

直角フックを有する横拘束筋の端部定着構造と その定着性能の検討

塩島亮彦¹・運上茂樹²

¹正会員 土木研究所 耐震研究グループ（〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6）

²正会員 工博 土木研究所 耐震研究グループ（〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6）

1. はじめに

鉄筋コンクリート橋脚構造においては、平成7年の兵庫県南部地震による甚大な被害の経験を踏まえて、地震時における塑性変形性能の向上が不可欠となった。このために、帯鉄筋や中間帯鉄筋が非常に多く配筋されるとともに、これらの定着や継手についても十分な性能を確保することが必要とされた。これに伴って現場における帯鉄筋や中間帯鉄筋の施工作業が非常に煩雑になるとともに、コンクリートの確実な充填性についても注意が必要となっている。

そこで、著者らは、鉄筋コンクリート構造の塑性領域において必要な変形性能を確保するとともに、施工の効率化と施工コストの低減を図ることも可能な技術開発を行うことを目的として、直角フックを有する帯鉄筋や中間帯鉄筋の端部の定着構造を提案¹⁾し、その構造の定着性能について鉄筋の引抜試験により検討を行ってきた^{2), 3)}。本文では、これまでの実験結果を踏まえ、定着具の形状や強度について改良を施すとともに、その効果を鉄筋の引抜試験により検討したので、その結果について報告する。

2. 帯鉄筋と中間帯鉄筋に求められる性能と従来の配筋方法

地震時に塑性化することを考慮する鉄筋コンクリート橋脚においては、帯鉄筋は内部コンクリートを拘束する役割、軸方向鉄筋の座屈を抑制する役割ならびにせん断耐力を高める役割があり、中間帯鉄筋は帯鉄筋を補完してこれらの効果を高める役割がある。地震時に橋脚に塑性化が生じるような変形が生じて、これらの役割を確実に果たすためには、帯鉄筋と中間帯鉄筋の端部の定着に十分配慮する必要がある^{4), 5)}。例えば、道路橋示方書V耐震設計編

では、中間帯鉄筋の端部を半円形フックもしくは鋭角フックとし、そのフックを帯鉄筋にかけた上で内部のコンクリートに定着させることとなっている。中間帯鉄筋の端部を帯鉄筋にかけるのは、大きな塑性変形が生じて帯鉄筋が外側にはらみだしにくくすることにより軸方向鉄筋の座屈を抑制し、内部コンクリートの拘束効果を高めるためである。

中間帯鉄筋の両端を帯鉄筋にかける場合、端部のフック形状として半円形フックや鋭角フックを用いるとその施工が困難であり、直角フックの方が施工しやすい。しかし、中間帯鉄筋の端部を直角フックとした鉄筋コンクリート柱に対する正負交番載荷実験によると、かぶりコンクリートが剥離すると、帯鉄筋のはらみだしに対して直角フックが十分に抵抗できず、直角に曲げられていたフックがまっすぐに伸びようとする挙動を示し、これによって内部コンクリートが拘束できなくなることがわかっている⁴⁾。このような点を踏まえ、実際の施工では、一端に半円形フックを有する2本の鉄筋を断面内部で継いだ中間帯鉄筋とすることが多くなっている。

3. 施工性を考慮した定着構造の概念と定着具の改良

帯鉄筋や中間帯鉄筋の施工性の向上を図った定着構造については既に幾つかの提案があるが^{6), 7)}、著者らは、端部のフックとして施工性のよい直角フックを使いながらも、かぶりコンクリートが剥落するような損傷が生じて帯鉄筋との定着を確保し得る単純で簡単な機構の定着構造を考案し¹⁾、中間帯鉄筋の引抜試験によりその定着性能について検討を行ってきた^{2), 3)}。図-1は、定着構造の概念図を示したものである。

