# PIASTRE E SETTI

Scopo di questa funzione è il calcolo armature negli elementi bidimensionali, con uscita su tabulato e su disegno di armature teoriche o esecutive. La discretizzazione ad elementi finiti della struttura conduce a verificare i singoli elementi tenendo conto della presenza contemporanea di sforzi flettenti (MX, MY, MXY) e sforzi normali (SX, SY, SXY). Poiché le direzioni principali dei due sistemi di sforzi risultano indipendenti e quasi sempre diverse, essi vanno composti in qualche modo per ottenere gli sforzi efficaci nelle direzioni orizzontale e verticale del guscio (nel programma è utilizzato il metodo di Wood, descritto sommariamente anche nell'EC2, Appendice F): in definitiva si ottengono quattro sistemi di sollecitazioni contemporanee, indicati nella tabella a fianco:

| Armatura Attiva | Sforzo normale | Momento flettente |
|---|---|---|
| Orizzontale inferiore | NXX | MXinf |
| Orizzontale superiore | NXX | MXsup |
| Verticale inferiore | NYY | MYinf |
| Verticale superiore | NYY | MYsup |

I termini "orizzontale" e "verticale" si riferiscono al piano di giacitura della piastra o del muro in questione. Una volta ottenuti lo sforzo normale ed il momento flettente di calcolo, si applicano ad una sezione resistente di larghezza unitaria e altezza pari allo spessore del guscio corrispondente. L'armatura teorica minima necessaria viene calcolata in presso/tenso-flessione retta.

Questo modulo viene solitamente richiamato dall'utente mentre si trova all'interno dell'ambiente grafico 3D, mediante la voce "C.A. → Piastre e Setti". I passi preliminari obbligatori sono i seguenti, da effettuare in Ambiente Grafico:

- **Modellazione** generale della struttura (geometria, carichi, ecc)
- **Calcolo strutturale** (analisi statica)
- **Definizione** e calcolo di almeno un caso di carico
- **Definizione** del macroelemento (Carpenterie.)

Una volta entrati nel modulo Piastre e Setti, il normale percorso si compone dei seguenti passaggi:

1. **calcolo armature teoriche**. Il calcolo viene effettuato contemporaneamente per tutti e quattro gli strati di armatura, secondo i parametri di riferimento (vedi oltre la voce di menù Generali -> Parametri). I numeri visualizzati sono aree teoriche in $cm^2$ al metro, ed il loro colore indica la percentuale di armatura rispetto al massimo, con tolleranza del 20%: bianco (massimo di armatura), poi giallo, verde, rosso ed infine blu (meno del 20% dell'armatura massima). Se subito dopo il calcolo delle armature teoriche viene generato il tabulato di relazione (File -> Relaz. per Dimensionam.), si otterrà la stampa delle aree richieste ($A_{req}$) in ogni punto della piastra
2. **Per i soli setti: definizione zona critica**. Nel caso di piastre inflesse questo passaggio si salta, mentre per i controventi in zona sismica è necessario definire la zona critica come richiesto nel cap. 7.4.4.5.1 delle NTC2008. A tale scopo posizionarsi sulla visualizzazione delle armature verticali, poi utilizzare la funzione: "Armature -> Setti: trasla armature", cliccando su due punti che rappresentino rispettivamente l'inizio e la fine della zona critica.
3. **Posizionamento delle armature effettive**. Sono possibili due strade:
   a. verifica campi predefiniti: l'utente può inserire manualmente i campi di armatura puntando tramite il tasto sinistro del mouse due vertici del campo stesso. Ogni campo viene creato con il diametro ed il passo specificati nel pannello "CAMPO" (in alto a destra), e i valori di armatura teorica vengono perciò ridotti; se in un dato punto il diametro e passo inseriti coprono completamente l'armatura teorica, il valore non viene più scritto. Se invece rimangono scritti dei valori, bisogna modificare il passo o il diametro relativi al campo in questione (Armature -> Edita Campi): la verifica è soddisfatta quando in nessun punto è più indicato un valore di armatura teorica.
   b. progetto travate: una "travata" è una striscia rettilinea ricavata idealmente nella piastra in esame, suddivisa in più campate. Per definirla, l'utente deve cliccare il tasto "Travata" in alto al centro e poi, seguendo i messaggi del programma, due punti per dare la larghezza, più una serie di punti a distanza cresente dai primi due per la lunghezza delle campate. Il programma progetterà i ferri sulla base della *media* dei valori, sezione per sezione. Nei Parametri sono indicati i diametri e le quantità minime da utilizzare. Per quanto pensato per le piastre inflesse, il metodo è utilizzabile indifferentemente anche per setti e pareti verticali.

