

東北地方太平洋沖地震による積層ゴム破断の要因検討
～積層ゴム支承の性能試験について～

東日本高速道路(株)東北支社

正会員

○曾田 信雄

(株)ネクスコ・エンジニアリング東北

法人会員

光岡 達之

(株)コベルコ科研

正会員

阿南 匡範

1 はじめに

平成 23 年 3 月 11 日 14 時 46 分ごろ三陸沖を震源とした東北地方太平洋沖地震 (M9.0 最大深度 7) が発生. さらに、平成 23 年 4 月 7 日 23 時 32 分ごろに発生した余震 (M7.4 最大深度 6 強) により東北地方の高速道路でも強い揺れを観測した.

その中で、仙台市東部の太平洋沿いの平野を南北に縦断している仙台東部道路の東部高架橋 (以下、東部) および仙台北部道路の利府高架橋 (以下、利府) で耐震性に優れているといわれている積層ゴム支承が破断する損傷が発生した.

本稿では、損傷した積層ゴム支承 (以下、ゴム支承) の破断の要因究明を目的とし、現地に残存し外見上損傷が見られなかったゴム支承や当時の配合を再現した新規製作品の性能試験結果等をもとに、ゴム支承の損傷要因を検討したものを述べる.

2 ゴム支承の被災状況

2.1 ゴム支承の諸元

今回試験を実施した、東部高架橋および利府高架橋のゴム支承の諸元を表-1 に示す. 設計は H8 道示の水平保有耐力法による等価水平震度による慣性力で、品質管理は H3 支承便覧に準拠して実施されていた. ゴム支承の製作時期は、東部が平成 9 年 9 月、利府が平成 9 年 12 月の製作である.

表-1 ゴム支承の諸元一覧

試験体No.			A	B	D	E	C	F
配 置			東部 P52	東部 P56	東部 P58(起)	東部 P58(終)	利府 P26	利府 P34
試験体製作			新規	新規	既存	既存	新規	既存
ゴム寄製作会社			A社	A社	A社	C社	B社	A社
ゴム種別			NR G10	NR G10	NR G10	NR G10	NR G12	NR G12
ゴム寄 寸法	加振方向寸法	a	mm	700	500	500	600	600
	加振直角方向寸法	b	mm	700	450	450	550	600
	ゴム1層厚	te	mm	29	18	18	22	20
	ゴム層数	n	層	8	7	7	7	7
形状係数	総ゴム厚	Σ te	mm	232	126	126	154	140
	一次形状係数	S1		6.03	6.58	6.58	6.52	7.50
	二次形状係数	S2		3.02	3.97	3.97	3.90	4.29
せん断ばね定数 [設計値]			Ks	kN/mm	2.112	1.786	1.786	2.143
							3.086	3.086

2.2 ゴム支承の損傷状況

東部および利府ゴム支承の破断状況を図-1、2 に示す. 東部のゴム支承は、破断した 18 個の内 6 個

が中間部で破断しており、破断位置の明確な特徴はなかった. また、いずれの支承とも鋼板とゴムとの境界面で破断したものが多くみられた.

