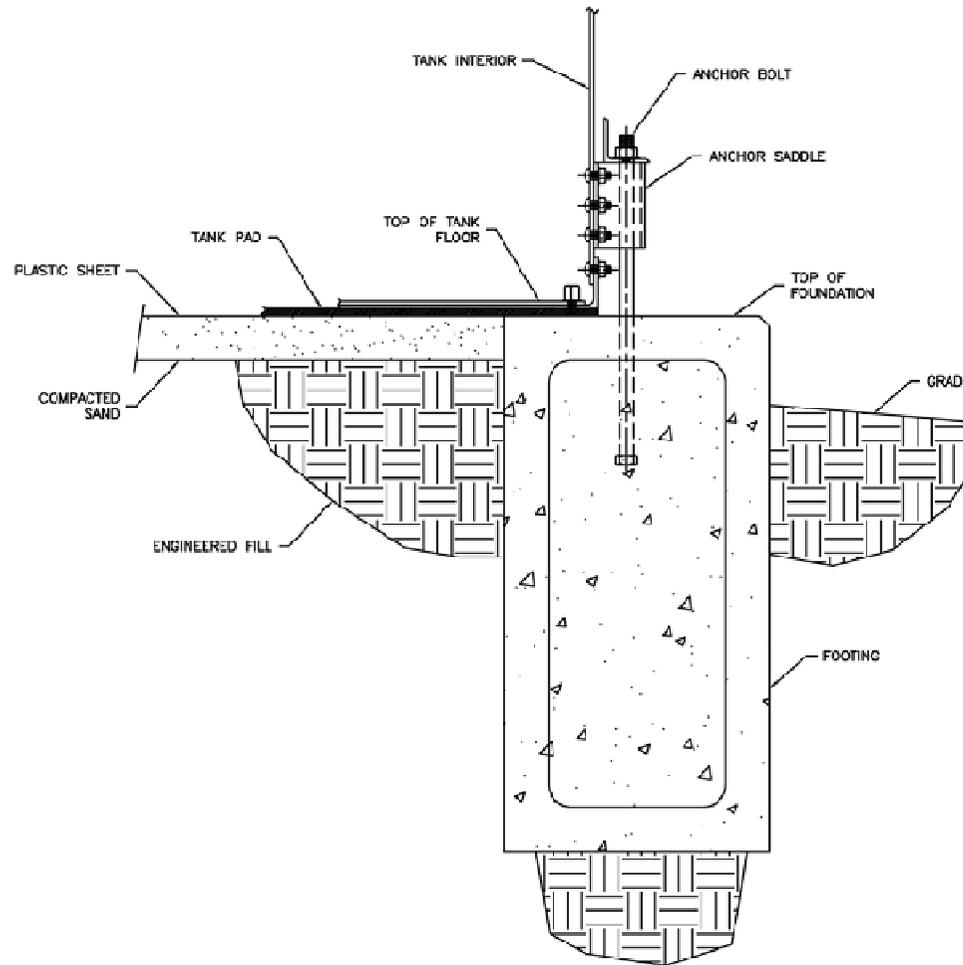


# Serbatoi in acciaio





# Silos e serbatoi

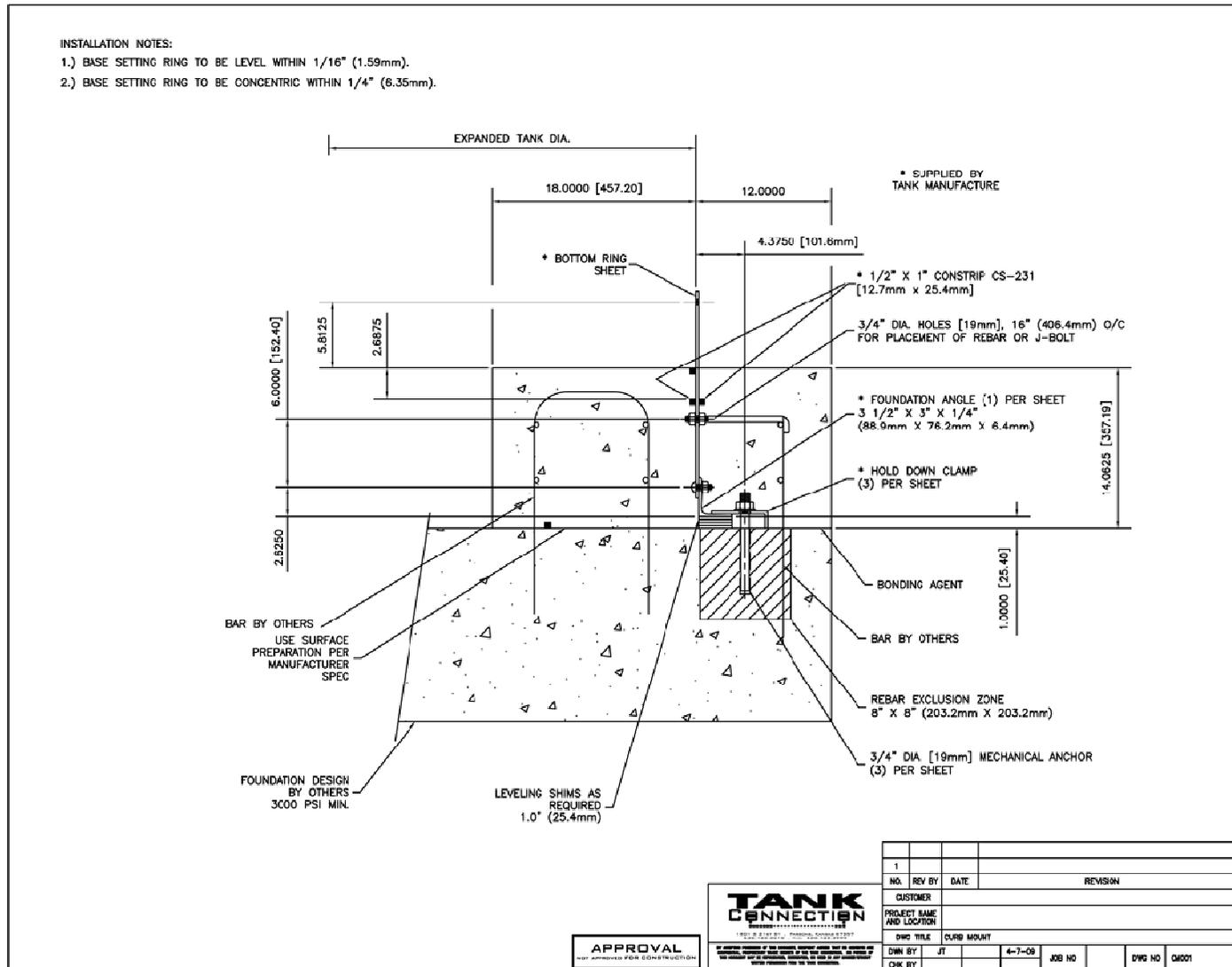


**APPROVAL**  
NOT PERMITTED FOR CONSTRUCTION

**TANK CONNECTION**  
 1801 S. 101st ST. - PLYMOUTH, MINNESOTA 55425  