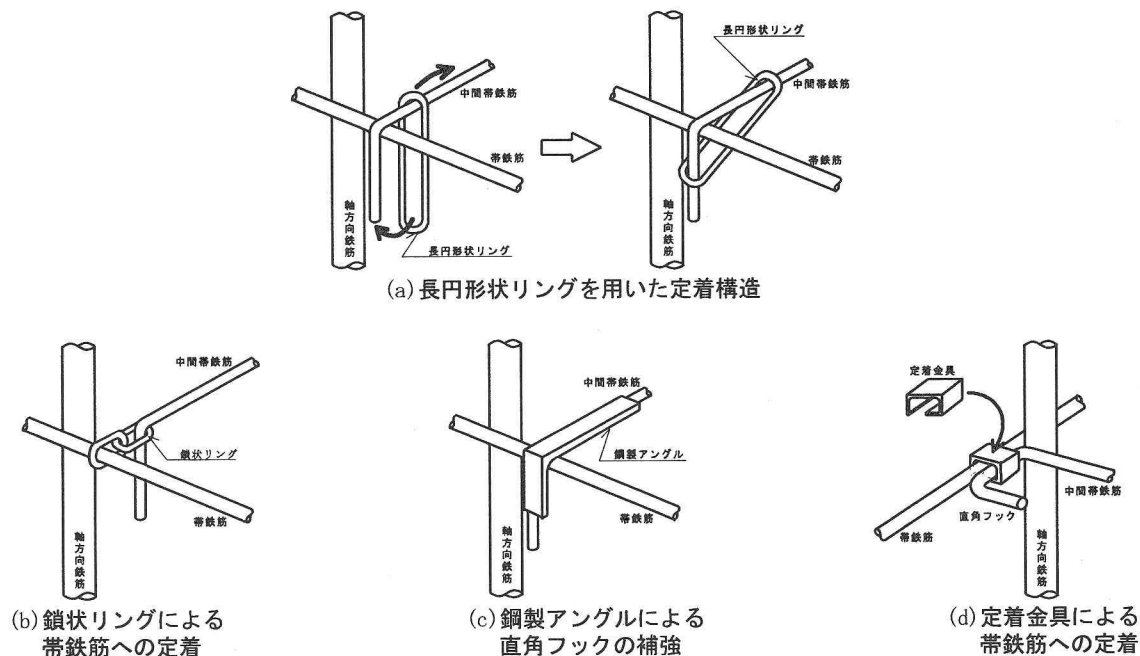


図-1 施工性を考慮した予稿拘束筋端部の定着構造の概念図

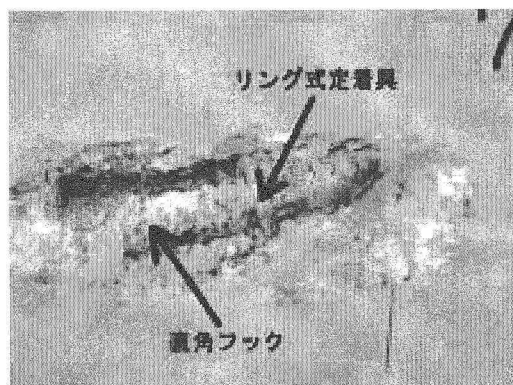


図-2 リング式定着構造の実験後の状況

しかしながら、これまでに実施した引抜試験において、鎖状リング式およびクリップ式定着構造については、半円形フックとほぼ同等の結果が得られたものの、リング式および鋼製アングル式定着構造については鉄筋の降伏点相当以上の定着性能を確保することができなかった。

これらの構造は、直角フックが開くのを抑えることにより定着を確保する構造であるが、リング式定着構造では、直角フックの端部が開く力によってリングに曲げが生じ、フックの端部の開き出しを抑えることができず(図-2参照)、鉄筋が降伏点に達する前に定着性能が失われる結果となった。そこで今回実験を行った供試体では、この実験結果について検討した結果³⁾を踏まえ、図-3に示すようにリングに曲げモーメントが作用しないような形状に改良した。

また、鋼製アングル式定着構造では、フック付け根部に生じる曲げモーメントに抵抗できずフックが開きだしてしまったため、今回実験で用いた鋼製アングルでは、従来のものより曲げ剛性を向上させ

