

# 論文 低強度コンクリートと丸鋼の付着強度とその補強効果

荒木 秀夫\*1・吉田 俊太郎\*2・洪 成\*2・加川 順一\*3

**要旨:** 本論文は低強度コンクリート部材の曲げ抵抗機構を明らかにするために低強度コンクリートと丸鋼の付着強度について引き抜き試験により検証したものである。本実験では付着強度に影響を与えるものとしてコンクリート強度、鉄筋径、鉄筋下面のかぶり厚さ、コンクリート打設方向などを変数として取り上げている。その結果、丸鋼で水平筋の付着強度は許容付着応力レベルを大きく下回る傾向が見られた。次いでエポキシ樹脂補強を行って、付着強度の増大率を調べた。補強を行ったものは許容付着応力レベルを上回り 10MPa を下回る低強度コンクリートであっても 2~7MPa の付着強度が期待できることがわかった。

**キーワード:** 付着強度, 低強度コンクリート, 丸鋼, エポキシ樹脂補強

## 1. はじめに

1995 年兵庫県南部地震以降、公共建築物を中心とする既存建物の耐震診断および耐震改修が数多く行われている。その中でコア抜きされたコンクリートの強度が設計基準強度を下回る建築物が数多く報告されている。現行の耐震診断・改修基準<sup>1)</sup>の適用下限値は 13.5N/mm<sup>2</sup> であるが、それを下回る建築物も少なくない<sup>2)</sup>。従ってそのような低強度コンクリート建物を診断改修する工学的根拠が無いわけであるが、経済的理由により改修・継続使用を強いられているのが現状である。このような背景から低強度コンクリートに関する研究がすすめられ成果が蓄積されつつある<sup>3)</sup>。これらの研究では部材のせん断強度の評価や耐震補強の可能性に主眼が置かれている。このような一連の研究の中で主筋に丸鋼を使用した場合、予想する耐力に達しないことが報告されている。これは主筋の降伏やせん断ひび割れの発生前に主筋の付着劣化(滑脱)によって部材の耐力が決定しているためと考えられる。このような部材の抵抗機構を把握するためには低強度コンクリートに対する丸鋼の付着性能を解明する必要があると考えられるが、丸鋼の付着強度に関する研究は 1960 年代にまで遡らなければならない。しかも 10MPa 以下のコンクリートは殆ど無い。

本研究は低強度コンクリートと丸鋼の付着特性を実験的に調べるとともに、エポキシ樹脂充填注入工法を適用し、付着性能回復について検討を行ったものである。

## 2. 丸鋼付着に関する既往の研究

現在、丸鋼の付着強度に関する推定式は無く、日本建築学会 RC 規準の許容応力度式がそれに類するものと思われる。現行規準にはすでに丸鋼に関するものはないが、同規準 1971 年版<sup>4)</sup>に一般部材は長期で 0.06Fc、水平上端筋 0.04Fc かつ 0.9 N/mm<sup>2</sup> 以下とされている。短期はこの

1.5 倍である。また、同規準に示されるコンクリートの設計基準強度下限値は 15N/mm<sup>2</sup> であり、それ以下は適用外となっている。図-1 はコンクリート試験体幅 150mm、鉄筋 13φ を用いた既往の研究<sup>5)~7)</sup> について横軸にコンクリート強度、縦軸に付着応力度としてプロットしたものである。コンクリート強度は 15~39MPa の範囲にあるものを図示したものである。ここでは鉄筋を水平にしてコンクリートを打設した付着強度を抽出している。図中に長期許容応力度式を挿入した。森等<sup>6)</sup>の研究では試験体幅は 150mm であるが高さを 450mm とし、鉄筋位置を上下 3 段にして、鉄筋下面位置からのかぶりコンクリートの厚さについて検討している。鉄筋下のかぶりコンクリート厚さが大きくなるほど付着強度が下がることわかる。最も低いものは 0.5MPa を下回っている。十和田<sup>5)</sup>、鳥田<sup>7)</sup>の実験値を同図中に示すが、いずれの値も大きくばらついており、しかも短期許容応力度の値を下回っているものが多い。これらの研究以外にも丸鋼の付着強度が予想外に低い値となることを指摘する論文<sup>8),9)</sup> も多い。そこで本論文では付着劣化の影響を受けやすい横架材の曲げ主筋を主な対象として試験体を設定した。

