

III-59

東京湾横断道路シールドトンネル覆工荷重確認実験（その4）

- 実験結果（2） -

東京湾横断道路㈱ 正会員 元山 宏
東京湾横断道路㈱ 正会員 沼賀正男
大成建設㈱ 正会員 ○泉 博允
鹿島建設㈱ 正会員 高野 孝

1. はじめに

ケース3～6の一連の実験の目的は、次に示す要因が覆工模型に生じる断面力および外力の分布に対してどのような影響を与えるかを調べることである。

- (1) 斜路部の混合処理盛土地盤 ($q_u = 0.2 \text{ kgf/cm}^2$) と海底平坦部地盤 ($q_u = 0.05 \text{ kgf/cm}^2$) の相異
- (2) ゆるみ量 (2mm, 1mm)
- (3) 異方応力状態 ($\sigma_3 / \sigma_1 = 1.0, 0.666, 0.5, 0.333, 0.25$)

覆工模型のまわりのゆるみの部分に、ギャップ要素を用いたFEM線形弾性解析の結果を最初に示し、次に実験値と比較する。

2. ギャップ要素を用いたFEM解析

FEM解析に用いる模型地盤およびグラウト材の物性値を、表-1に示すが、これは、一軸圧縮試験やCU試験から求めている。

ケース3～ケース6のFEM解析は、地山のゆるみのある程度許して、それを覆工とグラウトで抑え、覆工の変形および断面力を計算することを目的としている。従って、ゆるみを考慮したモデル化を行うために、GAP要素を適用した。GAP要素は図-1に示すように、セグメントと地山の間のすきまを定義できるとともに、初期のすきまが閉じた後は任意の圧縮剛性バネを定義できる。これによりテールボイドの空間に地山が迫り出してきて、セグメントに接する過程を模擬しようとするものである。

今回の解析モデルを図-2、FEMメッシュを図-3に示す。

ケース3～6で $\sigma_1 = 0.2 \text{ kgf/cm}^2$ 、 $\sigma_3 = 0.133 \text{ kgf/cm}^2$ の時の覆工模型に生じる断面力の一覧を表-2に示す。

ケース3は、斜路部の模型地盤でゆるみが2mmで地山が覆工にタッチせず断面力は発生しないので表から割愛している。ケース5、6の平坦部地盤の場合、地山がもたず、覆工に外力がそのままかかるので、軸力が斜路部の地盤に比べて大きくなっている。

3. 実験結果の1例

典型的な実験結果として、ケース4（改良地盤、ゆるみ 1mm）の場合の覆工に生じる断面力を図-4に、

表-1 解析モデルの物性値

材料 ^{*1}		ヤング率 ^{*2} (kgf/cm ²)	ポアソン比	単位体積重量 ^{*3} (t/m ³)	粘着力 ^{*3} (kgf/cm ²)	内部摩擦角 ^{*3} (°)
模型地盤	A	61.6	0.4	1.28	0.4	18
	B	9.0	0.4	1.26		
グラウト		170.0	0.4	1.08		

*1 模型地盤の強度 A材料: $q_u = 0.2 \text{ kgf/cm}^2$ (斜路部の模型地盤)
B材料: $q_u = 0.05 \text{ kgf/cm}^2$ (平坦部の模型地盤)

*2 一軸圧縮試験での E_{50}

*3 CU試験から求めたC、 ϕ (全応力)

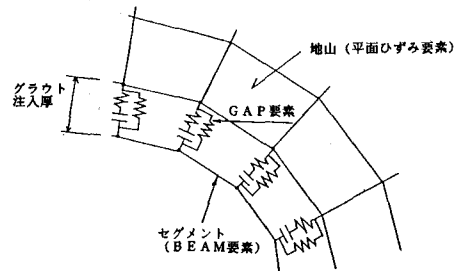
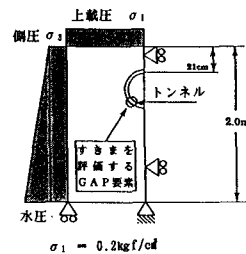


図-1 GAP要素モデル



ステップ1. $\sigma_1 = 0.2 \text{ kgf/cm}^2$
ステップ2. $\sigma_1 = 0.133 \text{ kgf/cm}^2$
ステップ3. $\sigma_1 = 0.1 \text{ kgf/cm}^2$
ステップ4. $\sigma_1 = 0.066 \text{ kgf/cm}^2$
ステップ5. $\sigma_1 = 0.05 \text{ kgf/cm}^2$

