

RC 橋脚の周期特性および適用示方書に着目した地震時被害度指標に関する検討

大日本コンサルタント 正会員 ○吉岡 勉 吉澤 努 田崎賢治
寒地土木研究所 正会員 佐藤 京 西 弘明

表-1 対象橋脚の一覧

		短周期橋脚 (0.5sec未満)		中周期橋脚 (0.5sec以上)	
		柱式	壁式	柱式	壁式
S55道示 より前	柱式	—	—	対象橋脚 2 基	—
	壁式	—	—	—	—
S55道示 以降	柱式	—	—	対象橋脚 1 基	—
	壁式	—	—	—	—

1. 検討目的

本検討は、以下の目的のもと、道路橋の RC 橋脚を対象に周期特性および適用示方書に着目した地震時被害度指標の開発を行った。

- 目的①：大規模地震が発生した際に、リアルタイムに
橋梁の被害度を予測し、緊急点検の初動や応急復
旧の迅速化を図るための地震動強度指標の開発
- 目的②：特に地方自治体が管理する橋梁に対して耐震
補強の優先順位を付け、緊急輸送道路としての機
能維持の観点からメリハリのある性能設計を行う
ための被害度指標の開発

2. 検討対象橋脚

指標の開発に必要な被害度は単柱モデルの地震応答解析により解析的に求める方法とした。その対象橋梁は、北海道内でフルスペック耐震補強設計がなされた道路橋のけた橋から 10 橋を選定した。選定方針は、橋脚の周期特性 (0.5sec を境界とした短周期型と中周期型)、適用示方書 (S55 道路橋示方書の前と以降)、ならびに橋脚形式 (柱式と壁式) に着目し、それぞれのカテゴリが網羅されるように選定した。これに、2003 年十勝沖地震において被害に差が生じたけた橋 4 橋を加えた計 14 橋を対象とした (表-1)。

3. 入力地震波と強度指標

解析に使用する入力地震波は、エネルギー総量を一定として作成した模擬地震波 8 波と、道路橋示方書に示されるレベル 1 地震動およびレベル 2 タイプ I 地震動の実地震波 6 波とした。模擬地震波は、エネルギーに相当する振幅スペクトルを共通として、位相スペクトルの異なる 8 波を作成した。各地震波の強度指標として、最大速度 PGV、最大加速度 PGA、SI 値、固有周期依存型 SI 値¹⁾を算出した (表-2)。

4. 地震動強度指標の検討結果

目的①に対して、単柱モデルによる線形動的解析により被害に相当する最大断面力と強度との比を算出し、先に示した各地震動強度との相関性を分析した。

まず、S55 道示以降の適用で短周期橋脚の場合の相関図を図-1 に示す。短周期橋脚はせん断破壊型が多いため、縦軸はせん断耐力比としている。比較した 4 指標

表-2 入力地震波の特性値

種別	No.	タイプ	最大振幅		SI 値 (cm/sec)	固有周期 依存型 SI (cm/sec)
			PGV (cm/sec)	PGA (gal)		
模擬 地震波	1	直下型	148.38	1646.0	125.9	143.2
	2	↓	138.47	1564.8	116.0	135.3
	3	↓	110.03	1329.6	93.0	118.4
	4	↓	75.76	1042.8	75.4	99.1
	5	中距離型	51.92	-701.2	63.1	80.1
	6	↓	50.37	-654.4	54.4	74.6
	7	↓	40.54	-553.2	46.7	67.9
	8	海洋型	30.06	-423.6	38.1	56.2
実地 地震波	9	L1 開北橋	-23.46	102.2	17.4	36.9
	10	L1 板島橋	-17.62	118.3	24.1	54.8
	11	L1 津軽大橋	-30.41	140.4	24.1	67.3
	12	L2 I-II-1	153.45	-362.6	74.7	199.1
	13	L2 I-II-2	-164.12	384.9	91.0	214.0
	14	L2 I-II-3	135.08	-364.8	82.7	207.9

