

コンクリート充填、無充填矩形断面橋脚の 耐震性能に関する実験的研究

佐藤徹也¹・保高篤司²・青木徹彦³・鈴木森晶⁴

¹ 学生員 愛知工業大学大学院修士課程 建設システム工学専攻 (〒480-0392 愛知県豊田市八草町八千種 1247)

² 学生員 愛知工業大学大学院修士課程 建設システム工学専攻 (〒480-0392 愛知県豊田市八草町八千種 1247)

³ 正会員 工博 愛知工業大学教授 工学部土木工学科 (〒480-0392 愛知県豊田市八草町八千種 1247)

⁴ 正会員 工博 愛知工業大学助教授 工学部土木工学科 (〒480-0392 愛知県豊田市八草町八千種 1247)

従来のラーメン橋脚では、橋軸方向に長辺を有する長方形断面が多く用いられているが、耐震性に関する多くの研究では正方形が多く、長方形断面については十分な研究がされていない。そこで本研究では、長方形断面のアスペクト比 α (縦横比) とコンクリート充填の有無をパラメータとし、 α を0.5~2.0に変化させた。供試体はコンクリート無充填を4体、コンクリート充填を4体、計8体製作し、静的繰返し載荷実験を行った。実験により、アスペクト比の違い(強軸、弱軸)から、耐荷力、エネルギー吸収量、塑性率がどのように影響するか検討する。

Key Words : Steel bridge pier, Filled-nonfilled concrete, Aspect ration, Cyclic load

1. 序論

兵庫県南部地震では、都市高速道路において多く採用されている鋼製橋脚にも被害が発生した。その後、鋼製橋脚については、その耐震性について様々な報告^{1)~3)}がなされている。これからの構造物の耐震設計は、数百年1度起きるような地震に対しては、局部的な損傷は許すが破壊しないだけの耐荷力を持たせるという観念から、変形性能の大きい構造物が要求されている。

都市における高速道路では、その立地条件からラーメン橋脚など様々な橋脚が利用されている。ラーメン橋脚では橋軸方向に長辺を有する長方形断面が用いられるのが一般的である。従来の鋼製橋脚の耐震性に関する多くの研究では、正方形断面が多く、長方形断面については十分な研究³⁾がなされていない。

本研究では、長方形脚断面のアスペクト比 α (縦、横比) をパラメータとし、供試体はコンクリート無充填を4体、コンクリート充填を4体、計8体製作し、静的繰返し実験を行う。

その結果より、アスペクト比の違い(強軸、弱軸)による、耐荷力、エネルギー吸収量、塑性率がどのように影響するか検討する。

2. 実験概要

2.1 実験供試体

本研究で使用する供試体は、矩形断面の供試体を使用し、供試体の基部の部分にコンクリート充填、非充填の2種類、そして、アスペクト比(縦、横比) α が0.5~2.0に変化させた断面を4種類。合計8種類の供試体を製作した。

2.1.1 コンクリート無充填の供試体

鋼材は、SS400を用い、アスペクト比を0.50、0.71、1.42、2.00の4種とする。それぞれの供試体名を、F/W0.50、F/W0.71、F/W1.42、F/W2.00とする。実験供試体の寸法諸元を表1に示す。供試体に使用した縦リブの寸法は、いずれも6×60mmである。

2.1.2 コンクリート充填の供試体

鋼材は、SM490を用い、断面のアスペクト比が、0.50、0.67、1.50、2.00の4種とする。供試体名は、それぞれF/W0.50、F/W0.67、F/W1.50、F/W2.00とする。実験供試体の寸法諸元を表1に示す。それぞれの供試体に使用した縦リブの寸法は、いずれも8×55mmである。コンクリート充填率(充填高さ h_c /供試体高さ h)は0.178と一定

表 1 供試体諸元

供試体名	F/W0.50	F/W0.71	F/W1.42	F/W2.00	F/W0.50C	F/W0.67C	F/W1.50C	F/W2.00C
アスペクト比	0.50	0.71	1.42	2.00	0.50	0.67	1.50	2.00
寸法(mm)	600×300	600×424	424×600	300×600	800×400	675×450	450×675	400×800
板厚 t(mm)	6	6	6	6	8	8	8	8
供試体高さ h(mm)	2550	2720	2080	2550	2700	2700	2700	2700
軸力比 P/P_y	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
コンクリート 充填	無	無	無	無	有	有	有	有