   Sono anche disponibili procedimenti automatici, basati su queste due modalità, attivabili nel menù Armature.
4. **Per i soli setti: taglio integrato**. Di nuovo, nel caso di piastre inflesse questo passaggio si salta, mentre per i controventi il cap. 7.4.4.5.1 richiede verifiche specifiche per il taglio orizzontale complessivo A tale scopo posizionarsi sulla visualizzazione delle armature verticali, poi utilizzare la funzione "Visualizza -> Taglio integrato". Con il taglio attivato, richiedendo la relazione per dimensionamento saranno riportate le verifiche secondo 7.4.4.5.2.2, CD "B")
5. **Per le sole piastre: punzonamento.** Nelle piastre inflesse appoggiate o caricate da pilastri la verifica a punzonamento può richiedere o meno la presenza di armatura trasversale. Se necessaria, in relazione ai Parametri rilevanti, quest'ultima viene disegnata e riportata negli esecutivi. Vedi oltre per ulteriori dettagli.

6. **Verifica in esercizio**. Se si è adottato il metodo degli Stati Limite, va ancora verificata l'apertura delle fessure e il valore delle tensioni in esercizio. La verifica può essere condotta se è stata disposta sulla piastra una qualche armatura effettiva (campi o travate). È possibile richiedere nel menù "File" una stampa specifica di relazione.
7. **Esecutivi**. Se l'armatura effettiva disposta presenta complessità di posizione, diametri, riferimenti, ecc., se ne può ottenere il disegno esecutivo con la relativa funzione nel menù "File".

Per ulteriori dettagli sul percorso di massima delineato nei punti precedenti, possono essere consultate le altre voci dei Menù:

## MENU FILE

**Leggi sollecitazioni esterne:** permette di usare Verigusc.exe come calcolo di armature le cui sollecitazioni sono state calcolate da altri solutori ad elementi finiti. E' necessario che il programma esterno produca un file (nel formato ottenibile da Excel salvando come "Testo con tabulazioni") che contenga le seguenti colonne:

| x | y | nx | ny | Nxy | mx | my | mxy |
|---|---|---|---|---|---|---|---|

ovvero le coordinate del punto di campionamento ed i corrispondenti tre valori di sforzo di membrana più i tre di piastra. Al caricamento, oltre al nome del file, sarà richiesto un coefficiente moltiplicatore e la variazione delle cordinate x ed y contenute nel file per farle coincidere con quelle del modello. Poiché le armature saranno ottenute per interpolazione dai valori esterni, il modello dell'Ambiente Grafico di DolmenWin può essere generato con un banale riempimento di un contorno fornito in DXF dal solutore esterno, senza calcolo effettivo.

**Apri / Salva:** scrive/legge i dati delle armature effettive inserite fino a questo momento, in modo da poterli ricuperare successivamente.

**Salva per ALLPLAN:** salva le armature teoriche calcolate da DolmenWin nel formato richiesto dal Modulo Ingegneria di AllPlan della Nemetschek. Riferirsi al manuale di quest'ultimo per l'utilizzo del file generato da Dolmen nel disegno armature.

**Salva Tutto:** genera le stampe per dimensionamento e per esercizio, nonché i disegni esecutivi per ogni strato di armatura ed il salvataggio generale delle armature inserite.

**Relazione per dimensionamento:** genera la stampa di relazione, in cui per ogni guscio caricato si riporta: l'area di armatura per ciascuno dei quattro strati (inferiore orizzontale, inferiore verticale, superiore orizzontale, superiore verticale), la tensione del ferro e del calcestruzzo. Se il calcolo è stato effettuato allo S.L.U. , queste ultime sono sostituite dalle ε di deformazione in ‰. **NB**: se non è ancora stato inserito nessun campo di armatura, vengono stampate le aree teoriche e le corrispondenti tensioni (o deformazioni) dei materiali; se è già stata inserita armatura dall'utente, o se si è selezionata l'opzione Armatura Aggiuntiva, vengono stampate le armature *effettivamente* presenti sulla piastra.

**Relazione per esercizio:** genera la stampa relativa agli stati limite di esercizio, in cui per ogni guscio caricato si riporta: l'area di armatura, la tensione del cls, del ferro e l'apertura delle fessure.

