

ALLEGATO ALLA RELAZIONE DI CALCOLO DELLA GALLERIA CALTANISSETTA
DIMENSIONAMENTO PIAZZOLE DI SOSTA

INDICE

| | |
|---|-----------|
| <i>INTRODUZIONE</i> | <i>3</i> |
| <i>DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE ADOTTATA NEL PROGETTO DEFINITIVO</i> | <i>4</i> |
| <i>DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE ADOTTATA NEL PROGETTO ESECUTIVO</i> | <i>5</i> |
| <i>ANALISI NUMERICA SOLUZIONE ADOTTATA NEL PROGETTO DEFINITIVO</i> | <i>9</i> |
| <i>Descrizione delle fasi di scavo.....</i> | <i>9</i> |
| <i>Risultati e verifiche</i> | <i>15</i> |
| <i>ANALISI NUMERICA SOLUZIONE ADOTTATA NEL PROGETTO ESECUTIVO</i> | <i>22</i> |
| <i>Descrizione delle fasi di scavo.....</i> | <i>22</i> |
| <i>Risultati e verifiche</i> | <i>24</i> |
| <i>CONCLUSIONI</i> | <i>40</i> |

INTRODUZIONE

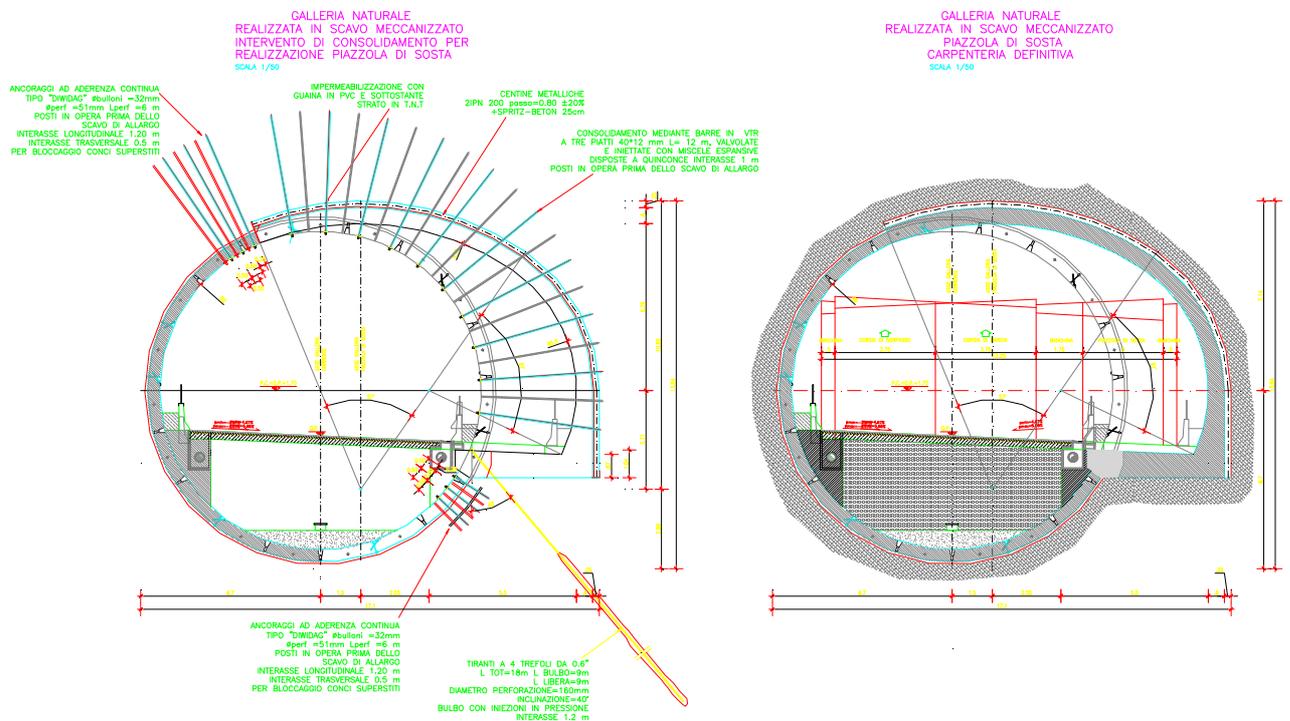
Nella presente relazione viene illustrato il dimensionamento e la verifica delle piazzole di sosta della galleria naturale Caltanissetta. In particolare viene giustificata la scelta di un nuovo approccio da adottare in fase di realizzazione delle piazzole di sosta differente rispetto a quella previsto in sede di progettazione definitiva.

Di seguito vengono presentati i risultati delle analisi numeriche effettuate con il codice di calcolo FLAC 2D per il dimensionamento e la verifica statica della sezione di scavo allargata della piazzola di sosta.

PROGETTO ESECUTIVO
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE PIAZZOLE DI SOSTA

DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE ADOTTATA NEL PROGETTO DEFINITIVO

In sede di progettazione definitiva è stata proposta una soluzione progettuale che prevede la demolizione di una porzione di rivestimento della galleria a valle di un consolidamento mediante barre in VTR valvolate ed iniettate posti in opera prima dello scavo di allargo.



Interventi di consolidamento scavo piazzola di sosta – Progetto Definitivo Affidato

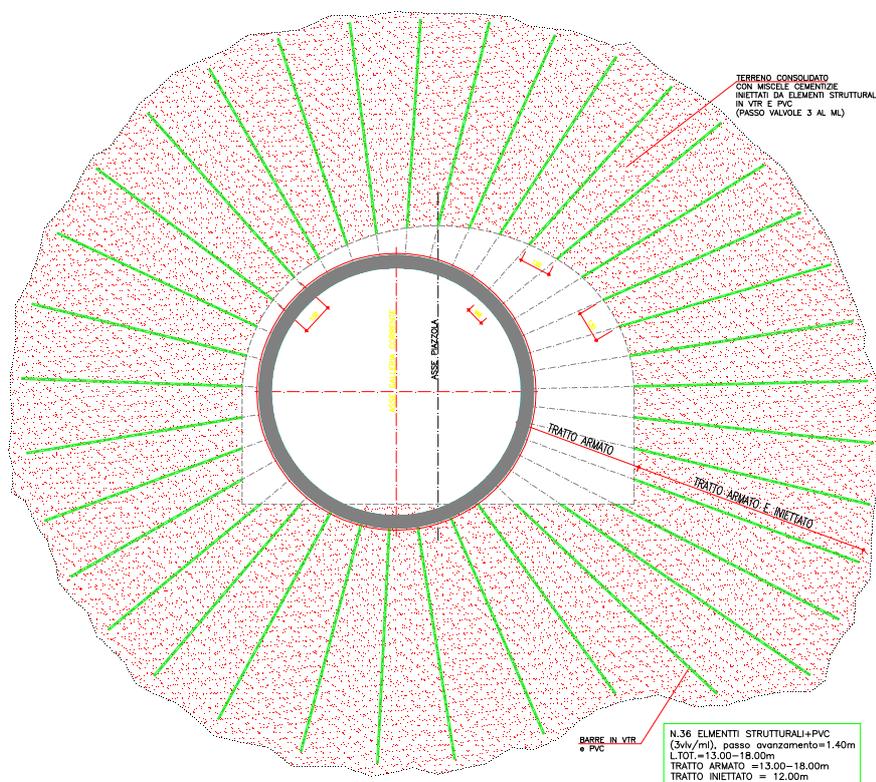
I lembi esterni del rivestimento rimasto in opera vengono bloccati con ancoraggi e tiranti.

Dopo lo scavo viene installato un prerivestimento costituito da centine IPN 200 accoppiate, passo 0.8m e da spritz-beton di spessore pari a 25cm. Successivamente viene realizzato il rivestimento definitivo in c.a. gettato in opera.

PROGETTO ESECUTIVO
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE PIAZZOLE DI SOSTA

DESCRIZIONE DELLA SOLUZIONE ADOTTATA NEL PROGETTO ESECUTIVO

La soluzione adottata nel Progetto Esecutivo prevede un consolidamento full-round del terreno nell'intorno della galleria attraverso miscele cementizie iniettate da elementi strutturali in VTR e PVC di lunghezza variabile dai 13 ai 18m.



Interventi di consolidamento scavo piazzola di sosta – Progetto Esecutivo

Nel seguito viene riportata un'analisi numerica allo scopo di verificare la soluzione proposta nel Progetto Definitivo per la realizzazione delle piazzole di sosta; verranno, in seguito, evidenziate le criticità rilevate dalla modellazione attraverso tale approccio.

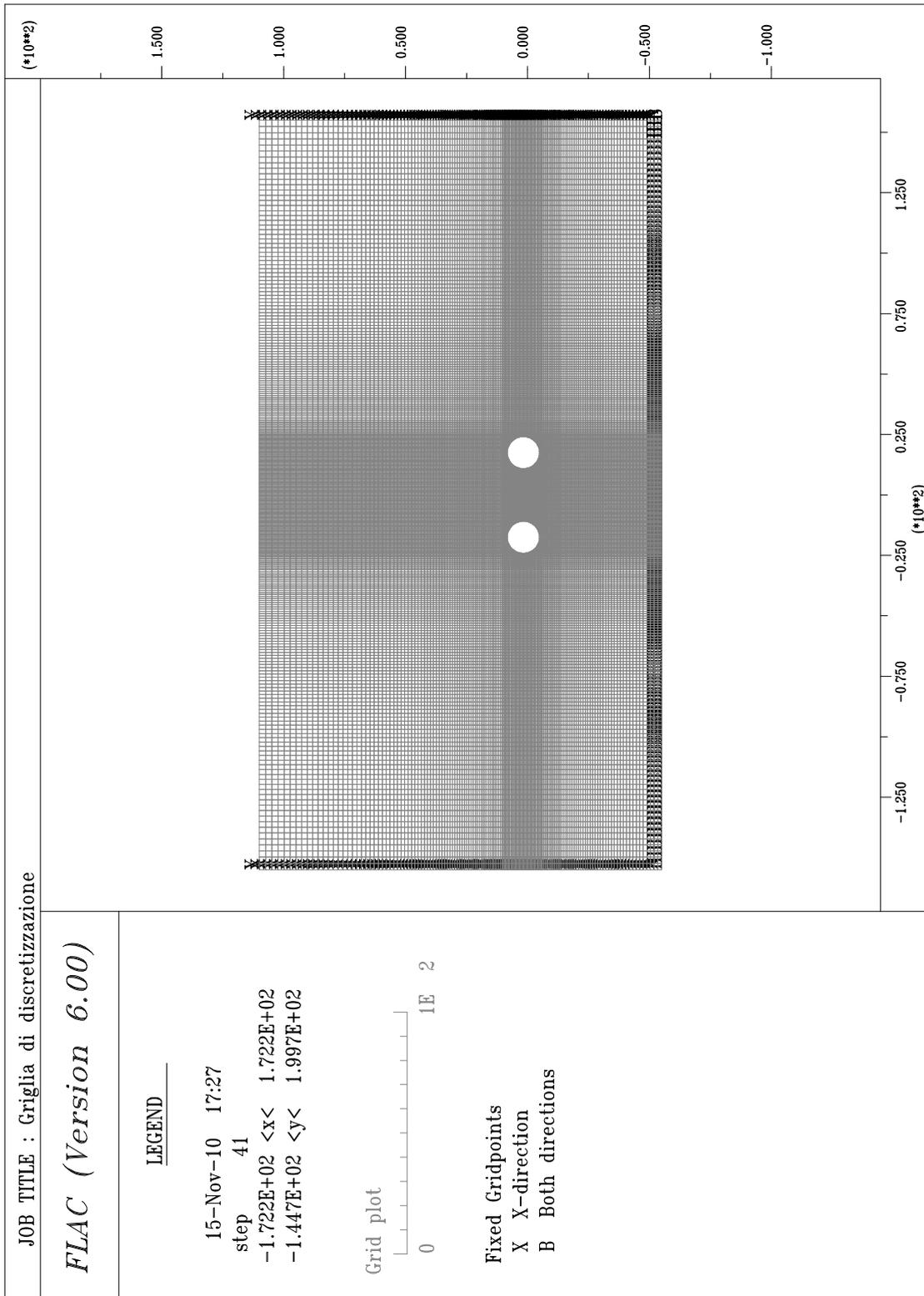
L'analisi tenso - deformativa è stata condotta in condizioni di deformazione piana, pertanto viene ritenuta rappresentativa di una sezione corrente di galleria.

E' stata presa in esame una porzione di continuo nella quale sono state modellate le due gallerie con interasse di circa 35 m; la scelta di adottare l'interasse minimo, in corrispondenza della massima copertura nelle zone tettonizzate (l'interasse è di circa 50 m) è dettata dalle necessità di studiare eventuali fenomeni d'interazione tra lo scavo delle due canne.

La copertura considerata nel calcolo è di circa 100 m.

L'analisi parte dallo scavo già eseguito delle due canne come da modello di calcolo realizzato per il dimensionamento dei conci.

PROGETTO ESECUTIVO
 RELAZIONE DI CALCOLO DELLE PIAZZOLE DI SOSTA



ANALISI NUMERICA SOLUZIONE ADOTTATA NEL PROGETTO DEFINITIVO

L'analisi è stata organizzata in fasi di calcolo che consentono la simulazione dei vari interventi costruttivi e la schematizzazione di diverse condizioni di carico del rivestimento definitivo.

Le fasi di calcolo riprendono la modellazione della sezione corrente della galleria; in particolare viene ricostruita la realizzazione della canna sinistra e poi della canna destra.

Descrizione delle fasi di scavo

FASE 0 – Geostatico

In questa fase di calcolo viene applicato il peso proprio del terreno, ovvero viene ricostruita in termini di sforzi e deformazioni la situazione iniziale preesistente alla costruzione delle gallerie.

FASE 1 – Scavo a piena sezione Canna sx

Si simula lo scavo della canna sinistra ipotizzando il passaggio della macchina prima della posa in opera dei conci. Si effettua una riduzione delle forze di scavo del 60 %

FASE 2 - Avanzamento degli scavi e posizionamento del rivestimento definitivo Canna sx

Viene simulata la messa in opera del rivestimento definitivo in conci prefabbricati della canna sinistra ($E=36.416\text{GPa}$); si effettua una riduzione delle forze di scavo pari al 100%.