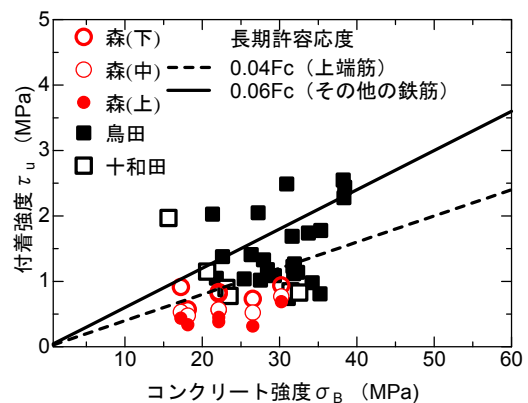


図-1 コンクリート強度と付着強度の関係

\*1 広島大学大学院 工学研究科准教授 工博 (正会員)

\*2 広島大学大学院 工学研究科大学院生

\*3 SG エンジニアリング (株)

表-1 試験体一覧

試験体名	試験体数	設計基準強度	コンクリート断面	鉄筋位置	付着長	鉄筋種類	鉄筋方向*	補強															
HR13-9-N	8	Fc9	150×150	中央	10d	13φ	水平	—															
HR13-9-R	5			150×382				上端	I <sup>®</sup> 抄														
HR13-9-NT	6		150×382					下端		—													
HR13-9-RT	2							150×150		中央	19φ	I <sup>®</sup> 抄											
HR13-9-NB	6		150×382									上端	—										
HR13-9-RB	3							150×382		下端	I <sup>®</sup> 抄												
HR19-9-N	8					150×150					中央		19φ	—									
HR19-9-R	5			150×382				上端	I <sup>®</sup> 抄														
HR19-9-NT	6					150×382			下端	—													
HR19-9-RT	3									150×150	中央		15d	I <sup>®</sup> 抄									
HR19-9-NB	6		150×382			上端			19φ			—											
HR19-9-RB	3									150×382	下端	I <sup>®</sup> 抄											
HR13-7-N	8	Fc7			150×150		中央					15d	13φ	—									
HR13-7-R	5			150×382			上端	I <sup>®</sup> 抄															
HR13-7-NT	6				150×382					下端	—												
HR13-7-RT	3										150×150			中央	19φ	I <sup>®</sup> 抄							
HR13-7-NB	6		150×382		上端	19φ			—														
HR13-7-RB	3								150×382	下端	I <sup>®</sup> 抄												
HR19-7-N	7										150×150		中央	5d	D13	—							
HR19-7-R	4			150×382			上端	19φ	I <sup>®</sup> 抄														
HR19-7-NT	5								150×382	下端	—												
HR19-7-RT	3										150×150		中央	10d	13φ	垂直	—						
HR19-7-NB	6		150×150		上端	19φ			D13	水平							I <sup>®</sup> 抄						
HR19-7-RB	3										150×150		中央	5d	D13	垂直	—						
VR13-9-N	8	Fc9										150×150					中央	10d	13φ	垂直	—		
VR13-9-R	5			150×150			中央	10d			19φ		垂直	I <sup>®</sup> 抄									
VR19-9-N	8													150×150	中央	5d					D13	水平	—
VR19-9-R	5																						150×150
HD13-9-N	6		150×150		中央	5d			D13	水平				—									
HD13-9-R	3													150×150	中央	5d					D13	垂直	
VD13-9-N	4		150×150		中央	5d			D13	水平								—					
VD13-9-R	2			150×150			中央	5d			D13		垂直					I <sup>®</sup> 抄					

\* コンクリートを上から打設するとし鉄筋がセットしてある方向 (図-2 参照)

