

鉄道高架橋のプレキャスト化に向けた鋼管拘束型鉄筋継手の開発

鈴木 雄太*1・土井 至朗*1・田口 隆治*1・安保 知紀*2

概 要

建設工事では生産性向上等を目的に鉄筋コンクリート構造物のプレキャスト化が増えている。プレキャスト工法における重要な要素は接合方法であり、その中でも鉄筋の継手方法は、施工性や構造物の性能に大きな影響を与える。そこで、施工が容易な鋼管拘束型鉄筋継手を開発し、引張試験および実物大のプレキャスト柱部材の試験体による交番載荷試験を実施した。その結果、基礎部材に開発した鋼管拘束型鉄筋継手を設けた場合、今回の試験範囲では、重ね継手長さを鉄筋径の 20 倍とすれば、鉄筋継手は鉄筋の規格引張強度以上の強度を有し、鉄筋の抜け出しはほとんどみられないことがわかった。

キーワード：生産性向上・重ね継手

DEVELOPMENT OF A REINFORCEMENT JOINT FITTING — A TYPE OF CONSTRAINING STEEL PIPE — FOR USE IN PRECASTING A RAILWAY VIADUCT.

Yuuta SUZUKI*1, Shirou DOI*1, Ryuuji TAGUCHI*1, Tomonori ABO*2

Abstract

In the construction industry, there has been a growing number of precasting projects for RC structures, aiming at higher productivity. Joining is one of the important elements in the precast method, and the joining technique for reinforcement rebars has a great impact on workability and the performance of structures.

Keeping this requirement in mind, we created a unique reinforcement joint fitting which features steel pipe constraining and can be easily handled. This joint fitting itself was subjected to a tensile test, and then the full-size specimen in the form of a precast column component was subjected to an alternate load test. As a result, the tests revealed that, assuming the length of a lap splice is 20 times the bar diameter, the steel pipe-constraining bar splice, when provided at the foundation component, demonstrates greater strength than the tensile strength of bar specified by the Standard, and the steel bar is hardly ever pulled out.

Keywords: increase in productivity, lap splice

*1 Foundation / Structure Group, Research & Development Center, Construction Technology General Center

*2 Manager, Foundation / Structure Group, Research & Development Center, Construction Technology General Center

鉄道高架橋のプレキャスト化に向けた鋼管拘束型鉄筋継手の開発

鈴木 雄太*1・土井 至朗*1・田口 隆治*1・安保 知紀*2

1. はじめに

建設業界では、労働力が減少していく中で、現場での生産性向上の必要性が増している。その取り組みの一環として、コンクリート構造物へのプレキャスト工法の適用が進められている。コンクリート構造物をプレキャスト化することで、品質が安定し、工期短縮や作業・品質管理の省力化等の効果が見込まれる。プレキャスト工法における重要な要素は接合方法であり、その中でも鉄筋の継手方法は施工性や構造物の性能に大きな影響を与える。プレキャスト部材同士の接合工法として機械式継手を用いた工法があるが、カップラ等で鉄筋を繋いだ後に、各継手内へのグラウトの注入や帯鉄筋・型枠の組立、コンクリートの打設等の多くの作業工程が必要となる。この作業工程の簡素化を目的に、鉄筋の重ね継手の周囲を鋼管で拘束する継手(以降、鋼管拘束型鉄筋継手)を開発した。本研究で開発した鉄筋継手は、主に柱(鉛直)部材を対象としており、継手の性能を確認するために、引張試験および実大規模の柱部材の試験体を用いた正負交番載荷試験を実施した。

