

八千代エンジニアリング
九州工業大学
九州工業大学
阪神高速道路公団

正会員 田中 克典
正会員 幸左 賢二
学生員 石賀 康平
正会員 沢登 善誠

1. はじめに

兵庫県南部地震により被災した RC ラーメン橋脚を対象に橋軸直角方向に対して保有水平耐力法による解析を行い、それぞれの橋脚がもつ曲げ耐力およびせん断耐力について実際の損傷状況との比較検討を試みた。

2. 研究概要

図-1 に損傷分析の流れを示す。

「損傷評価」：損傷度ランク、損傷位置、損傷パターン、損傷方向、橋脚形状などを詳細に分類する。

「耐力評価」：簡易法に基づき、せん断耐力および曲げ耐力を求め、定量評価を行う。

以上の評価より選定された橋脚 8 基に対して保有水平耐力法を用いた耐力評価を行い、実際の損傷との比較を行った。保有水平耐力法とは図-2 に示す骨組構造モデルに一樣な水平震度 k_h を作用させ、作用荷重を漸増させて変位や断面力、部材の非線形化の程度や崩壊過程を算定するものである。全体系の初期降伏時としては塑性ヒンジの 1 つが降伏に達する時、終局時としては 1 つが終局に達する時として定義した。また、解析に用いる各定数には H8 年道示式を適用し、等価水平震度の算出には以下の式を用いた。

$$k_h = P / (R_d + W_b) \quad \text{ここに、} k_h : \text{等価水平震度} \quad W_b : \text{梁重量 (kN)} \\ R_d : \text{上部工重量 (kN)} \quad P : \text{作用力 (kN)}$$

解析の対象とする橋脚の損傷状況を表-1 に示す。損傷状況としては B ランク橋脚である神 P-344～346 は海側の柱上端が大きく曲げ破壊しており、山側の柱基部ではコンクリートの剥離がみられた。As ランク橋脚である神 P-321, 348 では海側の柱上端がせん断破壊している。構造的特徴としては神 P-321, 344～348 が分離型フーチングであり、神 P-550, 570 が一体型である。柱高と幅員の比は神 P-344～348 が 0.35～0.4 程度である (TYPE I とする)。これに対して神 P-550 が 0.252、神 P-570 が 0.242、さらに神 P-321 が 0.170 という値を示しており、広い幅員に比べ柱高が低い横長な形状をしている (TYPE II)。また、張出しに注目すると神 P-344 は海側の張出しが無く、神 P-345 では海側の張出しが山側に比べて極端に小さくなっている。

3. 解析結果および考察

3.1 耐力値に対する検討

図-3 に各橋脚の等価水平震度および RC 単柱の平均値を示す。図よりラーメン構造の橋脚は単柱形式に比べてせん断耐力、曲げ耐力ともに高い数値を示していることが伺える。

