

## 鋼製ラーメン橋脚の崩壊機構に関する一考察

鳥取大学工学部  
鳥取大学工学部  
鳥取大学大学院

正会員 上田 茂  
正会員 池内 智行  
学生員 ○松井 勲

## 1. まえがき

平成7年1月17日に発生した兵庫県南部地震により土木・建築構造物が多く被害を受けた。その中でも道路橋の被害とりわけ橋脚の損壊が目立ち、これまで比較的高い耐震性を有しているといわれてきたラーメン構造物においても被害を受けた。この地震後、道路橋の設計基準である道路橋示方書<sup>1)</sup>が平成8年11月に改訂された。この改訂に伴って地震時保有水平耐力法による設計基準が規定された。本研究では箱形断面を有する鋼製ラーメン橋脚に対して、地震時保有水平耐力法と同様に静的水平漸増荷重を梁中央に作用させることで、鋼製ラーメン橋脚の崩壊機構を明らかにし崩壊機構についての一考察を行った。

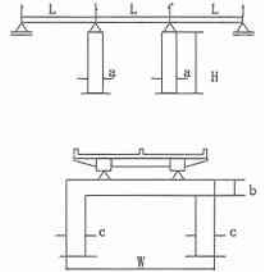


図1 対象構造物

## 2. 対象構造物および解析法

## 1) 対象構造物

図1に示すように、三径間連続非合成箱桁を支える鋼製門型ラーメン橋脚を対象とし、支間長  $L=40\text{m}$ 、橋脚全高  $H=10, 20\text{m}$  の2種類、橋脚全幅  $W=20, 30\text{m}$  の2種類の組み合わせで4種類の橋脚を対象とした<sup>2)</sup>。これら4種類の橋脚モデルの諸元は表1の通りである。上部構造については同一のものをを用い、断面は等断面として平成8年度道路橋示方書に基づき許容応力度設計法によって断面設計を行った。使用鋼材としては橋脚の主部材として広く使用されているSM鋼を用い、断面設計においては許容応力度  $21000(\text{tf}/\text{m}^2)$  を用い、降伏を判定するにあたっては降伏点応力度  $36000(\text{tf}/\text{m}^2)$  を用いた。

表1 橋脚モデル諸元

単位(m)

| モデルNo.   | 1    | 2    | 3    | 4    |
|----------|------|------|------|------|
| 支間長 $L$  | 40.0 | 40.0 | 40.0 | 40.0 |
| 橋脚全高 $H$ | 10.0 | 10.0 | 20.0 | 20.0 |
| 橋脚全幅 $W$ | 20.0 | 30.0 | 20.0 | 30.0 |
| 柱梁厚さ $a$ | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 |
| 梁高さ $b$  | 1.67 | 2.5  | 1.67 | 2.50 |
| 柱幅 $c$   | 1.5  | 2.0  | 2.0  | 2.5  |

## 2) 解析方法

図2に示す橋軸直角方向の対象構造物の骨組み構造モデルに対して図の左方向から梁中央に水平力を漸増させることによって各断面が降伏に至り塑性ヒンジが形成される順序を明かにし、終局状態における崩壊機構を把握する。本研究では、崩壊機構を追跡するにあたって、図2に示す骨組みモデルを用い、塑性ヒンジが発生すると考えられる断面をA～Fとし、橋脚モデルにおける崩壊機構の相違について検討する。降伏の判定をするためにあらかじめ各モデルの梁及び柱における終局モーメントと軸力の関係を求める。この関係は、柱、梁の板厚を  $t$ 、降伏点応力度を  $\sigma_y$ 、断面幅を  $B$ 、高さを  $H$  とし、軸力が図心に作用するとして、軸力とモーメントの関係を次式で表す。 $h = H/2$  とする。

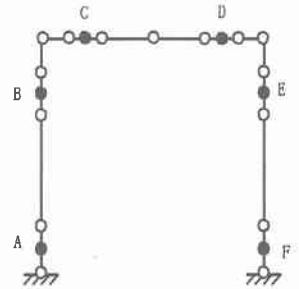


図2 骨組みモデル

$$M = t\sigma_y \left\{ 2h^2 + t\sigma_y (2t - B)(t - 2h) - \frac{N^2}{8t^2\sigma_y^2} \right\}$$

漸増荷重を作用させたときの各断面におけるモーメントが終局モーメントを上回ればその断面は降伏したと見なし、その断面は塑性ヒンジとなりヒンジ構造としてさらに荷重を漸増させ解析を進める、つまり、一度降伏した断面は弾性領域に戻らないものとする。これまでは1つの断面が降伏に至るとそれを構造物全体の降伏と考えていたが、本研究では、1つの断面が降伏してもまだ構造物全体としての降伏とはせず、4つの断面が降伏、すなわちこれ以上の荷重には耐えられない構造となったとき構造物全体の崩壊と見なす。

