

[2062] 鋼管で被覆補強されたコンクリートと異形鉄筋との間の付着性状

正会員 ○森下陽一（琉球大学工学部）

正会員 富井政英（九州大学工学部）

正会員 崎野健治（九州大学工学部）

1. まえがき

鉄筋コンクリート短柱はもろいせん断破壊を生じるため、鋼管によりその短柱部分を被覆補強し（以下鋼管補強短柱と略称）、韌性および保有耐力の上昇を期待する補強方法が提案され、水平加力実験によれば、その復元力特性は、従来のRC短柱に比較すると非常に優れていることが明らかにされてきた[1]。この鋼管補強短柱の復元力特性を理論的に追跡する場合に、付着特性の影響を取り入れるためには、鋼管で補強されたコンクリートと異形鉄筋との間の付着性状を明らかにしておく必要がある。通常の帶筋補強したRC部材の付着性状に比べて、鋼管補強短柱の場合には、鋼管がかぶりコンクリートを含めてフープ方向に拘束するため、コンクリートの付着割裂を防止するまでにはいたらないものの、そのひび割れの進展を抑制することができると考えられ、付着強度の上昇および破壊モードの韌性化が期待できる。そのため、本研究ではその一環として鋼管で補強されたコンクリートと異形鉄筋との間の付着性状を実験的に検討することを目的としている。試験体は、付着性状に影響を及ぼす要因として考えられるもののうち、コンクリートの圧縮強度、鉄筋量（鉄筋本数および鉄筋径）、鋼管の板厚、かぶり厚さおよびシアーキーの有無などを実験変数として採り上げ、本報告では計30体について述べる。

2. 実験概要

2.1 試験体

試験体一覧を表-1に示す。表中、D、TおよびLbは、図-1に示す部分の寸法であり、それぞれ鋼管の辺長、鋼管の板厚および鉄筋の付着長さを示す。Fcは充填したコンクリートの圧縮強度を示す。実験に使用した鋼管は、板厚6mmのものが辺長175mmの一般構造用角型鋼管(STKR41)であり、板厚2.3mmのものはSS41の鋼板を辺長175mmの鋼

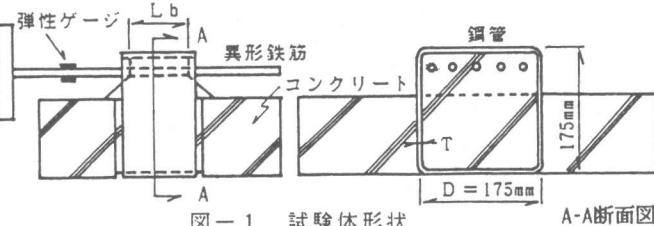


図-1 試験体形状 A-A断面図

表-1 試験体一覧

試験体名	配筋	Lb (cm)	Fc (kg/cm²)	試験体数	実験変数
L-A	(5-D13)	10.6	266	3	
H-A		7.8	412	3	
L-AN		7.8	245	3	コンクリートの打設方向が逆
L-AT		8.5	291	3	板厚2.3mmの鋼管を使用
L-AO		8.5	277	3	かぶり厚さがゼロ
L-AS	シアーキー	8.9	284	3	シアーキーで中央部鉄筋を拘束
L-B	(3-D13) or(3-D16)	8.3	242	3	
H-B		8.2	415	3	
L-B16		8.4	258	3	D16の鉄筋を使用
H-B16		8.6	384	3	同上

(鋼管の外径は175mm、鋼管の板厚はL-AT以外は6mmである。)

表-2 コンクリートの調合

シリーズ	W/C (%)	水 (kg/m³)	セメント (kg/m³)	砂 (kg/m³)	砂利 (kg/m³)
Lシリーズ	7.4	210	283	918	1042
Hシリーズ	46.5	216	465	788	1088

管に成形したものである。また実験に使用した鉄筋は、公称径D13, D16(ともにSD30)である。

試験体名
の最初の英

字しとHは、それぞれコンクリートの圧縮強度が低いものと高いものを示す。次の英字AとBは、それぞれ鉄筋を5本配筋したものと3本配筋したものを示す。またA, Bの後に記号の付いている試験体は、表-1の実験変数欄に示した事項をそれぞれ表したものである。

試験体に使用したコンクリートの調合を表-2に示す。セメントは普通ポルトランドセメント、骨材は細骨材が粒径2.5mm以下の川砂、粗骨材は粒径10mm以下の碎石を用いた。コンクリートの圧縮強度は、各シリーズ毎に $10\phi \times 20\text{cm}$ のシリンダーを製作し、実験当日まで試験体と同一条件で実験室内に放置した後、圧縮試験を行なってその平均を求めたものである。