にした。

2.2 載荷装置

コンクリート無充填の供試体の載荷装置および試験体の設置状況を写真 1 に示す。供試体の上部部に載荷するための軸力用載荷治具を設置し、治具の両端に 1000kN アクチュエータを 1 基ずつ取り付け、鉛直方向に一定軸力保つように載荷した。水平荷重は、軸力用載荷治具に 2000kN アクチュエータを使用した。

コンクリート無充填の供試体の載荷装置および試験体の設置状況を写真 2 に示す。コンクリート無充填の供試体に比べ水平力が大きくなるため供試体は、水平に設置し、あらかじめ実験床に設置した供試体取り付け用の架台に横置きにした状態で PC 鋼棒により固定した。4000kN アクチュエータにより鉛直方向に一定軸力を保つように載荷した。水平荷重は、2000kN アクチュエータ 2 基により載荷した。供試体は、横置き状態であるため、載荷面外の変位が発生しないように下側にレールを組み合わせた受台を配置した。軸力は、公称降伏荷重の 15% を載荷した。

2.3 載荷方法

2.3.1 コンクリート無充填の供試体

実験は、上部構造重量を想定した一定軸力を載荷した後、繰返し水平載荷した。水平載荷は、変位制御で行い、降伏水平変位 δ_y の整数倍の変位を片振幅として、各振幅における繰返し回数を 1 回とする両振りの漸増繰返し載荷を行った。

2.3.2 コンクリート充填の供試体

実験はコンクリート無充填と同様の方法で行った。しかし、各振幅における繰返し回数はコンクリートの

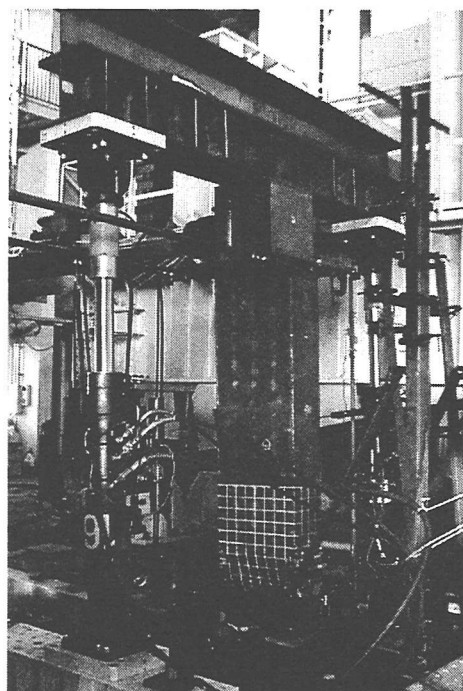


写真 1 コンクリート無充填供試体載荷装置

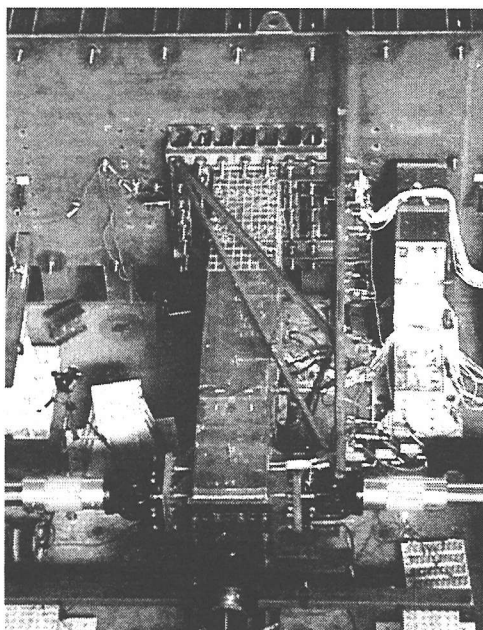


写真 2 コンクリート充填供試体載荷装置

繰返し劣化をみるため変位段階で3サイクルとした。

2.4 降伏水平変位 δy の決定

繰返し載荷実験において基本変位量となる降伏水平変位 δy は、次ように定めた。

水平荷重 H が、引張試験の降伏応力 σ_y と式(1)によって与えられる降伏水平荷重に達した時の変位を降伏水平変位 δy とした。試験体の降伏状態は、基部のフランジリブ上のひずみゲージの平均値を用いて検出した。