※1：固有周期依存型 SI 値は固有周期 1 秒に対する値を示す。

※2：レベル 2 タイプ I 地震波は II 種地盤のものを代表として示す。

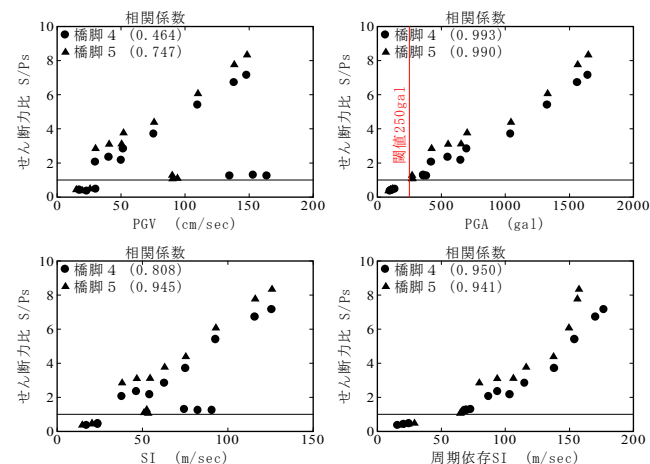


図-1 最大応答と地震動指標との関係 (S55 道示以降、短周期橋脚)

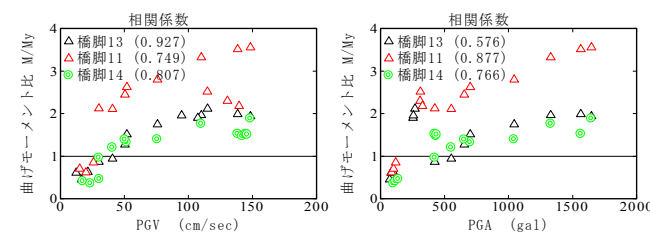


図-2 最大応答と地震動指標との関係 (S55 道示以降、中周期橋脚)

キーワード：橋脚、耐震、被害度指標、模擬地震波、動的解析

連絡先：〒980-0021 仙台市青葉区中央 1-6-35 大日本コンサルタント(株)東北支社 TEL:022-261-0166 FAX:022-261-0416

のうち、PGA の相関係数が 0.99 以上と最も相関性が高い。これは、短周期橋脚では動的応答（揺れ）より静的な力で損傷が発生する傾向にあることを意味する。また、PGA が 250gal 程度でせん断力比が 1 を超えており、250gal が閾値となりうる。

同様に S55 道示以降適用の中周期橋脚の場合の相関図を図-2 に示す。曲げ破壊型が多い中周期橋脚の場合の相関性は短周期橋脚より低下する傾向にあるが、その中で SI 値は相関係数が 0.8~0.9 と比較的ばらつきが小さく、中周期橋脚の場合の指標となりうる。また、SI 値 40cm/sec が曲げ降伏するか否かの閾値となる可能性がある。なお、固有周期依存型 SI 値の相関係数は SI 値より低い傾向にあるが、非線形動的解析に変更して曲げ降伏による長周期化を考慮すると、SI 値より相関性が僅かに向上することを確認している。

次に、短周期橋脚の指標として最も良い PGA の相関図を S55 道示より前と以後で比較したものを図-3 に示す。S55 より前の道示を適用した短周期橋脚では、レベル 1 地震動相当の 100gal 程度でせん断耐力を超過する橋脚があり、閾値を 100gal に下げる必要がある。

同様に、中周期橋脚の指標として最も良い SI 値の相関図を S55 道示より前と以後で比較した図-4 より、S55 より前の道示を適用した中周期橋脚では、閾値を 25cm/sec 程度に下げる必要性が示唆される。

5. 被害度指標 D の検討結果

目的②に対して、被害度指標 D の概念図を図-5 に示す。前述した地震動指標の無次元値を分子に、橋脚基部や段落し部、支承の降伏震度を分母とし、補強優先度に対応する被害度指標 D を検討した。

PGA を重力加速度 980gal で除した無次元値を分子とした場合の被害度指標 D を、橋脚タイプ別にプロットしたものを図-6 に示す。同図は、前節までのような被害との相関性を見るものではなく、どの橋脚タイプの耐震補強を優先すべきか、地震動強度指標の無次元化に用いた閾値は適切か否かを計るための図である。S55 道示以前の壁式橋脚の橋軸直角方向(TR)では 750gal 以上の地震が生じるまで被害度は 1 を超えないが（図-6(c)）、壁式橋脚の橋軸方向(LG)ではレベル 2 地震動タイプ I 相当の 250gal 以上の地震に対して被害度指標 D が 1 を超えており、優先的に補強を行うべき橋脚と評価される（図-6(a),(b)）。また、S55 道示以降であっても柱式橋脚の場合は低い PGA で 1 を超えるため、補強優先度を高くすべきと考えられる（図-6(d)）。

【参考文献】 1) 北原武嗣, 伊藤義人: 鋼製および RC 橋脚の弾塑性動的応答と固有周期依存 SI との相関性, 構造工学論文集, Vol.45A, pp.829-838, 1999.3.

