

I - B 380

単円・複円形シールドトンネル模型振動実験（その2）

—— 2次元有限要素動的解析結果 ——

（財）鉄道総合技術研究所

西村昭彦, 室谷耕輔

同 上

加藤淳一

多円形シールド工法協会・DOT工法協会

鈴木猛康, 浦野和彦

同 上

横溝文行, 大保直人

1. はじめに

本研究の目的が多円形シールドトンネルの耐震設計法の確立にあることは（その1）の冒頭に述べた。ここでは「（その1）-実験概要と結果-」に引き続き、2次元FEM解析プログラム「FLUSH (MFLUSH)」による実験結果のシミュレーション解析について紹介するとともに、本解析プログラムのシールドトンネル耐震設計への適用性について考察を行う。

2. 解析モデルおよび解析に用いる諸定数

今回の実験に用いた模型シールドトンネルは、図1に示すように、受圧板+2方向ロードセル+内フレーム+中壁からなる複雑な模型構造となっているが、解析モデルでは、シールドトンネル外周面軸線を連続するビーム部材によりモデル化した。なお、表1に示すビーム部材の剛性については、予め図2に示すような静的載荷試験を行い、模型全体の等価剛性を把握し、この結果から決定した。図3にFEMモデル図を示す。

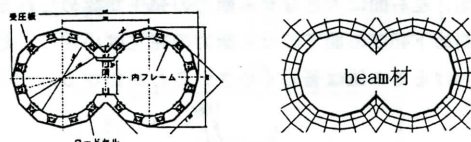


図1 解析モデル

表1 部材諸元

	A (m ²)	v	I (m ⁴)	G (tf/m ²)	h	ρ (tf/m ³)
単円<体	10.0	0.345	0.000017	280.0	0.03	0.006
複円<体	12.0	0.345	0.000029	280.0	0.03	0.005
中柱	1.0	0.500	0.0000150	2.9	0.03	0.014

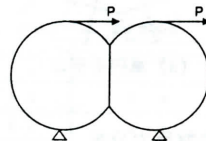


図2 載荷試験概要

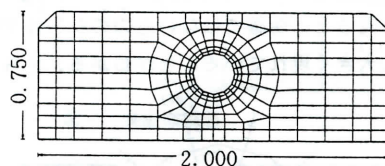
シリコンのせん断弾性係数G、ポアソン比ν等の物性値は、試験試料を用い物性試験により把握したが、解析では振動実験で得られた地盤の共振振動数(3.70Hz)と基盤入力加速度に対する地表面加速度の比に基づいて、シリコン物性値の調整を行った。表2にシリコン物性値を、表3にシリコン物性値決定後の解析による共振振動数と地表面加速度の値を示す。なお、解析に使用した入力地震波は、実験と同様の4Hzの正弦波である。

表2 解析に用いる物性値

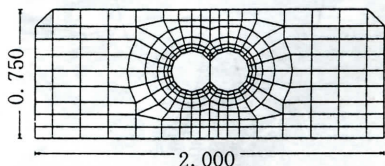
	試験値	解析に用いる物性値
せん断弾性係数 G	kgf/cm ² 1.20	1.37
減衰定数 h	% 2.5	9.0
ポアソン比 ν	— 0.49	0.49
単位体積重量 ρ	kgf/cm ³ 0.97	0.97

表3 実験および解析結果

形状	項目	実験結果		解析結果	
		値	単位	値	単位
単円形	地盤の固有振動数 F _i	Hz	3.70	3.71	
	加振加速度 A _i	gal	59.4	59.4	
	応答加速度 (遠方地盤) A _r f	gal	332.6	334.9	
複円形	応答加速度 (近傍地盤) A _r n	gal	286.9	303.5	
	地盤の固有振動数 F _i	Hz	3.70	3.71	
	加振加速度 A _i	gal	64.7	64.7	
複円形	応答加速度 (遠方地盤) A _r f	gal	428.7	400.9	
	応答加速度 (近傍地盤) A _r n	gal	379.3	375.2	



