rilevano profonde spaccature che interessano l'intera altezza del pulvino, la cui stabilità appare così altamente deficitaria.

4) Le pareti delle travate dei ponti canali risultano interessate da un degrado dei materiali assai diverso da zona a zona. Comunque, è soprattutto nelle parti inferiori che si è rilevato un fortissimo ammaloramento del calcestruzzo, messo in evidenza dai saggi eseguiti (scarsamente visibile invece ad un esame esterno), tale da ridurlo ad un ammasso di inerti poco coerente ed abbassare la capacità resistiva delle pareti a valori del tutto insufficienti a sopportare le spinte di carattere idrostatico che la sollecitano.

In tali condizioni le pareti dei ponti canale non sono quindi assolutamente in grado di sopportare il battente d'acqua di progetto se non in condizioni di grave rischio per la sicurezza delle strutture e di persone.

Le armature delle pareti, sia pure ossidate, vedono invece ridotta solo di poco la sezione resistente iniziale, con una diminuzione valutabile intorno al 10-15 per cento.

5) La parete di fondo, per quanto riguarda l'intradosso (quella di estradosso è ricoperta da uno strato di calcestruzzo gettato in un secondo tempo) mostra infiltrazioni ed in qualche punto evidenti passaggi di acqua.

Nei ponti canale di Guasila I, Guasila II, Segariu e Rio Arai le zone di ammaloramento del calcestruzzo non paiono comunque interessare l'intero spessore della parete di fondo se non in tratti piuttosto limitati. Le armature mostrano cospicue ossidazioni, ma la riduzione della sezione resistente dei tondi di acciaio non supera il 20-30 per cento rispetto a quella originaria.

Del tutto diversa risulta invece la situazione del ponte canale di Selegas, che mostra una forte fessurazione con frequenti perdite di acqua. In un tratto della parete di fondo il calcestruzzo appare poi eccezionalmente degradato (presumibilmente in conseguenza di un prolungato dilavamento) e l'armatura mostra riduzioni di sezione che possono giungere addirittura ad oltre il 70 per cento.

\* \* \*

Quanto precede porta a concludere che la sicurezza dei manufatti presi in esame non raggiunge in nessun caso i valori prescritti dalla Normativa ed in taluni tratti si rischierebbe un rovinoso collasso se le strutture venissero sollecitate dal battente d'acqua di progetto. Ne consegue che una regolare immissione di acqua non è ammissibile e come massimo, e per un periodo di tempo limitato dalla data odierna, il battente di acqua non dovrà in nessun caso superar il metro.





PONTI CANALE DI:

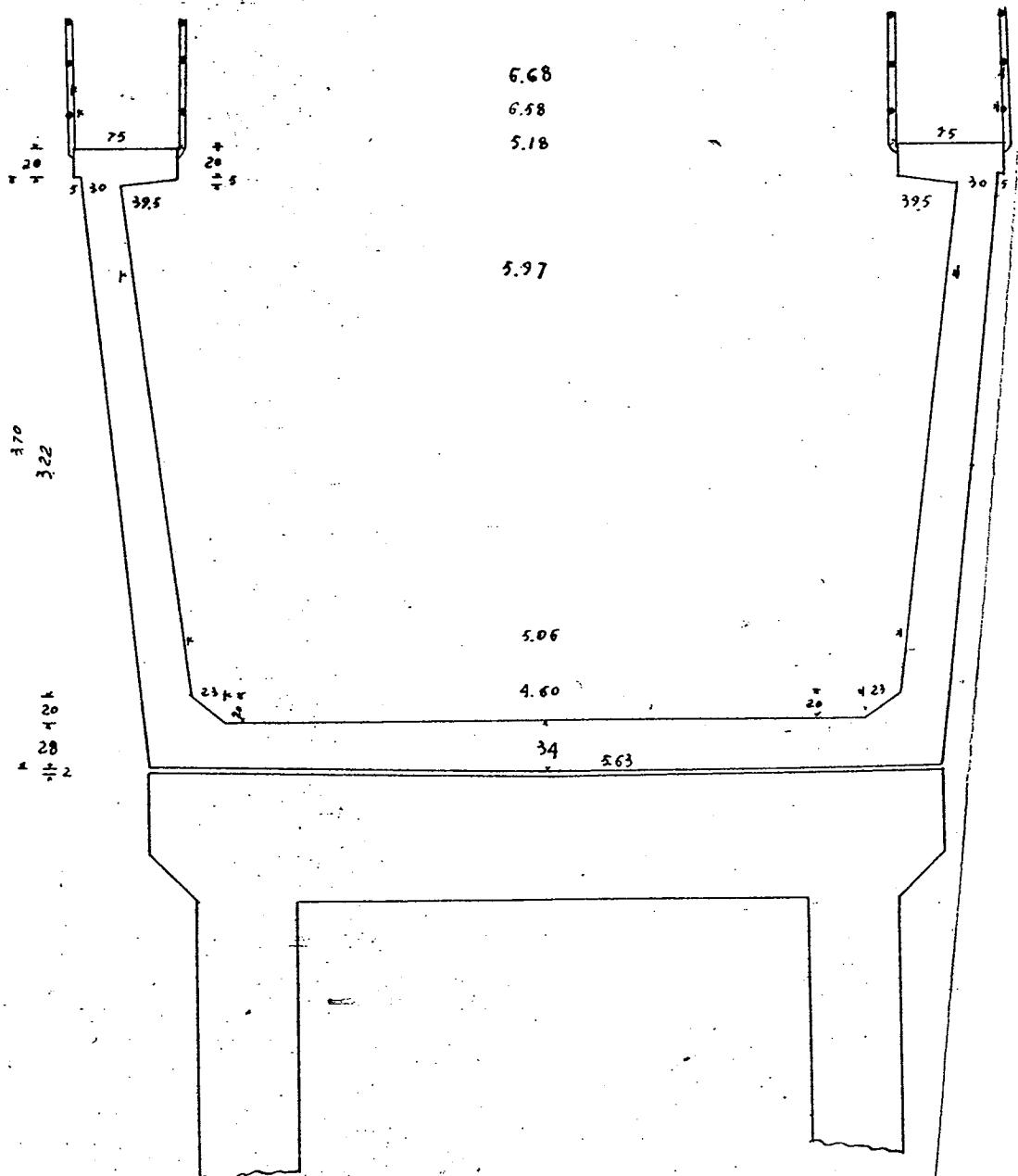
GUASILA I°

GUASILA II°

SEGARIU

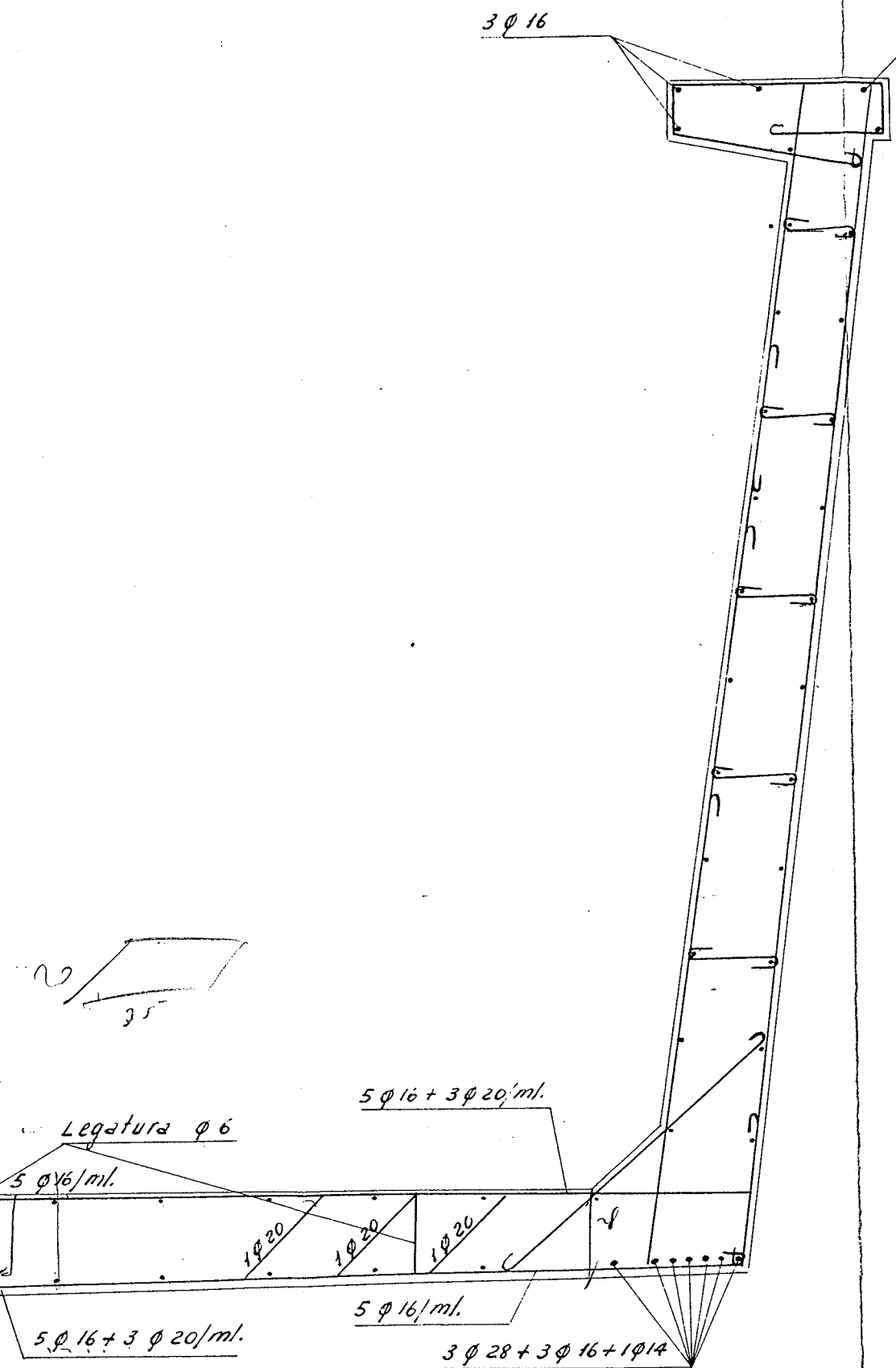
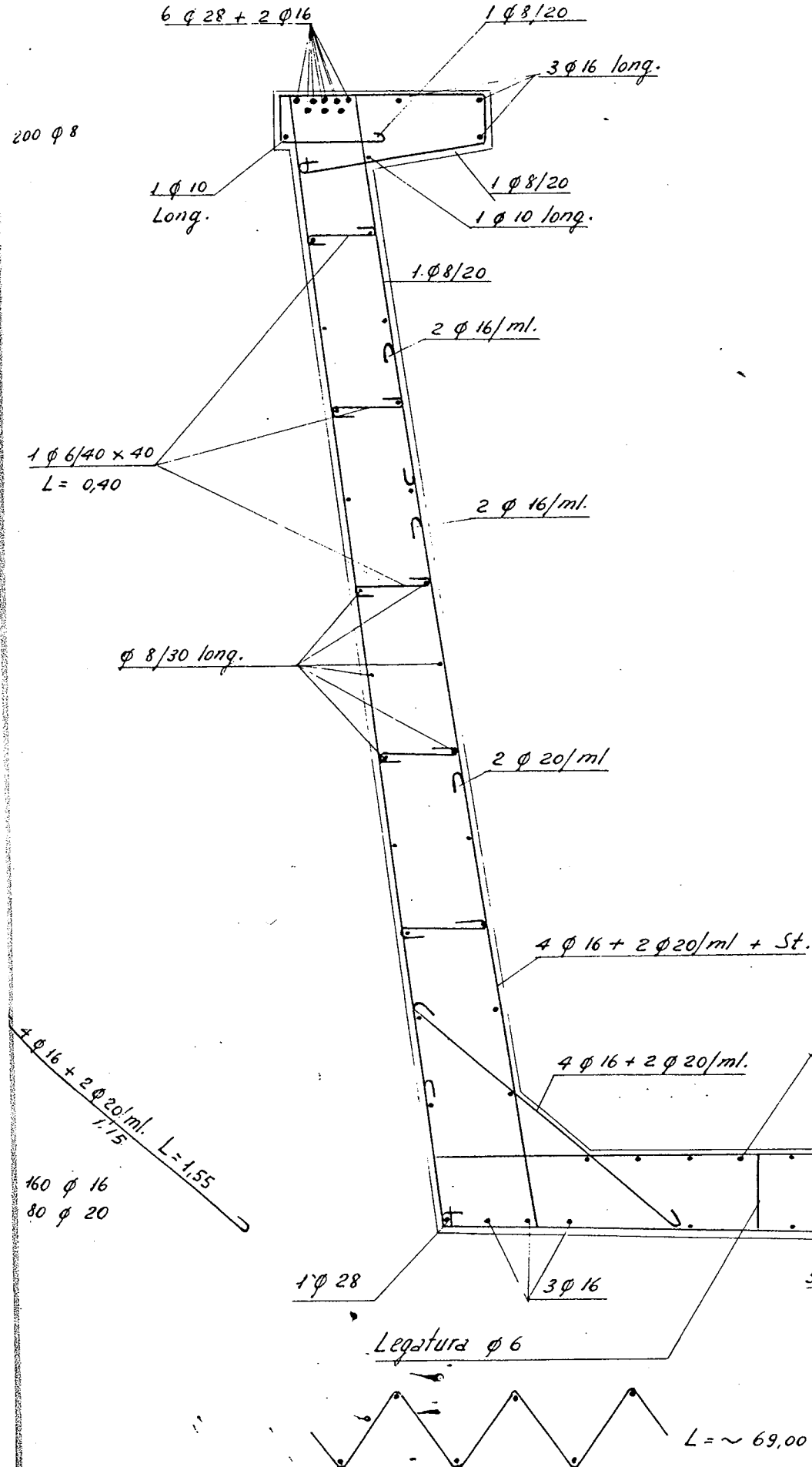
SELEGAS

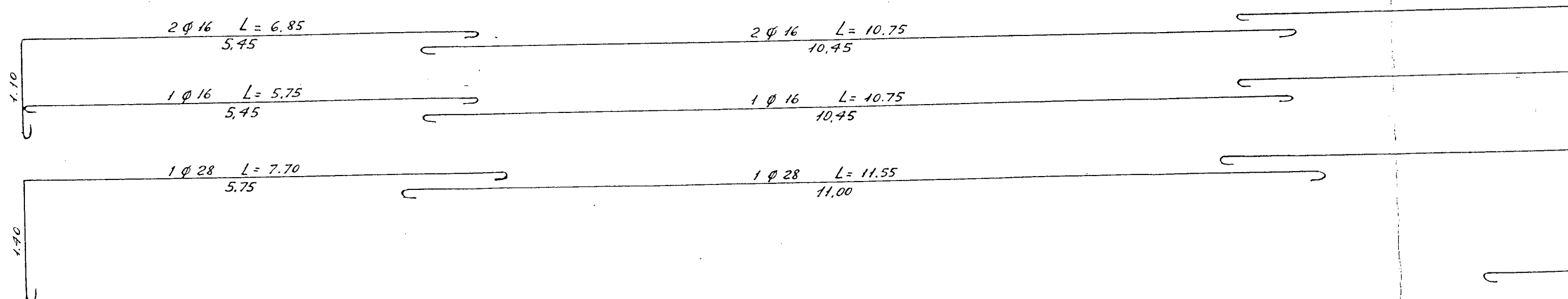
SEZIONE PONTE CANALE - SCALA 1:50



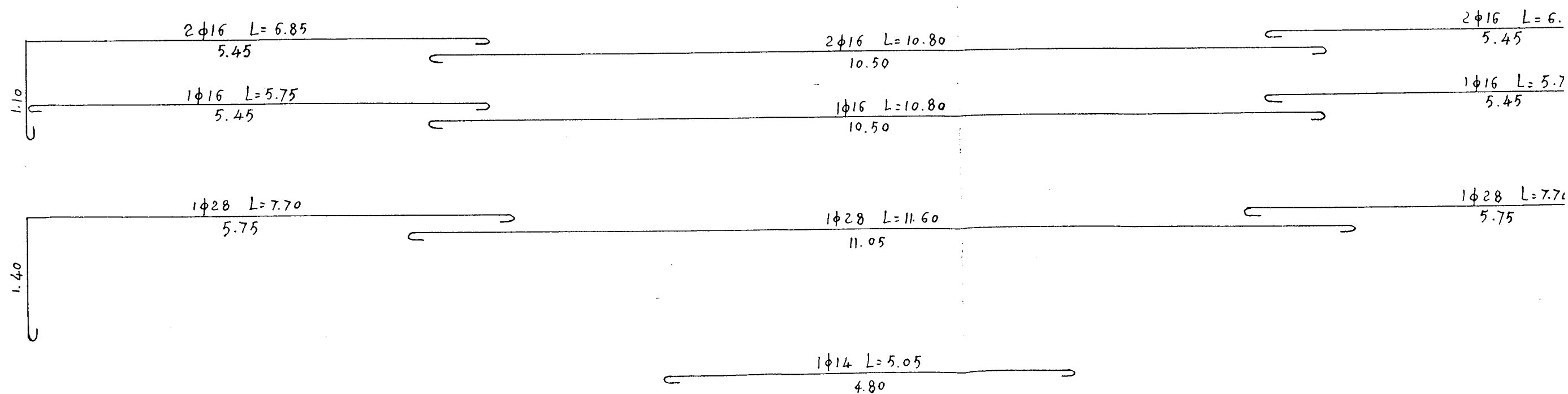
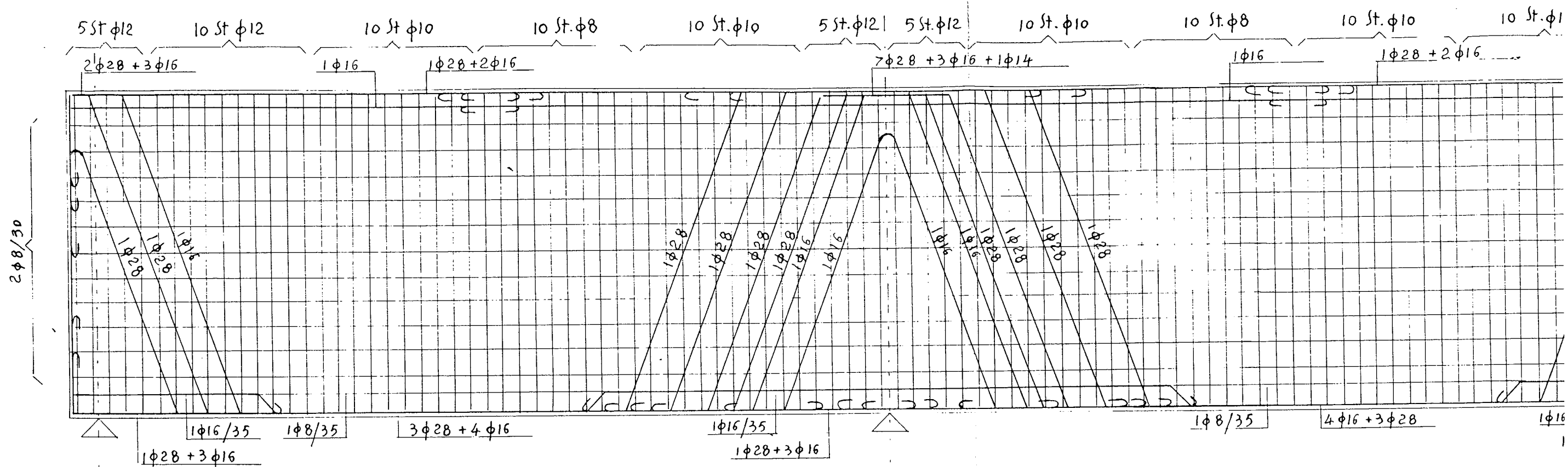
*1/2 SEZIONE SULL'APPOLLIO*