 612-835-3012 - FAX: 612-488-1999

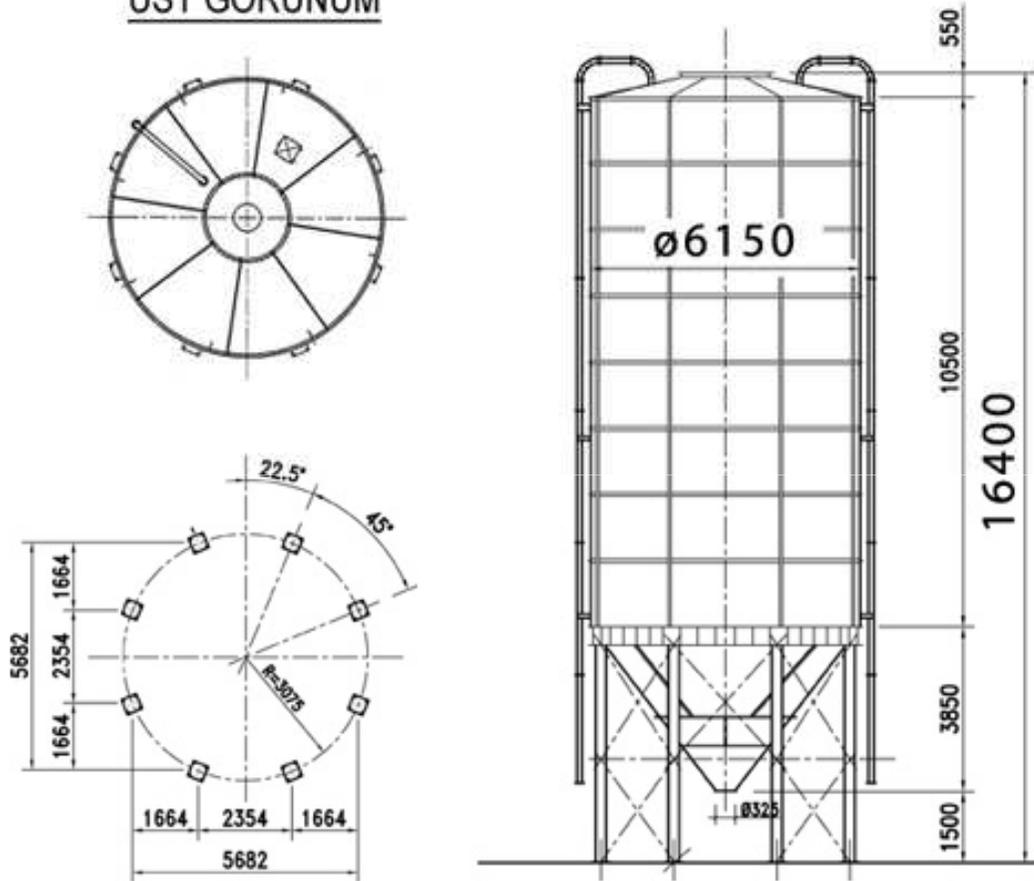
1				
NO.	REV. BY	DATE	REVISION	
CUSTOMER				
PROJECT NAME AND LOCATION				
DWG TITLE		RINGWALL FOOTER		
DWG BY	JT	4-7-09	JOB NO.	DWG NO.
CHK BY				RWF001

