

高強度鉄筋を用いた RC 巻立て補強のアンカー定着に関する実験的検討

(独) 土木研究所 構造物メンテナンス研究センター 正会員 ○末崎 将司
 正会員 篠原 聖二
 正会員 星隈 順一

1. はじめに

設計年次の古い RC 壁式橋脚には軸方向鉄筋量が少ない構造となっている場合も多く、耐震補強においては地震時保有水平耐力を相応に向上させる対策が検討されることが多いが、フーチングへの削孔箇所数を減らし施工性を向上させる観点から、RC 巻立て補強への高強度鉄筋の適用が期待されている。壁式橋脚に対する RC 巻立て補強に関しては、これまでも補強効果や変形能についての検証が行われているが¹⁾²⁾、これらは軸方向鉄筋に SD295 を用いた場合であり、設計基準強度 21N/mm^2 のフーチングに高強度鉄筋を定着させた RC 巻立て補強に関して検証した研究はない。特に壁式橋脚のような扁平断面に対して RC 巻立て補強する際、長辺側に軸方向鉄筋を密に配置して定着させると、群鉄筋として引抜き力が作用して、鉄筋の抜け出しが生じることも懸念される。そこで、本研究では SD490 を用いて RC 巻立て補強を行った RC 壁式橋脚供試体に対して正負交番荷重実験を実施し、既設フーチングへの SD490 の定着特性について検証した。

2. 実験供試体の構造諸元及び正負交番荷重実験の概要

本研究に用いた RC 壁式供試体は、図-1 及び表-1 に示す構造諸元(補強前が供試体 No.1, 補強後が供試体 No.3)である。既設橋脚部となる供試体 No.1 は軸方向鉄筋比が 0.2%の低鉄筋比断面であり、その塑性変形能と破壊特性の検証という別途の目的のため、補強前の段階で正負交番荷重実験を行っており、既に最終的な破壊にまで至っている³⁾。この実験の結果、橋脚の基部がロッキングするような破壊となり、コンクリートの剥落は生じなかったが、軸方向鉄筋の 60%は既に破断している。本研究では、この既に破壊に至っている供試体を再利用することとし、そのフーチングに設けた孔に SD490 の軸方向鉄筋を定着させ、巻立て厚さが 75mm の RC

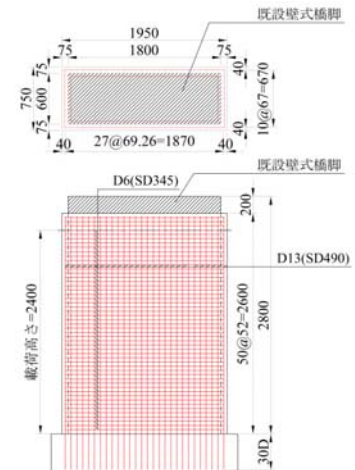


図-1 供試体 No.3 配筋図

表-1 供試体構造諸元

項目	既設壁式橋脚No.1		RC巻立て補強No.3			
	実橋換算	供試体	実橋換算	供試体		
断面形状	mm 7200×2400	1800×600	7800×3000	1950×750		
巻立て厚	-	-	300	75		
載荷高さ	mm 9600	2400	9600	2400		
せん断スパン比	-	4.00	4.00	3.2		
軸方向鉄筋	種別	-	SD295	SD295	SD490	SD490
	径	mm D29	D10	D38	D13	
	ピッチ	mm 300	156.36	150	69.26	
鉄筋比	種別	-	SD295	SD295	SD345	SD345
	径	mm D16	D6	D16	D6	
帯鉄筋	ピッチ	mm 300	75	150	50	
	有効長	mm 2100	1720	2700	1870	
	体積比	% 0.13	0.10	0.20	0.14	
コンクリート強度	N/mm^2	21	21	30	30	
基部軸力	軸力	kN 9760	864	9760	907	
	軸応力	N/mm^2	0.8	0.8	0.65	0.62