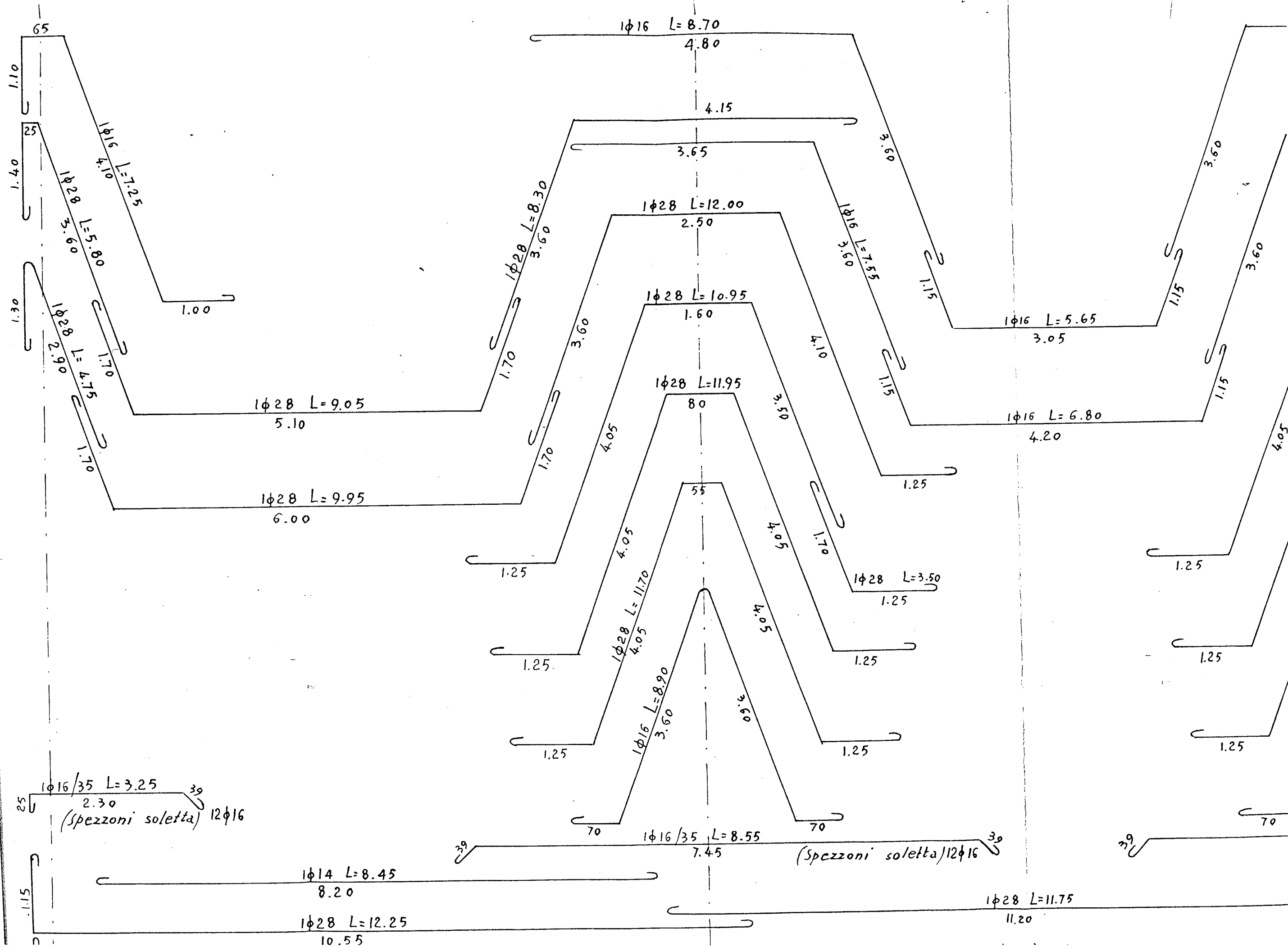
1/2 SEZIONE IN MEZZERIA  
(1<sup>a</sup> campata)

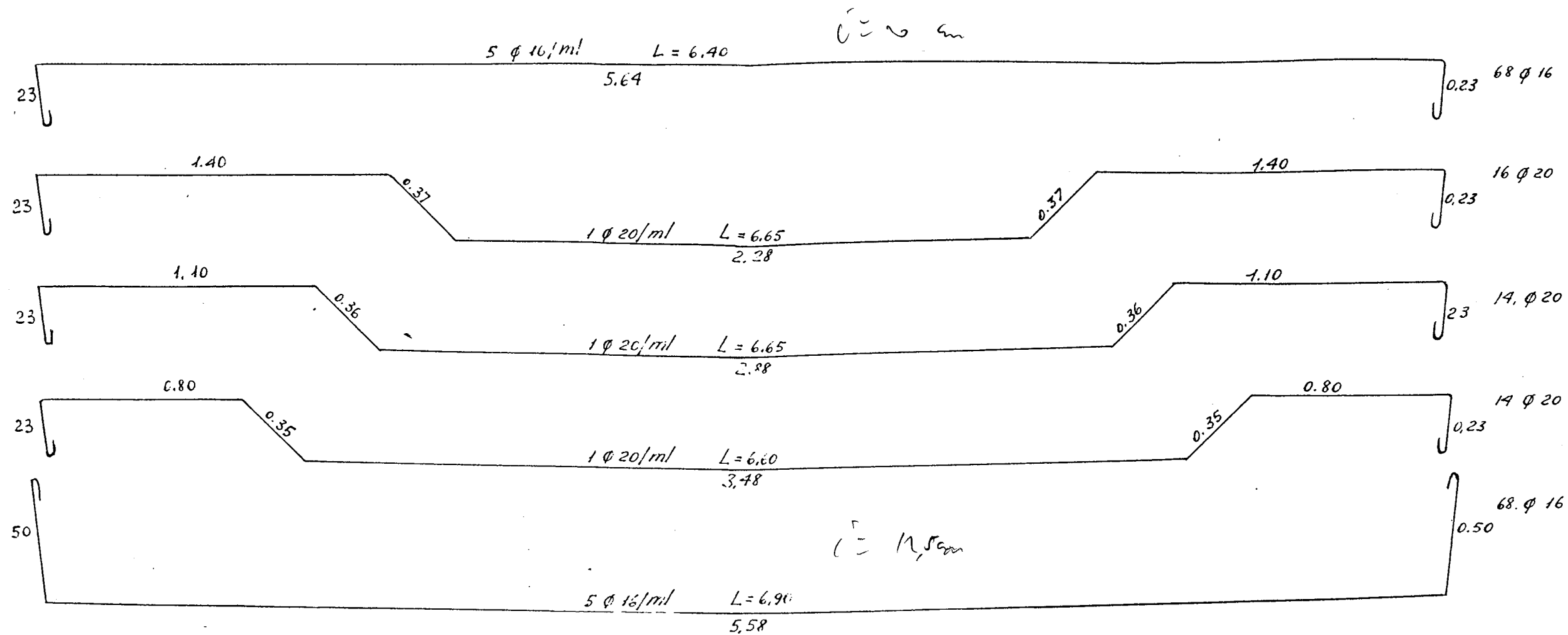


[illegible]

