東北地方太平洋沖地震により被災した東部高架橋の被災要因に関する検討

―― 再現解析による検討 ―――			
東日本高速道路株式会社	正会員	〇山田	金喜
株式会社ネクスコ・エンジニアリング東北	正会員	早坂	洋平
八千代エンジニヤリング株式会社	正会員	名古屋	和史

1.はじめに

平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震 により、仙台市の沿岸部を南北に縦断して供用している 仙台東部道の東部高架橋(延長約4.4km)においては、 地震時水平力分散ゴム支承(タイプB,天然ゴム)の亀 裂や破断が発生した.

そこで、本文では被災したゴム支承に関して、破断原 因を解明することを目的とし、現地に残存した被災状況 を踏まえ、再現解析による検討を実施したものである.

2. 被災状況

当該橋梁で著しい被災を受けた区間は,P52橋脚から P58橋脚の間であり,地震発生当時には仙台港 IC (仮称) を増設するための拡幅工事が行われていた.このため広 幅員でかつ幅員変化が大きく,橋脚種別(T型,門型) の混在,さらに隣接する橋梁形式・橋桁長が大きく異な る構造的に複雑な特殊箇所であった.表-1に,被災区間 の橋梁諸元を示す.

著しいゴム支承の破断が生じた位置は,掛け違い部の P52 橋脚上の終点側,P56 橋脚上の終点側であった.また, 被災後の残留変位は P56 で最も大きく,橋軸直角方向へ 約 600 mm,鉛直方向下側に約 400 mm であった.

ゴム支承の破断状況やその他付属物の損傷状況を図-1 に示す.

表-1 仙台東部高架橋の諸元

橋長	4,390m
	P52~P56:鋼4径間連続非合成箱桁
上部工形式	(L=285.75m)
(被災区間)	P56~P58:鋼2径間連続非合成鈑桁
	(L=77.80m)
下部工形式	鋼製T型:P52,P53,P57
	鋼製門型:P54,P55,P56,P58
道路構造	第1種2級B
地盤種別	Ⅱ種地盤
設計荷重	B 活荷重
支承条件	地震時水平力分散ゴム支承
適用示方書	平成8年
開通年月	平成 13 年 8 月

3.入力地震動の選定

NEXCO東日本では、高速道路の料金所に地震計を設置 しており、この東部高架橋に近くに位置する仙台東ICで 観測された地震波の加速度応答スペクトルを図-2 に示す. 橋軸直角方向への地震動が卓越し,現地の被災状況と地 震応答が整合することを確認した.



P56 (S6) ゴム支承破断状況および残留変位



新設ランプ橋 変位制限装置損傷状況





フィンガージョイントの段差 (P56)

フィンガージョイント(すり痕)

図-1 被災状況



図-2 仙台東 IC 加速度応答スペクトル (N-S)

4. 検討モデルと再現解析の結果

4-1. 一般的な解析モデルの再現解析結果

被災区間 P52~P58 において,一般的な設計で用いられ

キーワード 東北地方太平洋沖地震,仙台東部高架橋,ゴム支承,再現解析 連絡先 〒980-0021 仙台市青葉区中央 3-2-1 青葉通プ デ 東日本高速道路㈱東北支社 技術部 TEL022-217-1746 る解析モデルにより解析を実施した結果(ゴム支承の応答(橋軸直角方向))を図-3に示す.

その結果、ゴム支承の破断が生じた P52R のゴム支承の 応答が小さく、ゴム支承の破断がない P54~P56L 橋脚上 のゴム支承の応答が大きい等の結果となり、実際の被災 状況とは異なっている.

4-2. 解析モデルの再現性向上の検討

再現性向上を図るため下記のモデルを検討した.

- ゴム支承については、破断した支承の同等品を製作し、せん断変形性能試験の結果から、破断ひずみを230%、せん断バネ定数を設計値の1.4倍と設定した.(下図上段)
- ② 伸縮装置については、鋼製フィンガージョイント に衝突によるすり痕を確認したことや、フィンガ 一爪部に破断などの損傷が生じていなかったこと から、遊間を考慮した桁同士の移動量を制限する モデルとした.(下図中段)
- ③ 落橋防止構造については、拡幅部に新設された落 橋防止構造の側面と沓座・主桁や鋼製突起との衝 突を反映し、側面の遊間を考慮した桁の移動を制 限するモデルとした.(伸縮装置と同様な非線形バ ネモデル)
- ④ ジョイントプロテクターについては、変形したもの・残存したもの、さらに破断したものがあることから、それぞれをモデル化した.(下図下段)





伸縮装置の接触モデル



ジョイントプロテクターのモデル

4-3. 再現性向上モデルによる再現解析結果

4-2 で検討した実現象を反映したモデル化により得られた結果(ゴム支承の応答(橋軸直角方向))を図-5 に示す. その結果,実際に生じた現象と整合した.





図-3 一般的なモデルによる解析結果(支承応答ひずみ)

図-4 再現性向上モデルによる解析結果(支承応答ひずみ)

5. 破断要因の推定

- 当該区間は,IC新設事業区間であり特殊な構造となっていたために橋軸直角方向に卓越した地震力に対して局所的に支承の耐力を超える水平力が作用した.
- ② P56 橋脚上では、フィンガージョイントにより隣接桁 同士の挙動が拘束され、落橋防止構造に衝突したこと により移動量は制限されたが、起点側と終点側のゴム 厚が大きく違うため、ゴム厚の小さい P56R のみが許 容ひずみを超過し破断した。
- ③ P52 橋脚上では、伸縮装置とジョイントプロテクターによる拘束がなく、一方 P56 橋脚側では落橋防止構造による移動の制限、加えて P54・P55 のジョイントプロテクターが変形しながら残存したため、回転が生じて P52R の応答が大きくなり、破断したと考えられる.