FASE 3 – Scavo a piena sezione Canna dx

Si simula lo scavo della canna destra ipotizzando il passaggio della macchina prima della posa in opera dei conci. Si effettua una riduzione delle forze di scavo del 60 %

FASE 4 - Avanzamento degli scavi e posizionamento del rivestimento definitivo canna dx

Viene simulata la messa in opera del rivestimento definitivo in conci prefabbricati della canna destra ($E=36.416\text{GPa}$); si effettua una riduzione delle forze di scavo pari al 100%.

FASE 5 – Consolidamento del terreno nell'area interessata dallo scavo della piazzola.

FASE 6 – Scavo della piazzola di sosta e demolizione di parte del rivestimento della galleria. Le zone di bordo del rivestimento prefabbricato rimasto in opera sono state vincolate al fine di simulare la presenza degli ancoraggi e dei tiranti installati.

FASE 7 – Posizionamento del rivestimento provvisorio.

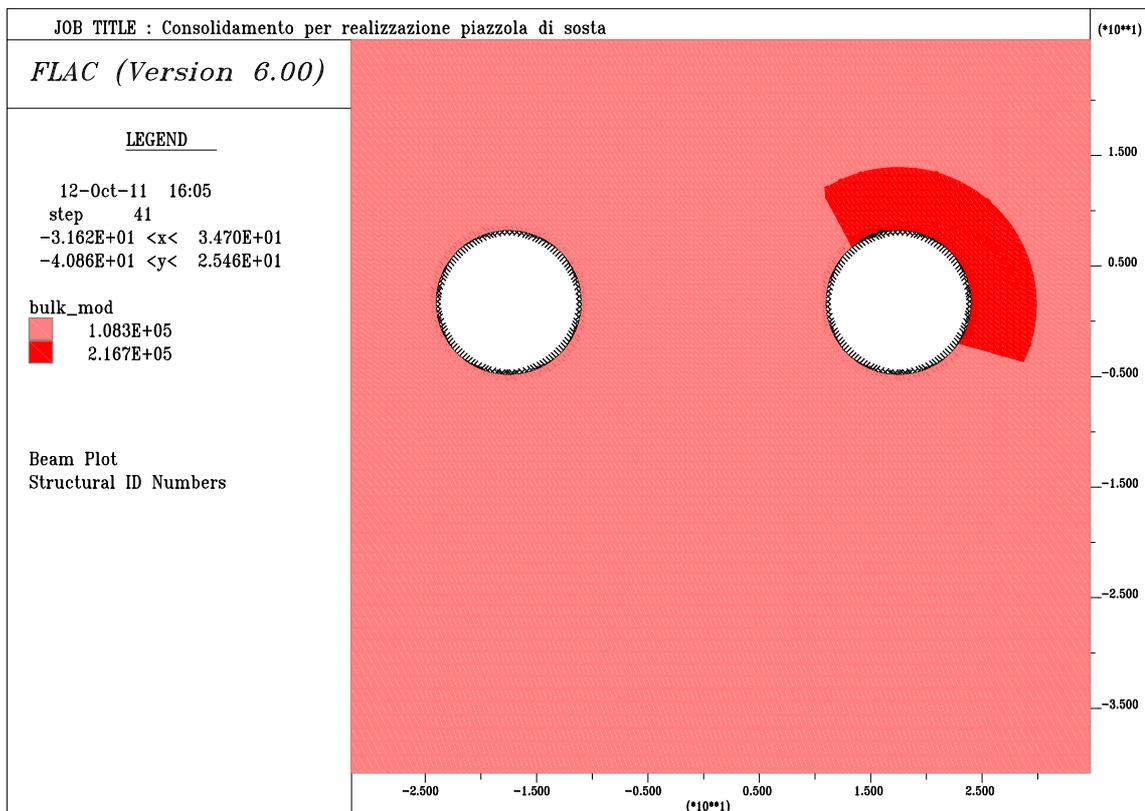
Viene simulata l'applicazione delle centine 2IPN200 /0.80m e dello spritz-beton spessore 25cm. Si effettua una riduzione delle forze di scavo del 65 %

FASE 8 – Posizionamento del rivestimento definitivo.

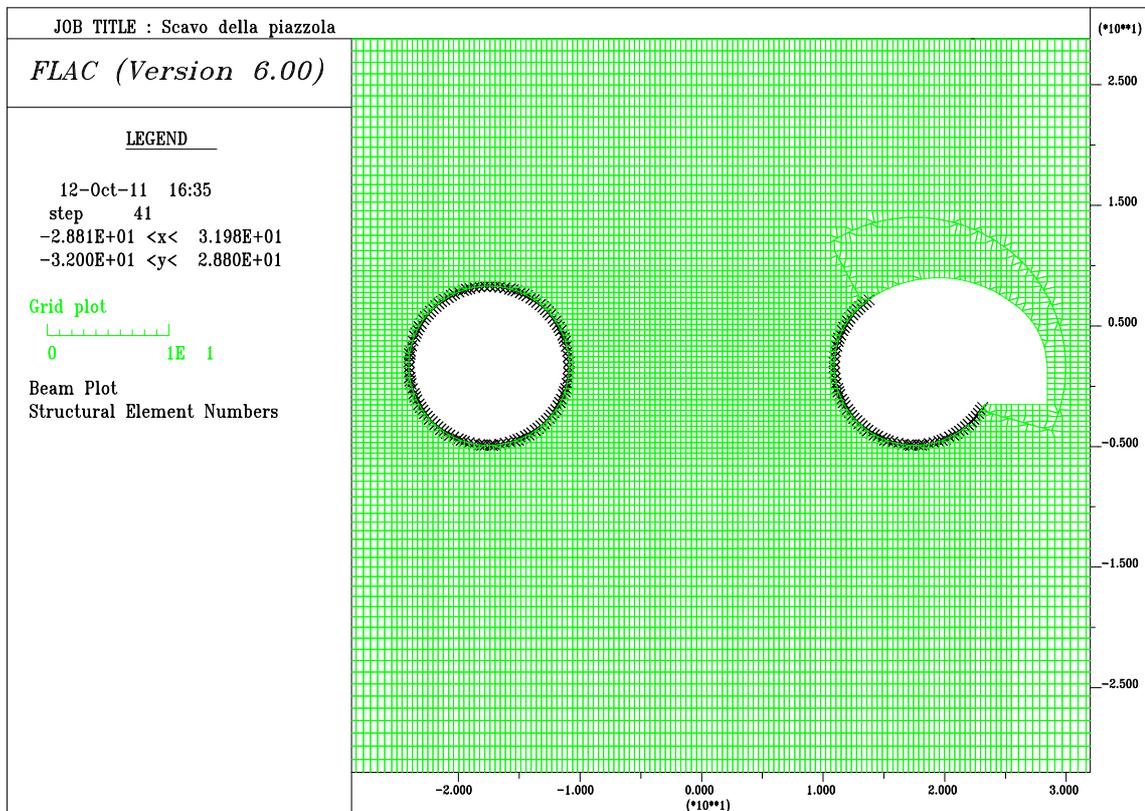
Viene simulata l'applicazione del rivestimento definitivo della struttura in c.a. gettato in opera. Si effettua una riduzione delle forze di scavo pari al 100%

FASE 9 – Risalita del livello di falda.

PROGETTO ESECUTIVO
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE PIAZZOLE DI SOSTA

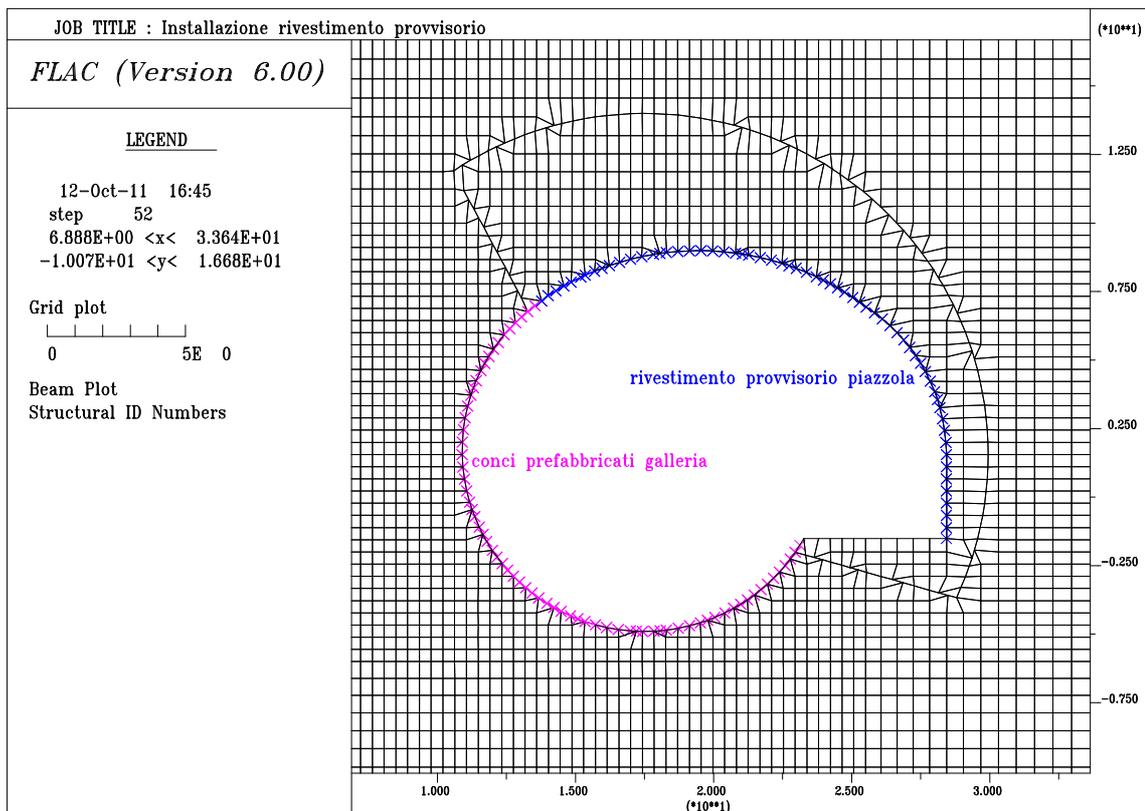


Fase 5 – Consolidamento del terreno interessato dallo scavo della piazzola di sosta

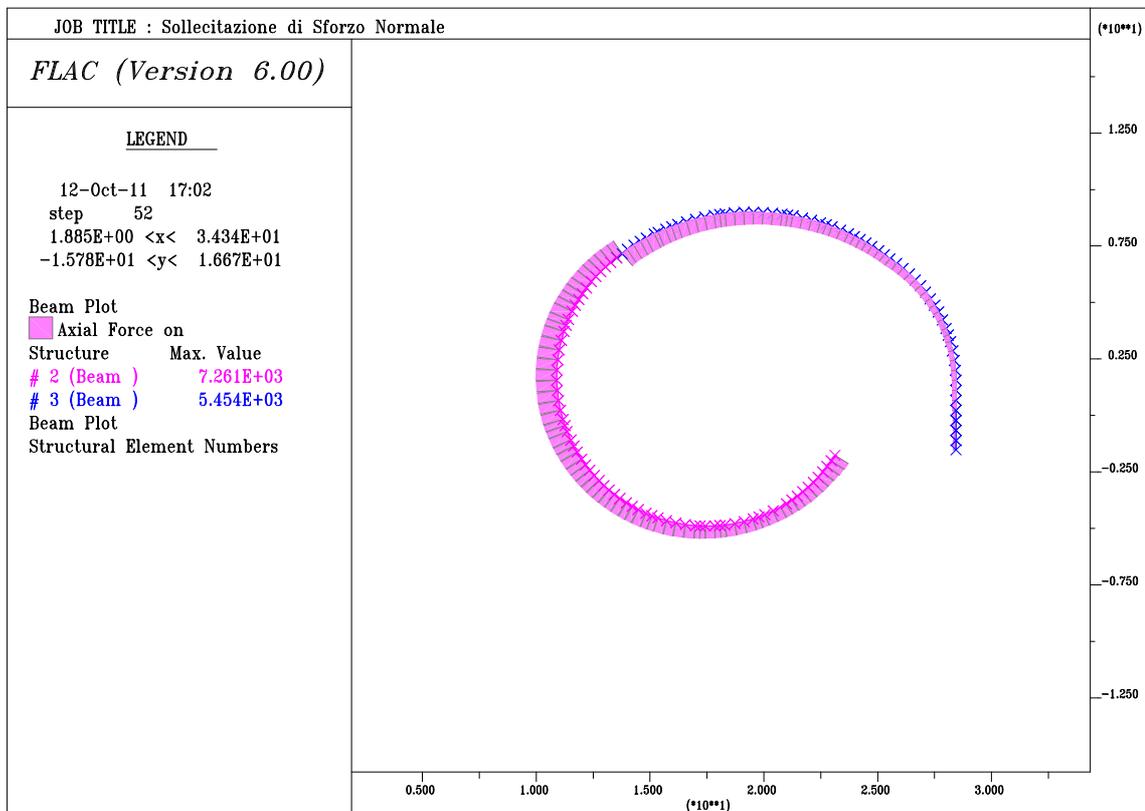


Fase 6 – Scavo della piazzola di sosta e demolizione di parte del rivestimento della galleria