# Silos e serbatoi

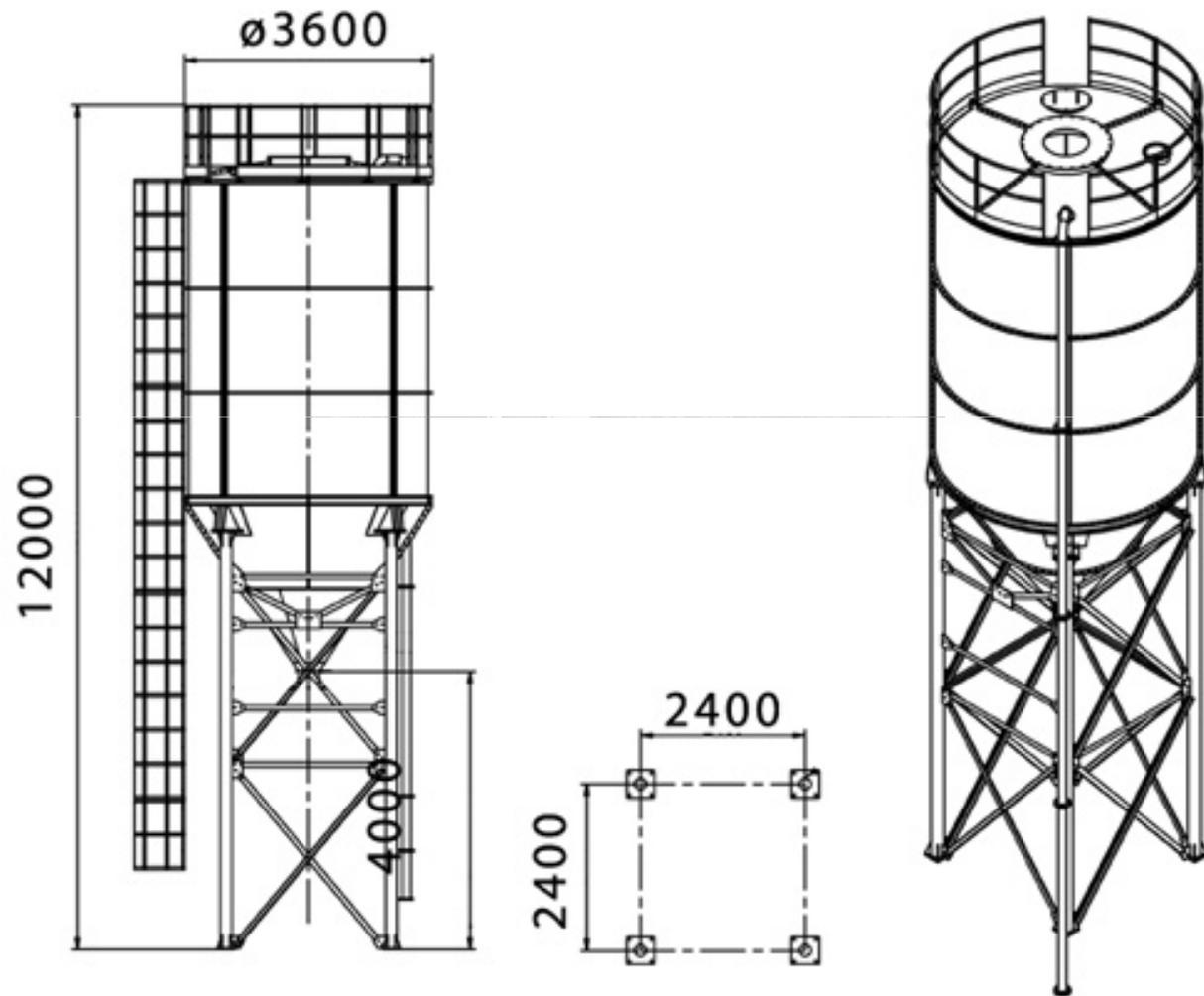


# Silos e serbatoi

ÜST GÖRÜNÜM



# Silos e serbatoi



# Silos e serbatoi in C.A.



# Anelli di fondazione in C.A.



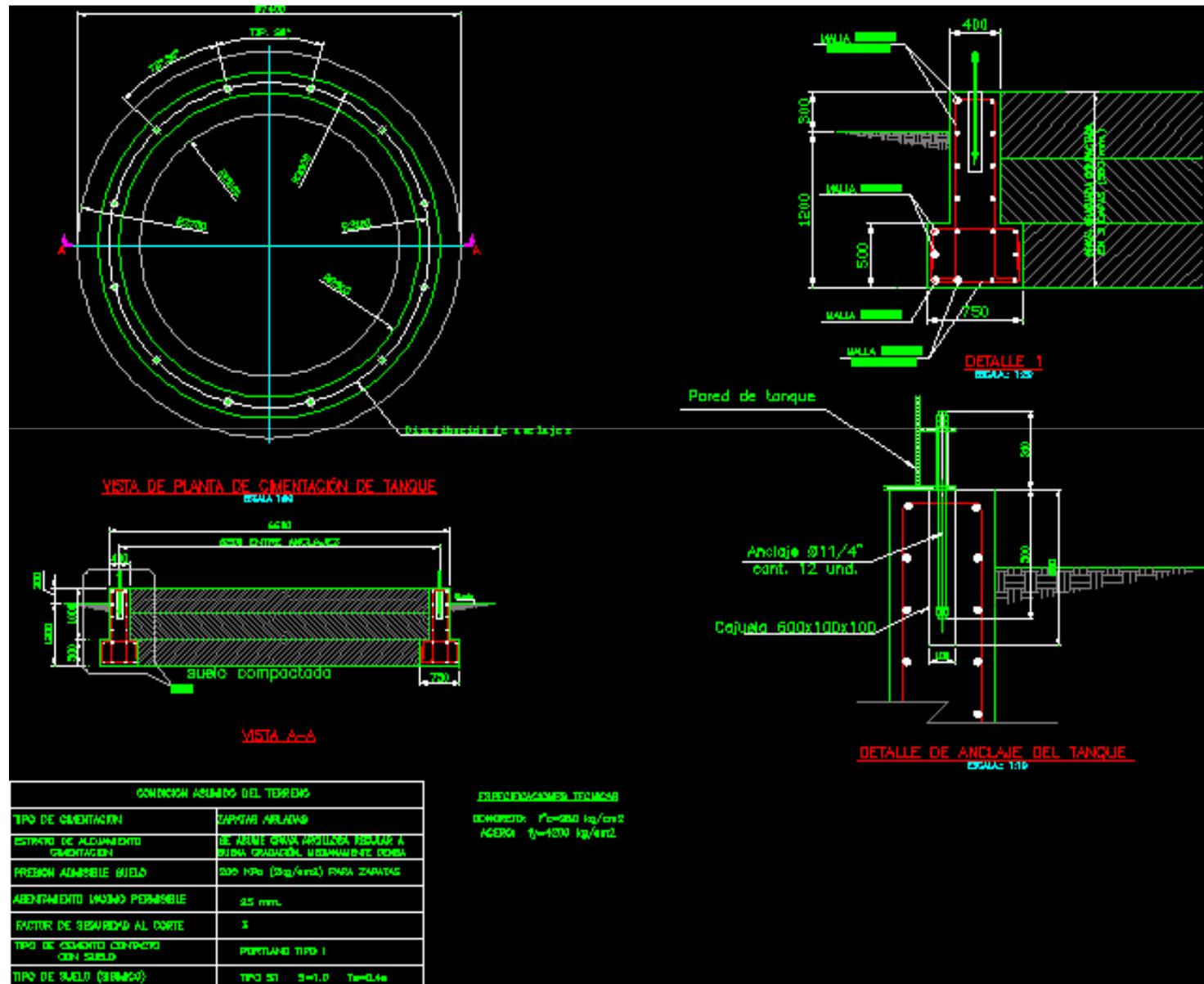
# Silos e serbatoi in C.A.