2.2 実験方法および測定方法

図-2に加力装置を示す。図-1に示す試験体の鉄筋端部に溶接した載荷板を通して鉄筋に引きと押しの繰り返し荷重を加え、水平方向反力はコンクリート部分のみによって負担させた。

各鉄筋の負担する軸力を測定するために、図-1に示す位置に貼付した弾性ゲージによって鉄筋のひずみ度を測定した。鉄筋とコンクリートの相対滑り量は、載荷板にセットした変位計および鉄筋の自由端にセットした変位計による測定値より求めた。また配筋位置の上面の鋼管の膨らみ量を鋼管上部に取り付けた変位計で測定した。なお、荷重は引きの荷重の方向を正とする。

3. 実験結果および考察

3.1 各鉄筋の負担する軸力の分布

鉄筋に貼付した弾性ゲージより求めた各鉄筋の負担する軸力 N_r の分布の一例を図-3に示す。図中の破線は、載荷軸力を鉄筋本数で除した値である。図は5本配筋した場合と3本配筋した場合の代表的なループを示すが、L-ASシリーズ以外の試験体はそれぞれ同様の傾向を示した。図-3より両端に配筋された鉄筋の方が、中央部分の鉄筋より同じ荷重において負担する軸力が大きいことがわかる。この

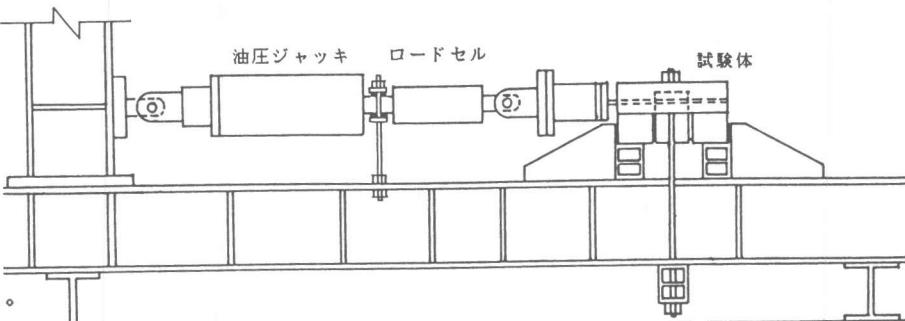


図-2 加力装置

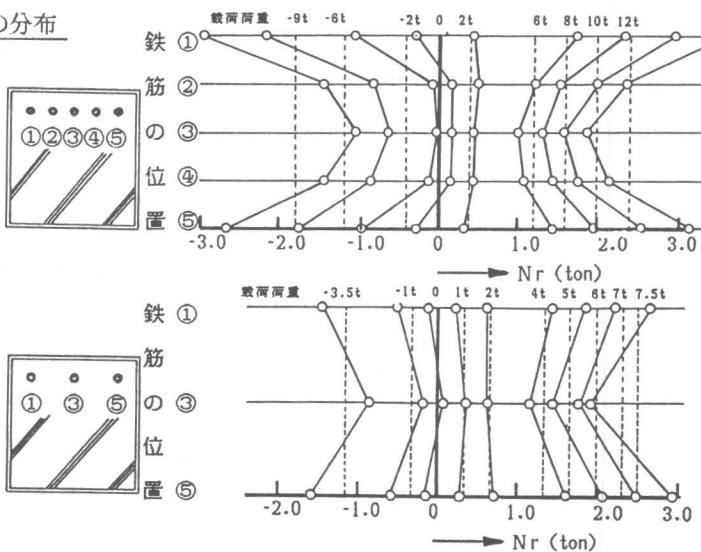


図-3 各鉄筋の負担する軸力の分布

ことは、両端部分の鉄筋の方が、中央部分の鉄筋に比べて鋼管によるコンクリートの拘束力が大きいためと考えられる。

3.2 付着応力度と滑り量の関係

付着応力度 $\bar{\tau}$ と鉄筋とコンクリートの間の相対滑り量 \bar{S} の関係を L-A, L-B, L-AS, H-B について図-4 に示す。ここで、縦軸の $\bar{\tau}$ は各鉄筋の負担する軸力 N_r をそれぞれの付着面積で除した値である。横軸の \bar{S} は、加力側の滑りと自由端側の滑りの平均値とした。具体的には図-5 に模