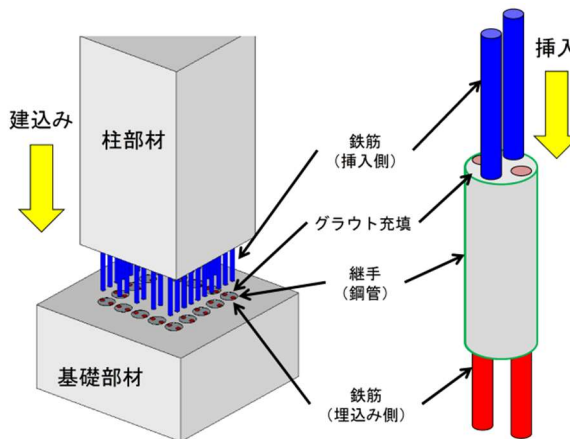


図-1 継手の概要

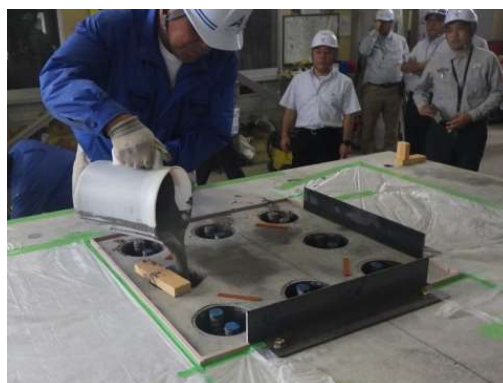


写真-1 グラウト材注入



写真-2 柱部材建て込み

2. 鋼管拘束型鉄筋継手の概要

鋼管拘束型鉄筋継手の概要を図-1に示す。開発した鋼管拘束型鉄筋継手は、基礎部材を構築する際に、軸方向の定着鉄筋とそれを内包するように鋼管を設置しておき、柱部材を上方から降下し、柱の軸方向鉄筋を鋼管内に挿入するものである。部材の接合手順は、基礎部に設置した鋼管内へグラウト材を充填し(写真-1)、上から柱部材を建て込む(写真-2)だけで施工が完了するため、現場施工の大幅な省力化が

期待できる。

*1 建設技術総合センター 研究開発センター 基礎・構造グループ

*2 建設技術総合センター 研究開発センター 基礎・構造グループ グループリーダー

3. 引張試験

3.1 試験概要

引張試験体の概要を図-2に示す。試験は、2本の鉄筋を同時に引っ張ることが可能な大型のセンタホールジャッキを用いて実施した。試験ケースは、鉄筋規格、重ね継手長さ、鋼管径をパラメータとして合計11ケースとした(表-1)。

モルタル打ち込み前の試験体の状況を写真-3に示す。試験体にはネジ節鉄筋を使用し、その定着側および載荷側の端部は、載荷プレートを設置してナットで固定した。鋼管の板厚はいずれも3.5mmとし、汎用性の高いSTK400の規格品を使用した。鋼管内に充填したグラウト材は、プレミックスタイプの無収縮モルタルを使用し、今回の試験における一軸圧縮強度は、53.7N/mm²~59.9N/mm²の範囲であった。

3.2 試験結果

試験結果のうち、鉄筋の最大応力と重ね継手長さの関係を図-3に示す。最大応力は、最大荷重を鉄筋2本分の断面積で除して算出した。鉄筋が降伏する前に鉄筋が抜け出したケースは、重ね継手長さを5φとしたケース(39-5φ-114)のみであり、その他のケースでは鉄筋は降伏に達するものの、いずれの試験体も破断までは至らなかった。この図より、今回の試験範囲内では鋼管の径による鉄筋の最大応力への影響は認められず、重ね継手長さを長くすることで鉄筋の最大応力は増加する結果となった。

次に、重ね継手長さを10φ、15φおよび20φとしたケースの鉄筋応力とひずみの関係を図-4に示す。重ね継手長さを20φとすると、鉄筋の規格引張強度以上の強度を有し、最大荷重時に鉄筋の伸びは5%程度まで確保できることがわかった。