表-2 地震時保有水平耐力の算定

項目	既設No.1	補強No.3
終局水平耐力	P_u kN 153	717
タイプII地震動に対するせん断耐力	$P_{s,II}$ kN 337	818
$c_c=1.0$ として算出されるせん断耐力	$P_{s,0}$ kN 389	923
地震時保有水平耐力	P_a kN 153	717
破壊形態	-	曲げ破壊型 曲げ破壊型

巻立て部のコンクリート強度は 30N/mm^2 であり、既設部の側面をチップングして、高さ方向に2回に分けて打設した。骨材の最大寸法は、10mmである。別途実施した群鉄筋とした SD490 の引抜き試験の結果⁴⁾、鉄筋の抜け出しが生じないようにするためには、定着ピッチを 3.6D 以上 (D: 軸方向鉄筋の直径)、定着長を 30D 以上としておく必要があるという知見が得られたことから、供試体 No.3 における RC 巻立て部の軸方向鉄筋は定着ピッチを 69mm (5.3D 相当)、定着長を 390mm (30D 相当) とし、エポキシ樹脂を充填することによりフーチングに定着させた。なお、フーチングの設計基準強度は 21N/mm^2 である。表-2 には、供試体 No.1 及び No.3 の地震時保有水平耐力の算定結果を示している。定着特性の検証という観点から、より厳しい荷重条件により SD490 の適用性を検証するため、供試体 No.3 はせん断耐力を超えない範囲で、あえて基部の曲げ耐力を大きく向上させる補強量とする設定とした。

正負交番荷重実験は写真-1 に示すようなセットアップにより行い、

キーワード 高強度鉄筋, SD490, 鉄筋コンクリート巻立て, RC 壁式橋脚

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 (独) 土木研究所 構造物メンテナンス研究センター TEL: 029-876-6773

基準変位 δ_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 δ_0 は柱基部の軸方向鉄筋が降伏ひずみに達するときとし、供試体 No.1 と No.3 で各々5mm, 15mm と設定した。

3. SD490 で RC 巻立て補強した壁式橋脚の正負交番載荷実験結果

図-2 に水平力と載荷位置の水平変位関係を示す。供試体 No.3 では、鉄筋の伸び出し及びフーチングの回転による載荷位置の水平変位が大きかったため、これを補正した。RC 巻立て補強した供試体 No.3 の正負交番載荷実験では、 $1\delta_0$ で設計計算に用いる地震時保有水平耐力の 717kN を超過し、 $2\delta_0$ で最大荷重 911kN に達した。これは、材料実強度を用い、圧縮側かぶりコンクリートを考慮して解析した最大耐力 922kN と概ね一致している。さらに載荷を続けたところ、 $3\delta_0$ 載荷時には、写真-2 に示すように柱基部で曲げ降伏後のせん断破壊に至った。ただし、写真-3 に示すように、 $3\delta_0$ 載荷終了時における載荷方向の正側(写真-1 の m 面)の柱基部には、フーチング上面に SD490 の引抜き試験でみられたようなひび割れ⁴⁾は生じていない。図-3 に各載荷ステップにおける最大荷重時の軸方向鉄筋ひずみの高さ方向分布(写真-1 の p 面)を示すが、 $1\delta_0$ で柱基部のひずみが降伏相当の 2800μ に達し、 $2\delta_0$, $3\delta_0$ と水平変位を大きくするにつれて軸方向鉄筋の降伏範囲が広がっており、曲げ降伏の挙動をしている。以上より、本実験で採用した軸方向鉄筋の定着ピッチと定着長の考え方を適用すれば、SD490 の降伏相当の引抜き力が正負交番に群鉄筋として作用したとしても、アンカー部の定着機能は確保できていると考えられる。

一方で、最終的な破壊形態は曲げ損傷からせん断破壊への移行型となった。図-4 に各載荷ステップにおける正側の最大荷重時の帯鉄筋ひずみの高さ方向分布(写真-1 の a 面中央)を示すが、 $3\delta_0$ 載荷終了時にはフーチング上面から 200mm-400mm の帯鉄筋が降伏している。また、写真-2 に示す損傷状態は、高軸方向鉄筋比の中空断面 RC 橋脚の正負交番載荷実験後の損傷状態⁵⁾によく類似している。本供試体 No.3 では既設 RC 壁式橋脚の軸方向鉄筋の 60%が実験前から破断していたことも要因となり、巻立て部のコンクリート断面のみにより水平力に対して抵抗する、いわば中空断面と同様な抵抗メカニズムとなった可能性が考えられる。