式的に示すように、本実験では付着応力度を各鉄筋の負担する軸力をその付着面積で除した平均値として求めており、その $\bar{\tau}$ に対応する滑り量として \bar{S} を用いた。なお、荷重は引きの方向を正とする。図より、通常の鋼管補強の場合には両端部分に配筋された鉄筋の $\bar{\tau}$ の最大値は、中央部分の鉄筋のそれより大きくなっているが、L-AS シリーズのように中央部分に新たな補強を加えた場合はほとんど同程度であることがわかる。また L-A (鉄筋を 5 本配筋した場合) より

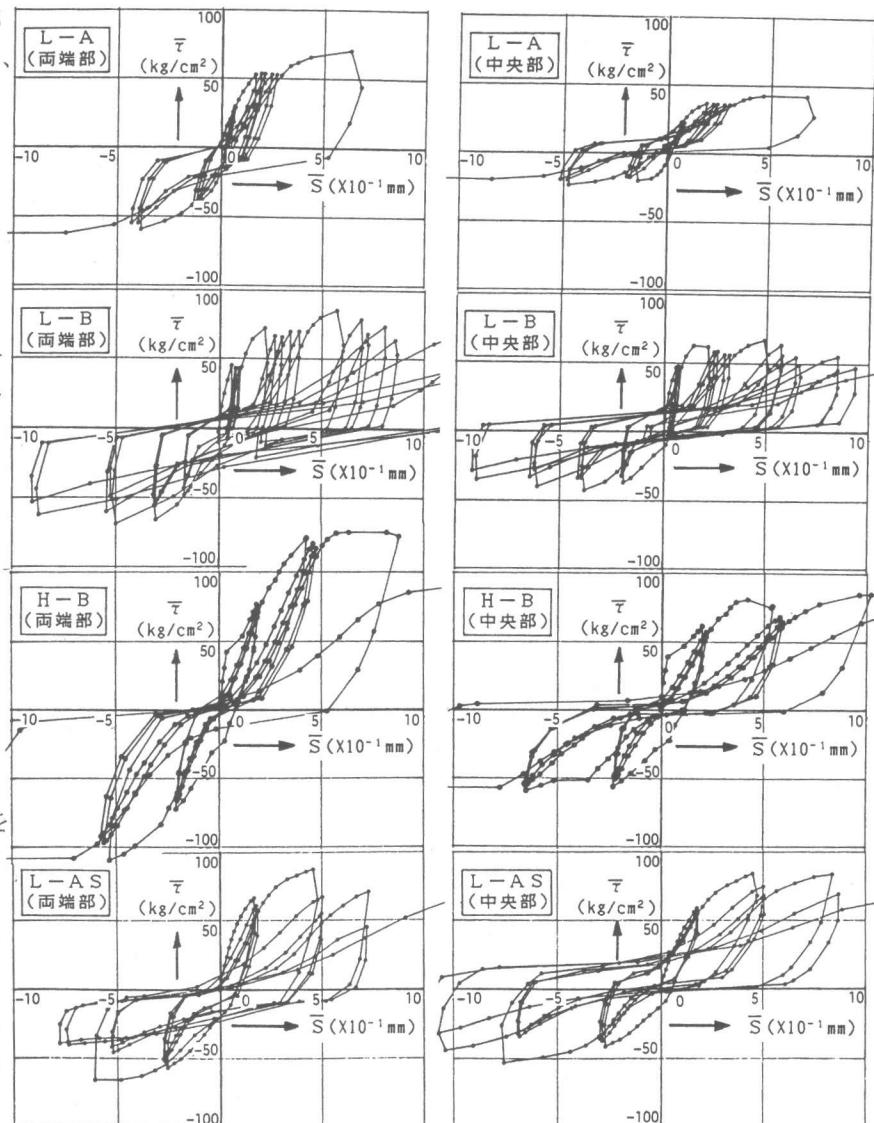


図-4 付着応力度 $\bar{\tau}$ と滑り量 \bar{S} の関係

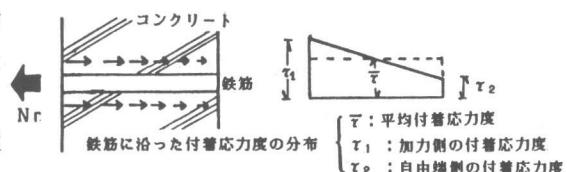