**Crea disegno:** riporta su formato DIS il disegno correntemente a schermo, con riferimento non ai campi di armatura o alle travate, ma ai valori di armatura teorica. Il nome del file di uscita sarà composto dalla radice inserita nel pannello iniziale più un codice identificativo:

- iX o sX per il disegno delle aree teoriche in orizzontale inferiori o superiori;
- iY o sY per il disegno delle aree teoriche in verticale inferiori o superiori;

**Crea esecutivo:** genera in formato GRB o DIS il disegno dei campi di armatura. Il codice identificativo aggiunto automaticamente al nome file sarà:

- iO o sO per il disegno delle armature esecutive in orizzontale inferiori o superiori;
- iV o sV per il disegno delle armature esecutive in verticale inferiori o superiori;

**Carica gusci:** fa ricomparire il pannello iniziale di selezione dei macroelementi (acceleratore da tastiera: CTRL-G).

**Carica base:** una volta caricati i gusci è possibile sovrapporre un disegno con ulteriori informazioni utili per la disposizione dei ferri, per es. la posizione e dimensione dei pilastri, o di altri fili significativi della struttura. Il programma propone il nome "overlay.DIS", ma è possibile caricare qualunque file di tipo DIS creato dall'utente.

**Sposta base:** modifica la posizione della base caricata al punto precedente, in modo da farla coincidere meglio con i riferimenti presenti nella mesh.

**Esci:** chiude il programma e torna al menù generale.

## MENU' VISUALIZZA

**Ottimizza/Zoom +/Precedente/Ridisegna/Sposta/Zoom -:** operazioni grafiche col solito significato CAD. Sono attivabili anche premendo il tasto destro del mouse sullo sfondo della finestra, oppure usare gli acceleratori di tastiera (CTRL-O, CTRL-Z, ecc.)

**Visualizza Aree teor./Sigma Cls/ Taglio / Momenti / Sforzi normali/ Reazioni/ Nulla:** (deve essere già eseguito il calcolo armature) specifica cosa far comparire sullo schermo. Il default è la scrittura delle armature teoriche. Taglio e sforzo normale sono espressi in $[F/L^2]$ (cioè sono in effetti delle τ e delle σ), il momento invece rappresenta

l'azione flettente sulla larghezza unitaria. Le tensioni del cls possono essere riferite all'armatura teorica o a quella effettivamente presente.

**Visualizza valori integrati:** esegue un'integrazione dei valori puntuali di sollecitazione, allo scopo di ottenere un valore sintetico di momento, o taglio, o sforzo normale. Tale valore viene calcolato con un passo pari al doppio del parametro "passo max" in alto a destra. I valori integrati sono utili per le verifiche globali come la verifica a taglio dei setti antisismici, ecc.

**Isolinee:** traduce i valori numerici a video (aree, momenti, tagli, ecc.) nelle corrispondenti curve di livello

## MENU' ARMATURE

**Calcola armature:** da eseguire una volta caricati i gusci per leggerne le sollecitazioni e calcolare le relative armature teoriche. L'acceleratore di tastiera è CTRL-A.

**Aree mediate:** esegue la media dei valori di armatura teorica presenti in ciascuno dei campi già inseriti. Può essere utile per effettuare una verifica sulla media anziché sul massimo.

**Inserisci nuovo campo:** corrisponde al tasto "Campo" in alto al centro. Richiede di cliccare due punti sullo schermo, che definiscono un campo rettangolare di armatura effettiva.

**Inserisci campi multipli:** riempie un'area rettangolare con tanti campi di dimensione data (reti elettrosaldate).

**Edita campi:** visualizza la lista dei campi inseriti, con descrizione completa. E' possibile modificare i dati a piacimento, o anche cancellare un campo cliccando due volte sul numero di riga. Premendo OK le modifiche sono prese in conto e saranno visualizzate al primo aggiornamento grafico del video.

**Cancella campo/travata:** chiede il numero del campo da eliminare (0 = tutti), e aggiorna la grafica.

**Sposta campo:** chiede il numero del campo da spostare, e successivamente di toccare due punti per identificare il vettore di spostamento. Premendo CTRL o SHIFT verrà presa in conto solo la componente rispettivamente orizzontale o verticale del vettore.

**Interroga campo:** chiede il numero del campo da interrogare e successivamente di toccare il punto dove si desidera posizionare la sezione. Il programma produrrà di conseguenza un pannello contenente le seguenti informazioni:

- altezza di membrana e di piastra (**Hm, Hp**), larghezza (**B**);
- Area teorica necessaria sulla sezione B x Hp;
- Momenti e sforzi normali risultanti sulla sezione
- Momento e sforzo normale di calcolo, che riassumono lo stato complessivo di sforzo prodotto dai valori X/Y/XY.
- Tensione cls e area teorica prodotte dal momento e sforzo normale di calcolo sulla sezione B x Hp.
- Differenza tra l'armatura necessaria complessiva e l'armatura effettivamente disposta.

