

## **PLINTO DI FONDAZIONE**

Programma

## **PLIN**

per personal computer

Manuale introduttivo  
(Aprile 2016)

**Sono vietate le riproduzioni non autorizzate**

**Le eventuali riproduzioni di tutto o parte del presente documento dovranno riportare ben evidenziato l'autore di seguito riportato.**

## PRESENTAZIONE

Il programma PLIN esegue:

- il calcolo delle sollecitazioni;
- la verifica (MTA e/o SLU);
- progetta le armature;
- fornisce il disegno della carpenteria e delle armature;
- fornisce il computo metrico;

per i plinti di fondazione a base rettangolare.

L'AUTORE DEL PROGRAMMA  
ing. Tiziano Gaddi

GADDI software  
via Era 15  
23826 Mandello del Lario (LC)  
ITALY

e-mail **gaddissoftware@tin.it**

## CARATTERISTICHE DEL PROGRAMMA E AVVERTIMENTI PER L'USO

Il programma non è garantito dagli autori ne loro rappresentanti. Gli autori non garantiscono che le funzioni contenute nel programma soddisfino le esigenze dell'utente o funzionino in tutte le loro combinazioni. L'utente dovrà inoltre controllare il programma ed ovviare a proprie spese ad eventuali errori o malfunzionamenti.

Il programma può funzionare solo con l'ausilio del supporto su cui viene fornito.

La perdita o l'alterazione del programma o di parte di esso, o del supporto, non dà diritto alla loro sostituzione. L'utente è responsabile della buona conservazione del programma e del supporto.

## Capitolo 1

### **INTRODUZIONE ALLA VERSIONE 2.00**

#### **1.1) Premessa**

Questo manuale introduce all'uso di PLIN.

#### **1.2) Aggiornamenti**

Sono riassunti i principali aggiornamenti e revisioni che seguono le versioni di PLIN.

##### **1.2.1) Aggiornamento alla versione 2.00**

Omesso.

#### **1.3) Il menù di PLIN**

I comandi di PLIN sono accessibili attraverso il menù a tendina.

Altri particolari comandi del menù contesto sono accessibili durante l'input nelle finestre di dialogo con il tasto destro del mouse.

##### 1.3.1) Il menu File

##### 1.3.2) Il menu Inserisci

##### 1.3.3) Il menu Analisi

##### **1.3.4) Il menu Unità**

Il menu **Unità** contiene i sottomenu **Stili** e **Unità di Misura**. Gli stili sono le informazioni necessarie per la rappresentazione grafica del disegno del plinto e delle sue armature. Le unità di misura sono le informazioni necessarie per la visualizzazione delle grandezze non adimensionali. Gli stili e le unità di misura sono personalizzabili dall'utente.

###### **1.3.4.1) Il menù Unità\Stili\...**

Il comando di menù **Unità\Stili\Carica Stili...** permette di caricare gli stili da un file nel documento corrente.

Il comando di menù **Unità\Stili\Salva Stili....** permette di registrare gli stili del documento corrente su file (compreso il file AutoLoad...).

Gli stili del documento corrente sono modificabili con i comandi di menu **Disegno\Stili\...** .

Gli stili possono essere modificati, salvati su di un file e richiamati dal file in qualunque momento durante l'elaborazione. I comandi sopra detti permettono all'utente di crearsi uno o più file di stile ed applicarlo al documento in elaborazione a secondo dell'esigenza.

#### 1.3.4.2) Il menù **Unità\ Unità di Misura \...**

Il comando di menù **Unità\Unità di Misura\Carica Unità...** permette di caricare le unità di misura da un file all'interno del documento corrente.

Il comando di menù **Unità\Unità di Misura\Salva Unità...** permette di registrare gli stili del documento corrente su file (compreso il file AutoLoad...).

Le unità di misura del documento corrente sono modificabili con i comandi di menu **Unità\Unità di Misura\...** .

Le unità di misura possono essere modificati, salvati su di un file e richiamati dal file in qualunque momento durante l'elaborazione. I comandi sopra detti permettono all'utente di crearsi uno o più file delle unità di misura ed applicare le unità al documento in elaborazione a secondo dell'esigenza.

#### 1.3.5) Il menu Disegno

#### 1.3.6) Il menu Strumenti

### 1.4) Come comporre una relazione

Visualizzare i dati e/o i risultati con il comando di menu **Analisi\VisualizzaDatiERisultati** (o analoghi per soli dati o i soli risultati), selezionare il testo con il mouse (o analogo) tenendo premuto il tasto di sinistra e trascinando e copiare il testo selezionato nella clip con i tasti **Ctrl+C** (Copia) quindi incollare in un "programma" di testi quale ad esempio **Word** con il comando **Ctrl+V** (Incolla). Per i grafici usare uno strumento di cattura quale ad esempio **Snipping Tool** per selezionare il grafico e incollarlo nel "programma" di testi con il comando **Ctrl+V** o analogo (Incolla).

## Capitolo 2

### IL PROGRAMMA PLIN

#### 2.1) Introduzione

Il programma PLIN permette il progetto, il calcolo, la verifica e il disegno dei plinti di fondazione a base rettangolare, con il metodo delle tensioni ammissibili (MTA) e con il metodo agli stati limite ultimi (SLU).

Con il comando **Inserisci\Opzioni\MetodoDiCalcolo** si sceglie il metodo di calcolo: MTA o SLU.

Con il comando **Inserisci\IMPOSTA CALCOLO PLINTO** si scelgono i criteri di calcolo.

#### 2.2) Descrizione geometria plinto

Assegnato il sistema di riferimento xyz di cui xy nel piano della fondazione e z asse verticale verso l'alto, sono da fornire le grandezze di seguito riportate:

- Ax, dimensione del lato della sezione del pilastro parallelo all'asse x;
- Ay, dimensione del lato della sezione del pilastro parallelo all'asse y;
- Cx, dimensione del lato della fondazione parallelo all'asse x;
- Cy, dimensione del lato della fondazione parallelo all'asse y;
- Dx, dimensione del lato della sottofondazione parallelo all'asse x;
- Dy, dimensione del lato della sottofondazione parallelo all'asse y;
- hf, altezza della fondazione (spessore);
- hsf, altezza della sottofondazione (spessore);
- Fr, franco fondazione, differenza tra la quota del terreno o pavimento e la quota dell'estradosso pozzetto;
- qu, quota estradosso pozzetto (serve solo per il disegno).

