

既設鉄道構造物の地震時応答に新設道路交差が及ぼす影響に関するケーススタディー

(株)アーバン・エース 正会員 中川 元宏 (株)アーバン・エース 正会員 庄 健介
(株)アーバン・エース 正会員 肥塚 二郎 (株)アーバン・エース 正会員 上野 勝大

1. はじめに

鉄道路線下に開削トンネル等の新設構造物を構築する場合、従来の状態に対して、表層地盤の固有周期や既設構造物の振動特性が何らかの変化を生じる可能性がある。特に、鉄道構造物の上部工では、許容変位量が道路等の他の構造物に比べて厳しく設定されているため、新設構造物の耐震性能の確保とあわせて、新設構造物が既存の鉄道路線の変位等に及ぼす影響を適切に把握しておく必要がある。

筆者らは、複合的な構造を有した既設構造物下にさらに1層1径間の開削トンネルを新設する場合を例にとり、開削トンネルの有無と既設橋脚の地震時応答との関連性を把握することを目的に、地盤と構造物を一体とした2次元の非線形FEMモデルによる時刻歴動的解析を実施した。

2. 解析対象

解析の対象とした構造物の形状と地層構成を図-1に示す。

新設する開削トンネルは、鉄道の既設ボックス下を土被り1.725mで立体交差する道路構造物であり、その構造形式は1層1径間RCボックスカルバートである。既設ボックスの上方には、一部の柱がこの既設ボックス上に支持されているラーメン高架橋があり、その隣には直接基礎形式の壁式橋脚が設置されている。

当該地盤の地層構成は、新設ボックス底版付近がN値50相当の砂礫層となっており、中間に層厚約1mの軟弱粘土層が分布しているものの、全体としては比較的良好な地盤であるといえる。なお、本解析では耐震設計上の基盤面を洪積砂礫層(Tsg層)に設定した。

3. 解析方法

開削トンネル構築前(現地盤)と開削トンネル構築後の2ケースについて非線形の時刻歴動的解析を実施し、開削トンネルの有無とその上方にある既設構造物の地震時応答との関連性の把握を試みた。解析に用いた入力地震波は鉄道総合技術研究所が作成したスペクトル適合波(図-2)とスペクトル適合波(図-3)の2地震波とした。なお、スペクトル適合波は従来の耐震設計で考慮されていた海洋型地震を想定したものであり、スペクトル適合波は兵庫県南部地震のような直下型地震を想定したものである。