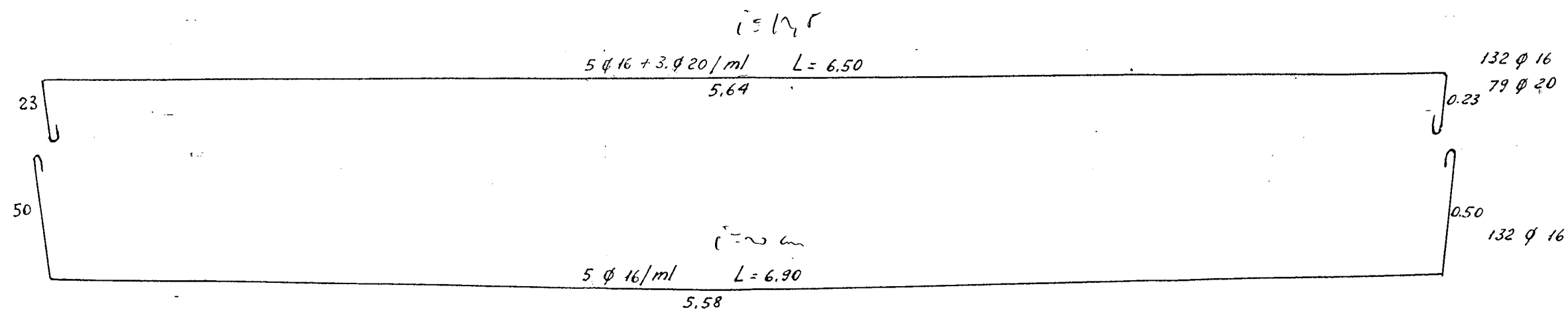
20.00





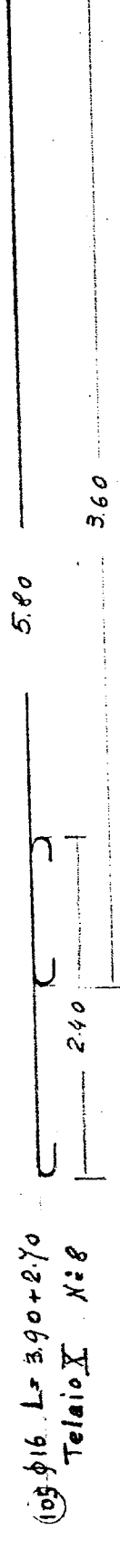
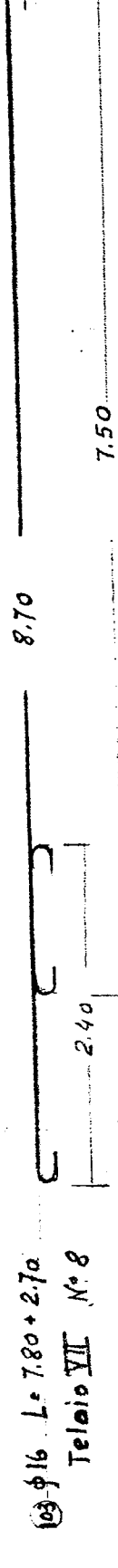
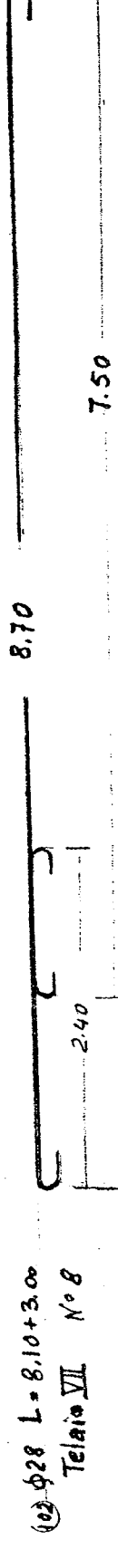
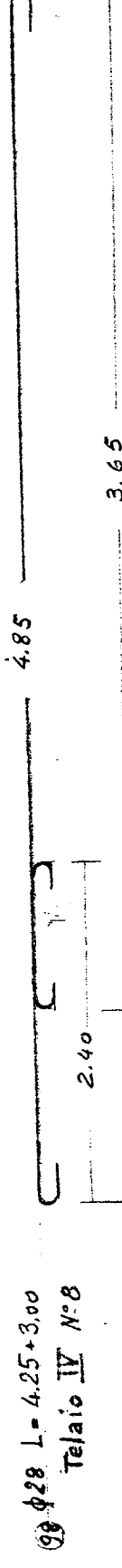
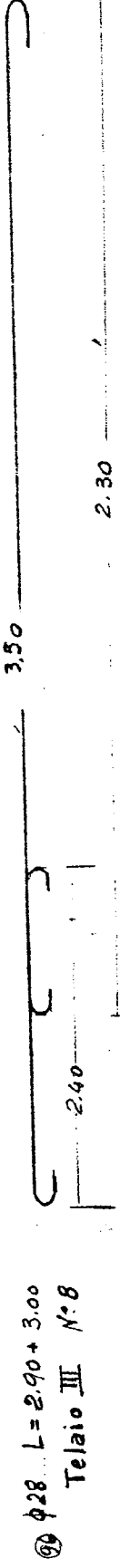
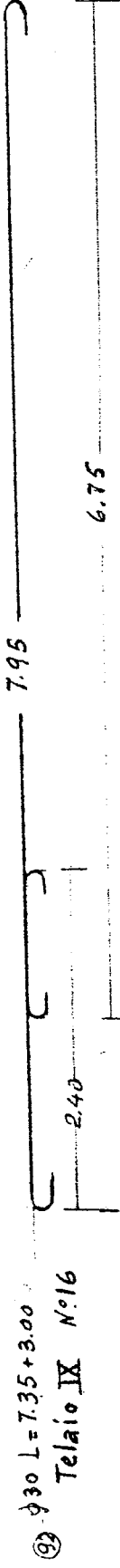
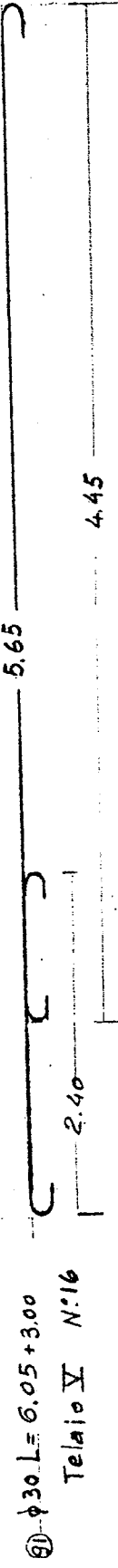


Armatura della soletta in corrispondenza della  
mezzera



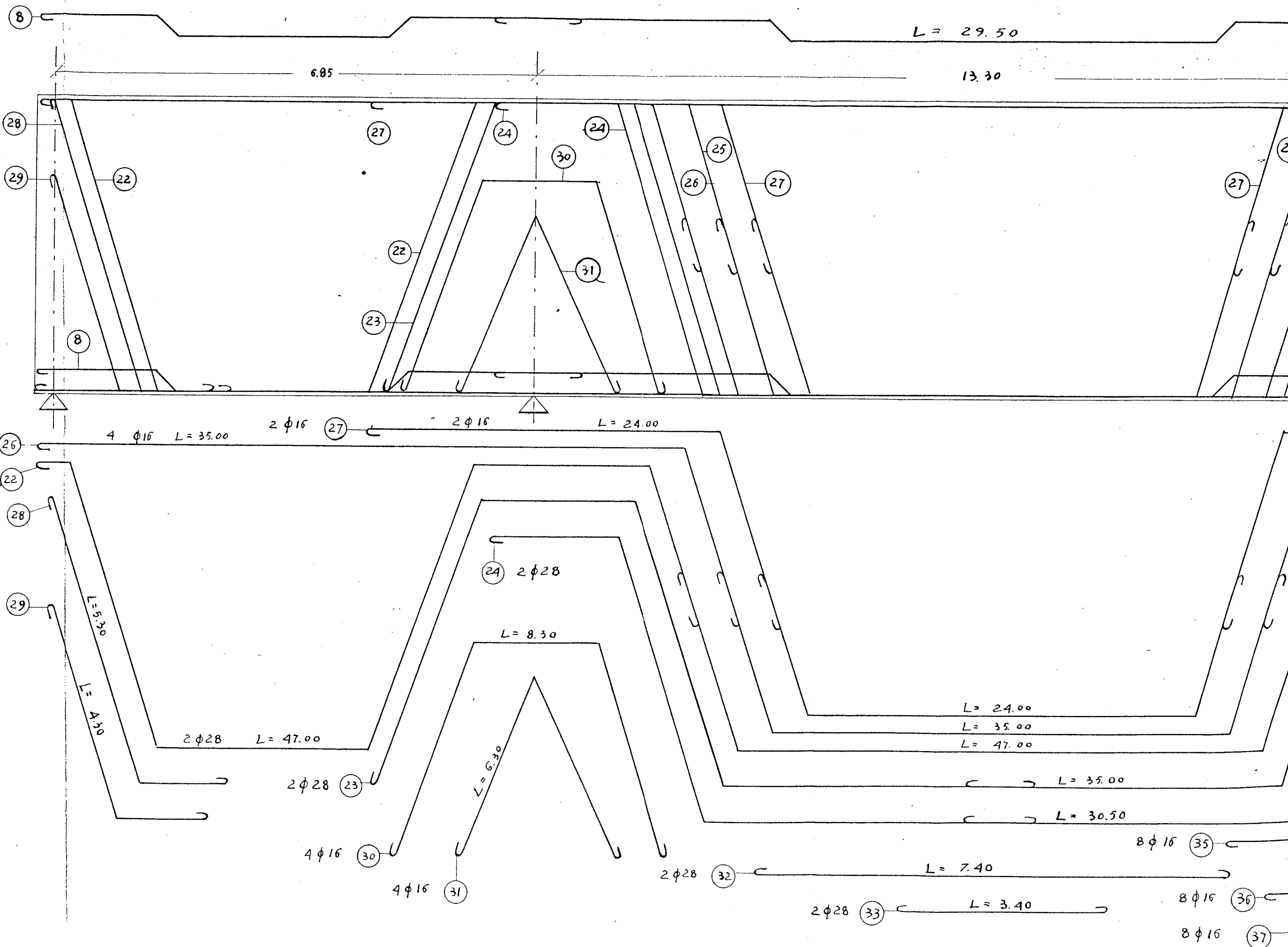
Armatura della soletta in  
corrispondenza dell'appoggio