#### 2.3) I carichi

Sono considerati:

- a) il peso del plinto, conteggiato tramite il suo peso specifico;
- b) il peso del terreno sovrastante la fondazione del plinto, conteggiato tramite il suo peso specifico;
- c) un carico permanente applicato alla base del pilastro;
- d) sino ad un massimo di 80 condizioni di carico variabile applicati alla base del pilastro;

Le azioni alla base del pilastro sono considerate applicate alla quota dell'estradosso del plinto (filo superiore plinto).

Se i pesi del plinto e del terreno non si vogliono prendere in esame basta assegnare a zero il valore del loro peso specifico: comando **Inserisci\Materiali**.

Ogni carico, permanente o variabile, è composto dalle seguenti forze:

- Nz, azione assiale verticale;
- Tx , azione orizzontale (o taglio) in direzione x;
- Ty , azione orizzontale (o taglio) in direzione y;
- Mx o Myy, momento flettente nel piano xz;
- My o Mxx, momento flettente nel piano yz;

in base alla convenzione per le azioni (carichi) scelta dall'utente.

I carichi possono assegnarsi leggendo i dati da un file di testo con il comando **Inserisci\CarichiDaFile**.

L'esempio sotto riportato illustra il contenuto del file;

```
<>
START_PLIN_LOADS_FILE
<>
DEAD_LOAD_PIL
66000 2000 15d2 40.00 55000
<>
LIVE_LOAD_PIL
1000 2.0000 3.0000 4.00 5d3
6000 7.0000 8.0000 9.0000 10.0000
11000 12.0000 13.0000 14.0000 15.0000
21000 22.0000 23.0000 24.0000 25.0000
26000 27.0000 28.0000 29.0000 33000
<>
END_PLIN_LOADS_FILE
```

dove:

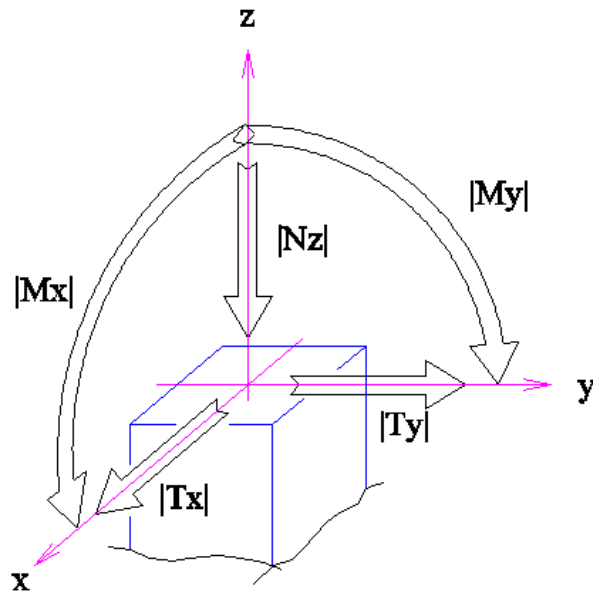
<>	comando di inizio blocco (obbligatorio)
START_PLIN_LOADS_FILE	codice di inizio file (obbligatorio)
END_PLIN_LOADS_FILE	codice di fine file (obbligatorio)
DEAD_LOAD_PIL	codice blocco dati carico permanente pilastro
LIVE_LOAD_PIL	codice blocco dati carichi variabili pilastro

Ogni riga di carico deve contenere i valori per Nz,Tx,Ty,Mx,My e per convenzione vettoriale i valori per Nz,Tx,Ty,Myy,Mxx, con i numeri separati da uno o più spazi.

Se un blocco dati (DEAD\_LOAD\_PIL,LIVE\_LOAD\_PIL) è presente nel file i rispettivi dati rimpiazzano quelli del DataBase, diversamente sono mantenuti quelli del DataBase.

Si suggerisce di tenere come estensione .QFdS per questi tipi di file.

**a) azioni applicate (carichi) considerate senza segno**



Qualunque sia il segno delle azioni (in input) il programma PLIN considera le azioni con il solo valore assoluto, con:

- Nz, verticale verso il basso;
- Tx, azione orizzontale che provoca un incremento del momento Mx sul piano della fondazione;
- Ty, azione orizzontale che provoca un incremento del momento My sul piano della fondazione. coerentemente alla figura soprastante (azioni senza segno).

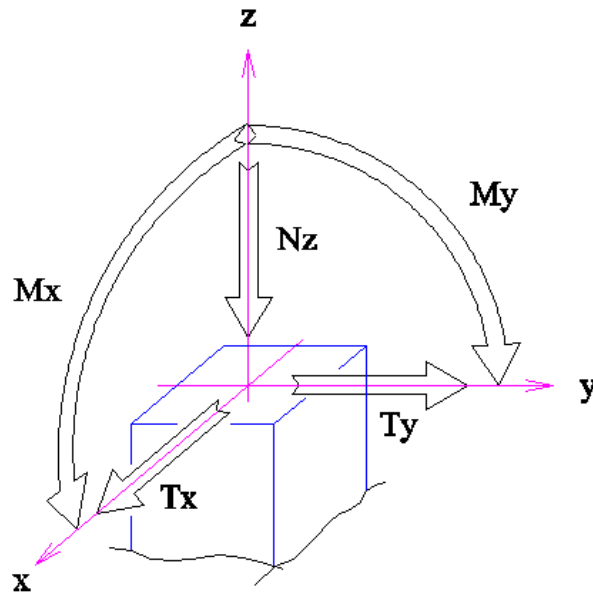
In particolare, alla base della fondazione risulta:

$$M_x(f) = |M_x| + |T_x| \cdot (h_p + h_f); \quad (\text{dove } |M_x| \text{ è il modulo di } M_x, \text{ ecc.})$$

$$M_y(f) = |M_y| + |T_y| \cdot (h_p + h_f).$$



**b) azioni applicate (carichi) considerate con il proprio segno**



In questo caso le convenzioni, coerentemente alla figura soprastante, sono:

- Nz, azione assiale verticale, positiva se diretta verso il basso;
- Tx, azione orizzontale o taglio, positivo se diretto come x;
- Ty, azione orizzontale o taglio, positivo se diretto come y;
- Mx, momento flettente nel piano xz, positivo se ruota da +z a +x;
- My, momento flettente nel piano yz, positivo se ruota da +z a +y;

