

鉄筋コンクリート工事における現場施工の効率化の事例

柴田辰正・平林克己・丹野 弘・中野正則

1. はじめに

国土交通省が推進するi-Constructionの取り組みの一つとして、コンクリート工の生産性向上を目指した技術開発が進められている。鉄筋コンクリート構造物（以下「RC構造物」という。）は、兵庫県南部地震以降の耐震設計規定の改定に伴い、高密度配筋となる事例が増え、鉄筋の加工、組立てをいかに効率的に行うかが、流動性を高めたコンクリートの使用とともに、生産性向上の鍵を握っており、特に鉄筋継手の施工は、配筋の作業効率を大きく左右するものと考えられる。

このような背景のもと、機械式鉄筋継手の適切な使用により、建設工事における生産性向上に資することを目的として、技術的な留意事項を取りまとめた「現場打ちコンクリート構造物に適用する機械式鉄筋継手工法ガイドライン」¹⁾などが作成された。今回、機械式鉄筋継手を用いた工法について、建設技術審査証明（以下「審査証明」という。）で力学的性能や施工性を確認したので、RC構造物の生産性向上に資する取り組みの一事例として紹介する。

2. 対象とした技術について

2.1 機械式鉄筋継手同列配置工法の概要²⁾

近年、構造物の大規模化が進み、土木構造物においても、長い太径鉄筋を高密度で配筋する部位が急激に増加してきている。建築分野では、いち早く柱部材など、重ね継手の施工が難しい箇所に、機械式継手を設ける取り組みが進んでおり、プレキャスト部材の採用と併せて、継手位置を一断面に集めることで効率性も高まってきている。これらの技術の中で、機械式鉄筋継手同列配置工法（以下「同列配置工法」という。）と称される、品質が確認されたねじ節鉄筋、および機械式鉄筋継手の一種であるねじ節鉄筋継手を使用し、確実に施工管理を行うことにより、同一断面（同じ高さ）

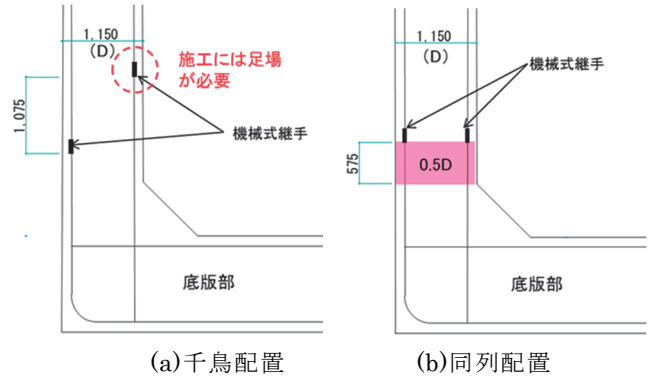


図-1 機械式継手配置概要図の例

に施工することが可能な工法（図-1(b)）の活用にも期待が寄せられている。

2.2 同列配置工法の開発背景

機械式鉄筋継手は、施工指導を受けることで誰でも容易に施工ができ、かつその手順を順守すれば必要な性能が得られるため、個人の力量差が生じにくいという利点がある。これにより、機械式鉄筋継手は、技能者の不足と技術継承という課題に対しても貢献できるものと考えられる。

また、機械式鉄筋継手を採用した場合（千鳥配置を前提）は、鉄筋の組立工事が、ガス圧接継手や溶接継手と比較して、工期で20～30%短縮、作業員数で15～20%程度削減できるとの報告³⁾がある。さらに、機械式鉄筋継手を施工する場合には、継手全数を検査することが一般的であり、同列配置工法を適用することで、図-1に示したように上部を施工するための足場が不要となることから、配筋・継手施工および検査工程の段取り替えの手間を減らすことができるなど、更に工期短縮を図ることが可能であると考えられた。

既に建築分野では、「2015年度版 建築物の構造関係技術基準解説書」⁴⁾において、鉄筋継手の使用基準が示されており、設計手法によって適用部位が異なるものの機械式鉄筋継手の同列配置も可能とされており、多くの施工実績がある。

土木構造物においても機械式鉄筋継手の同列配置が可能となれば、生産性向上に大きく寄与することから、審査証明において同列配置工法の技術的な内容について、学術経験者等による技術審査が行われることになった。

