

免震支承における損傷比率と免震支承－RC 橋脚間の耐力比の関係に基づく
免震支承の経年劣化の影響に関する基礎的検討

東北大学 学生会員 ○久保 陽平 東北大学 学生会員 津村 拓都 東北大学 正会員 松崎 裕

1. はじめに

近年、免震橋・非免震橋を問わず、積層ゴム系支承の経年劣化¹⁾、亀裂・破断等の地震時損傷²⁾が顕在化してきている。免震橋において、地震時に免震支承が破断すると、長期の復旧期間が必要となる他、落橋にも進展し得る。免震橋の危機耐性を向上させ、免震支承を破断させない維持管理を実現するためには、免震支承の破断可能性の観点から、許容できる免震支承の劣化程度を議論する必要がある。本研究では、免震橋の構造諸元に関わらず、地震動による構造系としての終局的損傷が免震支承の破断によって決定される比率と対応することが確認されている免震支承－RC 橋脚間の耐力比指標³⁾を用いて、免震支承の経年劣化が免震支承における損傷比率に及ぼす影響に関する基礎的検討を行う。

2. 免震支承－RC 橋脚間の耐力比指標

免震支承の破断や RC 橋脚の終局変位への到達は免震支承－RC 橋脚系の強非線形領域における地震応答の結果として生じるものである。本研究では、健全な免震支承－RC 橋脚系に対して、地震動による構造系としての終局的損傷が免震支承の破断によって決定される比率と対応することが確認されている式(1)の免震支承－RC 橋脚間の耐力比指標 γ_{BCM} ³⁾を用いる。

$$\gamma_{BCM} = a \left(\frac{M_C}{M_U} \right)^{-b} \frac{Q_{BR}}{Q_{CU}}$$

(1)

ここに、 a および b は正のパラメータであり、健全な免震支承－RC 橋脚系に対して、 $M_C/M_U=0.50$ において、 $\gamma_{BCM}=Q_{BR}/Q_{CU}$ となるように a 、 b の値を定める。

3. 解析対象橋梁および想定する免震支承の経年劣化程度

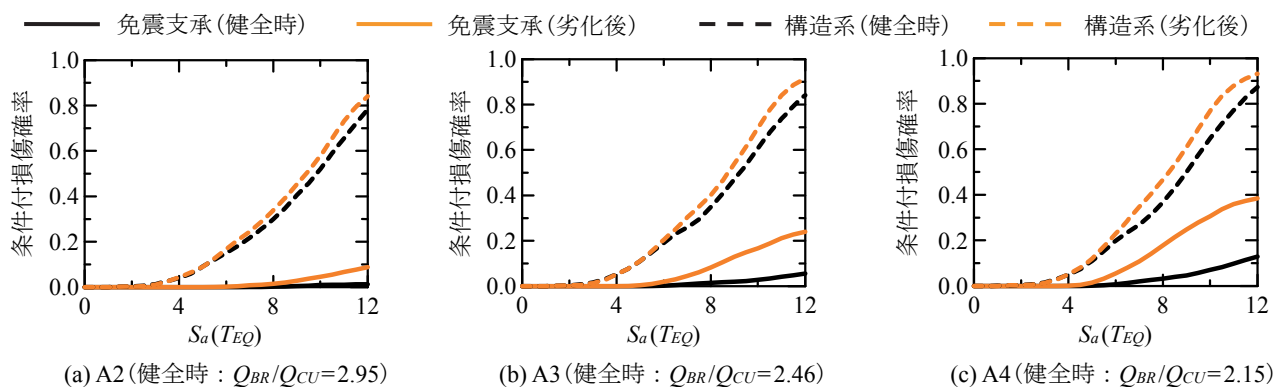
健全な免震支承－RC 橋脚系を対象とした文献³⁾と同じ橋梁群を解析対象とする。解析対象橋梁の諸元の例を表-1 に示す。想定する免震支承の経年劣化程度として、健全時の免震支承に対して、ゴムの劣化に対応して水平剛性が2割増加するとともに、破断ひずみが2割低減し、鉛プラグの劣化に対応して切片荷重が5割低減した状態を経年劣化後における免震支承の力学的特性であると想定した検討を行う。これは、供用されていた実支承を対象として水平剛性が18%増加し、切片荷重が48%低減し、破断ひずみが2割程度低下していることを報告している林ら¹⁾と整合する劣化程度である。なお、RC 橋脚よりも免震支承における経年劣化が顕在化しやすいことから、本研究では、免震支承の劣化のみを対象とする。その他の対象橋梁のモデル化の方法、考慮する不確定要因、入力地震動は、文献⁴⁾と同様である。免震支承の破断および RC 橋脚の終局変位への到達を終局的損傷と定義し、いずれかの生起を構造系としての終局的損傷と定義する。

表-1 解析対象橋梁の諸元の例

構造系		A2	A3	A4	B3	C2
免震 支承	断面寸法(mm)	□660	□600	□560	□560	□620
	ゴム層厚(mm)	170	150	130	130	150
	鉛プラグの径(mm)	80	80	80	80	80
	1次形状係数	9.7	10.0	10.8	10.8	10.3
	2次形状係数	3.9	4.0	4.3	4.3	4.1
RC 橋脚	断面寸法(mm)	4500 ×2200	4500 ×2200	4500 ×2200	4750 ×2200	4750 ×2400
	橋脚高(mm)	8000	8000	8000	10000	12000
	質量(ton)	274	274	274	335	422
健全時の Q_{BR}/Q_{CU}		2.95	2.46	2.15	2.56	3.25
健全時の等価固有周期 T_{EQ}		1.65	1.69	1.68	1.78	1.86