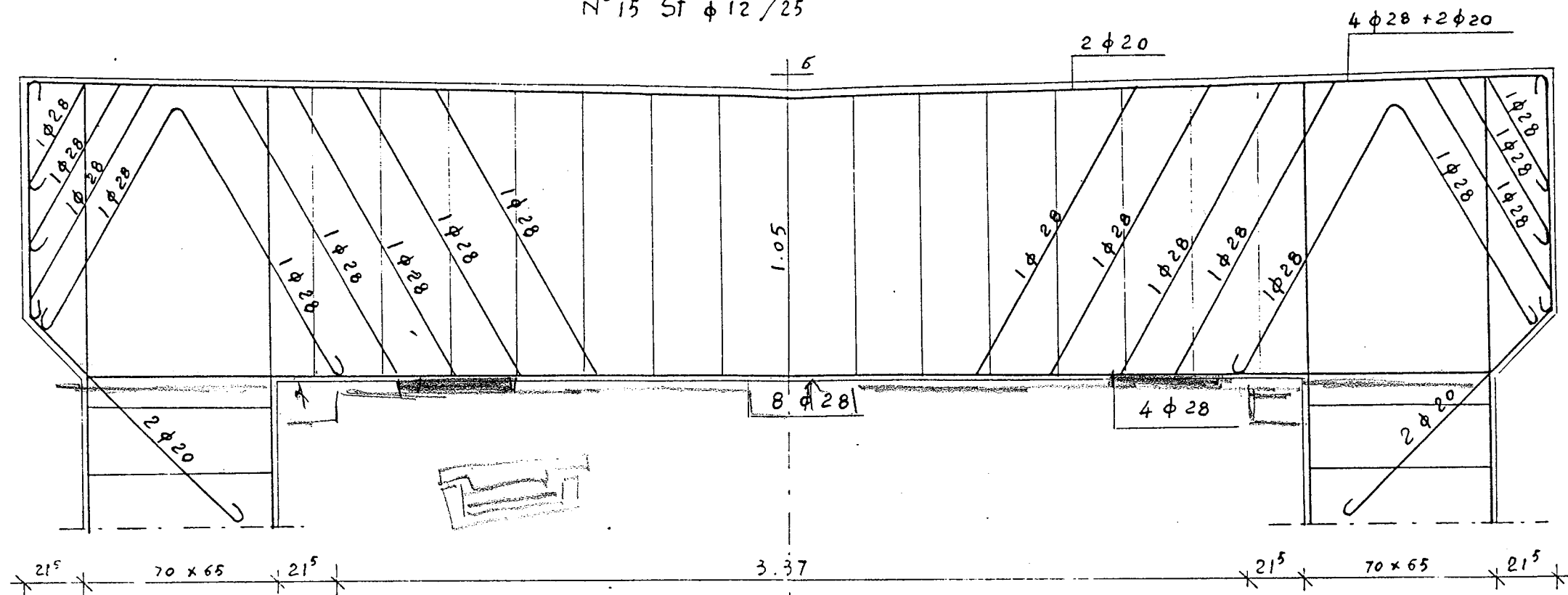
# ARMATURA TRAVE PARETE 1:20

10  $\phi 10$

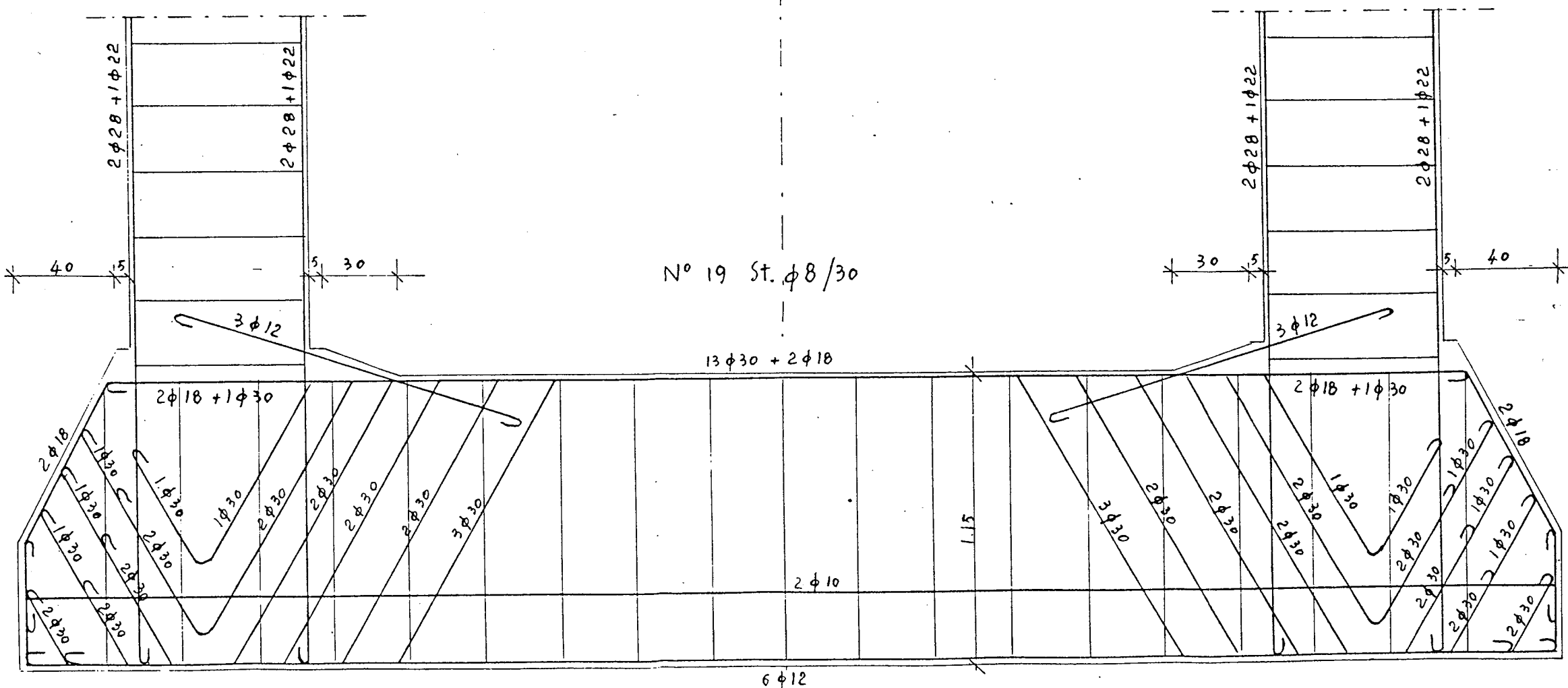


# ARMATURA L'AVALLETO - RAPP. 1:20

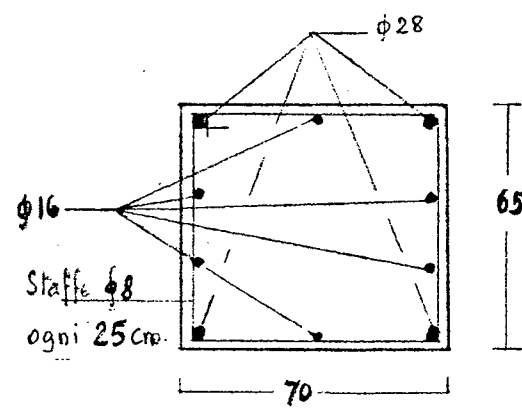
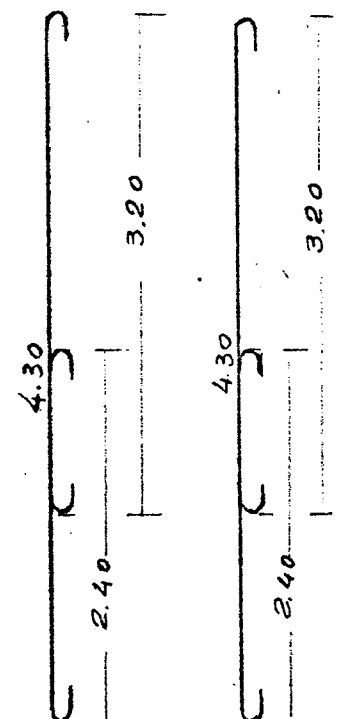
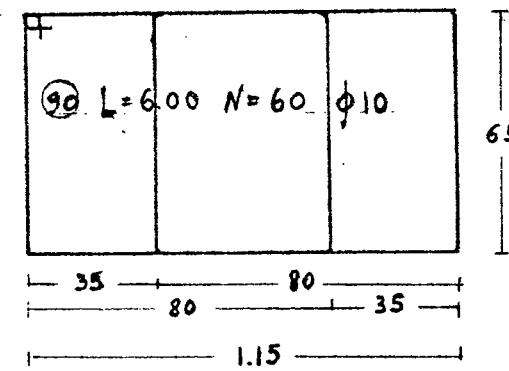
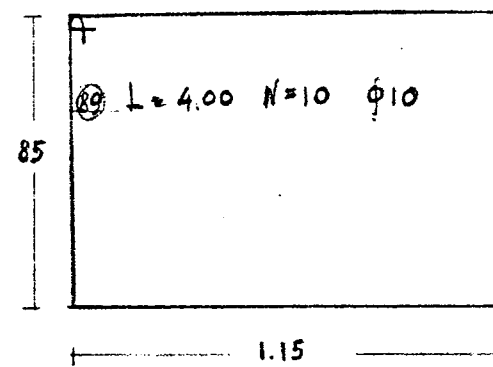
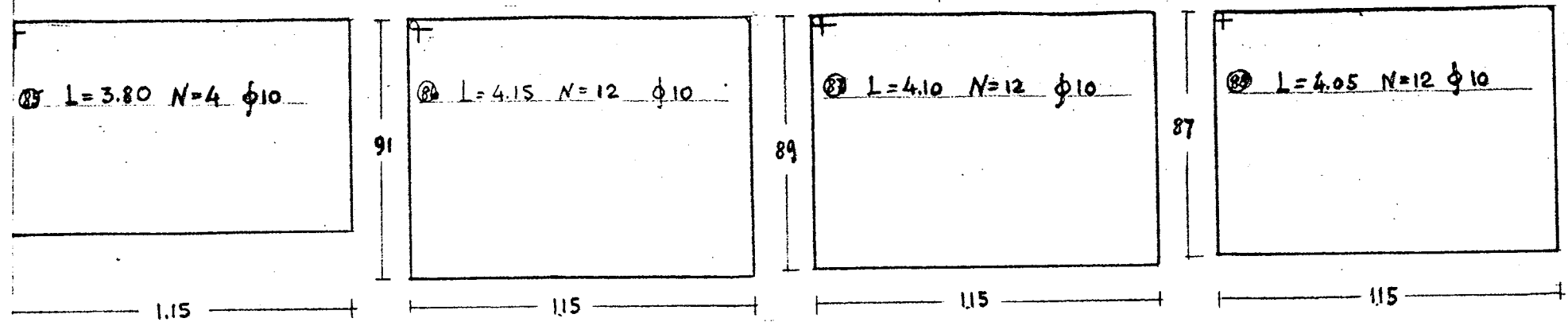
N° 15 St  $\phi 12/25$



