

地下構造物の免震対策工法に関する解析的研究

学生会員 首都大学東京 (M2) 馬 其万
フェロー会員 首都大学東京 教授 岩橋 徹広

1. 背景と目的

中国は、世界有数の地震国の一つであり、去年発生した四川大地震(M=8)では、多くの家屋や学校また、橋梁、道路、トンネルなどの土木構造物が壊滅的な被害を受けた。また、現在、中国の大都市に地下鉄道、地下道路など沢山の地下構造物が建設されており、これらの構造物の地震時の安全性を評価し、防災対策を図る必要がある。

本研究は、地下構造物の免震材対策工の免震効果を解析的に評価することを目的に、免震材のせん断剛性 G_2 地盤のせん断剛性($G_1=36734.7\text{KN/m}^2$)との比 $\beta=(G_2/G_1)$ を三つ(0.1、0.01、0.001)を考えた、免震材の設置長さ L は箱型トンネル断面高さ h の2倍(2h)、3倍(3h)、4倍(4h)、構造物との離間距離 δ は0m、1m、2mとして、2次元動的解析を行い、構造物の断面力(軸力、せん断力、曲げモーメント)とその低減効果を検討・評価したものである。

2. 研究方法と解析条件

(1)入力地震動：レベルL2地震を想定しているため、逗子の基盤(K6 地点:深さ-30m)で観測した地震波(EW 成分：最大加速度=5.406gal)の振幅分の100倍したものを用いた。(2)解析モデル：地盤は、軟質粘性土地盤(層厚28mと12m)の一層地盤とし、地下構造物(箱型トンネル：12.5m×6m、板厚0.5mと円形シールドトンネル：直径6m、板厚0.3m)が、非岩着(28m)と岩着(12m)の

場合を考えた。また、免震対策として、免震材(厚さ10cm)を構造物の全周面に巻く場合(パラメータ： β)と側面に免震壁を設置した場合(パラメータ： β 、 L 、 δ)を考え、地盤・構造物連成形の2次元モデル(構造物躯体を梁要素、地盤及び免震材を2次元平面ひずみ要素にモデル、周辺地盤及び免震材の接触面は粘性境界とした。地盤のデータは重量密度(表層：16.0KN/m³基盤：20.0 KN/m³)せん断剛性(表層：36734.7KN/m²基盤：326530.6 KN/m²)ポアソン比：0.49, 減衰定数：0.1。図-1に検討対象の対策工の概念図を示す。

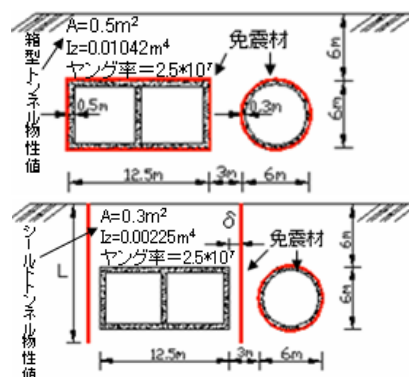


図-1 免震対策工の概念図

(3)解析ケース：①地盤のみ：軟質粘性土地盤(非岩着)case-A、岩着粘性土地盤(岩着)case-B。②地盤-構造物連成系：非岩着では、対策なしの場合caseA_i、全周面に対策の場合case1~3、側面に対策の場合case1A~27A, また、岩着では、対策なしの場合caseB_i、全周面に対策の場合case4~6、側面に対策の場合case1B~9Bである。

キーワード：地下構造物、免震構造、地震応答解析

連絡先：〒234-0054 神奈川県横浜市港南区港南台 7-37-17 tel 045-832-0144

3. 解析結果の検討

低減率(対策したケースの断面力/対策しないケースの断面力)を評価した(1)図2にシールドトンネル(岩着、非岩着)の曲げモーメントの低減率と β の関係を示す。(2)図3に、箱型トンネル全面对策した場合(岩着、非岩着)の外壁の曲げモーメントの低減率とせん断剛性率 β との関係を示す。(3)図4、5に非岩着で低減率と免震材の長さの違い及び離間距離の違いによる外壁の曲げモーメントの低減率を示す。

