

# 施工時における周辺地盤のゆるみを考慮した 線路下横断構造物の地震時挙動に関する検討

伊藤 晋1・澤田 亮2

1鉄道総合技術研究所 (〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38)
 E-mail:sitoh@rtri.or.jp
 2鉄道総合技術研究所 (〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38)
 E-mail:sawada@rtri.or.jp

本報では,線路下横断構造物の非開削工法の多様化に伴い,現行の耐震設計では考慮されていない施工 時の周辺地盤のゆるみに着目した。各工法の施工事例における変状観測結果に基づいて,有限要素法によ る二次元静的解析を用いて,それぞれの事例における施工による周辺地盤のゆるみ領域およびその程度に ついての検討を行った.さらに,この検討結果に基づいて模型振動実験を実施し,施工による周辺地盤の ゆるみの領域および程度が線路下横断構造物の地震時応答特性に及ぼす影響について検討を行った結果, 構造物および地盤の変形挙動や構造物に作用する地震時外力に関する知見を得た.

Key Words : loosening of ground , earth pressure during earthquakes, settlement

## 1. はじめに

線路下横断構造物の施工法は、工事桁工法に代表され る開削工法と、エレメントまたは函体をけん引または推 進させる非開削工法とに大別され、近年、多くの工法が 実用化されている.しかし、これらの構造物の設計にあ たっては、施工法の違いによる周辺地盤の条件変化が考 慮されておらず、特に地震時においては、周辺地盤の条 件の違いが、構造物の動的変形や構造物に作用する地震 時外力に影響を及ぼすことが考えられる.

そこで本研究では、各工法の施工事例を収集し、それ らの変状観測結果に基づいて周辺地盤のゆるみ領域およ び程度について検証を行い、さらにこの結果を踏まえて、 模型振動実験を実施して線路下横断構造物の地震時挙動 についての検討を行った.

## 施工による周辺地盤のゆるみの領域・程度の 評価

今回,線路下横断構造物の施工事例を収集し,各事例 について検討を行った.ここでは,非開削工法として URT工法,開削工法として工事桁工法による事例を対象 とした検討結果を以下に示す.

検討は、有限要素法による二次元静的解析を用いて、 各事例ごとの適切な荷重条件のもとで、構造物周辺地盤 のゆるみ領域と、その領域の地盤の変形係数をパラメト リックに変化させて、観測された変状分布を再現し得る ような地盤のゆるみの範囲・程度を求めた.以下に、各 事例における検討結果を示す.

### (1)非開削工法(URT工法)

検討対象は、図-1に断面図を示すような構造物をURT 工法によって施工した際に、直上の軌道面において最大 17mmの沈下が観測された事例である.

構造物部材を梁要素,地盤を平面ひずみ要素としてモ デル化し,前述の地盤のゆるみ領域および程度に関する 検討を行った結果,図-2に示す範囲において,地盤の変 形係数をE/E<sub>0</sub>=0.10(E<sub>0</sub>:初期変形係数,E:低減変形係 数)とした場合に,図-3に示すように地表面における実 測沈下量に近似した解析値が得られた.なお,解析に用 いた地盤物性値を表-1に示す.

このことから、URT工法による線路下横断構造物の施 工による周辺地盤のゆるみについて、地盤の剛性は初期 値の10%に低減するが、その範囲はエレメント幅程度で あることが分かった.



図-1 URT工法による施工事例断面







図-3	地表面沈下量
-----	--------

<b>表−1</b> 地盤物性値							
		単位体積	初期変形	低減変形			
	層厚	重量	係数	係数			
	H(m)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$E_0$ (kN/m <sup>2</sup> )	E(kN/m²)			
盛土	6.00	18.0	25000	2500			
基盤	16.50	18.0	50000	5000			

## (2) 開削工法(工事桁工法)

検討対象は、図-4に示すように掘削深さ7.93mの土留 工で、地表面においては最大約35mmの沈下、鋼矢板によ る壁体の掘削底部において約50mmのはらみ出しの変状が



図-5 ゆるみ領域

表-2 地盤物性值

	層厚 H(m)	単位体積 重量 γ (kN/m <sup>3</sup> )	初期変形 係数 E <sub>0</sub> (kN/m²)	低減変形 係数 E(kN/m <sup>2</sup> )
盛土	3.00	15.0	2000	800
砂質土	2.50	7.0	12500	5000
砂質土	1.95	17.0	10000	4000
粘性土	3.55	15.0	6000	2400
粘性土	9.00	16.0	4000	1600

計測された事例である.