PROGETTO ESECUTIVO
 RELAZIONE DI CALCOLO DELLE PIAZZOLE DI SOSTA

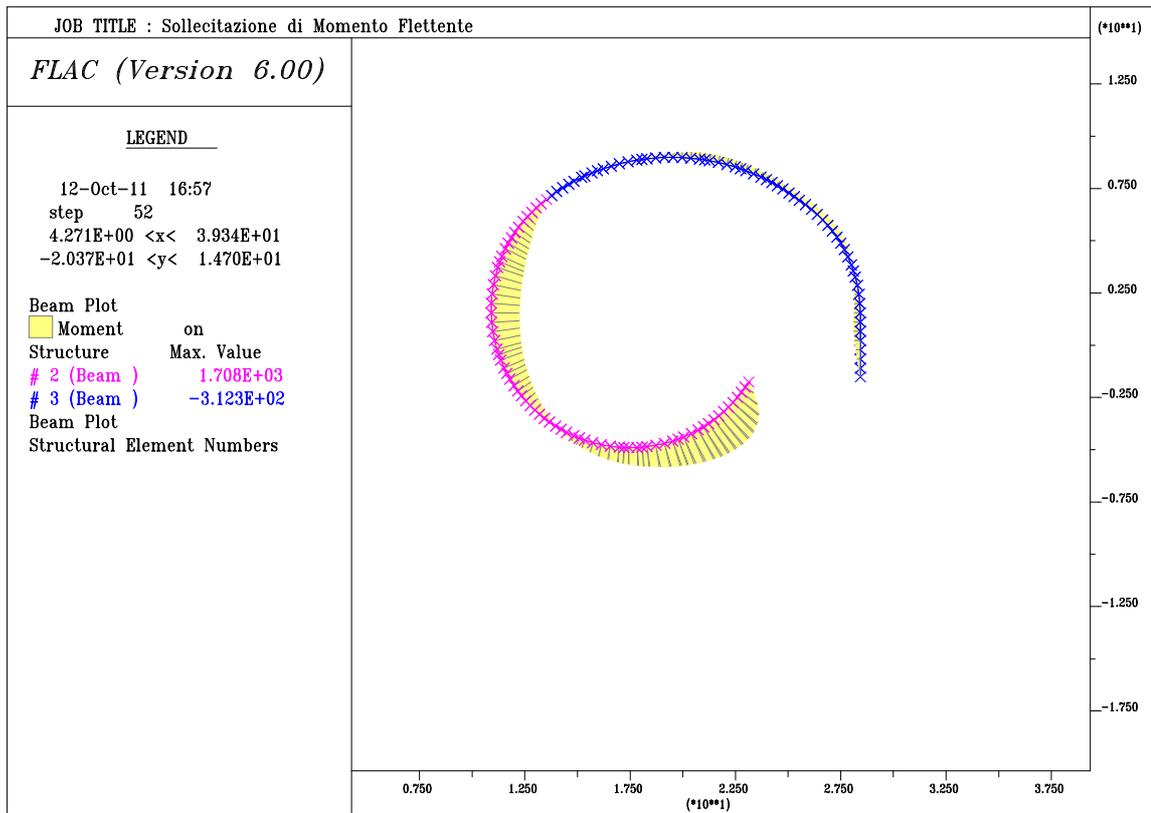


Fase 7 – Installazione rivestimento provvisorio piazzola di sosta



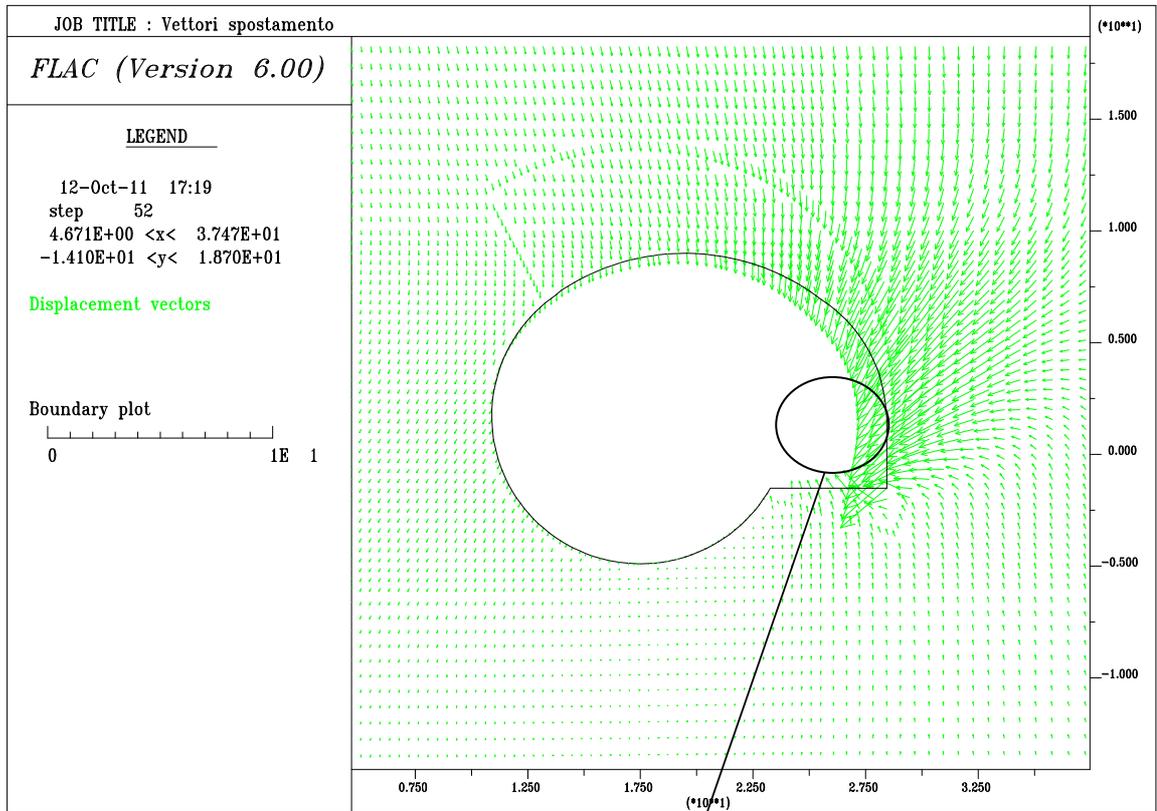
Fase 7 – Diagramma delle sollecitazioni di sforzo normale sui rivestimenti

PROGETTO ESECUTIVO
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE PIAZZOLE DI SOSTA

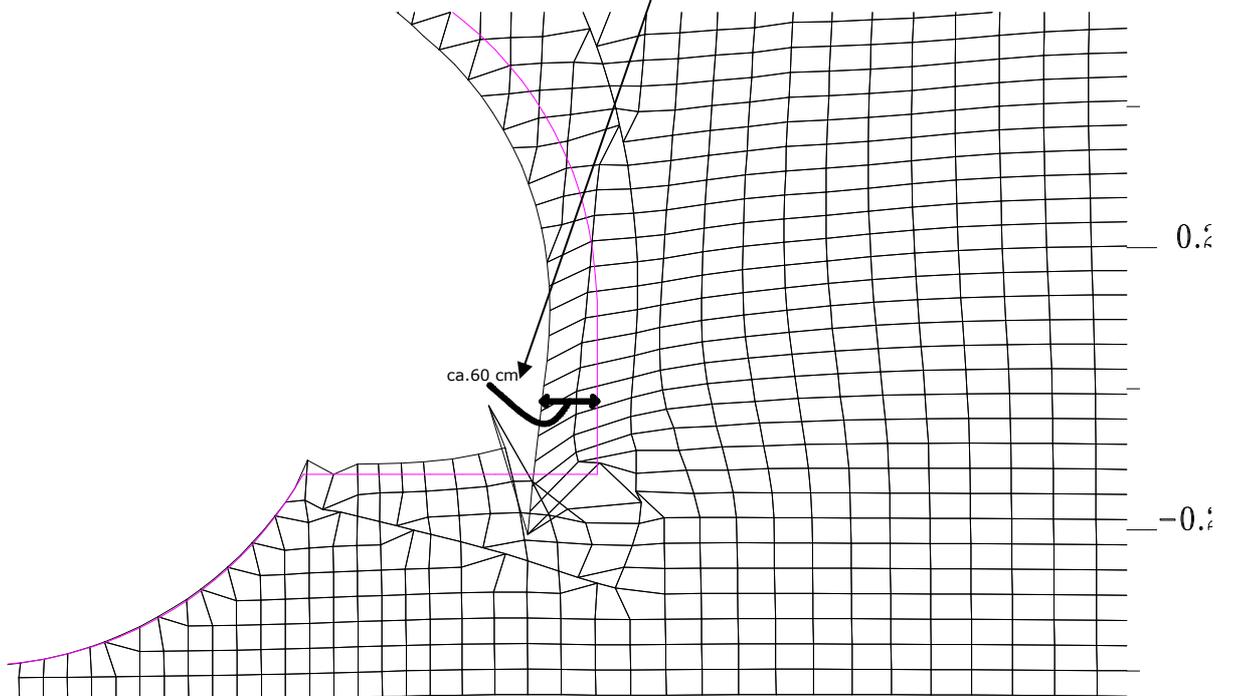


Fase 7 – Diagramma delle sollecitazioni di momento flettente sui rivestimenti

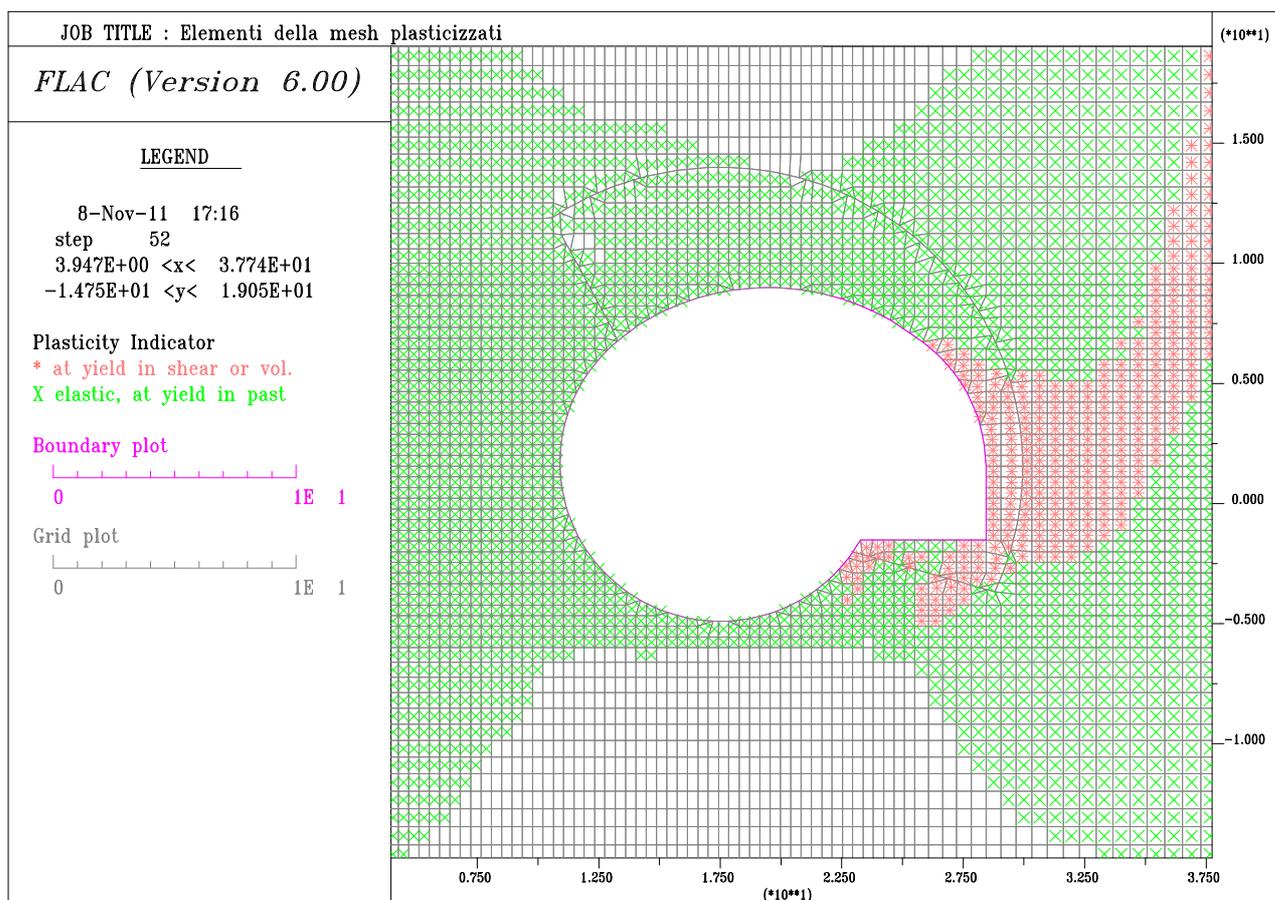
PROGETTO ESECUTIVO
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE PIAZZOLE DI SOSTA



Fase 7 - Rappresentazione dei vettori spostamento



Fase 7 - Griglia di discretizzazione deformata



Fase 7 – Elementi elasticizzati – rottura progressiva fino alla completa instabilità

Risultati e verifiche

Le verifiche dei rivestimenti a pressoflessione sono state condotte nelle sezioni più sollecitate.

Di seguito sono riportati i valori delle sollecitazioni ottenute dal codice di calcolo, riferite ad un metro di sviluppo in direzione longitudinale, sia per la porzione restante di galleria, sia per il rivestimento di prima fase della piazzola di sosta.

Per quanto riguarda la porzione restante di galleria prefabbricata, le sollecitazioni di progetto sono riferite a 2.8 m (2 conci) e sono ottenuti moltiplicando per il coefficiente di sicurezza $\gamma_F=1.3$.

PROGETTO ESECUTIVO
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE PIAZZOLE DI SOSTA

I valori delle sollecitazioni di progetto possono essere inseriti all'interno del dominio di resistenza.

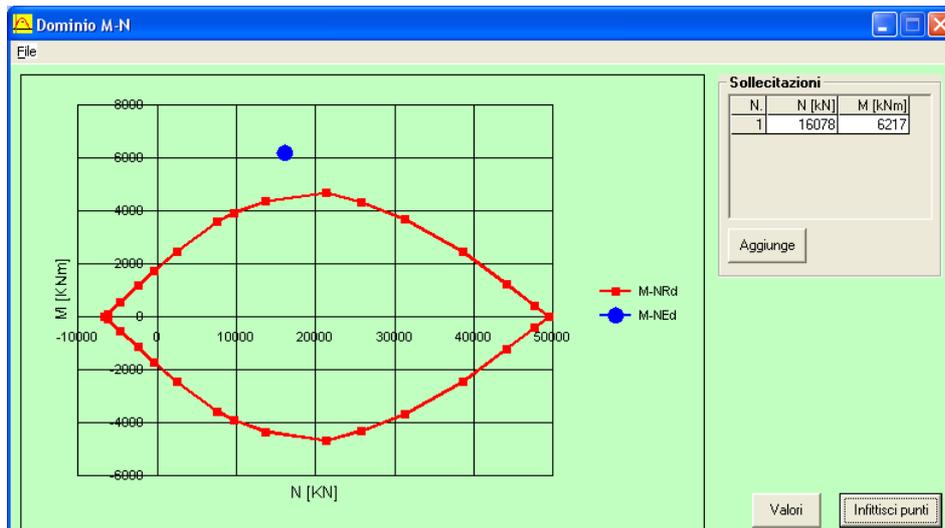
Le sollecitazioni di seguito riportate si riferiscono alla fase di applicazione del prerivestimento della piazzola (Fase 7).