表2 各橋脚モデルの水平力と水平変位

| model | No.1    |         | No.2    |         | No.3    |         | No.4    |         |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|       | 水平変位(m) | 水平力(tf) | 水平変位(m) | 水平力(tf) | 水平変位(m) | 水平力(tf) | 水平変位(m) | 水平力(tf) |
| step1 | 0.048   | 1438.5  | 0.034   | 2919.3  | 0.139   | 659.2   | 0.115   | 1319.1  |
| step2 | 0.064   | 1723.2  | 0.044   | 3428.7  | 0.188   | 799.6   | 0.155   | 1595.7  |
| step3 | 0.085   | 1884.7  | 0.076   | 4062.2  | 0.224   | 841.2   | 0.165   | 1624.4  |
| step4 | 0.140   | 2046.3  | 0.142   | 4538.9  | 0.266   | 862.8   | 0.346   | 1826.5  |

## 2.解析結果

先に示した解析手順に従って、4つの橋脚モデルについての崩壊機構を求めた。表2はその結果である。ここには各橋脚モデルについての塑性ヒンジが発生したときの水平力と水平変位の値を示しており、表中のstep1～step4は降伏に至る順序を表している。つまり1つ目の断面が降伏に至り4つ目の断面が降伏に至るまでの過程における水平力と水平変位の値を示している。ここでの水平変位は梁中央の変位である。図3は水平力と水平変位の関係を図示したものである。

図中のアルファベットは降伏に至った断面を示し、降伏

の順序を示している。図を見ると全ての橋脚モデルにおいてまず橋脚基部Fが降伏し、次いで橋脚基部Aが降伏していることが分かる。これらより地震力が作用するとき橋脚基部に大きな負担がかかり、橋脚基部において最初に降伏に至る傾向が強いことが明らかである。また、No.1, No.2, No.4についてはF,A,D,Cという順序で降伏に至り、同様の崩壊機構を示しているのに対し、No.3は柱長/梁長(H/W)が他の3モデルに比較して大きいことにより最後に右上柱上部Eが降伏している。このことは、部材断面、諸元等他のパラメータの影響はあるものの柱長に比べて梁長が長いものについては橋脚基部に次いで梁が降伏するものと考えられる。変形能力についてみればH/Wが大きいNo.3, No.4が他の橋脚モデルより大きいことが分かる。

次に耐力について考えると、No.2の耐力が他の3つのモデルに比べて極端に大きい。これは、H/Wが3であって、他のモデルに比べて地震力の影響を受けにくい構造であるためといえる。図からH/Wが小さいほど耐力が大きいという傾向が分かる。しかしながら、No.2は耐力が大きい崩壊に至るまでの変形量が小さいのに対し、No.3は耐力が他のモデルに比べて小さい。これはNo.3はH/Wが他の3モデルに比較して大きい地震力の影響を受けやすい構造であるからである。

## 3.あとがき

本研究では、4つの異なる橋脚モデルについての崩壊機構を知ることができた。このことにより橋脚モデルによる崩壊機構の傾向がある程度明らかになった。また、鋼製ラーメン橋脚の持つ水平耐力、および変形性能の特徴も明らかになった。

今後、橋脚に関する様々なパラメータを変化させその崩壊機構、耐力、変形性能等を検討することによって鋼製ラーメン橋脚の最適な設計が可能になると考える。

## 4.参考文献

- 1) 日本道路橋協会:道路橋示方書・同解説 V耐震設計編、1996-8.
- 2) 白木渡・山本宏・松原孝介: 鋼製ラーメン橋脚の耐震信頼性評価、構造工学論文集、Vol.43A,pp.505～510,1997-3.

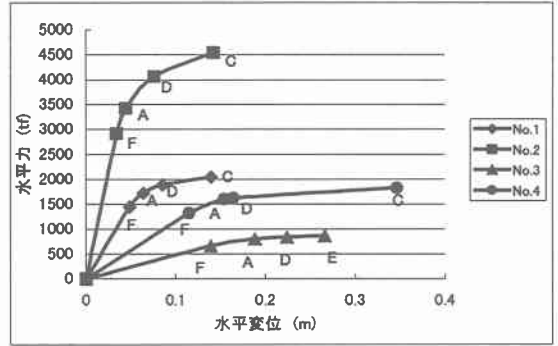


図3 各橋脚モデルの水平力と水平変位の関係