4. まとめ

既設フーチングに SD490 を RC 巻立て補強における軸方向鉄筋として定着させる場合を対象として、その定着ピッチを 3.6D 以上、フーチングへの定着長を 30D 以上として定着を行えば、アンカー部の定着機能は確保されることを橋脚模型に対する正負交番載荷実験により確認した。

参考文献

1) 長屋和宏, 大塚久哲, 星限順一: 壁式 RC 橋脚の鉄筋コンクリート巻立て補強とその効果, 土木学会第 51 回年次学術講演会, 平成 8 年 9 月. 2) 玉越隆史, 白戸真大, 星限順一, 塚淳一: 既設橋の耐震補強設計に関する技術資料, 国土技術政策総合研究時資料第 700 号, 土木研究所資料第 4244 号, 平成 24 年 11 月. 3) 篠原聖二, 末崎将司, 塚淳一, 星限順一: 低鉄筋比 RC 壁式橋脚の地震時破壊特性と耐力・変形能の評価, 構造工学論文集, Vol.61A, 2015 年 3 月. 4) 井上崇雅, 篠原聖二, 星限順一: 既設フーチングにあと施工定着させた SD490 群鉄筋に対する正負交番定着試験, 第 70 回年次学術講演会講演概要集, 投稿中. 5) ハツ元仁, 塚淳一, 星限順一: 高軸力を受ける高軸方向鉄筋比の中空断面 RC 橋脚の正負交番繰返し荷重下における破壊特性, 土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.69, No.2, 139-152, 2013 年.

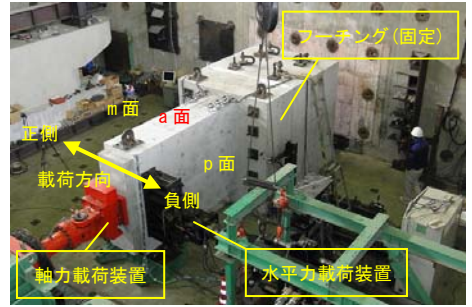


写真-1 供試体セットアップ図

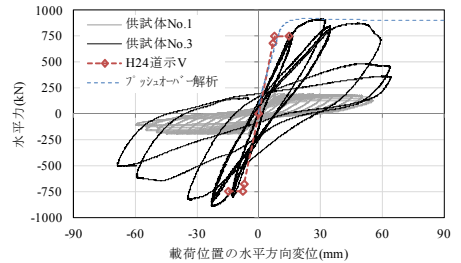


図-2 水平力-水平変位関係



写真-2 3δ₀終了時の損傷 (a面)



写真-3 3δ₀終了時の柱基部 (m面)

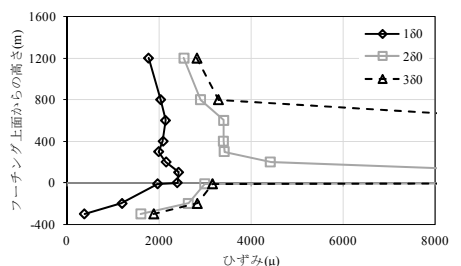


図-3 軸方向鉄筋のひずみ分布 (p面)

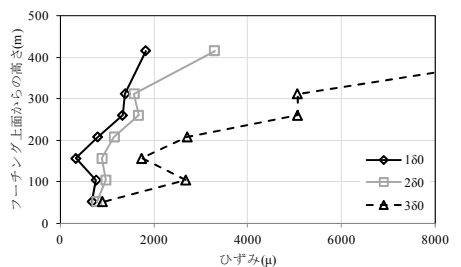


図-4 帯鉄筋のひずみ分布 (a面)