

段落しを有する実橋脚の損傷形態に関する解析的考察

九州工業大学 学生会員 ○黒田 雅裕 九州工業大学 正会員 幸左 賢二
大日本コンサルタント(株) 正会員 清水 英樹 阪神高速道路株式会社 正会員 西岡 勉

1. はじめに

近年の地震において、橋脚段落し部での損傷が多く認められる。段落しを有する橋脚の問題点として、基部に対して段落し部の耐力比が1.0以上であっても段落し部が損傷する事例がある。

本研究では、供試体の損傷分析から推定した損傷形態の提案式の適用性を確認するため、実橋脚の曲げ損傷位置の耐力比を用いて損傷形態の評価を行う。さらに、段落し部損傷の代表橋脚を対象に Pushover 解析、非線形動的解析を行い、提案式による評価結果との相違点について減衰、地盤バネに着目して検討を行う。

2. 実橋脚の損傷形態評価

損傷形態の評価は、1995 年兵庫県南部地震で大規模な被害を受けた阪神高速道路 3 号神戸線の橋脚を対象に行う。表-1 に対象橋脚の基数を示す。RC 橋脚全 943 基のうち段落しを有する橋脚は 163 基あり、損傷している橋脚は 156 基確認されている。そのうち橋軸直角方向に曲げ損傷する橋脚 46 基を対象に損傷形態の評価を行う。

対象橋脚の諸元を図-1 に示す。46 基のうち、26 基が基部、8 基が段落し部、12 基が基部、段落し部に損傷が確認された。柱高は、約 9.0~16m である。また、46 基のうち 8 割の断面形状が円形であり、直径は 2.1m~3.5m である。以上の橋脚に対し、実損傷位置の耐力を比較する式(1)により損傷形態の評価を行う。

$$k = \frac{My' / a}{My / (H - 0.35D)} \quad \cdots (1)$$

評価結果を図-2 に示す。耐力比 1.2 以上は主として基部損傷が分布、耐力比 1.0~1.2 は基部損傷、段落し部損傷が混在、耐力比 1.0 以下は段落し部損傷のみが分布する結果となった。また、耐力比 1.0 以下は段落し部損傷のみが分布している。

以上より、評価結果における課題として、段落し部損傷が耐力比 1.0 の上下に分布しているという点が挙げられる。以降、段落し部損傷の代表橋脚について、Pushover 解析、及び動的解析を行い、減衰、地盤バネの影響により損傷程度がどのように変化するのか検討する。

3. 解析概要と解析結果

図-3 に対象橋脚の形状と解析モデルを示す。本橋脚は、図-2 で耐力比が最も低く 0.90 の段落し部損傷の橋脚である。脚高は約 12.4m、柱断面は直径 2.5m の円形である。軸方向鉄筋(D32)は、3 段配筋で、基部から 2.0m の位置と 4.0m の位置の 2 箇所段落しされている。図-3 の解析モデルは、桁、フーチングに剛梁要素を用い、