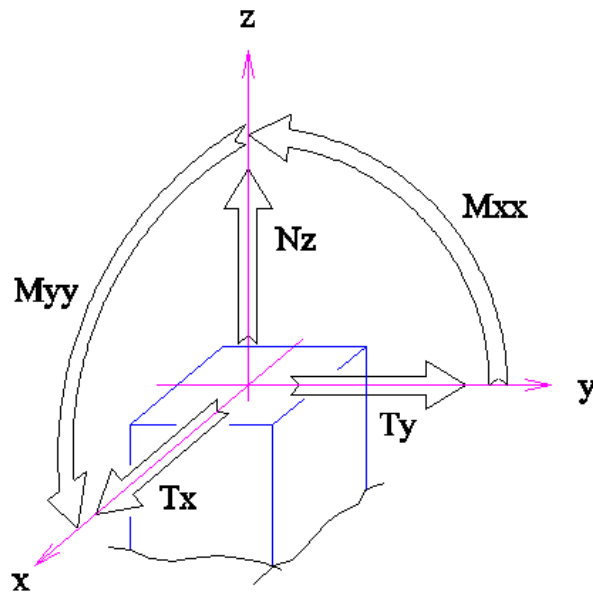
dove il segno delle forze orizzontali Tx e Ty è tale che una azione orizzontale positiva provoca un incremento positivo del momento sul piano di fondazione.

In particolare, alla base della fondazione risulta:

$$M_x(f) = M_x + T_x \cdot (h_p + h_f);$$

$$M_y(f) = M_y + T_y \cdot (h_p + h_f).$$

**c) Convenzione vettoriale per le azioni applicate (carichi)**



In questo caso le convenzioni, coerentemente alla figura soprastante, sono:

- Nz, azione assiale verticale, positiva se diretta verso l'alto (trazione);
- Tx, azione orizzontale o taglio, positivo se diretto come x;
- Ty, azione orizzontale o taglio, positivo se diretto come y;
- Myy, vettore momento diretto come y (momento nel piano xz, positivo se ruota da +z a +x);
- Mxx, vettore momento diretto come x (momento nel piano yz, positivo se ruota da +y a +z);

dove il segno delle forze orizzontali Tx e Ty è tale che un'azione positiva di Tx provoca un incremento del momento Myy e un'azione negativa di Ty provoca un incremento positivo del momento Mxx, sul piano di fondazione.

In particolare, alla base della fondazione risulta:

$$M_{xx}(f) = M_{xx} - T_y \cdot (h_p + h_f);$$

$$M_{yy}(f) = M_{yy} + T_x \cdot (h_p + h_f).$$

### 2.3.1) Carichi per il metodo delle tensioni ammissibili

Nel metodo delle tensioni ammissibili (MTA) ogni combinazione di carico (azione di calcolo) è ottenuta sommando i carichi permanenti (peso plinto, peso terreno, carico su parete pozzetto, carico permanente alla base del pilastro) con ognuno dei carichi variabili.

### 2.3.2) Carichi per il metodo agli stati limite ultimi

Se è abilitato il modo “Azioni non combinate” ogni combinazione di carico (azione di calcolo) è ottenuta sommando i carichi permanenti (peso plinto, peso terreno, carico su parete pozzetto, carico permanente alla base del pilastro) con ognuno dei carichi variabili.

Se è abilitato il modo “Combinazione delle azioni assegnate” ogni combinazione di carico (azione di calcolo) è ottenuta combinando i carichi permanenti (peso plinto, peso terreno, carico permanente alla base del pilastro) con ognuno dei carichi variabili attraverso i coefficienti parziali per le azioni (vedi comando **Inserisci\Coefficienti parziali**); il programma considera le seguenti combinazioni:

- **F+F**:  
coefficienti parziali favorevoli applicati alle azioni permanenti,  
coefficienti parziali favorevoli applicati alle azioni variabili;
- **F+SF**:  
coefficienti parziali favorevoli applicati alle azioni permanenti,  
coefficienti parziali sfavorevoli applicati alle azioni variabili;
- **SF+F**:  
coefficienti parziali sfavorevoli applicati alle azioni permanenti,  
coefficienti parziali favorevoli applicati alle azioni variabili;
- **SF+SF**:  
coefficienti parziali sfavorevoli applicati alle azioni permanenti,  
coefficienti parziali sfavorevoli applicati alle azioni variabili.

## 2.4) Tipo sottofondazione plinto

La sottofondazione del plinto può essere dichiarata non armata o armata. Nel primo caso i calcoli e le verifiche sono condotti trascurando la presenza della sottofondazione. Nel secondo caso si esegue la verifica sia sulla fondazione che sulla sottofondazione e si presuppone che la fondazione e la sottofondazione costituiscano un corpo unico (salvo che nella verifica a punzonamento con il metodo MTA).

## 2.5) Armature del plinto

Il programma prevede otto posizioni di armature disposte nel plinto:

- pos. 1: armature superiori della fondazione, disposte parallelamente all'asse x;
- pos. 2: armature superiori della fondazione, disposte parallelamente all'asse y;
- pos. 3: armature inferiori della fondazione, disposte parallelamente all'asse x;
- pos. 4: armature inferiori della fondazione, disposte parallelamente all'asse y;

- pos. 5: armature di ripresa del pilastro;
- pos. 6: staffe di contenimento delle armature di ripresa del pilastro;
- pos. 7: armature inferiori della sottofondazione, disposte parallelamente all'asse x;
- pos. 8: armature inferiori della sottofondazione, disposte parallelamente all'asse y.

Le armature di pos. 1, 2, 3 e 4 possono posizionarsi come indicato nel programma di calcolo (vedere comando **Analisi\AssegnaArmature**).

## 2.6) Progetto delle armature

Il programma PLIN prevede il dimensionamento delle armature del plinto. Armature che vengono valutate secondo criteri propri del programma e disposti nel plinto. In taluni casi particolari, può succedere che queste armature non siano sufficienti. Il calcolo di verifica, secondo i criteri del programma PLIN, indica se le dimensioni del plinto con le sue armature sono sufficienti a sopportare i carichi assegnati. La disposizione grafica delle armature è indicativa.

Le armature del plinto possono comunque essere assegnate e/o modificate, indipendentemente da quelle proposte dal programma, con il comando **Analisi\AssegnaArmature**.

## 2.7) Le verifiche

I metodi di calcolo e verifica dei plinti a pozzetto non sono unificati. Il presente programma esegue le verifiche nelle sole parti e secondo i criteri sotto riportati.

Il programma calcola le tensioni sulla sottofondazione e sul terreno con l'ipotesi di "sezione piana" con materiale a comportamento elastico lineare in compressione e non reagente a trazione, si considera quindi una fondazione rigida ed una distribuzione lineare della pressione di contatto sul piano di posa.

