



Il modulo **Condotte Interrate** permette di eseguire le verifiche statiche di condotte a pelo libero o in pressione immerse in terreni con determinate caratteristiche e sollecitati da carichi fissi o mobili.

Quando si crea un nuovo modello o se ne apre uno esistente l'albero di progetto si presenta come riportato in figura.

#### CARATTERISTICHE DI CALCOLO E RISULTATI

Una condotta interrata è soggetta a carichi verticali costituiti dal peso del terreno di ricoprimento, da eventuali sovraccarichi accidentali e dal peso dell'acqua contenuta, tali carichi tendono ad ovalizzare la condotta.

Il comportamento statico della condotta, rigido o flessibile, dipende dall'interazione tra la condotta ed il terreno ed è, quindi, funzione delle caratteristiche della condotta (dimensioni e materiale), del terreno e della posa.

L'analisi ei carichi è svolta secondo la **teoria di Marston & Spangler**.

La verifica statica di condotte interrate **rigide** prevede il calcolo dei carichi ovalizzanti e la verifica allo stato limite ultimo di resistenza. Qualora non sia noto il carico di rottura a schiacciamento della condotta è possibile eseguire una verifica alle tensioni ammissibili (**normativa francese Ouvrages d'assainissement. Fascicule n°70**).

La verifica statica di condotte interrate **flessibili**, che può essere svolta con il **metodo di Spangler** o seguendo le indicazioni della **normativa americana ANSI-AWWA C950/88**, riguarda il calcolo dei carichi, della inflessione diametrale, della tensione e deformazione massime di flessione e la verifica all'instabilità all'equilibrio elastico (buckling).

E' possibile eseguire anche la verifica statica di tubazioni in pressione.

Il software consente il calcolo automatico della rigidità della condotta:

#### Definizione della rigidità della condotta

$$\text{coefficiente di elasticità } n = E_s / E_t (r/s)^3$$

dove

Es = modulo di elasticità del terreno  
Et = modulo di elasticità della tubazione  
r = raggio medio della tubazione  $r=(D-s)/2$   
D = diametro esterno della tubazione  
s = spessore della tubazione  
n >= 1 tubazione flessibile

### **Tubazione Rigida - Verifica allo stato limite ultimo di resistenza**

1. Determinazione dei carichi: carico dovuto al rinterro, in funzione del tipo di posa, (trincea stretta o larga), sovraccarichi mobili concentrati e distribuiti, carico dovuto alla massa d'acqua contenuta nella condotta, calcolo del carico per pressione idrostatica esterna;
2. Definizione del coefficiente di posa;
3. Verifica:  $Q_r/Q_t \leq \text{Coeff. Sic.}$   
Q<sub>r</sub> = carico di rottura in trincea  
Q<sub>t</sub> = risultante dei carichi  
Coeff. Sic. = coefficiente di sicurezza allo schiacciamento, di solito pari a 1.5.

### **Tubazione Rigida - Verifica alle tensioni ammissibili**

1. Determinazione dei carichi: carico dovuto al rinterro, in funzione del tipo di posa, (trincea stretta o larga), sovraccarichi mobili concentrati e distribuiti, carico dovuto alla massa d'acqua contenuta nella condotta, calcolo del carico per pressione idrostatica esterna;
2. Valutazione del momento flettente massimo M;
3. Verifica  $\sigma/\sigma_{amm} \leq \text{Coeff. Sic.}$   
 $\sigma = 6M/s^2$   
 $\sigma_{amm}$  = sigma ammissibile  
Coeff. Sic. = coefficiente di sicurezza, di solito pari a 1.5.

### **Tubazione Flessibile**

- Determinazione dei carichi: carico dovuto al rinterro, sovraccarichi mobili concentrati e distribuiti, carico dovuto alla massa d'acqua contenuta nella condotta, calcolo del carico per pressione idrostatica esterna;
- Calcolo dell'inflessione diametrale verticale  
 $Dy=(DeWC+WL)Kxr^3/(EtI+0.061KaEsr^3)+Da$

dove:

De = fattore di ritardo d'inflessione  
WC = carico dovuto al rinterro  
WL = carico mobile  
Kx = coefficiente di inflessione  
r = raggio medio della tubazione  $r=(D-s)/2$   
Et = modulo di elasticità della tubazione  
I = momento di inerzia  
Ka, Da = parametri per passare da inflessione media a inflessione massima caratteristica  
Es = modulo di elasticità del terreno

e verifica  $D_y \leq D_{y\max}$

- Verifica:  $\sigma / \sigma_{\lim} \leq \text{Coeff. Sic}$

$\sigma$  = tensione dovuta alla deflessione diametrale

$\sigma_{\lim}$  = tensione limite ultima

Coeff. Sic. = coefficiente di sicurezza, di solito pari a 1.5.

- Verifica:  $\varepsilon / \varepsilon_{\lim} \leq \text{Coeff. Sic}$

$\varepsilon$  = deformazione massima

$\varepsilon_{\lim}$  = deformazione limite ultima

Coeff. Sic. = coefficiente di sicurezza, di solito pari a 1.5

- Verifica all'instabilità all'equilibrio elastico (buckling)

Consiste nel verificare che la pressione dovuta ai carichi esterni, nel caso di depressione interna in condotta o nel caso di sovraccarichi mobili, non superi la pressione ammissibile di buckling, grandezza che dipende dalle caratteristiche geometriche della condotta, dal suo materiale e dalle caratteristiche di posa (altezza di rinterro, modulo di elasticità del terreno, etc.).

