

新名神高速道路における内陸活断層への対応

西日本高速道路(株) 関西支社 新名神大阪西事務所 正会員 ○加賀谷 俊介
オリエンタルコンサルタンツ(株) 正会員 竹内 彩
NEXCO 西日本コンサルタンツ(株) 正会員 中谷 隆生
NEXCO 西日本コンサルタンツ(株) 正会員 松川 耕治
西日本高速道路(株) 関西支社 正会員 浅野 貴弘

1. はじめに

1999年に発生したトルコ・コジャリエ地震や台湾・集集地震では水平方向に5m程度、鉛直方向には最大10mに達する断層変位が地表面に出現し、断層による残留変位が原因となって道路橋を含む数多くの構造物が被災している。わが国においても、平成28年に発生した熊本地震では、布田川、日奈久断層沿いの地表面に1.0~2.5m程度の右横ずれ変位が出現し、多くの道路構造物が被災した。近年、橋梁の耐震設計においては断層変位を考慮する重要性が指摘され、研究が進んでいるが¹⁾、一般には地震による慣性力(横揺れ)のみを考慮した設計となっている。道路橋示方書・同解説V耐震設計編(以下、道示V)では、橋梁の耐震設計に用いる地震動として、プレート境界地震動(タイプI)と内陸直下地震動(タイプII)の2種類の標準地震波形を準備し、橋梁に対してそれぞれの地震波形を一樣・同時に載荷した非線形動的解析を行うこととしているが、断層変位の考慮までは義務付けられていない。

一方、新名神高速道路では、名神高速道路等と一体となって災害時にも機能する強くしなやかなネットワークとなるよう、従来のレベルを超える万全な防災・減災対策を講じることが求められている。そのため、地震危険度の高い活断層に囲まれた新名神高速道路の建設においては、活断層の影響を無視することができない。そこで、新名神高速道路の重要度を鑑み、橋梁分野における安全性の強化・早期回復の確保への一例として、有馬-高槻断層帯を横断する高槻高架橋の一部(鋼11径間連続混合桁橋)に対して、道示Vのレベル2地震動やシナリオ地震動を用いた従来の「横揺れ」に対する設計とは別に、考古学上の観点から推定された断層ずれに対する耐震設計を行った。



2. 有馬-高槻断層帯の概要

図1に示すとおり、有馬-高槻断層帯は神戸市北区の有馬温泉西方から高槻市街地北部に至る長さ約55kmの断層帯²⁾で、並走あるいは分岐する多くの断層線からなる。高槻高架橋と交差する断層帯東端部付近の地表面変位は、右横ずれ、北西側隆起と推定³⁾とされている。地震調査研究推進本部他の資料⁴⁾による確実性の高い西暦1596年の慶長伏見地震の際の変位量から、地震1回あたりの水平方向の変位量は右横ずれ3.0m、上下方向の変位量は北西側隆起0.3mと推定されている。

項目		特性
位置・形状	位置	北緯34°54′，東経135°41′
	長さ	約55km
	一般走向	N80°E
	上端の深さ	0km
	傾斜	高角で北傾斜(数100m以浅)
	幅	不明
過去の活動	ずれの向き	上下変位を伴う右横ずれ
	活動時期	西暦1596年慶長伏見地震(最新)
	1回のずれ量	3m程度
将来の活動	平均活動間隔	1000~2000年程度
	活動区間	約33km(宝塚-高槻)or約55km
	地震規模	M7.5±0.5

図1 有馬-高槻断層帯の位置図とその特性

3. 断層ずれに対する耐震設計

有馬-高槻断層帯は高槻高架橋のP16~P15橋脚間で交差している(図2)。高槻高架橋は、現名神高速道路等の重要交差物を跨いでおり、断層ずれにより落橋した場合の社会的影響は非常に大きい。このため、設計地震動を用いた「横揺れ」に対する設計とは別に、考古学上の観点から推定された3.0mの断層ずれに対する設計を行った。

キーワード 有馬-高槻断層帯，断層変位，強制変位，落橋防止対策，想定を超える事象

連絡先 〒569-1133 大阪府高槻市川西町2-10-20 西日本高速道路(株)関西支社新名神大阪西事務所 TEL072-655-9900

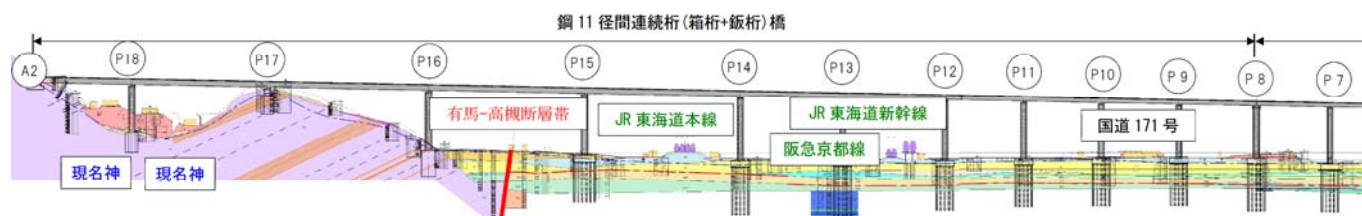


図 2 有馬-高槻断層帯と高槻高架橋の位置

(1) 非線形静的解析による断層横ずれの影響検討

断層上盤側にある A2 橋台から P16 橋脚で 3.0m の横ずれが生じるものとし、強制変位を与えた非線形静的解析を行った。断層を挟んだ P16 橋脚と P15 橋脚で断面力が大きくなるが、柱基部の曲げ、せん断照査とも許容値を満足する(図 3)。また、上部構造についても、P16 橋脚と P15 橋脚の支点上で橋軸直角方向の断面力が大きくなるが、発生曲げモーメントは鋼箱桁の橋軸直角方向の降伏曲げモーメント以下に収まる(図 4)。図 5 は応答変位図を示す。