N° 19 St.  $\phi 8/30$

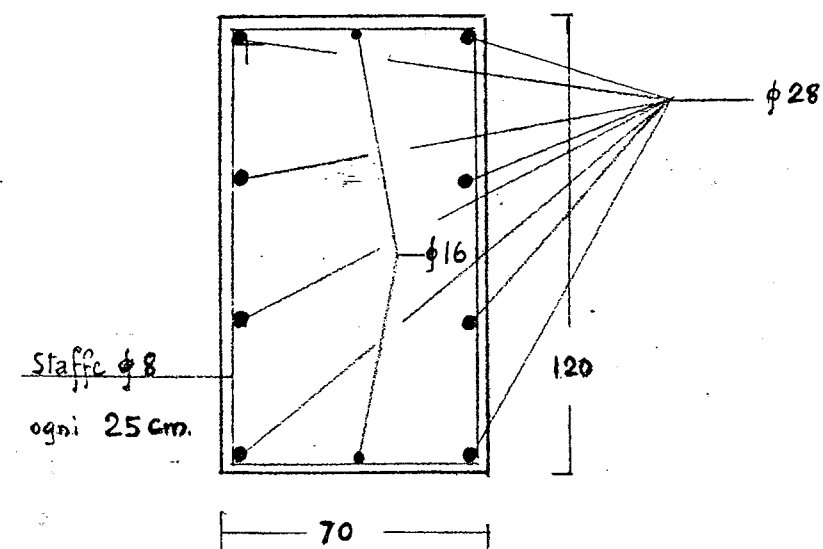


L=2.70



Pilastri dei cavalletti

III-IV-VI-VII-VIII-IX-XI



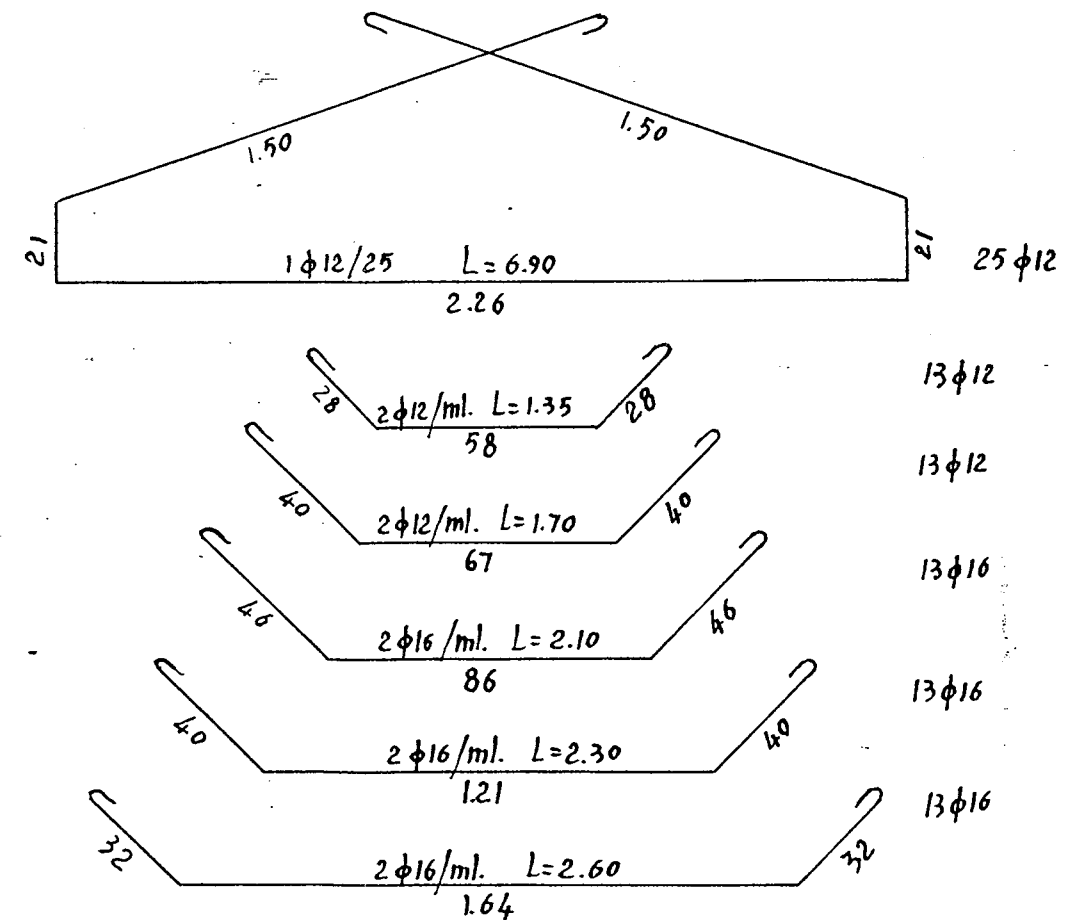
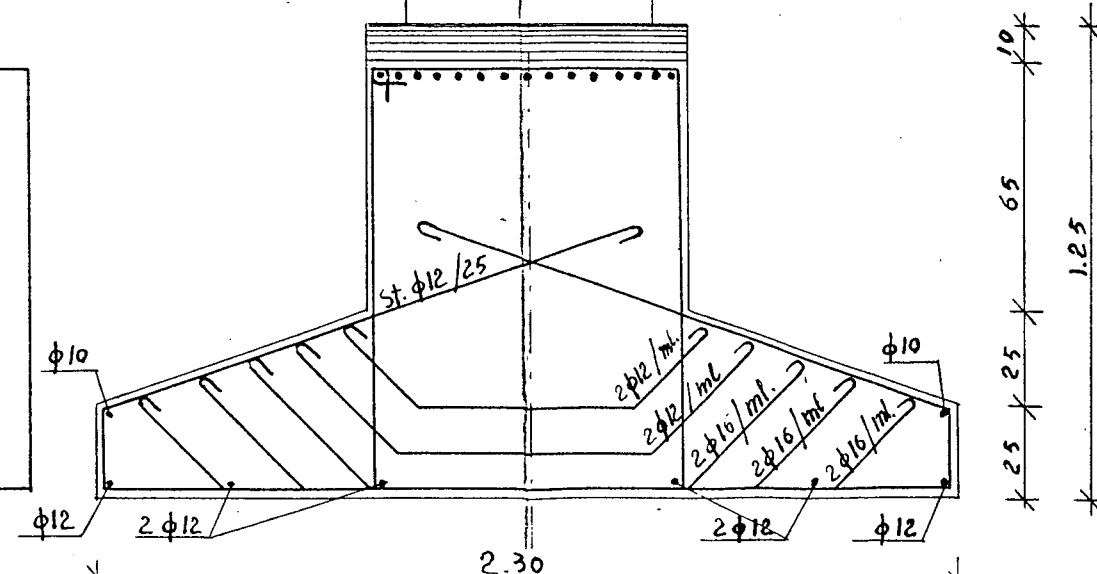
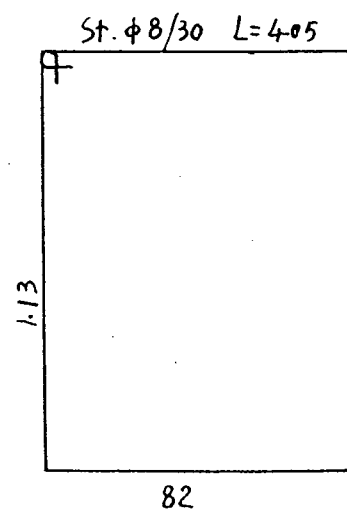
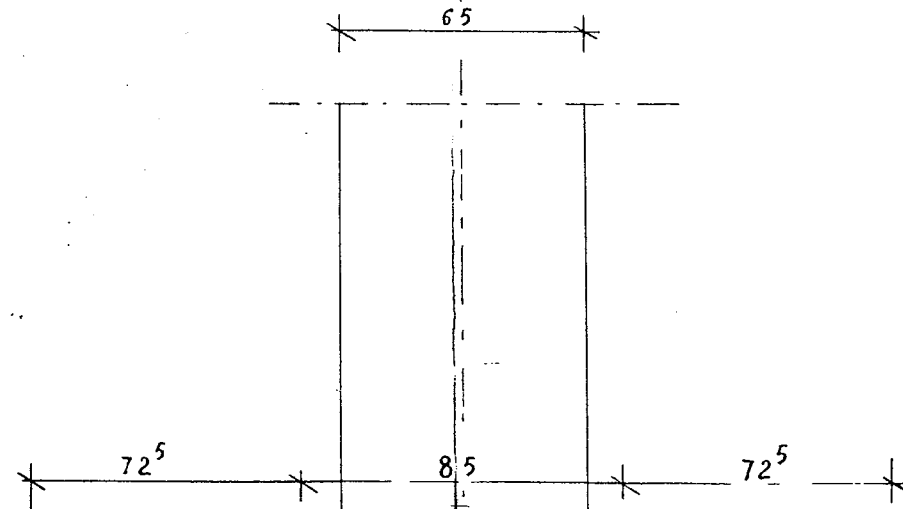
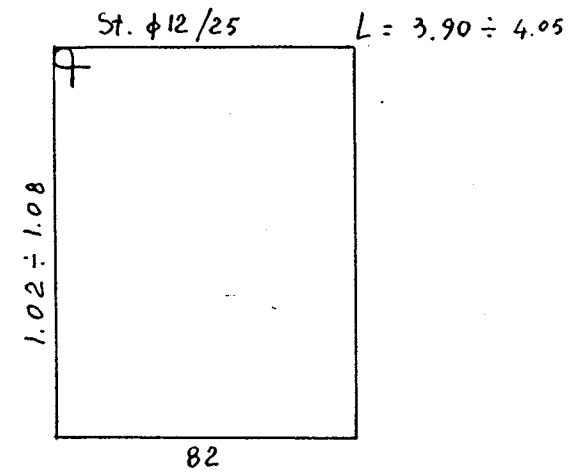
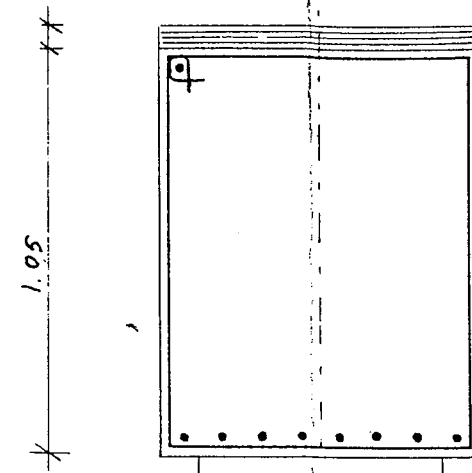
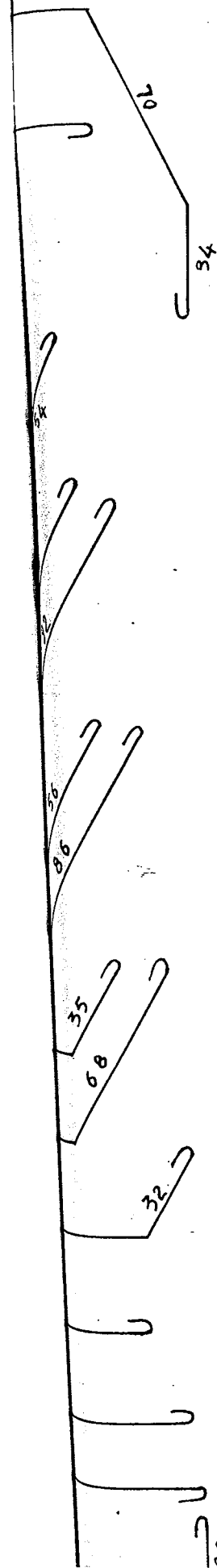
Pilastri dei cavalletti