Analogamente sono state effettuate le verifiche del prerivestimento della piazzola si sosta costituita dalle sezione mista centine – spritz-beton

Verifica slu a pressoflessione porzione di galleria in conci prefabbricati rimasta in opera.

Sezione 1

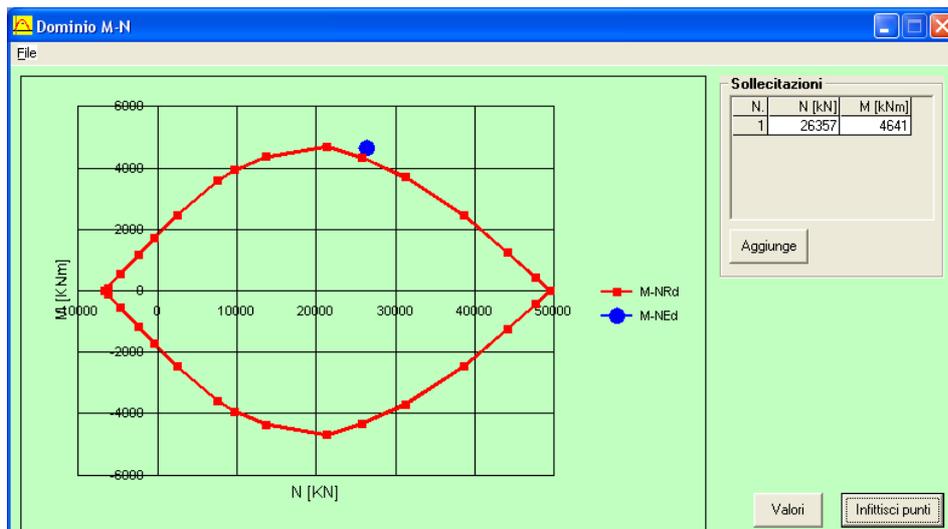
| N [KN/ m] | M KN*m/ m | N_d [KN] | M_d [KN* m] |
|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--|
| 4417 | 1708 | 16078 | 6217 |



PROGETTO ESECUTIVO
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE PIAZZOLE DI SOSTA

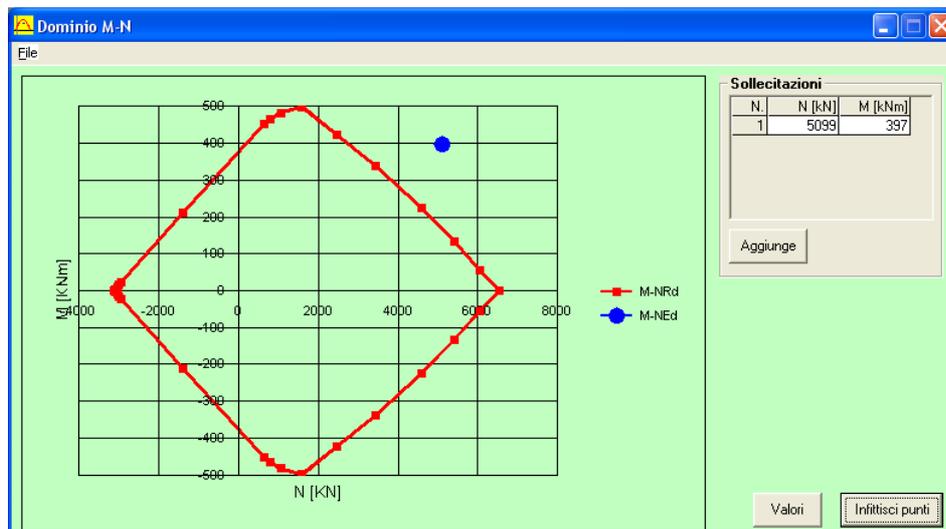
Sezione 2

| N [KN/ m] | M KN*m/ m | N_d [KN] | M_d [KN* m] |
|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--|
| 7241 | 1275 | 26357 | 4641 |



verifica slu a pressoflessione prerivestimento piazzola di sosta

| N | M | N_d | M_d |
|--------------------|--------------------|----------------------|----------------------|
| [KN/ m] | KN*m/ m | [KN] | [KN* m] |
| 3922 | 305 | 5099 | 397 |



Nelle due sezioni, della porzione di rivestimento prefabbricato restante, prese in esame le verifiche di pressoflessione allo SLU non sono soddisfatte.

Anche il rivestimento provvisorio dello scavo di allargamento per la piazzola, formato da centine e spritz-beton, non risulta verificato a pressoflessione per lo SLU.

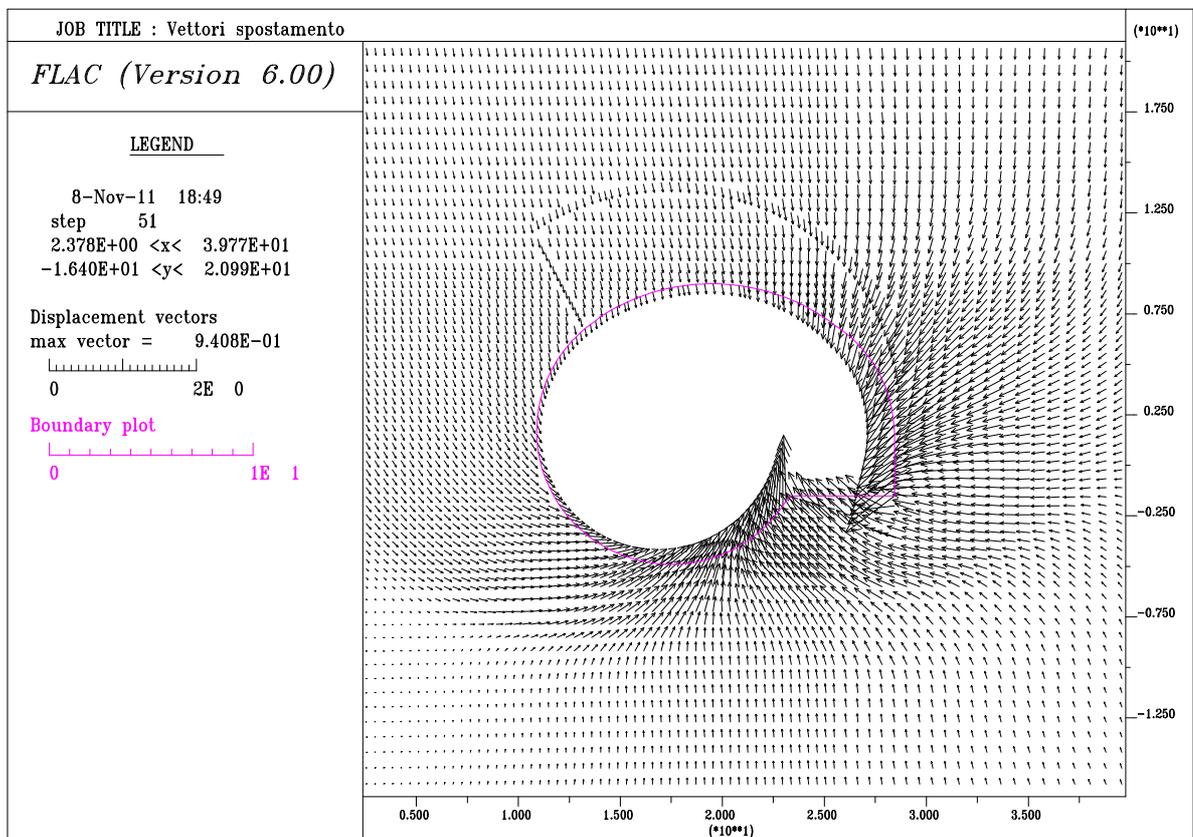
Inoltre c'è da considerare che anche gli spostamenti della struttura non risultano compatibili superando il valore limite di sicurezza; in particolare, al piede della centina, si riscontrano deformazioni dell'ordine dei 60cm che denotano un fenomeno di rottura progressiva con conseguente instabilità delle pareti dello scavo.

Considerando che:

- Si è arrivati ad installare solo il rivestimento provvisorio
- Che si sta considerando la perfetta efficienza del vincolo sui lembi del rivestimento in conci rimasto in opera.

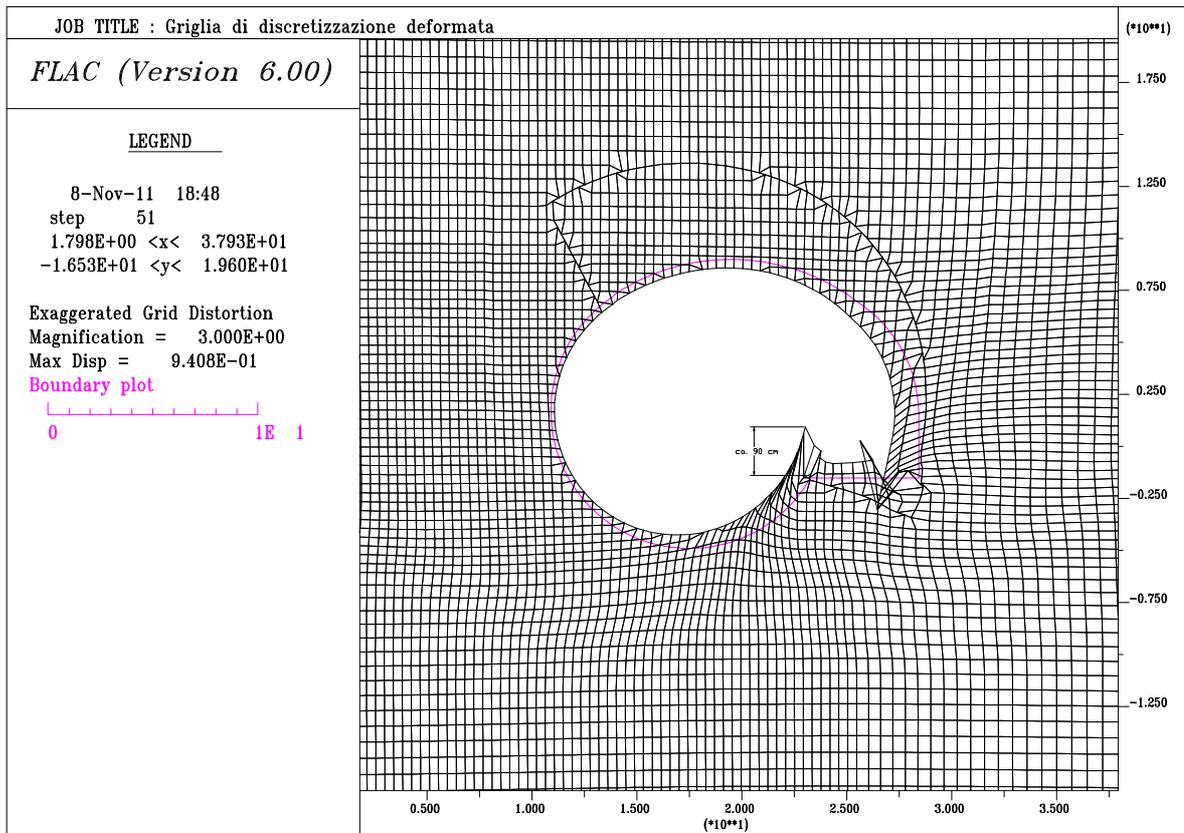
PROGETTO ESECUTIVO
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE PIAZZOLE DI SOSTA

- Che non si è considerato ancora agente il carico idraulico ne si stanno considerando in questa fase problemi legati a fenomeni di rigonfiamento e consolidazione.
- E' stata condotta una analisi allo scopo di valutare il campo di spostamenti nella ipotesi che il tirante (che ha lo scopo di bloccare la parte di anello che rimane in opera) subisca uno spostamento non compatibile con il livello di prestazione richiesto; i risultati sono di seguito rappresentati:



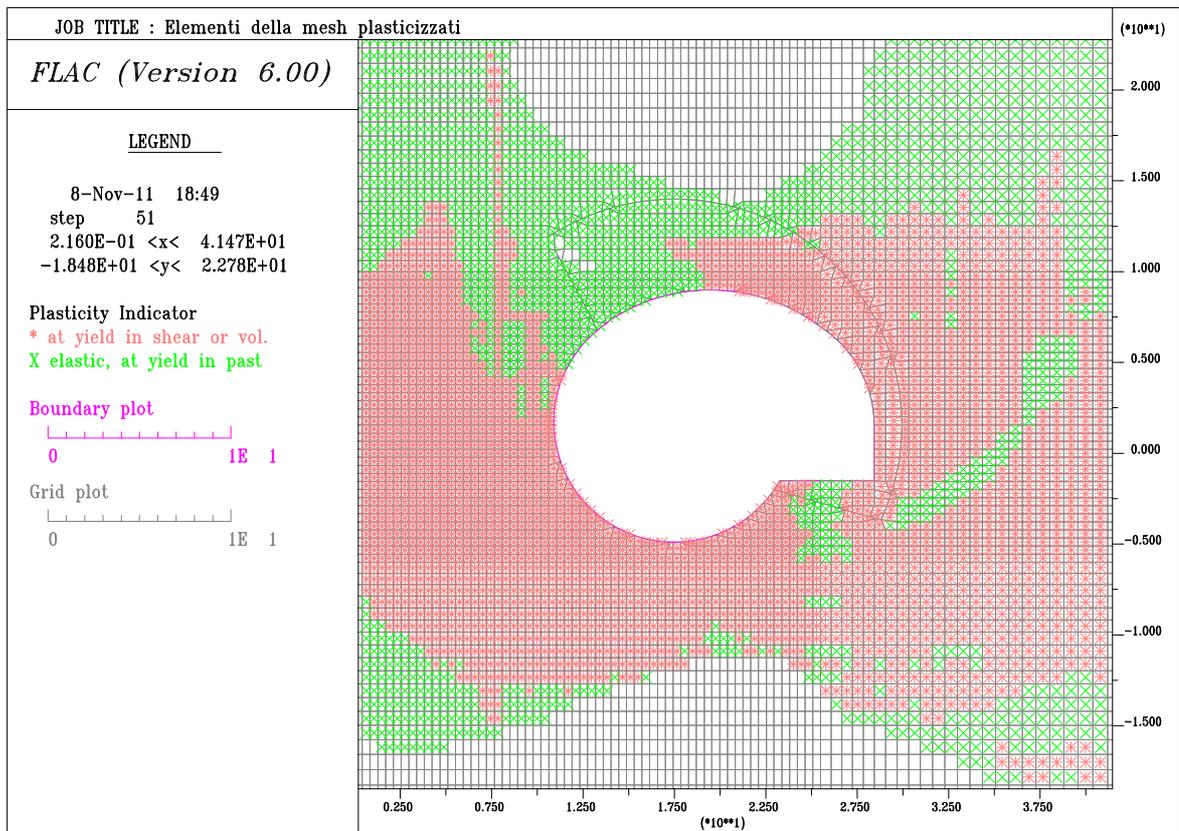
Vettori spostamento – rotazione e sollevamento dell’anello

PROGETTO ESECUTIVO
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE PIAZZOLE DI SOSTA



Griglia di discretizzazione deformata – rotazione e sollevamento dell'anello

PROGETTO ESECUTIVO
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE PIAZZOLE DI SOSTA



Elementi della mesh plasticizzati in seguito a perdita di contenimento da parte dell'anello rimasto in opera

Le analisi i cui risultati sono mostrati nelle figure precedenti mostrano un possibile rotazione dell'anello e conseguente sollevamento dell'ordine di 1 m. Conseguentemente si determina un incremento di plasticizzazione diffuso che investe tutta la zona sottostante l'anello rimasto in opera.