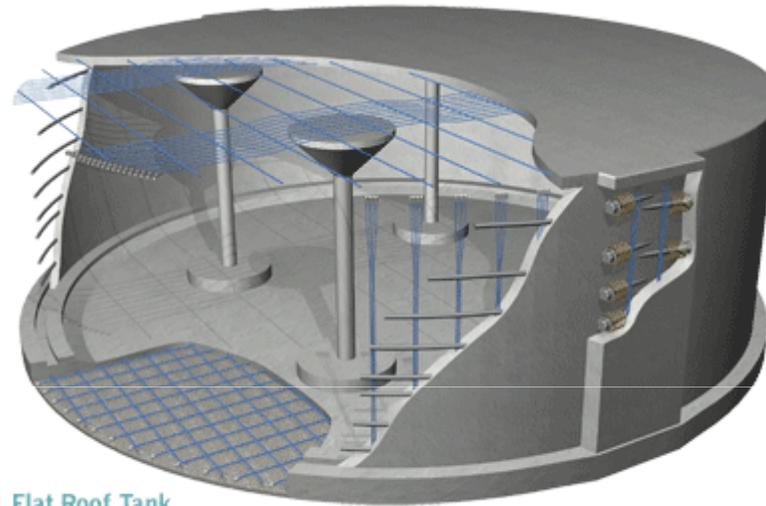
# Silos e serbatoi in C.A.



# Silos e serbatoi



# Silos e serbatoi in C.A. precompresso



prestressed concrete storage tanks reinforced with post-tensioning tendons  
This method actively reinforces the structure and significantly enhances its  
water-tightness and long-term durability

<http://www.durastortank.com/Home/tabid/1457/Default.aspx>

# Silos e serbatoi in C.A. precompresso

**Nei serbatoi in c.a. ordinario ovviamente il maggiore pericolo è rappresentato dalla possibilità di fessurazione del calcestruzzo dovuta alla trazione degli anelli**

**Tale problema può essere facilmente risolto ricorrendo alla precompressione. In linea di principio, essa consiste nell'applicare delle pressioni, con direzione dall'esterno all'interno, uguali o maggiori delle pressioni dovute al liquido contenuto**

**In tali condizioni il serbatoio pieno è scarico se la pressione applicata uguaglia quella interna del liquido mentre è soggetto ad una forza residua se questa è inferiore**

**Ovviamente, la condizione di carico più sfavorevole per un serbatoio in c.a.p. è quella di serbatoio vuoto**

# Silos e serbatoi in C.A. precompresso

## Serbatoio a vuoto

**In tal caso, agisce sulla parete l'intera pressione di precompressione che non è equilibrata dall'effetto, antagonista, del liquido contenuto all'interno**

**È anche evidente che il massimo sforzo si ha all'atto dell'applicazione della precompressione (e cioè prima che si siano verificate le cadute di tensione)**

**In tale fase si svolge perciò un vero e proprio collaudo statico del serbatoio**

# Silos e serbatoi in C.A. precompresso

Per ottenere in tutte le sezioni una pressione residua costante si applica un carico di precompressione pari a:

$$\bar{p} = -(p + \Delta p)$$

Ovviamente si ha:  $\Delta p = \eta \cdot p_1$

In cui  $\eta = 0.1$  e

$p_1 =$  pressione alla base del serbatoio

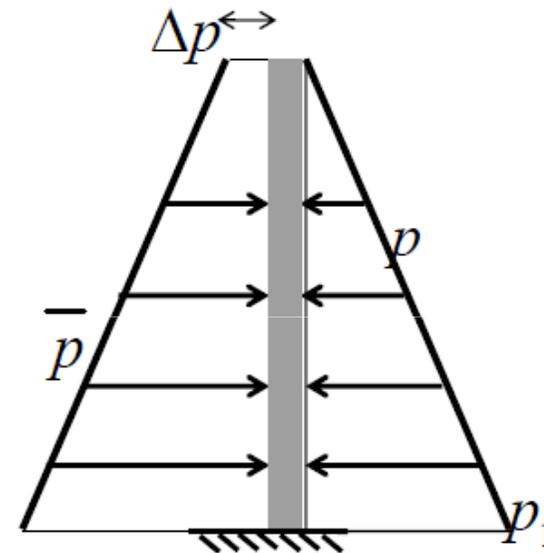
Il valore della precompressione sarà

$$Z = \bar{p}R$$

Il quantitativo di armature sarà

$$A_{s,p} = \bar{p}R / \sigma_{sp}$$

Tutto ciò è valido a cadute di tensione lente esaurite

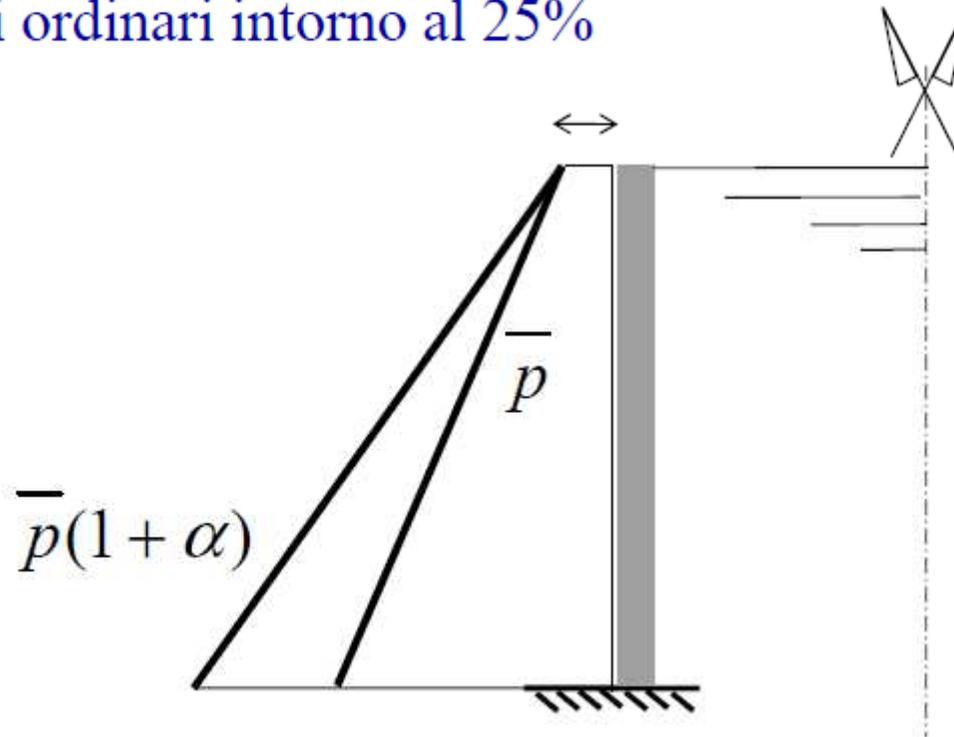


# Silos e serbatoi in C.A. precompresso

Le verifiche del serbatoio dovranno essere eseguite prima delle cadute lente e quindi sotto l'azione di una pressione

