

地下鉄構造物の模型震動実験と合理的地震対策に関する検討

首都大学東京名誉教授・(財)地震予知総合研究振興会 ○フェロー会員 岩楯敏広
上海交通大学 車 愛蘭, 首都大学東京大学院 学生会員 馬 其万

1. はじめに

首都大学東京では、1995年1月17日の阪神淡路大震災で大きな被害を受けた地下構造物の被害原因の解明及び耐震安全性に関して、せん断土槽を用いた模型震動実験と解析により検討を進めるとともに地下構造物の合理的な耐震設計・地震対策工法について解析的に検討を進めてきた。以下に、その概要について述べる。

2. 検討結果

2. 1 地下鉄大開駅を対象とした模型震動実験と解析¹⁾

(1)せん断土槽を用いて1/30スケールの大開駅・地盤連成系モデルにより兵庫県南部地震を再現した模型震動実験と数値シミュレーション解析を実施し、地盤・構造物の加速度応答、構造物に作用する地震時土圧、側壁・中柱に生じるひずみなどについて検討した。その結果、地震時には、地盤・構造物は、せん断挙動が卓越し、大きなひずみ($10^{-4} \sim 10^{-3}$ 以上)が発生し、強い非線形性を示すこと、また、構造物に作用する地震時土圧の分布形状や上限値が存在することなどが明らかとなった。さらに、中柱に発生するひずみは、結合条件によって異なり、中柱と上下床版が剛結されている場合には、結合部で大きなひずみが発生し破壊に至るが、ヒンジ結合では、発生ひずみは剛結の場合の約1/5程度に低減し破壊に至らず低減効果があるなどが明らかとなった。

(2)等価線形動的解析手法により、模型振動実験の数値シミュレーション(図-1)を実施し、中ひずみレベル(10^{-3} 程度)の地盤・構造物の非線形応答特性と地震時土圧を評価した。また、入力条件(水平入力、上下入力、および水平・上下同時入力)や構造物の埋設深さ(図-2)、地盤・構造物の剛性比(β)(図-3)等をパラメータとした解析を行った。その結果、等価線形解析手法により模型振動実験の地盤・構造物の応答特性を良好にシミュレーションできること、また、中ひずみレベルの地盤・構造物の非線形挙動および構造物に作用する地震時土圧(図-4)の発生メカニズムや上限値が存在することなどを明らかにした。さらに、ジョイント要素を用いれば、等価線形解析により、地盤と構造物との滑り・剥離などの大ひずみレベルの現象を近似的に評価できることを示した。

2. 2 地下構造物の免震対策工法に関する解析的研究²⁾

既設の箱型トンネルの横に、新設のシールドトンネルを建設する場合を想定し、強震時の両構造物および周辺地盤(図-5)の応答特性とトンネルの免震材対策工の効果(トンネルへの作用力を低減の効果)を、①免震材のせん断剛性と周辺地盤のせん断剛性の比(せん断剛性率 β)、②免震材の寸法(長さ L)および箱型トンネルとの離間距離(δ)をパラメータとして解析・検討した。その結果、①免震材全周面に対策場合と岩着地盤で箱型トンネル側面に対策場合では、構造物に発生する曲げモーメント(図-6)およびせん断力はせん断剛性率 β が低下するほど小さくなり低減効果が大きくなる傾向を示した。また、非岩着地盤で箱型トンネル側面に対策場合では、 $\beta = 0.01$ で低減効果が最大となった。②免震材寸法長さ(L)を長く、離間距離 δ を小さくするほど低減効果が大きくなる傾向を示した。③パラメータ β 、 L 、 δ の低減率に及ぼす影響を比較すると、 β の違いによる影響が一番大きくなった。また、今回の条件では、 $\beta = 0.01$ 程度の免震材を用いることより免震材(全周面)の低減率は、0.35~0.8となり、免震材(側面)の低減率は、非岩着地盤で0.5~0.8程度、岩着地盤では0.7~0.95程度となった。