最後に、鉄筋応力と鋼管の周方向ひずみの関係のうち試験ケース49-20φ-140の試験結果を図-5に示す。載荷初期の段階では鋼管中央付近の周方向(測点F2, T2)には圧縮ひずみが発生し、その後引張ひずみに転じ、ひずみが急

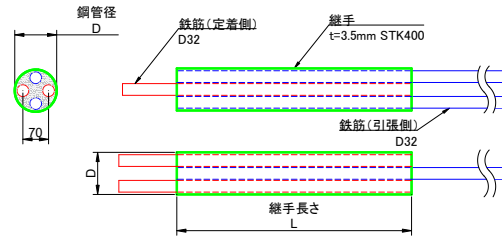


図-2 引張試験体の概要

表-1 引張試験ケース

試験体	鉄筋規格	継手長さ	鋼管径
39-5φ-114	D32(SD390)	5φ(160)	114.3
39-10φ-114	"	10φ(320)	"
39-15φ-114	"	15φ(480)	"
39-20φ-114	"	20φ(640)	"
39-10φ-140	"	10φ(320)	139.8
39-15φ-140	"	15φ(480)	"
39-20φ-140	"	20φ(640)	"
49-15φ-114	D32(SD490)	15φ(480)	114.3
49-20φ-114	"	20φ(640)	"
49-15φ-140	"	15φ(480)	139.8
49-20φ-140	"	20φ(640)	"

※ φ は鉄筋径を示す。

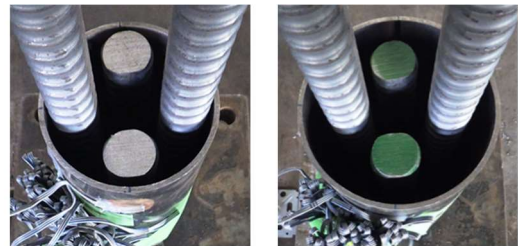


写真-3 試験体状況

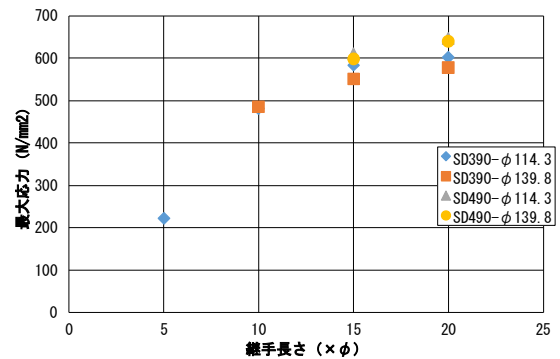


図-3 最大応力 - 継手長さ

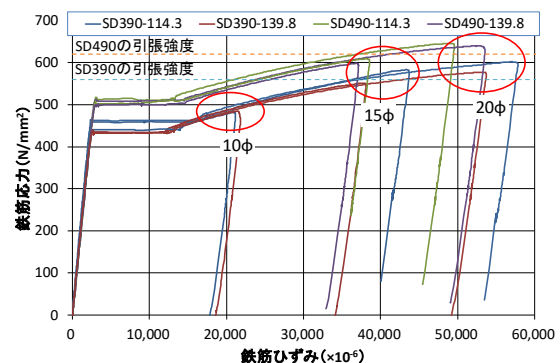


図-4 鉄筋応力 - 鉄筋ひずみ

激に増加して鉄筋の応力が最大となった。この傾向は、他の試験ケースにおいても概ね同様であり、最終的に鋼管の中心付近の拘束力が鉄筋の最大応力に影響していることがわかった。鉄筋の抜け出しは、鉄筋の端部でモルタルが円錐状に破壊して抜け出している（写真－4）。この円錐状の破壊の後モルタルとの付着破壊が端部から中央部に進展し、荷重が低下したと考えられることから、鋼管の拘束効果が鉄筋の抜け出しに抵抗していると想定できる。