Esegue la verifica a flessione in direzione x (sezione del plinto normale all'asse x) e la verifica a flessione in direzione y della fondazione e della sottofondazione se dichiarata armata.

Esegue la verifica a punzonamento.

Nel calcolo l'asse delle armature sono poste a **ric** cm dal bordo, valore pre impostato a 4 cm e modificabile dall'utente con il comando **Inserisci\Opzioni\Parametri**.

### 2.7.1) Verifica nel metodo MTA

Sono calcolate le tensioni nel calcestruzzo e nelle armature, con riferimento ad una sezione rettangolare  $b \times h$  e ricoprimento  $ric$ , da cui l'altezza utile  $d = h - ric$ . Per le azioni  $N, M$  si verifica la sezione a pressoflessione e per l'azione di taglio  $T$  si calcola la tensione tangenziale  $\tau = T / (0.9 d b)$ .

### 2.7.2) Verifica nel metodo SLU

E' calcolato il dominio resistente con riferimento ad una sezione rettangolare  $b \times h$  e ricoprimento  $ric$ , da cui l'altezza utile  $d = h - ric$ . Per le azioni  $N, M$  si verifica che il punto sollecitazione sia interno al dominio resistente. Generalmente viene fornito il coefficiente di "sicurezza" come rapporto tra la resistenza e la sollecitazione: la verifica è soddisfatta se il coefficiente di risulta maggiore di 1.

## 2.8) Verifica a punzonamento nel metodo MTA

La tensione tangenziale convenzionale di verifica, senza o con sottofondazione armata, è assunta pari a:

$$\tau = P ( 1 - a_{cr} / a_f ) / ( p_{cr} d_f )$$

essendo

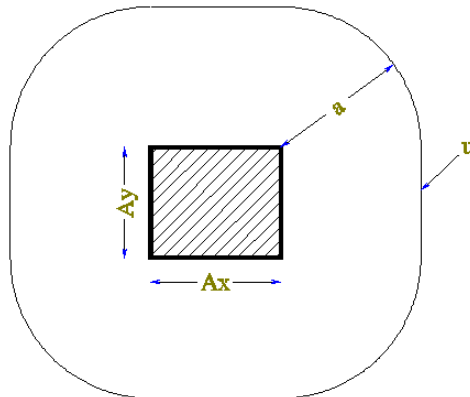
$P =  N_z ,$	l'azione assiale nel pilastro
$a_f = C_x C_y,$	l'area della fondazione
$a_{cr} = (A_x + d_f) * (A_y + d_f),$	l'area critica
$p_{cr} = 2 (A_x + d_f) + 2 (A_y + d_f),$	perimetro critico
$d_f = h_f - ric,$	l'altezza utile della fondazione (valor medio nelle due direzioni)
ric,	valor medio ricoprimento armature tese

## 2.9) Verifica a punzonamento nel metodo SLU

La verifica a punzonamento è soddisfatta se risulta

$$V_{Ed,ver} \leq V_{Rd}$$

lungo il perimetro di verifica  $u$ .



Il perimetro di verifica vale:

$$u = 2 (A_x + A_y) + 2 \pi a$$

e la corrispondente area  $a_u$  racchiusa all'interno del perimetro di verifica  $u$ , vale

$$a_u = A_x A_y + 2 (A_x + A_y) a + \pi a^2$$

In PLIP la verifica è eseguita per 4 perimetri  $u$  corrispondenti ai seguenti valori di  $a$ :

- $a = 2,0 d,$       perimetro di verifica di base
- $a = 1,5 d$
- $a = 1,0 d$

$$a = 0,5 d$$

dove  $d$  è l'altezza utile (media) della fondazione, assunto pari a:

$$\begin{aligned} d &= hf - ric, && \text{per sottofondazione non armata,} \\ d &= hf + hsf - ric, && \text{per sottofondazione armata.} \end{aligned}$$

La forza di punzonamento ridotta dalla pressione verso l'alto, all'interno del perimetro di verifica, trasmessa dal suolo meno il peso proprio della fondazione e della quota del carico sulla parete del pozzetto, vale:

$$V_{Ed,rid} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed}$$

e la forza di punzonamento di verifica vale:

$$V_{Ed,ver} = V_{Ed,rid} \cdot \beta$$

dove:

$$\begin{aligned} V_{Ed} &= |Nz|, \text{ forza di taglio applicata;} \\ \Delta V_{Ed} &= (\sigma_{bar} - \sigma_{Qpa} - \sigma_{Qpl}) \cdot a_u \geq 0; \\ \sigma_{bar} &= \text{pressione trasmessa dal suolo misurata nel centro della fondazione;} \\ \sigma_{Qpa} &= \text{pressione media dovuta al carico sulla parete del pozzetto;} \\ \sigma_{Qpl} &= \text{pressione dovuta al peso del plinto, terreno soprastante compreso;} \\ \beta &= 1 + k_w M_{Ed} u / (V_{Ed,rid} W); \\ M_{Ed} &= (M_{Ed,x}^2 + M_{Ed,y}^2)^{1/2}, \text{ è il momento agente alla base della fondazione;} \end{aligned}$$

inoltre si assume:

$$\begin{aligned} k_w &= 0.60, \text{ per pilastro quadrato,} \\ k_w &= 0.70, \text{ per pilastro rettangolare con rapporto dei lati } > 1, \\ k_w &= 0.80, \text{ per pilastro rettangolare con rapporto dei lati } > 2; \end{aligned}$$

mentre  $W$  è dato dalla relazione

$$W = \int_u |e| dl \quad (\text{integrale esteso a } u \text{ del modulo di } e)$$

dove:

$$\begin{aligned} dl &\text{ è la lunghezza infinitesima del perimetro di verifica } u, \\ e &\text{ è la distanza di } dl \text{ dall'asse intorno al quale agisce il momento } M_{Ed}. \end{aligned}$$

La resistenza di calcolo al punzonamento per fondazione senza armatura a taglio è calcolata con la formula:

$$V_{Rd} = V_{Rd,c} \cdot 2 d / a \geq V_{min} \cdot 2 d / a$$

con

$$V_{Rd,c} = C_{Rd,c} k (100 \rho f_{ck})^{1/3} \cdot u d$$

dove:

- $d$  è l'altezza utile (sopra definita)  
 $u$  è il perimetro di verifica considerato (sopra definito);  
 $a$  è la distanza dal contorno del pilastro al perimetro di verifica considerato (sopra definita);  
 $C_{Rd,c} = 0,18/\gamma_c = 0,12$ ;  
 $k = 1+(200/d)^{1/2} \leq 2,0$  (d in mm) ;  
 $\rho = (\rho_{lx} \rho_{ly})^{1/2} \leq 0,02$ ;  
 $\rho_{lx} = a_{sx}/(d C_y)$  ;  
 $\rho_{ly} = a_{sy}/(d C_x)$  ;  
 $a_{sx}$  è l'area dell'armatura tesa disposta // alla direzione x;  
 $a_{sy}$  è l'area dell'armatura tesa disposta // alla direzione y;  
 $V_{min} = 0,035 k^{3/2} f_{ck}^{1/2} \cdot u d$

con unità di misura in N e mm.

