

1. CALCOLO DELLE SOLLECITAZIONI IN SPALLE E PILE DI PONTI

1.1 Caratteristiche generali

Il software permette di calcolare automaticamente le principali caratteristiche di sollecitazione agenti su spalle e/o pile di ponti.

Le spalle che il codice di calcolo è in grado di analizzare sono del tipo rappresentato in Fig. 1.1; in particolare possono essere ottenuti i seguenti risultati di calcolo:

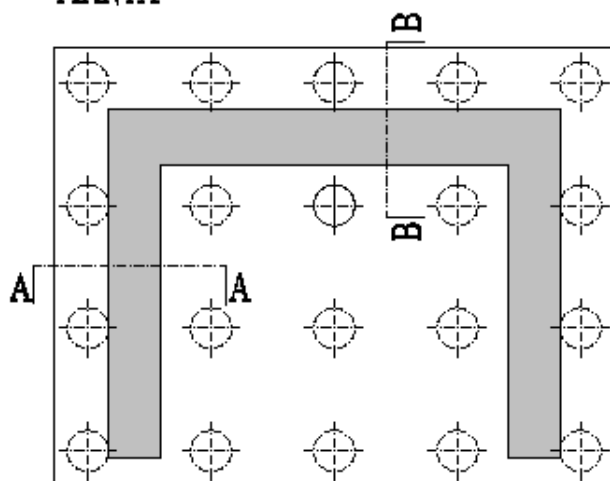
- le sollecitazioni agenti nella sezione di incastro platea-elevazioni;
- le sollecitazioni agenti in corrispondenza del baricentro della ciabatta di fondazione, alla quota intradosso;
- le sollecitazioni agenti sugli apparecchi d'appoggio;
- le sollecitazioni di momento flettente e taglio sulle mensole di fondazione;
- le azioni assiale agenti sulla palificata.

E' possibile definire un numero qualsiasi di apparecchi di appoggio in corrispondenza dei quali sono applicati carichi verticali, orizzontali e momenti flettenti.

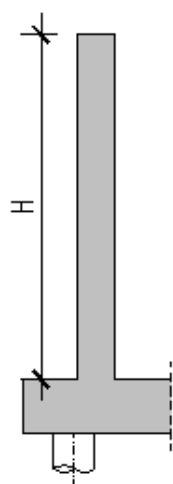
E' possibile definire un numero qualsiasi di condizioni di carico alle quali applicare le azioni trasmesse dagli appoggi. Le azioni risultanti dovute alle azioni trasmesse dagli appoggi di ogni singola condizione di carico, possono essere combinate opportunamente con le sollecitazioni dovute a pesi propri, spinte del terreno, forze d'inerzia sismiche, calcolate automaticamente dal software, definendo un qualsiasi numero di combinazioni di carico.

Ogni sessione di lavoro può essere salvata , i file generati dal programma hanno estensione *.spa.

PIANTA



SEZIONE A-A



SEZIONE B-B

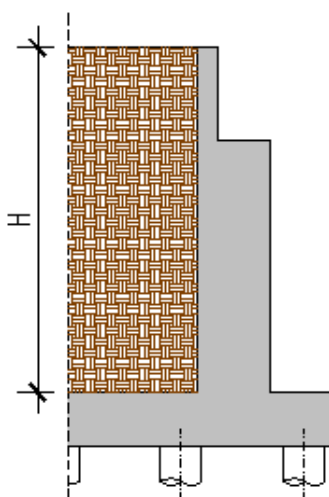


Fig. 1.1

1.2 Ambiente di lavoro – le finestre

L'ambiente di lavoro è costituito dalla finestra principale sulla quale sono inseriti i menu necessari al funzionamento del programma e che costituisce la cornice nella quale possono essere attivate le finestre destinate alla descrizione ed alla analisi del progetto.

Utilizzando i comandi presenti nella finestra principale è possibile aprire le tre finestre di lavoro attraverso le quali si realizzano gli obiettivi del programma. Tutti i dati inseriti nel programma possono essere salvati in file con suffisso *.spa* e successivamente ricaricati per successive sessioni di lavoro. I risultati delle analisi svolte dal codice di calcolo sono riepilogate nel documento di testo *Relazione di Calcolo* generato automaticamente di estensione *.rtf.

1.2.1 Geometria

Le principali caratteristiche della spalla possono essere assegnate nella finestra *Geometria* (Fig. 1.2). La finestra *Geometria* può essere attivata attraverso il comando *Apri Geometria* dal menu **FINESTRA**.

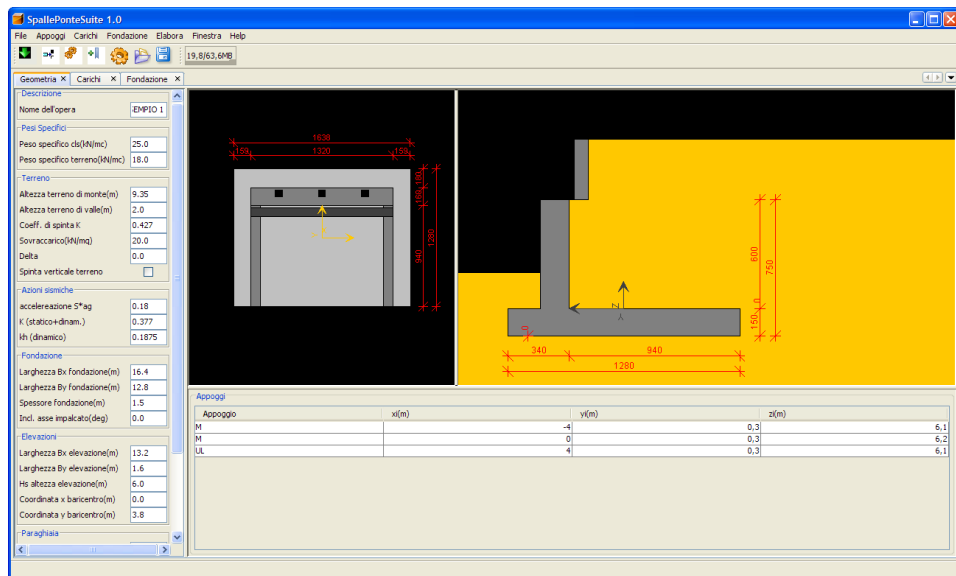
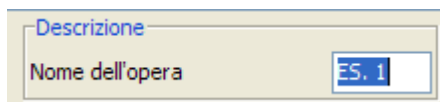


Fig. 1.2

1.2.1.2 Dati generali

Le caratteristiche possono essere assegnate direttamente nelle caselle di testo presenti nel bordo sinistro della finestra *Geometria*. I parametri sono raggruppati per argomento delle cornici di seguito descritte:

Descrizione

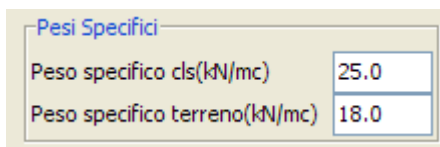


Descrizione	
Nome dell'opera	ES. 1

Fig. 1.3

La cornice descrizione la casella di testo *Nome dell'opera*. Tale parametro è facoltativo ed ha effetto esclusivamente nei file di Output (vedi **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

Pesi specifici



Pesi Specifici	
Peso specifico cls(kN/mc)	25.0
Peso specifico terreno(kN/mc)	18.0

Fig. 1.4

Nella cornice *pesi specifici* devono essere inseriti i valori dei pesi specifici del calcestruzzo e del terreno. Tali parametri sono utilizzati dal software per calcolare i pesi propri strutturali ed le relative inerzie sismiche, il peso del terreno (a tergo e a valle) e le relative inerzie sismiche, le spinte orizzontali del terreno.

Spinta terreno

Terreno	
Altezza terreno di monte(m)	9.35
Altezza terreno di valle(m)	2.0
Coeff. di spinta K	0.427
Sovraccarico(kN/mq)	20.0
Delta	0.0
Spinta verticale terreno	<input type="checkbox"/>

Fig. 1.5

Nella cornice *Spinta terreno* possono essere assegnati i parametri necessari per la valutazione automatica delle spinte orizzontali del terreno. Si rimanda al punto 1.2.3 per la spiegazione del significato fisico dei parametri qui riportati.

Fondazione

Fondazione	
Larghezza Bx fondazione(m)	16.4
Larghezza By fondazione(m)	12.8
Spessore fondazione(m)	1.5
Incl. asse impalcato(deg)	0.0

Fig. 1.6

Nella cornice *Fondazione* possono essere assegnate le caratteristiche dimensionali della platea di fondazione. La platea può avere forma rettangolare di dimensione in pianta $B_x \times B_y$. La convenzione sugli assi di riferimento è quella rappresentata in Fig. 1.7a. Per ponti non in retta è possibile definire un angolo di incidenza tra asse impalcato ed asse spalla; in tal caso la geometria della ciabatta di fondazione considerata nell'analisi delle sollecitazioni è quella rappresentata in figura Fig. 1.7b.

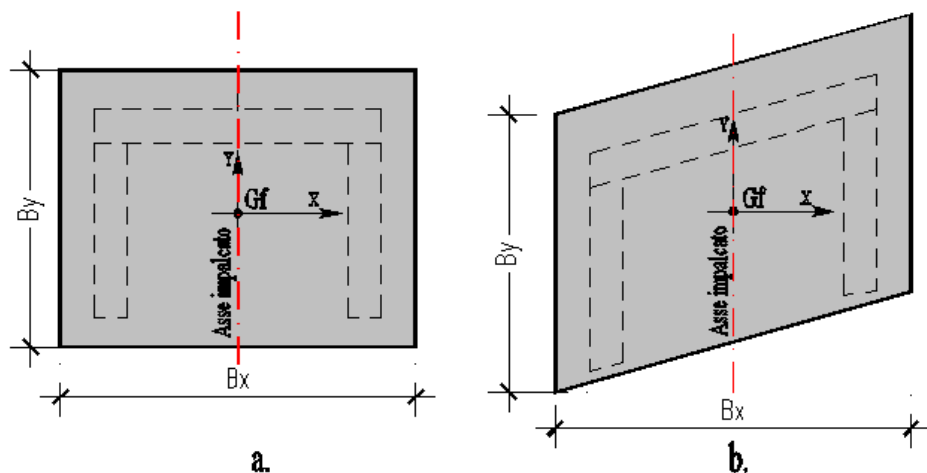


Fig. 1.7

Elevazioni

Elevazioni	
Larghezza Bx elevazione(m)	13.2
Larghezza By elevazione(m)	1.6
Hs altezza elevazione(m)	6.0
Coordinata x baricentro(m)	0.0
Coordinata y baricentro(m)	3.8

Fig. 1.8

La spalla in elevazione è definita (vedi Fig. 1.9) assegnando le larghezze B_x , lo spessore B_y , l'altezza H_s e le eccentricità d_x ed d_y fra baricentro G_e baricentro della platea di fondazione G_f .

