

I-558

並設シールドトンネル間の距離がその応答に及ぼす影響

関大林組技術研究所 正会員 ○江 尻 譲 嗣

関大林組技術研究所 正会員 後 藤 洋 三

1. はじめに

シールドトンネルが2本接近して建設される場合を想定して、トンネル間の距離（純間隔）をパラメータとした模型振動実験と数値シミュレーションを行ない、トンネル間の距離がトンネルや周辺地盤の応答に及ぼす影響を検討したので報告する。

2. 実験方法及び解析手法

図-1に地盤、トンネル模型及び計器配置を示す。尚、実験・解析ともにトンネル横断面内の挙動に注目している。①土槽と模型地盤：側壁が地盤と一体となって変形する大型せん断土槽（ $L=4.35\text{m} \times W=2.85\text{m} \times H=2.00\text{m}$ ）内に岐阜砂を数層に分けて巻き出し、その都度加振により十分締固め、模型地盤を作成した。この時の地盤の単位体積重量 γ_s 、せん断波速度 V_s 、相対密度 D_r は各ケース間の平均的な値としてそれぞれ 1.47tf/m^3 、 130m/s 、 86% であった。

②トンネル模型：外径 $D=0.5\text{m}$ 、全長 $L=1.5\text{m}$ 、肉厚 $t=1\text{cm}$

の亚克力製（ $E_a=3.0 \times 10^4 \text{Kg/cm}^2$ 、 $\nu=0.3$ 、 $\gamma_a=1.19\text{tf/m}^3$ ）円管を用いた。計測上の問題と現象を強調するために、模型の剛性は下してあるが、模型を香川¹⁾の相似則を適用して検討してみると、実機のトンネルとして、一次巻きをみの直径 10m 以上の大口径のものを想定した場合、模型の曲げ及び軸剛性はそれぞれ $1/15$ 、 $1/5$ 程度の低い値となっている。実験にあたり、トンネル模型の周面には岐阜砂を塗布し、接触条件を出来る限り現実に近づける工夫を行なった。③計器配置：トンネル間地盤（AC1～7）及びトンネル外地盤（AN1～9）には深さ方向に加速度計を配置した。トンネル模型には、天端から時計回りに 45° ピッチで8測点（STC1～8）に内外対にして歪ゲージを取り付けた。④実験ケース：砂地盤、単設、並設の0.5D、1D、2Dの計5ケースで、振動台加速度を 80gal 一定とした共振実験等を実施した。土被厚は、各ケースとも1Dとした。⑤解析手法：解析は、2次元応答解析プログラム「FLUSH」により図-2のようにトンネル-地盤系を要素化し、0.5Dと2Dの2ケースを対象として実施した。尚、地盤のせん断剛性及び減衰定数の歪依存性については、砂地盤の共振実験結果から逆解析²⁾の手法により定めたものを用いた。

3. 実験及び解析結果

図-3には、トンネルのSTC2と8における断面力の共振曲線を示す。

STC2では、曲げモーメント及び軸力の両者ともに、トンネル間距離が小さくなると緩やかに増加する傾向がある。この傾向は、図-4に示すトンネル間地盤のトンネル上半の深さでの地盤のせん断歪の共振曲線から説明できる。すなわち、トンネルを近づけるとトンネル間地盤のせん断歪は増加し、その結果トンネルの変形が大きくなるためと考えられる。

このせん断歪の増加は、剛性の低いトンネルの周辺地盤に生じる変形の大きな領域がトンネルを近づけることにより重なりあい、その部分では地盤の歪依存性も手伝ってより変形が大きくなるためと推定される。STC8では、曲げモーメントは、STC2と同じ傾向を示すが、軸力は逆にトンネル間距離が小さくなると小さくなっている。これは、この測点においてトンネル-地盤間に滑りが生じているためと思われ、別途実施したトンネル-地盤間の滑りを考慮した解析におい

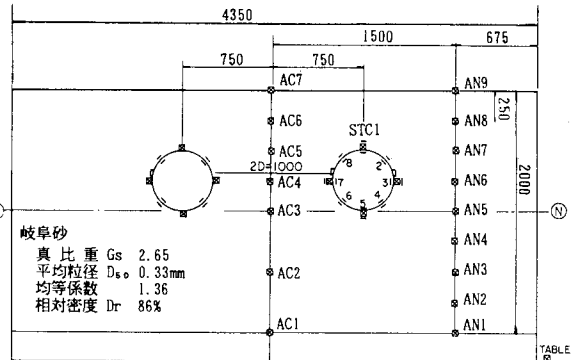


図-1 計器配置

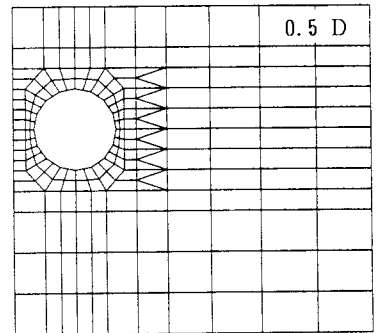


図-2 要素分割図

ても、STC8は2 に比べて滑り易いという結果になっている。

図-5は、共振点付近(9.5Hz)でのトンネル円周方向の断面力分布について実験と解析を比較したものである。断面力の全体的な分布形状は良く一致している。STC 2, 4, 6, 8 は他の測点と比較して断面力が多いが、これはトンネルが卵形のせん断変形をしているためと思われる。断面力の大きさは、曲げモーメントは実験が解析より大きく、軸力はその逆の傾向を示す。

