

(III-81) シールドトンネル横断方向の耐震性について (2)  
～模型による鉛直方向の振動実験～

早稲田大学 学生員 釜菟真人  
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 胡 仁倩  
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。本報告はそのうち鉛直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。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。

なお実験模型、地盤模型材料とトンネル模型材料の諸元は「参考文献：シールドトンネル横断方向の耐震性について (1)」と同様である。

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とを行った。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とを行ったが、本報告では鉛直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、次に共振時における地表面の加速度、トンネル部材のひずみを時刻歴で計測した。実験装置の関係上、鉛直方向の地表面変位は計測していない。

4. 実験結果と考察

図1は鉛直方向の加振実験から得られた地表面加速度の共振曲線である。トンネルを埋設することにより、共振曲線の形が大きく変わっている。水平方向加振の場合はトンネルを埋設した影響がほとんどないことから、これは鉛直方向加振の特徴と思われる。地盤のみの場合には一次共振が卓越しているが、トンネルを埋設した場合にはその最大倍率も半減し、

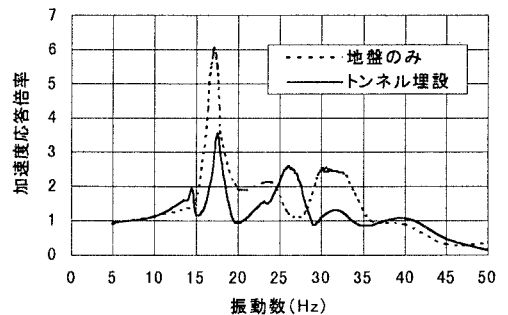


図1 加速度の共振曲線

キーワード：シールドトンネル 振動実験 耐震設計 鉛直

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

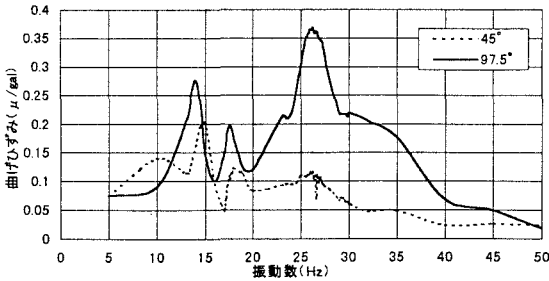


図2 曲げひずみの共振曲

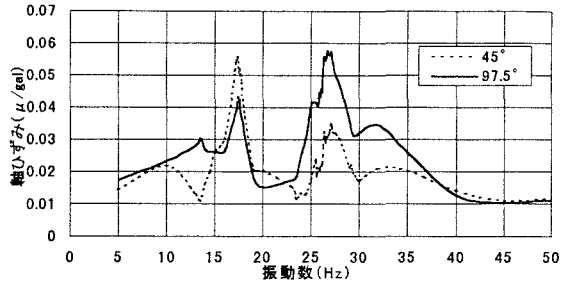


図3 軸ひずみの共振曲線

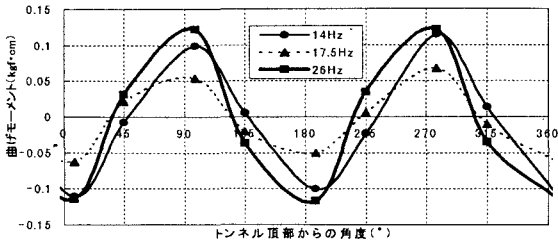


図4 曲げモーメントの分布図

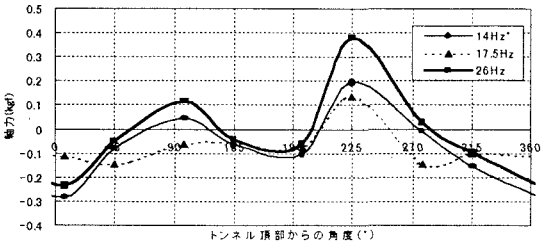


図5 軸力の分布図

いくつかの小さな共振点が見られる。これらのうち 14Hz, 17.5Hz および 26Hz がトンネルの埋設時の共振振動数と考えられる。

図2および3はトンネル頂部から 45° および 97.5° 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である。これらの共振曲線を見ると、ピークの出る振動数は加速度共振曲線の場合とほぼ一致するが、それらの最大値の位置はそれとは必ずしも一致しない。これは水平方向加振の場合とは異なる挙動である。

図4および図5は共振時にトンネルに発生する曲げモーメントと軸力の分布を示した図である。これらの図から鉛直方向加振時の最大応力はトンネル頂部から 0°, 90°, 180°, 270° の付近に生ずることがわかる。

図6および図7はそれぞれ共振時における地表面の地盤加速度と曲げひずみの時刻歴および神戸の実地震波を用いた場合のそれらの時刻歴を示した図である。これらの図から鉛直方向加振においてもトンネルの挙動は周囲の地盤の挙動にほぼ支配されていることがわかる。

## 5. おわりに

鉛直方向加振では地盤のみの場合とトンネルを埋設した場合とでそれらの振動特性に違いが見られた。地盤加速度の共振曲線と曲げひずみや軸ひずみの共振曲線とは水平方向加振の場合のように同じ傾向を示さず、トンネルを埋設した影響が若干現れていた。しかしトンネルに発生する応力は水平方向加振の場合と比べて最大応力で 1/10 程度である。これを考えるとトンネルの挙動は周囲の地盤の挙動にほぼ支配されているとみなしてもよいと思われる。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、より詳細な検討を進めていく予定である。また 2 次覆工や継手の影響を考えたモデルによる実験も行っていく予定にしている。

～参考文献～

胡, 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 (1) 第 25 回関東支部技術研究発表会, 1998.3 月