

### 段落しを有する実橋脚の損傷位置に関する考察

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  
 株式会社ウエスコ 正会員 二井 伸一 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は、橋脚段落し部の損傷が多く認められる。現在の損傷位置判定法は、土木研究所が提案している基部と段落し部から定着長  $la$  下方の耐力比 1.2 を境界に損傷位置を判定する方法が一般的である。ここで、耐力比 1.08 で段落し部損傷となる実橋脚が確認されたため境界値が 1.2 となっているが、耐力比 1.0 以上で段落し部が損傷する要因は明らかとなっていない。そこで本研究では図-1 に示す研究フローに従い、損傷位置に影響を及ぼす要因の推定を行った。

#### 2. 実験供試体の分析

実損傷を考慮した損傷位置の判定を行うため、過去の実験供試体を用いて、耐力、損傷位置、損傷形態の分析を行い、実損傷位置の耐力を用いた判定式(1)を提案している。

$$k = \frac{My' / a}{My / (H - D / 3)} \quad \dots(1)$$

判定式(1)を用いることで、耐力比 1.0 を境界に損傷位置が区分可能となり、また、図-2 に示すように、カットオフ点から定着長  $la$  下方の終局耐力より、カットオフ点の終局耐力の方が実験時の最大荷重と相関性が高く、判定式(1)は実際に作用する荷重を精度よく評価できている。

#### 3. 実橋脚の損傷分析

ここでは 1995 年兵庫県南部地震で橋脚の倒壊、落橋などの大規模な被害を受けた阪神高速道路 3 号神戸線の段落しを有する橋脚 156 基を対象に分析を行う。損傷図、写真などを用いて損傷位置と損傷形態を区分した。曲げ損傷する橋脚は 46 基であった。そのうち大半の 26 基が基部損傷であり、8 基は段落し部損傷であった。また、12 基は基部と段落し部の両方にひび割れや剥離が生じており、これを新たに複合損傷と定義した。

#### 4. 耐力比による考察

判定式(1)を用いて実橋脚の損傷位置と耐力の関係を考察する。図-3 に基部が曲げ損傷した橋脚 26 基の段落し部の降伏耐力、基部から  $D/3$  上方の位置での降伏耐力の関係を示す。供試体の判定と同様に全て耐力比 1.0 以上に分布しており、耐力比 1.0 が境界となる。また、平均耐力比は 1.31 であり、段落し部の耐力は基部の耐力に比べ 0.3 程度余裕があることがわかる。

