

I-541

波動伝播に注目した長大シールドトンネルの耐震性に関する考察

顧問組	正会員	前田 博司
岡山大学	正会員	竹宮 宏和
顧問組	正会員	須田 清隆

1. はじめに

シールドトンネルなどの地中線状構造物の耐震安全性の検討においては表面波に対する検討が簡易法によりなされているが、様々の仮定（水平地盤・一次せん断振動モード）があり、これらの仮定が必ずしも妥当でない場合がある。そこで、本報告においては、地盤-シールドトンネルの全領域を2次元FEMでモデル化することにより、地盤の不整形を考慮したうえで入力波（Rayleigh波・SV波）の波動の種別による、応答特性の相違を比較、考察した。

2. 解析モデルと解析方法

解析の対象とした地盤は、東京湾地盤データを参考にしたもので、おわん型の基盤上に軟弱な層が堆積している複雑な地盤構成となっている。解析モデルを図-1に、地層区分及び地盤の物性を表-1に示す。入力地震動は、東京湾の地盤を想定してつくられた固有周期1～3秒の範囲で最大加速度が140galの波形を用いた。入力方法および、入力の大きさを、表-2に示す。上記地震動はRayleigh波を想定してつくられたものではないが、やや長い周期成分が卓越しているためRayleigh波と仮定することも可能であると判断した。ただし、地表面において、最大加速度を45galに調整した。

解析は、周波数領域0～2Hzを対象として、各周波数ごとに自然地盤での基本モードを求め、自然地盤の基本モードが解析領域内を伝播するものとし、FEMメッシュの底面（GL-100m+1.5 λ ； λ =波長）を固定の条件とした。SV波の解析は、0～4Hzの周波数帯域を対象に基盤面入力とした。

3. 解析結果および考察

図-2に、シールドトンネルの曲げモーメントおよび軸力の最大値（絶対値）を示す。曲げモーメントに関しては、立坑付近で局部的にSV波入力（case 2）の方が大きい、全体としては、Rayleigh波（case 1）の方が大きな曲げモーメントを生じている。また、SV波入力（case 2）では地層のかわり目で局部的に曲げモーメントが発生している。軸力に関しては、SV波入力の方が全体的に大きい。

図-3に $t=5\sim 9$ 秒の地盤の変形を示す。SV波入力は、せん断変形が支配的であり、地盤のかわり目で局所的な変形をおこしているのに対して、Rayleigh波入力は地盤がうねるような変形している。これは地盤をせん断振動形にモデル化する限り、表現できないものであり、Rayleigh波特有の振動モードである。SV波入力の軸力は地盤のせん断変形が主要因と考えられシールド付近の地盤のせん断ひずみは、 $3\sim 8\times 10^{-3}$ 程度であり、Rayleigh波入力（case 1）の約10倍である。実際の場合、シールドと周辺地盤はあるひずみを越えると、すべりが生じ軸力は低減され、SV波入力（case 2）ほど軸力は発生しないものと思われる。¹⁾

4. 結論

本報告においては、Rayleigh波とSV波では振動モードの相違があり、それぞれの波動種別のシールドトンネルの挙動に対する影響が、対象地盤の不規則性との関連において明確にされた。東京湾横断道路で計画されている長大シールドトンネルなどの重要構造物の耐震安全性の検討においては、表面波に対する検討も従来の検討法に加えて考慮していく必要性が指摘された。

参考文献 1) 土岐憲三（著）；土木学会編 新体系土木工学 11 構造物の耐震解析 P218～ P220

表-1 地震物性値

地層名	G (tf/m)	V _s (m/s)	ν (tf/m)	ポアソン比	高さ h
有品町層	1400	100	1.4	0.48	0.05
七号地層上部	6530	200	1.6	0.47	0.05
七号地層下部	11900	300	1.6	0.46	0.05
飯田町下部地層	22500	350	1.8	0.45	0.03
長沼町最下部地層	29400	400	1.8	0.45	0.03
上地層群	95000	700	1.8	0.45	0.01