Si determina pertanto l'infattibilità, alla luce del nuovo quadro di riferimento geologico-geotecnico della soluzione progettuale ipotizzata in sede di progettazione definitiva per la realizzazione delle piazzole di sosta.

Si è deciso, di conseguenza, all'interno del Progetto Esecutivo, di adottare una soluzione alternativa che prevede un consolidamento full-round del terreno nell'intorno della galleria attraverso miscele cementizie iniettate da elementi strutturali in VTR e PVC di lunghezza variabile dai 13 ai 18m.

Successivamente è prevista la demolizione dei conci dell'intera galleria, lo scavo di allargamento e la posa in opera delle centine 2HEB 220 passo 0.70m con spritz-beton spessore 30 cm. In seguito si procede al getto del rivestimento definitivo in c.a..

ANALISI NUMERICA SOLUZIONE ADOTTATA NEL PROGETTO ESECUTIVO

Nel seguito viene riportata un'analisi numerica atta a rappresentare la soluzione proposta nel Progetto Esecutivo per la realizzazione delle piazzole di sosta.

L'analisi tenso - deformativa è stata condotta in condizioni di deformazione piana, pertanto viene ritenuta rappresentativa di una sezione corrente di galleria.

E' stata presa in esame una porzione di continuo nella quale sono state modellate le due gallerie con interasse di circa 35 m; la scelta di adottare l'interasse minimo, in corrispondenza della massima copertura nelle zone tettonizzate (l'interasse è di circa 50 m) è dettata dalle necessità di studiare eventuali fenomeni d'interazione tra lo scavo delle due canne.

La copertura considerata nel calcolo è di circa 100 m.

Descrizione delle fasi di scavo

L'analisi è stata organizzata in fasi di calcolo che consentono la simulazione dei vari interventi costruttivi e la schematizzazione di diverse condizioni di carico del rivestimento definitivo.

Le fasi di calcolo riprendono la modellazione della sezione corrente della galleria; in particolare viene ricostruita la realizzazione della canna sinistra e poi della canna destra.

FASE 0 – Geostatico

In questa fase di calcolo viene applicato il peso proprio del terreno, ovvero viene ricostruita in termini di sforzi e deformazioni la situazione iniziale preesistente alla costruzione delle gallerie.

FASE 1 – Scavo a piena sezione Canna sx

Si simula lo scavo della canna sinistra ipotizzando il passaggio della macchina prima della posa in opera dei conci. Si effettua una riduzione delle forze di scavo del 60 %

FASE 2 - Avanzamento degli scavi e posizionamento del rivestimento definitivo
Canna sx

Viene simulata la messa in opera del rivestimento definitivo in conci prefabbricati della canna sinistra ($E=36.416\text{GPa}$); si effettua una riduzione delle forze di scavo pari al 100%.

FASE 3 – Scavo a piena sezione Canna dx

Si simula lo scavo della canna destra ipotizzando il passaggio della macchina prima della posa in opera dei conci. Si effettua una riduzione delle forze di scavo del 60 %

FASE 4 - Avanzamento degli scavi e posizionamento del rivestimento definitivo
canna dx

Viene simulata la messa in opera del rivestimento definitivo in conci prefabbricati della canna destra ($E=36.416\text{GPa}$); si effettua una riduzione delle forze di scavo pari al 100%.

FASE 5 – Consolidamento full-round del terreno nell'intorno della galleria.

FASE 6 – Scavo della piazzola di sosta e demolizione completa del rivestimento della galleria.

FASE 7 – Posizionamento del rivestimento provvisorio.

Viene simulata l'applicazione delle centine 2HEB220 /0.70m e dello spritz-beton spessore 30cm. Si effettua una riduzione delle forze di scavo del 65 %

FASE 8 – Posizionamento del rivestimento definitivo.

Viene simulata l'applicazione del rivestimento definitivo della struttura in c.a. gettato in opera. Si effettua una riduzione delle forze di scavo pari al 100%

FASE 9 – Decadimento del rivestimento di prima fase.

FASE 10 – Risalita del livello di falda.

Risultati e verifiche

I rivestimenti della piazzola di sosta sono stati verificati per le condizioni di carico riportate nel DM 2008 sia nei riguardi degli stati limite ultimi che nei riguardi degli stati limite di esercizio, mediante il metodo dei coefficienti parziali di sicurezza sulle azioni e sulle resistenze (DM2008 6.2.3).

Le combinazioni di calcolo adottate sono schematizzate nella seguente tabella:

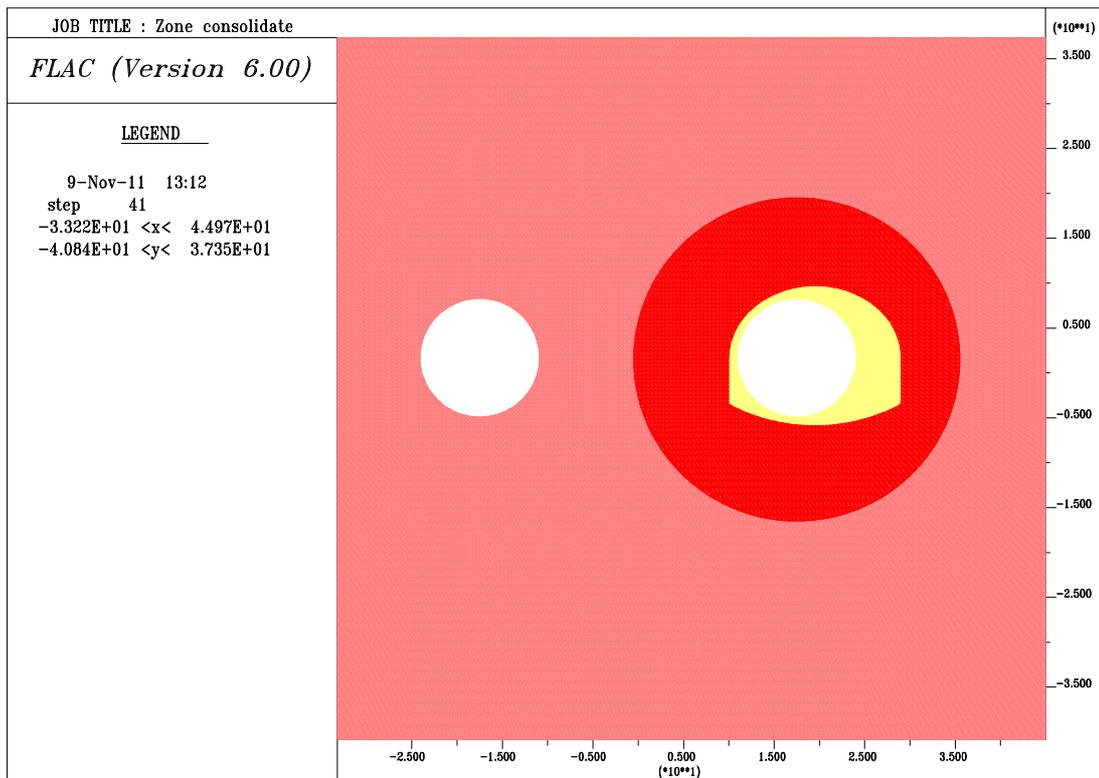
| SLU | C ASO | AZIONI γF | | | | PROPRIETA' TERRENO γM | | | RESISTENZ E γR | | |
|-----------|----------|-------------------|----------|-----------|----------|----------------------------------|----------|---------|---------------------------|--------|--|
| | | PERMANENTI | | VARIABILI | | $\tan\Phi'$ | c' | C u | q B | K p | |
| | | SFA V. | F AV. | SF AV. | F AV. | | | | | | |
| A1+ M1 | 1 | 1.3 | 1 | 1. 5 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| A2+ M2 | 2 | 1 | 1 | 1. 3 | 0 | 1.25 | 1.2 5 | 1. 4 | 1 | 1 | |

Nella combinazione 1 (A1 + M1) si è preferito ricorrere all'incremento delle caratteristiche di sollecitazione ricavate dalla combinazione agli stati limite di esercizio (tutti i coefficienti pari ad 1) mediante il coefficiente moltiplicativo $\gamma F = 1.3$, piuttosto che modellare una nuova condizione di carico nel modello di calcolo.

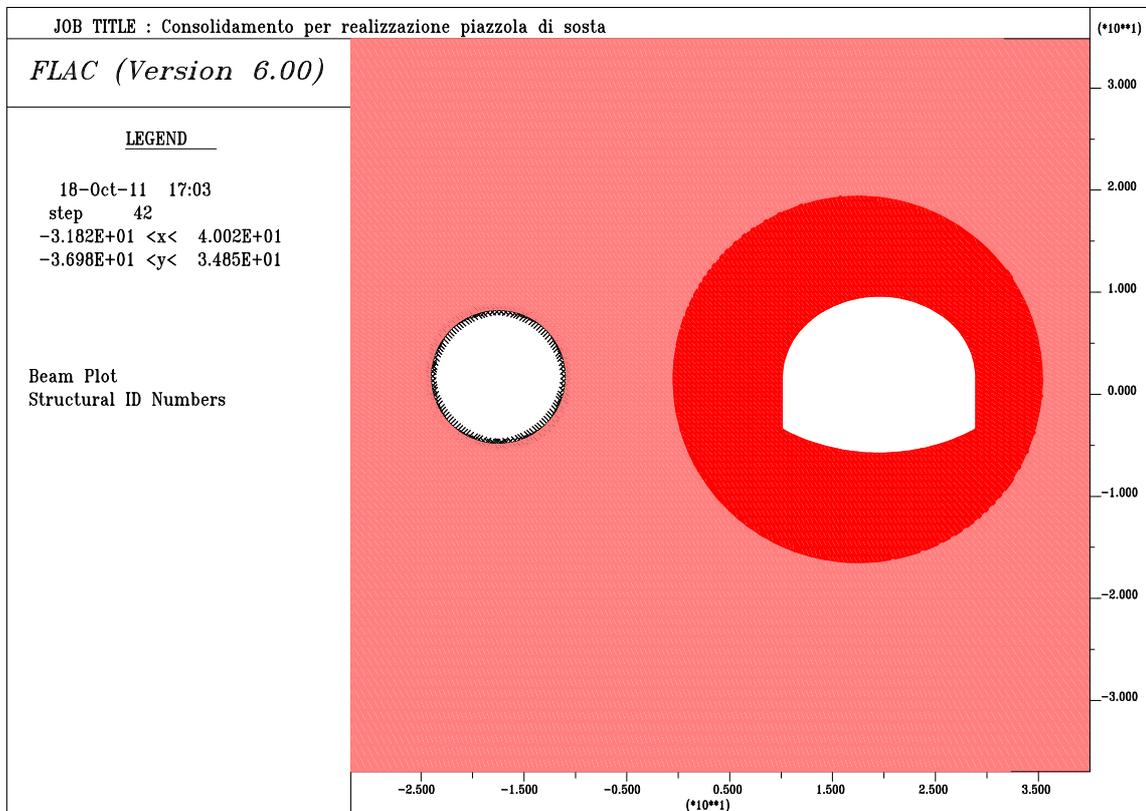
Di seguito sono riportati i risultati ritenuti più significativi (le forze sono espresse in kN, le lunghezze e gli spostamenti in m).

Sono di seguito riportati i risultati delle verifiche strutturali del rivestimento (provvisorio e definitivo), nelle sezioni maggiormente sollecitate ritenute significative; i rivestimenti sono stati verificati con le sollecitazioni risultanti dalla combinazione 1 (A1 + M1) essendo dimensionanti per gli elementi strutturali; vengono inoltre allegati i diagrammi delle sollecitazioni N ed M per ciascuna fase di calcolo.