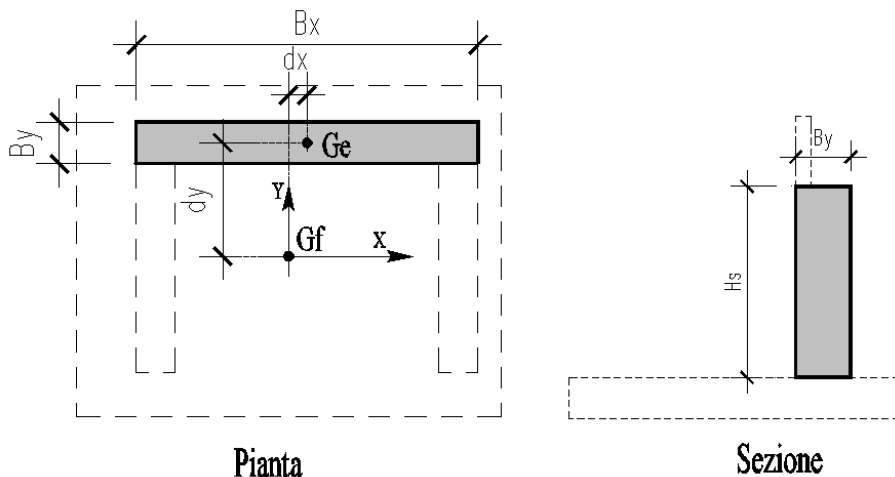


Fig. 1.9

Paraghiaia

Paraghiaia	
Altezza paraghiaia(m)	3.35
Spessore paraghiaia(m)	0.8
dy (m)	-1.05

Fig. 1.10

Il paraghiaia è definito dallo spessore B_y , l'altezza H_s e dalla eccentricità dy tra i paramenti interni a contatto con il terreno (Fig. 1.11). La larghezza del paraghiaia è considerata dal codice di calcolo pari alla larghezza della spalla.

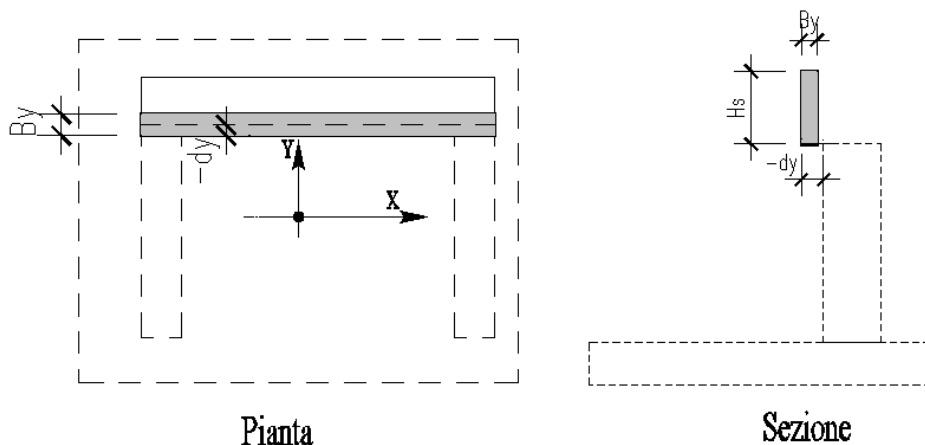


Fig. 1.11

Muri d'ala

Muri d'ala	
Lunghezza muri(m)	9.4
Spessore muri(m)	0.9

Fig. 1.12

I muri d'ala sono definiti dalla lunghezza B_y e dallo spessore B_x ; l'altezza H_m è assunta automaticamente come somma dell'altezza della spalla in elevazione e del paraghiaia. In muri d'ala sono sempre posizionati sulla platea in modo da risultare in aderenza ai muri in elevazioni (Fig. 1.13).

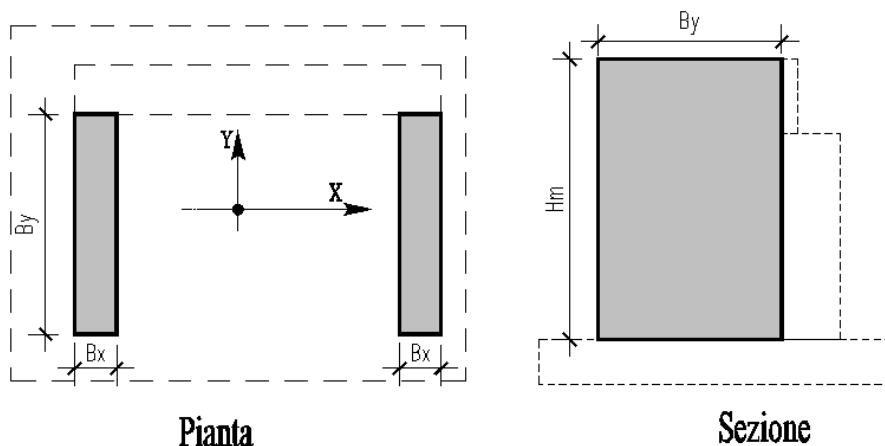


Fig. 1.13

Azioni sismiche

Azioni sismiche	
accelerazione $S \cdot a_g$	0.18
K (statico+dinam.)	0.377
k_h (dinamico)	0.1875

Fig. 1.14

Le azioni sismiche sono definite dal coefficiente sismico $S \cdot a_g$, per il calcolo delle azioni inerziali delle masse, e dai coefficienti di spinta orizzontale K (statico + dinamico) e dal coefficiente k_h (dinamico).

1.2.1.3 Definizione degli appoggi

Per l'applicazione dei carichi trasmessi dall'impalcato alla sottostruttura (spalle o pile) il software permetta la definizione di elementi *appoggio*. Ogni appoggio è definito da una terna di coordinate x, y, z su cui possono essere applicate le azioni trasmesse dall'impalcato. Le coordinate x, y, z sono le coordinate relative al sistema di assi con origine nel baricentro della spalla in elevazione e con z asse verticale.

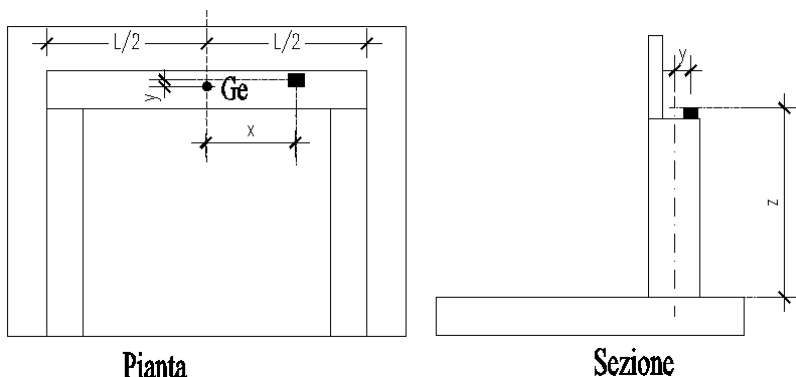


Fig. 1.15

La procedura per la definizione delle condizioni di carico, e l'applicazione delle relative azioni, è definita in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..** E' possibile aggiungere un appoggio attivando il comando *Aggiungi Appoggio* dal menu APPOGGI.

Le proprietà degli appoggi possono essere modificate direttamente dalla tabella *Appoggi* nella finestra principale (Fig. 1.16).

Un appoggio può essere rimosso attraverso il comando *Elimina Appoggio* dal menu APPOGGI.

Appoggi			
Appoggio	x(m)	y(m)	z(m)
M		-4	0,3
M		0	0,3
UL		4	0,3

Fig. 1.16

1.2.2 Carichi

Le condizioni di carico e le combinazioni di carico possono essere assegnate dalla finestra *Carichi* attivabile attraverso il comando *Apri Carichi* dal menu FINESTRA.

1.2.2.1 Condizioni di carico

Una condizione di carico può essere aggiunta attivando il comando *Aggiungi Carico* dal menu CARICHI ed assegnando il nome della condizione di carico nella finestra di dialogo *Aggiungi carico*.

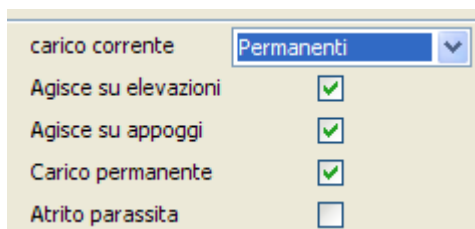
Una condizione di carico può essere eliminata attivando il comando *Elimina Condizione* dal menu CARICHI e selezionando nella finestra di dialogo *Elimina carico* il carico di carico da eliminare.

Ad ogni condizione di carico possono essere assegnate le azioni F_x , F_y , F_z , M_x , M_y agenti su ogni singolo appoggio. La convenzione degli assi è quello già presentato per gli apparecchi d'appoggio, dove l'azione F_z si riferisce ad azioni verticali positive se agenti verso il basso.

Il valore delle azioni agenti sugli appoggi del carico corrente possono essere assegnate direttamente dalla tabella carichi (Fig. 1.18) nella finestra principale. Un carico è il carico corrente se selezionato nella casella di testo combinata nella finestra principale.

In talune situazioni può risultare conveniente definire un elemento appoggio su cui applicare delle azioni diverse da quelle trasmesse dall'impalcato. Ad esempio è possibile considerare un carico dovuto ad un elemento strutturale non considerato dal codice di calcolo (una bandiera laterale, una soletta, etc.). In tal caso è possibile decidere se i carichi applicati all'appoggio debbano essere considerati nel computo totale delle azioni agenti sugli appoggi, sul computo totale delle azioni agenti sulla spalla, ovvero sulla fondazione. Un carico applicato per simulare la presenza di una bandiera su un muro d'ala non provoca, ad esempio, sollecitazioni sulle elevazioni.