なお、関連基準では、継手配置として以下の内容が示されている。

1)強度面で弱点となるリスクが高いため、これまで主鉄筋の継手は、塑性ヒンジ部を避け千鳥配置とすることが原則とされている^{5),6),7)}。

2)土木学会コンクリート標準示方書では、「塑性ヒンジ部の軸方向鉄筋に継手を設ける場合は、実物大部材を用いた載荷実験等の特別な検討を要する」としている⁵⁾。

3)道路橋示方書 コンクリート橋・コンクリート部材編では、「やむを得ず一断面に(継手を)集中させる場合には、継手が確実に施工でき、継手付近のコンクリートが確実に充てんされ、また、継手としての性能が確実に達成されるよう、継手の種類や間隔、位置を検討する必要がある。」としている⁶⁾。

3. 審査証明の取組み²⁾

3.1 開発の趣旨と目標

対象とする同列配置工法は、ねじ筋鉄筋継手を同列配置することで、継手を設けない場合と同等以上の変形性能を有し、かつ、生産性向上と施工品質向上を図ることを目的として、次の開発の目標を定めた。

(1)部材の耐力および変形性能

継手を設けない場合と比較し、部材の耐力、および変形性能が同等以上であること。

(2)施工性

鉄筋継手が確実かつ容易に施工されること。

なお、本審査証明の対象となる同列配置工法に用いる機械式鉄筋継手は、他機関で性能証明を受けた、土木学会鉄筋定着・継手指針⁷⁾のA級性能を有するねじ筋鉄筋継手であり、以下の確認試験においても使用している。

3.2 部材の耐力と変形性能の確認試験

(1)試験体の概要

表-1 試験体の諸元

No.	主鉄筋			せん断補強鉄筋		配力鉄筋
	種類 本数・呼び名	引張鉄筋比 Pt(%)	継手	種類 呼び名	せん断補強 鉄筋比 Pw(%)	種類 呼び名 @間隔(mm)
1	SD345 10-D32	0.62	なし	SD345 D16	0.25	SD345 D19 @250
2			あり			
3	SD490 9-D29	0.45	あり			

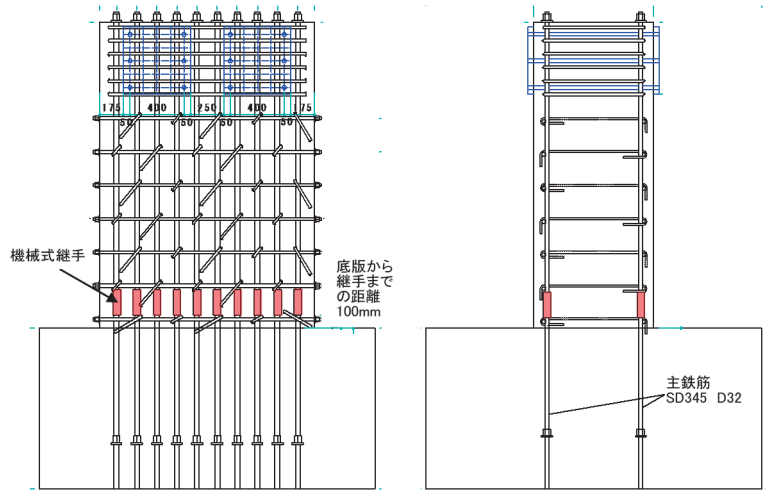


図-2 試験体概要図 (No.2試験体)

部材の耐力および変形性能の確認のため、実大壁部材による正負交番載荷試験を行った。試験体は、ボックスカルバートの一部を切り出した形状で、片持ち形式の壁試験体を3体製作した。壁部は幅1.6m、厚さ0.9m、高さ2.29mとし、実物件の配筋図を参考に配筋した。試験体の諸元および概要図は表-1、図-2に示すとおりである。

試験では、底版上面から100mmの高さに継手カプラーの下端部が位置し、塑性ヒンジ部に相当する部分に継手を設けて行った。

コンクリートは、スランプ20cm、空気量3.8%、目標圧縮強度24N/mm²(試験時現場封かん養生供試体強度26.5N/mm²以上)のものを用いた。

(2)試験結果

試験結果として、荷重-水平変位(P-δ)履歴曲線を図-3に、水平変位とエネルギー吸収量(各荷重段階の1回目のループ面積)との比較を図-4に示す。

これらの試験の結果、以下の点が確認できた。
1)部材の耐力(最大荷重、正側および負側)は、それぞれ No.1 : 1,290kN および 1,266kN、No.2 : 1,318kN および 1,337kN、No.3 : 1,218kN および 1,283kN であり、曲げ耐力時の計算値(図