### 3. 実験概要

#### 3.1 試験体

表-1 に試験体一覧を示す。コンクリートの設計基準強度として、9MPa(Fc9)および7MPa(Fc7)の2水準を設定した。基本試験体は、断面150mm角、長さ200mm (Fc7は300mm)の角柱コンクリートブロックの中心に主筋を1本配した引抜き試験体である。主筋には丸鋼の13φ、19φおよび異形鉄筋のD13を用いた。付着長は10d、15d、5d (d ; 鉄筋の直径) としている。変動因子はコンクリート打設方向や、かぶり厚である。各変数に対してエポキシ樹脂注入を行っている。なお、付着強度は既往の研究からもわかるように大きくばらつくために各変数につき複数の試験体を用意した。図-2 に13φ、Fc9の試験体詳細について示す。なお、コンクリートには割裂防止筋を入れていない。

#### 3.2 使用材料

Fc9のコンクリートは水セメント比110%、Fc7は水セメント比140%である。表-2にコンクリートの調合計画を示す。使用したコンクリートの材料試験結果を表-3に、鉄筋の引張試験結果を表-4に例示する。図-3にコンクリート (Fc9) の圧縮試験における応力ひずみ関係を例示する。低強度コンクリートは最大耐力以降、

徐々に耐力低下する。計測最大ひずみは2%程度となっている。最大強度が設計強度に達しない理由は引き抜き試験体と同じ養生条件とするため、脱型後そのまま気中養生したためと考えられる。なお、コンクリートはFc9、Fc7ともに1バッチで打設している。

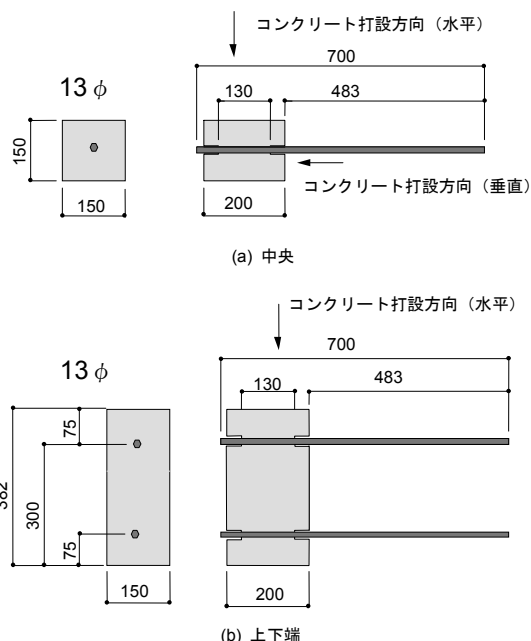


図-2 試験体詳細 (13φ)

表-2 コンクリートの調合計画

設計基準強度	水セメント比(%)	細骨材率(%)	混和剤(kg/m <sup>3</sup> )	スランプ(cm)
Fc9	110	51.7	1.95	18
Fc7	140	52.2	1.54	18

表-3 コンクリートの力学特性

設計基準強度	圧縮強度(MPa)	弾性係数(GPa)	強度時ひずみ(μ)
Fc9	7.65	12.7	2305
Fc7	5.24	8.23	3229

表-4 鉄筋の力学特性

鉄筋種類	降伏強度(MPa)	引張強度(MPa)	弾性係数(GPa)
13φ	269	366	147
19φ	233	328	150
D13	271	398	147

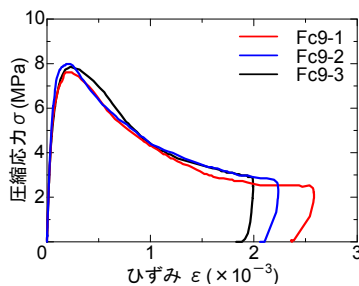


図-3 コンクリートの応力ひずみ関係(Fc9)

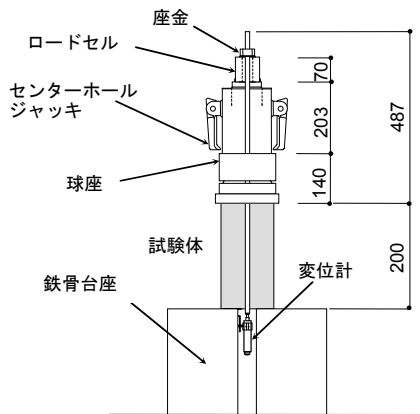


図-4 加力装置図

### 3.3 加力計測方法

鉄筋の付着強度を求める試験は引抜試験、押しぬき試験、梁曲げ試験等があるが、本実験ではできるだけ簡便に丸鋼の平均付着応力度を求めることを目的とし、既往の研究でも多用されている引抜き試験を採用することとした。載荷装置を図-4 示す。センターホールジャッキを用い、ロードセルを介して載荷を行った。ジャッキとコンクリート試験体間に球座を設けている。主筋抜け出し量は試験体の底面に変位計を取り付け、主筋自由端における抜け出し量を計測した。