Se le azioni assegnate ad una particolare condizione di carico non si desidera considerarle nel calcolo delle azioni totali agenti sugli appoggi, è possibile disattivare la casella opzionale *agente su appoggi*. In tal modo il codice di calcolo trascura il contributo di tale azione nel calcolo delle azioni sugli appoggi.



carico corrente	
	Permanenti
Agisce su elevazioni	<input checked="" type="checkbox"/>
Agisce su appoggi	<input checked="" type="checkbox"/>
Carico permanente	<input checked="" type="checkbox"/>
Atrito parassita	<input type="checkbox"/>

Fig. 1.17

Se le azioni assegnate ad una particolare condizione di carico non si desidera considerarle nel calcolo delle azioni totali agenti sulla sezione d'incastro della spalla, è possibile disattivare la casella opzionale *agente su spalla*. In tal modo il

codice di calcolo trascura il contributo di tale azione nel calcolo delle sollecitazioni agenti nella sezione d’incastro.

Carichi						
Appoggio N°	F _x (kN)	F _y (kN)	F _z (kN)	M _x (kNm)	M _y (kNm)	
M	0	0	302	0	0	0
M	0	0	-45	0	0	0
UL	0	0	302	0	0	0

Fig. 1.18

E’ possibile assegnare alla condizione di carico la proprietà *Attrito parassita*. In tal caso il codice di calcolo non considera i valori di sollecitazione inseriti nella tabella carichi, ma calcola per ogni appoggio una forza orizzontale pari a:

$$F_{yi} = 0.03 F_{zi}$$

essendo F_{zi} la somma dei carichi permanenti verticali agenti sull’appoggio i .

1.2.2.2 *Combinazioni di carico*

Le azioni provocate dalle condizioni di carico agenti sugli appoggi e le azioni calcolate automaticamente dal codice di calcolo, e relative ai pesi propri strutturali, al peso del terreno sulle mensole di fondazione, alle spinte orizzontali del terreno e le azioni sismiche, possono essere combinate definendo un numero desiderato di combinazioni di carico.

Una combinazione di carico può essere aggiunta attivando il comando *Aggiungi combinazione* dal menu CARICHI ed assegnando il nome della combinazione nella finestra di dialogo *Aggiungi combinazione*.

Una condizione di carico può essere eliminata attivando il comando *Elimina Combinazione* dal menu CARICHI e selezionando nella finestra di dialogo *Elimina carico* la combinazione di carico da eliminare.

I coefficienti di moltiplicazione dei singoli carichi, così come il nome delle combinazioni, possono essere assegnate direttamente dalla tabella *Combinazione* nella finestra principale (Fig. 1.19).

Combinazioni															
Combo	Pesi propri	Sovracc. q	Spinte ori...	Spinte di...	Spinte di...	l_peso p...	Permanenti	Ribrot	Acc: max N	Acc: Max...	DT differ...	Vento sc...	Vento sc...	Sisma x	Abrito
UII	1,5	1,5	1,5	0	0	1,5	1,5	0,85	0	0	1,2	1,5	0	0	1,5
UIIIa	1,5	1,5	1,5	0	0	1,5	1,5	0,85	1,5	0	1,2	0	0,9	0	1,5
UIIIb	1	1,5	1,5	0	0	1	1	1,2	0	1,5	0,85	0	0,9	0	1,5
UIIIa	1,5	1,5	1,5	0	0	1,5	1,5	0,85	1,5	0	1,2	0	0,6	0	1,5
UIIIb	1	1,5	1,5	0	0	1	1	1,2	0	1,5	0,85	0	0,6	0	1,5
UIVa	1	0	1	0,3	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0
UIVb	1	0	1	1	0,3	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0

Fig. 1.19

Nella tabella Combinazioni di carico, oltre ai coefficienti di combinazione relativi alle condizioni di carico definite dall'utente, possono essere assegnati i coefficienti di combinazione delle azioni calcolate in automatico dal codice di calcolo, suddivise in:

- *Pesi propri*: sono i pesi propri strutturali ed i pesi propri del terreno soprastante le mensole di fondazione;
- *Sovraccarico*: sono le spinte (orizzontali e verticali) dovute al sovraccarico a tergo della spalla;
- *Spinte terreno*: sono le spinte **orizzontali** dovute al terreno ed al sovraccarico a tergo della spalla (escluso sovraccarico q);
- *Sisma x*: solo le azioni dovute all'inerzia degli elementi strutturali e del terreno in direzione x;
- *Sisma y*: solo le azioni dovute all'inerzia degli elementi strutturali e del terreno in direzione y e le sovraspinte dinamiche del terreno in condizioni sismiche;

1.2.3 Palificata

La palificata può essere definita nella finestra *Palificata* attivabile attraverso il comando *Apri Palificata* dal menu **FINESTRA**

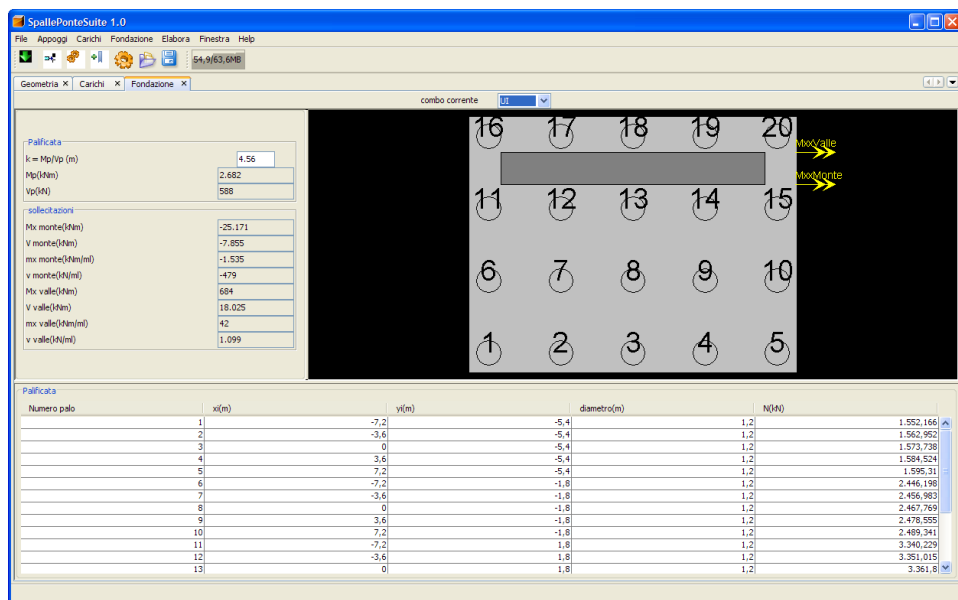


Fig. 1.20

Un singolo palo può essere assegnato attivando il comando *Aggiungi Palo* dal menu PALIFICATA.

Un singolo palo può essere eliminato attivando il comando *Elimina Palo* dal menu PALIFICATA.

Le coordinate x, y del palo rispetto al **baricentro della ciabatta** di fondazione ed il suo diametro possono essere assegnati direttamente nella tabella *Palificata* della finestra principale.

Nella finestra può essere assegnato il coefficiente k definito come

$$k = M / V$$

definito come il rapporto tra momento e taglio risultante in testa palo quando nel palo stesso è applicata un'azione orizzontale di punta (si veda **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

1.3 I menù

1.3.1 Menù file

Nel menu File sono presenti i COMANDI che consentono la creazione ed il salvataggio dei documenti:

NUOVO PROGETTO

Crea un nuovo progetto

SALVA

Salva il progetto corrente

SALVA COME

Salva il progetto con un nome definito dall'utente

EXIT

Chiude la sessione di lavoro.

1.3.2 Menù Appoggi

Nel menu Appoggio sono presenti i COMANDI che consentono la creazione e la rimozione degli appoggi:

AGGIUNGI APPOGGIO

Aggiunge un appoggio

RIMUOVI APPOGGIO

Rimuove un appoggi

1.3.3 Menù Carichi

Nel menu Carichi sono presenti i COMANDI che consentono la creazione e la rimozione delle condizioni di carico e delle combinazioni di carico:

AGGIUNGI CARICO

Aggiunge una condizione di carico

RIMUOVI CARICO

Rimuove un condizione di carico

AGGIUNGI COMBINAZIONE

Aggiunge una combinazione di carico

RIMUOVI COMBINAZIONE

Rimuove un combinazione di carico

1.3.4 Menù Fondazione

Nel menu Fondazione sono presenti i COMANDI che consentono la definizione della palificata:

AGGIUNGI PALO

Aggiunge un palo alla palificata

RIMUOVI PALI

Rimuove un palo alla palificata

1.3.5 Menù Elabora

Il menu ELABORA contiene i comandi necessari per effettuare l'analisi delle sezioni e per rappresentare i relativi tabulati di calcolo.

ELABORA

Avvia l'analisi;

RELAZIONE DI CALCOLO

Produce la relazione di calcolo;

1.3.6 Menù Finestra

Attraverso i comandi contenuti nel menu FINESTRA è possibile aprire e chiudere le finestre che consentono di effettuare le analisi che costituiscono lo scopo del programma.

APRI GEOMETRIA

Apre la finestra GEOMETRIA;

APRI CARICHI

Apre la finestra CARICHI;

APRI FONDAZIONI

Apre la finestra FONDAZIONI;

CHIUDI TUTTO

Chiude tutte le finestre sopra menzionate;

TOOLBARS

Nel menu sono, inoltre, presenti comandi utili per l'impostazione grafica del software.

1.3.7 Menù Help

HELP

Permette di accedere al file guida in formato html;

ABOUT

Permette di accedere alla finestra informativa sul software e sulla società produttrice;

1.4 Stampe

La stampa dei risultati, effettuata attraverso il comando *Relazione di calcolo* dal menu ELABORA, produce il file di testo in formato *.rtf* contenente i principali risultati dell'analisi effettuata dal software.

