

S F R C (鋼繊維補強高流動コンクリート) セグメントの掘進時の断面力特性

(株)大林組 フェロー ○松田 隆
(株)大林組 正会員 吉田 公宏

1. まえがき

S F R C (鋼繊維補強高流動コンクリート) セグメントは、鉄筋の量を減らすことができるうえ、外力要因で微細なひび割れが生じる場合でも、従来セグメントに比べてひび割れ幅を低減できることから耐久性が大幅に向上する。鋼繊維補強のメリットを生かし、配筋筋は大幅に減少させることは可能であり、これまで、完成時の安全性に関する確証実験も実施してきた。今回、掘進時の推進力と背面裏込注入圧に関する安全性を確認するため三次元FEM解析を実施し、その断面力特性を検討した。本文は、この数値解析をもとに種々の外力条件におけるセグメントの安全性を報告するものである。

2. 解析条件

解析には、三次元静的線形FEM解析を用い、地盤はモデル化せず外力で考慮し、セグメントは切羽からの3リングをシェル要素でモデル化した。セグメントは、図心半径6m(厚0.4m, 9分割, 幅2m, リング間角度 10.9°)を仮定した。リング間とセグメント間の継手ばねは表1のようにモデル化した。セグメントの要素分割は図1に示すように1リングあたり軸方向に4分割, 円周方向に66分割とした。坑口側の境界条件は図2に示す無限遠のセグメントをせん断ばねで表現し支持させた。

荷重条件(解析ケース)は、ジャッキ推力, テール圧, 裏込圧および土水圧とし, 表2に示す3ケース(各掘進状況をモデル化)を実施した。

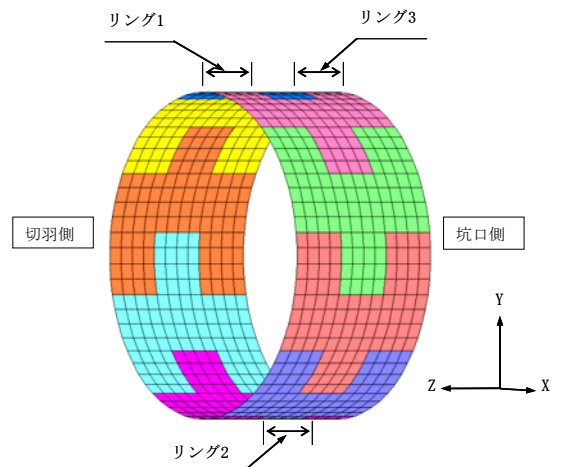


図1 セグメントモデル

表1 継手モデル化

部位	方向	条件
リング間	トンネル軸	剛性
	面内せん断	無し
	面外せん断	並進ばね
セグメント間	円周	剛性
	面内せん断	無し
	面外せん断	剛性
	軸回り	回転ばね

表2 荷重条件(解析検討ケース)

	1リング	2リング	3リング	備考
1	ジャッキの推力 一部テール圧	テール圧	裏注入圧	掘進開始直後
2	ジャッキの推力+外成分 一部テール圧	テール圧	裏注入圧	掘進開始直後 ジャッキ推力の外側成分を考慮
3	ジャッキの推力+外成分 テール圧	裏注入圧	土水圧	掘進終了直後 ジャッキ推力の外側成分を考慮