図-5 付着応力度と滑りの分布の模式図

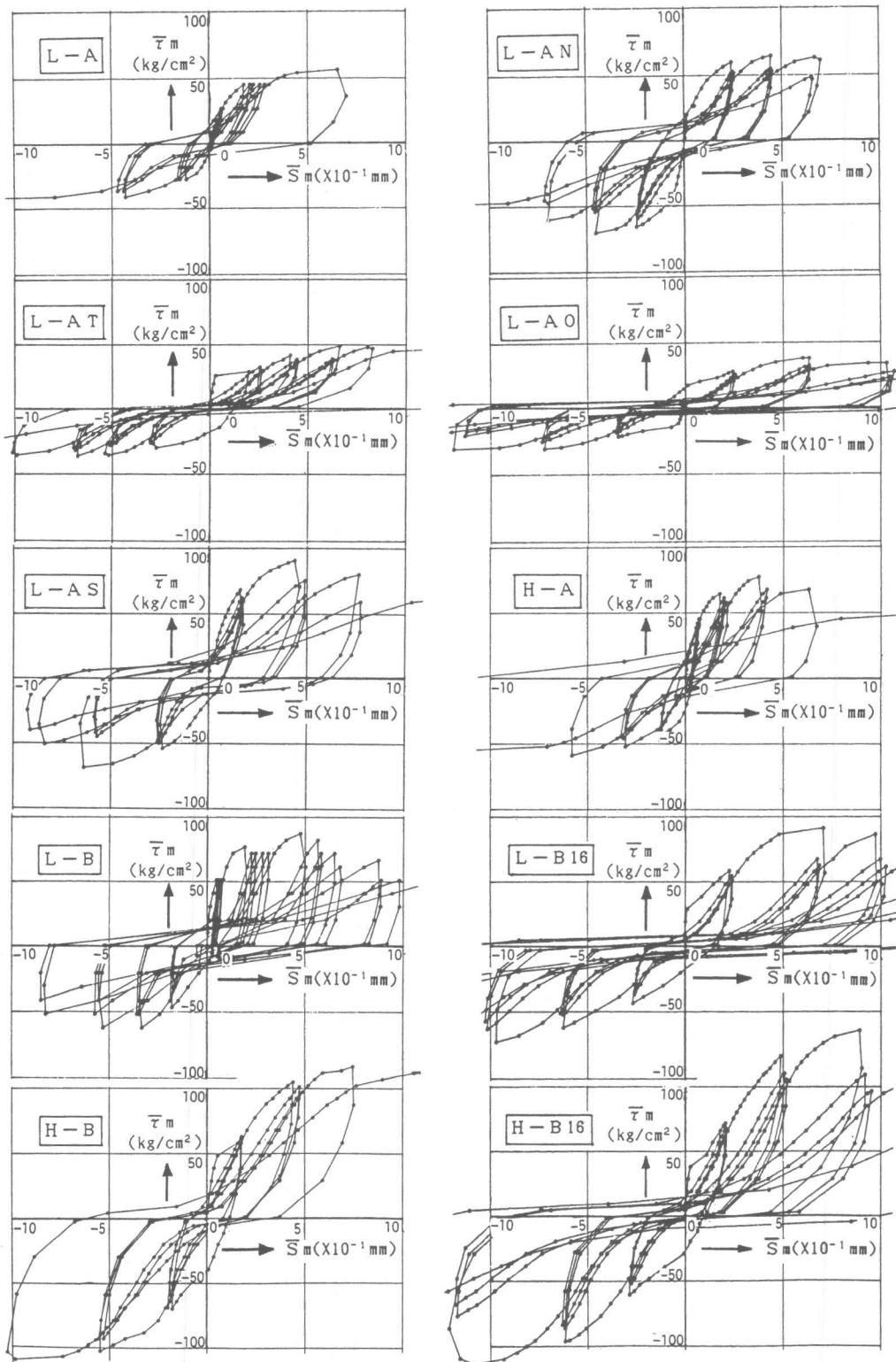


図-6 平均付着応力度 $\bar{\tau}_m$ と平均滑り量 \bar{S}_m の関係

L-B（3本の場合）の方が $\bar{\tau}$ の値は大きくなり、さらにL-BよりH-Bの方が $\bar{\tau}$ の値は大きい。

3.3 平均付着応力度と平均滑り量の関係

図-6に、平均付着応力度 $\bar{\tau}_m$ と平均滑り量 \bar{S}_m の関係を示す。縦軸の $\bar{\tau}_m$ は、載荷荷重Pを全付着面積で除した値であり、横軸の \bar{S}_m は、各鉄筋の滑り量 \bar{S} をその試験体毎に平均した値である。

