

# Università degli Studi di Palermo

## DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA IDRAULICA

Corso di Infrastrutture Idrauliche

a.a. 2000-2001

Esempio di Progetto esecutivo dell'acquedotto rurale a servizio delle masserie situate lungo la strada comunale Sambuco-Casino nel Comune di Dragoni (CE)

**Relazione di Calcolo**

## 01 - RELAZIONE GEOLOGICA

La zona interessata dall'intervento in epigrafe è caratterizzata da un ampio versante in cui si susseguono terreni appartenenti sostanzialmente a due unità principali: quelle delle argille marnose e siltose sottilmente stratificate con alternanze di arenarie grigie e giallastre e lenti ciottolose calcaree e quella di banchi di calcari detritici di grossa potenza.

Nella zona in questione prevalgono dossi morfologicamente più articolati corrispondenti a rocce essenzialmente lapidee (calcari, calcari-marnosi).

Lungo la direttrice che parte dal pozzetto di adduzione sito in corrispondenza dell'intersezione stradale della Strada Provinciale che va da Dragoni a Maiorano di Monte con la strada comunale esistente Sambuco – Casino è presente un settore intermedio interessato da un imponente faglia che parte dalla rotabile in cresta sinistra e si sviluppa lungo un impluvio a nord delle masserie.

Pertanto il tracciato più sicuro è senza dubbio quello che dalla sorgente risale lungo la rotabile, seguendola pedissequamente.

L'ubicazione del serbatoio a ridosso della rotabile in sponda sinistra, nel tratto ad est delle masserie, dà sufficienti garanzie vuoi per la natura dei terreni vuoi per la minore pendenza relativa del versante.

-----

Dall'analisi del foglio n. 172 della **Carta di Italia** sono stati ricavati i seguenti dati topografici:

### **SORGENTE:**

La sorgente, ubicata in corrispondenza del pozzetto posto all'incrocio tra la S.P. Dragoni Liberi e la Strada Comunale Sambuco Casino è situata ad una quota di circa 444 m s.l.m., in direzione N-S rispetto alle masserie rurali da servire ubicate lungo la strada Sambuco Casino, e ad una distanza in linea retta di circa 1.463 km.

L'acquedotto da realizzare ha lo scopo di convogliare l'acqua dalla sorgente ad un serbatoio la cui quota  $Y_S$  è stata scelta tenendo conto della quota topografica più alta tra le masserie  $Y_G$ , delle perdite di carico nella condotta di avvicinamento e nelle adduttrici di distribuzione interna  $P_C$ , e considerando un sufficiente carico statico sul rubinetto più alto  $C_S$

$$Y_S = Y_G + P_C + Y_F + C_S$$

Nel caso specifico si è posto:

$$Y_G = 440 \text{ m}$$

$$P_C + Y_F + C_S = 35 \text{ m}$$

da cui risulta che la quota di progetto del serbatoio è da porsi in  $Y_S = 475 \text{ m s l m}$ .

Si è deciso di ubicare il serbatoio a est della strada Sambuco Casino: tale scelta è confermata dalla relazione geologica allegata che ci assicura una buona qualità dei terreni in sito, dalla presenza della quota di progetto (per cui non è necessario realizzare un serbatoio pensile), dal fatto che tale posto è poco distante dalle masserie, e infine dalla presenza della strada stessa Sambuco - Casino di nuova realizzazione, che faciliterà l'accesso al luogo in fase di costruzione e di gestione dell'opera.

L'esistenza di una strada che per la maggior parte del suo sviluppo interessa la zona in cui deve essere realizzata l'opera, ci permette di sfruttare le eventuali fasce di esproprio, per non arrecare ulteriori danni ai suoli di destinazione prevalentemente agricola, e d'altro canto si ha anche il notevole vantaggio di una rapidità di accesso all'opera in fase di costruzione, e a tutte le opere d'arte presenti lungo il tracciato (come pozzetti di scarico e di sfiato) durante l'esercizio.

Lungo il tracciato non ci sono attraversamenti stradali essendo il tracciato addossato ad una strada già esistente.

I dati relativi all'approvvigionamento idrico sono stati desunti dal **P.R.G.A.** (D.M. 16 marzo 1967, G.U. n. 148 del 15 giugno 1967) che per il comune di DRAGONI (CE) riporta i seguenti dati:

Comune	Abitanti al 1961	Abitanti prevedibili al 2015		Fabbisogno idrico al 2015 (l/s)
		Residenti	Fluttuanti	
DRAGONI	2638	3500	0	6.35

Per meglio garantire il servizio all'interno dell'abitato rurale, considerato anche che le stime fatte nel 1967 sono in larga massima a tutt'oggi superate, si fissa portata di 10.0 l/s .