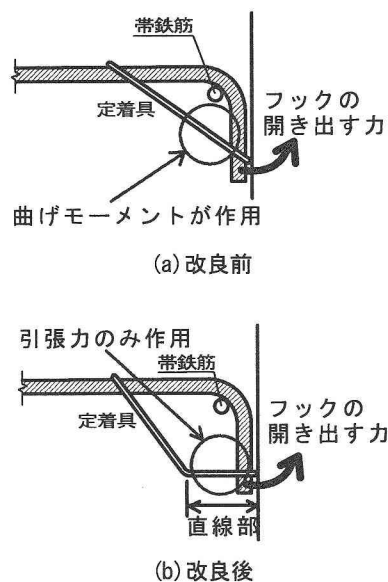


図-3 リング式定着構造の改良

る改良を行った。

4. 引抜試験による定着性能の確認

(1) 実験の概要

実験に用いた模型供試体の諸元を、図-4 に示す。本実験では、中間帯鉄筋の定着構造形式をパラメータとして、図-5(a)～(d)に示す4体の模型供試体に対して引抜試験を実施し、これまでに実施した図-5(e)に示す半円形フックとの比較を行った。なお、リング式定着構造については、リングの鉄筋径及び

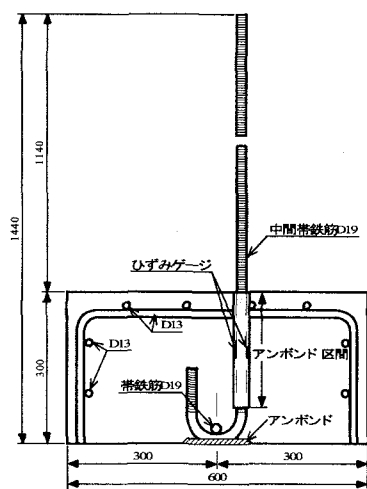


図-4 模型供試体

その直線部の長さを変化させた3体について実験を行った。また、帯鉄筋、中間帯鉄筋ともD19を使用し、図-4に示す区間をアンボンドとしている。鉄筋の材料試験の結果を、表-1に示す。ここで、今回実験を行ったリング式、鋼製アングル式定着構造に用いた鉄筋は、半円形フックと異なるロットの鉄筋となったため、降伏点に若干の差異が生じている。

実験方法としては、図-6に示すように模型供試体とジャッキとをセットし、鉄筋を引き抜くことにより、定着性能の確認を行った。測定データは、引張荷重、鉄筋のひずみ及び変位、定着部の変位である。鉄筋のひずみは、図-4に示す二枚のひずみゲージの値で評価を行った。

(2) 実験結果

図-7は、鉄筋の応力-ひずみ関係を、半円形フックと比較したものである。引抜実験より得られた知見を、以下に示す。

a) リング式1

鉄筋に生じた最大応力は約 300N/mm^2 であり、従来のリング式からの改善は見られなかった。従来のリング式定着構造とは異なり、直角フック端部の開き出しはほとんどなかったが、鉄筋に引きずられるようにしてリングに曲げが生じ、引張荷重が低下した。

b) リング式2

リングの直線部を長くした本供試体では、引張力が降伏点に相当するまで定着性能を向上させることができた。鉄筋の降伏後は、フック端部の開き出しは生じず、リング式1と同様にフックの鉄筋に引きずられるようにして、リングに曲げが生じ始めた。

c) リング式3

リング式2と同様に、鉄筋が降伏するまで定着性能を向上させることができた。鉄筋の降伏後も同様に、引張荷重が低下し、鉄筋が抜け出してきたが、リングに曲げは確認できなかった。