図より、まずL-AシリーズとL-ANシリーズの図を比べると、コンクリートの打設方向の影響があることがわかる。すなわちコンクリートを加力側から打設したL-Aシリーズは引きの荷重の時 $\bar{\tau}_m$ の値が大きくなるが、その反対方向からコンクリートを打設したL-ANシリーズでは押しの荷重の時の $\bar{\tau}_m$ の値が引きの荷重の時の $\bar{\tau}_m$ より大きくなっている。これは、鉄筋の横フジの下面に生じたブリージングによる微細な空隙などの影響が原因であると考えられる。次にL-ATシリーズを見るとL-Aシリーズの $\bar{\tau}_m$ の値よりその $\bar{\tau}_m$ の値は若干小さくなっている。またL-A0シリーズの $\bar{\tau}_m$ の値もL-Aシリーズの値に比べて小さくなっているが、かぶり厚さを全くとっていないにもかかわらずある程度の応力を負担している。しかしながら、中央部の鉄筋をシアーキーで拘束したL-ASシリーズの $\bar{\tau}_m$ の値はL-Aシリーズのそれに比べて大きくなっている。これらは、いずれも鋼管によるコンクリートの拘束の度合が影響しているためである。

Aシリーズの試験体に比べて、鉄筋を3本配筋したL-Bシリーズの $\bar{\tau}_m$ の値は大きくなり、さらにコンクリート強度が高いH-Bシリーズの $\bar{\tau}_m$ の値はそれより大きくなっている。またL-B16およびH-B16の試験体は、このL-B,H-Bシリーズと同じ条件で鉄筋径をD16に換えたものである。鉄筋径が大きくなると鉄筋の横フジの高さが変わり付着強度に影響が出ることが考えられたが、図-6を見るとほとんど変化がないようである。

3.4 鋼管の膨らみ量およびひび割れの観察結果

図-7に、钢管上面で測定された膨らみ量 δ と載荷荷重Pとの関係をL-AN,L-ATおよびL-A0の試験体について示す。これらの図より、钢管の膨らみは荷重が大きくなるほど、また繰り返し載荷が進むほど大きくなっていくことがわかる。また、同図より初めに急激に膨らみ量が増加するところが見られるが、これは鉄筋の周りのコンクリートにひび割れが発生したところであり、図-8に示すL-A0の試験体によるひび割れの観察結果と対応している。

3.5 平均付着強度とコンクリートの圧縮強度および鉄筋間隔の関係

平均付着応力度 $\bar{\tau}_m$ の最大値 $\bar{\tau}_{max}$ とコンクリートの圧縮強度 F_c との関係を図-9に示す。 $\bar{\tau}_{max}$ は、最大荷重 P_{max} を鉄筋とコンクリートの全付着面積で除した値である。破線は、通常のRC部材でのコンクリートに対する異形鉄筋の短期許容付着応力度[2]である。

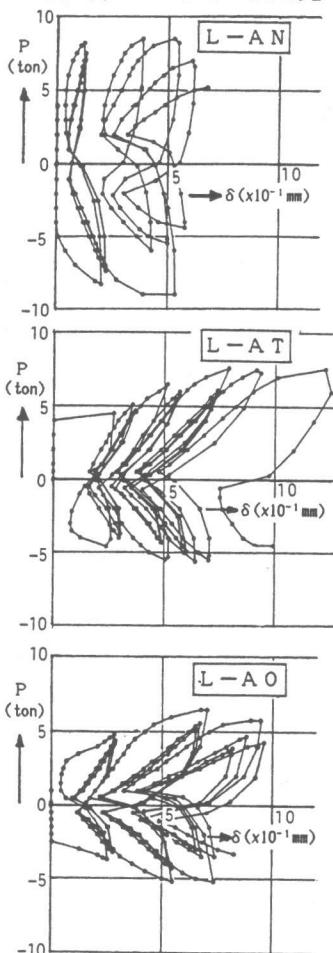


図-7 鋼管の膨らみ量

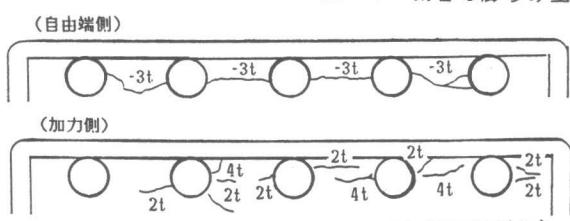


図-8 コンクリートのひび割れ（初期ひび割れ）

図より、
L-Aおよ
びL-ANシ
リーズの
 $\bar{\tau}_{\max}$
の値に比
べてコンク
リート強
度の高い
H-Aシリ
ーズの $\bar{\tau}_{\max}$
の値はか
なり大
きくな
る。