La relazione relativa all'esempio di calcolo presentato in 1.6 è di seguito riportata:

PROGETTO: ESEMPIO 2

1. DATI DI INPUT

Pesi Specifici	
Peso specifico cls(kN/mc)	25,00
Peso specifico terreno(kN/mc)	18,00
Terreno	
Coefficiente di spinta	0,43
Sovraccarico accidentale a tergo(kN/mq)	20,00
Angolo di attrito terreno-struttura(deg)	0,00
Altezza terreno di monte(m)	9,35
Altezza terreno di valle(m)	2,00
Fondazioni	
Larghezza By fondazione(m)	12,80
Larghezza Bx fondazione(m)	16,40
Spessore fondazione(m)	1,50
Incl. asse impalcato(deg)	0,00
Elevazioni	
Larghezza By elevazione(m)	1,60
Coordinata y baricentro(m)	3,80
Hs altezza elevazione(m)	6,00
Coordinata x baricentro(m)	0,00
Larghezza Bx elevazione(m)	13,20
Paragliaia	
Altezza paragliaia(m)	3,35
Spessore paragliaia(m)	0,80
Muri d'ala	
Lunghezza muri(m)	9,40
Spessore muri(m)	0,90
Azioni sismiche	
Coefficiente di spinta dinamico: kh	0,19
Coefficiente di spinta dinamico (statico+dinam.): K	0,38
Accelerazione sismica S*ag	0,18

2. COORDINATE APPOGGI (x e y da baricentro elevazioni, z da estradosso fondazioni)

Appoggio	x(m)	y(m)	z(m)
M	-4,00	0,30	6,10
M	0,00	0,30	6,20
UL	4,00	0,30	6,10

3. AZIONE TRASMESSE SUGLI APPOGGI

a.1. I_peso proprio

Appoggio	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)
M	0,00	0,00	369,00	0,00	0,00
M	0,00	0,00	309,00	0,00	0,00
UL	0,00	0,00	369,00	0,00	0,00

a.2. Permanenti

Appoggio	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)
M	0,00	0,00	302,00	0,00	0,00
M	0,00	0,00	-45,00	0,00	0,00
UL	0,00	0,00	302,00	0,00	0,00

a.3. Ritiro

Appoggio	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)
M	0,00	0,00	-138,00	0,00	0,00
M	0,00	0,00	-138,00	0,00	0,00
UL	0,00	0,00	-138,00	0,00	0,00

a.4. Acc: max N

Appoggio	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)
M	0,00	0,00	185,00	0,00	0,00
M	0,00	0,00	638,00	0,00	0,00
UL	0,00	0,00	628,00	0,00	0,00

a.5. Acc: Max Mt

Appoggio	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)
M	0,00	0,00	-41,00	0,00	0,00
M	0,00	0,00	323,00	0,00	0,00
UL	0,00	0,00	737,00	0,00	0,00

a.6. DT differenziale

Appoggio	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)
M	0,00	0,00	155,00	0,00	0,00
M	0,00	0,00	155,00	0,00	0,00
UL	0,00	0,00	155,00	0,00	0,00

a.7. Vento scarico

Appoggio	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)
M	0,00	0,00	-25,00	0,00	0,00
M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
UL	69,00	0,00	25,00	0,00	0,00

a.8. Vento scarico

Appoggio	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)
M	0,00	0,00	-44,00	0,00	0,00
M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

UL	121,00	0,00	44,00	0,00	0,00
----	--------	------	-------	------	------

a.9. Sisma x

Appoggio	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)
M	0,00	0,00	-109,00	0,00	0,00
M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
UL	301,00	0,00	109,00	0,00	0,00

a.10. Atrito

Appoggio	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)
M	0,00	15,99	0,00	0,00	0,00
M	0,00	3,78	0,00	0,00	0,00
UL	0,00	15,99	0,00	0,00	0,00

4. COMBINAZIONI

Comb o	P.p. spalla	Sovra cc. q	Spinte terreno	Sisma x	Sisma y	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10
UI	1,50	1,50	1,50	0,00	0,00	1,50	1,50	0,85	0,00	0,00	1,20	1,50	0,00	0,00	1,50
UIIa	1,50	1,50	1,50	0,00	0,00	1,50	1,50	0,85	1,50	0,00	1,20	0,00	0,90	0,00	1,50
UIIb	1,00	1,50	1,50	0,00	0,00	1,00	1,00	1,20	0,00	1,50	0,85	0,00	0,90	0,00	1,50
UIIIa	1,50	1,50	1,50	0,00	0,00	1,50	1,50	0,85	1,50	0,00	1,20	0,00	0,60	0,00	1,50
UIIIb	1,00	1,50	1,50	0,00	0,00	1,00	1,00	1,20	0,00	1,50	0,85	0,00	0,60	0,00	1,50
UVa	1,00	0,00	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
UVb	1,00	0,00	1,00	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00

5. RIEPILOGO AZIONI ZONA INCASTRO ELEVAZIONI

Azione	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)
Peso P.: Elevazioni	0,00	0,00	3.168,00	0,00	0,00
Peso P.: Paraghiata	0,00	0,00	884,40	1.282,38	0,00
TOT PESI PROPRI	0,00	0,00	4.052,40	1.282,38	0,00
Sovraccarico	0,00	910,28	0,00	-4.255,55	0,00
Sovraccarico (condizioni sismiche)	0,00	403,98	0,00	-1.888,59	0,00
Spinta orizz. terreno	0,00	3.830,00	0,00	-11.936,82	0,00
Spinta orizz. terreno (cond. sismiche)	0,00	1.699,73	0,00	-5.297,49	0,00
Sisma y	0,00	5.657,53	0,00	-25.971,36	0,00
Sisma x	3.975,74	0,00	0,00	0,00	18.108,99
I_peso proprio	0,00	0,00	1.047,00	-314,10	0,00

UL	121,00	0,00	44,00	0,00	0,00
----	--------	------	-------	------	------

a.9. Sisma x

Appoggio	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)
M	0,00	0,00	-109,00	0,00	0,00
M	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
UL	301,00	0,00	109,00	0,00	0,00

a.10. Atrito

Appoggio	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)
M	0,00	15,99	0,00	0,00	0,00
M	0,00	3,78	0,00	0,00	0,00
UL	0,00	15,99	0,00	0,00	0,00

4. COMBINAZIONI

Comb o	P.p. spalla	Sovra cc. q	Spinte terreno	Sisma x	Sisma y	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8	a9	a10
UI	1,50	1,50	1,50	0,00	0,00	1,50	1,50	0,85	0,00	0,00	1,20	1,50	0,00	0,00	1,50
UIIa	1,50	1,50	1,50	0,00	0,00	1,50	1,50	0,85	1,50	0,00	1,20	0,00	0,90	0,00	1,50
UIIb	1,00	1,50	1,50	0,00	0,00	1,00	1,00	1,20	0,00	1,50	0,85	0,00	0,90	0,00	1,50
UIIIa	1,50	1,50	1,50	0,00	0,00	1,50	1,50	0,85	1,50	0,00	1,20	0,00	0,60	0,00	1,50
UIIIb	1,00	1,50	1,50	0,00	0,00	1,00	1,00	1,20	0,00	1,50	0,85	0,00	0,60	0,00	1,50
UVa	1,00	0,00	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
UVb	1,00	0,00	1,00	1,00	0,30	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00

5. RIEPILOGO AZIONI ZONA INCASTRO ELEVAZIONI

Azione	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)
Peso P.: Elevazioni	0,00	0,00	3.168,00	0,00	0,00
Peso P.: Paraghiaia	0,00	0,00	884,40	1.282,38	0,00
TOT PESI PROPRI	0,00	0,00	4.052,40	1.282,38	0,00
Sovraccarico	0,00	910,28	0,00	-4.255,55	0,00
Sovraccarico (condizioni sismiche)	0,00	403,98	0,00	-1.888,59	0,00
Spinta orizz. terreno	0,00	3.830,00	0,00	-11.936,82	0,00
Spinta orizz. terreno (cond. sismiche)	0,00	1.699,73	0,00	-5.297,49	0,00
Sisma y	0,00	5.657,53	0,00	-25.971,36	0,00
Sisma x	3.975,74	0,00	0,00	0,00	18.108,99
I_peso proprio	0,00	0,00	1.047,00	-314,10	0,00

Permanenti	0,00	0,00	559,00	-167,70	0,00
Ritiro	0,00	0,00	-414,00	124,20	0,00
Acc: max N	0,00	0,00	1.451,00	-435,30	1.772,00
Acc: Max Mt	0,00	0,00	1.019,00	-305,70	3.112,00
DT differenziale	0,00	0,00	465,00	-139,50	0,00
Vento scarico	69,00	0,00	0,00	0,00	620,90
Vento scarico	121,00	0,00	0,00	0,00	1.090,10
Sisma x	301,00	0,00	0,00	0,00	2.708,10
Atrito	0,00	35,76	0,00	-218,51	0,00

6. RIEPILOGO AZIONI ZONA INTRADOSSO FONDAZIONI

Azione	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)
P.P.: Muri d'ala	0,00	0,00	3.955,05	6.723,59	0,00
P.P.: Peso terreno di monte	0,00	0,00	18.035,03	30.659,55	0,00
P.P.: Peso terreno di valle	0,00	0,00	1.062,72	-5.844,96	0,00
P.P.: Elevazioni	0,00	0,00	3.168,00	-12.038,40	0,00
P.P.: Paraghiata	0,00	0,00	884,40	-2.078,34	0,00
PESI P.: TOTALI	0,00	0,00	34.977,20	17.421,43	0,00
Sovraccarico (condizioni statiche)	0,00	0,00	2.143,20	3.643,44	0,00
Sovraccarico (condizioni sismiche)	0,00	0,00	2.143,20	3.643,44	0,00
Spinta statica terreno	0,00	5.971,78	0,00	-21.597,94	0,00
Spinta statica (condizioni sismiche)	0,00	2.650,24	0,00	-9.585,03	0,00
Sisma y	0,00	5.657,53	0,00	-25.971,36	0,00
Sisma x	3.975,74	0,00	0,00	0,00	18.108,99
I. peso proprio	0,00	0,00	1.047,00	-4.292,70	0,00
Permanenti	0,00	0,00	559,00	-2.291,90	0,00
Ritiro	0,00	0,00	-414,00	1.697,40	0,00
Acc: max N	0,00	0,00	1.451,00	-5.949,10	1.772,00
Acc: Max Mt	0,00	0,00	1.019,00	-4.177,90	3.112,00
DT differenziale	0,00	0,00	465,00	-1.906,50	0,00
Vento scarico	69,00	0,00	0,00	0,00	724,40
Vento scarico	121,00	0,00	0,00	0,00	1.271,60
Sisma x	301,00	0,00	0,00	0,00	3.159,60
Atrito	0,00	35,76	0,00	-545,53	0,00