## 2.10) Tensione sul terreno nel metodo MTA

Nel metodo delle tensioni ammissibili sono calcolate le tensioni sul terreno, nell'ipotesi di distribuzione lineare delle tensioni e terreno non reagente a trazione.

## 2.11) Capacità portante della fondazione nel metodo SLU

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d \quad \text{con, generalmente: } R_d = R/\gamma_R$$

essendo  $\gamma_R$  il coefficiente parziale per la capacità portante della fondazione.

L'azione risultante di progetto, normale alla base della fondazione, è data dalla relazione

$$E_d = V_d = |N_z| \quad \text{azione risultante verticale}$$

con la fondazione a base rettangolare di dimensioni in pianta  $B_x$  in direzione x e  $B_y$  in direzione y, soggetta alle sollecitazioni

- $N_z$ , azione assiale verticale;  
 $T_x$ , azione orizzontale (o taglio) in direzione x;  
 $T_y$ , azione orizzontale (o taglio) in direzione y;  
 $M_x$ , momento flettente nel piano xz;  
 $M_y$ , momento flettente nel piano yz;

con l'eccentricità e l'inclinazione di carico che risulta:

$$\begin{array}{ll}
 V_d = |N_z| & \text{risultante dell'azione verticale di progetto} \\
 e_x = M_x/V & \text{eccentricità in direzione x dell'azione risultante} \\
 e_y = M_y/V & \text{eccentricità in direzione y dell'azione risultante} \\
 H_d = (T_x^2 + T_y^2)^{1/2} & \text{risultante dell'azione orizzontale di progetto} \\
 \delta = \text{Arctan}(H_d/V_d) & \text{inclinazione della risultante dell'azione di progetto}
 \end{array}$$

La capacità portante della fondazione è calcolata con riferimento all'Eurocodice 7 : EN 1997-1:2004(E) Appendice D.

La capacità portante della fondazione su cui agisce un carico eccentrico inclinato sulla verticale viene calcolata secondo quanto proposto da Meyerhof considerando il carico centrato su di una fondazione rettangolare fittizia di dimensioni  $B'$  e  $L'$  con  $L' \geq B'$  e inclinato sulla verticale;

Le larghezze efficaci di progetto della sottofondazione rispettivamente in direzione  $x$  e  $y$ , sono:

- per  $(D_x - 2e_x) \leq (D_y - 2e_y)$

$$B' = D_x - 2 e_x$$

$$L' = D_y - 2 e_y$$

- per  $(D_y - 2e_y) \leq (D_x - 2e_x)$

$$B' = D_y - 2 e_y$$

$$L' = D_x - 2 e_x$$

### **A – Capacità portante della fondazione in condizioni non drenate**

La capacità portante  $R$  della fondazione (su piano orizzontale), in condizioni non drenate, è fornita dalla relazione:

$$R = B' L' q_R$$

con

$$q_R = (\pi + 2) c_u s_c i_c + q$$

ed essendo

$c_u$  , resistenza a taglio non drenata;

$q$  , pressione litostatica totale di progetto agente sul piano di posa della fondazione;

con il fattore di forma della fondazione  $s_c$  e di inclinazione della risultante  $i_c$  che valgono:

$$s_c = 1 + 0,2 B' / L'$$

$$i_c = 0,5 (1 + (1 - H / (B' L' c_u))^{1/2}) \quad \text{con } H \leq B' L' c_u$$

con  $c_u$  e  $q$  ottenuti rispettivamente da  $c_{uk}$  e  $q_k$  ridotti con il rispettivo coefficiente parziale  $\gamma_M$ .

### **B – Capacità portante della fondazione in condizioni drenate**

La capacità portante  $R$  della fondazione (su piano orizzontale), in condizioni drenate, è fornita dalla relazione:

$$R = B' L' q_R$$



con

$$q_R = c' N_c s_c i_c + q' N_q s_q i_q + 1/2 \gamma' B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma$$

ed essendo

- $c'$  , coesione intercetta in termini di tensioni efficaci;
- $\phi'$  , angolo di attrito, angolo di resistenza a taglio in termini di tensioni efficaci;
- $q'$  , pressione litostatica efficace agente sul piano di posa della fondazione;
- $\gamma'$  , peso di volume efficace del terreno al di sotto del piano di posa della fondazione;
- $N_c$  , fattore di capacità portante per effetto coesione;
- $N_q$  , fattore di capacità portante per effetto sovraccarico;
- $N_\gamma$  , fattore della capacità portante per effetto del peso del terreno;
- $s_c$  , fattore dipendente dalla forma, applicato a  $N_c$ ;
- $s_q$  , fattore dipendente dalla forma, applicato a  $N_q$ ;
- $s_\gamma$  , fattore dipendente dalla forma, applicato a  $N_\gamma$ ;
- $i_c$  , fattore dipendente dall'inclinazione del carico, applicato a  $N_c$ ;
- $i_q$  , fattore dipendente dall'inclinazione del carico, applicato a  $N_q$ ;
- $i_\gamma$  , fattore dipendente dall'inclinazione del carico, applicato a  $N_\gamma$ ;

con  $c'$ ,  $\phi'$ ,  $q'$  e  $\gamma'$  ottenuti da  $c'_k$ ,  $\phi'_k$ ,  $q'_k$  e  $\gamma'_k$  ridotti con il rispettivo coefficiente parziale  $\gamma_M$ .