La casella "Area compressa" assieme al tasto "Verifica" consente di ricalcolare la tensione del cls nell'ipotesi di inserire una quantità a piacere di armatura compressa. I campi a destra del pannello sono modificabili e costituiscono i dati geometrici e di armatura del campo in questione. Con "Aggiorna" vengono prese in conto dal programma eventuali modifiche manuali; con "Progetta" si esegue direttamente sul campo in questione la voce "Progetta Campo" del menù, descritta al punto seguente.

**Progetta campo:** chiede il numero del campo da progettare. Il numero **zero** indica di progettare tutti i campi visualizzati. Il programma effettua il progetto di un campo tracciandone all'interno svariate sezioni perpendicolari alla direzione dei ferri e calcolando per ciascuna Momenti e Sforzi Normali risultanti sull'intera sezione. Il passo di calcolo sarà determinato dall'armatura necessaria per coprire tali valori risultanti, mantenendo costante il diametro con cui è stato creato il campo. Il numero minimo delle sezioni da effettuare è specificato nel pannello "CAMPO" in alto a destra. Tale numero minimo viene automaticamente incrementato se la distanza tra le sezioni risulta maggiore del parametro "passo max".

**Ottimizza campo:** oltre ad effettuare il progetto dei campi richiesti, ne riduce eventualmente la dimensione longitudinale, escludendo le zone terminali con richiesta di armatura pari a zero.

**Progetto automatico (travate)/(campi):** riempie automaticamente tutta la piastra, o una sua parte, con il metodo scelto. Queste voci sono attivabili anche tramite gli acceleratori di tastiera CTRL-F1 e CTRL-F2. I parametri consentono di tarare lunghezze, larghezze, e numero di campate. La zona da armare può coincidere con l'intera piastra (Totale), o una zona parziale (A Zona), di forma rettangolare: di essa l'utente deve cliccare il punto iniziale e finale della diagonale. Parametri dimensionali troppo piccoli porteranno alla creazione di un'armatura molto frammentata e disuniforme, mentre valori troppo grandi rischiano di far sprecare ferro superfluo.

Le differenze sostanziali tra il progetto a campi e quello a travata sono:

- il primo dà per scontata la presenza di un'armatura minima diffusa, il secondo no.
- I campi coprono il massimo assoluto tra i valori di armatura teorica al loro interno, mentre le travate coprono la media dei valori, sezione per sezione.

## MENU' GENERALI

**Break (ESC):** interrompe la funzione corrente

| | |
|---|---|
| ■ | incastro |
| ● | cerniera |
| ↑ | Carrello |
| → | blocco orizz. |
| □ | pilastro |
| ◆ | muro |
| ○ | generico |
| # | plinto |

**Distanza:** calcola la distanza di due punti in componenti cartesiane e in valore totale.
**Disegna mesh:** aggiunge al disegno il reticolo di elementi finiti usato nell'analisi.
**Disegna pilastri:** disegna la sezione delle aste perpendicolari al piano visualizzato.
**Evidenzia vincoli:** disegna un simbolo per ogni tipo di vincolo (vedi tabella a fianco)
**Scrivi Mmax:** aggiunge al centro di ogni campo di cui sia già stato effettuato il progetto il valore di momento massimo riscontrato al suo interno.
**Nomi gusci:** inserisce al centro di ogni guscio il nome corrispondente.

**Parametri:** visualizza i parametri di impostazione del programma. Tra gli altri:

- MATERIALI: modificando Rck o fyk vengono ricalcolati tutti i parametri da loro dipendenti (allo spostamento del cursore su un'altra casella). I parametri "eps eff,ult" e "ft/fy " descrivono il tratto plastico dell'acciaio.
- PARAMETRI GENERALI: "Incr. Taglio" è utilizzato secondo NTC 7.4.4.5.1 nella verifica a taglio integrato dei setti verticali. L'armatura minima diffusa è utilizzata come armatura compressa di default nel calcolo delle aree teoriche. L'utilizzo come area tesa di calcolo si ha quando nel riquadro "Armatura" è attivata l'opzione "Aggiuntiva" anziché "Complessiva".
- TRAVATE: utilizzati dalle funzioni di progetto e inserimento travate.
- PUNZONAMENTO: Il valore di cotangente(β), con β = angolo del cono di punzonamento, è pari a 0.5 nel caso di Tensioni Ammissibili, e 2 nel caso di calcolo allo stato limite. Gli altri parametri si riferiscono alla disposizione dell'armatura di punzonamento con diametro e passo desiderati. Il parametro Dmax è usato nella funzione di punzonamento manuale (vedi oltre).
- SALVA TUTTO: imposta quali operazioni devono essere effettuate quando l'utente sceglie la funzione "File -> Salva tutto".