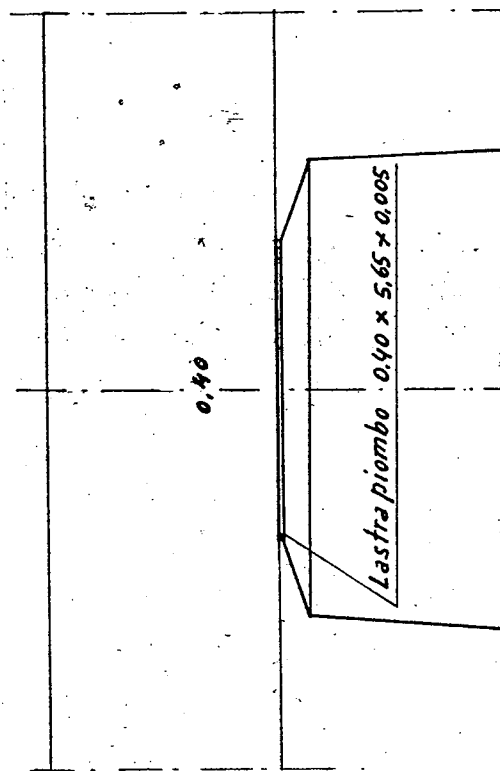
V-IX

③  $\phi 28$   $L = 3.80 + 3.00$   $N = 8$   
Telaio XI

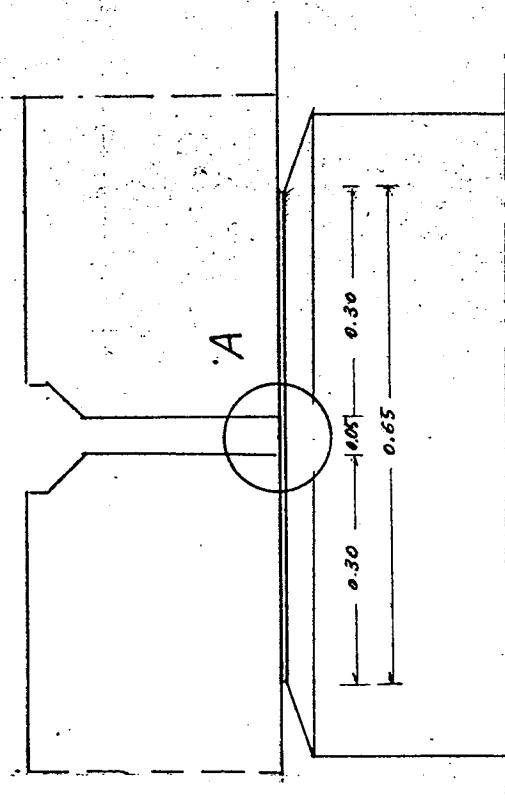
④  $\phi 16$   $L = 3.50 + 2.70$   $N = 8$   
Telaio XI