I fattori  $N_c$ ,  $N_q$  e  $N_\gamma$  sono calcolati con le formule:

$$\begin{aligned} N_q &= \exp(\pi \tan \phi') \tan^2(45^\circ + \phi'/2) \\ N_c &= (N_q - 1) \cotan \phi' \\ N_\gamma &= 2 (N_q - 1) \tan \phi', \text{ valido per base ruvida (vedi Eurocodice 7 appendice D)} \end{aligned}$$

I fattori di forma  $s_c$ ,  $s_q$  e  $s_\gamma$ , sono calcolati con le formule:

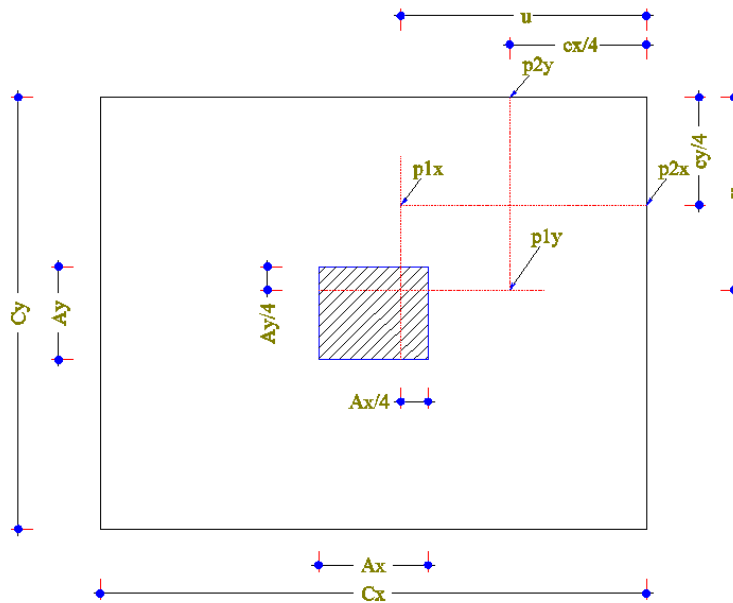
$$\begin{aligned} s_c &= (s_q N_q - 1) / (N_q - 1) \\ s_q &= 1 + (B'/L') \sin \phi' \\ s_\gamma &= 1 - 0,3 (B'/L') \end{aligned}$$

I fattori di forma  $i_c$ ,  $i_q$  e  $i_\gamma$ , sono calcolati con le formule:

$$\begin{aligned} i_c &= i_q - (1 - i_q) / (N_c \tan \phi') \\ i_q &= [1 - H / (V + B' L' c' \cotan \phi')]^m \\ i_\gamma &= [1 - H / (V + B' L' c' \cotan \phi')]^{m+1} \\ \text{con} \\ m &= [(2 + L'/B') / (1 + L'/B')] \cos^2 \theta + [(2 + B'/L') / (1 + B'/L')] \sin^2 \theta \end{aligned}$$

con  $H=H_d$  e  $V=V_d$  ed essendo  $\theta$  l'angolo formato dall'azione orizzontale  $H$  con la direzione di  $L'$ .

## 2.12) Momenti di calcolo per la fondazione



E' considerata una distribuzione lineare delle tensioni in sola compressione tra fondazione e sottofondazione.

Per la fondazione, i momenti vengono calcolati con riferimento alle tensioni in corrispondenza alle linee poste ai quarti della fondazione e sino a un quarto delle parete del pilastro, nell'angolo più sollecitato.

Indicando con  $p_{x1}$  e  $p_{x2}$  le tensioni sulla sottofondazione, già decurtate del peso della fondazione e del terreno soprastante, dove  $p_{x1}$  è la pressione al punto di coordinata  $(Ax/4, Cy/4)$  e  $p_{x2}$  è la pressione al punto di coordinata  $(Cx/2, Cy/4)$ ;

indicando con  $p_{y1}$  e  $p_{y2}$  le tensioni sulla sottofondazione, già decurtate del peso della fondazione e del terreno soprastante, dove  $p_{y1}$  è la pressione al punto di coordinata  $(Cx/4, Ay/4)$  e  $p_{y2}$  è la pressione al punto di coordinata  $(Cx/4, Cy/2)$ ;

indicando con  $p_0$  la tensione sulla sottofondazione per carico centrato, già decurtata del peso della fondazione e del terreno soprastante;

relativamente alle condizioni più sfavorevoli, comunque non inferiori ai valori per carico centrato, i momenti per unità di larghezza, valgono:

$$\begin{aligned} m_x &= p_{x1} \cdot u^2 / 2 + (p_{x2} - p_{x1}) \cdot u^2 / 3 \geq p_0 \cdot u^2 / 2, \\ m_y &= p_{y1} \cdot v^2 / 2 + (p_{y2} - p_{y1}) \cdot v^2 / 3 \geq p_0 \cdot v^2 / 2; \end{aligned}$$

essendo:

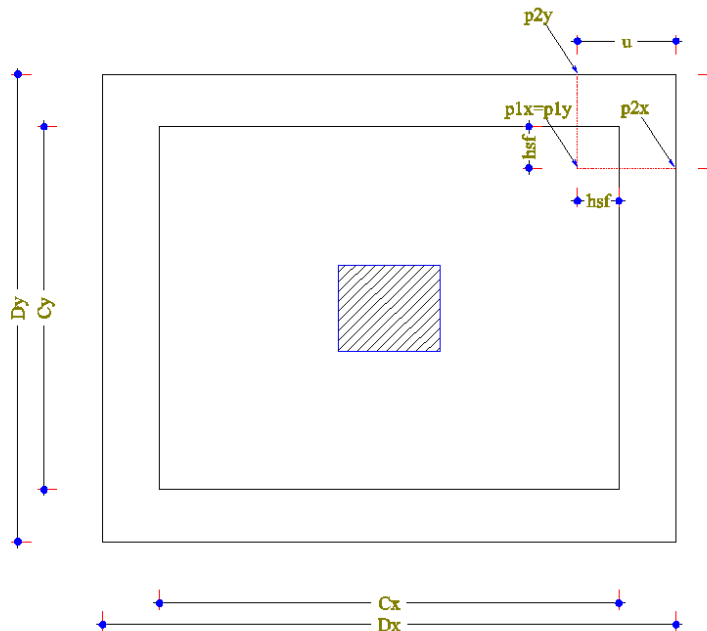
$$\begin{aligned} u &= Cx/2 - Ax/4, \\ v &= Cy/2 - Ay/4; \end{aligned}$$

e i momenti considerati su tutta la larghezza della fondazione:

$$\begin{aligned} M_x &= m_x \cdot Cy \\ M_y &= m_y \cdot Cx \end{aligned}$$

La sezione reagente è assunta rettangolare di larghezza pari alla corrispondente larghezza della fondazione e altezza pari al suo spessore  $h_f$ . L'altezza utile è assunta pari ad  $h_f$  diminuita del ricoprimento  $ric$  delle armature.

