

低鉄筋比 RC 壁式橋脚の地震時破壊特性と耐力・変形能

独立行政法人 土木研究所 正会員 ○篠原 聖二  
独立行政法人 土木研究所 正会員 堺 淳一

独立行政法人 土木研究所 正会員 坂柳 皓文  
独立行政法人 土木研究所 正会員 星隈 順一

1. はじめに

設計年次の古い RC 壁式橋脚は、現行基準で設計された橋脚に比べて軸方向鉄筋量が少ない場合が多く、地震による水平荷重を受けた際、曲げひび割れが分散しないため、少ない数のひび割れが大きく進展していくような損傷が懸念される。実際に 2011 年東北地方太平洋沖地震ではこのような損傷事例がみられた<sup>1)</sup>。一方、このような橋脚の終局に至る損傷過程については、十分な実験データがなく、損傷を受けた橋脚の残存性能の評価は難しいのが現状である。本稿では、低鉄筋比 RC 壁式橋脚の損傷過程、終局時の損傷形態を把握すること、また、同橋脚を RC 巻立て補強した場合の補強効果を評価することを目的とし、模型供試体を用いた正負交番載荷試験を実施した結果について報告する。

2. 実験条件

図-1 に供試体の配筋一般図を、表-1 に供試体の構造諸元を示す。供試体 No.1 は既設 RC 壁式橋脚を想定し、軸方向鉄筋比を 0.2%、コンクリート強度は 21N/mm<sup>2</sup> とし、軸方向鉄筋には SD295 を用いた。供試体 No.2 では、No.1 と同じ供試体を製作し、その後 RC 巻立て補強を行った。巻立て厚は 75mm、コンクリート強度は 30N/mm<sup>2</sup> とし、軸方向鉄筋は SD345 を用いた。なお RC 巻立て補強については、拘束の効果のみを評価するため、軸方向鉄筋はフーチングにアンカー定着していない。写真-1 に実験のセットアップ状況を示す。軸方向荷重は既設の低鉄筋比 RC 壁式橋脚の事例から橋脚基部での軸方向応力が 0.8N/mm<sup>2</sup> となるように載荷した。水平方向荷重は基準変位  $\delta_0$  の整数倍の水平変位を各載荷ステップにおいて 3 回繰り返す漸増載荷とした。基準変位  $\delta_0$  は供試体 No.1 の予備載荷より 5mm とした。

3. 実験結果

図-2 に供試体 No.1（無補強）の水平荷重と載荷位置における変位の関係を示す。2 $\delta_0$  の正側の載荷時に最大荷重 208kN に達した後、3 $\delta_0$  で橋脚基部全周にひび割れが進展し、190kN 程度に耐力が低下した。これはコンクリートのひび割れ耐力が降伏耐力を上回っていたためと考えられる。その後、8 $\delta_0$  までは降伏耐力を保持していたが、9 $\delta_0$  の 3 サイクル目の負側の載荷において、最初の鉄筋破断が発生し耐力が低下し始めた。10 $\delta_0$  以降、鉄筋が断続的に破断し、12 $\delta_0$  で最大耐力から 50%程度低下したところで載荷を終了した。写真-2(a)に供試体 No.1 の 12 $\delta_0$