7. AZIONI COMBinate ZONA INCASTRO (valori relativi ad assi locali elevazioni x',y')

combo	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)
-------	--------	--------	--------	---------	---------

UI	103,50	7.164,05	8.693,70	-23.477,30	931,35
UIIa	108,90	7.164,05	10.870,20	-24.130,25	3.639,09
UIIb	108,90	7.164,05	7.085,35	-24.243,84	5.649,09
UIIIa	72,60	7.164,05	10.870,20	-24.130,25	3.312,06
UIIIb	72,60	7.164,05	7.085,35	-24.243,84	5.322,06
UVa	1.192,72	7.357,26	5.709,40	-30.483,57	5.432,70
UVb	4.276,74	3.396,99	5.709,40	-12.303,62	20.817,09

8. SOLLECITAZIONI INTRADOSSO FONDAZIONE (valori relativi ad assi principali x,y)

combo	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Mx(kN)	My(kN)
UI	103,50	11.763,28	58.295,70	-27.269,25	1.086,60
UIIa	108,90	11.763,28	60.472,20	-36.192,90	3.802,44
UIIb	108,90	11.763,28	41.224,95	-37.693,15	5.812,44
UIIIa	72,60	11.763,28	60.472,20	-36.192,90	3.420,96
UIIIb	72,60	11.763,28	41.224,95	-37.693,15	5.430,96
UVa	1.192,72	8.307,77	36.634,20	-24.928,66	5.432,70
UVb	4.276,74	4.347,50	36.634,20	-6.748,71	21.268,59

9. AZIONI COMBinate APPOGGI (valori relativi ad assi principali x,y)

COMBO	APPOGGIO	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)
UI	M	0,00	23,98	1.037,70
UI	M	0,00	5,67	464,70
UI	UL	103,50	23,98	1.112,70
UI (Perm)	M	0,00	50,66	889,20
UI (Perm)	M	0,00	14,03	278,70
UI (Perm)	UL	0,00	50,66	889,20
UIIa	M	0,00	23,98	1.313,10
UIIa	M	0,00	5,67	1.421,70
UIIa	UL	108,90	23,98	2.056,80
UIIa (Perm)	M	0,00	50,66	889,20
UIIa (Perm)	M	0,00	14,03	278,70
UIIa (Perm)	UL	0,00	50,66	889,20
UIIb	M	0,00	23,98	536,05
UIIb	M	0,00	5,67	714,65
UIIb	UL	108,90	23,98	1.782,25
UIIb (Perm)	M	0,00	39,15	505,40
UIIb (Perm)	M	0,00	8,62	98,40
UIIb (Perm)	UL	0,00	39,15	505,40
UIIIa	M	0,00	23,98	1.326,30
UIIIa	M	0,00	5,67	1.421,70
UIIIa	UL	72,60	23,98	2.043,60
UIIIa (Perm)	M	0,00	50,66	889,20
UIIIa (Perm)	M	0,00	14,03	278,70
UIIIa (Perm)	UL	0,00	50,66	889,20
UIIIb	M	0,00	23,98	549,25
UIIIb	M	0,00	5,67	714,65

1.5 Metodi di calcolo

1.5.1 Sollecitazioni sulla spalla

L'elaborazione dei dati può essere attivata attivando il comando *Elabora* dal menu ELABORA. I risultati relativi sono visualizzati nelle tabelle presenti nella finestra Carichi; si hanno in particolare:

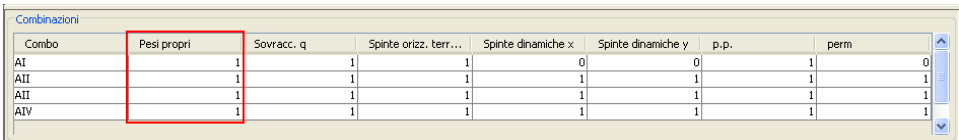
- sollecitazioni sul muro di spalla in elevazione in corrispondenza della sezione d'incastro con la ciabatta di fondazione;
- sollecitazioni agenti in corrispondenza del baricentro della ciabatta di fondazione ed a quota intradosso;
- sollecitazioni agenti sui singoli appoggi;

1.5.1.1 Azioni sezione d'incastro spalla

Le sollecitazioni che agiscono in corrispondenza della sezione d'incastro della spalla sono ottenute combinando le seguenti sollecitazioni:

A. Pesi propri

I pesi propri considerati nel calcolo delle sollecitazioni della sezione di incastro della spalla, relativi ad una data combinazione di carico, consistono in: peso proprio del paraghiaia e peso proprio della spalla in elevazione, ognuno dei quali moltiplicato per il fattore assegnato alla combinazione per i pesi propri (Fig. 1.21).



Combo	Pesi propri	Sovracc. q	Spinte orizz. terr...	Spinte dinamiche x	Spinte dinamiche y	p.p.	perm
AI	1	1	1	0	0	1	0
AII	1	1	1	1	1	1	1
AIII	1	1	1	1	1	1	1
AIV	1	1	1	1	1	1	1

Fig. 1.21

B. Sovraccarico

Le azioni dovute al sovraccarico q consistono nella spinta orizzontale del terreno dovuta al sovraccarico, calcolate applicando al sovraccarico q il fattore γ_q assegnato alla combinazione in esame (Fig. 1.22).

Combinazioni								
Combo	Pesi propri	Sovracc. q	Spinte orizz. terr...	Spinte dinamiche x	Spinte dinamiche y	p.p.	perm	
AI	1	1	1	0	0	1	0	
AII	1	1	1	1	1	1	1	
AII	1	1	1	1	1	1	1	
AIV	1	1	1	1	1	1	1	

Fig. 1.22

Inoltre, la spinta orizzontale è calcolata applicando l'ulteriore coefficiente moltiplicativo applicato al coefficiente di spinta del terreno γ_k (Fig. 1.23):

$$F_y = (K \gamma_k) (q \gamma_q) H_i (B_{x,spalla} - 2 B_{x,muri ala})$$

applicata alla quota:

$$z_g = H_t / 2$$

dove:

H_t è l'altezza del terreno;

K è il coefficiente di spinta del terreno¹;

$B_{x,spalla}$ è la larghezza della spalla;

$B_{x,muri ala}$ è la larghezza dei muri d'ala;

Quando è assegnato un angolo terreno struttura δ diverso da zero la spinta è scomposta nelle due componenti orizzontali e verticali²:

$$F_{y,h} = F_y \cos(\delta)$$

$$F_{y,v} = F_y \sin(\delta)$$

con azione verticale applicata in corrispondenza della superficie di contatto tra terreno e spalla.

¹ Il valore del coefficiente di spinta del terreno K assunto dal codice di calcolo è pari al coefficiente $K_{statico}$ in condizioni non sismiche in direzione y; altrimenti è assunto pari a $K_{statico}$ durante sisma (vedi Fig. 1.5). Una combinazione è considerata combinazione sismica in direzione y se è assegnato nella tabella combinazioni (Fig. 1.19) un fattore moltiplicativo alle spinte dinamiche y diverso da zero.

² Quando non è selezionata la casella opzionale *Spinta verticale terreno* (Fig. 1.5) la componente verticale $F_{y,v}$ è posta uguale a zero.

C. Spinte orizzontali terreno:

Le spinte orizzontali del terreno, oltre al contributo del sovraccarico (vedi punto precedente) consistono nella spinta del terreno a tergo della spalla calcolate applicando al coefficiente di spinta K il fattore assegnato alla combinazione delle spinte (Fig. 1.23). La spinta è calcolata come:

$$F_y = 1/2 H_t^2 \gamma_i (K \gamma_k) (B_{x,spalla} - 2 B_{x,muri\ ala})$$

applicata alla quota:

$$z_g = H_t / 3$$

dove:

H_t è l'altezza del terreno;

K è il coefficiente di spinta del terreno¹;

$B_{x,spalla}$ è la larghezza della spalla;

$B_{x,muri\ ala}$ è la larghezza dei muri d'ala;

Quando è assegnato un angolo terreno struttura δ diverso da zero la spinta è scomposta nelle due componenti orizzontali e verticali²:

$$F_{y,h} = F_y \cos(\delta)$$

$$F_{y,v} = F_y \sin(\delta)$$

con azione verticale applicata in corrispondenza della superficie di contatto tra terreno e spalla.

Combinazioni							
Combo	Pesi propri	Sovracc. q	Spinte orizz. terreno	Spinte dinamiche x	Spinte dinamiche y	p.p.	perm
AI	1	1	1	0	0	1	0
AII	1	1	1	1	1	1	1
AIII	1	1	1	1	1	1	1
AIV	1	1	1	1	1	1	1

Fig. 1.23

D. Spinta dinamica y:

Le spinte dinamiche in direzione y consistono nelle seguenti forze, moltiplicate per il fattore di combinazione delle spinte dinamiche y (Fig. 1.24): forze di inerzia del paraghiaia, forze di inerzia della spalla in elevazione, forze di inerzia del terreno a tergo della spalla, sovraspinta dinamica del terreno in fase sismica.

Le forze di inerzia sono calcolate come forze nella direzione del sisma ed applicate nel baricentro delle masse:

$$F_y = W a_g$$

dove a_g è l'accelerazione sismica assegnata. La sovraspinta sismica è calcolata come:

$$F_{y,5} = 1/2 \cdot H_t^2 \cdot \gamma_i k_{dinamico} (B_{x,spalla} - 2 \cdot B_{x,muri\ ala})$$

applicata alla quota:

$$z_g = H_t / 2$$

dove:

H_t è l'altezza del terreno;

$k_{dinamico}$ è il coefficiente di spinta dinamica;

$B_{x,spalla}$ è la larghezza della spalla;

$B_{x,muri\ ala}$ è la larghezza dei muri d'ala;

Combinazioni								
Combo	Pesi propri	Sovracc. q	Spinte orizz. terreno	Spinte dinamiche x	Spinte dinamiche y	p.p.	perm	
AI	1	1	1	0	0	1	0	
AII	1	1	1	1	1	1	1	
AIII	1	1	1	1	1	1	1	
AIV	1	1	1	1	1	1	1	

Fig. 1.24

E. Spinta dinamica x:

Le spinte dinamiche in direzione x consistono nelle seguenti forze, moltiplicate per il fattore di combinazione delle spinte dinamiche x (Fig. 1.25): forze di inerzia del paraghiaia, forze di inerzia della spalla in elevazione. Le forze di inerzia sono calcolate come forze nella direzione del sisma ed applicate nel baricentro delle masse:

$$F_x = W a_g$$

dove a_g è l'accelerazione sismica assegnata.