### 2.13) Momenti di calcolo per la sottofondazione



E' considerata una distribuzione lineare delle tensioni in sola compressione tra sottofondazione e terreno.

Per la sottofondazione, i momenti vengono calcolati con riferimento alle tensioni in corrispondenza alle linee individuate dai lati della fondazione rientrate verso il centro di  $h_{sf}$ .

Indicando con  $p_{x1}$  e  $p_{x2}$  le tensioni sul terreno, nell'angolo più sollecitato, già decurtate del peso della sottofondazione e del terreno soprastante, dove  $p_{x1}$  è la pressione al punto di coordinata  $(C_x/2 - h_{sf}, C_y/2 - h_{sf})$  e  $p_{x2}$  è la pressione al punto di coordinata  $(D_x/2, C_y/2 - h_{sf})$ ;

indicando con  $p_{y1}$  e  $p_{y2}$  le tensioni sul terreno, già decurtate del peso della sottofondazione e del terreno soprastante, dove  $p_{y1}$  è la pressione al punto di coordinata  $(C_x/2 - h_{sf}, C_y/2 - h_{sf})$  e  $p_{y2}$  è la pressione al punto di coordinata  $(C_x/2 - h_{sf}, D_y/2)$ ;

indicando con  $p_0$  la tensione sul terreno per carico centrato già decurtata del peso della sottofondazione e del terreno soprastante;

relativamente alle condizioni più sfavorevoli, comunque non inferiori ai valori per carico centrato, i momenti per unità di larghezza, valgono:

$$m_x = p_{x1} \cdot u^2 / 2 + (p_{x2} - p_{x1}) \cdot u^2 / 3 \geq p_0 \cdot u^2 / 2,$$

$$m_y = p_{y1} \cdot v^2 / 2 + (p_{y2} - p_{y1}) \cdot v^2 / 3 \geq p_0 \cdot v^2 / 2;$$

essendo:

$$u = D_x/2 - C_x/2 + h_{sf},$$

$$v = D_y/2 - C_y/2 + h_{sf};$$

e quelli considerati su tutta la larghezza della sottofondazione:

$$M_x = m_x \cdot D_y,$$

$$M_y = m_y \cdot D_x.$$

La sezione reagente è assunta rettangolare di larghezza pari alla corrispondente larghezza della sottofondazione e altezza pari al suo spessore hsf. L'altezza utile è assunta pari ad hsf diminuita del ricoprimento ric delle armature.

La fondazione e la sottofondazione devono costituire un corpo unico opportunamente collegato, diversamente i momenti nella fondazione e nella sottofondazione come sopra calcolati possono risultare sottostimati.

### 2.23) Calcolo degli ancoraggi

Le lunghezze di ancoraggio  $L_{anc}$  sono calcolate considerando una distribuzione costante della tensione tangenziale di aderenza, compatibilmente con le dimensioni del plinto.

Nel metodo MTA la lunghezza di ancoraggio è così calcolata:

$$L_{anc} = \sigma / (4 \tau_b) \geq L_{anc,min}$$

con i seguenti valori minimi:

- $L_{anc,min} \geq 20 \phi$
- $L_{anc,min} \geq 15 \text{ cm}$ ,

essendo:

$\phi$ , il diametro dell'armatura;

$\sigma$ , la tensione ammissibile nell'armatura;

$\tau_b = 2 \tau_{co} = 2 (0.4 + (R_{ck}-15)/75)$  in  $\text{N/mm}^2$ , la tensione tangenziale di aderenza per ancoraggio considerato buono.

Nel metodo SLU la lunghezza di ancoraggio è così calcolata:

$$L_{anc} = l_{bd} = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5 l_{b,rqd} = l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$

con

$$l_{b,rqd} = (\phi / 4) (f_{yd} / f_{bd})$$

e con i seguenti valori minimi:

- $l_{b,min} \geq 10 \phi$
- $l_{b,min} \geq 15 \text{ cm}$
- $l_{b,min} \geq 0,3 l_{b,rqd}$

essendo:

$\phi$ , il diametro dell'armatura;

$f_{yd}$ , la tensione di snervamento di progetto;

$f_{bd} = 2.25 \cdot 0.7 \cdot 0.30 (f_{ck})^{2/3} / \gamma_c$  in  $\text{N/mm}^2$ , la tensione di aderenza di progetto per ancoraggio considerato buono, per  $f_{ck} \leq C50/60$ .

## 2.24) Condizioni di validità

Perché i risultati siano corretti si deve sempre avere una sezione compressa (sia per la fondazione che per la sottofondazione) o al massimo di poco in trazione e per parti limitate.

Quando l'eccentricità in direzione x e/o y risulta maggiore di  $\frac{1}{4}$  della rispettiva larghezza di fondazione e/o sottofondazione PLIP lo segnala ma prosegue nel calcolo. Diversamente se il centro della fondazione non risulta compresso anche per una sola combinazione il programma PLIP segnala l'errore e non esegue il calcolo.

Inoltre:

- le armature in posizione 3 e 4 sono assunte pari a circa il 50% delle armature in posizione 1 e 2;
- le armature in posizione 6 sono assunte pari a circa il 50% delle armature in posizione 5;
- le armature in posizione 7 sono assunte minimo quattro barre di diametro uguale alla posizione 9;
- le armature in posizione 8 sono assunte minimo quattro barre di diametro uguale alla posizione 10.

Qualora le armature proposte da PLIP non soddisfano l'utente, una apposita sezione ne permette la modifica.

## 2.25) Disegno del plinto

Un'apposita sezione di PLIP permette il disegno della carpenteria e delle armature del plinto.

## 2.26) Esportazione del disegno del plinto

Il disegno del plinto, o di altra finestra grafica, è esportabile con il comando di menu **File\Esporta File GIF...**, viene così generato un file di testo in formato GIF (Graphics Intermediate File) del tipo **\*.GIF** contenente tutte le informazioni del disegno del plinto. Questo tipo di file è gestibile con il programma CAD CadNostrum che può caricarlo. Successivamente con CadNostrum si può esportare il disegno in formato DXF. Il programma CadNostrum è un cad a tutti gli effetti e lo si può usare per la creazione e/o gestione dei disegni.

## Capitolo 3

### CRITERI DI CALCOLO

#### 3.1) Premessa

Normativa di riferimento:

- D.M. 14GEN08,
- Eurocodice 2 e Eurocodice 7.

