

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



| | | |
|---------------------------------------|----------------------------|---|
| PROGETTAZIONE: | PROGETTISTA: | DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE |
| RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI | Prof.Ing. Marco Petrangeli | Ing. Piergiorgio GRASSO |
| | | Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche |

PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE

Relazione Tecnica Perizia Differenziale. Variante VI05

VI05 –Viadotto Calore Torallo dal km 20+474.86 al km 21+240.96

| | |
|--|--------|
| APPALTATORE IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A. Dott. Ing. Sabino Del Balzo IL DIRETTORE TECNICO Ing. Sabino DEL BALZO 23/06/2020 | SCALA: |
| | - |

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I | F | 2 | 6 | 1 | 2 | E | Z | Z | E | P | M | D | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | A |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|------|-------------------------------------|----------------|------------|-----------------|------------|-----------|------------|---------------------------|
| A | Emissione | G. Liporace | 24/02/2020 | A. Tagliaferri | 24/02/2020 | P. Grasso | 24/02/2020 | Prof.Ing.Marco PETRANGELI |
| B | Revisione a seguito istruttoria ITF | A. Tagliaferri | 23/06/2020 | M. Pietrantonio | 23/06/2020 | P. Grasso | 23/06/2020 | 23/06/2020 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

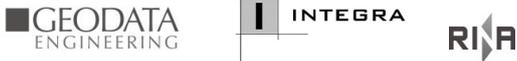
File: IF26.1.2.E.ZZ.EP.MD.00.0.0.007.B.doc

n. Elab.:

|    | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------|-----------|----------|-----------|------|--------|------|---------|----|-----------|---|--------|
| Relazione Tecnica Perizia Differenziale VI05 | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>EP</td> <td>MD0000007</td> <td>B</td> <td>2 di 8</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF26 | 12 E ZZ | EP | MD0000007 | B | 2 di 8 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| IF26 | 12 E ZZ | EP | MD0000007 | B | 2 di 8 | | | | | | | | |

Indice

| | | |
|----------|---|----------|
| 1 | PREMESSA | 3 |
| 2 | INDAGINI DI RIFERIMENTO | 3 |
| 3 | SOLUZIONI DELLE OPERE DI FONDAZIONE DEL PD | 3 |
| 4 | RISULTATI DELLE INDAGINI ED EFFETTI SULLE OPERE | 3 |
| 5 | IMPORTO DI PERIZIA | 6 |
| 6 | APPENDICE: VERIFICA A FORZE ORIZZONTALI PALI DI FONDAZIONE (METODO DI BROMS) | 7 |

| | | | | | | |
|---|--|------------------|----------------|------------------------|-----------|------------------|
|  | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Relazione Tecnica Perizia Differenziale VI05 | COMMESSA IF26 | LOTTO 12 E ZZ | CODIFICA EP | DOCUMENTO MD0000007 | REV. B | FOGLIO 3 di 8 |

1 PREMESSA

Nella presente relazione vengono descritte le modifiche apportate al Progetto Definitivo posto a base di gara (in seguito PD) a seguito dell'acquisizione dei risultati delle indagini geognostiche e geotecniche condotte in sede di progettazione esecutiva (PE).

Con l'acquisizione di tali risultati si sono evidenziate modifiche delle condizioni geologico-geotecniche rispetto a quanto riportato nel PD, con la necessità di introdurre alcune modifiche alle fondazioni del manufatto a farfalla del viadotto VI05 Calore Torallo.

2 INDAGINI DI RIFERIMENTO

Relativamente al manufatto a farfalla i sondaggi di PD più vicini al sito di interesse sono: S126 e D6bis, entrambi ad una cinquantina di metri di distanza.

Per il PE è stato eseguito il sondaggio S-PE13 in corrispondenza del manufatto.

3 SOLUZIONI DELLE OPERE DI FONDAZIONE DEL PD

Per il manufatto a farfalla le fondazioni sono previste su pali di diametro 1200 mm.

4 RISULTATI DELLE INDAGINI ED EFFETTI SULLE OPERE

Le indagini geognostiche e geotecniche condotte in sede di progetto esecutivo hanno evidenziato condizioni di sottosuolo diverse rispetto a quanto proposto nel PD.

Tali variazioni, non prevedibili in sede di analisi del PD da parte dell'Appaltatore, ricadono tra le *circostanze impreviste e imprevedibili* previste dal comma 1 lettera c) dell'art. 106 del D. Lgs. 50/2016 perché accertate solo con le indagini condotte in sede di PE da parte dell'appaltatore e non prevedibili sulla base dei modelli geologico-geotecnici proposti in sede di PD e delle evidenze di carattere geologico-geomorfologico ricavabili da rilievi di superficie.

