

III-95

シェル状先受工による切羽安定効果

東洋建設（株） 正会員 ○ 小竹 望
 正会員 山本 芳生
 正会員 岡 憲二郎

1. はじめに

水平ジェットグラウト工法に代表される剛性の高い長尺のシェル状先受工は、不良地山や大断面トンネルにおける有効性が確認されている。大規模な補助工法であるため事前検討が重要となるが、既往の計測データだけでは3次元挙動の評価が難しい。本研究では、切羽進行に伴う先受工および周辺地山の3次元挙動の解明を目的として、地山と先受工を連続体としてモデル化し、施工過程を考慮した逐次掘削解析に3次元境界要素法を適用した。ここでは、周辺地山の挙動からシェル状先受工の切羽安定効果について考察する。

2. 解析概要

シェル状先受工による上半先進工法のトンネル掘削を対象として、境界要素法による3次元弾性逐次掘削解析を行った。使用したプログラムは、構造計画研究所のBEASYである。トンネル掘削部の解析モデルおよび解析ステップを図-1に示す。トンネル掘削径を5m、先受工の施工範囲をアーチ部180°、有効厚さ0.5mとした。面对称の閉領域モデルとして、境界位置は、土被りを1D（D=10m：トンネル掘削幅）、底面境界を掘削底面から3D、側面境界を対称面から4D、奥行き15Dとした。

表-1に入力物性値を示す。改良体と地山の剛性比（変形係数比）について1（先受工無し）、10、100の3ケースを解析した。ここで、地山の単位体積重量は $\gamma = 2.0 \text{ tf/m}^3$ とし、初期地山応力を側方土圧係数 $K = 0.5$ として設定した。解析方法の詳細については既報¹⁾を参照されたい。

3. 解析結果と考察

地山部改良体が十分長い（6m）と考えられるSTEP10における周辺地山の応力状態について考察する。ここでは、先受工の効果を評価するために初期地山応力との応力比として示す。応力比1以上が圧縮側への増加を表すことになる。

地山に発生する最大主応力 $\sigma_{\max}$ 、最小主応力 $\sigma_{\min}$ について、改良体天端の外側、内側に沿った切羽位置から前方の縦断方向分布を図-2に示す。ただし、先受工の無いCASE-N1についてはこれらと同等な位置の地山応力を図示している。先受工の有無について比較すれば、外側、内側の地山とも先受工によって $\sigma_{\max}$ が減少、 $\sigma_{\min}$ が増加して、モールの応力円の半径が小さくなることが認められる。

図-3に地山と改良体の境界に発生する地山の法線方向応力 σ_n 、接線方向応力 σ_θ 、軸方向応力 σ_{yy} の

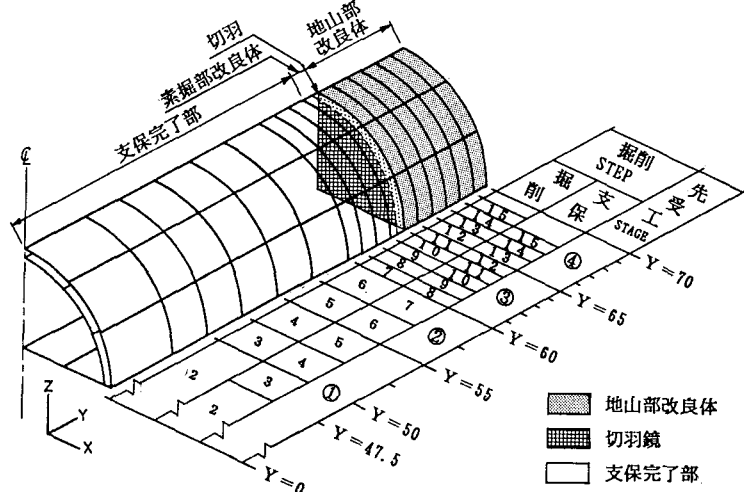


図-1 解析モデルおよび解析ステップ（切羽位置はSTEP10）

表-1 入力物性値

ケース	剛性比 E_c/E_s	地 山		先 受 工		支保完了部	
		$E_s (\text{tf/m}^2)$	ν	$E_c (\text{tf/m}^2)$	ν	$E (\text{tf/m}^2)$	ν
CASE-N1	1	$1.0 \text{ E}+4$	0.35	---	---	$4.41 \text{ E}+5$	0.35
CASE-F1	10	$1.0 \text{ E}+4$	0.35	$1.0 \text{ E}+5$	0.30	$6.54 \text{ E}+5$	0.30
CASE-F2	100	$1.0 \text{ E}+3$	0.40				