### 3.4 エポキシ樹脂注入方法

丸鋼のエポキシ樹脂の注入は中小地震を経験したことを想定して、主筋自由端における抜け出し変位 0.2mm

を与えた後、除荷し行った。この変位は鉄筋とコンクリートの付着力が最大値に達するとされる変位 0.1mm<sup>10)</sup>の2倍である。この時点で既に最大耐力を記録し、付着応力-抜け出し関係は耐力下降域となっていることを確認している。異形鉄筋は最大耐力を確認する 3mm まで引き抜いた後に除荷し、エポキシ樹脂注入を行った。試験体上面(コンクリート打設面及び側面の各面 2箇所から径 6mm で鉄筋位置まで穿孔し、スプリング方式のカプセルを用いて注入開始直後の圧力で 0.06N/mm<sup>2</sup>の低圧で注入した。エポキシ樹脂は 100~ 200mPa.s の低粘度で硬化後は約 60 N/mm<sup>2</sup>の曲げ強度を発揮するものである。

## 4. 実験結果および考察

### 4.1 荷重変形関係

図-5 に丸鋼・水平下端筋(試験体名 HR13-9-NB および HR13-9-RB)の付着応力-抜け出し関係について例示する。横軸は抜け出し変位である。0.2mm までは 6 試験体とし、その後は続けて加力するもの 3 体とエポキシ樹脂注入する 3 体にわかれる。縦軸は引張り力を付着面積で除した平均付着応力である。ここで付着面積とは付着長さとし鉄筋周長の積として算出した。固着力が付着長さ全長にわたって喪失するまでは端部での変位は見られない。変位が出始めるとわずかながら付着力が上昇し、最大耐力に到り、その後、緩やかに付着力が低下する。この傾向はエポキシ樹脂注入後も同様であった。

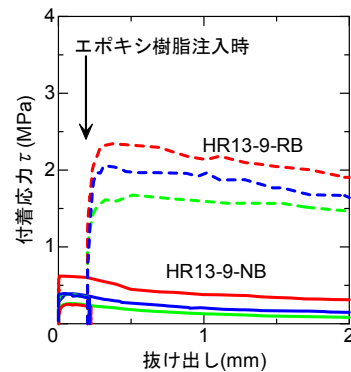


図-5 付着応力-抜け出し関係

### 4.2 無補強の付着強度

#### (1)丸鋼・水平筋(上端)の付着強度

図-6 に丸鋼 13φ, 19φ で水平上端筋(鉄筋下に 300mm 以上のコンクリートがあるもの)の付着強度を示す。試験体は Fc9 の HR13-9-NT, HR19-9-NT, および、Fc7 の HR13-7-NT, HR19-7-NT である。コンクリート強度が大きくなるに従って付着強度が上昇する傾向は明確に見られず、0~0.2MPa の非常に低い値に分布している。平均値で見ると Fc9 の 13φ, 19φ がそれぞれ、0.05MPa, 0.11MPa, Fc7 の 13φ, 19φ がそれぞれ、0.08MPa, 0.05MPa