特に曲げ耐力についてその差は大きく最も耐力の低い神 P-344 でさえ 2.4 倍近くもの耐力がある。同様

キーワード：RC ラーメン橋脚、保有水平耐力法、等価水平震度、せん断耐力、曲げ耐力

連絡先：〒540-0001 大阪府大阪市中央区城見 1-4-70 TEL (06) 6945-9214 FAX (06) 6945-9303

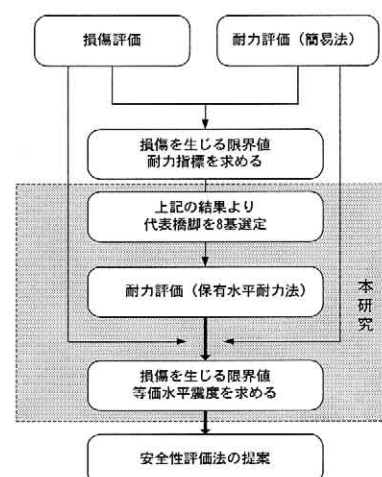


図-1 損傷分析の流れ

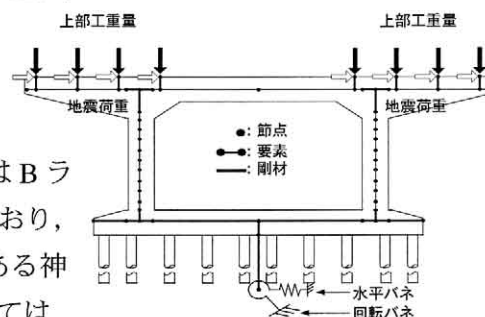


図-2 フレームモデル例

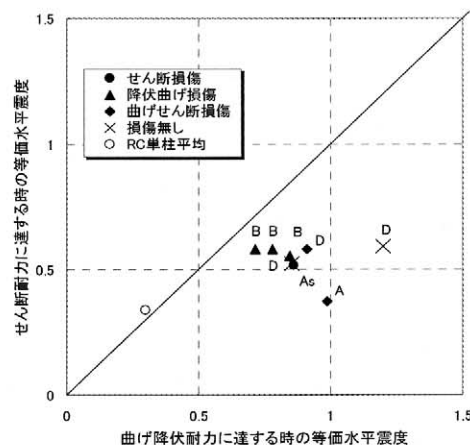
表-1 各橋脚の損傷状況

橋脚番号	損傷状況				重量(t)	
	損傷度ランク	損傷形態	損傷位置	損傷方向	上部工重量 R_d	梁重量 W_b
神P-321	A	曲げせん断	柱基部	LT	627.5	216.0
神P-344	B	曲げ	柱上端、柱基部	T	457.6	163.3
神P-345	B	曲げ	柱上端	T	457.6	162.6
神P-346	B	曲げ	柱上端、柱基部	T	457.6	161.7
神P-347	D	曲げせん断	柱基部	T	457.6	161.3
神P-348	As	せん断	柱上端	T	536.8	161.3
神P-550	D				456.0	160.8
神P-570	D				475.0	171.8

钢筋型号	せん断耐力 (%)	降伏曲げ耐力 (%)	終局曲げ耐力 (%)
神P-321	0.374	0.988	1.162
神P-344	0.590	0.717	0.974
神P-345	0.581	0.782	1.024
神P-346	0.555	0.847	1.168
神P-347	0.582	0.913	1.171
神P-348	0.516	0.860	1.146
神P-550	0.591	1.200	2.189
神P-570	0.522	0.853	1.385
RC混柱平均	0.34	0.3	-

降伏時とせん断耐力時の等価水平震度の関係を示す。せん断耐力について等価水平震度を比較すると、耐力値の低い橋脚が As ランク、A ランクといった大きな損傷を受ける傾向が得られた。特に神 P-321 (A ランク) は他の橋脚に比べ極端に小さな値を示しているが、これは上部工および橋脚重量が大きいためと考えられる。同様に降伏曲げ耐力について等価水平震度を比較すると、耐力値の高い神 P-550 などの橋脚は損傷を受けておらず、耐力値の低い橋脚が B ランクの曲げ損傷を受けているという傾向が得られた。

図-4 よりいずれの橋脚も曲げ耐力がせん断耐力より大きく、せん断破壊先行型であることが分かる。同様に他の3号神戸線ラーメン橋脚についても形状がほぼ同様であることからせん断破壊先行型となることが予想される。神 P-346~348 は橋脚形状が近く、また、図-3 に示すように耐力値も近く、同じような傾向を示している。しかし、実際には曲げ損傷、損傷軽微、せん断損傷と異なる挙動をしていることより、解析結果が実際の損傷形態と合わないことが分かる。また、曲げ損傷を受けた橋脚である神 P-344~346 に注目すると、せん断耐力/曲げ終局耐力の等価水平震度比がそれぞれ 0.595, 0.567, 0.475 となっており実際の損傷状況である曲げ損傷を受けるためには少なくとも 1.7 倍から 2.1 倍程度のせん断耐力が必要である。神 P-344~346 に限らず解の、実際には曲げ損傷を受けたラーメン橋脚は数多く存在している。響が考慮されていないこと等が原因の1つとして考えられる。また、もっており、安全側でせん断抵抗を評価していると思われ、このこと



3.3 曲げ損傷パターンに対する検討

損傷順序について TYPE I では両柱基部が降伏に至ってから柱上端が降伏することが分かった。TYPE II では両柱上端が降伏に至り、柱基部が降伏する。この様に、構造的特性が似ている橋脚は同じ様な順序で損傷が進んでいくことが予測される。また、フーチングの固定度も降伏が進んでいく順序に影響すると思われる。一体型フーチングは分離型に比べて固定度が高く、柱基部にかかるモーメントの負担が大きくなると考えられ、柱基部から損傷する原因の 1 つとして挙げられる。また、TYPE II に比べて TYPE I の方が降伏に達する時の等価水平震度 k_h が大きな値を示している。これは軸鉄筋比が高く、柱の耐力自体が大きいことも原因と考えられるが、TYPE II が柱の上端や基部に負荷がかかりにくい構造であるということも推測される。

4. まとめ

- (1) 解析した 8 基の RC ラーメン橋脚は単柱形式に比べていずれもせん断、曲げ耐力ともに大きな値を示した。
- (2) 解析上では 8 基の RC ラーメン橋脚はいずれもせん断破壊先行型の損傷モードを示した。
- (3) 8 基の RC ラーメン橋脚のうち柱高が低く、幅員が広い形状の橋脚では降伏曲げ耐力に達する時の等価水平震度 k_h の値が大きくなる傾向が得られた。