図-4 に段落し部が損傷した橋脚 8 基の降伏耐力を示す。段落し部で曲げ損傷する橋脚は、3 基が耐力比 1.0 未満に分布し、5 基が耐力

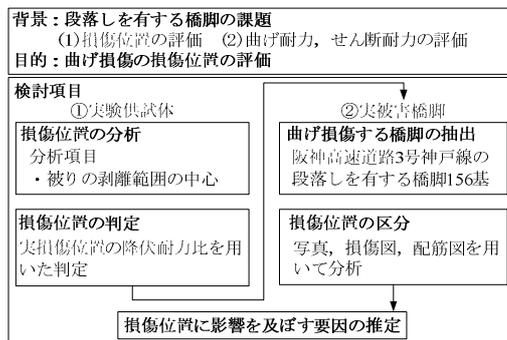


図-1 研究フロー

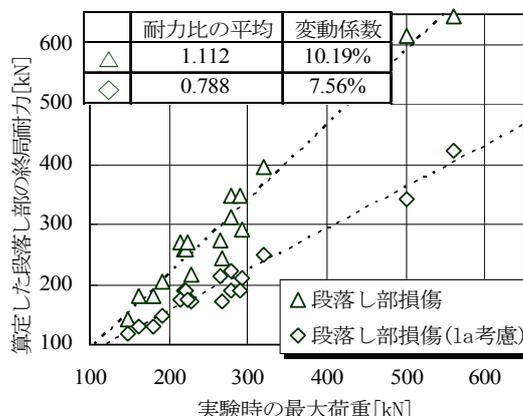


図-2 実験最大荷重と算定終局耐力

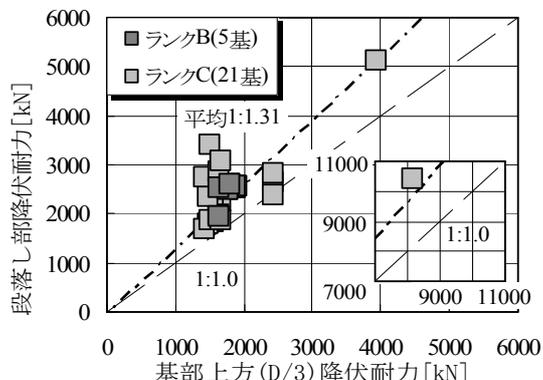


図-3 判定式の適応結果(基部損傷)

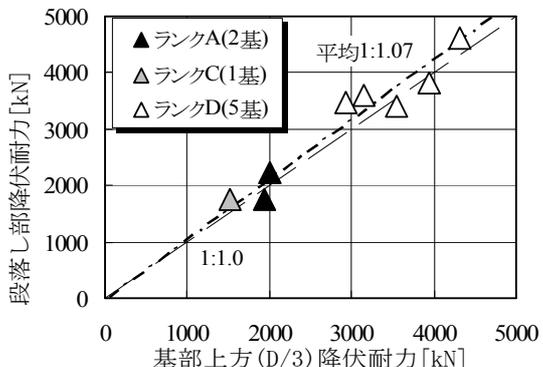


図-4 判定式の適応結果(段落し部損傷)

連絡先 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1

比1.0以上に分布するため、耐力比1.0は明確な境界値ではないことがわかる。また、基部損傷に比べ段落し部で曲げ損傷する橋脚は全8基と少なく、そのうちの5基が損傷ランクDである。損傷ランクDは損傷の初期段階であり、終局時には曲げせん断損傷や複合損傷に発展する可能性がある。

次に、橋脚段落し部の地震力に対する損傷程度を評価するため、等価水平震度を算定して考察を行う。図-5に降伏耐力比と段落し部の降伏耐力の関係を示す。また、凡例には損傷ランク毎の段落し部の等価水平震度の平均値を示す。耐力比の最小値は0.90、最大値は1.19であり、平均は1.07となるため、基部の降伏耐力と段落し部の降伏耐力にほとんど差が無いことが分かる。ひび割れ程度の損傷に留まった損傷ランクDでは、等価水平震度の平均は0.41となっているが、損傷ランクAの平均値は0.17となっており明確な差が生じている。このように、耐力比が同等であっても、等価水平震度の値によって損傷度が大きく変化することが分かる。

図-6に複合損傷した橋脚12基の各降伏耐力を示す。複合損傷する橋脚は全て耐力比1.0以上に分布し、その平均耐力比は1.27である。基部が損傷する橋脚の平均耐力比1.31より若干小さいものの、耐力比的には差が小さい。

以上、損傷位置で区分した3種類の橋脚について、降伏耐力比と基数分布で整理する。図-7にその結果を示す。基部損傷は耐力比1.09以上に分布し、段落し部損傷は耐力比1.19以下にのみ分布している。また耐力比1.10~1.20程度では三つの損傷位置が混在しており、損傷位置の遷移領域であると考えられる。

次に、複合損傷が生じる要因を推定するため、代表的橋脚について、損傷状況と設置状況を図-8に示す。本橋脚は半分程度地中に埋まっており、降伏耐力比は1.11、終局耐力比は1.03であり、共に耐力比1.2以下である。この状況から考察すると、基部の終局耐力が2720.7kNで、段落し部の降伏耐力は2172.4kNであるため、本橋脚は基部が終局に至る過程で段落し部が降伏に至り、また、終局耐力的にも差異が小さい。したがって、基部が終局に至るまでに基部と段落し部で損傷が進展していくと推察される。