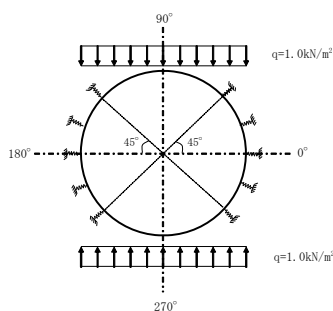


図2 無限セグメントモデル

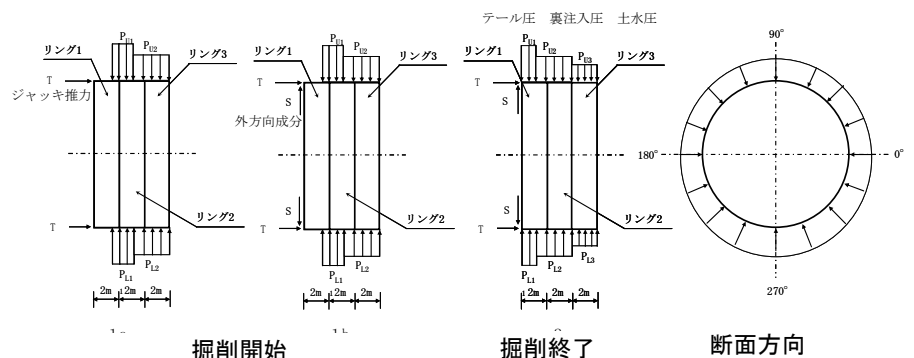


図3 荷重ケース

キーワード シールド, セグメント, 掘進時安全性, 3次元FEM静的解析, 施工時荷重

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南2-15-2 (株)大林組 TEL03-5769-1301 E-mail: matsuda.takasi@obayashi.co.jp

3. 検討結果

各ケースの変位性状を表3に、掘進終了時の変形状態を図4（ケース3）に示す。全体に上方に変位し、掘進開始から終了にかけて12～16mm浮上する。また、最大変形量（潰れ）は、掘進終了時で11.7mmであり、これは内半径の0.1%であった。この変形量は掘進の進行に伴い、4.1mm進展したことになる。また、推進力の偏心（荷重S）の変位に与える影響は小さいことがわかる。

トンネル外側および内側の円周方向の応力の性状を表4に示す。また、図5に掘進開始直後と終了時の応力度分布を示す。切羽側に引張応力が生じ、その最大値は 3N/mm^2 であるが、この引張応力は引張強度以下である。また、このような引張応力は、切羽側セグメントの概ね半分の領域で発生しており、恒久的なものではないことも解る。圧縮応力度の最大値は坑口側で最大 15.6N/mm^2 であり、施工時の荷重であること、鋼繊維補強コンクリートであることを考慮すれば、コンクリートのひび割れは発生しないレベルと判断される。

4. おわりに

シールドセグメントの掘進時の安全性を三次元静的線形FEM解析によって検討した。その結果、掘進終了後に変形は最大となるが、最大応力度は掘削開始時に生じる。ただし、問題となる引張応力は強度以下になり、安全性は確保できると考えられる。