Pertanto si otterrà una dotazione idrica procapite pari a:

$$d = (\text{Fabb. Idr.} \times 86400) / \text{Nab}(2015) = 250 \text{ l/ab g.}$$

Il fabbisogno idrico per il nostro centro rurale risulterà pertanto pari a:

$$Q_m = (d \times \text{Nab}) / 86400 = (250 \times 200) / 86400 = 0.6 \text{ l/s}$$

ed una portata di punta, a cui proporzionare le tubazioni pari a:

$$Q_p = C_p \times Q_m = 6 \times 0.6 = 3.6 \text{ l/s}$$

da distribuire uniformemente lungo tutto il percorso.

La portata equivalente sarà pari a:

$$Q_{eq} = Q_{fin} + 0.56 Q_p = 3 \text{ l/s}$$

avendo ipotizzato un allaccio di estremità con portata di punta erogata pari a circa  $Q_{fin} = 1 \text{ l/s}$ .

Per la valutazione del diametro della tubazione si farà ricorso a tubazioni in PEAD (PN10) con giunzioni a bicchiere di tipo rapido.

Dai calcoli idraulici effettuati a mezzo della formula di Gaukler Strickler risulta quanto segue:

$$Q_{eq} = 3 \text{ l/s}$$

$$D_{int} = 90 \text{ mm}$$

$$V = 0.5 \text{ m/s}$$

$$\Delta h_n \text{ (perdite di carico a tubi nuovi)} = 7.3 \text{ m}$$

$$\Delta h_u \text{ (perdite di carico a tubi usati)} = 12.4 \text{ m}$$

Quindi con la scelta del diametro del 110 (PN10,  $D_{int}=90 \text{ mm}$ ) garantiamo un buon servizio a tutte le ore del giorno con dei carichi massimi in rete che non superano le 5 atmosfere. Per quel che concerne le verifiche dello spessore del diametro della condotta possiamo dire che esse vengono largamente soddisfatte sia alla massima pressione interna che alla massima depressione interna.

## 02 - OPERE D'ARTE:

### POZZETTI DI SFIATO E DI SCARICO

Sono realizzati in cemento armato con fondo in calcestruzzo magro, rivestiti internamente con intonaco impermeabile. La copertura, in cemento armato, è dotata di una botola di accesso in ghisa e per la discesa nel pozzetto si può disporre di una scala ad arpioni.

Le dimensioni planimetriche sono state fissate in funzione delle apparecchiature ospitate, tenendo anche conto degli spazi per le operazioni di montaggio, smontaggio e manutenzione; si prevedono inoltre sellette di appoggio per gli apparecchi e i pezzi speciali.

Il passaggio delle tubazioni attraverso le pareti si realizza immergendo uno spessore di tubo (con flangia verso l'interno) e sigillando con cemento plastico; la distanza tra flangia e parete deve consentire un' agevole smontaggio.

Il pozzetto di scarico sarà posizionato nei punti bassi della condotta, in quanto vengono adoperati per lo svuotamento di tratti limitati della condotta, in modo da effettuare rapidamente una qualsiasi operazione di manutenzione. Sarà munito di tre saracinesche per intervenire sia nella condotta di valle che su quella di monte; sarà inoltre munita di una chiusura con annesso tubo di scarico che provvederà al definitivo allontanamento delle acque.

Il pozzetto di sfiato sarà situato nei punti alti della condotta (cuspidi), in quanto il loro scopo è quello di eliminare l'aria che potrebbe formarsi, dando così luogo ad un deflusso irregolare dell'acqua. Il dispositivo che elimina tale aria è una valvola di sfiato automatica contenuta in un pozzetto di dimensioni tali da eseguire comodamente ispezioni e manutenzioni.

## SERBATOIO:

La funzione del serbatoio è triplice :

- stabilire il **piano dei carichi iniziali** della distribuzione interna.
- effettuare un **compenso** giornaliero fra le portate di massimo e minimo consumo
- assicurare un volume di **riserva**, tendente ad avere in ogni evenienza una disponibilità di acqua in vicinanza del centro abitato

in merito al primo punto non è necessario soffermarsi, dato che esso è stato analizzato all'inizio della relazione.

Per svolgere la **funzione di compenso** il serbatoio deve accumulare nelle ore di minimo consumo le acque in eccesso, che saranno restituite all'utenza durante le ore di consumo superiore alla media, in modo da fronteggiare le richieste di punta. Alla funzione di compenso si assegnerà un volume  $V_C$  commisurato a  $\cong 1/3$  della portata media giornaliera.