**PUNZONAMENTO PILASTRI**

Se sono presenti aste (o vincoli nodali) con reazione perpendicolare al piano di disegno, viene eseguita la verifica al punzonamento, seguendo il capitolo 6.4 dell'Eurocodice 2 (UNI EN 1992-1-1:2005). I risultati sono riportati in una tabella a video[1] che contiene i seguenti dati:

- Pilastro: nome dell'asta (codice A) che fornisce l'azione di punzonamento. Se invece si tratta di un nodo vincolato, si avrà il nome del nodo (codice N). Un "click" singolo sul nome fa evidenziare la posizione corrispondente sul disegno; il doppio click invece *cancella* la riga dall'elenco.
- Spessore piastra: ridotto del copriferro.
- Base / altezza dell'area di appoggio: corrispondenti alla base e altezza del pilastro di appoggio (se presente). Se l'altezza è posta a 0 si intende con "base" il diametro di un'area circolare. Nel caso di vincolo nodale, che non ha informazioni dimensionali, il programma assume un'area di appoggio circolare, con diametro pari allo spessore della piastra.
- Nmax: il massimo valore di forza di punzonamento riscontrato sul nodo dato.
- Beta: coefficiente moltiplicativo di Nmax che prende in conto l'eccentricità del carico.
- Sigt: pressione agente direttamente sull'area critica, che pertanto va in riduzione di Nmax. Può essere un valore significativo soprattutto per piastre di fondazione.
- Pcrit: perimetro critico. Sezionando la piastra lungo il perimetro critico si ottiene la superficie resistente a punzonamento.
- Acrit: area racchiusa dal perimetro critico.
- Tau: tensione tangenziale agente sulla sezione critica. Si ottiene come (Nmax*beta – sigt*Acrit) / (Pcrit*spess).

Inoltre, nel caso di calcolo allo stato limite ultimo (vedi EC2 6.4):

- VRd,c: resistenza di calcolo a punzonamento, in assenza di armatura specifica (6.47).
- Ved: forza di punzonamento (6.38). Se Ved è maggiore di Vrd,c la casella assume un colore rosso chiaro, ad indicare che *è necessario predisporre armatura a punzonamento*.

[1] I tasti presenti a destra hanno il seguente significato:
AGGIORNA ricalcola i campi della tabella;
RESET cancella tutto il contenuto;
CHIUDI termina la visualizzazione della tabella. NB: la Relazione per Dimensionamento riporterà anche i dati di tabella solo se viene richiesta mentre questa è visibile, cioè *prima* di chiuderla.
ELIMINA consente di eliminare dalla tabella uno o più pilastri selezionandoli tramite una finestra sul disegno.
EVIDENZIA consente di cliccare su un singolo pilastro nel disegno e visualizzarne l'armatura a punzonamento. Vedi anche più oltre.

- VRd,max: massima resistenza di punzonamento, per quanto riguarda le bielle diagonali di calcestruzzo in compressione (6.53). Se Ved è maggiore di VRd,max la casella assume un colore rosso intenso, ad indicare che *è necessario aumentare lo spessore della piastra*.
- VRd,cs: resistenza di calcolo a punzonamento, in presenza di armatura trasversale specifica (6.52). Viene disposta l'armatura a staffe o a chiodi a secondo di quanto specificato nel pannello dei parametri: le staffe sono disposte sempre in due direzioni ortogonali attorno al pilastro, mentre i chiodi sono organizzati in "pettini" o "tralicci" da disporre radialmente intorno al pilastro. Per questo motivo risultano in generale più efficienti delle staffe e di più facile posizionamento. Se in questa casella compare il valore "-1", significa che la procedura automatica non è riuscita a ottenere una disposizione verificata. In tal caso conviene premere il tasto EVIDENZIA, seguito dal CTRL-click del mouse sul pilastro in questione: verrà così attivato il pannello di calcolo approfondito, con possibilità di intervento manuale sui parametri in gioco[2].

I dati da inserire per il calcolo approfondito sono racchiusi in riquadri che raggruppano i parametri affini tra di loro:

**Pilastro** **:** scelta della forma della sezione, rettangolare o circolare.

**Posizione** **:** indica se il pilastro è interno oppure in prossimità di bordi o spigoli, in funzione della lunghezza minima del perimetro di verifica. L'utente può intervenire su questa impostazione non direttamente, ma modificando i parametri Db_a / Db_b (vedi oltre).