In particolare, in questo settore era segnalato già nel PD il rischio liquefazione alla profondità di circa 5 m dal piano di campagna attuale, ma circoscritto ad uno strato di 80 cm. In relazione all'esiguità di tale spessore, nel PD non si prevedevano criticità particolari legate al rischio liquefazione e alle relative conseguenze sul manufatto. Tale ipotesi è stata ritenuta ragionevole e condivisibile dall'appaltatore in sede di analisi del progetto a base di gara.

Le nuove indagini realizzate in sede di PE hanno confermato tale criticità, ma attribuito ad uno strato di spessore maggiore, pari a 3 m, tra la profondità di 4,5 e 7,5 m dal p.c..

Negli studi specialistici viene stimato un cedimento post liquefazione di circa 11cm (si rimanda alle relazioni degli studi specialistici per i dettagli delle analisi effettuate).

Rispetto alla fondazione del manufatto a farfalla, tale strato liquefacibile risulta proprio corrispondente ai primi 3 metri a partire dalla testa dei pali in quanto le quote di fondazione (testa pali) variano tra 4 e 4.5 metri dal piano di campagna attuale come risulta dalla sezione seguente.

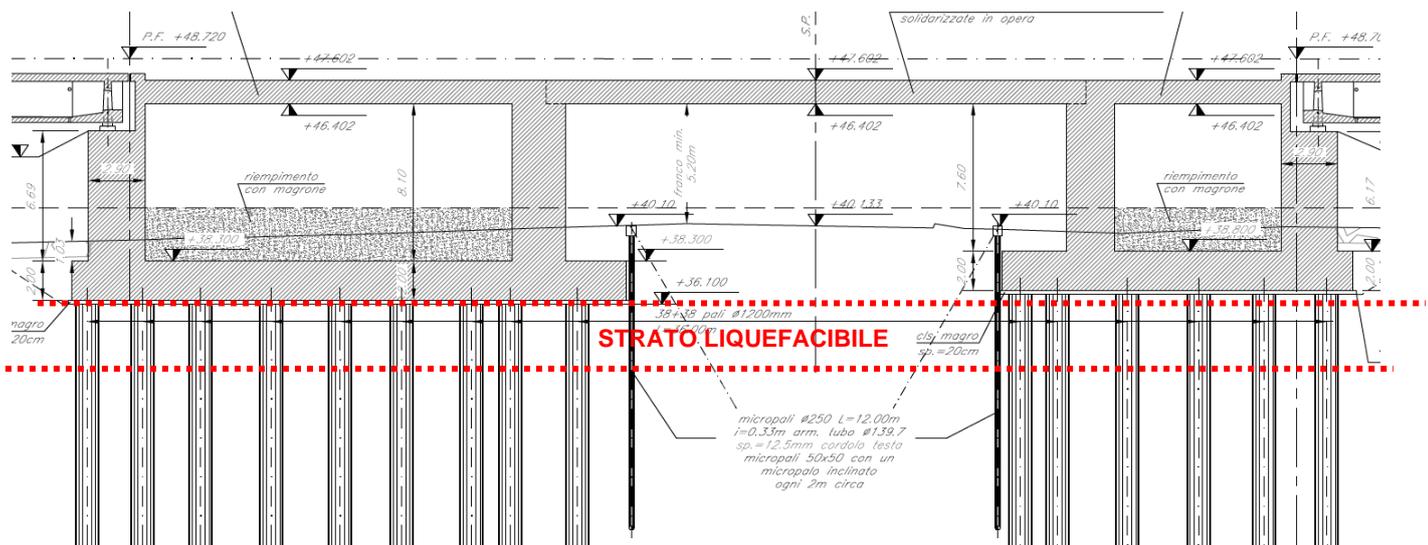


Fig. 1 Fondazioni del manufatto a farfalla del viadotto VI05

Gli effetti del fenomeno di liquefazione sul manufatto in questione, fondato su pali, possono ricondursi sostanzialmente a due tematiche:

- 1) attrito negativo sui pali indotto dal cedimento post-liquefazione;
- 2) perdita o riduzione della reazione orizzontale del terreno (a seguito di liquefazione) con riferimento alle azioni orizzontali (legate proprio alla fase sismica) agenti sui pali.