参考文献 1)車 愛蘭 地中構造物の耐震性に関する研究(東京都立大学博士論文)平成16年3月

2)馬 其万 地下構造物の免震対策工法に関する解析的研究(首都大学東京修士論文)平成21年3月

キーワード 地下構造物、模型震動実験、阪神淡路大震災、地震応答解析

連絡先：〒101-0064 東京都千代田区猿楽町1-5-18 (財)地震予知総合研究振興会 Tel:03-3295-5350

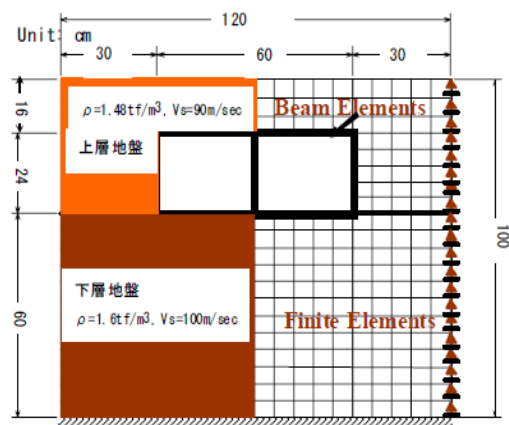


図-1 解析モデル

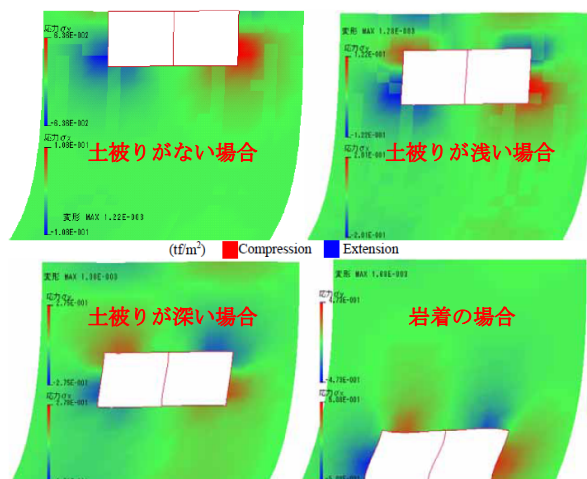


図-2 構造物の埋設条件による直土圧分布

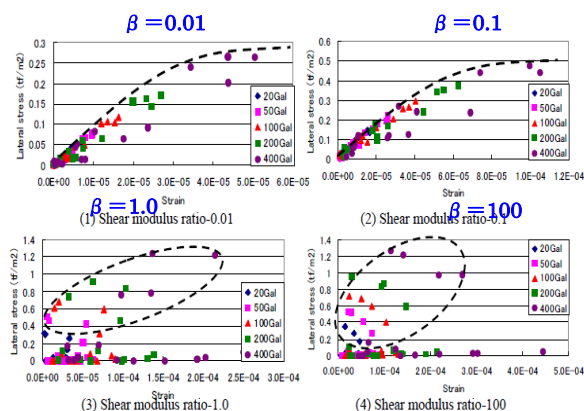
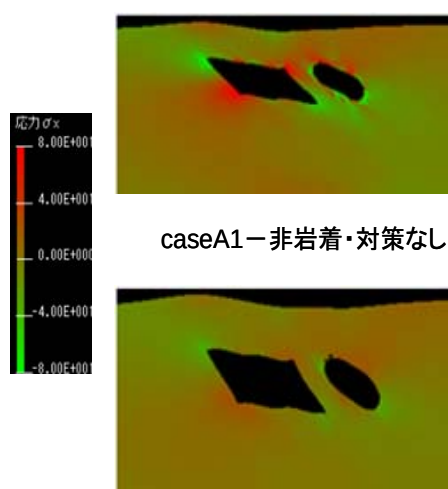


Figure 11 The relationships between the maximum earth pressures and the strain of surrounding ground

図-3 動土圧と周辺地盤のひずみとの関係

(構造物と地盤とのせん断剛性比(β)による変化)



Case3-非岩着・全面对策・β=0.001

図-5 トンネル周辺の応力分布(対策の有無の比較)

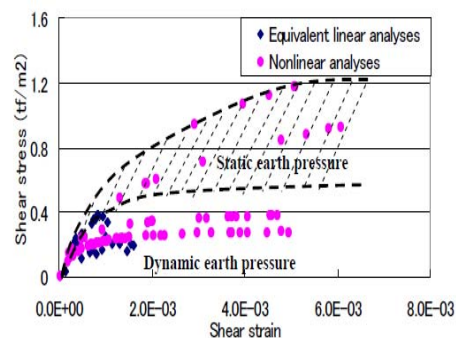
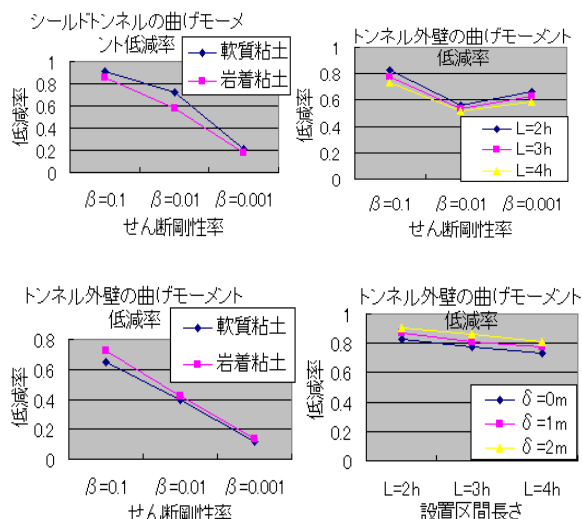
図-4 せん断土圧分布(10⁻³ひずみレベル)

図-6 低減率のせん断剛性率,設置区間長さによる変化