表-2 解析ケース

	波動の種類	入力方法	入力地震動最大加速度
CASE 1	Rayleigh波	表層側方	4.5 gal
CASE 2	SV波	基礎一様	140 gal

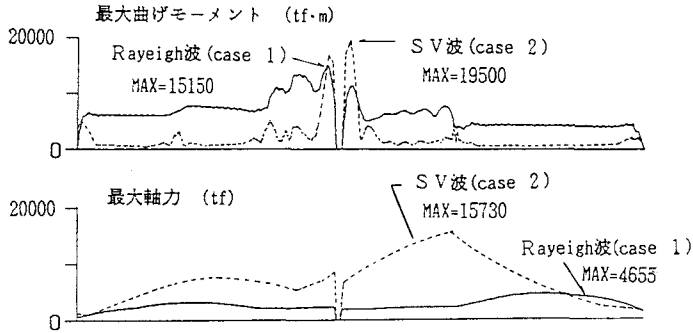


図-2 断面力図

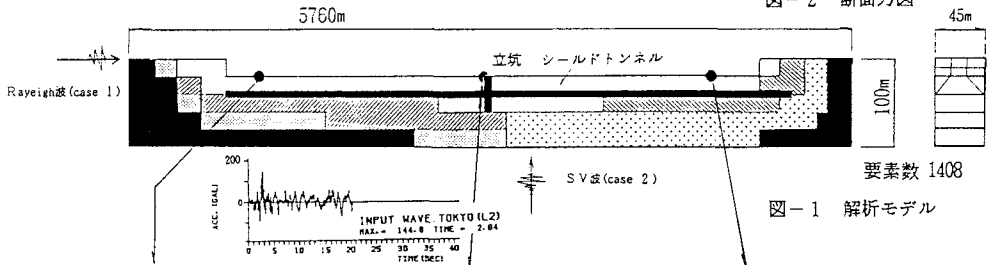


図-1 解析モデル

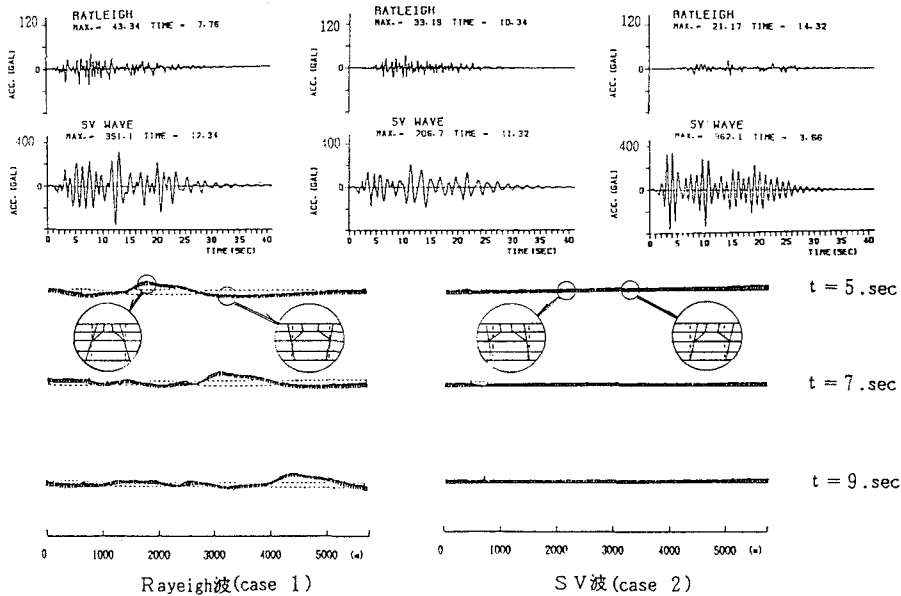


図-3 地盤の変形