土研センター

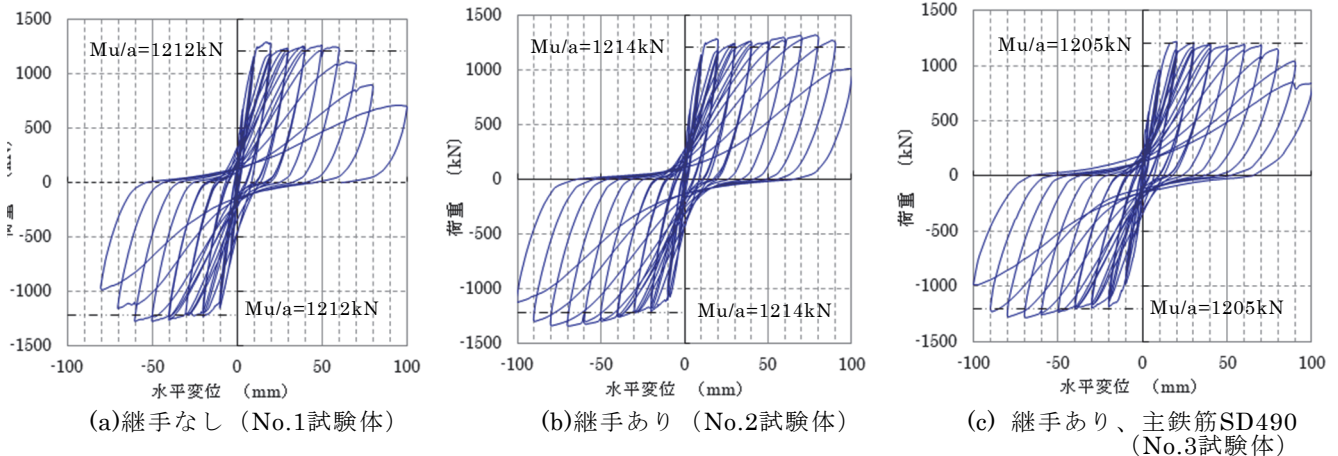


図-3 荷重-水平変位 (P-δ) 履歴曲線

中のMu/a) に対して、1.01~1.10倍となり計算値より高く、同列配置で継手を設けた場合 (No.2、No.3) は、継手を設けない場合 (No.1) とほぼ同等であった。

2)変形性能は、荷重-水平変位の履歴曲線より、荷重が大きく低下する直前の水平変位で比較した結果、No.1：正側負側とも60mm、No.2：正側負側とも60mm、No.3：正側80mm、負側90mmとなり、同列配置した試験体が継手を設けない試験体より大きい。

また、エネルギー吸収性能を、図-3の荷重-水平変位履歴曲線のループ面積 (エネルギー吸収量) で評価した結果 (図-4) によると、同列配置した試験体は継手を設けない場合 (No.1) より大きい。

さらに、試験体の損傷状況を写真-1に示す。これらは、 $8\delta_y$ (δ_y :降伏変位) 終了後の状況であり、継手なしのNo.1試験体ではかぶりコンクリートが剥落しているが、継手のあるNo.2、No.3試験体では剥落は見られない。

3.3 施工性の確認試験

標準施工手順に従った施工試験を実施し、継手の両端部にマーキングがかかっていること、かつ継手の両端からグラウトが溢れ出していることを確認した (図-5)。また、施工に用いた機械・器具は、特殊・大規模なものではないことや、本工法を適用する現場では、継手作業責任者および継手検査員は日本鉄筋継手協会認定の有資格者が実施することから、確実かつ容易に施工が行われることを確認した。写真-2に施工性確認試験の状況を示す。

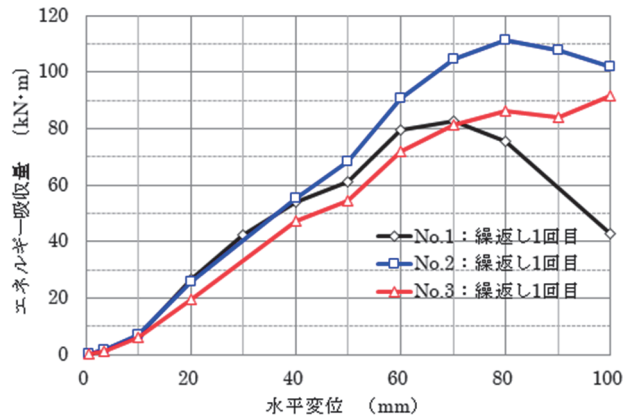


図-4 水平変位とエネルギー吸収量の比較

3.4 適用範囲

3.2の確認試験では、継手を塑性ヒンジ部に相当する部分に設けて試験を実施したが、本工法の適用にあたっては、継手の位置は塑性ヒンジ部を外すこととした。なお、本工法の塑性ヒンジ部は、実験結果から、図-1(b)に示すピンク色の部分とした。