PROGETTO ESECUTIVO
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE PIAZZOLE DI SOSTA

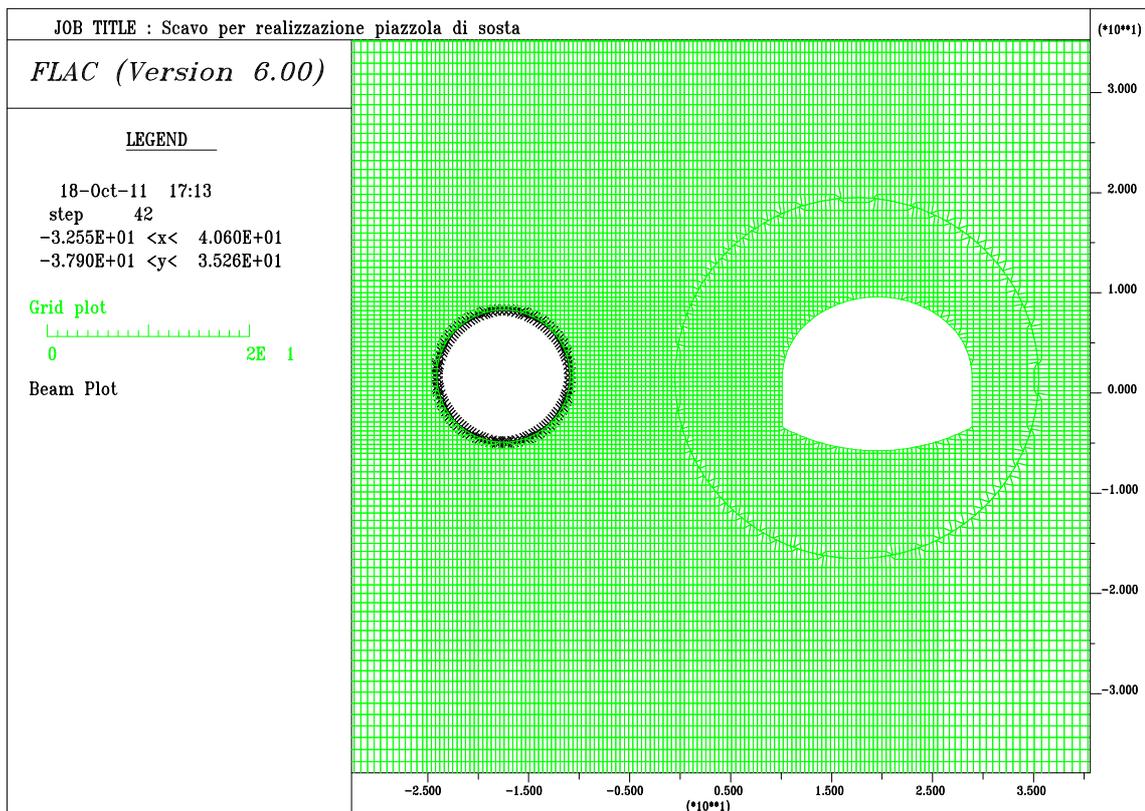


Consolidamento full-round del terreno interessato dallo scavo della piazzola di sosta

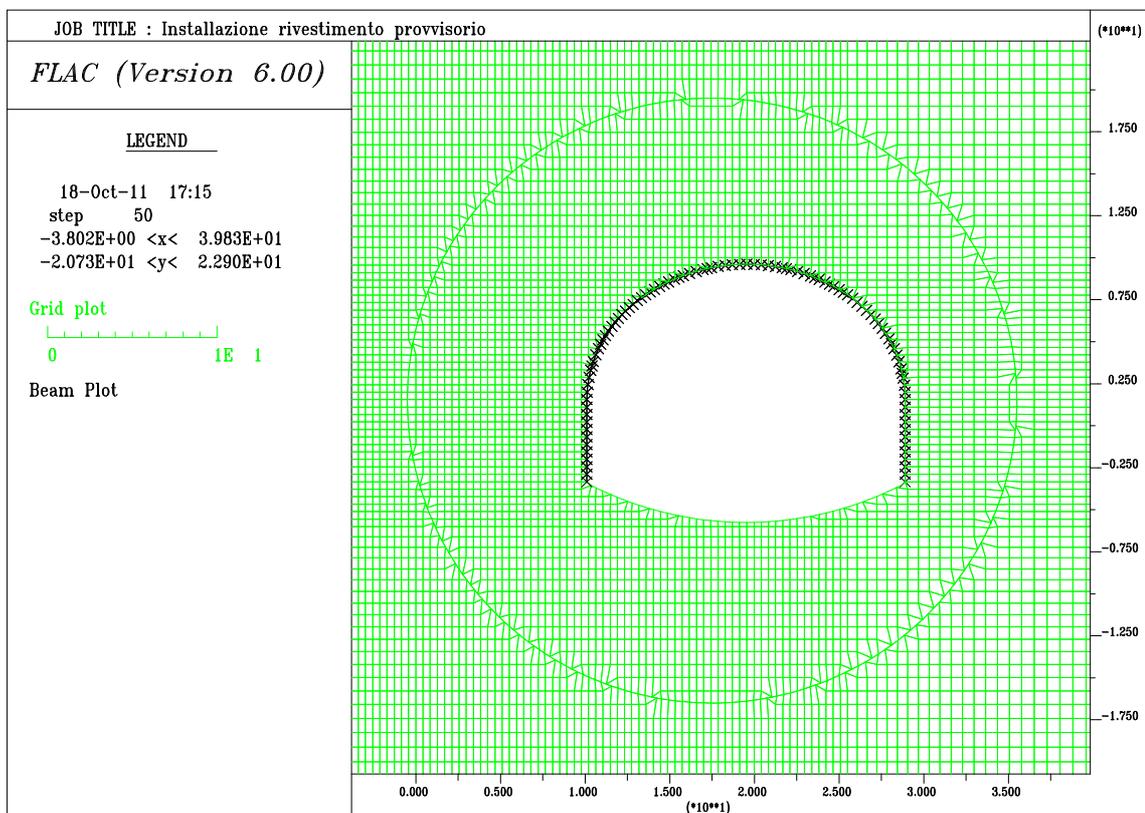


Fase 5 - Consolidamento full-round del terreno interessato dallo scavo della piazzola di sosta

PROGETTO ESECUTIVO
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE PIAZZOLE DI SOSTA

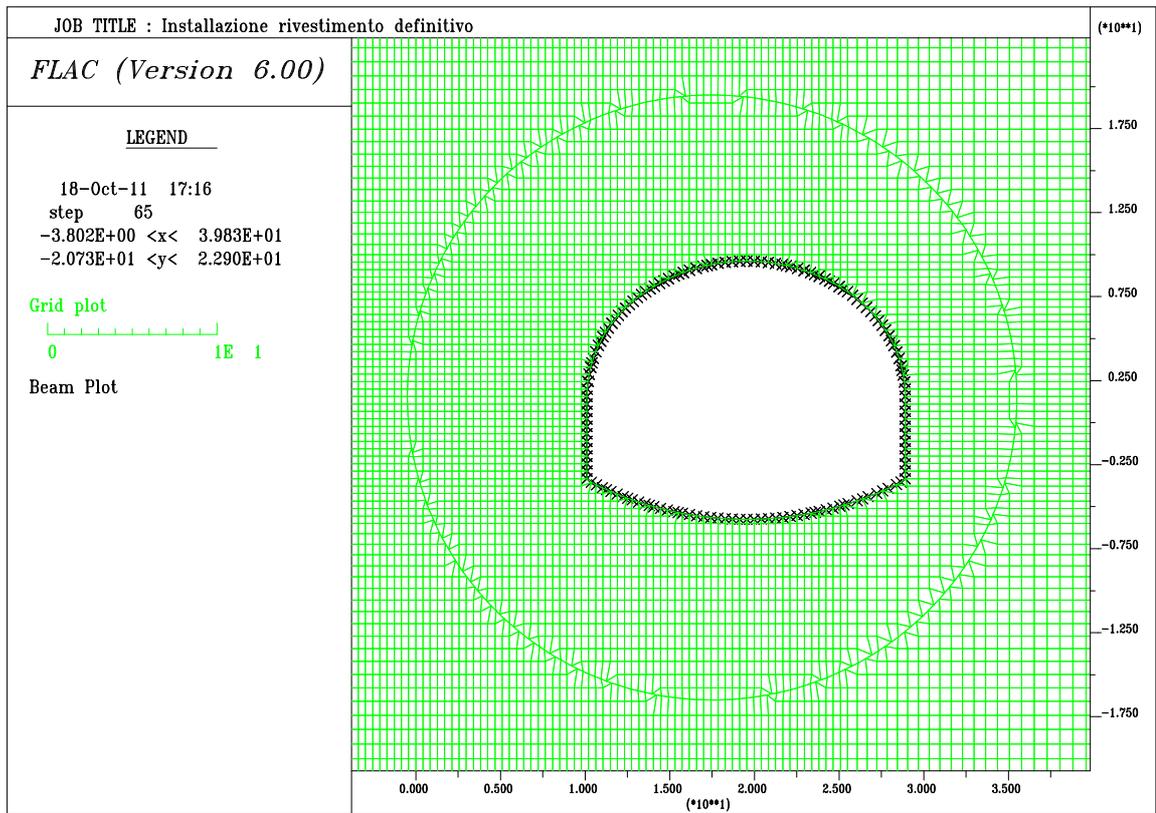


Fase 6 - Scavo della piazzola di sosta e demolizione completa del rivestimento della galleria



Fase 7 - Posa del rivestimento provvisorio della piazzola di sosta

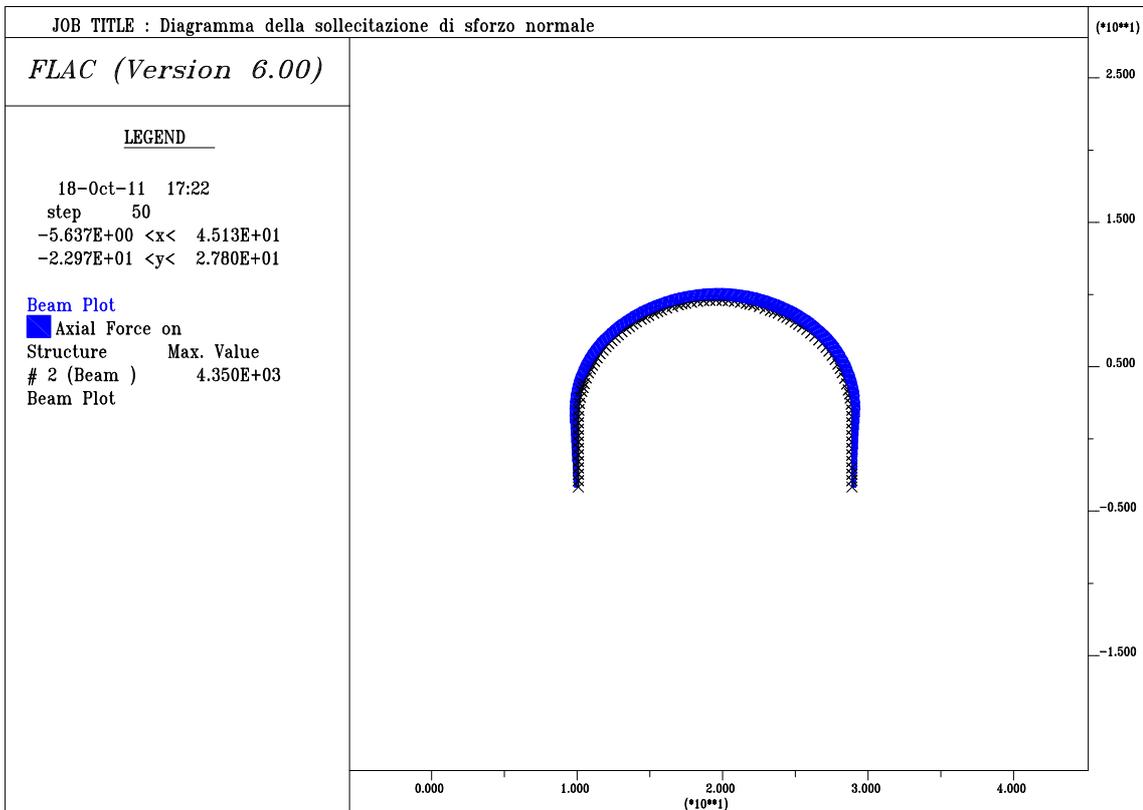
PROGETTO ESECUTIVO
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE PIAZZOLE DI SOSTA



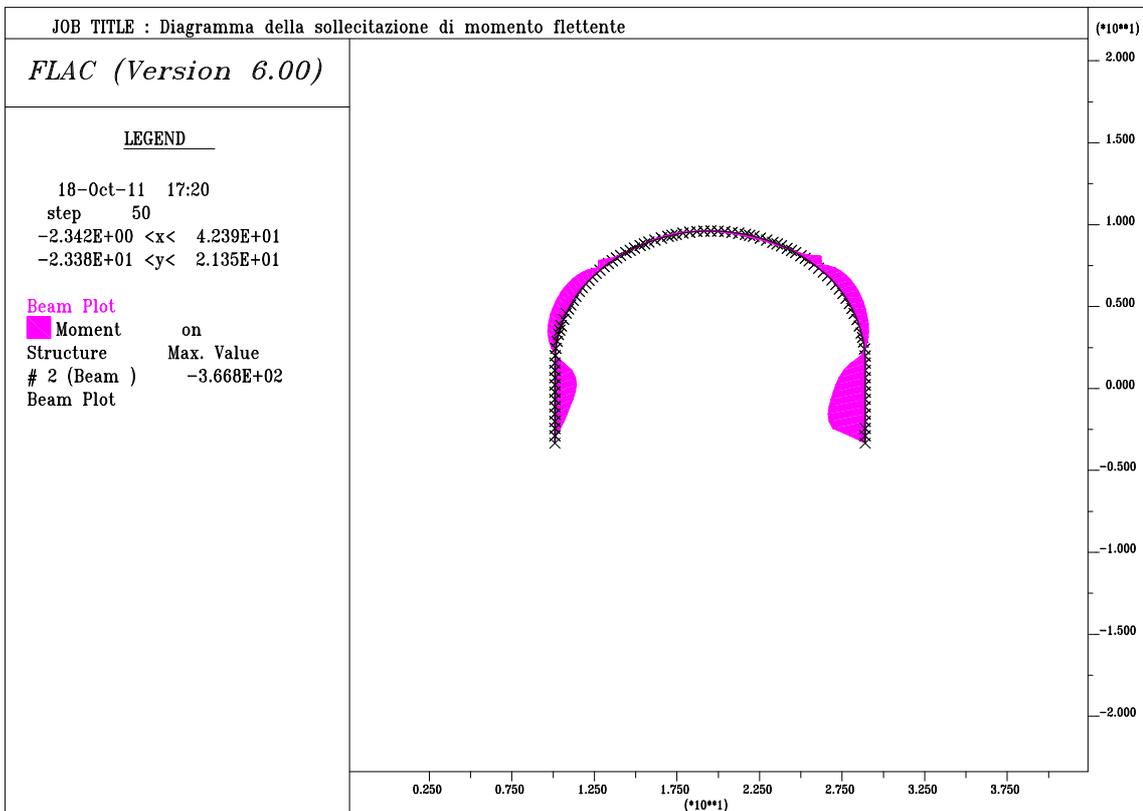
Fase 8 – Installazione del rivestimento definitivo della piazzola di sosta

