

神戸大学工学部 正会員 高田至郎

神戸大学大学院 学生員○大塚良治

1.はじめに：今日、わが国では、国土の有効利用の一手段として積極的に地下空間を活用しようという動きが活発化している。しかし、大都市の地下には、既に、多くの施設が建設されているため、さらに深い地下空間の活用が望まれている。よって、シールドトンネルは今後、大深度・大口径化の方向に向かうことが予想される。最近では、技術面の進歩により、10mを越える大口径のシールドトンネルも出現するようになり、剛性の異なった地層境界付近に建設されることも十分考えられる。しかし、地盤の深部では、地層境界付近では、地震時に大きな地盤ひずみが発生するため、地下構造物は損傷を受ける可能性がある。したがって、地層境界付近のシールドトンネル横断面について、地震の影響を検討する必要があると思われる。

2.動的解析モデル：解析モデルは、図1のように2層の表層地盤とシールドトンネル本体とから構成されている。地盤の幅は360m、深さ90m、シールドトンネルの中心は深さ60mに位置している。接点番号とその位置は、図2のようにになっている。これを次の3通りに場合分けした。

a)地盤とシールドトンネルとの間の滑りと剝離を考慮しないとき

CASE1)地層境界が深さ30mのところに位置する場合

CASE2)地層境界がシールドトンネルの中心を通る場合

b)地盤とシールドトンネルとの間の滑りと剝離を考慮するとき

CASE3)地層境界が深さ30mのところに位置する場合

このモデルを表層地盤は4節点アイソパラメトリック要素、シールドトンネル本体は梁要素を用いている。地盤とシールドトンネルとの間に滑り・剝離が発生する事も考えられる。この不連続面の挙動には、ジョイント要素を用いた。

3.解析結果：表層地盤とシールドトンネルの入力データは次のようになっている。

1)沖積層：ヤング率 $=9.54 \times 10^6 \text{ kgf/m}^2$ 、密度 $=163.265 \text{ kg/m}^3$ 、ポアソン比 $=0.49$

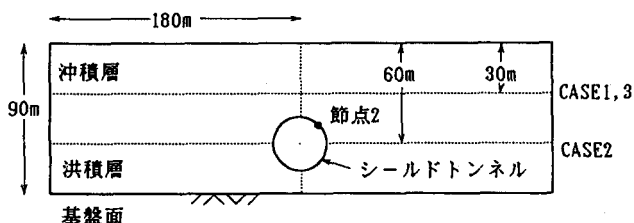


図1 解析モデル

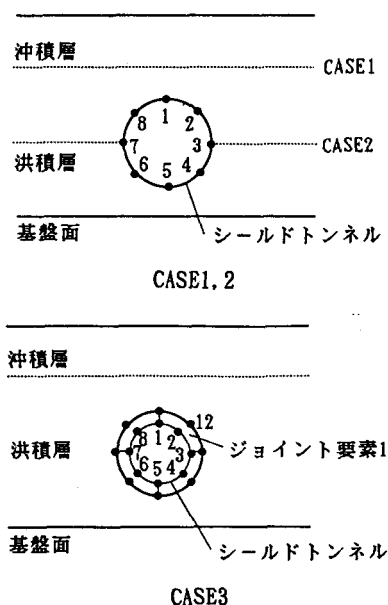


図2 接点番号とその位置

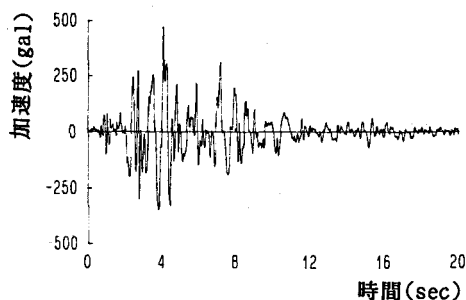


図3 入力地震波

2) 洪積層: ヤング率= $4.79 \times 10^7 \text{ kgf/m}^2$ 、密度= 183.673 kg/m^3 、ポアソン比=0.45

3) シールドトンネル: ヤング率= $2.90 \times 10^9 \text{ kgf/m}^2$ 、密度= 255.102 kg/m^3 、断面積= 1.04 m^2 、断面2次モーメント= 0.029 m^4