La prima criticità potrebbe essere superata aumentando leggermente la lunghezza dei pali per compensare la maggiore azione verticale prodotta dall'attrito negativo agente sullo strato superficiale di 3 m. Tale incremento di lunghezza è relativamente contenuto e stimabile tra 1 e 2 m in quanto il contributo di adesione laterale del tratto di palo maggiorato (in profondità) è largamente superiore a quello perso (e aumentato dall'attrito negativo) in superficie (per ovvi motivi di tensione geostatica).

La verifica alle forze orizzontali dei pali con la perdita/riduzione della reazione dei primi tre metri circa di palo è invece assai più critica. La liquefacibilità segnalata per lo strato di terreno posizionato a poca profondità dalla testa dei pali induce una criticità per questa fondazione.

A dimostrazione di ciò si riporta nel seguito (Appendice) la verifica alle forze orizzontali dei pali con le azioni agenti in condizioni sismiche (condizione dimensionante) e considerando la doppia condizione, con e senza liquefazione; nel primo caso, annullando completamente la reazione del terreno a forze orizzontali, si ottiene un fattore di sicurezza inferiore ad 1, ovvero inferiore al valore minimo necessario a considerare soddisfatta la verifica; nel secondo caso (senza liquefazione), invece, la verifica risulterebbe soddisfatta.

|    | ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | |
|--|--|----------|-----------|----------|-----------|------|--------|------|---------|----|-----------|---|--------|
| Relazione Tecnica Perizia Differenziale VI05 | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>EP</td> <td>MD0000007</td> <td>A</td> <td>5 di 8</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | IF26 | 12 E ZZ | EP | MD0000007 | A | 5 di 8 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO | | | | | | | | |
| IF26 | 12 E ZZ | EP | MD0000007 | A | 5 di 8 | | | | | | | | |

Pur volendo considerare, a sfavore di sicurezza, una perdita di reazione del terreno non totale, ma parziale, con una riduzione di circa il 40% della resistenza limite del terreno (ovvero considerando un fattore di riduzione pari a $1/FS=1/1.73=0.58$), il fattore di sicurezza risulterebbe pari a circa 1.0, ovvero al limite dell'accettabilità.

Tale ipotesi però potrebbe non essere cautelativa in quanto, considerando l'aleatorietà del problema e la mancanza di riferimenti di letteratura specifici, non sarebbe da scartare l'ipotesi di una perdita totale della reazione una volta raggiunta la liquefazione del terreno.

Le ipotesi che sono state considerate per ovviare a questo problema sono:

- ✓ aumento del diametro dei pali a 1500 mm (che però necessiterebbe di una rivisitazione dell'intera palificata per garantire l'interasse di 3 diametri);
- ✓ aumento del numero di pali del 1200 mm (con conseguente modifica della fondazione);
- ✓ intervento di consolidamento del terreno soggetto a liquefazione.

Tra le tre ipotesi quella risultata più conveniente dal punto di vista economico ed operativo è l'intervento di consolidamento del terreno.

Per il consolidamento è stato previsto il classico trattamento colonnare con jet-grouting (fattibile trattandosi di terreni a componente sabbiosa) con una disposizione a maglia tale da garantire un consolidamento per quanto possibile omogeneo del terreno tra i pali senza tuttavia consolidare l'intero volume di terreno tra i pali.

Da una analisi tecnico-economica è risultato congrua una disposizione a maglia 1.8 x 1.8 m. Con tale disposizione si può assumere che il fenomeno di liquefazione si riduca fino ad annullarsi e in ogni caso che il terreno trattato aumenti notevolmente la resistenza. Per tale strato trattato è stato quindi assunto un valore di resistenza stimato come media pesata tra le caratteristiche della colonna di jet grouting ed un terreno con resistenza nulla. Maggiori informazioni vengono fornite nella relazione di calcolo.

Con questo trattamento risulta inoltre non necessario l'aumento della lunghezza dei pali che sarebbe stato richiesto per compensare l'effetto dell'attrito negativo.

