

I - B 447

3 連型円形断面シールドトンネルの地震時の挙動に関する実験的研究

—— 特に中柱（壁）の変形について ——

日本大学 フェロ 田村 重四郎

日本大学大学院 学 星 秀朋 菊地 数馬 中城 彰秀

東大生研 正 小長井 一男 三神 厚 片桐 俊彦

1. 概要

地上構造物に比して耐震性が高いと考えられていた地中構造物，特にトンネルが兵庫県南部地震では，構造的被害を蒙った。1956 年頃より，研究が急速に進んで，地盤とトンネルとの相互作用がはっきりしてきたにもかかわらず，その対応が遅れていたことが挙げられる。最近種々の断面形状をもつ都市トンネルが建設される様になってきた。しかも L2 地震動に対し必要な耐力をもつことが要求される。トンネルの究極な耐震性を保持するためには中柱（壁）の安定性は基本的条件である。著者等は今まで箱型 2 線式，複円形断面シールド各トンネルについて模型振動実験を行って報告してきた。今回はこれを進めて 3 円形断面シールドトンネルについて同様な検討を行ったので報告する。

2. 模型材料，形状及び実験方法

模型は実在の 3 連型円形シールドトンネルの断面形状を原型として，1/80 のモデル（シリコンゴム（パイエル（株）シロプレン RTV-21C）を作成し，これを模型地盤（ゼラチンゲル（ニッピゼラチン工業（株）S2100-3））内に埋め込んだ 2 次元模型で実験は線形領域で行っている。

トンネルと地盤との剛性比は約 54 で，一般の表層地盤の場合より相対的に地盤は硬めになっている。模型地盤の厚みは 20cm としその下には硬質の基盤があるものとしていて，トンネルの影響を考慮して模型地盤の長さは 1.6m としている。基本振動が卓越することから基本振動の主眼をおいた。模型の挙動は写真，ビデオ及び加速度系で記録した。

3. 実験結果及び数値解析

基本振動（振動数 4.515Hz）

時，カメラの絞りを開放して，故意に撮ったぶれ写真を図-2 に示す。トンネル模型から離れた点の地盤の変位モードが所謂 1/4 正弦波形になっているのがわかる。又，トンネルの自己振

動が全く顕在化していないことが認められる。このような基本的性状は箱型 2 線式，2 円形断面シールド各断面の実験の場合と同様である。図-3 はトンネルを主体に接写したものである。上半部に注目すれば，水平変位のみならず僅かながら動揺の如き振動成分が認められる。これは 2 円形シールド模型と異なるところである。模型の形状，材料の力学的性質を用いて有限要素法で基本振動モードを解析したのが図-4 である。

3 連型シールドトンネルモデル

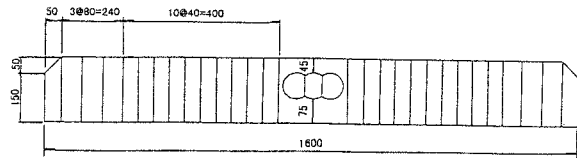


図-1 実験モデルの断面形状寸法

地盤（ゼラチンゲル）

| 濃度 | 密度                 | 弾性係数                |
|----|--------------------|---------------------|
| %  | gr/cm <sup>3</sup> | grf/cm <sup>2</sup> |
| 10 | 1.06               | 368                 |

トンネル（シリコンゴム）

| 密度                 | 弾性係数                |
|--------------------|---------------------|
| gr/cm <sup>3</sup> | grf/cm <sup>2</sup> |
| 1.253              | 19950               |