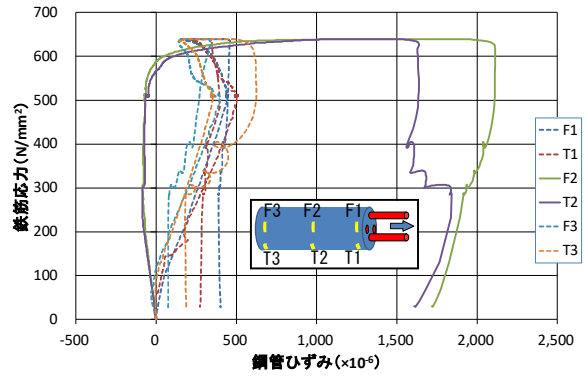
4. 交番載荷試験

4. 1 試験概要

交番載荷試験の概要を図－6に示す。柱部材の断面は700mm×700mmとし、軸方向鉄筋はD32（SD490）、帯鉄筋はD19（SD345）を配置した。柱基部には柱部材の変形性能を向上させるためにスパイラル筋U7.1（SBPD1275）を配置した¹⁾。フーチング部材には、長さが鉄筋径の20倍（L=640mm）の鋼管（φ139.8，STK400）を設置した。引張試験では、最終的に鉄筋が鋼管から抜け出したため、本試験では鋼管の板厚を3.5mmから6.6mmに変更して、鋼管による拘束力を向上させた。鋼管内に充填したグラウト材は、引張試験と同様にプレミックスタイプの無収縮モルタルを使用し、今回の試験における一軸圧縮強度は、72.6N/mm²であった。また、柱部材に使用したコンクリートの圧縮強度は29.4N/mm²であった。

柱部材には、1.0N/mm²（490kN）の一定軸力を載荷し、フーチング天端より2400mmの位置に水平荷重を作用させて正負交番載荷試験を実施した。柱部材の軸方向鉄筋は載荷方向に各2段配置されており、最外縁および2段目の軸方向鉄筋が、正負それぞれの載荷時に降伏ひずみに達した時点での水平変位の平均値を±1δ_yとした。載荷方法は、1δ_yの整数倍で各1回の正負繰返しの漸増載荷とした。

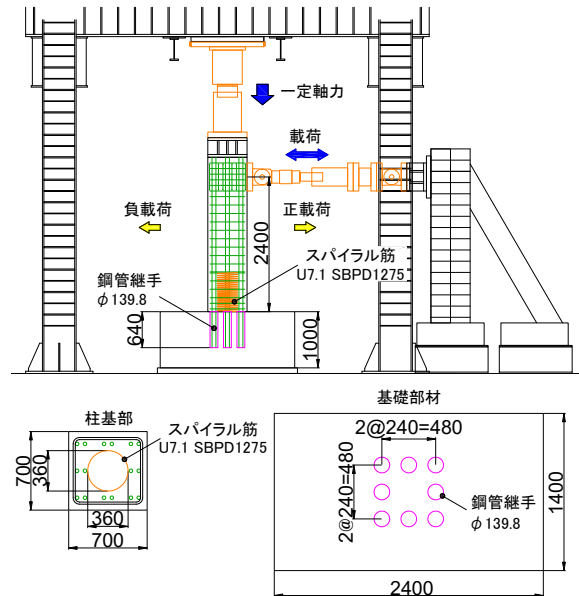
載荷試験において、±4δ_yの載荷で水平ジャッキのストロークと鉛直ジャッキの移動量が限界



図－5 鉄筋応力 - 鋼管ひずみ



写真－4 鉄筋抜け出し状況



図－6 交番載荷試験の概要

近くなったため、±5δ_yの載荷以降は鉛直ジャッキを取り外し、水平ジャッキをフーチング天端より1600mmの位置に下げて試験を続けた。

4. 2 試験結果

柱基部の曲げモーメントと水平変位の関係を図－7に示す。同図には、鉄道構造物等設計標

準²⁾により算出した計算値を併記している。さらに、Y点(引張鉄筋が降伏する点)とM点(コンクリートの圧縮ひずみが 3500×10^{-6} に達する点)における実験値と計算値の曲げモーメントの比較を表-2に示す。曲げモーメントの値は実験値が計算値を上回っているものの、曲げモーメントと水平変位の関係は計算値と概ね同程度であった。