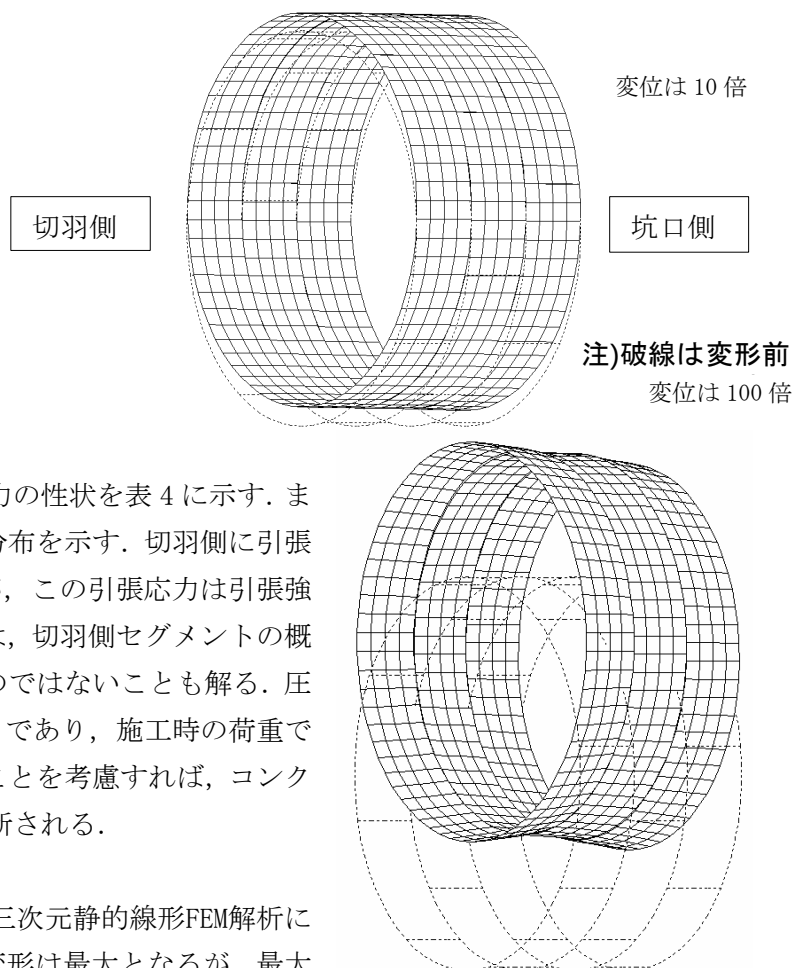


図4 変形図

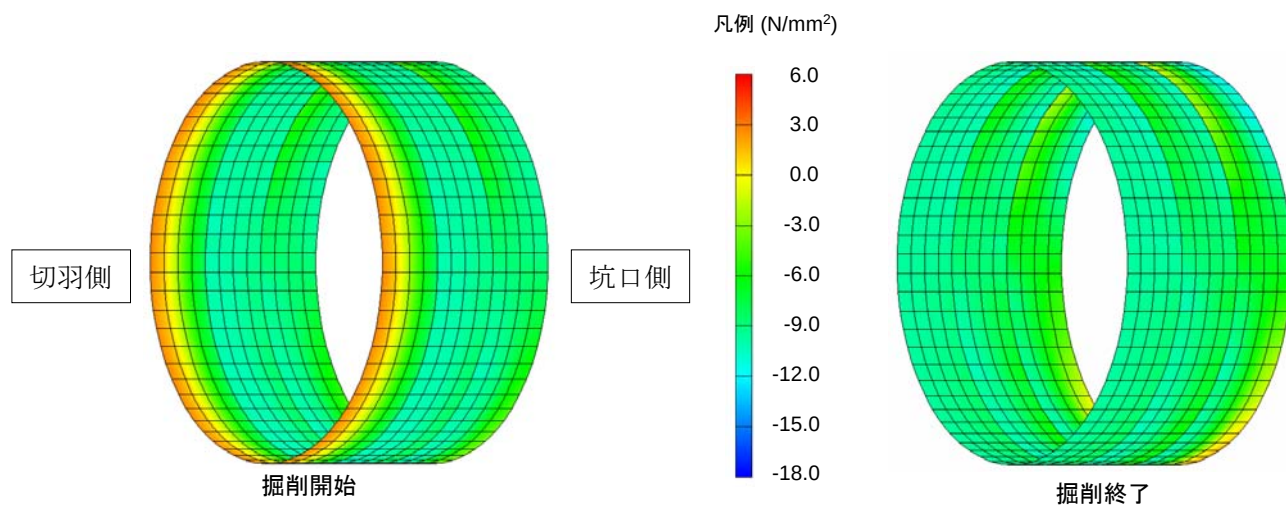


図5 最大主応力分布

表3 最大変位量(mm)

	頂部	底部	変形量
1	34.2	41.6	7.4
2	34.1	41.7	7.6
3	46.4	58.1	11.7

表4 最大応力度

	引張応力 (N/mm^2)		圧縮応力 (N/mm^2)	
	外側	内側	外側	内側
1	1.9	1.8	-15.3	-15.3
2	3.0	2.9	-15.3	-15.2
3	2.6	2.4	-15.6	-15.4