Combinazioni								
Combo	Pesi propri	Sovracc. q	Spinte orizz. terreno	Spinte dinamiche x	Spinte dinamiche y	p.p.	perm	
AI	1	1	1	1	0	0	1	0
AII	1	1	1	1	1	1	1	1
AII	1	1	1	1	1	1	1	1
AIV	1	1	1	1	1	1	1	1

Fig. 1.25

F. Azioni sugli appoggi:

Per quanto riguarda le azioni trasmesse dagli appoggi, per ogni singola condizione j il codice calcola:

$$F_{y,inc,j} = \sum_k F_{y,i,k}$$

$$F_{x,inc,j} = \sum_k F_{x,i,k}$$

$$F_{z,inc,j} = \sum_k F_{z,i,k}$$

$$M_{x,inc,j} = \sum_k -F_{y,i,k} \cdot z_k - F_{z,i,k} \cdot y_k + M_{x,j,k}$$

$$M_{y,inc,j} = \sum_k F_{x,i,k} \cdot z_k + F_{z,i,k} \cdot x_k + M_{y,j,k}$$

$$M_{t,inc,j} = \sum_k -F_{x,i,k} \cdot y_k + F_{z,i,k} \cdot x_k$$

dove:

$F_{x,j,k}$, $F_{y,j,k}$, $F_{z,j,k}$ sono le forze concentrate relative alla condizione di carico j ed applicate sull'appoggio k ;

$M_{x,j,k}$, $M_{y,j,k}$ sono i momenti flettenti relativi alla condizione di carico j ed applicati sull'appoggio k ;

y_k , x_k , z_k sono le coordinate del k -esimo appoggio.

Ogni singola condizione di carico è moltiplicata per il fattore di combinazione assegnato alla condizione di carico (Fig. 1.26).

Combinazioni								
Combo	Pesi propri	Sovracc. q	Spinte orizz. terreno	Spinte dinamiche x	Spinte dinamiche y	p.p.	perm	
AI	1	1	1	1	0	1	1	0
AII	1	1	1	1	1	1	1	1
AIII	1	1	1	1	1	1	1	1
AIV	1	1	1	1	1	1	1	1

Fig. 1.26

Le sollecitazioni risultanti sono riportate per ogni combinazione nella tabella *Sollecitazione sezione d'incastro* nella finestra principale (Fig. 1.27).

Sollecitazioni zona incastro					
combo	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Mx(kNm)	My(k...
AI	1.000	5.572,742	10.571,154	-24.554,...	9.570
AII	1.000	2.400	9.052,4	-19.585,62	9.570
AIII	1.000	2.400	9.052,4	-19.585,62	9.570
AIV	1.000	2.400	9.052,4	-19.585,62	9.570

Fig. 1.27

1.5.1.2 Azioni baricentro ciabatta di fondazione alla quota intradosso

Il calcolo delle azioni agenti nel baricentro della soletta ed alla quota intradosso è effettuato analogamente a quanto riportato per la sezione d'incastro della pila, con le seguenti ??:

A. Pesi propri

I pesi propri constano anche di: peso della ciabatta di fonazione, peso dei muri d'ala, peso del terreno sulla ciabatta di monte, peso del terreno sulla ciabatta di valle.

B. Sovraccarico

Si considera in aggiunta l'azione verticale del sovraccarico sulla mensola di monte.

La forza è calcolata sulla superficie di contatto terreno-terreno in corrispondenza del bordo della mensola di monte. La spinta è calcolata come:

$$F_y = (K \gamma_k) (q \gamma_q) H_{12} B_{x,spalla}$$

applicata alla quota:

$$z_g = H_{t2} / 2$$

dove:

$H_{t2} = H_t + H_{platea}$ è l'altezza del terreno da intradosso fondazione;

La componente verticale quando δ è diverso da zero è applicata come rappresentato in Fig. 1.28.

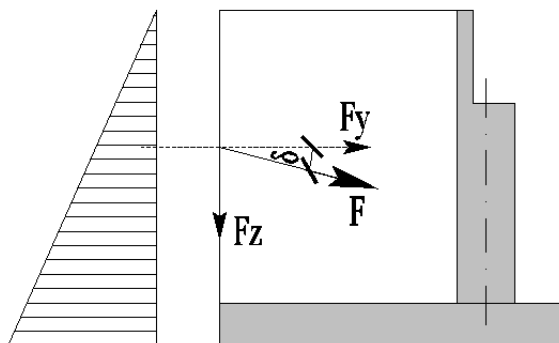


Fig. 1.28

C. Spinte orizzontali terreno

Vale quanto visto nel punto B.

D. Spinta dinamica y:

Si considerano in aggiunta le azioni dovute all'inerzia della ciabatta di fondazione e dei muri d'ala. Relativamente alla sovraspinta dinamica del terreno vale quanto visti nel punto B.

E. Spinta dinamica x:

Si considerano in aggiunta le azioni dovute all'inerzia della ciabatta di fondazione e dei muri d'ala.

F. Spinta dinamica x

Si considerano in aggiunta le azioni dovute all'inerzia della ciabatta di fondazione e dei muri d'ala.

G. Azioni sugli appoggi

Vale quanto visto per il calcolo delle sollecitazioni nella sezione d'incastro, ponendo:

$$z_{k2} = z_k + H_{platea}$$

$$y_{k2} = y_k + d_{y,spalla}$$

$$x_{k2} = x_k + d_{x,spalla}$$

con $d_{y,spalla}$ e $d_{x,spalla}$ definiti in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Le sollecitazioni risultanti sono riportate per ogni combinazione nella tabella *Sollecitazione intradosso fondazione* nella finestra principale (Fig. 1.29).

Sollecitazioni intradosso fondazione					
combo	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)
AI	1.000	7.733,465	44.425,591	-22.932,89	11.070
AII	1.000	2.400	42.120,398	-22.403,127	11.070
AII	1.000	2.400	42.120,398	-22.403,127	11.070
AIV	1.000	2.400	42.120,398	-22.403,127	11.070

Fig. 1.29

1.5.1.3 Azioni sugli appoggi

Per una data combinazione di carico sul singolo appoggio k le azioni risultanti sono calcolate come segue:

$$F_{x,k}^{(perm)} = \sum_c \gamma_c F_{x,k,c}^{(perm)}$$

$$F_{x,k}^{(acc)} = \sum_c \gamma_c F_{x,k,c}^{(acc)}$$

$$F_{y,k}^{(perm)} = \sum_c \gamma_c F_{y,k,c}^{(perm)}$$

$$F_{y,k}^{(acc)} = \sum_c \gamma_c F_{y,k,c}^{(acc)}$$

$$F_{z,k}^{(perm)} = \sum_c \gamma_c F_{z,k,c}^{(perm)}$$

$$F_{z,k}^{(acc)} = \sum_c \gamma_c F_{z,k,c}^{(acc)}$$

dove:

$F_{x,k}^{(perm)}$, $F_{y,k}^{(perm)}$, $F_{y,k}^{(perm)3}$ sono le azioni risultanti permanenti in direzione x , y , z rispettivamente e relative alla combinazione di carico considerata;

$F_{x,k}^{(acc)}$, $F_{y,k}^{(acc)}$, $F_{y,k}^{(acc)3}$ sono le azioni risultanti accidentali in direzione x , y , z rispettivamente e relative alla combinazione di carico considerata;

$F_{x,k,c}^{(perm)}$, $F_{y,k,c}^{(perm)}$, $F_{y,k,c}^{(perm)}$ sono le azioni permanenti in direzione x , y , z rispettivamente applicate sull'appoggio k e relative alla condizione di carico c ;

$F_{x,k,c}^{(acc)}$, $F_{y,k,c}^{(acc)}$, $F_{y,k,c}^{(acc)}$ sono le azioni accidentali in direzione x , y , z rispettivamente applicate sull'appoggio k e relative alla condizione di carico c ;

γ_c è il coefficiente moltiplicativo della condizione di carico c e relativo alla combinazione di carico considerata.

Le sollecitazioni risultanti sono riportate per ogni combinazione nella tabella *Sollecitazione sezione d'incastro* nella finestra principale (Fig. 1.30).

³ Una condizione di carico è considerata permanente se selezionata la casella combinata *Permanente* descritta in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**; altrimenti è considerata accidentale.

Sollecitazioni appoggi					
combo	appoggio	F _x (kN)	F _y (kN)	F _z (kN)	
AI	App1	100	500	1.100	↑
AI	App2	200	400	1.200	
AI	App3	300	300	1.300	
AI	App4	400	200	1.400	
AII	App1	100	600	1.100	
AII	App2	200	600	1.200	
AII	App3	300	600	1.300	↓

Fig. 1.30

1.5.2 Sollecitazioni sulla palificata

Per ogni combinazione di carico definita dall'utente il codice calcola le azioni assiali agenti nei pali attraverso la seguente formula:

$$N_i = N / n_{pali} + x_i A_i (M_y + M_{y,p}) / J_x + y_i A_i (M_x + M_{x,p}) / J_y$$

dove:

N , M_y , M_x sono le sollecitazioni agenti in corrispondenza del **baricentro della palificata** e relativa alla combinazione considerata;

n_{pali} è il numero totale di pali;

x_i , y_i sono le coordinate del palo i -esimo rispetto al baricentro della palificata;

A_i è l'area del palo i -esimo;

inoltre:

$$J_x = \sum_i J_i + A_i \cdot x_i^2$$

$$J_y = \sum_i J_i + A_i \cdot y_i^2$$

$$M_{yp} = F_x \cdot k$$

$$M_{xp} = F_y \cdot k$$

dove F_x ed F_y sono le azioni orizzontali trasmesse dalla ciabatta di fondazione alla palificata.