La **funzione di riserva** ha lo scopo di assicurare una risorsa idrica, sia pur modesta, durante i periodi in cui si interrompe il funzionamento della condotta di adduzione esterna a causa di guasti o per manutenzione. Ipotizzando condizioni medie ordinarie, si assegnerà un volume di riserva  $V_R$  commisurato alla portata media giornaliera.

Si assegnerà allora un volume di riserva pari a :

$$V_R = Q_m \cdot 3600 \cdot 24$$

che fornisce  $V_R = 52 \text{ m}^3$

e un volume di compenso pari a :

$$V_C = V_R \cdot 0.35$$

che fornisce  $V_C = 19 \text{ m}^3$

Il volume da assegnare al serbatoio sarà allora dato da

$$V = V_R + V_C = 71 \text{ m}^3$$

Realizzeremo un serbatoio seminterrato in C.A., costituito da una singola vasca.

La prima dimensione da assegnare è l'altezza: essa non deve essere troppo piccola per non avere delle dimensioni in pianta troppo grandi, che comporterebbero tra l'altro problemi di isolamento termico, ma non deve essere neanche troppo grande, dato che, essendo il livello del serbatoio variabile, si avrebbero forti oscillazioni del carico iniziale.

Si è deciso di assegnare un tirante idrico di 4.50 m, con un franco di sicurezza di 1.00 m.

Dividendo il volume per il tirante idrico si otterrà, al netto delle murature esterne, la superficie in pianta del serbatoio, che risulta essere di  $16 \text{ m}^2$ .

Lo sviluppo in pianta del serbatoio al netto delle murature presenta una sezione quadrata di  $4 \text{ m} \times 4 \text{ m}$ .

E' necessario che tutta l'opera realizzata sia ricoperta con uno strato di terreno di spessore da noi fissato in 40.00 cm, per tenerla al riparo dalle escursioni termiche esterne; si provvederà poi a seminare a prato la superficie con erbe di apparato radicale poco profondo. Di grande rilievo è il problema delle infiltrazioni di acqua all'interno del serbatoio: si realizzerà allo scopo un massetto delle pendenze, completo di guaina impermeabilizzante per il solaio di copertura, e un apposito scavo drenante per le pareti laterali.

Sempre a difesa dell'opera da eventuali inquinamenti, si dovrà provvedere alla realizzazione di una zona di protezione, opportunamente sistemata, che renda poco visibile l'opera dall'esterno, e difficile l'accesso agli estranei.

L'impermeabilizzazione delle vasche sarà assicurata da un intonaco di cemento a più strati, di cui l'ultimo costituito da solo cemento additivato a sostanze impermeabilizzanti. Sarà comunque necessaria una prova di tenuta, che si effettuerà riempiendo il serbatoio fino al livello di sfioro e misurando, dopo 15-30 gg. l'eventuale diminuzione di livello, che non devono essere superiori a 2-3  $\text{l/m}^2$  per giorno. La prova andrà ripetuta con le medesime modalità dopo sei mesi.

### 03 - RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

Effettueremo per il serbatoio il dimensionamento dei seguenti elementi:

- solaio
- pareti longitudinali

Considereremo nei nostri calcoli acciaio Fe<sub>b</sub> 38 k, che presenta una tensione ammissibile a trazione pari a  $\sigma_{f amm} = 2200 \text{ kgcm}^{-2}$ , e calcestruzzo con resistenza caratteristica pari a  $R_{ck} = 250 \text{ kgcm}^{-2}$  e massima tensione ammissibile a compressione pari a  $85 \text{ kgcm}^{-2}$

#### SOLAIO

Si realizzerà un solaio a soletta piena gettato in opera di altezza 30 cm.

Lo schema di calcolo che si adotterà è quello di trave continua su più appoggi, con quattro campate, e ad interasse costante di 4.00 m.

Analizzeremo una striscia di solaio di 1 m.

#### ANALISI DEI CARICHI

Oltre agli usuali carichi permanenti, considereremo come sovraccarichi il peso del terreno di ricoprimento e il carico neve.

• peso soletta	$0.3 \cdot 1.0 \cdot 2500 =$	750 kg/m
• massetto, intonaco e impermeabilizzazione	$=$	60 kg/m
<b>peso proprio solaio</b>		<b>810 kg/m</b>
• terreno di ricoprimento	$0.40 \cdot 1.0 \cdot 1800 =$	720 kg/m
• carico neve	$1.0 \cdot 80 =$	80 kg/m
<b>sovraccarico</b>		<b>800 kg/m</b>

#### CALCOLO DELLE MASSIME SOLLECITAZIONI

Adottando il principio delle linee di influenza, dovremo combinare il peso proprio e il sovraccarico, in modo da avere le massime sollecitazioni in campata e sugli appoggi. Si studieranno allora 5 schemi di calcolo, per ognuno dei quali si conoscono, tramite l'applicazione all'elaboratore del metodo di Cross, i diagrammi delle sollecitazioni di taglio e momento flettente.