このことは、前述したトンネル地盤間の滑りに起因するものと思われる。図-6には、この時のトンネル間及び外地盤におけるせん断歪の深さ方向の分布を示す。外地盤ではケース間で差は見られず、実験と解析も良く一致している。トンネル間地盤ではトンネル埋設深さでのせん断歪が急激に大きくなっており、実験が区間平均値であることを考慮すると、この傾向も実験・解析とも良く一致する。

4. おわりに

剛性の低いトンネル間の距離が小さくなると、トンネル間地盤のせん断歪が増加し、それに伴いトンネルの断面力も増加することがわかった。

しかし、実機のシールドトンネルでは、ゼメント構造のみの一次巻きの場合でも、その剛性は、今回検討したトンネル模型よりかなり大きく、さらに、通常は二次巻きも施行されることから、並設されることによるトンネルの断面力の増加は、ほとんどないものと考えられる。

尚、滑りを考慮した解析には、図-5 断面力円周方向分布(9.5Hz) 京都大学防災研究所耐震基礎部門で開発された「7SII」を使用した。記して、謝意を表します。

〔参考文献〕1) 香川：土構造物の模型振動実験における相似則、土木学会論文報告集、No. 275、1978-7

2) 松田、後藤：大型切土槽内の模型砂地盤の拘束圧を考慮した動的 $G \sim \gamma$ 、 $h \sim \gamma$ 関係について、第18回地震工学研究発表会、1985-7

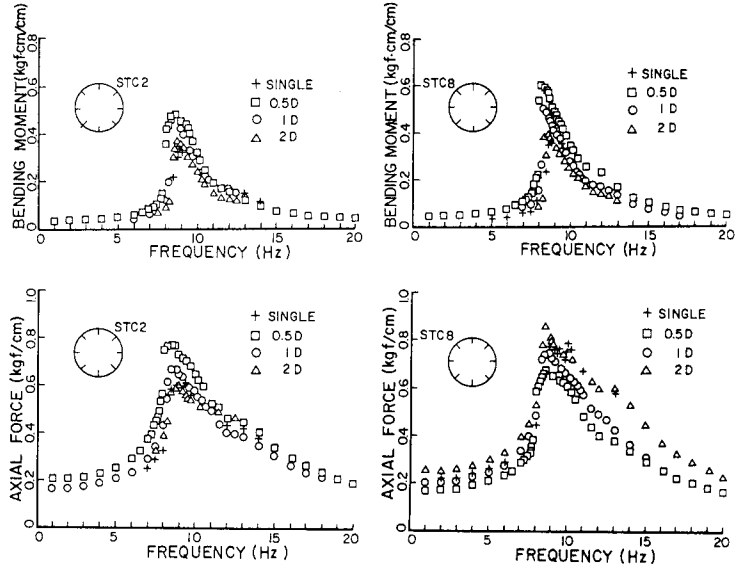


図-3 断面力共振曲線 (80gal)

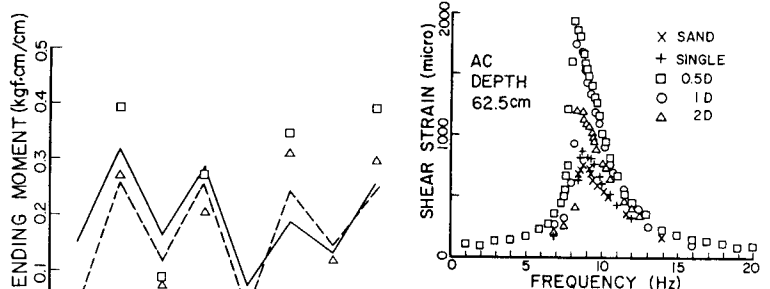
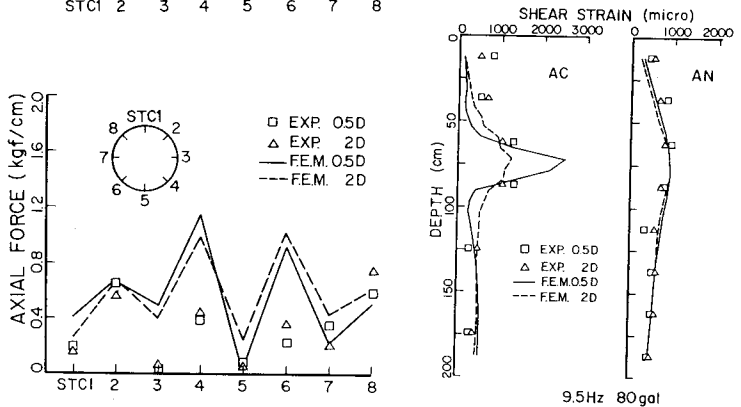


図-4 せん断歪共振曲線



9.5Hz 80gal