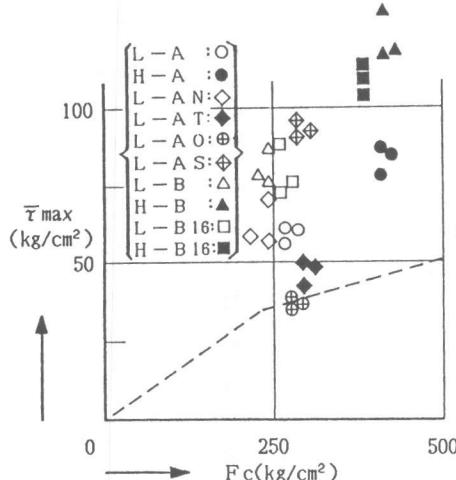


図-9 平均付着強度 $\bar{\tau}_{\max}$ と
コンクリートの圧縮強度 F_c の関係

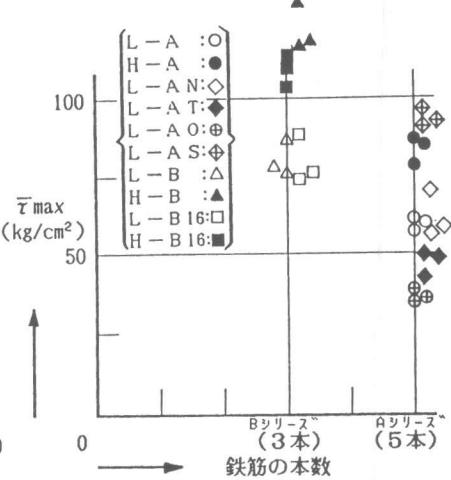


図-10 平均付着強度 $\bar{\tau}_{\max}$ と
鉄筋の本数の関係

っている。これらの値は、破線で示されている短期許容付着応力度の値より大きくなっているが、鋼管の板厚が薄くなつたL-ATシリーズの $\bar{\tau}_{\max}$ の値はL-Aシリーズのそれに比べて小さくなっている。またかぶり厚さをゼロにしたL-AOシリーズではそれよりも小さくなっているものある程度の付着強度を発揮していることがわかる。それに対して、シアーキーによって中央部の鉄筋を包み込んだL-ASシリーズの試験体の $\bar{\tau}_{\max}$ の値はかなり大きくなっている。

図-10に、 $\bar{\tau}_{\max}$ と鉄筋の本数との関係を示す。図より、コンクリート強度の低いLシリーズにおいては鉄筋を3本配筋したBシリーズの $\bar{\tau}_{\max}$ の値がかなり大きくなっているが、コンクリート強度の高いHシリーズではほとんどその差が見られなかった。また、BシリーズでD16の鉄筋を使用した試験体L-B16およびH-B16のシリーズの $\bar{\tau}_{\max}$ の値は、L-B,H-Bシリーズのそれとほとんど差が認められなかった。

4. 結論

本論においては、鋼管で被覆補強されたコンクリートと異形鉄筋の間の付着性状を実験的に検討した。その結果、以下のことが明らかになった。

- (1) 鉄筋のかぶり厚さを全くとらなかった場合でも、付着強度はある程度発揮できる。
- (2) 鋼管の板厚を薄くすると付着強度は低下する。
- (3) 中央部に配筋した鉄筋をシアーキーにより拘束した場合は、付着強度はかなり大きくなる。

謝辞

本研究は、昭和61年度文部省科学研究費補助金（総合研究A、研究代表者：富井政英、課題番号：60302071）による「鉄筋コンクリート短柱のせん断破壊を鋼管補強により防止する設計法に関する実験的研究」の一環として行なつたものである。本報告をまとめるにあたっては、琉球大学大学院学生須藤栄治氏および同4年次学生加島利紀、幸地昭夫、比嘉弘明の各氏の協力を得た。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 富井、崎野、渡辺、肖、「鉄筋コンクリート短柱のせん断破壊を鋼管補強により防止する設計法に関する実験的研究（その1～その4）」 建築学会大会学術講演梗概集 昭和60年 他関連論文
- [2] 日本建築学会、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」