#### CALCOLO DELLE ARMATURE

In base ai valori massimi dei momenti flettenti, calcoliamo le armature necessarie per il singolo travetto, tramite la relazione approssimata:

$$A_F = |M| / 0.9 \cdot h \cdot \sigma_{Famm}$$

tenendo conto della simmetria delle sollecitazioni, si ha :

appoggio A	4 $\square \square 16$
appoggio B	4 $\square \square \square \square$
campata AB	3 $\square \square 16$

## CALCOLO DEI MOMENTI RESISTENTI

appoggio A e B :

$$A_f = 8.04 \text{ cm}^2 \\ x_c = 7.10 \text{ cm}$$

$$M_{RC} = 15470 \text{ kgm} \quad M_{RF} = 5358 \text{ kgm}$$

campata AB

$$A_f = 6.03 \text{ cm}^2 \\ x_c = 6.27 \text{ cm}$$

$$M_{RC} = 13808 \text{ kgm} \quad M_{RF} = 4062 \text{ kgm}$$

## VERIFICA A FESSURAZIONE

Effettueremo la verifica nella sezione soggetta al massimo momento flettente, che corrisponde agli appoggi A e B, nello schema di calcolo

$$M_{MAX} = 4457 \text{ kgm}$$

$$A_f = 7.09 \text{ cm}^2 \quad A'_f = 4.02 \text{ cm}^2$$

$$B = 100 \text{ cm}$$

$$H = 30 \text{ cm} \quad \square\square\square\square\square\text{ cm}$$

determiniamo la posizione dell'asse neutro attraverso la risoluzione dell'equazione :

$$\frac{bx_c^2}{2} + nA'_f(x_c - \delta) - nA_f(h - x_c) - n'b \frac{(H - x_c)^2}{2} = 0$$

che porge  $x_c = 12.87 \text{ cm}$

il momento di inerzia della sezione rispetto all'asse neutro vale :

$$I_n = 219938.2 \text{ cm}^4$$

e il modulo di resistenza

$$W_i = I_n / (H - x_c) = 12841.85 \text{ cm}^3$$

mentre la tensione caratteristica a trazione

$$\sigma_{ckt} = 1.2 \cdot 0.7 \cdot 0.58 \cdot R_{ck}^{2/3} = 19.33 \text{ kgcm}^{-2}$$

Possiamo calcolare a tal punto il momento di prima fessurazione

$$M_{fess} = \sigma_{ckt} \cdot W_i / n'$$

avendo posto  $n' = E_{CC} / E_{CT} = 0.5$

Si ha :

$$M_{fess} = 4964.66 \text{ kgm}$$

Poichè si ha che :

$$M_{MAX} < M_{fess}$$

la verifica è soddisfatta .

## VERIFICA A PRESSOFLESSIONE E A TENSOFFLESSIONE

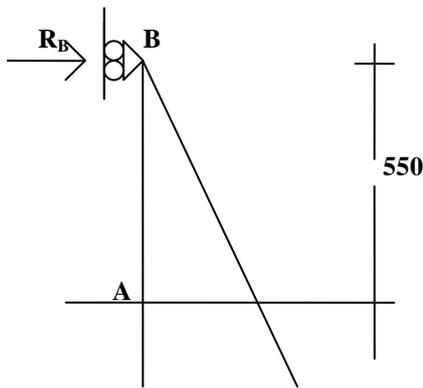
Le vasca del serbatoio pieno, per cui è soggetta alla spinta dell'acqua; inoltre quando il serbatoio è vuoto, si dovrà considerare la spinta del solo terreno; tale spinta è proporzionale al coefficiente di spinta attiva  $k_a$ . Nel nostro caso essendo la parete bloccata in testa ed essendo presente un drenaggio nel terreno potremmo assumere  $k_a=k_0=0.5 \div 0.6$  e per il terreno un  $\gamma \cong 1.6$  t/mc per cui opereremo a vantaggio di sicurezza considerando la spinta del terreno pari a quella idrostatica.

Queste spinte vengono trasmesse dalle pareti al solaio di copertura, che quindi sarà soggetto a tensoflessione o pressoflessione.