PROGETTO ESECUTIVO
 RELAZIONE DI CALCOLO DELLE PIAZZOLE DI SOSTA

VERIFICA SLU A PRESSOFLESSIONE RIVESTIMENTO PROVVISORIO PIAZZOLA



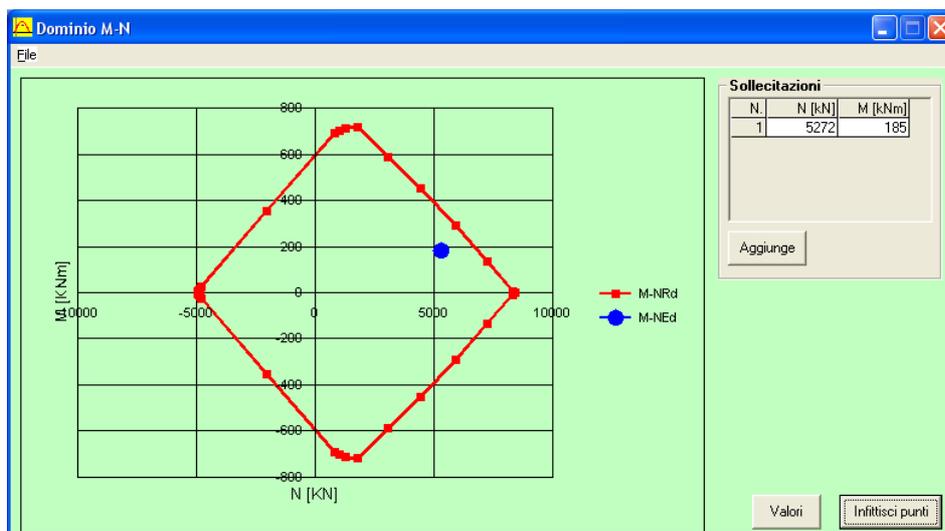
Fase 7 – Diagramma di sforzo normale rivestimento provvisorio piazzola di sosta



Fase 7 – Diagramma di momento flettente rivestimento provvisorio piazzola di sosta

PROGETTO ESECUTIVO
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE PIAZZOLE DI SOSTA

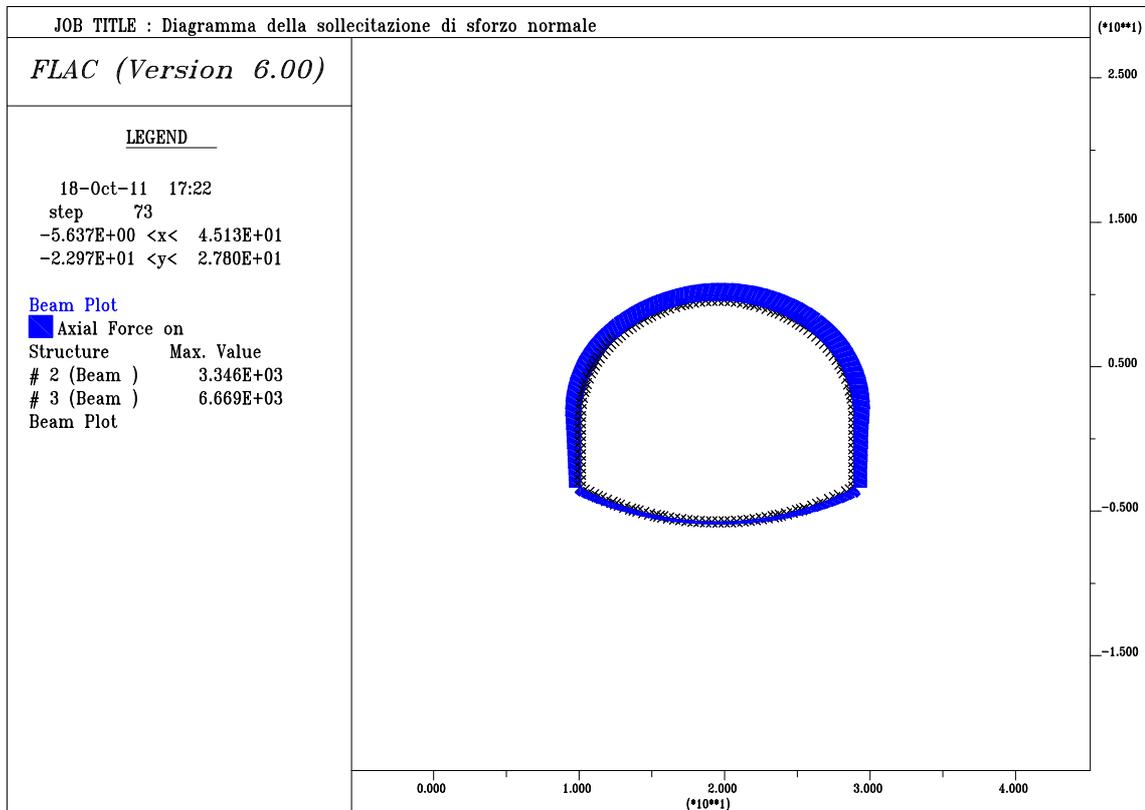
| N [KN/ m] | M KN*m/ m | N_d [KN] | M_d [KN* m] |
|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--|
| 4055 | 142 | 5272 | 185 |



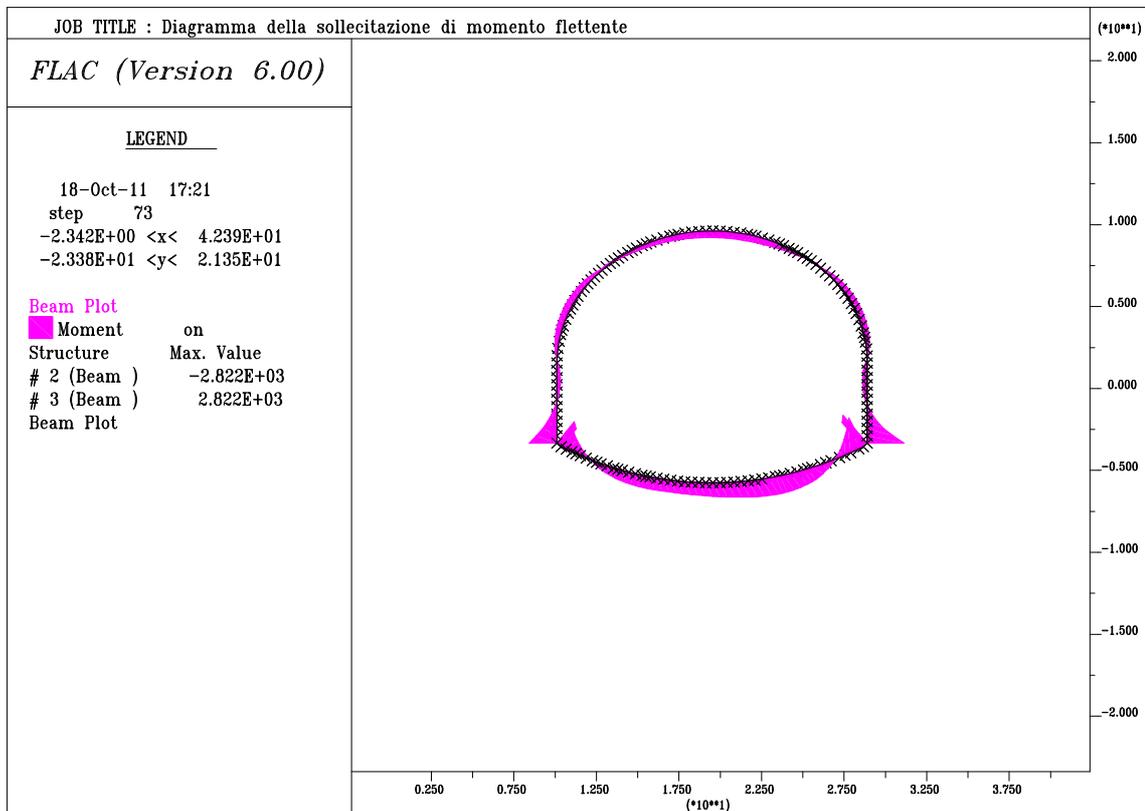
Il prerivestimento è costituito da 2 centine HEB220 passo 0.70m e da calcestruzzo proiettato di spessore pari a 30cm. La struttura risulta verificata a pressoflessione allo SLU.

PROGETTO ESECUTIVO
 RELAZIONE DI CALCOLO DELLE PIAZZOLE DI SOSTA

VERIFICA SLU A PRESSOFLESSIONE RIVESTIMENTO DEFINITIVO PIAZZOLA



Fase 10 – Diagramma di sforzo normale rivestimento definitivo piazzola di sosta



Fase 10 – Diagramma di momento flettente rivestimento definitivo piazzola di sosta

PROGETTO ESECUTIVO
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE PIAZZOLE DI SOSTA

| Elemento | N [KN/ m] | M KN*m/ m | N _d [KN] | M _d [KN* m] |
|------------------|-----------------|-----------------|------------------------|------------------------------|
| Arco rovescio | 1413 | 995 | 1837 | 1294 |
| Calotta | 6006 | 527 | 7808 | 685 |

Arco rovescio

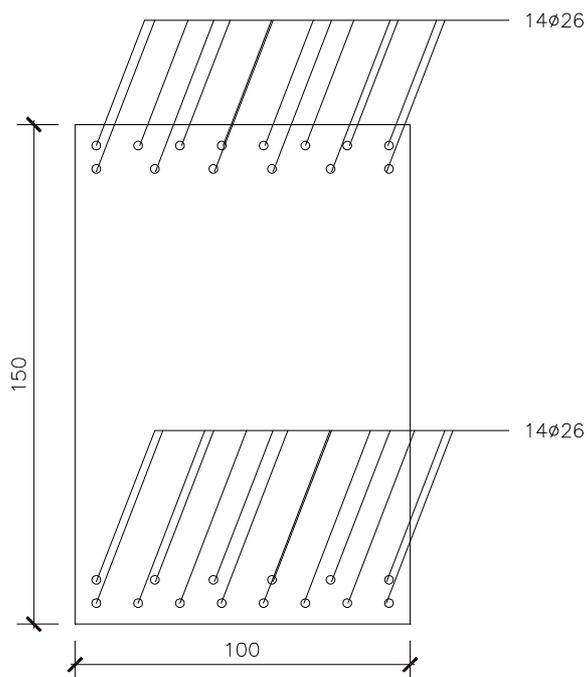
Dati per le verifiche

b= 100 cm

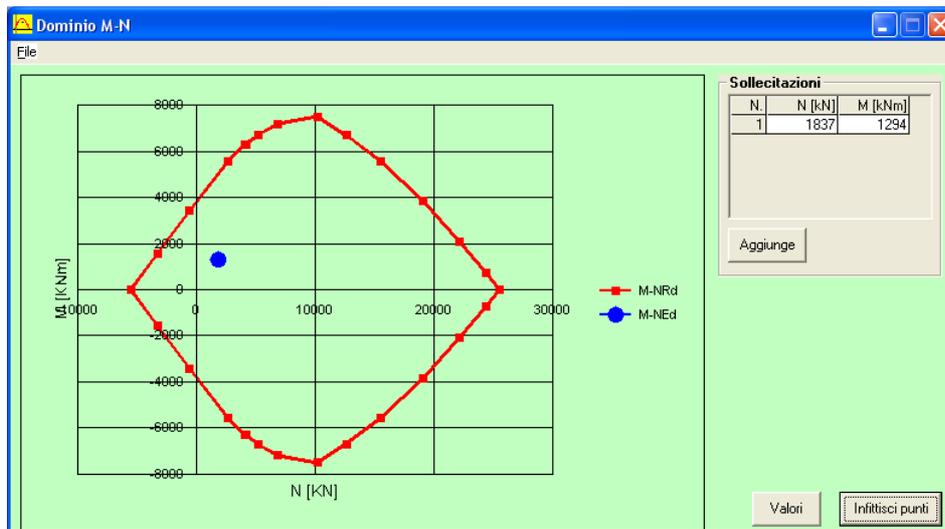
h= 150 cm

A'f = 14Φ26 = 74.33 cm²

Af = 14Φ26 = 74.33 cm²



PROGETTO ESECUTIVO
 RELAZIONE DI CALCOLO DELLE PIAZZOLE DI SOSTA



File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: DM 1996

TITOLO : _____

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 100 | 150 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 74.33 | 5 |
| 2 | 74.33 | 145 |

Tipo Sezione
 Rettang.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

| | | |
|-----------|------|-----------|
| N_{Ed} | 1837 | 1.413 kN |
| M_{xEd} | 1294 | 995.4 kNm |
| M_{yEd} | 0 | 0 |

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali

| FeB44k | C25/30 |
|----------------------------|-----------------------|
| ϵ_{su} 10 % | ϵ_{c2} 2 % |
| f_{yd} 373.9 N/mm² | ϵ_{cu} 3.5 % |
| E_s 200.000 N/mm² | f_{cd} 13.29 |
| E_s/E_c 15 | f_{cc}/f_{cd} 0.8 |
| ϵ_{syd} 1.87 % | $\sigma_{c,adm}$ 9.75 |
| $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² | τ_{co} 0.6 |
| | τ_{c1} 1.829 |

σ_c -3.054 N/mm²
 σ_s 30.91 N/mm²
 ϵ_s 0.1546 %
 d 145 cm
 x 86.57 x/d 0.5971
 δ 1