表-1 材料の物性値

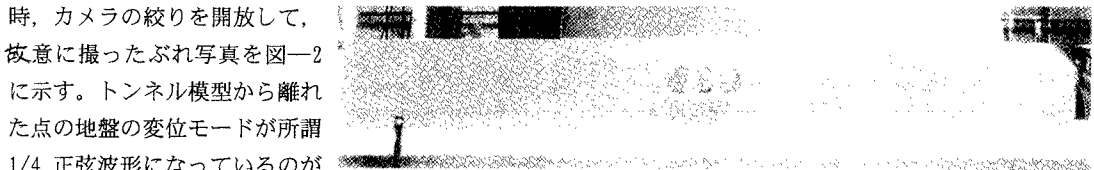


図-2 基本振動時のモデル全体のぶれ写真

キーワード：シールドトンネル 地震 地盤 3 連型円形断面 模型振動実験 数値解析

連絡 先：〒275-0006 千葉県習志野市泉町 1-2-1 TEL/FAX 047(474) 2428

図-3 と比べて幾何学的によく相似していることが認められる。

#### 4. 中壁の変形

中壁の微小な変形はこの模型の写真からは精度的に数量的に捉えることが不可能であるため数値解析結果を用いて検討した。図-5 は基本振動モードで黒丸が静止時の節点位置で白丸がその変位位置である。図-6 は地表面が向かって右側に変位した場合について中壁に注目して局部的に拡大し変形して表示したものである。2つの中壁上端に引いたほぼ水平の点線は変位の

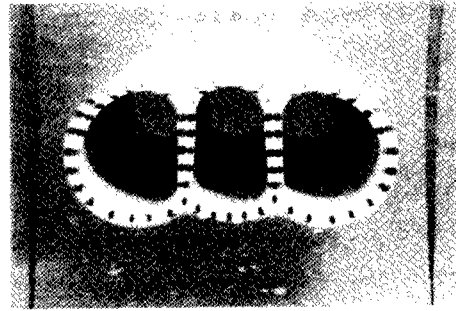


図-3 トンネル周辺部のぶれ写真

方向を示し、この点の白丸より下端方向に向けて引いた点線は上端の変位の方向に垂直に引いたものである。又、実線は原位置の中壁に平行に引いた線である。これより左側の中壁は僅かに右回りに回転し、前者は中壁下端における相対変位を減少させ、後者は逆に増加させていることがわかる。その増減量は水平変位の約 40%にあたることがわかった。増加は中壁に作用するモーメント、剪断力の増加につながる。

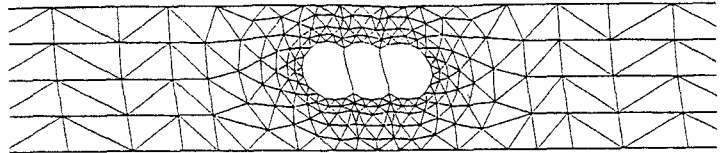


図-4 数値解析による基本振動モード

#### 5. まとめ

トンネルの中壁（柱）の地震時の動きに注目すると線形の範囲であるが3連型円形シールドトンネルの断面の中壁に作用する断面力は2線式箱型トンネルの場合に比して小さく2連型円形トンネルの場合に比べて増加することが分かった。この研究にあたっては日本大学生産工学部学生の相馬康秀、馬場裕一君に協力していただいた。

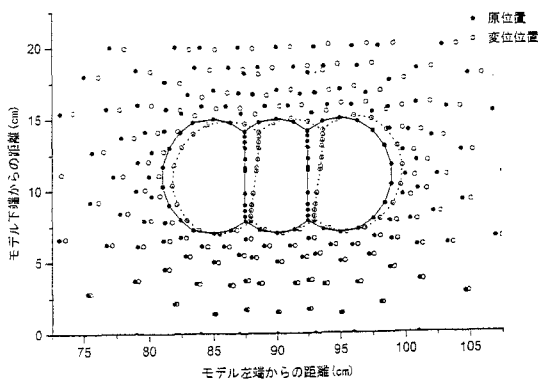


図-5 トンネル及びその周辺地盤部の振幅の分布図

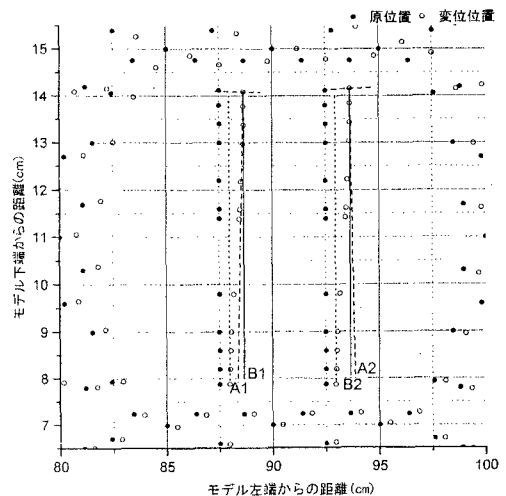


図-6 3連型円形シールドトンネルの中壁周辺部の振幅の分布図