表-1 対象橋脚の基数

分類	基数
RC橋脚	943
段落しを有する橋脚	163
損傷が確認可能な橋脚	156
曲げ損傷する橋脚	55
橋軸直角方向に損傷する橋脚	46

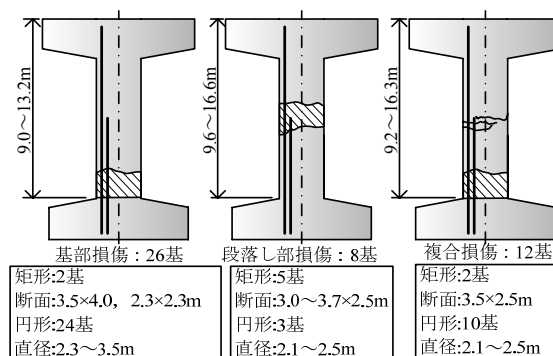


図-1 対象橋脚の諸元

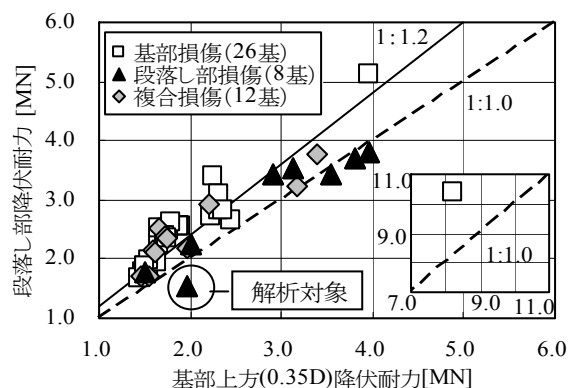


図-2 段落し部損傷判定結果

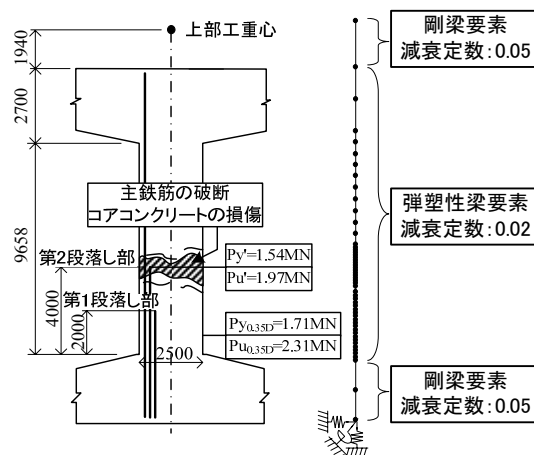


図-3 対象橋脚の形状と解析モデル

キーワード 段落し、曲げ損傷、損傷位置、地震被害、動的解析

連絡先 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 九州工業大学 TEL, FAX (093)-884-3123

柱部には弾塑性梁要素を用いた。橋脚全体の減衰特性には、Rayleigh減衰を用い、減衰、地盤バネをパラメータとしたPushover解析、及び動的解析を行った。

解析結果の一例として、図-4に段落し部が降伏した時点での基部のモーメントが最小のケースと最大のケースを示す。両ケースとも第2段落し部が降伏した時点でのモーメントである。基部のモーメントは、Pushover解析(N値30)で22.06MN・mであり、動的解析(N値3)の場合22.78MN・mである。以上から、解析条件により基部応答モーメントは3.3%程度変化することが確認された。

耐力比による評価結果と解析結果を同様に評価するため、図-5に基部損傷度指標として k_1 、 k_2 を定義する。 k_1 は段落し部が降伏に至る時の基部の曲げモーメント M_1 と降伏モーメント M_y から算出し、 k_2 は終局に至る時の基部の曲げモーメント M_2 から同様に算出する。

図-6に解析結果より算定した損傷度指標 k の結果を示す。減衰を考慮し、地盤バネをパラメータとした場合、地盤のN値が小さくなるにつれ、損傷度が大きくなる傾向を示す。特にN値を3としたケースでは、段落し部終局時の基部損傷度が0.606であり、耐力比の0.381と比較すると1.6倍程度損傷度が大きくなっている。

4. 減衰と地盤バネの影響度

ここでは、減衰の影響度を把握するため、各節点に作用する加速度、速度から発生するモーメント $\Sigma(mah)$ 、 $\Sigma(cvh)$ を算出し、橋脚に作用するモーメント $\Sigma(mah+cvh)$ 分布を求める。代表ケースにおける結果を図-7に示す。減衰の影響度は、基部、段落し部で異なっており、減衰を考慮すると基部のモーメントは $\Sigma(mah)$ のみに対し88.22%に減少し、段落し部では88.48%に減少する。同様の方法を用いたパラメータ解析の結果を図-8に示す。基部と段落し部の影響度の差は、N値30で0.44%、N値7で0.55%、N値3で0.63%である。N値が小さくなるにつれて、基部のモーメントが減少するが、このモデルにおける減衰の影響度は1.0%未満と小さく段落し部の損傷に与える影響は少ない。