**Dati soletta**

- H : altezza complessivo della piastra
- dm : altezza utile media, secondo (6.32). Questo parametro e i due successivi (a, b) sono da modificare nel caso sia presente un capitello con dimensioni maggiori di quelle del pilastro
- a : base della sezione rettangolare o diametro della sezione circolare.
- b : altezza della sezione rettangolare. Non usato per sezione circolare.
- rox, roy : percentuale di armatura longitudinale tesa, orizzontale e verticale. Il programma considera l'armatura visualizzata al momento della richiesta di calcolo a punzonamento: nel caso ad esempio di un solaio a fungo si dovrà visualizzare l'armatura *superiore*, mentre nel caso di una platea di fondazione quella *inferiore*.
- ro eff : percentuale efficace di armatura, come indicato in 6.4.4
- Dmax : è la massima distanza ammissibile tra armature, in senso trasversale (in altezze utili)
- Db_a, Db_b : distanze del perimetro pilastro rispettivamente dal bordo verticale e dal bordo orizzontale della piastra. Possono assumere qualunque valore maggiore o uguale a zero, ed in base ad esse il programma stabilirà se il pilastro è da considerare interno, di bordo, o di spigolo.

**Materiali**

- $R_{ck}$ : resistenza caratteristica cubica del calcestruzzo, in daN/cm$^2$.
- $\gamma_c$ : coefficiente parziale per il calcestruzzo
- $\nu$ : coefficiente di riduzione della resistenza del calcestruzzo, secondo (6.6N).
- $f_{yk}$ : resistenza caratteristica di snervamento dell'armatura a taglio, in daN/cm$^2$
- $\gamma_f$ : coefficiente parziale per l'acciaio
- $f_{ywd,eff}$ : resistenza di progetto efficace dell'armatura a taglio, calcolata come richiesto al punto 6.4.5

**Sollecitazioni**

Il pannello di calcolo approfondito lavora esclusivamente a stato limite ultimo. E' possibile però inserire le sollecitazioni come valori caratteristici, che verranno trasformate in valori di progetto per moltiplicazione del parametro $\gamma_q$ . I dati effettivamente usati saranno perciò i seguenti:

qd : carico totale di progetto agente sulla piastra (positivo, in daN/m$^2$). Esso ha un effetto benefico, in quanto il carico contenuto all'interno del perimetro critico viene dedotto dalla forza complessiva. Per default il programma adopera il valore impostato nella tabella dei Parametri, alla voce "Punzonamento".

Nd : sforzo normale di progetto (negativo se di compressione, in daN)

Mxd, Myd : momenti flettenti di progetto attorno all'asse orizzontale e verticale.

**Verifica sul primo perimetro:**

La prima operazione eseguita dal programma è la determinazione del perimetro di verifica di base, che dipende solo dalle dimensioni dell'area caricata, dall'altezza utile, e dalle distanze tra area e bordi della piastra. Poi viene calcolato il

[2] Operativamente, il calcolo approfondito può essere attivato anche senza relazione con la piastra correntemente caricata, o anche senza caricare nessuna piastra: basta premere da tastiera CTRL-B e comparirà il pannello di input (ovviamente l'utente dovrà inserire manualmente i dati rilevanti, cioè spessori, dimensioni, sollecitazioni e materiali). Nel caso invece si esegua CTRL-click su un pilastro della piastra correntemente caricata il calcolo sarà automaticamente inizializzato con i dati del pilastro stesso.

coefficiente β di incremento di sforzo per effetto dei momenti flettenti. Pertanto vengono visualizzati i seguenti parametri:

- K : secondo la formula (6.47)
- u0 : sviluppo del perimetro del pilastro (vedi 6.4.5)
- u1 : lunghezza del perimetro di verifica di base
- Rid. Foro : riduzione del perimetro di base a causa di fori vicino al pilastro (vedi oltre)
- Aq : area contenuta dal perimetro di base
- W1x, W1y : funzioni del perimetro di base, calcolate secondo (6.40)
- βx, βy : coefficienti di incremento di sforzo per effetto dei singoli momenti flettenti di progetto. Le formule di riferimento sono la (6.39), (6.44) o (6.46), a seconda della posizione del pilastro.
- βtot : coefficiente complessivo, pari a $1+\beta_x+\beta_y$

A questo punto il programma è in grado di conoscere lo sforzo efficace Veff, pari allo sforzo normale di progetto Nd moltiplicato per βtot, e di procedere al controllo che la piastra sia o meno in grado di resistere al punzonamento *senza* armature a taglio. A tale scopo si usa la formula (6.47), con cui si ottiene la resistenza per unità di superficie ($\tau_{Rd,c}$). Da essa, moltiplicando per la lunghezza del perimetro di base e per l'altezza utile, si ha la forza resistente di progetto a punzonamento $V_{Rd,c}$. Viene inoltre calcolata la resistenza limite $V_{Rd,max}$ secondo (6.53).