キーワード 免震支承，経年劣化，維持管理，破断，耐力比，危機耐性

連絡先 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 TEL 022-795-7449 FAX 022-795-7448

図-1 同一のRC橋脚に対する健全時の Q_{BR}/Q_{CU} とフラジリティ曲線の関係

4. 免震支承の経年劣化がフラジリティ曲線および免震支承における損傷比率と免震支承-RC橋脚間の耐力比の関係に及ぼす影響

同一のRC橋脚に対して免震支承の終局耐力を変化させた構造系A2, A3, A4を対象に, 免震支承および構造系に終局的損傷が生じる確率を構造系の等価固有周期 T_{EQ} における弾性応答加速度 $S_a(T_{EQ})$ に対して算定したフラジリティ曲線を図-1に示す. 図-1より, 終局耐力比 Q_{BR}/Q_{CU} を大きくすることで, 免震支承の損傷可能性を低減した上で, 構造系としての安全性も高められることが確認される.

続いて, 設計地震動の2倍程度の強度である $S_a(T_{EQ})=10\text{m/s}^2$ に関して, 免震支承における損傷比率 r_{fb} と免震支承-RC橋脚間の耐力比指標 γ_{BCM} の関係を図-2に示す. 構造諸元の違いや健全時・劣化後に関わらず, 健全な構造系群に対して同定された関係曲線上に概ね各構造系に対応する点がプロットされている. 図-2を活用することで, 所要の損傷比率となる免震支承の破断耐力を逆算して, 許容できる免震支承の劣化程度を求められることが示唆される.

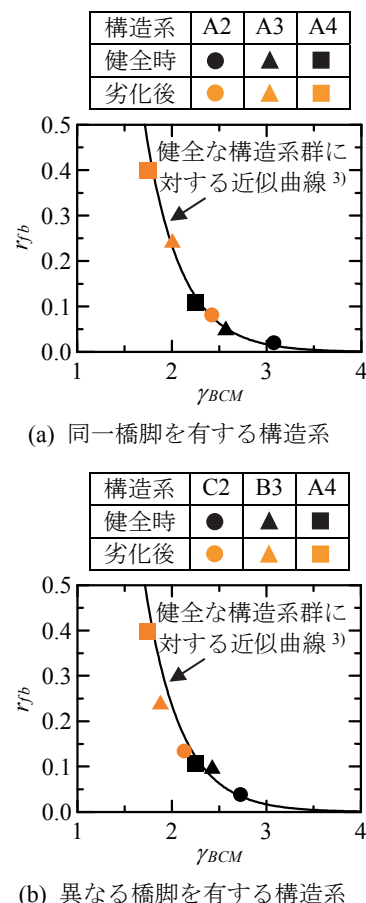
5. まとめ

健全な免震支承-RC橋脚系に対して, 地震動による構造系としての終局的損傷が免震支承の破断によって決定される比率と同一曲線上で対応することが確認されている免震支承-RC橋脚間の耐力比指標³⁾は, 構造諸元の違いや健全時・劣化後に関わらず, 概ね適用できることが確認された. また, 許容できる免震支承の劣化程度の設定等に耐力比指標³⁾を活用できる可能性が示唆された.

謝辞: 本研究は, 科学研究費基盤研究(C)(課題番号: 26420452, 研究代表者: 松崎裕)により実施しました. また, 本研究において用いた強震記録は, 国土交通省国土技術政策総合研究所, 気象庁, 防災科学技術研究所(K-NET, KiK-net), 震災予防協会および米国太平洋地震工学研究センター(PEER)より提供して頂きました.

参考文献

- 1) 林訓裕, 足立幸郎, 甲元克明, ハツ元仁, 五十嵐晃, 党紀, 東出知大: 経年劣化した鉛プラグ入り積層ゴム支承の残存性能に関する実験的検証, 土木学会論文集A1(構造・地震工学), Vol. 70, No. 4, pp. I_1032-I_1042, 2014.
- 2) 曾田信雄, 山田金喜, 木水隆夫, 広瀬剛, 鈴木基行: 東北地方太平洋沖地震により破断した積層ゴム支承の性能試験, 構造工学論文集, Vol. 59A, pp. 516-526, 2013.
- 3) 津村拓都, 久保陽平, 松崎裕: 免震支承における損傷比率と対応した免震支承-RC橋脚間の耐力比指標に関する基礎的検討, 土木学会第72回年次学術講演会講演概要集, 2017.
- 4) 松崎裕, 小野寺周, 津村拓都, 鈴木基行: 免震支承の経年劣化が免震支承-RC橋脚系の地震時損傷モードに及ぼす影響に関する基礎的研究, 構造工学論文集, Vol. 63A, pp. 397-410, 2017.

図-2 免震支承における損傷比率 r_{fb} と免震支承-RC橋脚間の耐力比指標 γ_{BCM} の関係