Le azioni agenti in corrispondenza del baricentro della palificata sono ottenute a partire dalle azioni agenti in corrispondenza del baricentro della ciabatta di fondazione:

$$M_y = M_{y,bc} + F_z \Delta y$$

$$M_x = M_{x,bc} - F_z \Delta x$$

dove:

$M_{y,bc}$ e $M_{x,bc}$ sono i momenti agenti in corrispondenza del baricentro della ciabatta e calcolati come descritto nel paragrafo ?;

$$\Delta y = y_{g,palificata} - y_{g,ciabatta}$$

$$\Delta x = x_{g,palificata} - x_{g,ciabatta}$$

essendo, infine:

$$y_{g,palificata} = \frac{\sum_i A_i \cdot y_i}{\sum_i A_i}$$

$$x_{g,palificata} = \frac{\sum_i A_i \cdot x_i}{\sum_i A_i}$$

$$y_{g,ciabatta} = 0$$

$$x_{g,ciabatta} = 0$$

I valori di azione assiale relativi alla combinazione di carico corrente sono riportati, per ogni palo, nella tabella *Palificata*.

Una combinazione può essere resa corrente selezionandola nella casella combinata *Combo corrente* poste nel brodo superiore della finestra.

Nella caselle di testo poste nel bordo sinistro della finestra *Palificata* sono riepilogate le azioni agenti in corrispondenza della sezione d'incastro delle mensole di valle e di monte e relative alla combinazione di carico corrente, in particolare:

- il momento M_x totale agente sulla mensola di monte;
- il taglio V totale agente sulla mensola di monte;
- il momento m_x agente per metro lineare sulla mensola di monte;
- il taglio v agente per metro lineare sulla mensola di monte;
- il momento M_x totale agente sulla mensola di valle;
- il taglio V totale agente sulla mensola di valle;
- il momento m_x agente per metro lineare sulla mensola di valle;
- il taglio v agente per metro lineare sulla mensola di valle;

Le azioni che sollecitano la mensola di monte sono: le azioni assiali dei pali sottostanti la mensola, il peso proprio della mensola, il peso del terreno soprastante la mensola, l'azione del sovraccarico a tergo del muro ed il peso dei muri d'ala. Le azioni taglianti e le azioni flettenti generate sulla sezione d'incastro della mensola dalla sottostante palifica sono così calcolate (Fig. 1.31):

$$V_l = -\sum_i N_i \quad (\text{per ogni palo per cui } y_{mi} > 0)$$

$$M_{xl} = -\sum_i N_i \cdot y_{mi} - n_{pm} / n_{tot} \cdot k \cdot V \quad (\text{per ogni palo per cui } y_{mi} > 0)$$

dove

n_{pm} è il numero di pali sottostante la mensola;

n_{tot} è il numeri totale di pali;

k è il coefficiente pari assegnato dall'utente e pari a M / V (vedi sopra).

Le azioni taglianti e le azioni flettenti generate sulla sezione d'incastro della mensola da peso proprio della ciabatta sono pari a:

$$V = (B_{y,fondazione}/2 + dy_{spalla} - B_{yspalla}/2) B_{xp} \gamma_{cls} H_p$$

$$M_x = V(B_{y,fondazione}/2 + dy_{spalla} - B_{yspalla}/2)/2$$

Più semplicemente, le sollecitazioni provocate dalle azioni rimanenti sono calcolate così calcolate:

$$V = F_{z,i}$$

$$M_x = V d_{y,i}$$

dove

$F_{z,i}$ è il carico verticale totale relativo all'azione considerata;

$d_{y,i}$ è la differenza tra la coordinata y del baricentro dell'azione e la coordinata y della sezione d'incastro della mensola.

Tutte le azioni sono moltiplicate per i relativi coefficienti di combinazione, ad eccezione delle azioni trasmesse dai pali; queste ultime sono già comprensive dei fattori di combinazione.

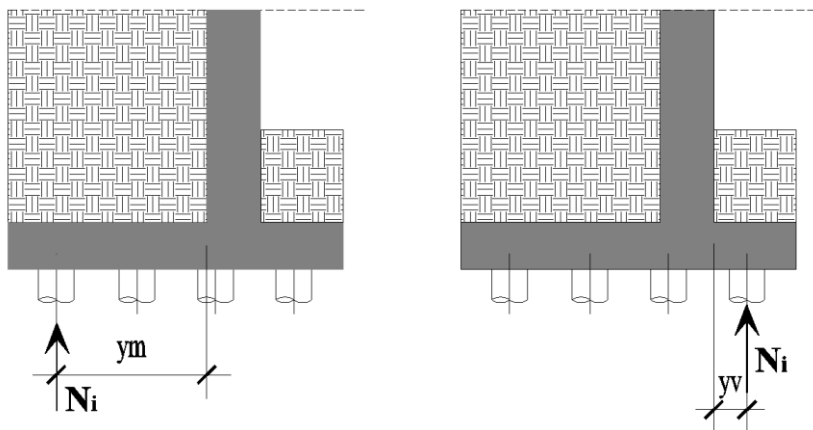


Fig. 1.31

1.6 Esempio di calcolo

1.6.1 Descrizione

Si procede alla verifica della spalla di sostegno del ponte a travata rappresentato in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**. I punti di appoggio delle travi sono tre, e lo schema di vincolo prevede due appoggi multidirezionali (M1, M2) ed un appoggio unidirezionale longitudinale (UL); l'impalcato non trasmette azioni longitudinali, oltre a quelle dovute all'attrito parassita degli appoggi stessi.

Le azioni calcolate nell'analisi globale, trasferite dalle travi agli appoggi, sono riepilogate in Tab. 1.1

condizione elementare	Appoggio	N kN	FY kN	FX kN
Pesi propri	UL	369		
Pesi propri	M1	309		
Pesi propri	M2	369		
Perm portati	UL	302		
Perm portati	M1	-45		
Perm portati	M2	302		
Ritiro	UL	-138		
Ritiro	M1	-138		
Ritiro	M2	-138		
Acc-max N	UL	185		
Acc-max N	M1	638		
Acc-max N	M2	628		
Acc-max Mt	UL	-41		
Acc-max Mt	M1	323		
Acc-max Mt	M2	737		
DT diff	UL	155		
DT diff	M1	155		
DT diff	M2	155		
Vento scarico	UL	-25		69
Vento scarico	M1	0		0
Vento scarico	M2	25		0
Vento carico	UL	-44		121
Vento carico	M1	0		0
Vento carico	M2	44		0
sisma x	UL	-109		301.0
sisma x	M1	0		0
sisma x	M2	109		0

Tab. 1.1

1.6.2 Calcolo delle sollecitazioni sulla spalla

1.6.2.1 Definizione della geometria e degli appoggi

Si avvia innanzitutto una nuova sessione di lavoro, e si attiva (se non già attivata) la finestra Geometria attraverso il comando *Apri Geometria* dal menu FIESTRA.

Si inseriscono nelle opportune caselle i parametri relativi a terreno e spalla, così come riportato in Fig. 1.32.

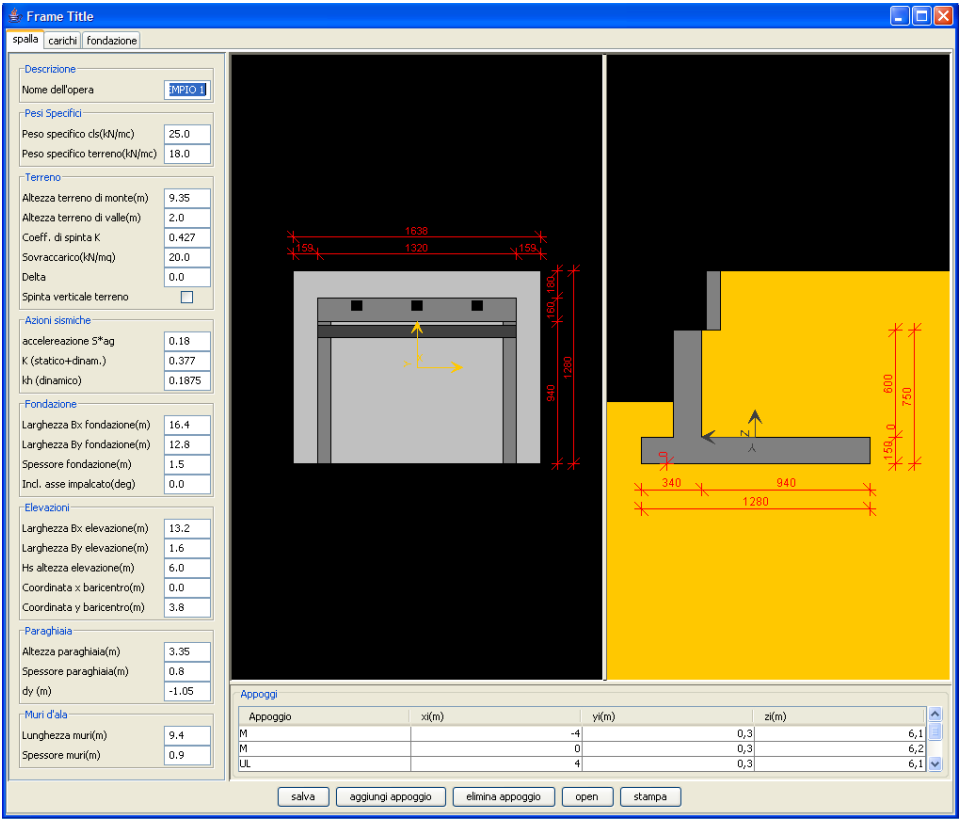


Fig. 1.32

Si aggiungono gli appoggi attivando due volte il comando *Aggiungi Appoggio* dal Menu **APPOGGI**. Nella tabella Appoggi della finestra *Geometria* si assegnano i nomi ed i valori delle coordinate x, y e z degli appoggi. Precisamente, le coordinate x ed y rappresentano le coordinate x ed y degli appoggio rispetto al sistema di assi centrato con il baricentro del muro in elevazione. La coordinata z rappresenta la quota dell'appoggio rispetto all'estradosso della fondazione. Le travi hanno interasse 4 metri e sono appoggiate a distanza 0.3m dal baricentro della spalla. Gli appoggi laterali sono disposti su baggioli di altezza 10cm, mentre l'appoggio centrale è disposto su

baggiolo di altezza 15cm. Considerando un'altezza di 6.0m della spalla, si assegnano agli appoggi le seguenti coordinate:

- M1: $x = -4.0\text{m}$, $y = 0.3\text{m}$, $z = 6.1\text{m}$
- M2: $x = 0.0\text{m}$, $y = 0.3\text{m}$, $z = 6.15\text{m}$
- UL: $x = 4.0\text{m}$, $y = 0.3\text{m}$, $z = 6.1\text{m}$

1.6.2.2 Assegnazione di carichi

Si attiva la finestra Carichi attraverso il comando Apri Carichi dal menu FINESTRA.