# SEZIONE CON TRAVE SUPERIORE LARGA 0.85





*Appoggio semplice 1:10*

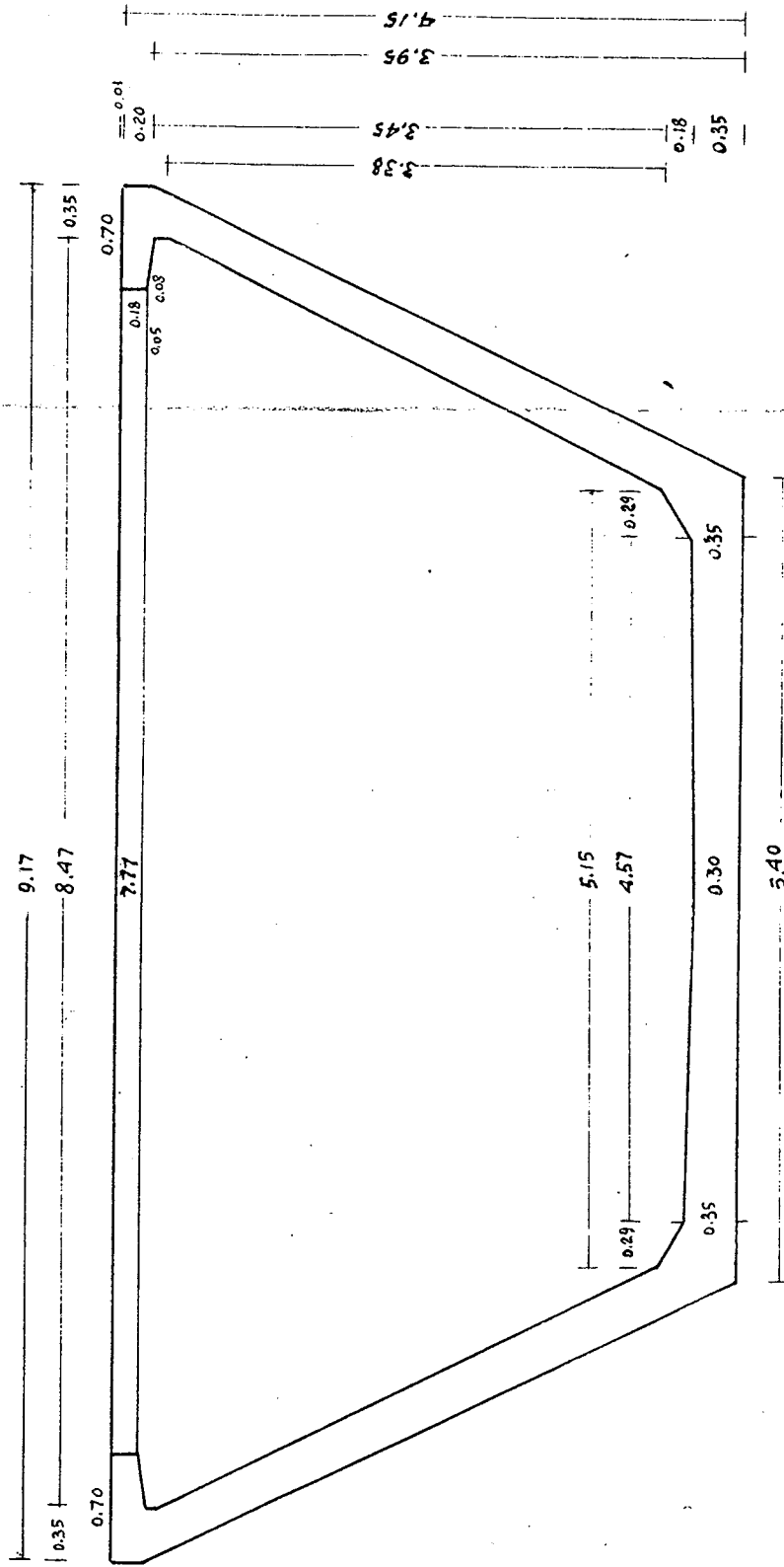


*Appoggio per giunto 1:10*

PONTE CANALE DI RIU ARAI

# SEZIONE CORRENTE PONTE CANALE

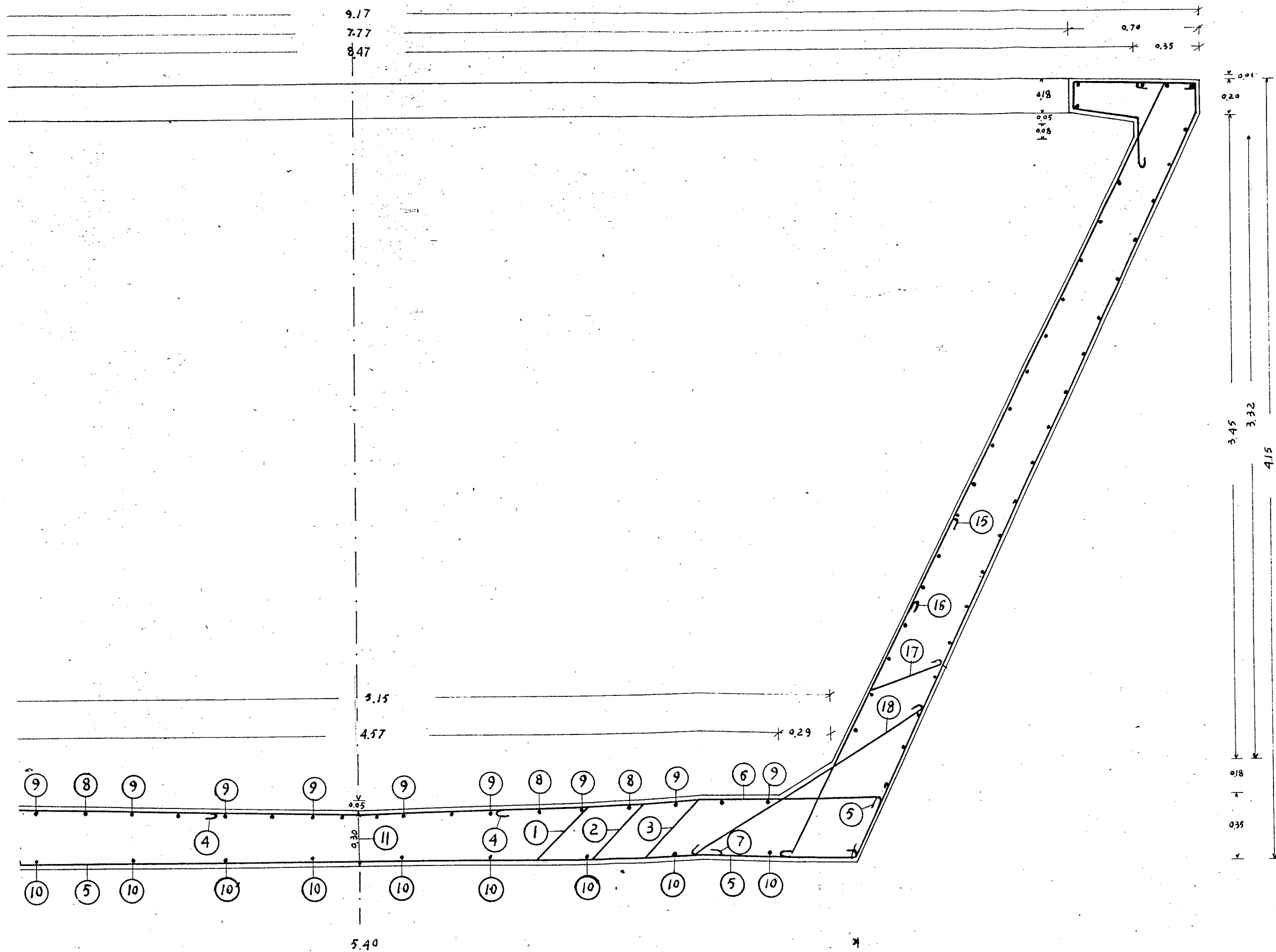
Scala 1:50





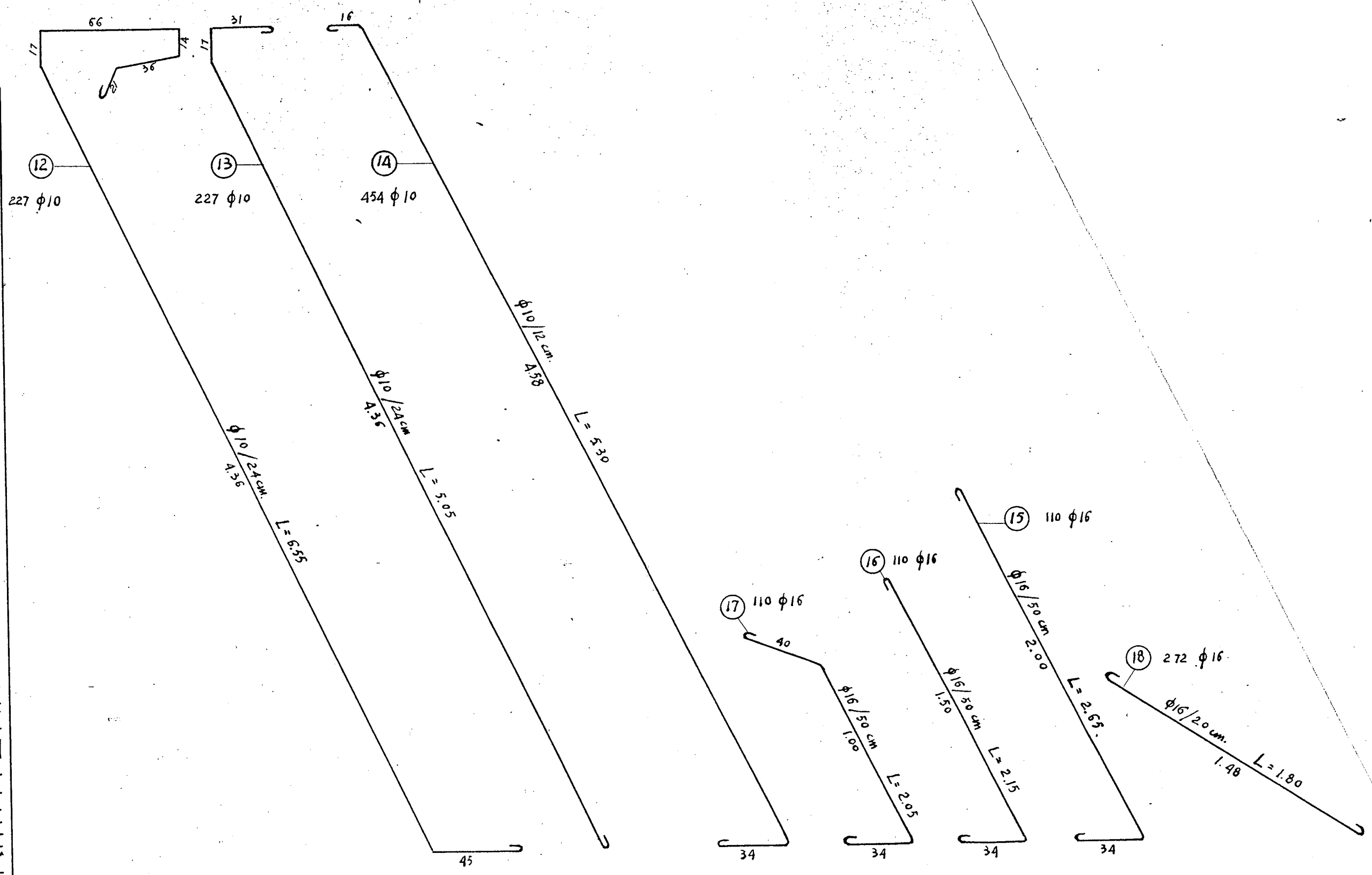
Scala 1:20

1/2 SEZIONE IN MEZZOGIORNA



# ARMATURA PONTE CANALE RIO ARAI

## ARMATURA TRASVERSALE PARETI



ARMATURA TRASVERSALE SOLETTA