$$\bar{p}' = \bar{p}(1 + \alpha)$$

Essendo  $\alpha$  il coefficiente di caduta di tensione valutabile nei casi ordinari intorno al 25%



# Silos e serbatoi in C.A. precompresso

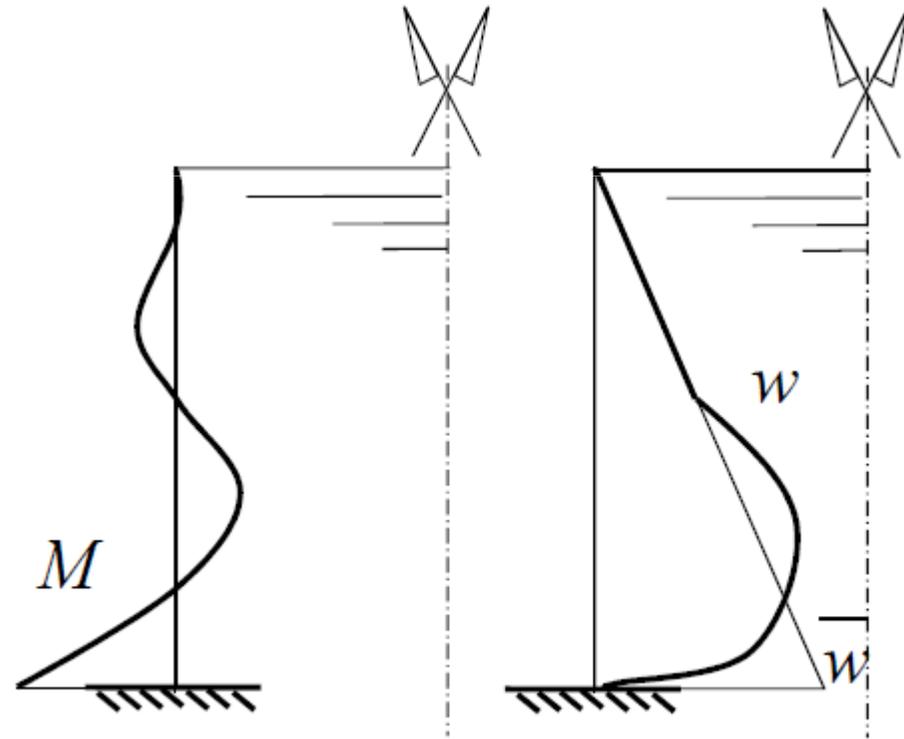
## Il momento flettente della striscia

Per assorbire il momento flettente della striscia verticale del tubo si può prevedere anche una precompressione assiale ( $V$ ) realizzata con cavi verticali equidistanti. In tal modo si esclude ogni sollecitazione di trazione anche nel senso delle generatrici

Per annullare la trazione al lembo esterno del serbatoio vuoto deve essere:

$$\frac{V}{s} - \frac{6M}{s^2} = 0$$

ovvero 
$$V = \frac{6M}{s}$$



# Silos e serbatoi in C.A. precompresso

7

M. VONA

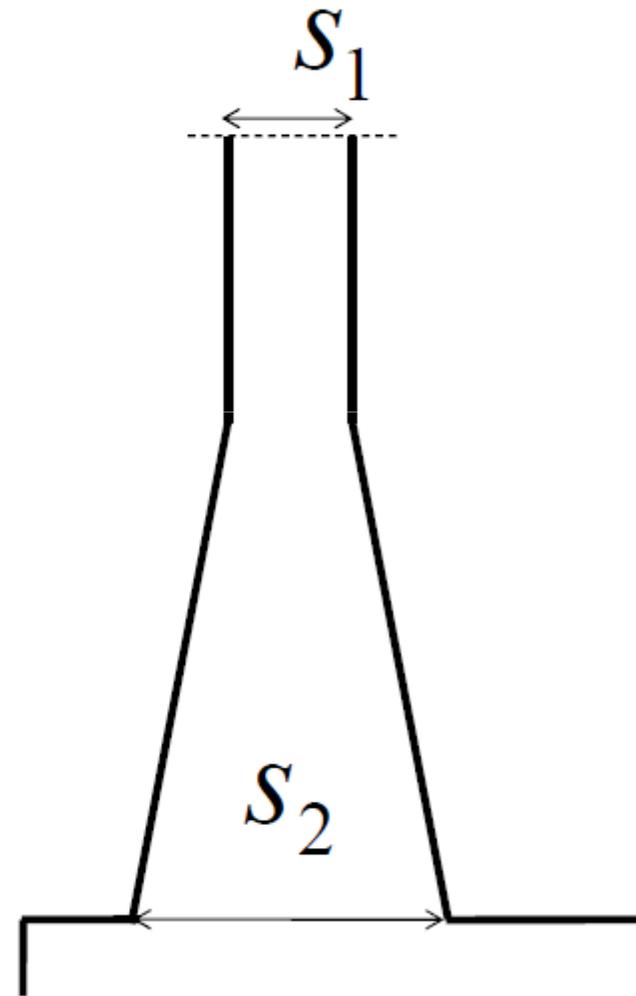
a.a. 2012 – 2013

PROGETTO DI STRUTTURE

Si può verificare spesso che la tensione di compressione massima sia superiore alla tensione massima di calcolo sul calcestruzzo