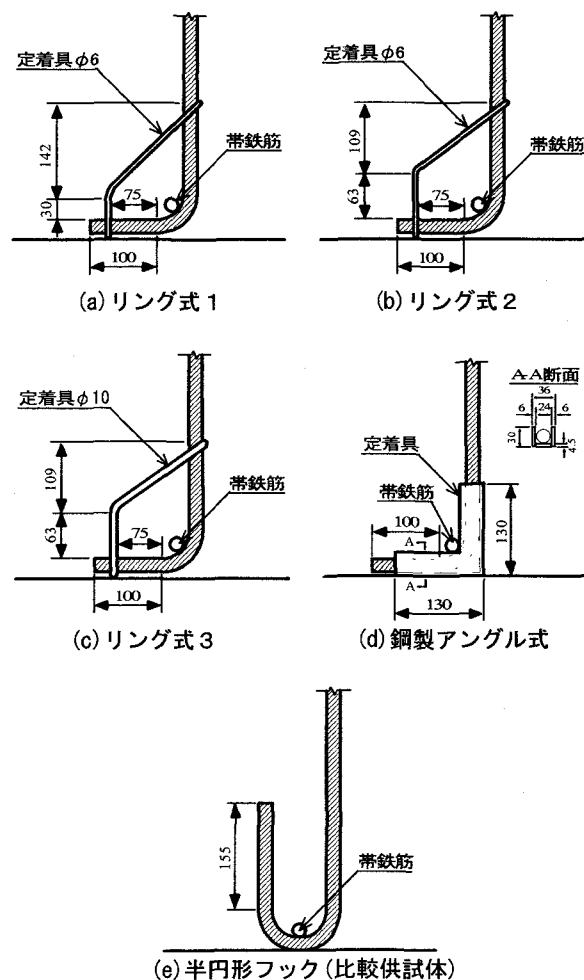


図-5 定着部の詳細

表-1 鉄筋の材料試験結果

種 類	リング式1～3 鋼製アングル式	半円形フック
	D19	SD345
降伏点 (N/mm ²)	405.4	362.5
引張強さ (N/mm ²)	613.5	569.9