応答変位は、A2 橋台から P16 橋脚は橋軸直角方向に 3.0m 変位するものの、上部構造と下部構造の相対変位は小さく、P16、P15 橋脚においても、地盤変位のない P15 から P8 橋脚間の上部構造の拘束により、他の下部構造に比べて上下部構造間の相対変位は大きくなる。ただし、ゴム支承の応答変位は許容変位以下に収まる結果となる。

(2) 断層ずれに対する落橋対策

検討の結果、全ての照査で応答値は許容値内に収まるため、解析上は断層ずれが生じて橋梁に大きな被害は生じない。しかし、P16 橋脚の支承変位は許容値に対して 8 割程度の変位が生じており、許容変位量に対する余裕が小さい。このため、①A2 橋台～P8 橋脚間を連続桁構造とし、断層を跨ぐ 1 連(A2 橋台～P8 橋脚)に対して落橋対策を行った(図 6)。

断層ずれにより支承が破断しても上部構造が橋脚天端からずれ落ちないよう、橋脚天端端部に②ずれ落ち防止の変位拘束構造と路面段差を防止するための③段差防止構造を設置するとともに、既往文献から想定される断層ずれ量の 3.0m より、④鉄箱桁端から 3.0m の余裕を確保できる幅として橋脚天端を 15.8m に拡幅した。併せて、想定以上の力が橋脚に作用しないよう、⑤支承耐力は橋脚のせん断耐力以下とした。

4. おわりに

新名神高速道路の高槻高架橋では、従来の設計では考慮しない断層ずれに対して橋梁の致命的な被害を防ぐ対策を行った。我々、道路技術者は、災害時でも道路サービスを間断なく提供し続けることができるよう、設計の想定を超える事象の発生を想像し、損傷から復旧までのシナリオを事前に準備しておくことが重要である。

参考文献 1)土木学会地震工学委員会：「断層変位を受ける橋梁の計画・耐震設計に関する研究小委員会」報告書、2008。2)岡田篤正・東郷正美編（2000）：「近畿の活断層」。東京大学出版会。3)寒川旭（1978）：有馬-高槻構造線中・東部地域の断層変位地形と断層運動。地理学評論,51,760-773。4)寒川旭・杉山雄一（1996a）：平成 7 年度活断層調査研究報告 No.12 有馬-高槻構造線活断層系川西地区の考古学的手法及びトレンチ掘削(第 1 次)による活動履歴調査。地質調査所研究資料集 No.236,43p。

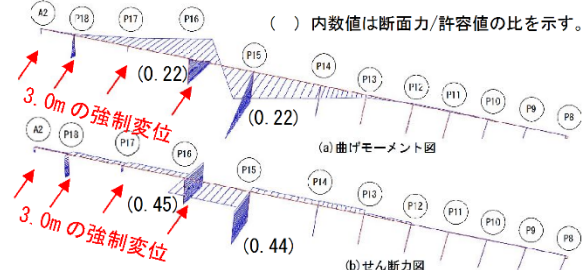


図 3 非線形静的解析結果(下部構造の発生断面力)

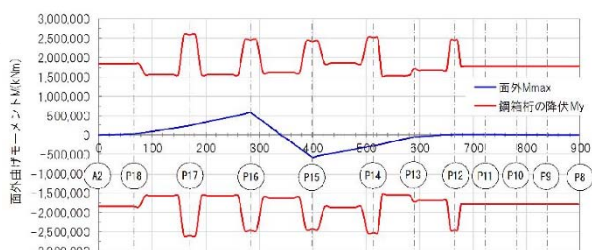


図 4 非線形静的解析結果

(上部構造の発生曲げモーメント)

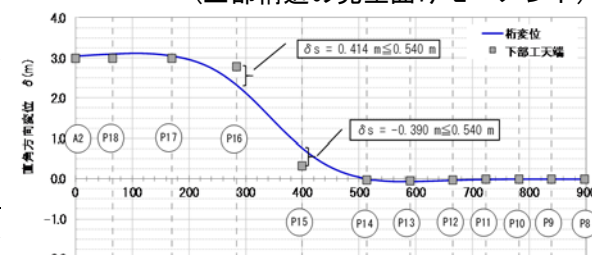


図 5 上部構造と下部構造の橋軸直角方向変位

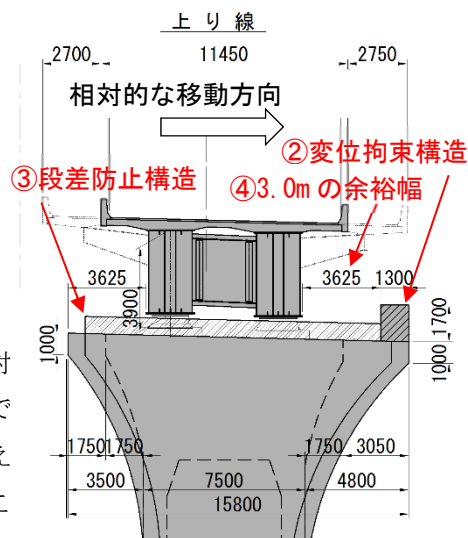


図 6 P16、P15 橋脚の落橋対策