A tale inconveniente si può ovviare ringrossando le sezioni nella parte inferiore

Gli incrementi di sollecitazione dovuti a tale incremento di sezione può essere trascurato in rapporto all'incremento della resistenza

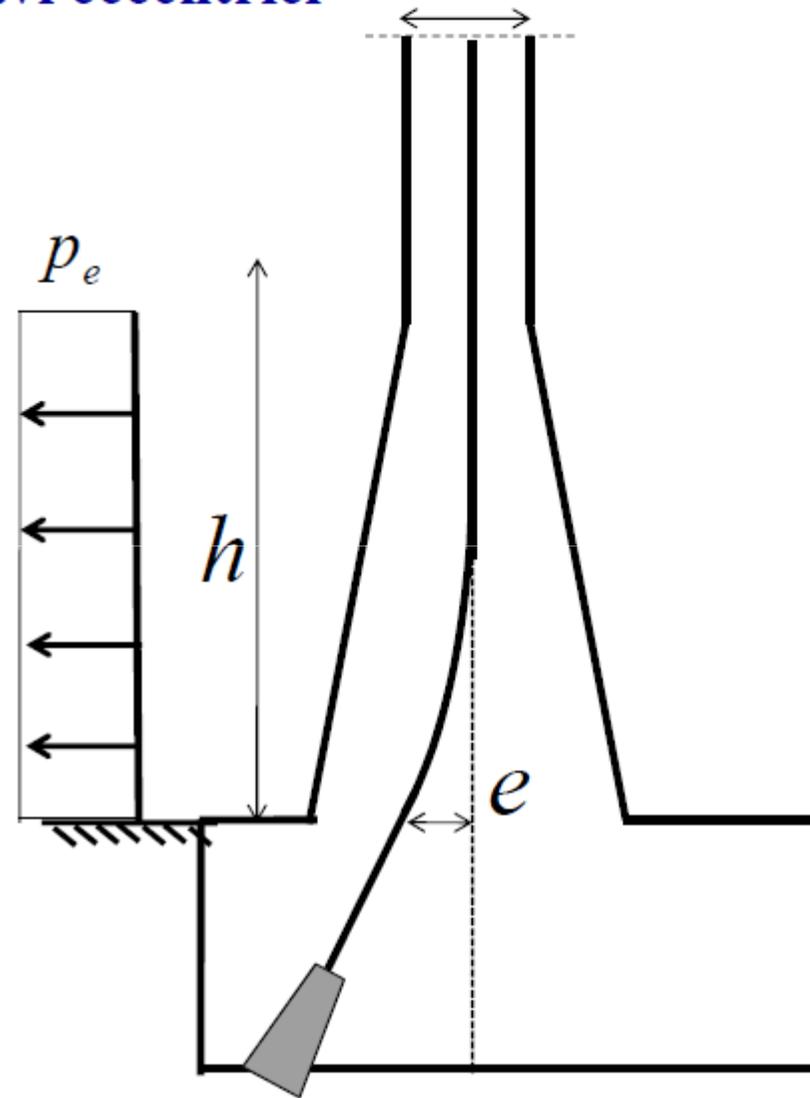


# Silos e serbatoi in C.A. precompresso

## Diagrammi delle tensioni con cavi eccentrici

Se ad esempio viene data una forma parabolica ai cavi di precompressione nell'ultima parte degli stessi occorre correggere le sollecitazioni per effetto del carico equivalente alla precompressione

$$p_e = \frac{2eV}{h^2}$$



# Silos e serbatoi in C.A. precompresso

11

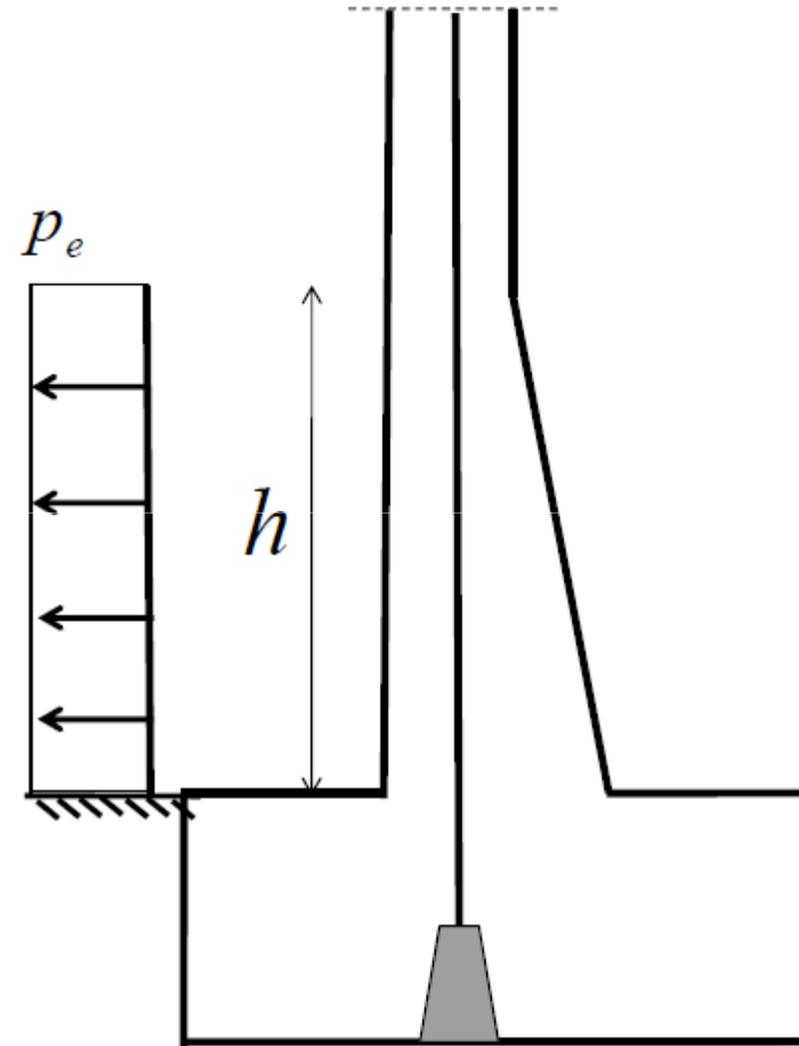
M. VONA

a.a. 2012 – 2013

PROGETTO DI STRUTTURE

## Diagrammi delle tensioni con cavi eccentrici

Analogo comportamento è possibile nel caso di una disposizione del cavo più semplice (rettilenea) ma con sezione variabile asimmetrica