(a) 単円形



(b) 複円形

図3 FEMモデル

キーワード：複円形シールドトンネル，動的解析，等価剛性，シミュレーション解析

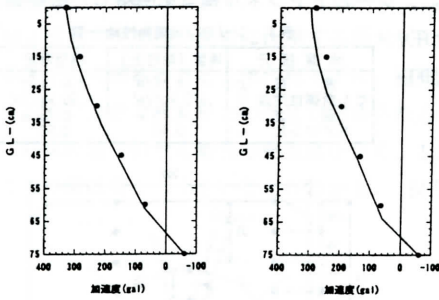
連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (財)鉄道総合技術研究所 TEL042-573-7262 FAX042-573-7248

3. 解析結果

図4, 5は, 遠方位置と近傍位置における地盤水平加速度（最大値）の深さ方向分布の比較結果を示す。これより, 解析結果と実験結果は良好に一致していることが分かる。

図6, 7は, 接線方向最大せん断力分布の比較結果を示す。実験では上下左右方向が大きく, 斜め上45°, 斜め下45°方向（カモメ部も含む）における地盤反力の値が小さい, といった発生モードが得られているが, 本解析によって, この傾向を良好にシミュレートできていることがわかる。なお, 絶対値そのものに関しては, 解析値・実験値の間にある程度の差異が生じた。

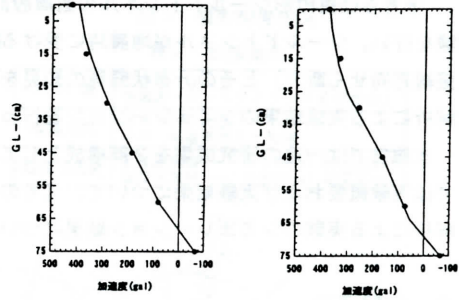
図8, 9は, 法線方向最大地盤反力分布の比較結果を示す。これについては実験・解析の間に若干差異がみられるものの, カモメ部における地盤反力の発生が小さいという傾向は, よく一致する結果となった。



(a)遠方 (b)近傍

図4 最大加速度分布（単円）

● 実験
— 解析



(a)遠方 (b)近傍

図5 最大加速度分布（複円）

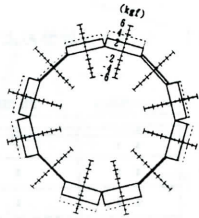


図6 接線方向最大せん断力分布（単円）

----- 実験
—— 解析

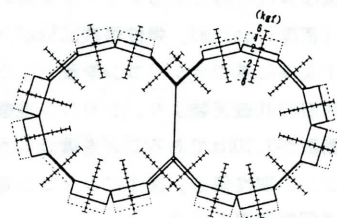


図7 接線方向最大せん断力分布（複円）

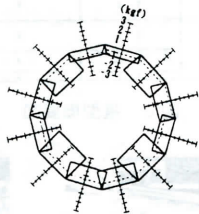


図8 法線方向最大地盤反力分布（単円）

----- 実験
—— 解析

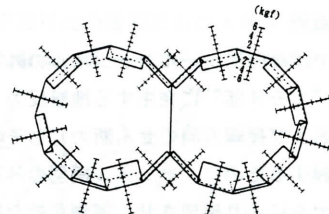


図9 法線方向最大地盤反力分布（複円）

4. 考察

筆者らは, シールドトンネルの耐震設計を実務的に行うことを考慮に入れて, FEMによる振動実験結果のシミュレーション解析を実施した。その結果, 法線方向最大地盤反力分布状態に, 実験・解析の両者である程度の差異が認められるものの, 接線方向最大せん断力分布状態については, 発生モードを良好にシミュレートできた。また, カモメ部における両地盤反力の発生が小さいという実験結果についても, 解析で良好にシミュレートできた。今回のような複雑な構造のモデルによる実験結果を, このような簡易モデルに置換することでも, 概ね良好にシミュレーション可能であることがわかり, 実務設計へのFEMを用いた計算法の適用の可能性を見出した。大地震時には地盤及び構造物が非線形化するので, 今後はさらに検討を行う予定である。なお, 筆者らは応答変位法によるシミュレーションも行っている。機会があれば報告する予定である。