横断分布を示す。断面位置として、切羽の通過に伴う地山の応力状態の変化が明瞭となる切羽後方0.5m、前方0.5m、2.0mの3断面について示す。改良体外縁の地山応力は改良体に作用する地山荷重に、また改良体内縁の地山応力は改良体を介して改良体内側の切羽前方地山に作用する外力に相当すると考えられる。

切羽後方0.5mの外縁において、CASE-N1では掘削により σ_n が減少し、 σ_θ と σ_{yy} は増加する。また、切羽前方0.5mの外縁において掘削の影響が切羽前方に及ぶため、CASE-N1では3成分とも応力が増加する。これに対して、先受工が有れば初期応力状態からの変化が小さくなる。また、剛性比が大きいほど初期応力状態に近くなっている。これらの傾向から、先受工が地山荷重を支持して周辺地山の応力解放を抑制していると考えられる。

切羽前方2.0mの内縁を見ると、 σ_n 、 σ_θ がCASE-N1では初期応力より増加するが、先受工が有れば小さくなる。これは、先受工が内側の地山に作用する荷重を軽減しているためと考えられる。 σ_{yy} は、CASE-N1では軸方向の応力解放により引張の応力増分が発生するが、先受工が有ると逆に圧縮の応力増分が発生している。先受工の拘束によって内側の切羽前方地山の3軸応力状態が保たれ、切羽を安定させると考えられる。

4. おわりに

3次元逐次掘削解析から得られた周辺地山の応力状態を考察した。その結果、シェル状先受工が掘削による地山応力の解放を抑制して、切羽を安定させる効果をもつことが確認された。

参考文献：

- 1) 小竹、山本、岡："シェル状先受工によるトンネル掘削の3次元BEM解析"、第28回土質工学研究発表会（投稿中）、1993年6月

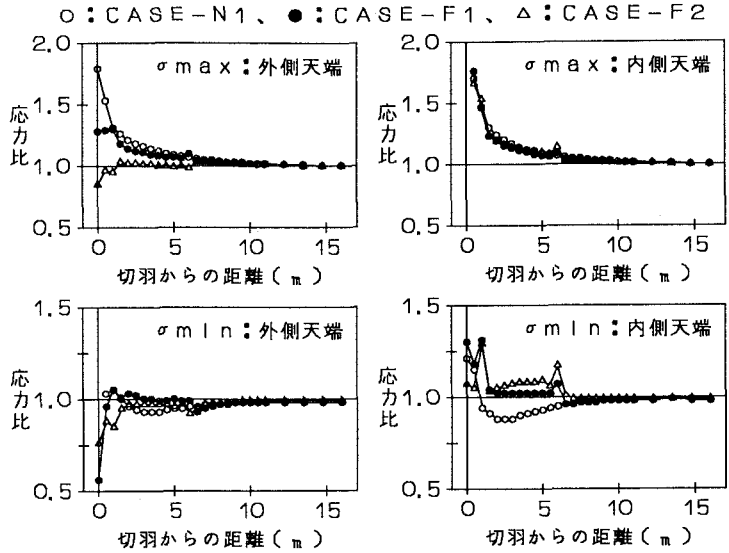


図-2 地山応力の縦断方向分布（天端内側・外側）

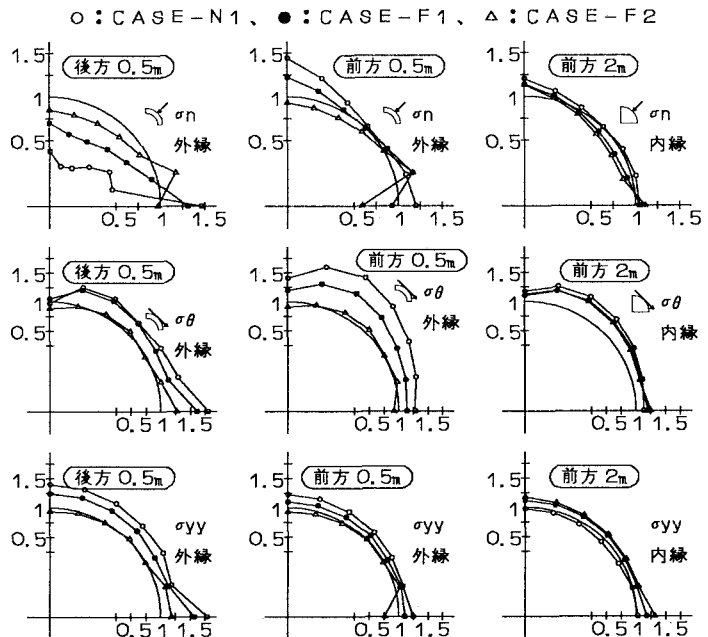


図-3 地山応力の横断方向分布（外縁、内縁）