$$H_y = \left(\sigma_y - \frac{N}{A} \right) \frac{Z}{h} \quad (1)$$

ここで、 H_y ：軸力を考慮した降伏水平荷重、 σ_y ：降伏応力、 N ：軸力、 A ：断面積、 Z ：断面係数、 h ：供試体高さである。

3. 実験結果

3.1 荷重－変位履歴曲線

各供試体での、水平荷重 H と水平変位 δ の関係を図1に示す。同図は、縦軸を降伏水平荷重 H_y で、また、横軸は、降伏水平変位 δy で無次元化している。図の中で実線は、アスペクト比が1より小さい値つまり、強軸方向のグラフである。一方、アスペクト比が1より大きい値が弱軸方向のグラフである。コンクリート無充填の供試体では、2～3 δy で最大荷重点に到達した。最大荷重到達後、強軸の方が弱軸に比べ、荷重の劣化が緩やかである。すなわちアスペクト比が小さくなるにつれて性能がよいことがわかる。一方、コンクリート充填の供試体では、いずれも 5 δy 程度で最大荷重到達した。最大荷重到達後、4 体とも座屈より鋼材の引張りクラックが進行し急激に強度が減少した。アスペクト比が 0.50、2.00 では、最大荷重の差は見られるが、アスペクト比が 0.67、1.50 では、ほとんど差が見られない。

3.2 累積エネルギー吸収量

アスペクト比と鋼断面積当たりの累積エネルギー吸収量の関係を図2に示す。図からわかるように、コンクリート無充填供試体は、アスペクト比が大きくなるにつれてエネルギー吸収量は減少していくことがわかる。一方、コンクリート充填供試体では、コンクリート充填の供試体とは、逆に

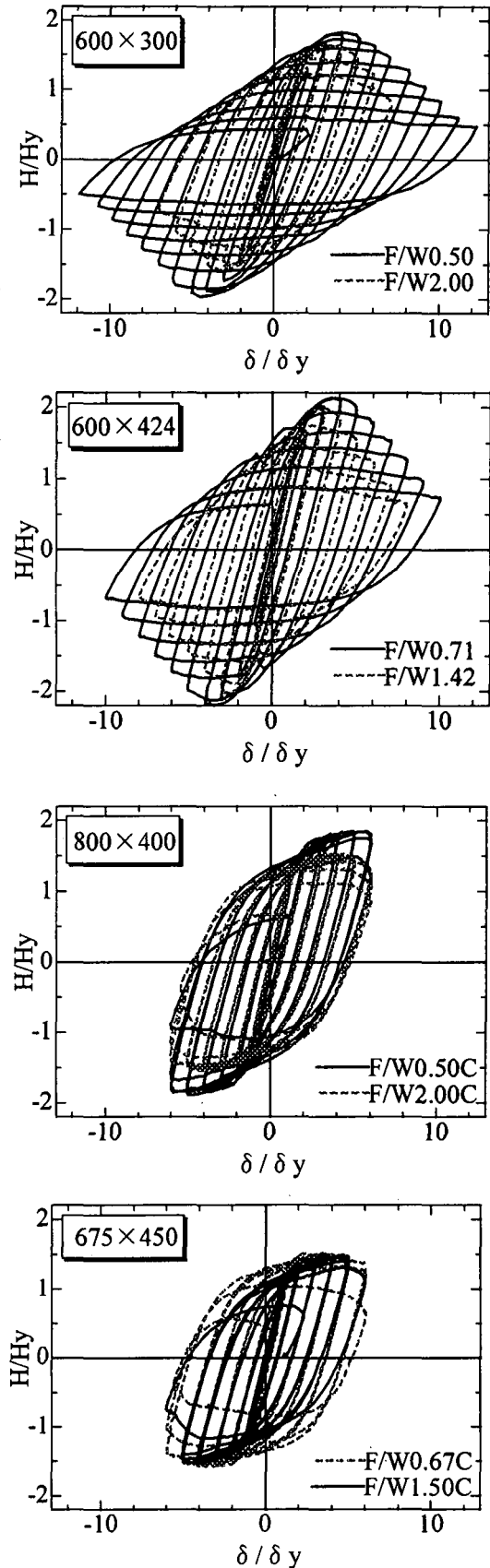


図1 荷重－変位履歴曲線

アスペクト比が大きくなるにつれてエネルギー吸収量は増加している。

3.3 塑性率

アスペクト比に対する塑性率の関係を図3に示す。本研究では最大荷重点を過ぎた後、最大荷重の95%の点での変位 δ_{95} を用いた式(2)で塑性率を定義した。

$$\mu_{95} = \frac{\delta_{95}}{\delta_y} \quad (2)$$

ここで、 δ_{95} ：ピークを過ぎた後の最大荷重の95%に対する変位、 δ_y ：降伏水平変位である。

コンクリート無充填、コンクリート充填の供試体両方ともアスペクト比が大きくなるにつれて塑性率が低下する傾向がある。

4. 結論

本研究では、鋼製ラーメン橋脚の長方形断面脚部を対象化した静的繰返し実験を行い、断面のアスペクト比 α とコンクリート充填の有無による耐震性能に及ぼす影響を調べた。実験結果より得られた結論は以下のようにまとめられる。