5. まとめ

- (1)過去の実験供試体の分析から提案した式(1)を用いて損傷位置を評価した結果、耐力比1.2以上は主として基部損傷が分布、耐力比1.0~1.2は基部損傷、段落し部損傷が混在、耐力比1.0以下は段落し部損傷のみが分布する結果となった。
- (2)減衰、地盤バネが損傷状況に与える影響として、これらを考慮することで損傷位置は変化しなかったが、解析条件によって基部の損傷度が1.6倍程度増加する場合があることが確認された。
- (3)減衰の影響を $\Sigma(mah)$ 、 $\Sigma(cvh)$ から求めた結果、N値が小さくなると基部のモーメントが減少する傾向にあるが、本モデルでは段落し部の損傷に与える影響は少ないものと考えられる。

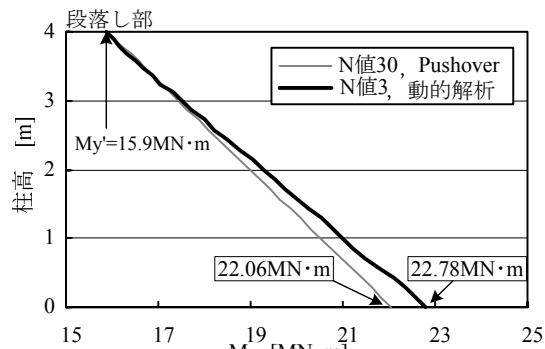


図-4 モーメント分布の比較

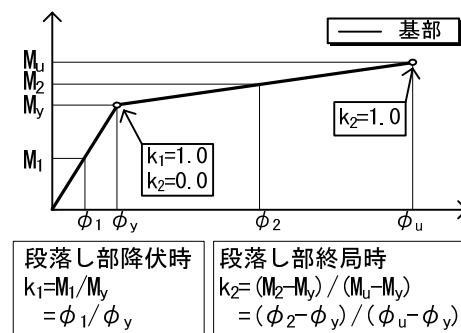


図-5 基部損傷度指標の定義

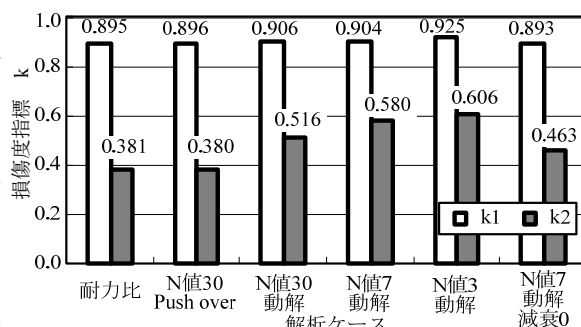


図-6 各ケースの基部損傷度指標

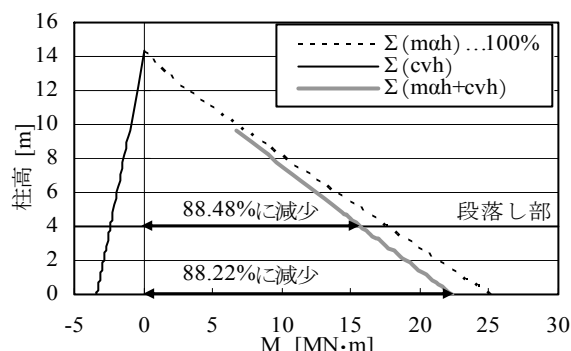


図-7 Σmah と Σcvh (N値30, 動的解析)

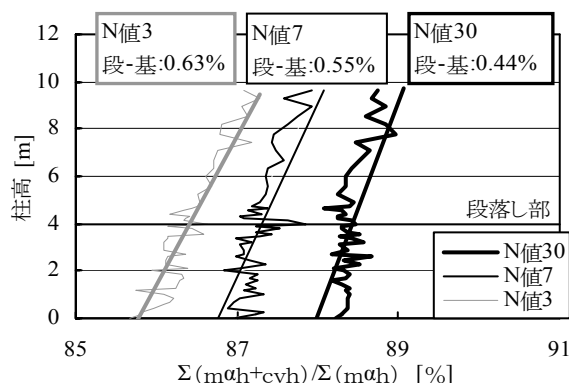


図-8 動的解析における減衰の影響度