5 IMPORTO DI PERIZIA

L'importo differenziale (tra PD e PE) della presente perizia è di:

| CORPO | | |
|-------------------|-------------------|------------------------|
| <i>Importo PD</i> | <i>Importo PE</i> | <i>Importo PD - PE</i> |
| € 0,00 | € 102 860,10 | - € 102 860,10 |

| MISURA | | |
|-------------------|-------------------|------------------------|
| <i>Importo PD</i> | <i>Importo PE</i> | <i>Importo PD - PE</i> |
| € 0,00 | € 39 930,31 | - € 39 930,31 |

6 APPENDICE: VERIFICA A FORZE ORIZZONTALI PALI DI FONDAZIONE (METODO DI BROMS)

| | | | |
|------------------|------------|------------|-----------------------|
| Hp. Broms | γ_R | 1.3 | Resistenza globale |
| A1+M1+R3 | ξ_3 | 1.6 | Verticali di indagine |
| | η | 0.8 | Efficienza palificata |

Opera: **PILA 20 - senza liquefazione**

Stratigrafia da testa palo

| Unità | Nome | Tipo | γ | c' | φ' | K_p | C_u |
|-------|------|------------|----------|------|------------|-------|-------|
| | | | kN/mc | kPa | ° | - | kPa |
| 1 | bc2 | Incoerente | 19 | 0 | 34 | 3.54 | |
| 2 | MDL1 | Incoerente | 20 | 0 | 41 | 4.81 | |
| 3 | MDL3 | Coesivo | 20 | | | 1.00 | 175 |
| 4 | MDL3 | Coesivo | 20 | | | 1.00 | 210 |
| 5 | MDL3 | Coesivo | 20 | | | 1.00 | 280 |
| 6 | | Coesivo | | | | 1.00 | |
| 7 | | Coesivo | | | | 1.00 | |
| 8 | | Coesivo | | | | 1.00 | |

| | | |
|---------------------|------|-------|
| d_{palo} | 1.2 | m |
| L_{palo} | 36 | m |
| $Z_{testa\ palo}$ | 3.5 | m |
| Z_w | 3.5 | m |
| $\gamma_{Rinterro}$ | 19 | kN/mc |
| q | 66.5 | kPa |

Per Broms modificato: possibilità di tener conto di un sovraccarico di monte

| | | |
|----------|------|-----|
| M_{Rd} | 3640 | kNm |
| T_{Ed} | 901 | kN |

Stratigrafia da testa palo

| Unità | Nome | Z_{if} | spessore | s_v | u | s'_v | p |
|-------|------|----------|----------|-------|-----|--------|------|
| | | m | m | kPa | kPa | kPa | kN/m |
| 1 | bc2 | 0 | 3.5 | 66.5 | 0 | 66.5 | 847 |
| | | 1.8 | | 100.7 | 0 | 100.7 | 1282 |
| | | 1.8 | | 100.7 | 0 | 100.7 | 1282 |
| | | 3.5 | | 133 | 0 | 133 | 1694 |
| 2 | MDL1 | 3.5 | 7.2 | 133 | 0 | 133 | 2305 |
| | | 10.7 | | 277 | 72 | 205 | 3553 |
| 3 | MDL3 | 10.7 | 5.8 | 277 | 72 | 205 | 1890 |
| | | 16.5 | | 393 | 130 | 263 | 1890 |
| 4 | MDL3 | 16.5 | 15 | 393 | 130 | 263 | 2268 |
| | | 31.5 | | 693 | 280 | 413 | 2268 |
| 5 | MDL3 | 31.5 | 15 | 693 | 280 | 413 | 3024 |
| | | 46.5 | | 993 | 430 | 563 | 3024 |
| 6 | 0 | 46.5 | | 993 | 430 | 563 | 0 |
| | | 46.5 | | 993 | 430 | 563 | 0 |
| 7 | 0 | 46.5 | | 993 | 430 | 563 | 0 |
| | | 46.5 | | 993 | 430 | 563 | 0 |
| 8 | 0 | 46.5 | | 993 | 430 | 563 | 0 |
| | | 46.5 | | 993 | 430 | 563 | 0 |

| Meccanismo | T_{MAX} | M_{MAX} | a(*) | f(**) |
|-----------------|-----------|-----------|-------|-------|
| | kN | kNm | m | m |
| Palo Corto | 83842 | 1578555 | - | - |
| Palo intermedio | 33898 | 268102 | 26.42 | - |
| Palo lungo | 4046 | 3640 | - | 3.26 |

(*) a = profondità punto di rotazione

(**) f = profondità formazione seconda cerniera plastica

| Resistenza di progetto | $T_{Rd,s}$ [kN] | 4046 | Resistenza caratteristica palo singolo |
|------------------------|-----------------|------|--|
| | $T_{Rd,s}$ [kN] | 1945 | Resistenza di progetto palo singolo |
| | $T_{Rd,s}$ [kN] | 1556 | Resistenza di progetto palificata |

| Verifica | T_{Ed} [kN] | 901 | OK |
|----------|---------------|------|----|
| | T_{Rd} [kN] | 1556 | |
| | FS | 1.73 | |

| | | | |
|------------------|------------|-----|-----------------------|
| <u>Hp. Broms</u> | γ_R | 1.3 | Resistenza globale |
| A1+M1+R3 | ξ_3 | 1.6 | Verticali di indagine |
| | η | 0.8 | Efficienza palificata |