地盤のゆるみの範囲・程度に関する同様の検討より, 掘削底面直下部を含み, 土留壁となる鋼矢板先端から上 方に向かって水平となす角60°で広がる領域において, E/E<sub>6</sub>=0.40という結果を得た(図-5,表-2参照).

以上の結果より,非開削工法においては,施工によっ て周辺の地盤剛性は初期剛性の10%程度まで低減される が,その範囲はエレメント幅程度であり,局所的である のに対し,開削工法においては,周辺地盤のゆるみによ る地盤剛性の低下は初期剛性の40%程度であったが,そ の範囲は土留壁先端から地表面に向けて広範囲に及ぶこ とが分かった.

# 3. 地盤のゆるみを考慮した地震時挙動に関する 検討

前章における検討より推定した施工時の地盤のゆるみ の範囲およびその程度を考慮して,有限要素法による二 次元動的解析を実施し,地盤のゆるみを考慮した場合と しない場合との比較を行った.なお,入力波は,L2地震 動(スペクトルII)<sup>2</sup>とした.

各事例において、地盤のゆるみを考慮しない場合と考 慮した場合の変形図を、それぞれ図-5~8に示す.

いずれの事例においても、ゆるみを考慮した場合は考 慮しない場合に比べて構造物の回転変形が卓越し、それ に伴って地表面における変状が大きくなる傾向を示して いる.また、構造物に発生する断面力については、地盤 のゆるみがない場合とある場合を比べても、大きな差異 は認められなかった.

## 4. 模型振動実験による検証

前章までの,事例に基づいた地盤のゆるみの範囲およ び程度に関する検討結果の検証を目的として,模型振動 実験を行った.以下に,概要および結果を示す.

#### (1) 実験概要

長さL=2. lm, 幅W=1. lm, 高さH=1. 4mの鋼製土槽を用い, 土槽内に珪砂にて空中落下法と締固めにより模型地盤を 作成した.支持地盤(高さH=30cm,相対密度Dr=90%)上に二 方向ロードセルを内蔵した構造物模型を設置し,盛土内 に各計器を設置した後,のり面(1:1.5)成形を行った (図-9,10参照).実験は3ケース実施し,CASE1はゆる み領域無し,CASE2,3はそれぞれ非開削工法,開削工法 を想定し,2章の検討結果に基づいてゆるみ領域 (Dr=40%)を図-12のように設定した.

#### (2) 実験結果

模型近傍の盛土天端中心線上における沈下を図-13に, 画像解析による構造物模型の沈下および回転角をそれぞ れ図-14,15に示す.

図-13,14より,地盤のゆるみがない場合(CASE1)は盛 土および構造物の沈下はほとんど発生しないが,ゆるみ 領域がある場合(CASE2,3)は沈下が生じており,さらに, ゆるみ領域が大きい(CASE3)ほど,大きな沈下を生じて いる.また,図-15より,構造物の回転に着目した場合 においても,CASE1では回転はほとんど生じていないの に対し,CASE2,3では回転が生じている.一方,構造物 に作用する外力については,各ケースで大きな差異は認



図-5 (1)URT 工法; ゆるみ領域なし



図-6 (1)URT 工法; ゆるみ領域あり



図-7 (2) 工事桁工法; ゆるみ領域なし



められなかった.これらの結果は、前章に示した有限要素法による動的解析結果に一致する傾向を示している.

#### 5. まとめ

一連の解析および実験による検討結果から,現行の設計では考慮されていない線路下横断構造物施工時の地盤のゆるみにより,軌道面および構造物に及ぶ変状影響が大きくなることが分かった.このことから,設計においては,施工によって生じる地盤のゆるみを考慮する必要があり,さらに施工法に応じて軌道や構造物への変状影響の程度や地震時作用外力を定量的に評価することによって,より精度の高い合理的な耐震設計が可能となる可能性が示唆されたものと考えられる.







#### 参考文献

- 1) 桒田幸男,石川和彦,高橋幸久:車両基地直下にパイプルーフで道路トンネルを施工,トンネルと地下412号 Vol.35 No.12 pp12-25,2004.
- 2) 鉄道総合技術研究所:鉄道構造物等設計標準・同解
  説 耐震設計,丸善株式会社,1999.

(2007. ?.? 受付)