Il calcolo termina in uno dei casi seguenti:

1. $V_{Rd,max}$ < Veff : lo sforzo efficace supera la resistenza limite del calcestruzzo, e pertanto la piastra non è verificabile nemmeno disponendo armatura.
2. $V_{Rd,c}$ > Veff' : Veff' è pari a Veff – qd*Aq (sforzo efficace meno la risultante del carico all'interno del perimetro di base). Se la forza resistente di progetto risulta maggiore, la piastra è verificata senza necessità di armatura.

Nel caso intermedio si procede al calcolo dell'armatura a taglio-punzonamento, con la disposizione di tralicci di chiodi sulle facce del pilastro ed eventualmente anche sugli spigoli. I parametri rilevanti sono i seguenti:

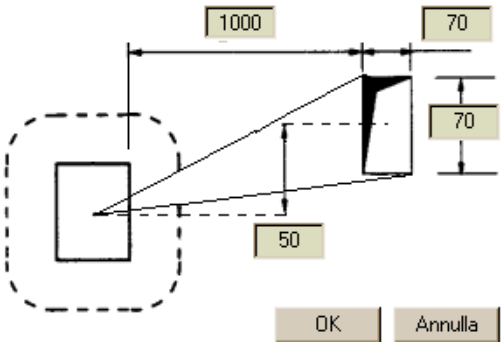
- N totali, N per lato, N diag : numero totale di tralicci attorno al pilastro, e numero di tralicci per lato e per spigolo. E' più efficace in generale disporre più tralicci con diametro piccolo che pochi con diametro grande, per quanto quest'ultima soluzione possa essere più conveniente in termini economici.
- S1 : distanza del primo chiodo dal pilastro
- S : interasse dei chiodi

In base a questi parametri il programma calcola l'armatura teorica necessaria come specificato al punto 6.4.5, partendo da una lunghezza minima dei tralicci e allungandoli a mano a mano di un interasse "S" alla volta. Per ogni tentativo vengono calcolati il nuovo perimetro di verifica $u_{out,ef}$ , il diametro minimo da assegnare ai chiodi, la resistenza a punzonamento $v_{Rd,cs}$ sulla base della formula (6.52), e da essa la forza resistente Vrd,s. Il calcolo termina quando quest'ultima è superiore a Veff, cioè allo sforzo efficace meno la risultante del carico all'interno del perimetro di verifica. La lunghezza $L_{traliccio}$ divisa per l'interasse S fornisce il numero di chiodi per ogni singolo traliccio.

L'eventuale messaggio "Raggiunto il contorno!" significa che la lunghezza dei tralicci è tale da superare i limiti fisici della piastra, indicati dal parametri Db_a e Db_b: in pratica è un messaggio di non verifica. In tal caso è necessario intervenire sulla disposizione dei tralicci (numero per faccia e per spigolo) oppure sui parametri geometrici o dei materiali.

I tasti all'interno del pannello hanno le seguenti funzioni:

- **OK** : chiudi, conservando i dati per la prossima apertura..
- **Foro** : introduce i dati per la presa in conto di un foro in prossimità del pilastro (vedi schema a fianco). La presenza di un foro fa sì che un settore centrato sul pilastro e tangente al foro stesso non sia efficace per la ripresa del punzonamento. Tale settore è indicato nella grafica con il colore blu.
- **Aggiorna** : ricalcola dopo modifiche manuali ai dati.
- **Annulla** : chiude il pannello senza memorizzare i dati.
- **+ / -** : ingrandisce/diminuisce la scala del disegno.