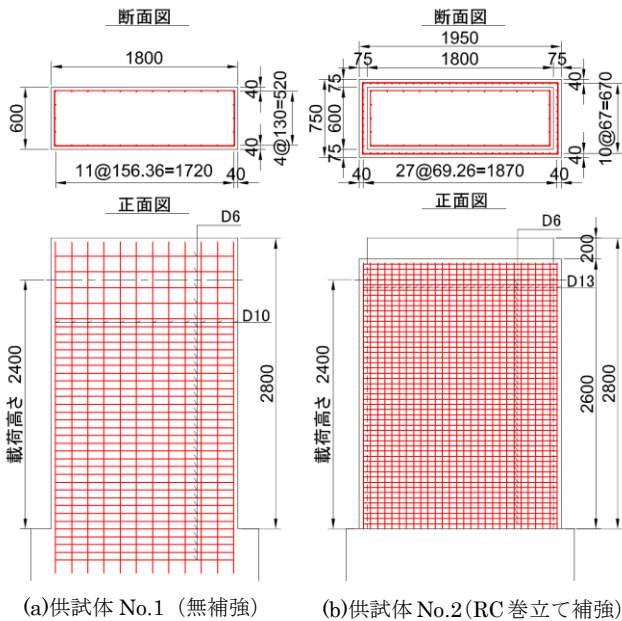


図-1 供試体配筋一般図

表-1 供試体構造諸元

| 種別                 | 項目       | 単位                | No.1 無補強  |          |      | No.2 RC巻立て補強 <sup>*</sup> |          |      |
|--------------------|----------|-------------------|-----------|----------|------|---------------------------|----------|------|
|                    |          |                   | 実橋脚       | 供試体      | 比    | 実橋脚                       | 供試体      | 比    |
| 寸法                 | 断面寸法     | mm                | 7200*2400 | 1800*600 | 4.0  | 7800*3000                 | 1950*750 | 4.0  |
|                    | 巻立て厚     | mm                | —         | —        | —    | 300                       | 75       | 4.0  |
|                    | 橋脚（載荷）高さ | mm                | 9600      | 2400     | 4.0  | 9600                      | 2400     | 4.0  |
|                    | せん断支間比   | —                 | 4.0       | 4.0      | 1.0  | 3.2                       | 3.2      | 1.0  |
| 軸方向鉄筋              | 種別       | —                 | SD295     | SD295    | —    | SD345                     | SD345    | —    |
|                    | 軸方向鉄筋径   | mm                | D29       | D10      | —    | D38                       | D13      | —    |
|                    | 軸方向鉄筋間隔  | mm                | 300       | 156.36   | 1.9  | 150                       | 69.26    | 2.2  |
|                    | 軸方向鉄筋比   | %                 | 0.20      | 0.20     | 1.0  | 0.83                      | 0.79     | 1.1  |
| 帯鉄筋                | 種別       | —                 | SD295     | SD295    | —    | SD345                     | SD345    | —    |
|                    | 帯鉄筋径     | mm                | D16       | D6       | —    | D16                       | D6       | —    |
|                    | 帯鉄筋間隔    | mm                | 300       | 75       | 4.0  | 150                       | 50       | 3.0  |
|                    | 帯鉄筋有効長   | mm                | 2100      | 1720     | 1.2  | 2700                      | 1870     | 1.4  |
|                    | 帯鉄筋体積比   | %                 | 0.13      | 0.10     | 1.3  | 0.20                      | 0.14     | 1.4  |
| コンクリート強度(No.2は巻立部) |          | N/mm <sup>2</sup> | 21        | 21       | 1.0  | 30                        | 30       | 1.0  |
| 作用軸力<br>(基部)       | 単位面積あたり  | N/mm <sup>2</sup> | 0.80      | 0.80     | 1.0  | 0.65                      | 0.61     | 1.1  |
|                    | 作用軸力     | kN                | 9760      | 864      | 11.3 | 9760                      | 886      | 11.0 |

※RC巻立ての軸方向鉄筋はフーチングに定着しない。

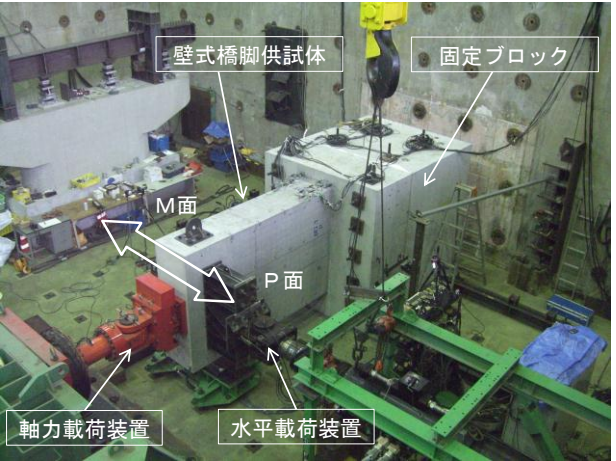


写真-1 セットアップ状況

キーワード 低鉄筋比, RC 壁式橋脚, 地震時破壊特性, 耐力, 変形能, 正負交番載荷実験, RC 巻立て補強

連絡先 〒305-8516 独立行政法人土木研究所 構造物メンテナンス研究センター TEL029-879-6773

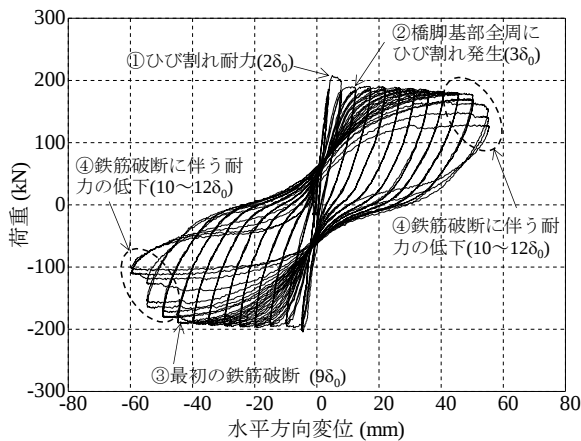


図-2 供試体 No.1 (無補強) 荷重-変位関係

載荷終了後の損傷状況を示す。3 $\delta_0$  で全周にひび割れが進展した橋脚基部より上の範囲については、微細なひび割れは認められたが、大きなひび割れは発生しなかった。橋脚基部については、大きな残留ひび割れやかぶりの剥落といった外観上の損傷は認められなかった。一方、軸方向鉄筋は実験中の破断音から全 30 本のうち 19 本程度が破断していると推定される。軸方向鉄筋量が少ない場合、軸方向鉄筋がはらみ出そうとする力が相対的に小さいため、かぶりコンクリートは剥落せず、軸方向鉄筋が座屈することなく、引張力により破断に至ったと考えられる。