Effettueremo quattro tipi di verifica : a pressoflessione con il massimo momento positivo e con il massimo negativo e a tensoflessione con le analoghe caratteristiche flettenti

### I) VERIFICA A PRESSOFLESSIONE CON MAX MOMENTO POSITIVO

Calcoliamo lo sforzo normale che grava sulla striscia di 1 m di solettone trasmessogli dalla parete lunga per effetto del carico idrostatico:



$$p = \gamma \cdot H = 1000 \cdot 5.5 = 5500 \text{ kgm}^{-2}$$

$$R_B = (p \cdot H^2/6)/H = 5042 \text{ kg/m}$$

$$M_{\max} = 3700 \text{ kgm}$$

$$N = 5042 \text{ kg}$$

$$M = 3730 \text{ kgm}$$

$$A_f = 6.03 \text{ cm}^2$$

$$A_f' = 2.01 \text{ cm}^2$$

Calcoliamo l'eccentricità :

$$e = M/N = 0.734 \text{ m}$$

il momento statico rispetto all'asse x varrà :

$$S_x = 100 \cdot 30 \cdot 15 + 15 \cdot 2.01 \cdot 3 + 15 \cdot 6.03 \cdot 27 = 47532.6 \text{ cm}^3$$

l'area della sezione vale :

$$A = 100 \cdot 30 + 15 \cdot 2.01 + 15 \cdot 6.03 = 3120.6 \text{ cm}^2$$

Possiamo a tal punto calcolare la posizione del baricentro :

$$y_G = S_x/A = 15.23 \text{ cm}$$

Ricerchiamo ora la posizione dell'asse neutro attraverso la relazione

$$I_n/S_n = x_C + c$$

$$\text{avendo posto } c = e - y_G = 73.4 - 15.23 = 58.17 \text{ cm}$$

$$I_n = 100x_c^3/3 + 15 \cdot 2.01 \cdot (x_c - 3)^2 + 15 \cdot 6.03(27 - x_c)^2$$

$$S_n = 100x_c^2/2 + 15 \cdot 2.01 \cdot (x_c - 3) - 15 \cdot 6.03 \cdot (27 - x_c)$$

l'equazione che ci fornisce la posizione dell'asse neutro è :

$$-16.66x_c^3 - 2908.5x_c^2 - 9547.9x_c + 213528.8 = 0$$

che porge  $x_c = 6.97$  cm

da cui  $S_n = 737.027$  cm<sup>3</sup>

la massima tensione di compressione nel calcestruzzo vale :

$$\sigma_c = N \cdot x_c / S_n = 47.68 \text{ kgcm}^{-2}$$

poiche si ha che  $\sigma_c < \sigma_{c \text{ amm}}$ , la verifica per il calcestruzzo è soddisfatta

la massima tensione di trazione nell'acciaio vale :

$$\sigma_f = n \cdot \sigma_c \cdot (h - x_c) / x_c = 2055 \text{ kgcm}^{-2}$$

e poichè  $\sigma_f < \sigma_{f \text{ amm}}$ , anche tale verifica è soddisfatta.

## II) VERIFICA A PRESSOFLESSIONE CON MAX MOMENTO NEGATIVO

$$N = 5042 \text{ kg}$$

$$M = -4457 \text{ kgm}$$

$$A_f = 8.04 \text{ cm}^2 \quad A_f' = 4.02 \text{ cm}$$

il momento statico rispetto all'asse x varrà :

$$S_x = 100 \cdot (30)^2/2 + 15 \cdot 4.02 \cdot 3 - 15 \cdot 8.04 \cdot 27 = 41924.7 \text{ cm}^3$$

l'area della sezione vale :

$$A = 100 \cdot 30 + 15 \cdot (8.04 + 4.02) = 3180.9 \text{ cm}^2$$

Possiamo a tal punto calcolare la posizione del baricentro :

$$y_G = S_x / A = 13.18 \text{ cm}$$

Ricerchiamo ora la posizione dell'asse neutro attraverso la relazione

$$I_n / S_n = x_c + c$$

avendo posto  $c = e - y_G = 88.4 - 13.18 = 75.22$  cm

$$I_n = 100x_c^3/3 + 15 \cdot 4.02(x_c - 3)^2 + 15 \cdot 8.04(27 - x_c)^2 = 33.33x_c^3 + 180.9x_c^2 - 6134.4x_c + 88460.1$$

$$S_n = 100x_c^2/2 + 15 \cdot 4.02 \cdot (x_c - 3) - 15 \cdot 8.04 \cdot (27 - x_c) = 50x_c^2 + 180.9x_c - 3437.1$$

l'equazione che ci fornisce la posizione dell'asse neutro è :

$$-16.66x_c^3 - 3761x_c^2 - 16304.6x_c + 346998.76 = 0$$

che porge  $x_c = 7.57$  cm

da cui  $S_n = 797.56$  cm<sup>3</sup>

la massima tensione di compressione nel calcestruzzo vale :

$$\sigma_c = N \cdot x_c / S_n = 47.85 \text{ kgcm}^{-2}$$

poiche si ha che  $\sigma_c < \sigma_{c \text{ amm}}$  , la verifica per il calcestruzzo è soddisfatta

la massima tensione di trazione nell'acciaio vale :

$$\sigma_f = n \cdot \sigma_c \cdot (h - x_c) / x_c = 1842 \text{ kgcm}^{-2}$$

e poichè  $\sigma_f < \sigma_{f \text{ amm}}$  , anche tale verifica è soddisfatta.

