

(III-80) シールドトンネル横断方向の耐震性について (1)
 ~模型による水平方向の振動実験~

早稲田大学 学生員 胡 仁倩
 早稲田大学 学生員 町田能章
 早稲田大学 学生員 何 川
 早稲田大学 学生員 釜薙真人
 早稲田大学 正会員 小泉 淳

1. はじめに

シールドトンネル縦断方向の耐震設計法に関する研究は現在までに数多くなされてきた。横断方向の耐震設計も近年のシールドトンネルの大断面化に伴い重要になり、研究が行われ始めているが解析によるものが主で実験を行ったものは少ない。そこで模型振動実験を行い、シールドトンネル横断方向の耐震設計法について検討を行った。本報告はそのうち水平方向加振実験に関する結果を述べたものである。

2. 実験模型

本実験では慣性力と弾性力が支配的な物理則であると考えた。したがってこれらの2つの力の比から実物と模型の相似関係を求め、物性値と諸元を定めた。地盤は弾性体と仮定し、地盤模型にはシリコンゴム、トンネル模型には高密度ポリエチレンを用いた。また半無限地盤を表現するために有限要素法による予備解析を行い、トンネル埋設部分に自由端の影響が出ないように模型地盤の大きさを定めた。

相似則を適用してシールドトンネルを忠実にモデル化すると、トンネル軸方向にはセグメント模型が相当密に配置されることになる。したがって本研究では模型製作上の手間や精度を考慮し、10リング分を1リングで評価する等価剛性モデルを考え、これを7リングつなげた。なお、トンネル軸方向の自由端がトンネルに影響を与えないように、各リング間には合成ゴム製の薄いリングを挟んである。基礎的な挙動を把握する目的から、今回の実験にはセグメント継手、リング継手、2次覆工は考慮していない。

3. 実験概要

実験は地盤のみの場合とトンネル模型を埋設した場合を行った。振動台への入力波としては正弦波 (80gal) と実地震波 (神戸海洋気象台観測データを最大値 300gal に加工) を考えた。加振は水平方向と鉛直方向を行ったが、本報告では水平方向加振のみを述べる。まず各実験とも共振振動数を決定し、次に共振時の地表面の加速度、変位、トンネル部材のひずみを時刻歴で計測した。測定断面は図1に示す5断面とした。このうち断面2が主計測断面であり、その他の断面は補助的なものである。

4. 実験結果と考察

図2は模型振動実験から得られた断面2の共振曲線である。地表面加速度の共振曲線、地表面と基盤との相対変位の共振曲線から地盤のみの場合とトンネルを埋設した場合とで応答倍率、共振振動数ともあまり大きな違

キーワード：シールドトンネル 振動実験 耐震設計 水平

連絡先：〒169 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学部土木工学科小泉研究室 Tel 03-3204-1894

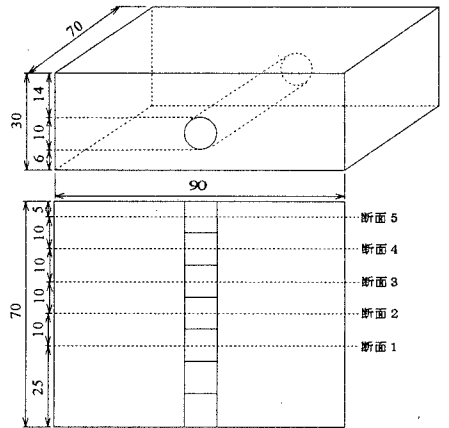


図1 実験模型 単位 (cm)

表1 地盤模型材料とトンネル模型材料の諸元

		実物	模型
地盤	弾性係数 kgf/cm ²	708.9	4.10
	単位体積重量 kgf/cm ³	1.8	1.0
	ポアソン比	0.45	0.34
	基盤までの深さ cm	3000	30
トンネル	弾性係数 kgf/cm ²	4.0 × 10 ³	7.96 × 10 ³
	単位体積重量 kgf/cm ³	2.60	0.955
	ポアソン比		0.39
	セグメント外径 cm	1000	10
覆工厚 cm		40	0.4

いは見られないことがわかる。

また、トンネルの頂部から 7.5° と 45° 位置に生ずる入力波 1gal あたりの曲げひずみと軸ひずみの共振曲線を見ると地盤が共振するときにトンネルに生じるひずみが最大になることがわかる。

図 3 は共振時の地表面の相対変位とトンネルに生じる曲げひずみの時刻歴を示したものであり、この図から地盤の変位が最大するときトンネルに生ずる曲げひずみが最大になることがわかる。曲げひずみ 2, 8 はそれぞれトンネル頂部から地盤変位の正、負方向に 45° のひずみである。