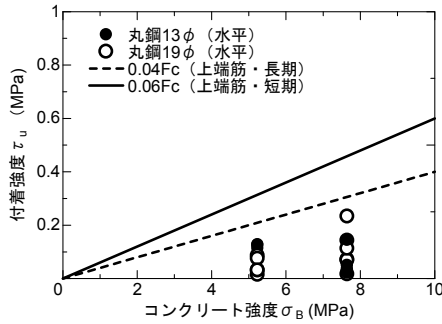


図-6 丸鋼・水平筋（上端）の付着強度

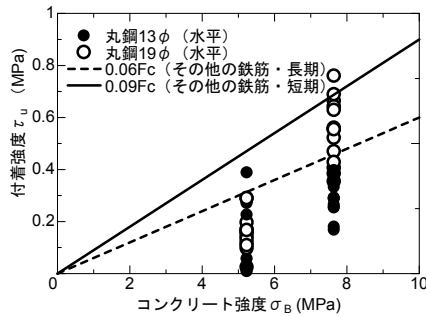


図-7 丸鋼・水平筋（中央・下端）の付着強度

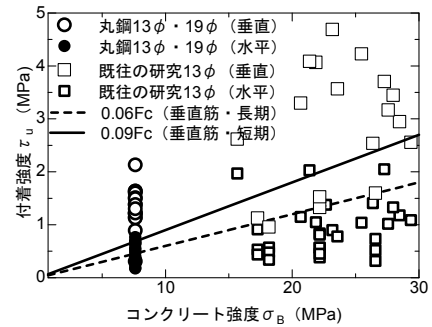


図-8 丸鋼・垂直筋の付着強度

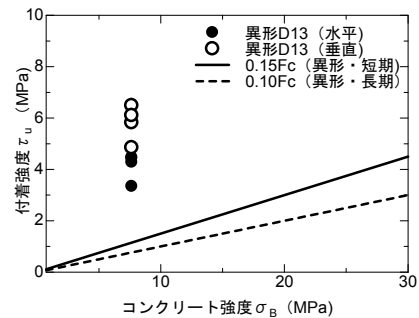


図-9 異形鉄筋の付着強度

となっている。付着強度はすべて上端筋の長期許容応力度 (0.04Fc) を下回っている。図-1 に示す既往研究の上端筋の実験値<sup>6)</sup>はコンクリート強度 17~30MPa で付着強度 0.3~0.7MPa となっているが、同じく長期の付着応力度の半分程度の値となっている。

#### (2) 丸鋼・水平筋（中央・下端）の付着強度

図-7 は水平打設の 13φ, 19φ, 中央, 下端筋の値を示したものである。中央と下端筋の付着強度に差異は見られなかったため同一のものとして扱っている。図中の実線, 破線は上端筋以外の許容付着応力度である。試験体は Fc9 の HR13-9-N, H13-9-NB, HR19-9-N, H19-9-NB, Fc7 の HR13-7-N, H13-7-NB, HR19-7-N, H19-7-NB, の 8 種類である。Fc9 の結果を見ると, 13φ は 0.18~0.62MPa に分布し, 19φ は 0.35~0.76MPa に分布している。その平均値はそれぞれ 0.33MPa, 0.54MPa となり, 鉄筋径で明確な違いが見られた。既往の研究では鉄筋径による差異はあまり報告されておらず, この結果については今後検討を要するものと考えられる。全体的な強度は 19φ の 2 試験体が短期許容応力度を上回るのみである。13φ の値はすべて長期許容応力度を下回る結果となった。Fc7 の結果は Fc9 のような鉄筋径による明確な違いは見られず, 13φ は 0.03~0.38MPa に分布し, 19φ は 0.1~0.29MPa に分布している。その平均値はいずれも 0.16MPa となった。全体的な強度は 13φ, 19φ ともに短期許容応力度を下回る結果となった。Fc9 と Fc7 を比較すると, コンクリート強度が上昇すると付着強度も増加する傾向は見られるものの長期・短期許容応力度式の傾きとは異なる。