### III) VERIFICA A TENSOFFLESSIONE CON MAX MOMENTO POSITIVO

$$N = -5042 \text{ kg}$$

$$M = 3730 \text{ kgm}$$

$$A_f = 6.03 \text{ cm}^2$$

$$A_f' = 2.01 \text{ cm}^2$$

Dalla verifica I) possiamo desumere:

$$e = 0.734 \text{ m}$$

$$S_x = 47532.6 \text{ cm}^3$$

$$A = 3120.6 \text{ cm}^2$$

$$y_G = 15.23 \text{ cm}$$

Ricerchiamo ora la posizione dell'asse neutro attraverso la relazione

$$I_n / S_n = c - x_c$$

avendo posto  $c = e + y_G = 88.63 \text{ cm}$

$$I_n = 100x_c^3/3 + 15 \cdot 2.01 \cdot (x_c - 3)^2 + 15 \cdot 6.03(27 - x_c)^2$$

$$S_n = 100x_c^2/2 + 15 \cdot 2.01 \cdot (x_c - 3) - 15 \cdot 6.03 \cdot (27 - x_c)$$

Si ricava  $x_c = 6.95 \text{ cm}$

da cui  $S_n = 720.695 \text{ cm}^3$

la massima tensione di compressione nel calcestruzzo vale :

$$\sigma_c = N \cdot x_c / S_n = 48.62 \text{ kgcm}^{-2}$$

poiche si ha che  $\sigma_c < \sigma_{c \text{ amm}}$  , la verifica per il calcestruzzo è soddisfatta

la massima tensione di trazione nell'acciaio vale :

$$\sigma_f = n \cdot \sigma_c \cdot (h - x_c) / x_c = 2104 \text{ kgcm}^{-2}$$

e poichè  $\sigma_f < \sigma_{f \text{ amm}}$  , anche tale verifica è soddisfatta.

### IV) VERIFICA A TENSOFFLESSIONE CON MAX MOMENTO NEGATIVO

$$N = -5042 \text{ kg}$$

$$M = -4457 \text{ kgm}$$

$$A_f = 8.04 \text{ cm}^2$$

$$A_f' = 4.02 \text{ cm}^2$$

Dalla verifica II) possiamo desumere:

$$S_x = 41924.7 \text{ cm}^3$$

$$A = 3180.9 \text{ cm}^2$$

$$y_G = 13.18 \text{ cm}$$

Ricerchiamo ora la posizione dell'asse neutro attraverso la relazione

$$I_n/S_n = c - x_c$$

avendo posto  $c = e + y_G = 88.4 + 13.18 = 101.58 \text{ cm}$

$$I_n = 33.33x_c^3 + 180.9x_c^2 - 6134.4x_c + 88460.1$$

$$S_n = 50x_c^2 + 180.9x_c - 3437.1$$

Si ottiene:

$$x_c = 7.47 \text{ cm}$$

la massima tensione di compressione nel calcestruzzo vale :

$$\sigma_c = N \cdot x_c / S_n = 5042 \cdot 7.47 / 704.268 = 53.48 \text{ kgcm}^{-2}$$

poichè si ha che  $\sigma_c < \sigma_{c \text{ amm}}$ , la verifica per il calcestruzzo è soddisfatta

la massima tensione di trazione nell'acciaio vale :

$$\sigma_f = n \cdot \sigma_c \cdot (h - x_c) / x_c = 2097 \text{ kgcm}^{-2}$$

e poichè  $\sigma_f < \sigma_{f \text{ amm}}$ , anche tale verifica è soddisfatta.

## 04 - PARETI LONGITUDINALI DI BORDO

### PARETE LATERALE

L'elemento strutturale in esame ha un comportamento a piastra essendo

il rapporto  $H/B \cong 1 < 1.5$ . Essa è soggetta ad uno sforzo normale  $N$  che per difficoltà di calcolo omettiamo (a vantaggio di sicurezza in quanto tenderebbe a chiudere eventuali fessure provocate dall'inflexione) e ad un carico idrostatico che supponiamo esteso fino in sommità.

Dalle figure si vede che la striscia media in direzione  $x$  sopporta l'aliquota  $p_0$  del carico triangolare e quindi l'area di sinistra.