図-2 解析モデル

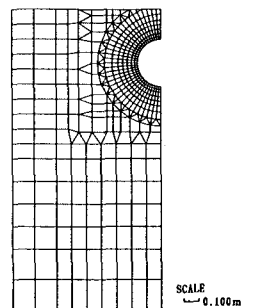


図-3 FEMメッシュ

覆工に働く外力分布を図-5に、慣用設計法による外力分布を図-6にそれぞれ示す。図-4の点は実測値で、実線は外力分布を求めるためにフーリエ近似したもので、曲げモーメントに関しては4次、軸力に関しては0次の近似を行なっている。

4. 考察

実験およびFEM解析において、覆工模型に生じる断面力（曲げモーメント、軸力）と水平応力 σ_3 の関係を図-7および図-8に示す。ただし鉛直応力 σ_1 は 0.2kgf/cm^2 で一定である。図-7より、曲げモーメントに関して次のことがわかる。

- (a) 実験で得られた曲げモーメントの水平応力 σ_3 に対する変化分は、ケース6を除いて殆ど同じである。
- (b) ケース6は地盤が弱くゆるみが 1mm であるから、土圧は地山がもたずほとんどセグメントにかかっているの、水平応力 σ_3 の変化に対して、解析と同様に側方土圧係数 λ は敏感である。
- (c) 実験で得られた曲げモーメントの初期値（ $\sigma_1 = \sigma_3 = 0.2\text{kgf/cm}^2$ ）は、地盤が堅い程、ゆるみが大きい程大きくなっている。これは、セグメントにかかる土圧のアンバランスが地盤が堅い程、ゆるみが大きい程大きいためである。
- (d) 解析では、ケース3、4の混合処理盛土地盤の場合は、地山がセグメントに完全にタッチしないので水平応力 σ_3 の変化に対して、曲げモーメントはあまり変化していない。一方、ケース5、6の平坦部地盤では、地山がセグメントに完全にタッチしているの、 σ_3 の変化に対して、曲げモーメントは敏感に反応している。曲げモーメントと同様のことが図-8の軸力についても言える。

表-2 覆工模型に生じる断面力一覧（FEM解析）

		斜路部の改良地盤		海底平坦部地盤	
		ケース4 ゆるみ: 1mm	ケース5 ゆるみ: 2mm	ケース6 ゆるみ: 1mm	
ステップ2 $\sigma_3 / \sigma_1 = 0.66$	軸力 (kg/cm)	-0.17 -0.01 -0.05	-2.75 -2.20 -2.25	-3.28 -2.71 -2.75	
	曲げモーメント ($\text{kg} \cdot \text{cm/cm}$)	-0.91 1.21 1.17	-4.08 4.20 4.19	-4.00 4.11 4.19	

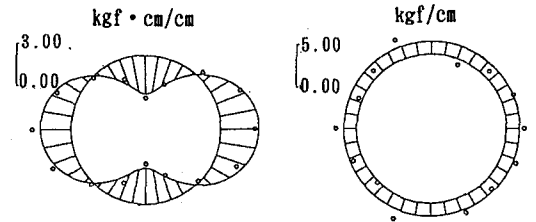


図-4 フーリエ級数により近似された曲げモーメントと軸力図

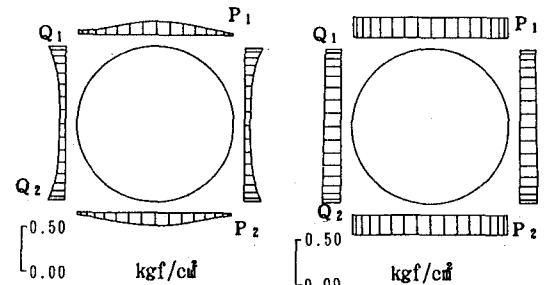


図-5 逆算外力分布図

図-6 慣用設計法による外力分布図

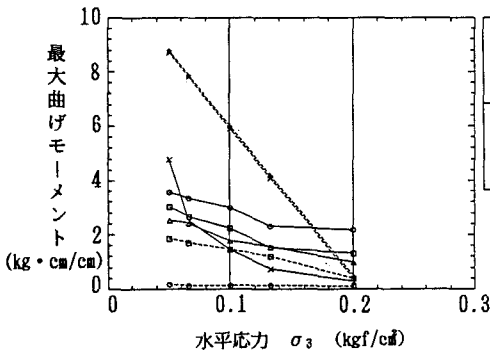


図-7 最大曲げモーメントの比較

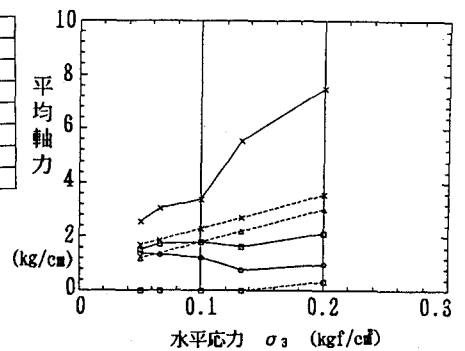


図-8 平均軸力の比較