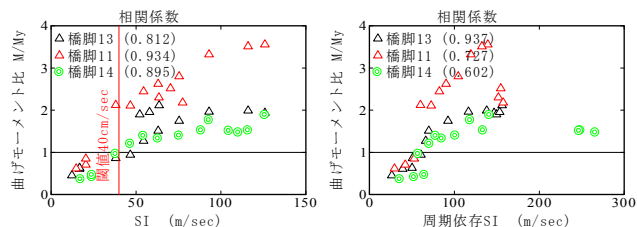
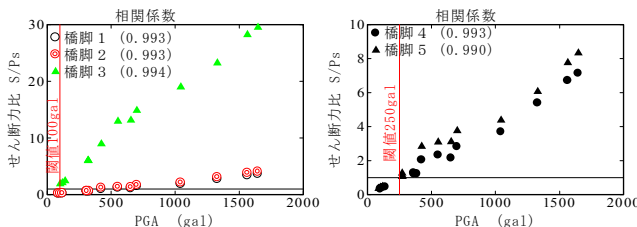


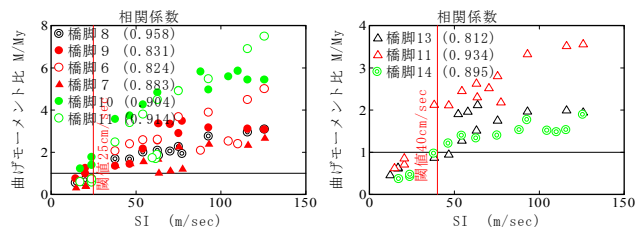
図-2 最大応答と地震動指標との関係 (S55 道示以降、中周期橋脚)



(a) S55 道示より前

(b) S55 道示以降

図-3 最大応答と PGA との関係 (短周期橋脚)



(a) S55 道示より前

(b) S55 道示以降

図-4 最大応答と SI 値との関係 (中周期橋脚)

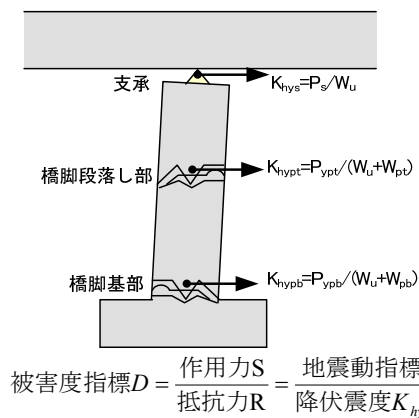
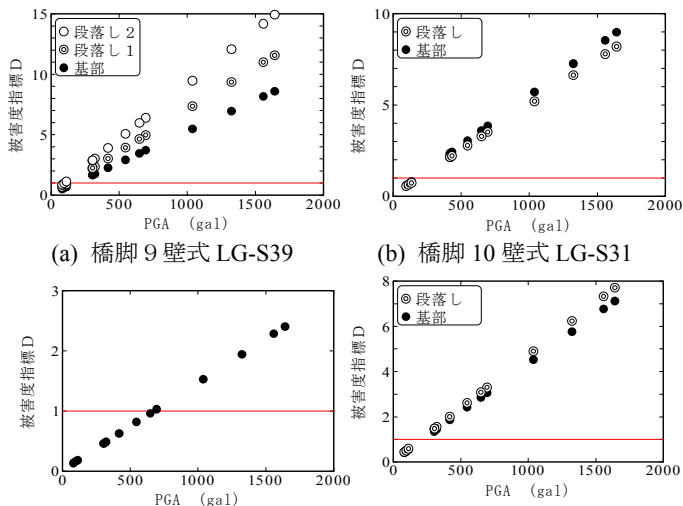


図-5 被害度指標 D の概念



(a) 橋脚 9 壁式 LG-S39

(b) 橋脚 10 壁式 LG-S31

(c) 橋脚 2 壁式 TR-S39

(d) 橋脚 12 柱式 TR-S55

図-6 橋脚タイプ別の被害度指標 D(PGA)