La parte esterna del carico triangolare è assorbita dalla striscia diretta lungo  $y$ .

Eguagliando gli spostamenti:

$$\frac{1}{384} p_0 \frac{l_x^4}{EI} = \frac{5}{3840} \frac{pl_y^4}{EI} - \frac{7}{3840} \frac{pl_y^4}{EI}$$

$$\alpha = \frac{l_y}{l_x}$$

$$p_0 \alpha^4 = 0.5 p_0 - 0.7 p \Rightarrow p_0 = \frac{0.5 p}{0.7 + \alpha^4}$$

$$(M_x)_0 = \frac{1}{12} p_0 l_x^2$$

$$(M_y)_0 = \frac{1}{12} p_0 l_y^2 + \frac{5}{96} p_0 l_y^2$$

$$(M_x)_{\max} = \frac{1}{24} p_0 l_x^2$$

$$(M_y)_{\max} = \frac{1}{46.6} p_0 l_y^2 - \frac{3}{100} p_0 l_y^2$$

Noto il valore di  $\alpha$  ( $\approx 0.88$ ) si possono ricavare dalle tabelle redatte dal professore Nicolosi, i momenti.

Si considera la piastra uniformemente incastrata essendo il solaio molto spesso per contenere l'eventuale rinterro.

$$\alpha = 0.88 \quad p_0 = 0.450p$$

$$(M_x)_0 = 0.0376 p l_x^2$$

$$(M_y)_0 = -0.0265 p l_y^2$$

$$(M_x)_{\max} = 0.0188 p l_x^2$$

$$(M_y)_{\max} = 0.00079 p l_y^2$$

$$l_x = 5.10 \text{ m} \quad l_y = 6.50 \text{ m} \quad p = \gamma H = 6500$$

da cui:

$$(M_x)_0 = -635684 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$(M_x)_{\max} = 317842 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$(M_y)_0 = -727700 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$(M_y)_{\max} = 216954 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

$$A_f = \frac{M}{0.9 h \sigma_{fam}}$$

$$\sigma_{fam} = 2200 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$$A_{fx} = \frac{635684}{0.9 \cdot 35 \cdot 2200} = 9.17 \text{ cm}^2 / \text{ml} \Rightarrow$$

$$A_{fy} = \frac{727700}{0.9 \cdot 35 \cdot 2200} = 10.03 \text{ cm}^2 / \text{ml} \Rightarrow$$

per cui adotteremo un'armatura simmetrica costituita da  $5\Phi 16/\text{ml}$ .

Anche in tal caso disporremo un'armatura simmetrica pari a  $5\Phi 16/\text{ml}$ .

## VERIFICA A FESSURAZIONE

$$M_{\max} = -727700 \text{ kg}\cdot\text{cm} \quad B = 100 \text{ cm} \quad H = 40 \text{ cm}$$

$$A_f = 10.05 \cong 10 \text{ cm}^2 \quad n' = 0.5 \quad n = 15$$

$$S_n = \frac{Bx_c^2}{2} + nA'_f(x_c - \delta) - nA_f(h - x_c) - n'B \frac{(H - x_c)^2}{2} = 0$$

$$\frac{100x_c^2}{2} + 15 \cdot 100(x_c - 5) - 15 \cdot 10(35 - x_c) - 0.5 \cdot 100 \frac{(40 - x_c)^2}{2} = 0$$

$$x_c = 16.90 \text{ cm} \Rightarrow I_n = 641980 \text{ cm}^4$$

$$\sigma = \frac{M}{I_n} x_c \quad \frac{\sigma_{ct}}{n'(H - x)} = \frac{\sigma_c}{x} \quad M_{fess} = \frac{I_n}{n'(H - x)} \sigma_{ct}$$

$$\sigma_{ct} = n'(H - x) \frac{M_{fess}}{I_n} \Rightarrow \sigma_{ct} = 1.2 \cdot 0.7 \cdot 0.58 \cdot R_{ck}^{2/3} = 24.2 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

$M_{fess}/M = 1067761/727700 = 1.46 > 1.3 \Rightarrow$  la verifica è soddisfatta.

$$M_{fess} = 1067761 \text{ kg} \cdot \text{cm}$$

## VERIFICA A TAGLIO

$$T_{\max} = \frac{M}{L} + \frac{7}{20} \cdot 6500 \cdot 6.5 = 15907 \text{ kg}$$

La max tensione tangenziale vale:

$$\tau_{\max} = \frac{T_{\max}}{0.9bh} = \frac{15907}{0.9 \cdot 100 \cdot 35} = 5.04 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

E la tensione tangenziale limite è data da:

$$\tau_{co} = 4 + \frac{(R_{ck} - 150)}{75} = 6.67 \text{ kg} / \text{cm}^2$$

Poiché si ha  $\tau < \tau_{co}$ , la verifica è soddisfatta.