#### 3.2) Ipotesi di calcolo per il calcolo dello stato tensionale

Le tensioni nei materiali sono calcolate considerando i materiali elastici lineari, assumendo come area della sezione quella corrispondente al conglomerato e alle aree metalliche, di cui tutti i materiali affetti dal coefficiente di omogeneizzazione dichiarato. Le sezioni di calcestruzzo non sono depurate dei fori occupati dalle armature di cemento armato. Sono considerate le normali ipotesi della scienza delle costruzioni:

- sezioni piane;
- assenza di scorrimento tra i materiali componenti la sezione;
- legame elastico lineare tra sforzi e deformazioni;
- calcestruzzo non reagente a trazione;
- sovrapposizione degli effetti.

La prima ipotesi si traduce nel fatto che lo stato di deformazione è uno stato di deformazione piano.

#### 3.3) Ipotesi di calcolo per il calcolo a rottura

Il calcolo dei momenti resistenti allo stato limite ultimo è fatto considerando le seguenti ipotesi:

- sezioni piane;
- assenza di scorrimento tra i materiali componenti la sezione;
- legame elastico non lineare tra sforzi e deformazioni;
- deformazione massima del calcestruzzo: vedi curve di resistenza;
- deformazione massima dell'armatura: vedi curve di resistenza.

##### 3.3.1) Diagrammi di calcolo sforzi-deformazioni del calcestruzzo

1) Si adotta, in compressione, il diagramma parabola-rettangolo definito da un arco di parabola, di secondo grado o grado  $n$ , passante per l'origine, avente asse parallelo a quello delle tensioni, e da un segmento di retta parallelo all'asse delle deformazioni tangente alla parabola nel punto di sommità; il vertice della parabola ha ascissa  $\varepsilon_{c2}$ , l'estremità del segmento ha ascissa  $\varepsilon_{cu2}$ , l'ordinata massima del diagramma è pari a  $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$ . In compressione la deformazione massima ammessa è  $\varepsilon_{cu2}$ . In trazione si assume resistenza nulla e la deformazione è limitata, in PLIP, al valore  $\varepsilon = 0,05$  (5%).

2) Si adotta, in compressione, il diagramma triangolo-rettangolo, definito da un segmento di retta inclinata uscente dall'origine e da un segmento di retta parallelo all'asse delle deformazioni posta in

sommità; la parte lineare termina all'ascissa  $\varepsilon_{c3}$ , l'estremità del segmento orizzontale ha ascissa  $\varepsilon_{cu3}$ , l'ordinata massima del diagramma è pari a  $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$ . In compressione la deformazione massima ammessa è  $\varepsilon_{cu3}$ . In trazione si assume resistenza nulla e la deformazione è limitata, in PLIP, al valore  $\varepsilon = 0,05$  (5%).

### 3.3.2) Diagrammi di calcolo sforzi-deformazioni dell'acciaio ordinario

1) Si adotta il diagramma elasto plastico, così definito in trazione (analogamente in compressione):

- $\sigma = \varepsilon \cdot E$  per deformazioni comprese tra 0 e  $f_{syd}/E$ ;
- $\sigma = f_{syd}$  per deformazioni comprese tra  $f_{syd}/E$  e  $\varepsilon_{uk}$ ;

essendo  $\sigma$  la resistenza,  $\varepsilon$  la deformazione ed  $E$  il modulo elastico. La deformazione di calcolo, in PLIP, è limitata ad  $\varepsilon_{uk}$ .

2) Si adotta il diagramma bilineare, così definito in trazione (analogamente in compressione):

- $\sigma = \varepsilon \cdot E$  per deformazioni comprese tra 0 e  $f_{syd}/E$ ;
- $\sigma = f_{syd} + (f_{std} - f_{syd}) \cdot (\varepsilon - f_{syd}/E) / (\varepsilon_{uk} - f_{syd}/E)$  per deformazioni comprese tra  $f_{syd}/E$  e  $\varepsilon_{ud}$ ;

essendo  $\sigma$  la resistenza,  $\varepsilon$  la deformazione,  $\varepsilon_{uk}$  la deformazione in corrispondenza alla massima resistenza  $f_{stk}$  ed  $\varepsilon_{ud}$  la massima deformazione di calcolo.

## Capitolo 4

### I FILE AUTOLOAD e FILELOAD

#### 4.1) Introduzione

I file AutoLoad contengono informazioni che possono essere “caricate” dal programma in modo automatico o a seguito dell’opportuno ordine.

I file AutoLoad di PLIP sono:

Autoload–PLIP.STI

Autoload–PLIP.UdM

Autoload–PLIP.ICA

che vengono caricati automaticamente all’avvio di PLIP e ad ogni nuovo documento.

Tutti i file AutoLoad e FileLoad possono essere modificati e/o integrati dall’utente.

I file AutoLoad devono stare nella directory ...\**PLIP** e generalmente sono modificabili solo con l’autorizzazione dell’amministratore. I file FileLoad possono stare in qualunque directory.

#### 4.2) Il file AutoLoad–PLIP.STI

I file AutoLoad–PLIP.STI contiene le informazioni relative agli stili necessari per la rappresentazione grafica del disegno del plinto e delle sue armature. E’ modificabile dall’utente, il comandi del menù sono **Unità\Stili\Carica Stili...** e **Unità\Stili\Salva Stili....** che permettono di caricare gli stili in un documento oppure di registrare gli stili del documento corrente su file.

#### 4.3) Il file AutoLoad–PLIP.UdM

I file AutoLoad–PLIP.UdM contiene le informazioni relative alle unità di misura utilizzate dal programma. E’ modificabile dall’utente, il comandi del menù sono **Unità\Unità di Misura\Carica Unità...** e **Unità\Unità di Misura\Salva Unità....** che permettono di caricare le unità di misura in un documento oppure di registrare le unità di misura del documento corrente su file.

#### 4.4) Il file AutoLoad–PLIP.ICA

I file AutoLoad–PLIP.ICA contiene le informazioni relative all’intestazione del cartiglio utilizzato dal programma.

Il comando **Inserisci\Intestazione cartiglio\Edita** modifica l’intestazione del cartiglio del documento corrente.

Il comando **Inserisci\Intestazione cartiglio\Carica** carica da file nel documento corrente l’intestazione del cartiglio.

Il comando **Inserisci\Intestazione cartiglio\Salva** salva su file l’intestazione del cartiglio del documento corrente.