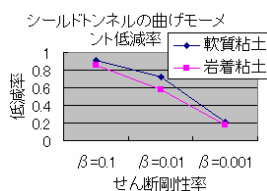


図-2

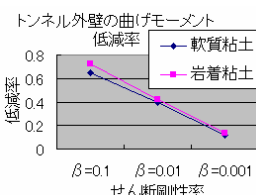


図-3

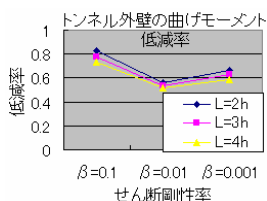


図-4

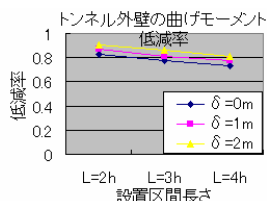


図-5

① β の違いによるシールドトンネル、箱型トンネル(全面对策、岩着地盤での側面对策)の場合には β が低下するほど断面力の低減率が小さくなる(0.9~0.15)(図2, 3)また、箱型トンネル(非岩着地盤での側面对策)の場合には β によって低減率(0.85~0.55~0.68)が変化し、 $\beta=0.01$ の場合に最小値を示す(図4)②対策工の長さL増加するほど断面力の低減率が小さくなる(0.82~0.72)免震効果を示される(図4, 5)③離間距離 δ 増加するほど断面力の低減率が大きくなる(0.75~0.85)免震効果を示された(図5)④岩着は非岩着に比べて低減率が大きく免震効果は少ない事が判明した(図2, 3)。(4)トンネル周辺地盤応力の分布を図6に示

す。case2AはcaseA₁と比べて構造物周辺地盤の応力が減少しており免震効果が有する事が解析的に明らかとなった。

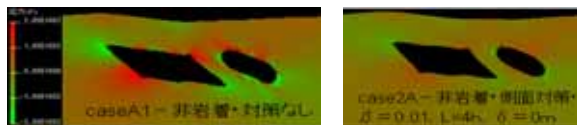


図-6 トンネル周辺地盤応力の分布

(5)非岩着地盤で最大応答変位の算出位置は図7に示す。

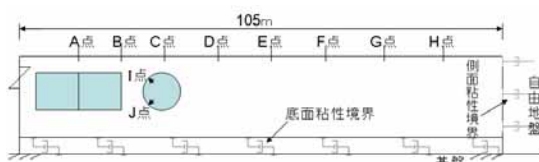


図-7 最大水平変位算出位置

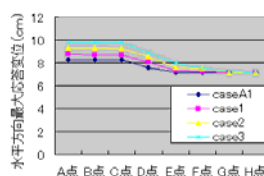


図8 地表面最大変位

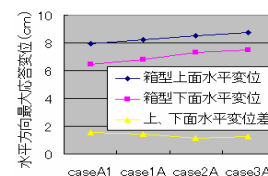
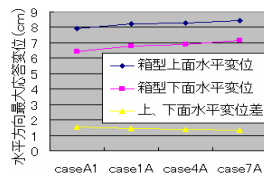
図9 β によるの違い

図10 L によるの違い

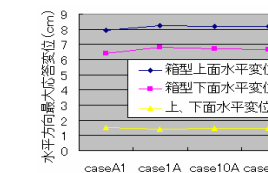
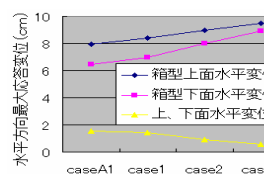
図11 δ によるの違い

図12 L によるの違い

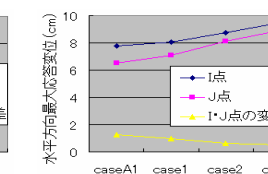
図13 δ によるの違い

図8に示すような、免震対策なしにより対策した場合の地表面最大変位は大きくなる。箱型トンネル上下面の変位は図9、10、11(側面对策)図12(全周面对策)に示す、及びシールドトンネルI・J点の最大変位は図13に示す。図9、10、11、12、13に示すような上下面変位差の増減傾向は断面力の低減率傾向(①、②、③)と同様である。免震効果が有する事が解析的に明らかとなった。