図-6 における上端筋と比較してみると Fc9 で 5~6 倍, Fc7 で 2~3 倍の値となっている。

#### (3) 丸鋼・垂直筋の付着強度

図-8 に垂直筋の付着強度を示す。RC 規準<sup>4)</sup>では垂直筋は上端筋以外の鉄筋に含まれる。試験体は VR13-9-N, VR19-9-N である。また同図中に図-7 に示す水平筋のうち HR13-9-N, HR19-9-N の付着強度を示す。垂直筋の付着強度は 13φ で 0.3~2.1MPa に分布し 19φ で 1.1~1.5MPa に分布し, その平均はそれぞれ 1.38MPa, 1.25MPa となっている。一方, 水平筋は 13φ で 0.18~0.4MPa に分布し, 19φ で 0.46~0.76MPa に分布し, その平均はそれぞれ 0.28MPa, 0.62MPa となっている。垂直筋の付着強度と水平筋を比較すると 13φ で 5 倍, 19φ で 1.6 倍程度になっている。また図中に既往の研究中<sup>5-7)</sup>にある垂直筋と水平筋 (上端筋を除く) の付着強度を示す。コンクリート強度は 15MPa 以上であり, 広い範囲に分布しているものの垂直筋はほぼ長期許容応力度式より上にあり, 水平筋は同式より下に分布している。丸鋼の許容付着応力度に関して日本建築学会の規準では横架材の上端筋とその他の鉄筋によって付着強度を分類しているが, 丸鋼の場合, 水平筋であれば上端筋でなくても垂直筋の付着強度より大きく低下することがわかる。横架材の曲げ耐力算定には上端鉄筋ばかりでなく下端鉄筋も含めて十分な検討が必要と考えられる。

#### (4) 異形鉄筋の付着強度

図-9 は異形鉄筋の付着強度を示す。図中の実線, 破線は異形鉄筋の許容付着応力度である。RC 規準<sup>4)</sup>では上

端鉄筋以外の長期許容応力度は  $0.1F_c$  であり、短期はその 1.5 倍となっている。本実験ではコンクリートに割裂防止筋を入れていないが、いずれの試験体もコンクリートから鉄筋が抜け出した。試験体は HD13-9-N, VD13-9-N である。水平筋の付着強度は 3.3~5.9MPa, 垂直筋の付着強度は 4.8~6.5MPa に分布している。その平均値はそれぞれ 4.55MPa, 5.88MPa となっている。いずれの値も許容応力度を大きく上回り、丸鋼と同じく異形鉄筋の場合も垂直筋の付着強度がその平均を上回っている。

#### 4.2 補強後の付着強度

##### (1)丸鋼・水平筋の補強効果

図-10 に丸鋼で水平筋の補強効果を示す。横軸は 0.2mm まで引き抜いた時の最大付着強度であり、この時点で耐力低下は確認してある。縦軸はエポキシ樹脂注入後、引き抜いたときの最大付着強度である。図中の数字は各グループの平均値を示している。また、Fc9 の試験体は HR13-9-R, HR13-9-RT, HR13-9-RB, HR19-9-R, HR19-9-RT, HR19-9-RB である。13φ の補強後の最大付着強度が 1.6~2.4MPa, 19φ が 1.0~2.0MPa に分布している。その平均値はそれぞれ 2.05MPa, 1.49MPa となっており、19φ の補強前の値が 13φ よりも大きかったにも拘らず、補強後の値は 13φ の値が大きくなっている。補強前の値が小さい理由は、13φ の鉄筋下の空隙が 19φ に比べ、相対的に多いと考えられ、エポキシ樹脂がそれだけ鉄筋周りに充填され付着強度が上昇したものと推量される。Fc7 の試験体は HD13-7-R, HD13-7-RT, HD13-7-RB, HD19-7-R, HD19-7-RT, HD19-7-RB である。付着応力度は 13φ の補強後の最大付着強度が 2.2~7.8MPa, 19φ が 2.2~6.4MPa に分布し、Fc9 のものに比べ広い範囲に分付している。その平均値はそれぞれ 5.83MPa, 4.54MPa となり、ほぼ同程度の値となった。Fc9 と比較すると 13φ で 2.8 倍, 19φ で 3.0 倍となった。このようにコンクリート強度が低いにも拘らず、より大きな付着強度となる理由として、低強度コンクリートほど鉄筋周りの空隙が大きくなり、エポキシ樹脂の充填性が良くなったことが考えられる。