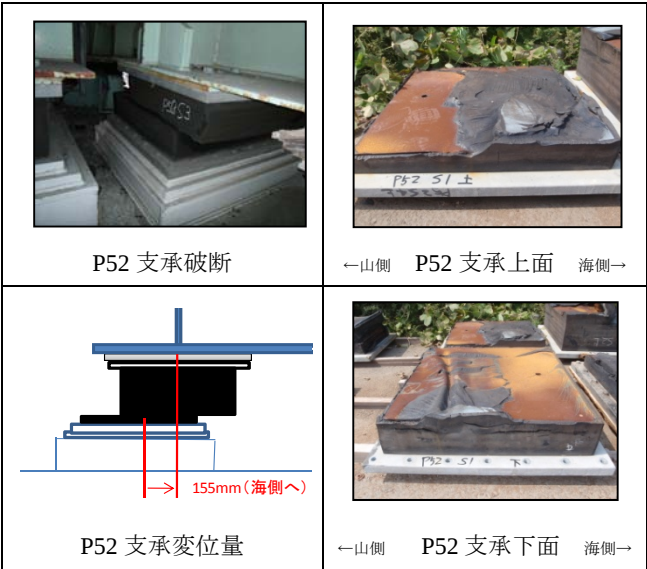


図-1 東部高架橋ゴム支承破断状況

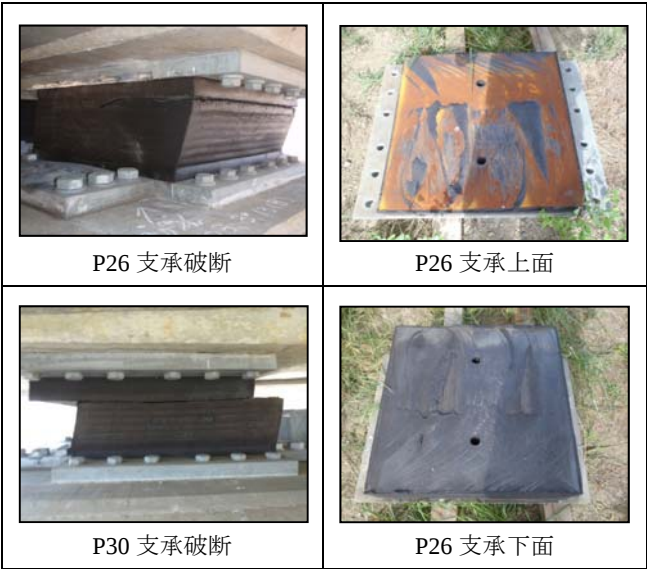


図-2 利府高架橋ゴム支承破断状況

3 ゴム支承の性能試験

破断したゴム支承から材料を抜き取り、材料試験を実施した. また、当時のレシピを再現し製作した新規製作品と破断したゴム支承の近傍から外見上

キーワード 東北地方太平洋沖地震, 仙台東部高架橋, 利府高架橋, ゴム支承

連絡先 〒980-0021 仙台市青葉区中央 3-2-1 青葉通プラザ 東日本高速道路(株)東北支社 技術部 TEL022-217-1746

損傷の無いゴム支承（既存品）を抜き取り、性能試験を実施した。

3.2 ゴム支承の試験結果

1) ゴム材料の材料試験

① 引張破断伸び

既存ゴム支承から抜き取った試験片でのダンベル試験の結果（図-3）、建設当時のミルシートと比較していずれも伸びが低下する結果となった。また、低下量は製造会社による差が生じた。

② 引張強さ

一方、引張強さはいずれも建設当時のミルシートと比較して大きな差はなかった。また、製造会社や各社内品単位のばらつきも小さかった。

③ 90 度はく離試験

破断したゴム支承から、90 度はく離試験用試料を製作し試験を実施した。結果はばらつきが大きく剥離形態も一定ではなかった。ゴムと接着剤との界面のはく離に近い形態のものはく離強度の低下が見られたが、実際の地震で破断したゴム支承の鋼板が露出するような破断形態を示す結果は確認できなかった。

2) ゴム支承の性能試験

新規製作品 3 種類 9 体、既存抜き取り品 3 種類 4 体のせん断性能試験及び繰り返し変形（200%，250%）を与えた後のせん断性能試験結果から以下が言える。

① 破断ひずみと破断時水平耐力

道路橋示方書・同解説（H8.12）に規定されている許容せん断ひずみ 250%を基準に比較した場合、破断ひずみが許容せん断ひずみを下回るものが約 5 割程確認された。一方、許容せん断ひずみ 250% 相当の水平力比較では、1.0 倍以上の耐力を有している（図-4）。また、当初設計の範囲からみると、ひずみ・水平力は概ね当初設計を上回っていた。

② 破断ひずみと二次形状係数

ゴム支承の二次形状係数が小さい試験体について、破断ひずみが低下する傾向にある。

③ 既存抜き取り品と新規製作品の破断ひずみ

既存品は新規製作品よりも破断ひずみ、破断時水平力ともに低下する傾向にある（図-5）。

④ 大変形履歴によるせん断変形性能

大変形履歴を受けた場合、せん断変形性能は低

下する傾向にある。

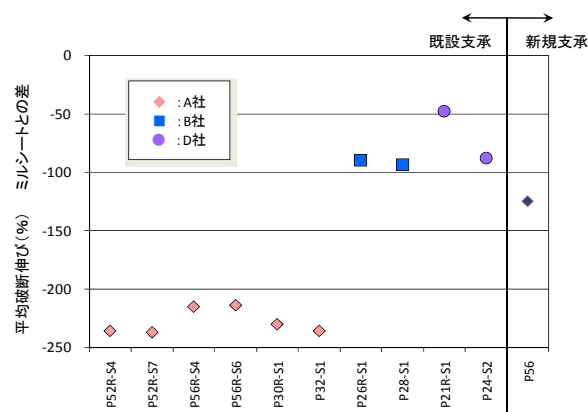


図-3 ダンベル試験結果（引張り破断伸び）

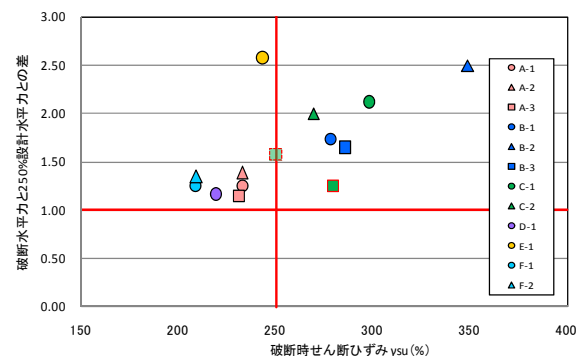


図-4 破断ひずみと破断時水平力の関係

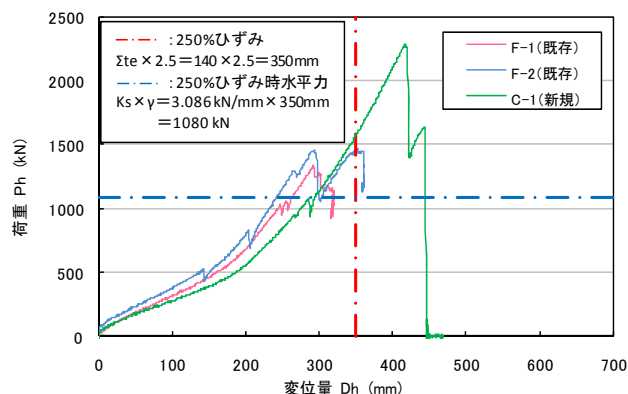


図-5 同一形状の既存品と新規製作品との比較

4 まとめ

ゴム支承の材料試験、せん断性能試験からは破断の要因となるような結果は確認されなかった。現地に設置されていたゴム支承の性能を超える力が作用し破断に至ったと思われる。なお、試験機械の能力から、荷重载荷のスピードやゴム支承に引張り力を与えられないなど、地震時に想定される状況とは異なる試験であることから、地震時のゴム支承の性能を正確に評価したとは言い難い。

材料試験と製品性能の関係や大変形履歴によるせん断変形性能の低下などさらに解明が必要な事項もあり、ゴム支承の終局耐力に関する今後の研究に期待したい。