

I-520

シールドトンネルの地震応答に及ぼす地盤改良の影響について

關大林組技術研究所 正会員 伊 藤 浩 二
同 上 “ 後 藤 洋 三

1. 目的

湾や河口を横断する道路用のシールドトンネルでは、発進立坑の付近において土被りの浅い所や水底で盛土された所をシールドが通過する。そのような場合には、トンネル周辺地盤の安定を確保し、浮き上がりを防止するために、SCP工法やDM工法による地盤改良、埋土部ではセメント等をあらかじめ混合した土による埋め立てが行なわれる。土被りの浅いトンネルでは地震荷重の影響が大きくなるので、これらの改良地盤がトンネルの地震応答に及ぼす影響を解明しておく必要がある。本報では、その一手段として、二次元FEMによる地震応答解析を実施し、トンネル周辺地盤の応答ならびにトンネル覆工の断面力と各種地盤改良の関係を検討した結果を述べる。

2. 解析ケース

本報で対象とした解析モデルを図-1に示す。このモデルは、軟弱な沖積粘土Ac1, Ac2層、トンネル貫通部の埋土、鋼管矢板と根固め部により構成されるトンネル横断方向断面である。Ac1層, Ac2層と埋土部に対して地盤改良とセメント混合土による埋土を行なうものとして、次の三ケースについて解析を行なった。なお、比較のため二次覆工の剛性を考慮した場合も計算した。

- (a) ケース1: Ac1層, Ac2層をSCP工法により改良し、埋土部を山砂で埋めた場合
- (b) ケース2: ケース1の鋼管矢板内トンネル直下の層をDM工法により改良した場合
- (c) ケース3: ケース2の埋土部をセメント等の混合土により埋めた場合

3. 解析条件

解析に用いたシールドトンネル部、鋼管矢板部の材料定数を表-1, 表-2に示す。なお、トンネル一次覆工の曲げ剛性については、セグメントで構成されていることにより、剛性一様な円環の0.6倍としている。次に自然地盤、改良地盤、埋土材等の材料定数として、単位体積重量と初期せん断弾性定数を表-3に示す。また、解析においては、地盤材料のせん断剛性、減衰定数のひずみ依存性を考慮している。

解析に用いた入力地震動は、土木研究所が公表しているL1スペクトルに合致するように振幅調整した開北橋記録である。解析上仮定する剛基盤は図-1に示すD1s層とし、実際の基盤入力最大加速度振幅は176 galである。

4. 計算結果

図-1の鋼管矢板で囲まれた埋土部内の断面Aにおける加速度応答倍率を図-2に示す。基盤の加速度振幅に対して、ケース1, ケース2では地表面で約1.8倍に増幅され、深度方向の分布もほぼ同じである。ケース3では、地表面で約1.5倍の増幅であり、セメント混合土のように比較的剛性の大きな材料を用いて埋土すると、応答を抑制する効果があることがわかる。

次に、各ケースのトンネル覆工で計算された最大曲げモーメント、最大軸力値を表-4に示す。覆工に生じる最大曲げモーメントについては、ケース1>ケース2>ケース3であり、図-2の最大加速度応答でみられた制振効果と同じ傾向を示している。他方、最大軸力は曲げモーメントの傾向と異なり、ケース3>ケース1>ケース2となった。

すなわち、トンネル周辺地盤の剛性増加⇒地盤の応答変位の減少⇒曲げモーメントの減少

トンネル周辺地盤の剛性増加⇒地盤バネの増加⇒軸力の増加

という関係である。

ここで地盤改良と埋土の影響をトンネル応力度から検討するために、表-4に示す最大断面力が同時に作用するとして計算される縁応力度をケースごとにプロットしたものを図-3に示す。同図には二次覆工(内

巻40cm厚）を考慮した場合の計算結果も示した。トンネルに生じる縁応力度については、どちらもケース1>ケース2>ケース3となり、地盤改良とセメント混合土による埋土の効果が認められる。

このように覆工の縁応力度からみると、軸力の増加による影響は曲げモーメントの減少による影響と比較してかなり小さく、縁応力度の増減傾向は曲げモーメントの傾向と同様になる。

5. おわりに

セメント混合土によりトンネル周辺を埋土すると、トンネルおよび周辺地盤の応答は抑制される。また、曲げモーメントが減少する効果により、トンネル覆工の応力度は減少する。

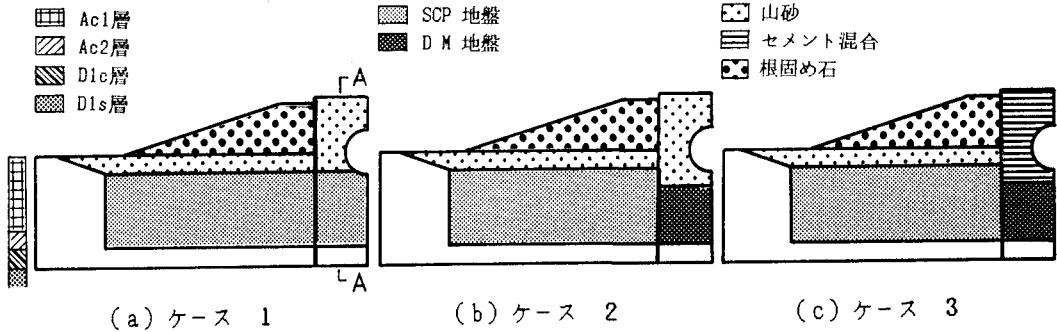


図-1 解析モデル

表-1 トンネル部の材料定数

外径 (m)	13.25
リング厚 (m)	0.85
曲げ剛性 (tf*m ²)	51500
圧縮剛性 (tf)	2437500

表-2 鋼管矢板部の材料定数

外径 (m)	1.90
肉厚 (m)	0.022
曲げ剛性 (tf*m ²)	567000
圧縮剛性 (tf)	1430000

表-4 トンネル部の最大断面力値

	モーメント (tf*m)	軸力 (tf)
ケース 1	37.1	64.8
ケース 2	32.0	54.6
ケース 3	18.1	103.3

表-3 地盤部の材料定数

	単位体積重量 (tf/m ³)	初期せん断定数 (tf/m ²)
山 砂	1.80	8150
セメント混合土	1.82	20000
S.C.P 地盤	1.75	16000
D.M 地盤	1.60	20690
根固め部	2.00	12380
Ac1 層	1.46	1210
Ac2 層	1.71	2110
D1c 層	1.69	9930
D1s 層	1.96	15700

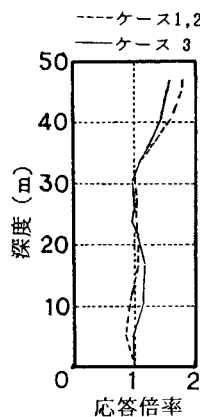


図-2 周辺地盤加速度
応答倍率

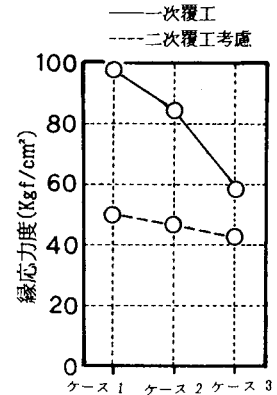


図-3 トンネル部縁応力度