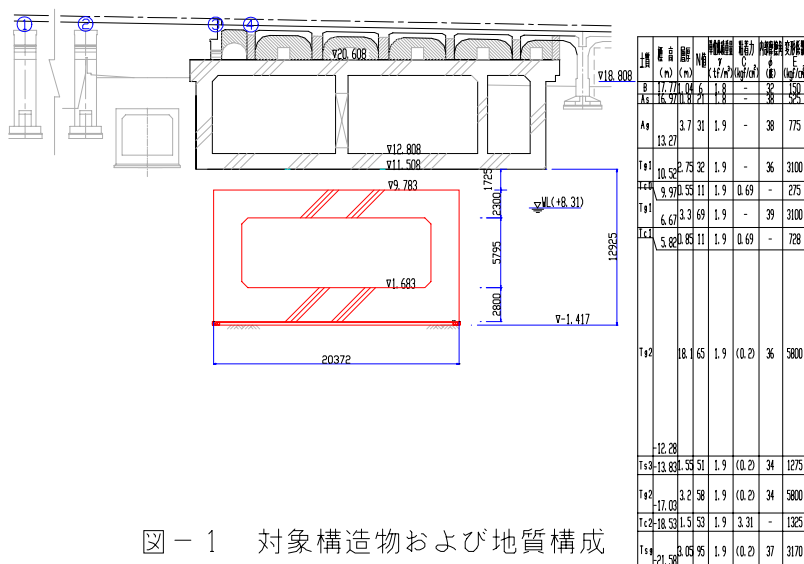


図-1 対象構造物および地質構成

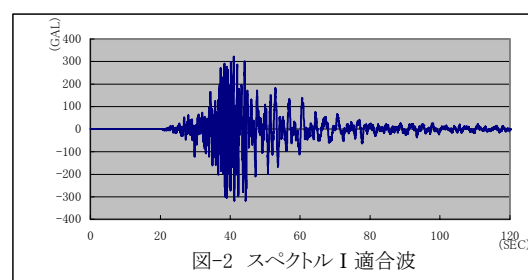


図-2 スペクトルⅠ適合波

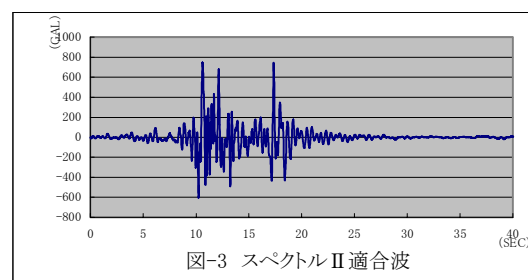


図-3 スペクトルⅡ適合波

キーワード：鉄道構造物、開削トンネル、地震時応答、地震波、動的解析

連絡先：〒530-0012 大阪市北区芝田 1-4-8-4F TEL.(06)6359-2756 FAX.(06)6359-2762

4．解析結果

既設橋脚並びに既設高架橋天端位置における地震時の最大水平応答変位を表 - 1 に整理する。

いずれの場合も、新設構造物構築後の方が現況よりも既設構造物の応答変位が大きくなっていることが解る。この原因を考察するために、入力した地震波及び各節点における応答波形について、その周波数特性を分析してみた。図 - 4 ～図 - 6 にスペクトル 適合度及び節点における応答波形のフーリエスペクトル図を示す。

まず、図 - 5 及び図 - 6 をみると、新設構造物の有無によって、既設構造物に発生する応答変位の卓越周波数が変化していることが解る。この原因としては、新設ボックスと既設ボックスの間をコンクリート要素として設定しているため、これらが一体となって構造物全体としての振動特性（固有振動数）に変化が生じたものと推定される。

次に、既設構造物の卓越周波数と地震波の周波数特性とを比較してみた。現況における卓越周波数 3.3Hz と構築後における卓越周波数 2.3Hz は双方とも地震波の周波数特性でも卓越する傾向が見られる。しかしながら、構築後における周波数 2.3Hz の方がその卓越度合いが顕著であることが解る。

現況解析では入力地震波が既設構造物へと伝搬する中で、地盤の特性にあわせてその振動特性が変化した可能性がある。これに対し構築後の解析では、新設ボックスの底版付近が固い砂礫層に設置されていることにより、地震波が元々の周波数特性を有したまま構造物に伝搬し、その結果、卓越する加速度の周波数領域と既設構造物の固有振動数が一致したことにより、発生応答変位が増大した可能性が考えられる。つまり、構築前後における各々の卓越周波数領域に対応する入力地震波の強さが、発生応答変位に何らかの影響を及ぼす可能性があることが推測できる。

5．まとめ

今回のケーススタディーでは、新たに開削トンネルを構築することで、その上方にある既設構造物の地震時応答が増大するという結果を得た。この原因としては、構造物を構築したことにより地盤中を伝わる地震波の増幅特性が変化したことや、構造物を新設したことにより既設構造物の振動特性（固有振動数）が変化したこと等が想定される。しかしながら、本稿では一ケースのみの検討であり、新設構造物の有無と地震時応答との相関を一概に判断できない。したがって、既設構造物の形式、新設構造物の形式、地盤条件、および地震動特性が相互的に及ぼす作用の解明については今後の課題として残るが、既設の鉄道構造物下に新設構造物を構築する場合においては、事前に既設構造物へおよぼす影響を適切に把握し、鉄道構造物全体としての十分な耐震性能（安全性）を確保することが重要であると考えられる。

<参考文献> 鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計）平成 11 年 10 月：（財）鉄道総合技術研究所

表 - 1 地震時最大水平応答変位

入力地震波 名 称	モデル	橋 梁 部		ラーメン高架橋部	
		①	②	③	④
SPC_1	現 況	30.5	34.6	36.9	36.9
	計 画	41.8	47.3	51.2	51.2
	差	11.3	12.7	14.3	14.3
SPC_2	現 況	45.9	52.0	55.5	55.5
	計 画	60.9	68.7	74.3	74.3
	差	15.0	16.7	18.8	18.8