これらの結果から地震時のトンネルの挙動は周囲の地盤の挙動に支配されていることがわかる。さらに共振曲線から 1 次共振と 2 次共振とを比べてみるとトンネルのひずみに大きな影響を与えるのは地盤の 1 次共振であることがわかる。以上の結果から、シールドトンネルの耐震設計においては地盤の 1 次共振が重要であると思われる。

図 4 は曲げモーメントと軸力の分布図である。トンネル頂部から 45°, 135°, 225°, 315° の部分に最大応力が発生していることがわかる。

図 5 は神戸の実地震波を用いた場合の地盤変位とトンネルに生ずる曲げひずみの時刻歴を示したものである。相似比から時間は 1/10 になっている。この図からトンネルの挙動は実地震波に対しても周囲の地盤の変位挙動に支配されていることがわかる。

5. おわりに

今回の実験で地震時にシールドトンネルが水平方向に加振された場合の横断方向の挙動が明らかになった。今後は有限要素法による動的解析や狭義の応答変位法などによる解析を行い、これらの実験結果との照合を行うとともに、2 次覆工や継手の影響を考えた模型実験も行い、シールドトンネルの横断方向の耐震設計法に検討を加えていく予定である。

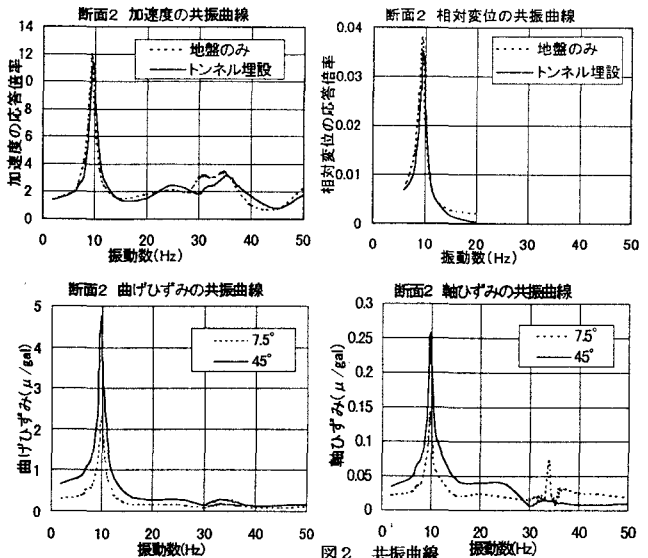


図2 共振曲線

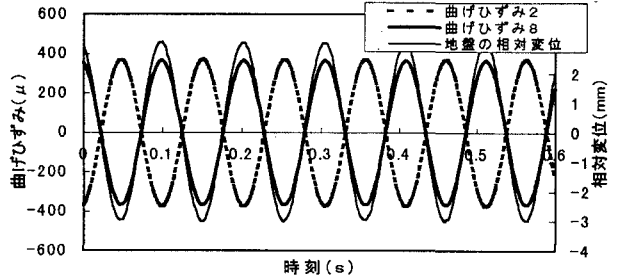


図3 共振時の地盤変位とトンネルの曲げひずみの時刻歴図

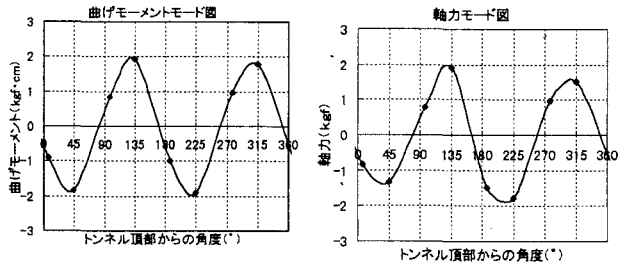


図4 曲げモーメントと軸力の分布図

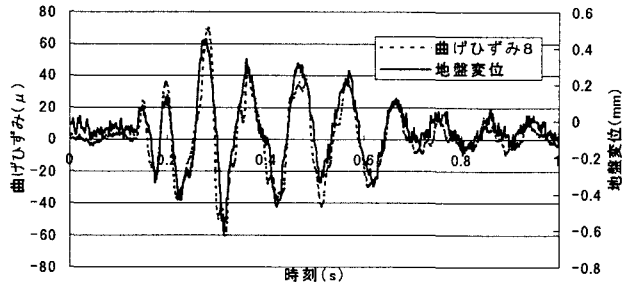


図5 地震時の地盤変位とトンネルの曲げひずみの時刻歴図

～参考文献～

釜滝, 町田, 小泉ら: シールドトンネル横断方向の耐震性について (2) 第 25 回関東支部技術研究発表会, 1998.3 月