- (a) 荷重-変位履歴曲線より、コンクリート無充填の供試体は、アスペクト比が大きくなるにつれて耐震性能が優れてくる。また、コンクリート充填の供試体は、各供試体とも最大荷重付近で、座屈ではなく、鋼材の引張りクラックが発生、それが進展することによる。荷重の低下が著しい。したがって、コンクリートの強度をあまりあげないように、また、クラックを生じないような、引張力の伝達について検討する必要があると思われる。
- (b) 累積エネルギー吸収量は、コンクリート無充填の供試体は、アスペクト比が大きくなるほど減少していった。逆に、コンクリート充填の供試体はアスペクト比が大きくなると増加する傾向がある。
- (c) 塑性率は、アスペクト比が増加すると、コンクリート充填の有無関係なく小さくなる傾向がある。

参考文献

- 1) 田嶋仁志、半野久光、池田茂、興守：矩形鋼製橋脚の変形性能に関する載荷実験、構造工学論文集、Vol. 44A, pp. 1251-1258, 1998. 3.
- 2) 高久達将、青木徹彦、中島一浩、熊野拓志、渡辺貞之、松田宏：長方形断面鋼製橋脚の耐荷力と変形性

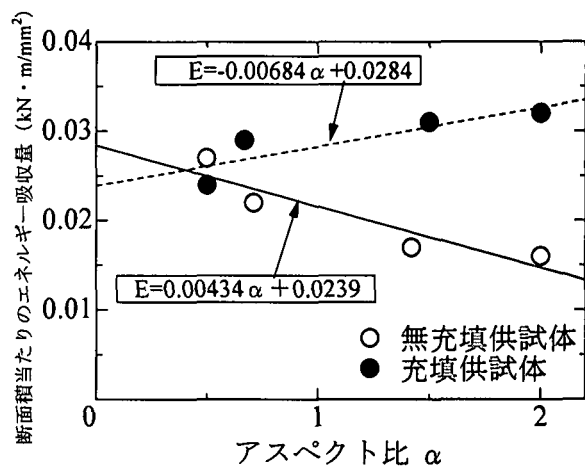


図2 累積エネルギー吸収量とアスペクト比の関係

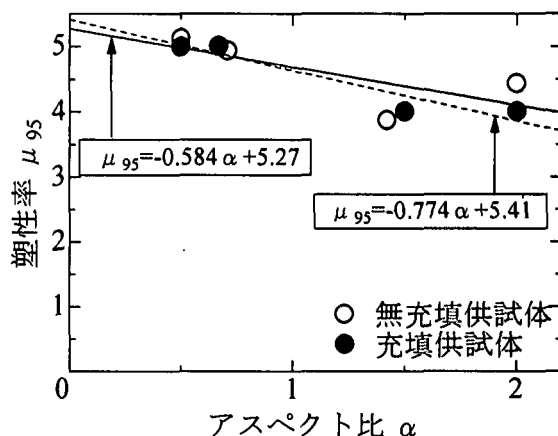


図3 塑性率とアスペクト比の関係

能に関する検討、第4回地震時保有耐力法に基づく

- 3) 橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集、pp. 285-292, 2000. 12.
- 4) 葛漢彬、宇佐美勉、浅田秀史：コンクリート部分充填鋼製橋脚の統一的耐震照査法、第4回地震時保有耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集、pp. 285-292, 2000. 12.
- 5) 土木学会、日本鋼構造協会：橋鋼構造物の耐震解析用ベンチマークと耐震設計法の高度化、2000. 3.
- 6) 前野裕文、森下宣明、青木徹彦、鈴木森晶、梅田聡、三輪恭久：コンクリートを柱基部に部分充填した鋼製ラーメン橋脚の耐荷力実験、構造工学論文集、Vol. 47A, 2001. 3. (投稿中)
- 7) 葛漢彬、宇佐美勉、戸谷和彦：繰返し荷重を受けるコンクリート充填鋼管柱の強度と変形能に関する研究、構造工学論文集、Vol. 40A, pp. 163-176, 1994. 3.
- 8) 中井博、北田俊行、吉川紀、中西克圭、尾山辰巳：コンクリートを充填した長方形箱型断面柱の耐荷力と変形能に関する実験的研究、構造工学論文集、Vol. 39A, pp. 1347-1360, 1993. 3.