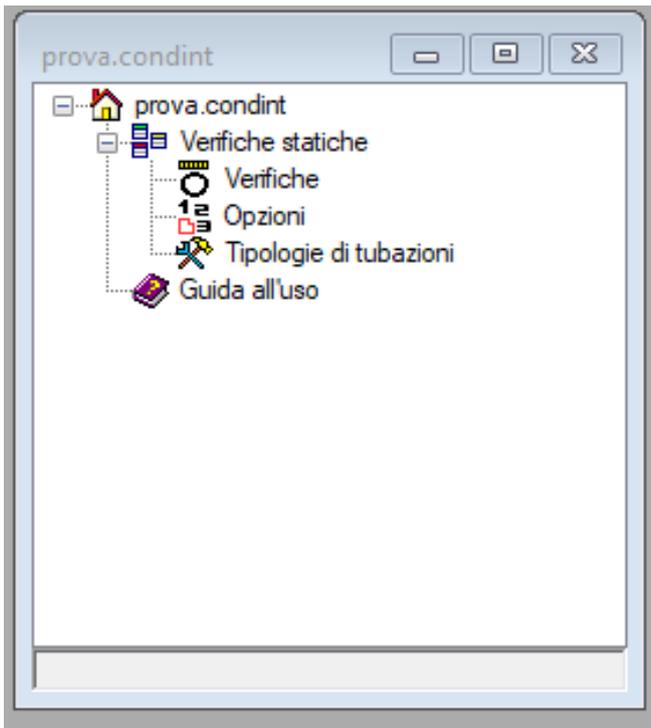
#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Per informazioni più dettagliate sul calcolo statico di condotte interrato si rinvia alla letteratura tecnica specializzata tra cui si consiglia:

Ministère de l'Équipement, du Logement e des Transports	<i>Ouvrages d'assainissement. Fascicule n°70</i>	-	1992
American Water Works Association	<i>ANSI-AWWA C950/88 AWWA Standard for fiberglass pressure pipes</i>	-	Denver, Colorado 1988
Deppo, Datei	<i>Fognature</i>	Edizioni Progetto	Padova, 2014
AA.VV.	<i>Sistemi di fognatura</i>	Centro Studi Deflussi urbani – Hoepli	Milano, 1997

#### L'ALBERO DI PROGETTO

Alla creazione di un nuovo file si apre la finestra contenente l'albero di progetto illustrato il figura.



Cliccare sul nodo Verifiche in modo da attivare il menù associato, utilizzare il comando “Nuovo” per inserire una nuova verifica. Si attiverà la scheda **Verifica Statica** riportata di seguito.

Inserire qui i dati relativi alla condotta, al terreno, alle condizioni di posa ed ai carichi. Il software esegue la verifica in tempo reale e la aggiorna alla modifica di un qualsiasi dato. La sintesi del calcolo è riportata nella variabile “Verifica” (soddisfatta / non soddisfatta). Per il dettaglio delle singole verifiche visualizzare il documento

di stampa con i comandi  Visualizza

Visualizza oppure  Modifica dal menù che si attiva insieme alla scheda.

Cliccare sul segno verde di spunta per inserire la verifica nella lista delle verifiche.

A) Caratteristiche generali	
Nome	VER2
Tipo di condotta	Condotta a pelo libero
Pressione di esercizio	0
Comportamento statico	Condotta rigida
Coeff. di elasticità	-
Metodo di calcolo	Criterio di rottura SLU
B) Caratteristiche della condotta	
Tubazione	
Materiale	gres
di diametro	850
spessore	55
Modulo E	55000
Peso specifico	0
C) Caratteristiche del terreno	
Classificazione	
Descrizione	
Costipamento	Costipamento leggero
Modulo elastico	8.3
Angolo di attrito	28
Peso specifico	17.5
D) Caratteristiche di posa	
Ricoprimento	1.5
Larghezza fondo	2
Inclinazione	0
Coefficiente di posa	1.5
Altezza falda	0
Ampiezza di appoggio	180°
E) Caratteristiche dei sovraccarichi mobili	
<b>Nome</b>	
Nome del tratto	

Altri comandi presenti nel menù sono:



- **Help** per consultare tabelle relative alle caratteristiche dei terreni, dei materiali e per il dettaglio relativo a formule utilizzate



- **“Calcolo Comportamento”** che consente di verificare il comportamento della condotta (rigido oppure flessibile), in funzione dei dati immessi, e quindi di fornire indicazioni su quale tipo di verifica occorre fare



- **“Opzioni”** che apre la scheda delle opzioni di calcolo, da impostare prima di effettuare le verifiche. A questa scheda si può accedere anche dal nodo **“Opzioni”** presente nell’albero di progetto.



- **“Disegna”** che attiva la vista grafica della sezione verificata ed il relativo menù dei comandi