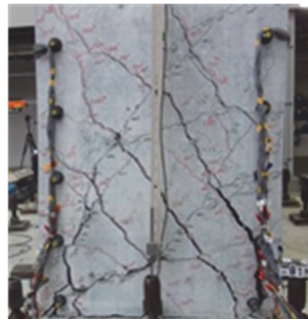
また、審査証明の対象は壁部材とし、ボックスカルバート、連続壁、擁壁、橋台パラペットは対象としたが、壁式橋脚は除外した。

4. おわりに

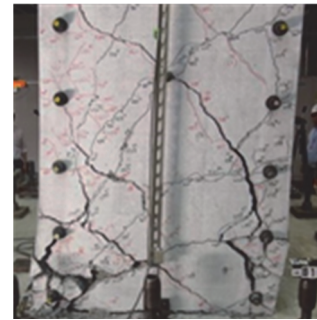
本報では、RC構造物施工の生産性向上に向けた分野での取り組みの事例として、同列配置工法に関する審査証明を例に報告した。ここでは、事例として既に性能証明済の機械式鉄筋継手を対象とした審査証明の内容を示したが、機械式鉄筋継手の種類や構造などが異なる場合には、今回の審査証明の事例で示した力学性能と異なる可能性が



(a)継手なし (No.1試験体)



(b)継手あり (No.2試験体)



(c)継手あり、主鉄筋SD490 (No.3試験体)

写真-1 損傷状況 (8δy終了後の状況)



写真-2 施工性の確認試験の状況 (グラウト溢れ出しの確認)

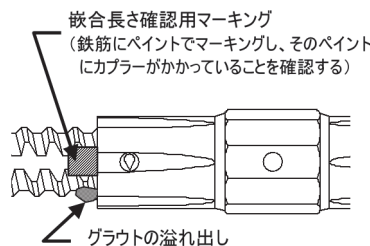


図-5 鉄筋のマーキングとグラウトの溢れ出し

う審査証明においては、より広い視野の下、より精緻な検討を行い、信頼性の高い証明事業行っていきたいと考えており、今後とも皆様方のご理解、ご協力をお願いする。

最後に、本審査証明の実施に際し、適切なお意見をいただいた審査証明委員会の委員の皆様へ感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 機械式鉄筋継手工法技術検討委員会：現場打ちコンクリート構造物に適用する機械式鉄筋継手工法ガイドライン、2017.3
- 2) 土木研究センター：ねじ節鉄筋継手同列配置工法「SRAC工法」、建設技術審査証明報告書（土木系材料・製品・技術、道路保全技術）、建技審証第1701号、2017.6
- 3) 渡辺博志、津川優司、前田敏也：コンクリート生産性向上のための3つのガイドライン、橋梁と基礎、pp.37~44、2018.2
- 4) 国土交通省住宅局建築指導課他：2015年度版 建築物の構造関係技術基準解説書、2015
- 5) 土木学会：2017年制定コンクリート標準示方書設計編、pp.364~371、2018.3
- 6) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 IIIコンクリート橋・コンクリート部材編、pp.84~87、2017.11
- 7) 土木学会：鉄筋定着・継手指針 [2007年版]、コンクリートライブラリー128、p.34、2007.8

あるため、確認が必要となることに留意されたい。

土木研究センターでは、報告した同列配置工法以外にも、RC構造物に関連するいくつかの工法について、鋭意、審査証明、性能証明などを進めており、今後も民間における生産性向上に資する新製品、新技術の開発・普及の支援に努めてまいりたい。なお、今回事例として取り上げた工法では、「壁構造物以外への適用」および「より簡便で確実な検査方法」などの課題が残されており、その克服にも期待が寄せられている。

建設生産プロセスにおける生産性向上が求められる中で、有用な新技術を確立するには、技術の成立性や施工性、検査手法などを含む様々な角度からの検討が欠かせない。新技術開発の支援を行

柴田辰正



(一財) 土木研究センター
企画・審査部長
Tatsumasa SHIBATA

平林克己



(一財) 土木研究センター
企画・審査部次長
Katsuki HIRABAYASHI

丹野 弘



(一財) 土木研究センター
審議役
Hiroshi TAN-NO

中野正則



(一財) 土木研究センター
専務理事
Masanori NAKANO