図-3 に供試体 No.2 (巻立て補強) の荷重-変位関係を示す。

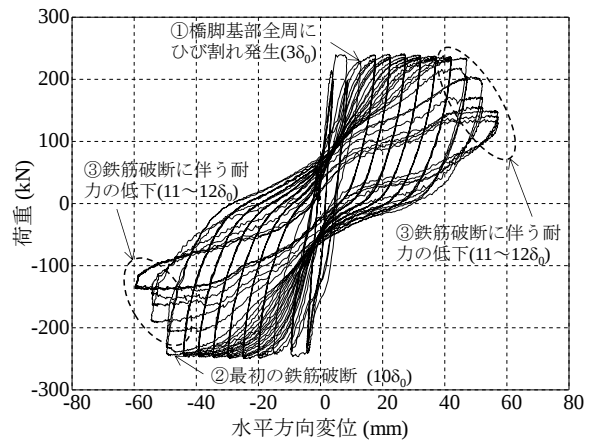
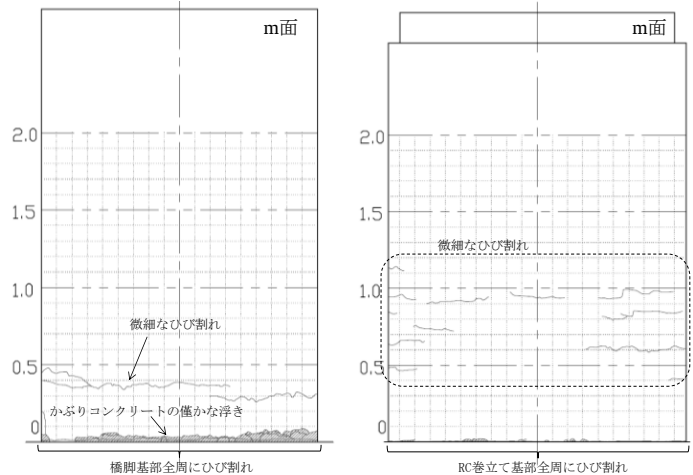


図-3 供試体 No.2 (RC 巻立て補強) 荷重-変位関係



(a)供試体 No.1 (無補強)

(b)供試体 No.2 (RC 巻立て補強)

写真-2 12 $\delta_0$  載荷終了後の損傷状況 (m 面)

係を示す。2 $\delta_0$  で供試体 No.1 の降伏耐力を 26% 程度上回る最大荷重 240kN に達した。RC 巻立て厚を断面に考慮して耐力計算を行ったところ、計算上でも 220kN (No.2) となり、177kN (No.1) を 24% 程度上回ったことから、RC 巻立て厚分、断面有効高が大きくなったことにより耐力が上昇したと考えられる。供試体 No.1 同様、3 $\delta_0$  で RC 巻立て基部全周にひび割れが進展し、その後、9 $\delta_0$  までは降伏耐力を保持していたが、10 $\delta_0$  の 3 サイクル目の負側の載荷において、最初の鉄筋破断が発生し耐力が低下し始めた。10 $\delta_0$  以降、鉄筋が断続的に破断し、供試体 No.1 と同じ 12 $\delta_0$  で最大耐力から 50% 程度低下したところで載荷を終了した。写真-2(b)に供試体 No.2 の 12 $\delta_0$  載荷後の損傷状況を示す。3 $\delta_0$  で全周にひび割れが進展した RC 巻立て基部より上の範囲については、供試体 No.1 同様、微細なひび割れは認められたが、大きなひび割れは発生しなかった。橋脚基部については、大きな残留ひび割れやかぶりの剥落といった外観上の損傷は認められなかった。一方、軸方向鉄筋は実験中の破断音から全 30 本のうち 25 本程度が破断していると推定される。RC 巻立て補強により拘束力は高まったが、供試体 No.1 の実験結果で明らかのように、軸方向鉄筋量が少ない場合、軸方向鉄筋がはらみ出そうとする力に対して、補強前の橋脚のかぶりコンクリートが剥落を抑えるために必要な抵抗性能を有していたため、RC 巻立て補強の拘束効果による塑性変形能の向上はみられなかった。

#### 4. まとめ

本稿では、低鉄筋比壁式 RC 橋脚の無補強供試体および RC 巻立て補強を施した 2 つの供試体を対象に、正負交番載荷試験を行い、損傷過程、終局時の損傷状況、RC 巻立てによる補強効果を評価した。得られた主な知見は以下のとおり。(1)低鉄筋比 RC 壁式橋脚は、橋脚基部全周にひび割れが進展した後、かぶりコンクリートの剥落や軸方向鉄筋の座屈を伴うことなく、軸方向鉄筋の破断により終局に至った。(2)RC 巻立て補強により断面の有効高が大きくなる分、耐力は向上する。一方、RC 巻立て補強の拘束効果による塑性変形能の向上はみられなかった。

**参考文献** 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所、独立行政法人土木研究所：平成 23 年 (2011 年) 東北地方太平洋沖地震土木施設災害調査速報、国土技術政策総合研究所資料第 646 号/土木研究所資料 4202 号, 2011.7.