# Silos e serbatoi in C.A. precompresso

12

M. VONA

a.a. 2012 – 2013

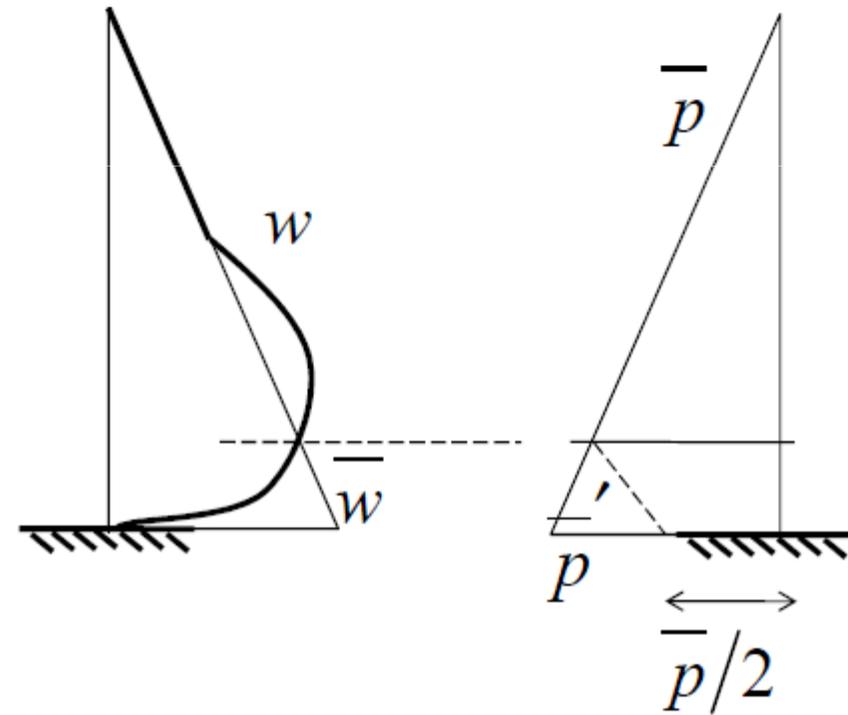
PROGETTO DI STRUTTURE

## Correzione della precompressione sugli anelli

Per comodità si è supposto di adottare una precompressione del tipo

$$\bar{p} = p + \eta p_1$$

D'altra parte è evidente che la pressione applicata agli anelli più vicini all'incastro al piede si scarica quasi interamente sulle strisce dando luogo a un effetto di precompressione molto modesto



# Silos e serbatoi in C.A. precompresso

13

M. VONA

a.a. 2012 - 2013

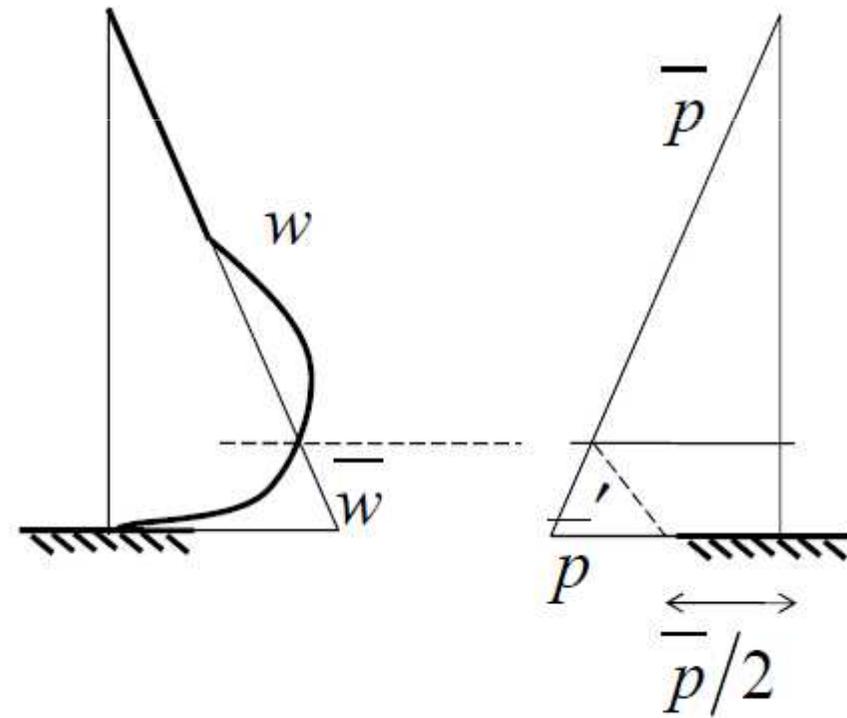
PROGETTO DI STRUTTURE

## Correzione della precompressione sugli anelli

È quindi inutile applicare agli anelli più bassi l'intera pressione che comporta l'impiego di cavi di precompressione poco o nulla sfruttati nella parte inferiore del serbatoio

La *precompressione ridotta* varia linearmente fino ad una sezione in cui si ha

$$\bar{w} \cong w$$



# Silos e serbatoi in C.A. precompresso

## Correzione della precompressione sugli anelli

Con questa soluzione si realizza anche una forte riduzione di  $M$  al piede

Di ciò occorre tener conto nella progettazione della precompressione verticale

Infatti il momento a serbatoio pieno può risultare dello stesso ordine di grandezza di quello a serbatoio vuoto e di segno opposto

A ciò si può ovviare adottando per la precompressione verticale una disposizione simmetrica dei cavi