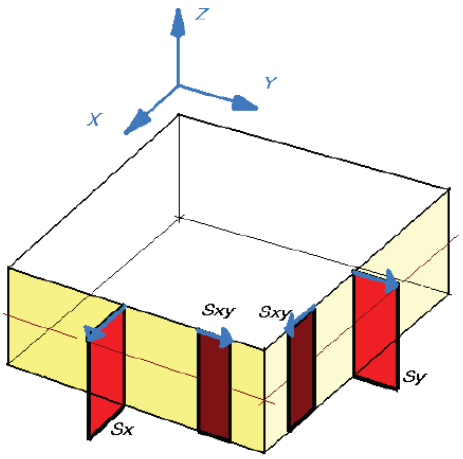



**PUNZONAMENTO MANUALE**

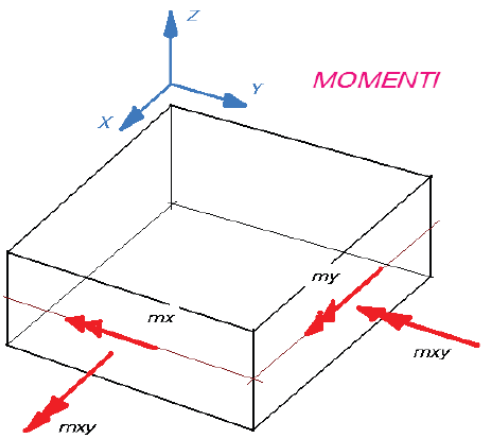
In certe situazioni si produce punzonamento anche in assenza di pilastri di appoggio (tipicamente in piastre in corrispondenza di setti discretizzati ad elementi finiti). In questo caso è possibile una funzione manuale, che leggendo i valori di **τ** nell'intorno del punto cliccato dall'utente integra a ritroso il valore della forza di punzonamento ed infine fa partire il calcolo approfondito come sopra descritto. In pratica il programma disegna in verde l'isolinea delle **τ** pari a vmin, come definita al punto 4.1.2.1.3.1 delle NTC2008, e se contenuta entro un cerchio di raggio pari a Dmax (vedi Parametri), la integra e ottiene il valore dello sforzo di punzonamento.

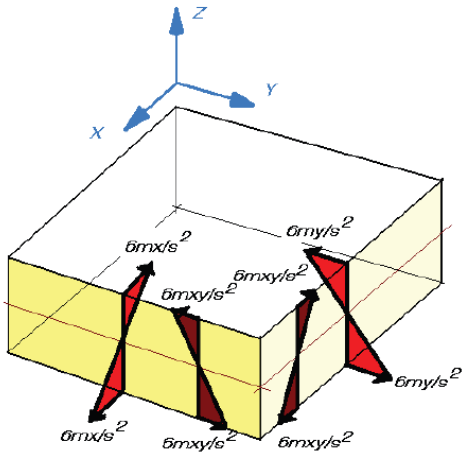
# TERMINI E CONVENZIONI SULLE PIASTRE-MEMBRANE
## sono indicate le convenzioni positive

### SFORZI DI MEMBRANA




### SOLLECITAZIONI E SFORZI DI PIASTRA



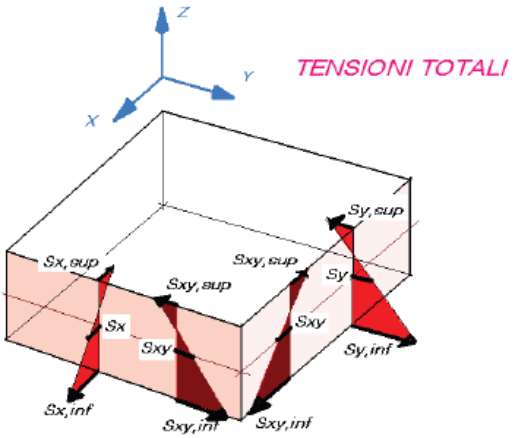



con:
s: spessore guscio;

$$Sx,\sup = Sx - \frac{mx}{s^2/6}$$
$$Sx,\inf = Sx + \frac{mx}{s^2/6}$$

$$Sy,\sup = Sy - \frac{my}{s^2/6}$$
$$Sy,\inf = Sy + \frac{my}{s^2/6}$$

$$Sxy,\sup = Sxy - \frac{mxy}{s^2/6}$$
$$Sxy,\inf = Sxy + \frac{mxy}{s^2/6}$$




---

***angolo delle direzioni principali delle tensioni*** *(rispetto asse x)*:

$$\tan 2\varphi = \frac{-Sxy}{Sx - (Sx + Sy)/2}$$

(analogo per direzioni momenti flettenti)

***tensioni principali:***

$$S_{1,2} = \frac{Sx + Sy}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{Sx - Sy}{2}\right)^2 + Sxy^2}$$

(analogo per momenti flettenti)

***tensioni ideali di Von Mises:***

$$S_{id} = \pm\sqrt{Sx^2 + Sy^2 + 3Sxy^2 - SxSy}$$

(analogo per tensioni superiori o inferiori, Ss e Si)