入力地震波は図2に示す。これを、水平方向より基盤から入力した。図4はCASE1の節点2, 図5はCASE3の節点2, 12の水平方向応答変位時刻歴図である。図6は、CASE3の接点2と12の変位差の時刻歴図である。表1には、各CASEの断面力の最大値を表した。図7にCASE2の曲げモーメント最大時の分布を示す。

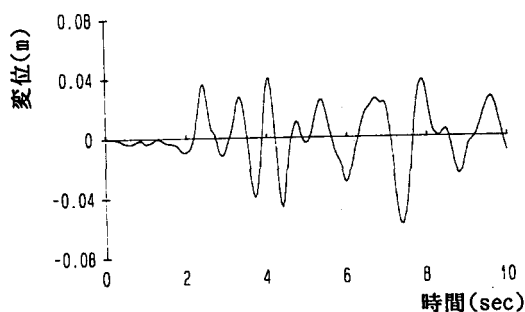


図4 応答変位時刻歴図(CASE1)

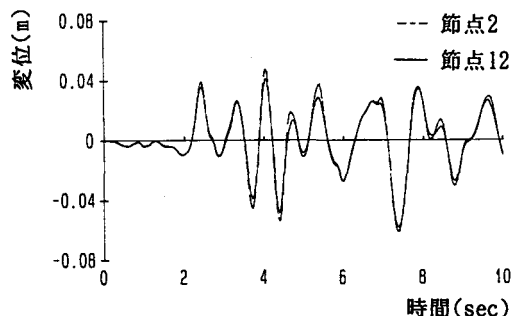


図5 応答変位時刻歴図(CASE3)

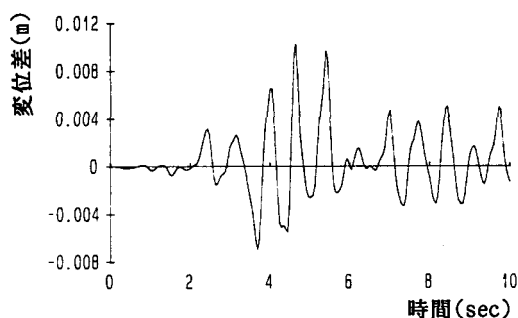


図6 変位差時刻歴図

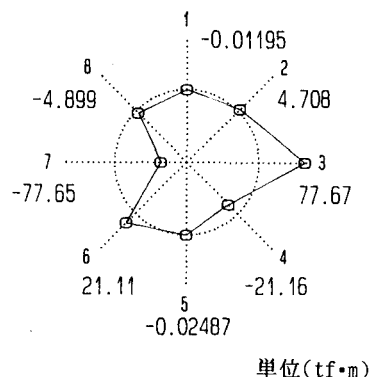


図7 曲げモーメント横断面分布 (CASE2)

4. 考察と結論: 図5より、接点2と

12の変位にずれが生じていることから剥離現象が起こっていることがわかる。表1より、このときの断面力は、CASE3の方が小さくなっている。剥離現象が起きるとこのように断面力が下がることがわかる。CASE2は、

シールドトンネルの中心に地層境界面がある場合である。図7より、地盤境界付近の接点の曲げモーメントが大きくなっている。解析結果より本解析の結論は、次の二点である。

- 1) 表層地盤とシールドトンネルとの間に剥離現象が生じると断面力が低下する。とくに、その傾向は軸力に著しい。
- 2) 累層地盤の境界にシールドトンネルが位置する場合、シールドトンネルに働く曲げモーメントは大きくなる傾向にある。

表1 軸力、せん断力、曲げモーメントの最大値

	軸力 (tf)	せん断力 (tf)	曲げモーメント (tf・m)
CASE1	-148.9 (接点6, T=7.40)	64.98 (接点7, T=7.40)	32.39 (接点7, T=7.40)
CASE2	-176.3 (接点2, T=4.44)	-83.21 (接点7, T=4.44)	77.67 (接点3, T=4.44)
CASE3	11.14 (接点5, T=4.44)	-9.771 (接点4, T=4.04)	-21.17 (接点4, T=4.08)