# Silos e serbatoi in C.A. precompresso

15

M. VONA

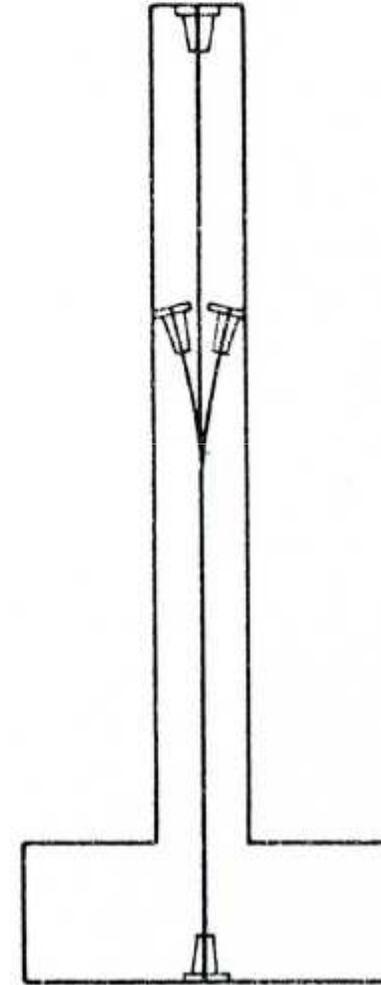
a.a. 2012 – 2013

PROGETTO DI STRUTTURE

## Modalità di realizzazione della precompressione

La precompressione verticale è ottenuta con cavi ancorati alla sommità ed al piede del serbatoio

Nel caso di serbatoi alti lo sforzo di precompressione viene ridotto nella parte alta con ancoraggi intermedi disposti alternativamente sulla fascia interna ed esterna della parete



# Silos e serbatoi in C.A. precompresso

## Modalità di realizzazione della precompressione

La precompressione orizzontale può ottenersi con cavi contenuti all'interno di guaine disposte nel getto e ancorati alle due estremità per mezzo di appositi ancoraggi

La precompressione a filo continuo si può realizzare eseguendo la parete del serbatoio in c.a. ed avvolgendo intorno ad essa un filo di acciaio armonio di piccolo diametro

L'avvolgimento e tesatura di ottengono mediante idonei meccanismi rotanti eliminando gli ancoraggi e riducendo le cadute di tensione

# Silos e serbatoi in C.A. precompresso

17

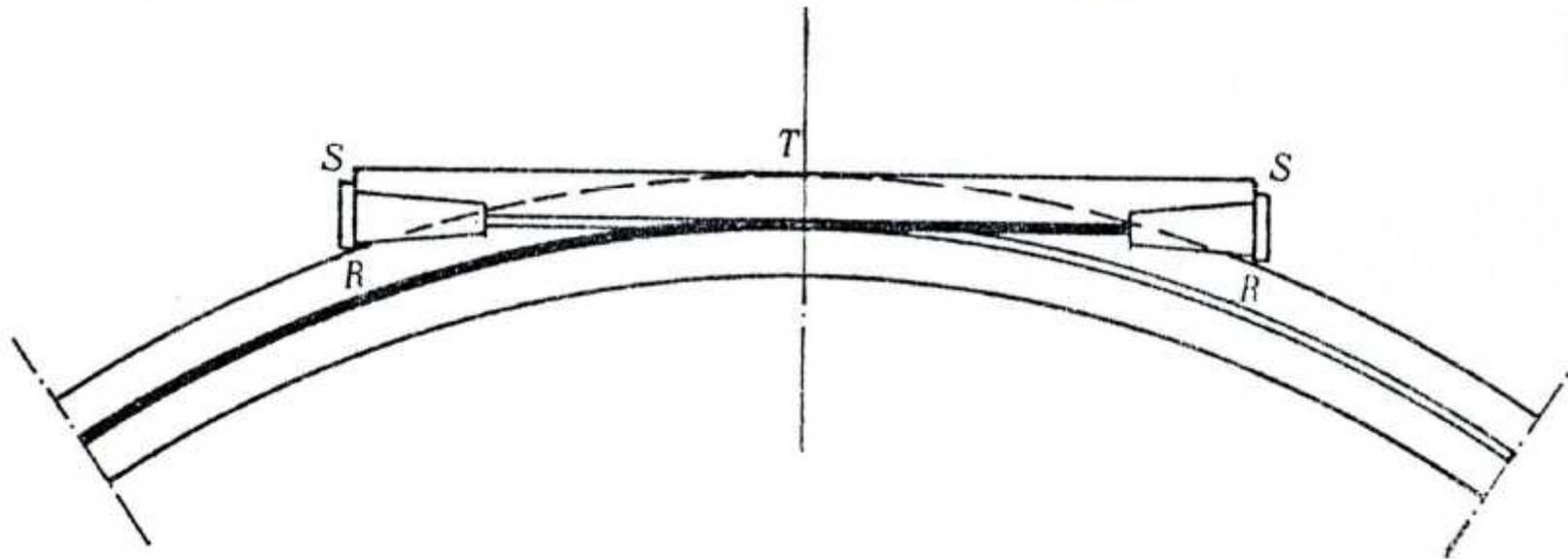
M. VONA

a.a. 2012 – 2013

PROGETTO DI STRUTTURE

## Modalità di realizzazione della precompressione

Il procedimento più comune è invece del tipo a cavi scorrevoli (in guaine) messi in opera in modo analogo a quanto fatto per le travi in c.a.p. ed ancorati mediante appositi ancoraggi



Particolare cura va posta nella riduzione e compensazione delle cadute di tensione

# Silos e serbatoi in C.A. precompresso

18

M. VONA

a.a. 2012 – 2013

PROGETTO DI STRUTTURE

## Modalità di realizzazione della precompressione

$$\sigma_{px} = \sigma_{p0} e^{-f(\alpha + \beta x)} \quad f = \begin{cases} 0.5 & \text{Cavo su cls liscio} \\ 0.3 & \text{Cavo in guaina metallica} \end{cases}$$

$\alpha$  Somma dei valori assoluti delle deviazioni angolari al cavo (rad)

$\beta = 0.01 \text{ rad} / m$  (attrito rettilineo)

Il termine  $\beta x$  in generale è trascurabile rispetto a  $x$

La deviazione angolare  $\alpha$  tra le due sezioni di ancoraggio del cavo non potrà essere troppo grande: si adotta ordinariamente

$\alpha = 120^\circ$  o anche  $\alpha = 90^\circ$