5. まとめ

- (1) 実験供試体の分析結果から提案した判定式により、実橋脚の損傷位置を評価した。基部損傷は全て1.0以上に分布するが、段落し部損傷は最大1.19まで分布する結果となり、損傷位置は耐力比1.0では明確な区分とならなかった。これはに、耐力比1.10から1.20は損傷位置の遷移領域であり、3種類の損傷形態となることの影響が考えられる。
- (2) 実橋で確認された基部及び段落し部の両方で損傷する複合損傷橋脚は、基部が降伏した後、段落し部が降伏するため、両方で損傷が発生すると推察される。

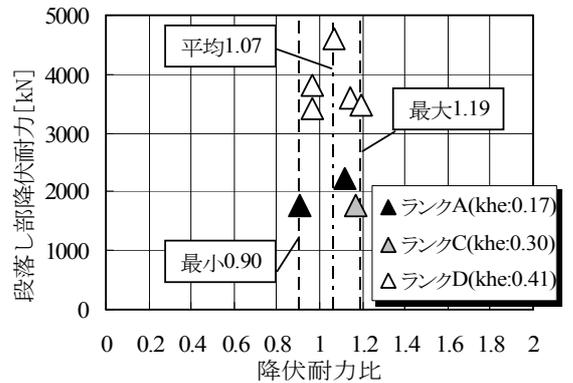


図-5 耐力比と損傷位置の関係(段落し部損傷)

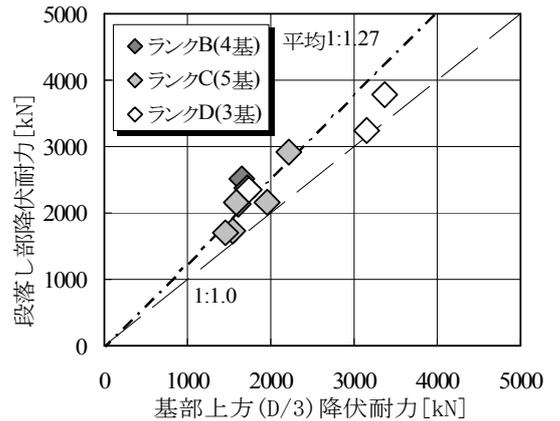


図-6 判定式の適応結果(複合損傷)

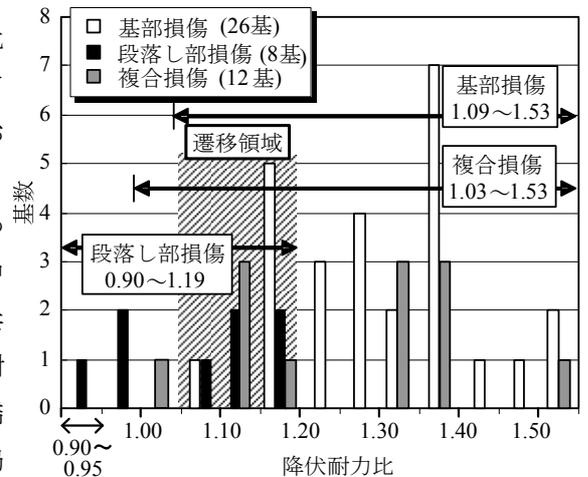


図-7 各損傷の降伏耐力比と基数分布

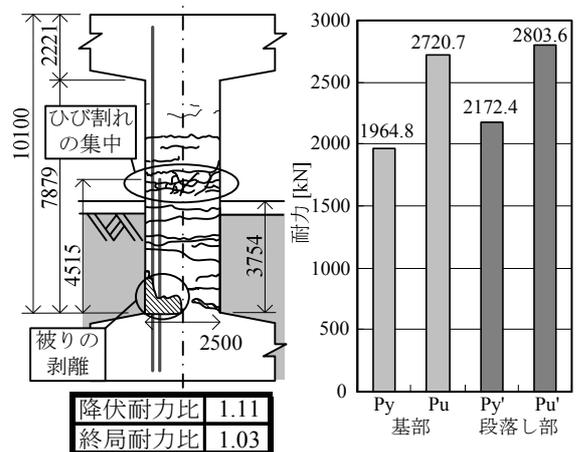


図-8 神 P-697 の耐力(複合損傷の代表例)