Si definiscono, quindi, le condizioni di carico attivando 10 volte (una per ogni carico riportato in Tab. 1.1 più attrito parassita), ed assegnando per ognuna il corrispondente nome.

Tutti i carichi sono trasmessi dagli appoggi alla spalla, sollecitano quindi sia gli appoggi, sia le elevazioni. Per ciascun carico (escluso attrito):

- si seleziona il carico nella casella combinata Carico;
- si attiva (se non già attivata) la casella opzionali *Agisce su appoggi*;
- si attiva (se non già attivata) la casella opzionali *Agisce su elevazioni*;
- per i soli carichi permanenti (peso proprio, permanenti portati e ritiro) si attiva la casella opzionale *Carico Permanente*;
- si inseriscono le azioni agenti sugli appoggi riportate in Tab. 1.1 (escluso azione attrito).

Le azioni trasmesse dall'attrito parassita degli appoggi sono calcolate automaticamente dal codice di calcolo sulla base delle azioni verticali permanenti; si seleziona quindi nella casella combinata Carichi l'azione ritiro e:

- si attiva (se non già attivata) la casella opzionali *Agisce su appoggi*;
- si attiva (se non già attivata) la casella opzionali *Agisce su elevazioni*;
- si seleziona la casella opzionale *Attrito*;
- si assegna il valore del coefficiente di attrito $f=0.03$ nell'apposita casella di testo.

1.6.2.3 Definizione delle combinazioni

Si definiscono 6 combinazioni di carico selezionando sei volte il comando Aggiungi Combinazione dal menu CARICHI.

Nella tabella Combinazioni della finestra principale si assegnano i fattori di combinazione ed i nomi alle combinazioni così come rappresentato in Fig. 1.33.

Combinazioni															
Combo	Pesi propri	Sovracc. q	Spirite oriz. terreno	Spirite d'ia...	Spirite d'ia...	L.peso proprio	Permanent	Ritiro	Acc: max N	Acc: Max ME	DT differenziale	Vento scarico	Vento scarico	Sisma x	Altro
UI	1,5	1,5	1,5	0	0	1,5	1,5	0,85	0	0	1,2	1,5	0	0	1,5
UIIa	1,5	1,5	1,5	0	0	1,5	1,5	0,85	1,5	0	1,2	0	0,9	0	1,5
UIIb	1	1,5	1,5	0	0	1	1	1,2	0	1,5	0,85	0	0,9	0	1,5
UIIIa	1,5	1,5	1,5	0	0	1,5	1,5	0,85	1,5	0	1,2	0	0,9	0	1,5
UIIIb	1	1,5	1,5	0	0	1	1	1,2	0	1,5	0,85	0	0,9	0	1,5
UVa	1	0	1	0,3	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0
UVb	1	0	1	1	0,3	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0

Fig. 1.33

1.6.2.4 Elaborazione ed analisi dei risultati

Si avvia l'analisi attivando il comando **Elabora** dal menu **ELABORA**. Le sollecitazioni agenti in corrispondenza della sezione d'incastro, del baricentro della fondazione (quota intradosso) e le sollecitazioni agenti sugli appoggi, relativi ad ogni combinazione sono visualizzati nelle tabelle poste nel bordo inferiore della finestra *Carichi* (Fig. 1.34, Fig. 1.35 e Fig. 1.36). Si osserva che i carichi agenti sugli appoggi sono calcolati con riferimento alle azioni totali ed alle azioni permanenti.

Sollecitazioni zona incastro					
combo	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)
UI	103,5	7.164,054	8.693,7	-23.477,297	931,35
UIIa	108,9	7.164,054	10.870,2	-24.130,247	3.639,09
UIIb	108,9	7.164,054	7.085,35	-24.243,842	5.649,09
UIIIa	72,6	7.164,054	10.870,2	-24.130,247	3.312,06
UIIIb	72,6	7.164,054	7.085,35	-24.243,842	5.322,06
UVa	1.192,721	7.357,257	5.709,4	-30.483,575	5.432,698
UVb	4.276,737	3.396,988	5.709,4	-12.303,619	20.817,095

Fig. 1.34

Sollecitazioni intradosso fondazione					
combo	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)	Mx(kNm)	My(kNm)
UI	103,5	11.763,282	58.295,697	-27.269,25	1.086,6
UIIa	108,9	11.763,282	60.472,197	-36.192,9	3.802,44
UIIb	108,9	11.763,282	41.224,948	-37.693,152	5.812,44
UIIIa	72,6	11.763,282	60.472,197	-36.192,9	3.420,96
UIIIb	72,6	11.763,282	41.224,948	-37.693,152	5.430,96
UVa	1.192,721	8.307,767	36.634,198	-24.928,665	5.432,698
UVb	4.276,737	4.347,498	36.634,198	-6.748,71	21.268,595

Fig. 1.35

combo	appoggio	Fx(kN)	Fy(kN)	Fz(kN)
UI	M	0	23,985	1.037,7
UI	M	0	5,67	464,7
UI	UL	103,5	23,985	1.112,7
UI (Perm.)	M	0	50,661	889,2
UI (Perm.)	M	0	14,031	278,7
UI (Perm.)	UL	0	50,661	889,2
UIIa	M	0	23,985	1.313,1
UIIa	M	0	5,67	1.421,7
UIIa	UL	108,9	23,985	2.056,8
UIIa (Perm.)	M	0	50,661	889,2
UIIa (Perm.)	M	0	14,031	278,7
UIIa (Perm.)	UL	0	50,661	889,2
UIIb	M	0	23,985	536,05
UIIb	M	0	5,67	714,65
UIIb	UL	108,9	23,985	1.782,25
UIIb (Perm.)	M	0	39,147	505,4

Fig. 1.36

1.6.3 Calcolo delle sollecitazioni sulla palificata

Si attiva la finestra Palificata attraverso il comando *Apri Palificata* dal menu **FINESTRA**.

Si definisce la palificata aggiungendo 20 pali con il comando *Aggiungi palo* dal menu **PALIFICATA**. Per ogni palo si assegnano nella tabella *Palificata* della finestra principale i valori di coordinata e di diametro riportati in Fig. 1.37.

Numero palo	xi(m)	yi(m)	diametro(m)
1	-7,2	-5,4	1,2
2	-3,6	-5,4	1,2
3	0	-5,4	1,2
4	3,6	-5,4	1,2
5	7,2	-5,4	1,2
6	-7,2	-1,8	1,2
7	-3,6	-1,8	1,2
8	0	-1,8	1,2
9	3,6	-1,8	1,2
10	7,2	-1,8	1,2
11	-7,2	1,8	1,2
12	-3,6	1,8	1,2
13	0	1,8	1,2

Fig. 1.37

Si assegna nell'apposita casella di teso presente nella cornice *Palificata* il valore di $k = M_p/V_p$ pari a 4.56; si assume in questo modo che il singolo palo soggetto

all'azione tagliante in testa V_p sia sollecitato da un momento flettente in testa pari ad $M_p = V_p k$.

Le azioni assiali su ogni singolo palo e relative alla combinazione corrente sono visualizzate nella tabella *Palificata*.

Le azioni di taglio e di momento flettente in testa sul singolo palo sono riportate per la combinazione corrente, nelle caselle di testo presenti nella cornice *Palificata* nell'angolo in alto a sinistra della finestra principale

Le azioni di momento flettente e taglio totali, e le azioni di momento flettente e taglio a metro lineare, agenti sulle mensole di monte e di valle sono visualizzate, per la combinazione corrente, nelle caselle di testo presenti nella cornice *Sollecitazioni* nell'angolo in alto a sinistra della finestra principale.

Una combinazione può essere resa corrente selezionandola nella casella combinata *Combo corrente* nella finestra principale.

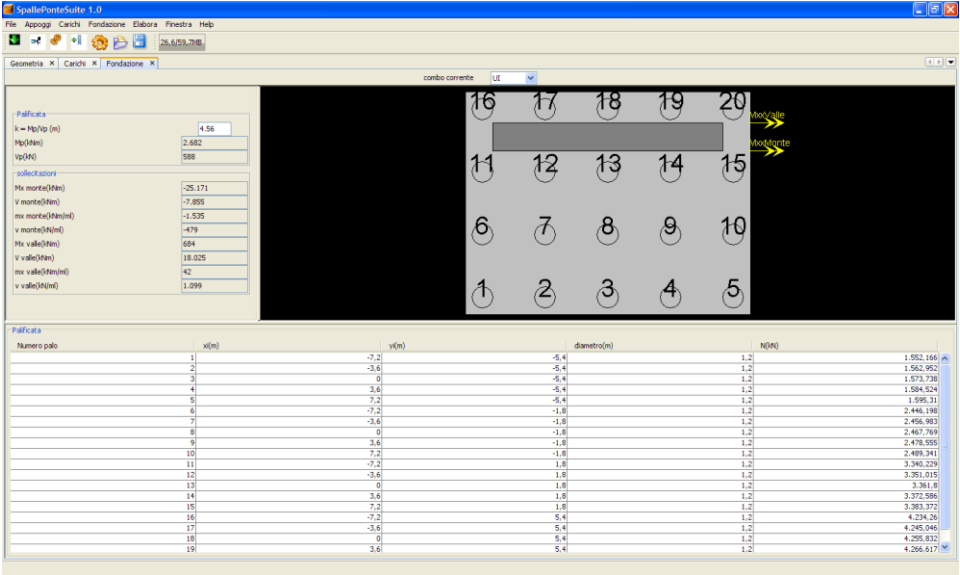


Fig. 1.38

1.6.4 Stampe

La relazione di calcolo è prodotta attivando il comando Relazione di calcolo dal menu ELABORA. La relazione è riportata in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**