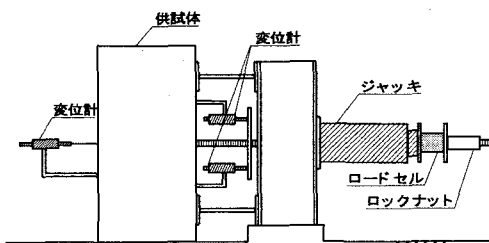


図-6 試験装置

d) 鋼製アングル式

ひずみ硬化域も含め、応力-ひずみ関係は半円形フックの場合と同様な挙動となっており、端部の定着が十分に確保できていることがわかる。

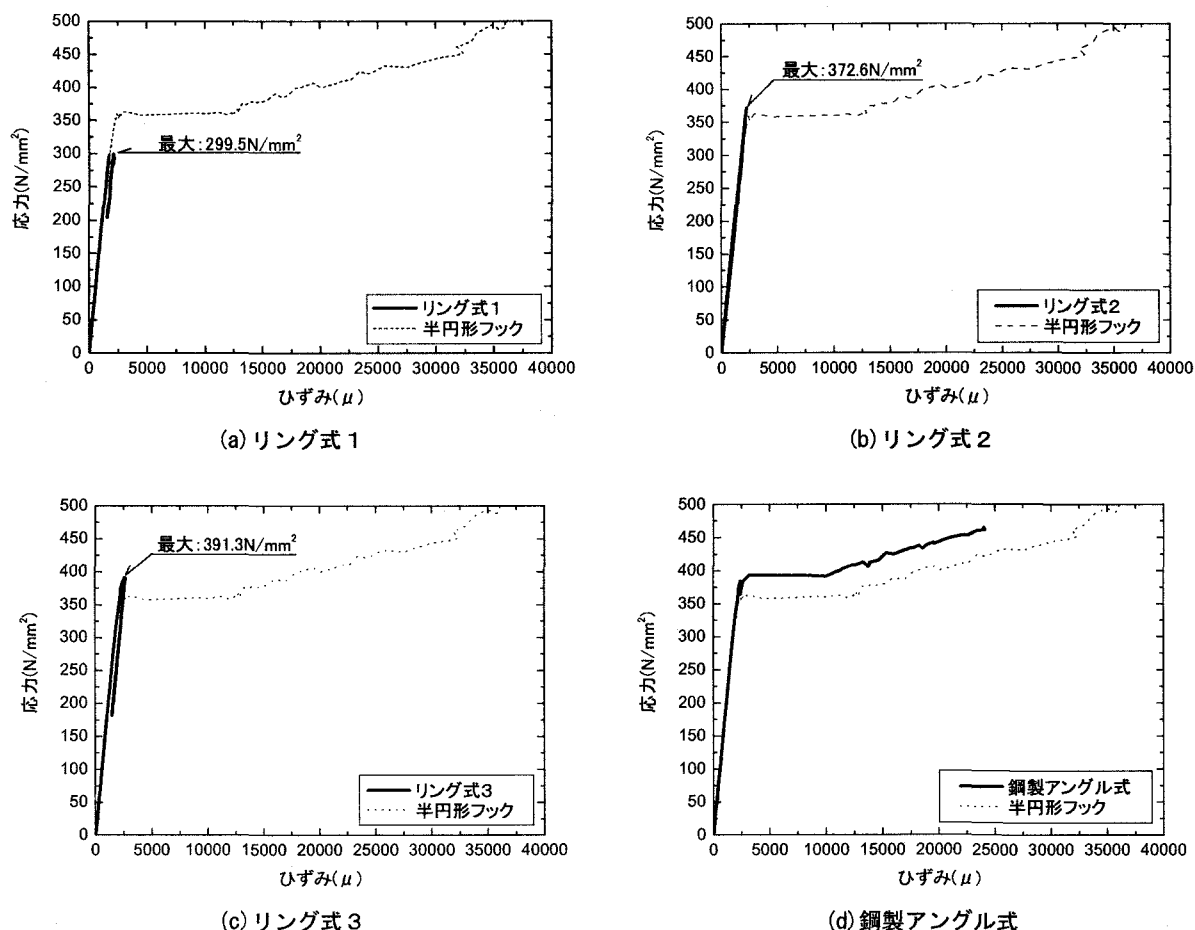


図-7 中間帯鉄筋の応力-ひずみ関係の比較

5. まとめ

これまでに著者らが提案した横拘束筋の端部定着構造について、その形状や強度を改良し、引抜試験により定着性能の検証を行った。本研究により得られた知見は、以下のとおりである。

- ・従来のリング式定着構造において、フックが開き出す原因となったリングの曲げを生じさせないように形状を改良したリング式定着構造では、フックの開き出しを抑えることができ、定着性能も従来のリング式より向上させることができた。
- ・鋼製アングル式定着構造では、フックの付け根部に生じる曲げモーメントに抵抗しうるように鋼製アングルの曲げ剛性を設計すれば、半円形フックと同等の定着を確保することができる。

6. 謝辞：本研究は、土木研究所、(財)土木研究センターならびに民間5社で実施している、「鉄筋コンクリート構造の配筋合理化技術に関する共同研究」の成果の一部であり、関係各位に謝意を表する。

参考文献

- 1) 運上茂樹、星隈順一、塩島亮彦：施工性の向上を図った横拘束筋端部の定着構造の提案、土木学会第 57 回年次学術講演会、2002 年 9 月
- 2) 塩島亮彦、運上茂樹、星隈順一：施工性の向上を図った横拘束筋端部の定着構造の引抜試験、土木学会第 57 回年次学術講演会、2002 年 9 月
- 3) 塩島亮彦、運上茂樹、星隈順一：横拘束筋の端部定着構造とその定着性能の検討、第 6 回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集、pp. 89-94、2003 年 1 月
- 4) 寺山徹、運上茂樹：鉄筋コンクリート橋脚の変形性能に及ぼす中間帯鉄筋の影響、土木技術資料、Vol. 40、No. 3、pp. 56-61、1998 年 3 月
- 5) 立松伸博、大野義昭：鉄筋コンクリート柱の曲げ破壊性状に及ぼす帯筋端部形状の影響、コンクリート工学年次論文集、Vol. 23、No. 3、pp. 241-246、2001 年
- 6) 鈴木基行、秋山充良、杉田稔、松山英雄、宇田川亮：簡便なせん断補強筋機械式継手の開発およびその R/C 部材への適用に関する実験的研究、コンクリート工学論文集、第 11 巻、第 3 号、pp. 49-61、2000 年 9 月
- 7) 澤本武博、辻正哲、舌間孝一郎、西川泰之、加賀谷収：地震荷重によりかぶり筋が剥離する場合のフープ筋の定着補強に関する研究、土木学会第 53 回年次学術講演会、第 5 部、pp. 1146-1147、1998 年 10 月