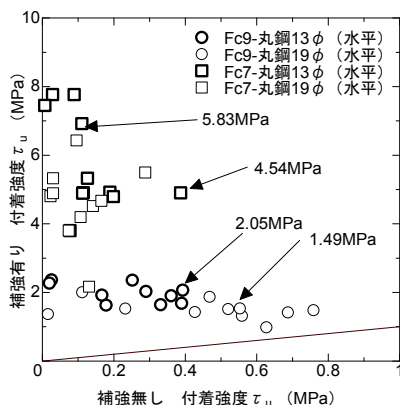


図-10 丸鋼・水平筋の補強効果

##### (2)丸鋼・垂直筋の補強効果

図-11 に丸鋼で垂直筋の補強効果を示す。試験体は VR13-9-R, VR19-9-R である。水平筋と比較するために HR13-9-R, HR19-9-R の値も挿入した。13φ の場合、補強後は 1.5~2.2MPa の付着強度となっており、その平均値は 1.92MPa である。補強による増強効果は補強前の付着強度が低い 1 試験体を除き補強前の値をわずかに上回る程度である。19φ の補強後の付着強度の平均値は 1.33MPa 程度であり、13φ 同様、補強効果はそれほど大きくない。垂直筋に対して補強効果が見られない理由は水平筋に見られる鉄筋下に発生する空隙が発生しないことによると考えられる。これらの垂直筋の結果は筆者等が行った実験結果<sup>11)</sup>とほぼ同じであった。付着強度自体は水平筋の付着強度とほぼ同等の値となっている。

##### (3)異形鉄筋の補強効果

図-12 に異形鉄筋の補強後の付着強度を示す。試験体は HD13-9-R, VD13-9-R である。水平筋の場合の平均値は 13.3MPa, 垂直筋の場合は 7.16MPa となった。異形鉄筋の場合も、垂直筋に対する補強効果は水平筋のそれに比べ低くなっている。その理由は丸鋼と同じく、水平筋の初期荷重による割裂ひび割れの程度が垂直筋に比べより大きくなっていると考えられ、水平筋のほうがよりエポキシ樹脂の浸透性が上がるものと考えられる。

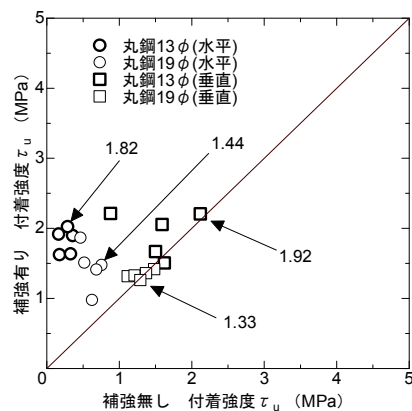


図-11 丸鋼・垂直筋の補強効果

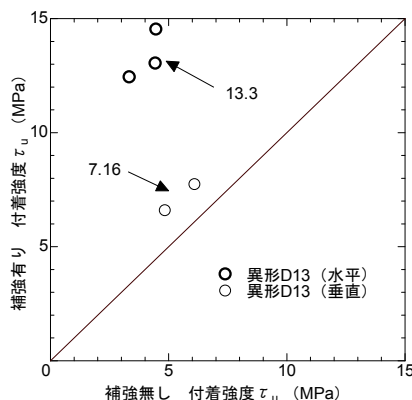


図-12 異形鉄筋の補強効果

#### (4)補強効果

表-5 に全試験体の補強効果を示す。丸鋼水平筋についてみると Fc9 で 15 倍、Fc7 で 50 倍となる。これはエポキシ樹脂注入前の付着強度自体が著しく低いためであり、これらの数値に過大な有意性は求められない。しかし補強後の付着強度は 1.4~7.4MPa となり、短期許容応力度式 0.09Fc で換算すると最低でも 15MPa のコンクリート強度の付着性能となり、補強効果が期待できると思われる。垂直筋や異形鉄筋に対する補強効果は丸鋼、水平筋に比べ多くないが、もともと付着強度自体が許容付着応力度を上回っており、高い値が期待できる。

#### 5. 結論

低強度コンクリートを用いた丸鋼の引抜試験を行った。本実験の範囲において最大平均付着強度に関して以下の知見を得た。

1) 横架材を模擬した丸鋼・上端水平筋の付着応力度はコンクリート強度に係わらず、長期許容付着応力度式に比較しても、著しく低いことを確認した。その他の水平筋の最大付着強度も短期許容応力度を下回ることがわかった。丸鋼・垂直筋の付着強度は水平筋のそれより 2~4 倍の値であった。

2) エポキシ樹脂注入することによって丸鋼・水平筋に対して、大きな付着強度増大効果が期待できる。一方、丸鋼・垂直筋の補強効果はわずかであった。異形鉄筋においても水平筋に対しては補強効果が見込まれる。