Opera: **PILA 20 - con liquefazione**

Stratigrafia da testa palo

| Unità | Nome | Tipo | γ | c' | φ' | K_p | C_U |
|-------|------|------------|----------|------|------------|-------|-------|
| | | | kN/mc | kPa | ° | - | kPa |
| 1 | bc2 | Coesivo | 19 | | | 1.00 | 0 |
| 2 | MDL1 | Incoerente | 20 | 0 | 41 | 4.81 | |
| 3 | MDL3 | Coesivo | 20 | | | 1.00 | 175 |
| 4 | MDL3 | Coesivo | 20 | | | 1.00 | 210 |
| 5 | MDL3 | Coesivo | 20 | | | 1.00 | 280 |
| 6 | | Coesivo | | | | 1.00 | |
| 7 | | Coesivo | | | | 1.00 | |
| 8 | | Coesivo | | | | 1.00 | |

| | | |
|---------------------|------|-------|
| d_{palo} | 1.2 | m |
| L_{palo} | 36 | m |
| $z_{testa\ palo}$ | 3.5 | m |
| z_w | 3.5 | m |
| $\gamma_{Rinterro}$ | 19 | kN/mc |
| q | 66.5 | kPa |

Per Broms modificato: possibilità di tener conto di un sovraccarico di monte

| | | |
|----------|------|-----|
| M_{Rd} | 3640 | kNm |
| T_{Ed} | 901 | kN |

Stratigrafia da testa palo

| Unità | Nome | z_{tr} | spessore | s_v | u | s'_v | p |
|-------|------|----------|----------|-------|-----|--------|------|
| | | m | m | kPa | kPa | kPa | kN/m |
| 1 | bc2 | 0 | 3.5 | 66.5 | 0 | 66.5 | 0 |
| | | 1.8 | | 100.7 | 0 | 100.7 | 0 |
| | | 1.8 | | 100.7 | 0 | 100.7 | 0 |
| | | 3.5 | | 133 | 0 | 133 | 0 |
| 2 | MDL1 | 3.5 | 7.2 | 133 | 0 | 133 | 2305 |
| | | 10.7 | | 277 | 72 | 205 | 3553 |
| 3 | MDL3 | 10.7 | 5.8 | 277 | 72 | 205 | 1890 |
| | | 16.5 | | 393 | 130 | 263 | 1890 |
| 4 | MDL3 | 16.5 | 15 | 393 | 130 | 263 | 2268 |
| | | 31.5 | | 693 | 280 | 413 | 2268 |
| 5 | MDL3 | 31.5 | 15 | 693 | 280 | 413 | 3024 |
| | | 46.5 | | 993 | 430 | 563 | 3024 |
| 6 | 0 | 46.5 | | 993 | 430 | 563 | 0 |
| | | 46.5 | | 993 | 430 | 563 | 0 |
| 7 | 0 | 46.5 | | 993 | 430 | 563 | 0 |
| | | 46.5 | | 993 | 430 | 563 | 0 |
| 8 | 0 | 46.5 | | 993 | 430 | 563 | 0 |
| | | 46.5 | | 993 | 430 | 563 | 0 |

| Meccanismo | T_{MAX} | M_{MAX} | a(*) | f(**) |
|-----------------|-----------|-----------|-------|-------|
| | kN | kNm | m | m |
| Palo Corto | 79481 | 1570204 | - | - |
| Palo intermedio | 29762 | 264256 | 26.49 | - |
| Palo lungo | 1888 | 3640 | - | 4.3 |

(*) a = profondità punto di rotazione

(**) f = profondità formazione seconda cerniera plastica

| Resistenza di progetto | $T_{Rd,s}$ [kN] | 1888 | Resistenza caratteristica palo singolo |
|------------------------|-----------------|------|--|
| | $T_{Rd,s}$ [kN] | 908 | Resistenza di progetto palo singolo |
| | $T_{Rd,g}$ [kN] | 726 | Resistenza di progetto palificata |

| Verifica | T_{Ed} [kN] | 901 | NO |
|----------|---------------|------|----|
| | T_{Rd} [kN] | 726 | |
| | FS | 0.81 | |