# 地震時の開削トンネルと周辺地盤の相互作用に関する アルミ棒積層試験体による大型せん断土槽実験

中央大学 学生会員 〇伊野将矢 学生会員 西野風雅 正会員 西岡英俊 (株) HRC 研究所 正会員 島田貴文

#### 1. はじめに

周囲を地盤で囲まれている開削トンネル等の地中構 造物の耐震設計において考慮すべき地震作用としては, 特に地盤変位の影響が重要であり、その特性は地中構 造物の剛性と周辺地盤の剛性の剛性比に大きく影響を 受けると考えられる.これまで本研究グループでは、地 震時の開削トンネル函体と周辺地盤の挙動について, アルミ棒積層体を用いた小型せん断土槽による実験的 研究1)を行ってきたが、小型せん断土槽では、アルミ棒 の径が相対的に大きい(最大粒径 3mm: 函体幅 40mm =1:13.3) ため、地盤の局所的なひずみの変化を模擬す ることが難しいという課題があった. そこで本研究で は、約5倍の大きさの大型せん断土槽を用いて実験を 行った(最大粒径: 函体幅=1:66.7). 具体的には, 剛 性比の異なる 6 種類の函体模型を模型地盤に埋設し、 単純せん断変形を生じさせて、生じるせん断ひずみの 比について検討した.

### 2. 実験概要

#### (1) 模型地盤および実験装置

今回の試験に用いた実験装置を図-1 に示す. せん断 土槽は,内面間距離1000mmの左右の側壁(アルミフレ ーム製)の上端・下端にピンヒンジを有し,単純せん断 変形が可能となっている. この土槽に高さ800mmまで 模型地盤を構築した. 模型地盤は,長さ150mm,直径 1.5mm, 2mm, 3mmの3種類のアルミ棒を重量比1:1: 1 で混合して積み上げたものである.本研究では,混合 したアルミ棒約10kg分を1層として撒き出し,突き固 め板を用いてアルミ棒の並びを整えながら,単位体積 重量21.7kN/m<sup>3</sup>の地盤を作成した.

この模型地盤の上面を解放した状態で,土槽側壁の 模型地盤地表面高さに設置したジャッキで水平方向に 載荷し,模型地盤に単純せん断変形を生じさせた.なお, 土槽の側壁はアルミフレームとアルミ棒間に生じる摩



図-1 実験装置の外観(せん断ひずみ yg=0.015 時)



擦を低減させるため,摩擦低減シートを貼り付けている.

#### (2) 函体模型および実験ケース

今回の試験に用いた函体模型を図-2 に示す. 函体は, 幅 200mm,高さ 200mm,奥行 150mm で上下床版と左 右側壁がそれぞれヒンジで連結されており,せん断変 形を生じさせることができる.また,せん断変形を拘束 するコイル型バネにより函体のせん断剛性 G<sub>s</sub>を模擬す る.具体的な函体のG<sub>s</sub>の値を算出するため,図-3のよ うに函体下床版を万力で固定した上で側壁上部をジャ ッキで水平に載荷する単純せん断試験を行った.函体 側壁の傾斜角を加速度計で計測して函体のせん断ひず み<sub>ys</sub>を求め,上床版位置に換算した水平力(せん断力)

キーワード 開削トンネル,大型せん断土槽,単純せん断試験,函体せん断ひずみ,土槽せん断ひずみ

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部都市環境学科 基礎・地下構造研究室 TEL: 03-3817-1804



図-3 函体単独せん断試験の様子



### 図-4 せん断応力-函体せん断ひずみ関係

を上床版面積で除して求めたせん断応力 τ<sub>s</sub> との関係(**図**-4) における y<sub>s</sub>=0.01 時の割線勾配から G<sub>s</sub> を算出した. なお,**図-4** の初期に勾配変化点が見られるのは,バネ を設置する際の初期拘束力分の影響である.そのため 模型設置時にはバネ反力を随時測定し,初期拘束力が 一定の値を超えないように管理した.

本実験の実験ケースは、**図-4** に示す剛性の異なるバ ネ5ケースにバネなし(すなわち  $G_s$ がゼロ)を加えた 計6ケースとした.なお、ケース名は、計測された  $G_s$ の値(単位: $kN/m^2$ )そのものとしている.

## 3. 実験結果

### (1) 模型地盤の特性

函体剛性  $G_s$ が異なる計 6 ケースについて, せん断土 槽に作用させたせん断応力  $\tau_{gf}$  (ジャッキ荷重を土槽上 面積で除して算出)と土槽のせん断ひずみ  $\gamma_{gf}$  (側壁の 傾斜角から算出)の関係を**図-5** に示す. 6 回ともほぼ同 じ結果が得られており, すべてのケースで概ね同等の 模型地盤を作成できていると判断している.

# (2) 函体模型と周辺地盤のせん断ひずみ関係

図-6 に函体のせん断ひずみ  $y_s$  と土槽のせん断ひずみ  $y_{gf}$ の関係を示す.なお,地盤中では函体の床版も回転するため,函体側壁の傾斜角から床版の傾斜角を差し引いて函体のせん断ひずみ  $y_s$ を求めた.図-6より,剛性 $G_s$ では,一番大きい $G_s$ =472kN/m<sup>2</sup>のケースと,一番小さい $G_s$ =38kN/m<sup>2</sup>のケースでの $G_s$ の比は約10倍程度で



図-5 せん断応力  $\tau_{gf}$ とせん断ひずみ  $\gamma_{gf}$ の関係



図-6 函体せん断ひずみ-土槽せん断ひずみ

あったが, 函体のせん断ひずみ ys では両者の比は約 1/5 程度になっている. すなわち, 剛性比に比べてせん断ひ ずみ比が出にくくなっていることが分かる. また, 函体 剛性が大きいほどグラフの途中から ys と ygfの傾きが非 線形化しやすくなっていることが分かる. これらの傾 向は小型模型での実験結果<sup>1)</sup>と同様である.

### 4. おわりに

本研究により, 函体剛性 G<sub>s</sub>に応じた土槽全体のせん 断ひずみ y<sub>gf</sub>と函体せん断ひずみ y<sub>s</sub>との関係の違いを明 らかにした.なお,土槽全体のせん断ひずみ y<sub>gf</sub>に比べ て函体近傍の地盤のせん断ひずみ y<sub>g</sub> は小さい値となっ ている可能性があるため,今後画像解析等を活用して, 函体近傍の地盤と函体のせん断ひずみ比を定量的に評 価していく予定である.

#### 参考文献

1) 島田貴文,西野風雅,西岡英俊:開削トンネルの地 震時せん断変形挙動に及ぼす周辺地盤との相互作用に 関する基礎的検討,第41回地震工学研究発表会講演論 文集,B15-2359,2021