#### 謝辞

本研究の実施にあたっては平成 21 年度科学研究費補助金(基盤研究(B) 課題番号: 21360268 代表研究者: 広島大学大学院准教授 荒木秀夫)の助成を受けた。ここに記して謝意を表する。

#### 参考文献

- 1) 日本建築防災協会: 2001 年改定版既存鉄筋コンクリート建築物の耐震診断基準・同解説, 2001.1
- 2) 坂巻健太, 広沢雅也, 清水泰, 周建東: 既存鉄筋コンクリート造建築物のコンクリート強度に関する研究(その 1)設計基準強度の変遷および圧縮強度の分布, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.801-802, 2001.9
- 3) 日本コンクリート工学協会中国支部: 低強度コンクリートに関する特別研究委員会報告書, 2009.2
- 4) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説, 1971 年版, 1971.5
- 5) 十代田知三: 膨張頁岩を骨材とした軽量コンクリートと鉄筋の付着強度について, 日本建築学会論文報告集, No.89, p.38, 1963.9

表-5 付着強度増大率

試験体名	$\sigma_B$ (MPa)	付着強度 (MPa) [n]	R/N*	Ave.
HR13-9-N	7.65	0.284[8]**	6.4	14.9
HR13-9-R		1.815[5]		
HR13-9-NT		0.050[6]	46.2	
HR13-9-RT		2.309[2]		
HR13-9-NB		0.385[6]	16.0	
HR13-9-RB		2.026[3]		
HR19-9-N		0.615[8]	2.4	
HR19-9-R		1.444[5]		
HR19-9-NT		0.107[6]	15.2	
HR19-9-RT		1.623[3]		
HR19-9-NB		0.447[6]	3.17	
HR19-9-RB		1.415[3]		
HR13-7-N	5.24	0.187[8]	29.1	49.7
HR13-7-R		5.449[5]		
HR13-7-NT		0.081[6]	57.6	
HR13-7-RT		4.662[3]		
HR13-7-NB		0.129[6]	57.1	
HR13-7-RB		7.369[3]		
HR19-7-N		0.153[7]	34.7	
HR19-7-R		5.302[4]		
HR19-7-NT		0.048[5]	97.1	
HR19-7-RT		4.662[3]		
HR19-7-NB		0.162[6]	22.6	
HR19-7-RB		3.668[3]		
VR13-9-N	7.65	1.381[8]	1.4	1.3
VR13-9-R		1.924[5]		
VR19-9-N		1.256[8]	1.1	
VR19-9-R		1.331[5]		
HD13-9-N		4.549[6]	2.9	2.1
HD13-9-R		13.33 [3]		
VD13-9-N		5.818[4]	1.2	
VD13-9-R		7.155[2]		

\* R/N=補強後付着強度/補強前付着強度

\*\*[n]内は試験体数

- 6) 森徹: 高炉セメントを用いたコンクリートと鉄筋との付着強度について、磨き鉄筋、湿潤強度の場合(高炉セメントの使用方法に関する研究), 日本建築学会論文報告集, No.66-1, pp.113-116, 1960.10
- 7) 鳥田専右: 長時間混練したコンクリートに関する研究(その 2): 鉄筋との付着性について, 日本建築学会論文報告集, No.103, p.26, 1964.10
- 8) 鈴木豊郎, 松原光彦: 付着強度に関する研究(第 2 報)(複数配筋で, その本数と間隔を変化させた場合); 日本建築学会論文報告集, No.69, pp.509-512, 1961.10
- 9) 狩野春一, 仕入豊和: 生コンクリートの沈下による鉄筋付着強度の現象と二三の対策(普通 A.E. 軽量コンクリートについて), 日本建築学会論文集, No.49, pp.34-41, 1954.9
- 10) 坂静雄: 鉄筋コンクリート学教程, 産業図書株式会社, 1960.11
- 11) 吉田俊太郎, 八十島章, 荒木秀夫, 加川順一: エポキシ樹脂注入した低強度コンクリートの付着特性, 日本建築学会学術講演梗概集, 構造IV, pp.711-712, 2009