Disporremo un'armatura a taglio pari al minimo di normativa, cioè 1Φ8/15cm.

## 05 - MISURATORI DI PORTATA

Nell'impiegare uno strumento di misura delle portate, dovrà porsi particolare attenzione al rispetto dei limiti di accettabilità imposti dalla normativa UNI 10023/11 1979 : essi garantiscono, infatti, l'attendibilità delle letture effettuate. Se non sono rispettati tali limiti, si dovrà operare una ritaratura dello strumento, oppure si dovrà impiegare un diverso sistema di misurazione.

Si adotterà come misuratore di portata un diaframma il cui impiego è garantito dalle specifiche su richiamate.

### SCARICO DI FONDO

La portata effluente da un tubo a sezione  $\square\square$  al tempo  $t$  è data da:

$$Q(t) = \square\square \cdot [2gh(t)]^{0.5}$$

integrando sul tempo, si perviene all'espressione del tempo di svuotamento  $T$ :

$$T = 2Sh/\square\square(2gh)^{0.5}$$

imponendo un diametro, ci determineremo il tempo di svuotamento, e la verifica sarà soddisfatta se tale tempo non è superiore alle  $3^h-4^h$ .

I dati di progetto sono:

$$S = 16 \text{ m}^2$$

$$h = 4.5 \text{ m}$$

$$\square = 0.6$$

Sia  $D = 100 \text{ mm}$ , per cui  $\square = 0.0314$ ; si ricava un tempo di svuotamento che vale:

$$T = 3300 \text{ s} = 0.9^h$$

adotteremo allora scarichi di fondo  $\square 100$

### SCARICO DI SUPERFICIE

Lo sfioro consiste in una soglia sfiorante forgiata ad imbuto e raccordata ad una tubazione di scarico.

Tale sfioro si considera come una luce a stramazzo che deve smaltire una portata  $Q$ , con un carico sulla luce di  $h$ .

Vale la relazione:

$$Q = \square \cdot l \cdot h \cdot (2gh)^{0.5}$$

dove poniamo  $\square = 0.4$ ,  $h = 0.03 \text{ m}$ .

A questo punto si determina  $l$ :

$$l = Q/(\square \cdot h \cdot (2gh)^{0.5}) = 0.07 \text{ m}$$

Essendo la luce rettangolare, abbiamo che  $l = 10 \text{ cm}$ .

### CANALETTA DI RACCOLTA

Ipotizzando il contemporaneo scarico delle vasche, si ha che la portata a cui dimensionare la canaletta è

$$Q(t) = \mu\sigma[2gh(t)]^{1/2}$$

La massima portata si ha all'istante  $t=0$  in cui  $h=4.5\text{m}$ , quindi :

$$Q = 0.044 \text{ m}^3/\text{s}$$

Assegniamo la larghezza  $b = 30 \text{ cm}$ , e la pendenza  $i = 0.01$ .

La portata defluente attraverso la sezione sarà:

$$Q = k \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2}$$

Dove:

$$A = b \cdot h, R = bh/(b+2h) \text{ e } k = 70$$

si ottiene una equazione in h che ridotta porta a:

$$70 \cdot 0.5h[(0.5+2h)]^{2/3} \cdot 0.01^{1/2} = 0.044$$

che fornisce **h = 12.5 cm**. Si decide di assumere **h = 20 cm**.

---

## 06 - QUADRO ECONOMICO DI SPESA

Scavi, demolizioni, rinterrati e trasporti:	35.000 euro
Opere in cls	40.000 euro
Tubazioni	60.000 euro
Finiture	<u>45.000 euro</u>
<b>TOTALE</b>	<b>180.000 euro</b>

---

### Nota sul Copyright.

Se il documento, di cui sopra, viola copyright o diritti di proprietà, segnalatelo immediatamente alla e-mail del sito o telefonando, specificando la causa e provando la violazione.

Il file sarà tempestivamente eliminato dal database.

Grazie.

Tutti i diritti appartengono ai legittimi proprietari dei marchi e della paternità intellettuale.

Non ci si assume nessuna responsabilità per i contenuti scaricati dal sito o distribuiti in altri modi.

Tutti i materiali consultabili sono stati reperiti liberamente in internet oppure ne è stata concessa la libera distribuzione.

-----

All rights reserved by original trade mark or intellectual owners.

All files have been found in the web for free or are shared freely by the owner.

No liability is taken for the contents/use of downloaded files, all is distributed "as is".

Scaricato da internet