Verifica
 N° iterazioni: 4
 Precompresso

PROGETTO ESECUTIVO
 RELAZIONE DI CALCOLO DELLE PIAZZOLE DI SOSTA

Calotta

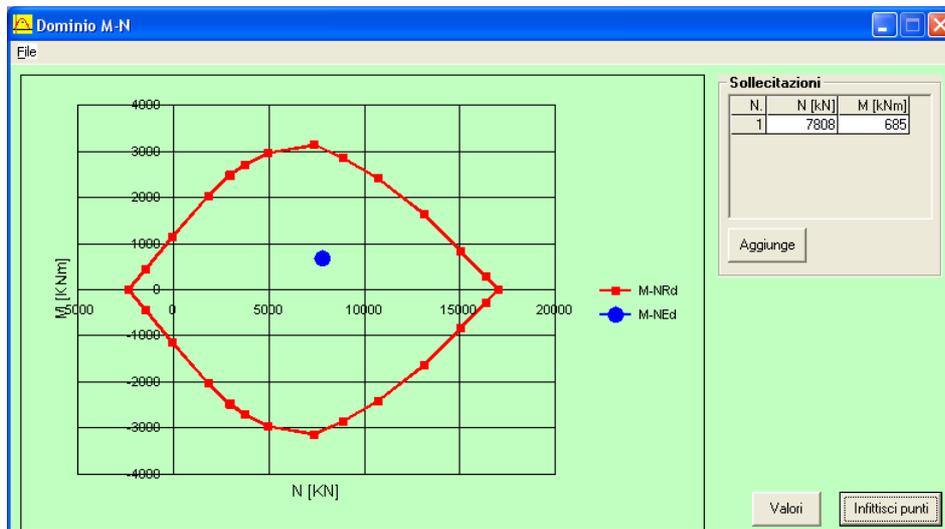
Dati per le verifiche

$b = 100 \text{ cm}$

$h = 110 \text{ cm}$

$A'f = \Phi 26 / 15 \text{ cm} = 31.86 \text{ cm}^2$

$Af = \Phi 26 / 15 \text{ cm} = 31.86 \text{ cm}^2$



File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: DM 1996

Titolo: _____

N° figure elementari: 1 Zoom N° strati barre: 2 Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 100 | 110 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 31.86 | 5 |
| 2 | 31.86 | 105 |

Tipo Sezione: Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni: S.L.U. Metodo n

| | | | |
|------------------|------|-------|-----|
| N _{Ed} | 7808 | 6,006 | kN |
| M _{xEd} | 685 | 526.9 | kNm |
| M _{yEd} | 0 | 0 | |

P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN: 0 yN: 0

Metodo di calcolo: S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

Materiali: FeB44k C25/30

| | | | | | |
|------------------|---------|-------|------------------|-------|---|
| ϵ_{su} | 10 | % | ϵ_{c2} | 2 | % |
| f_{yd} | 373.9 | N/mm² | ϵ_{cu} | 3.5 | |
| E_s | 200.000 | N/mm² | f_{cd} | 13.29 | |
| E_s/E_c | 15 | | f_{cc}/f_{cd} | 0.8 | ? |
| ϵ_{syd} | 1.87 | % | $\sigma_{c,adm}$ | 9.75 | |
| $\sigma_{s,adm}$ | 255 | N/mm² | τ_{co} | 0.6 | |
| | | | τ_{c1} | 1.829 | |

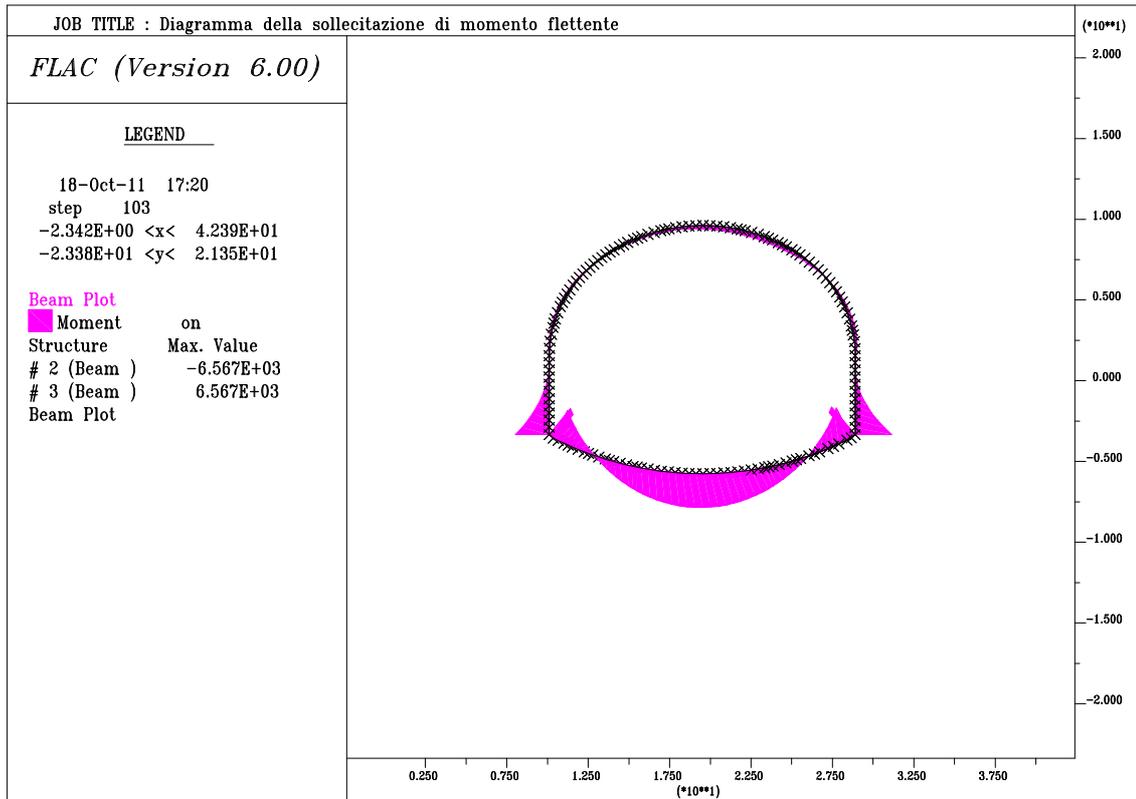
$\sigma_c = -7.173 \text{ N/mm}^2$

$\epsilon_s = -0.2302 \text{ ‰}$

Verifica N° iterazioni: 0

Precompresso

PROGETTO ESECUTIVO
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE PIAZZOLE DI SOSTA

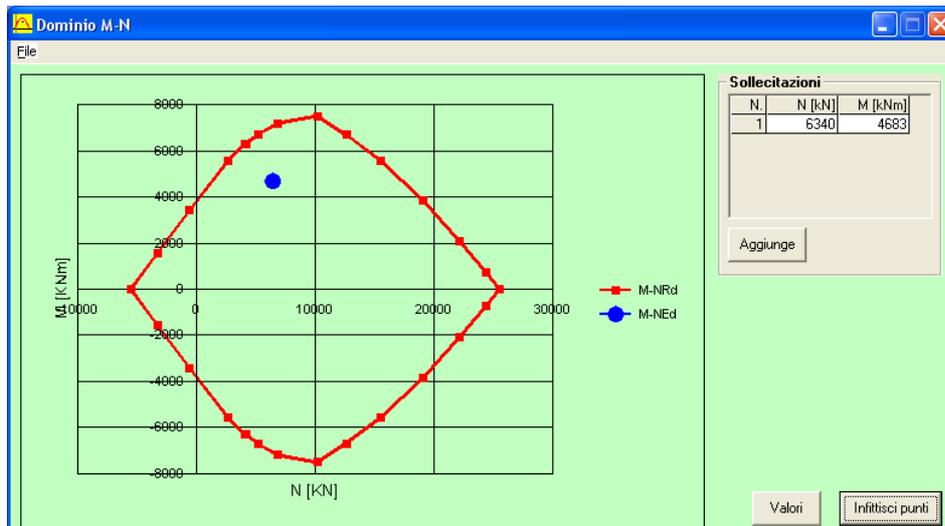


Fase 11 - Diagramma di sforzo normale rivestimento definitivo piazzola di sosta

PROGETTO ESECUTIVO
RELAZIONE DI CALCOLO DELLE PIAZZOLE DI SOSTA

| Elemento | N [KN/ m] | M KN*m/ m | N _d [KN] | M _d [KN* m] |
|------------------|-----------------|-----------------|------------------------|------------------------------|
| Arco rovescio | 4877 | 3602 | 6340 | 4683 |
| Calotta | 6006 | 527 | 7808 | 685 |

Arco rovescio



PROGETTO ESECUTIVO
 RELAZIONE DI CALCOLO DELLE PIAZZOLE DI SOSTA

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: DM 1996

TITOLO : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 100 | 150 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 74.33 | 5 |
| 2 | 74.33 | 145 |

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd}

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

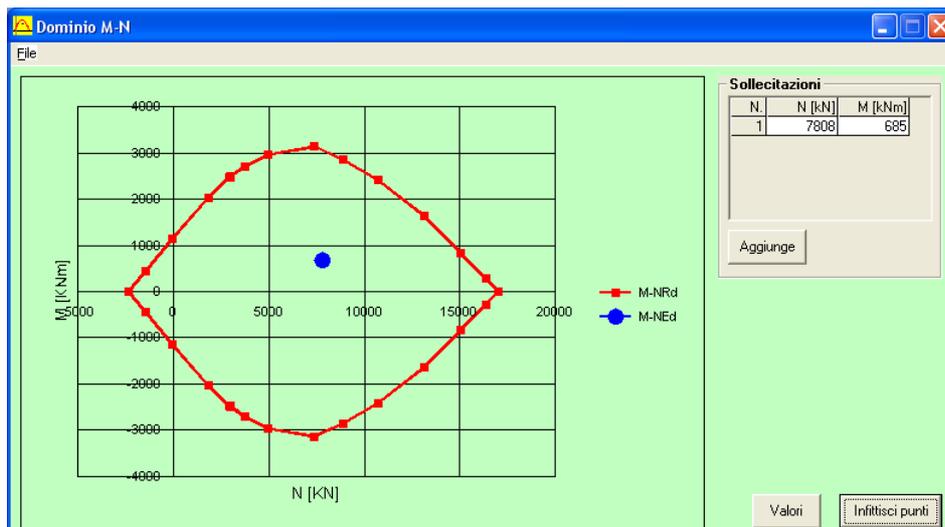
Materiali
 FeB44k C25/30
 ϵ_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s / E_c f_{cc} / f_{cd} ?
 ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$ ‰
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co} ‰
 τ_{c1} ‰

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_s ‰
 d cm
 x x/d
 δ

Verifica
 N° iterazioni:

Precompresso

Calotta



PROGETTO ESECUTIVO
 RELAZIONE DI CALCOLO DELLE PIAZZOLE DI SOSTA

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: DM 1996

TITOLO : _____

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

| N° | b [cm] | h [cm] |
|----|--------|--------|
| 1 | 100 | 110 |

| N° | As [cm²] | d [cm] |
|----|----------|--------|
| 1 | 31.86 | 5 |
| 2 | 31.86 | 105 |

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd}

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Materiali
 FeB44k C25/30

ϵ_{su} ‰ ϵ_{c2} ‰
 f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} ‰
 E_s N/mm² f_{cd} ‰
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ϵ_{syd} ‰ $\sigma_{c,adm}$ ‰
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co} ‰
 τ_{c1} ‰

σ_c N/mm²
 ϵ_s ‰

Verifica
 N° iterazioni:

Precompresso

CONCLUSIONI

Lo scavo della galleria induce certamente un'alterazione dell'ammasso circostante (zona plastica). In queste condizioni, sia nelle argille già fessurate dai disturbi tettonici sia in quelle indisturbate originariamente, ma successivamente disturbate dallo scavo, potrebbero presentarsi rischi di venute d'acqua e deformazioni non compatibili con le condizioni di sicurezza e di equilibrio della struttura.

Sono quindi necessari complessi presidi per la messa in sicurezza delle pareti dello scavo per le piazzole di sosta.

La soluzione tecnologica prevista nel Progetto Definitivo prevede la demolizione di una porzione di rivestimento della galleria a valle di un consolidamento radiale mediante barre in VTR valvolate ed iniettate poste in opera prima dello scavo di allargo.

Dopo lo scavo viene installato un prerivestimento costituito da centine e spritz-beton, successivamente viene realizzato il rivestimento definitivo in c.a. gettato in opera.

Dalle analisi effettuate, le verifiche statiche non risultano soddisfatte sia per la porzione di rivestimento prefabbricato restante, che per il rivestimento provvisorio dello scavo di allargo per la piazzola.

Inoltre gli spostamenti della struttura non risultano accettabili in quanto non rappresentativi di condizioni di sicurezza e stabilità; in particolare, sul piedritto della centina si riscontrano deformazioni dell'ordine dei 60 cm mentre i lembi dell'anello possono ruotare e sollevarsi fino a 1 m. E' evidente che tali valori sono rappresentativi di diffusa plasticizzazione e di una instabilità delle pareti al contorno della galleria.

Si sottolinea che tali risultati sono stati raggiunti in fase di installazione del prerivestimento, senza effettuare il rilascio totale delle forze di scavo e senza considerare il carico idrostatico della falda acquifera.

Inoltre la modellazione effettuata prevede la perfetta funzionalità dei tiranti posti allo spigolo del rivestimento definitivo in conci al fine di bloccare l'anello nelle fasi intermedie. Se tale soluzione non avesse riscontro efficace in cantiere non si arriverebbe ad installare nemmeno il rivestimento provvisorio in quanto ci sarebbe lo spostamento della parte di anello ancora in opera.

Alla luce dei risultati esposti conseguenza di un mutato quadro di riferimento geologico-geotecnico si ritiene infattibile la soluzione progettuale ipotizzata in sede di progettazione definitiva per la realizzazione delle piazzole di sosta.

Si è deciso, pertanto, all'interno del Progetto Esecutivo, di adottare una soluzione alternativa che prevede un consolidamento full-round del terreno nell'intorno della galleria attraverso miscele cementizie iniettate da elementi strutturali in VTR e PVC.

Successivamente è prevista la demolizione dei conci dell'intera galleria, lo scavo di allargo e la posa in opera di centine e spritz-beton. Infine si procede al getto del rivestimento definitivo in c.a.

In questo caso tutte le verifiche, sia allo stato limite ultimo che allo stato limite di esercizio, risultano soddisfatte considerando anche il sovraccarico dato dalla presenza della falda acquifera. La struttura risulta più rigida e sicuramente risente in maniera molto inferiore della severità degli sforzi in gioco nelle fasi intermedie della lavorazione.