引張試験では、鉄筋が抜け出す際に、鋼管中央付近の周方向のひずみが急増していることが確認されている(図-5)。ここで、本実験で計測した鋼管周方向のひずみの履歴を図-8に示す。引張試験のような鋼管中央付近の周方向のひずみが急増する傾向はみられず、その値は最大でも約 250×10^{-6} 程度であった。このことから、本実験では鋼管からの鉄筋の抜け出しは非常に小さかったと考えられる。

次に、試験後の継手端部の損傷状況を写真-5に示す。引張試験では、継手端部でモルタルが円錐状に破壊して鉄筋が抜け出しているが(写真-4)、本実験では、継手端部のグラウト材には大きな損傷はみられなかった。以上のことから、鋼管継手からの鉄筋の抜け出しは殆ど無かったと推察される。

5. まとめ

D32 程度の鉄筋を用いた鋼管拘束型鉄筋継手は、2本の鉄筋の重ね継手長さを 10ϕ 以上とし、その周囲を $\phi 114.3 \sim \phi 139.8$ 程度の鋼管で拘束することで、鉄筋の降伏以上の引張強度を有し、特に重ね継手長さを 20ϕ とすると、鉄筋の規格引張強度以上の引張強度を有し、伸びは5%程度まで確保できることがわかった。

重ね継手長さを 20ϕ とし、鋼管の板厚を6.6mmとして、基礎部材とプレキャスト柱部材を接合した場合、柱部材が大変形した後も、継手からの鉄筋の抜け出しは殆どなく、高応力が繰返し作用する状態においても、継手を介して鉄筋の応力は伝達されることがわかった。

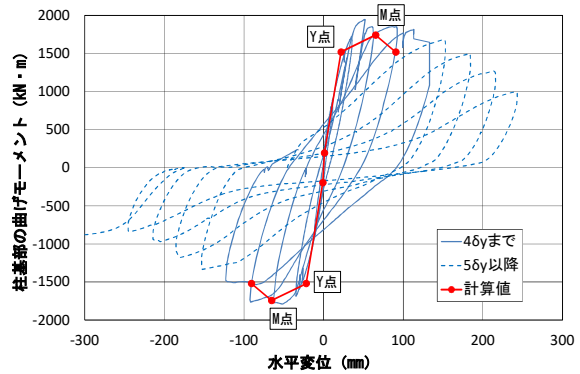


図-7 柱基部曲げモーメント - 水平変位

表-2 曲げモーメントの比較

	Y点		M点			
	実験値	計算値	実験値/計算値	実験値	計算値	実験値/計算値
正側載荷	1621	1521	1.07	1948	1743	1.12
負側載荷	1550	1521	1.02	1790	1743	1.03

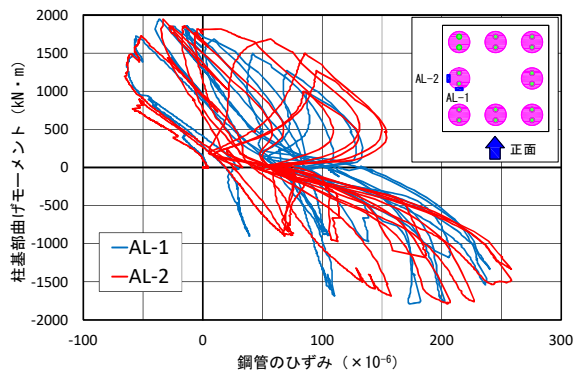


図-8 柱基部曲げモーメント - 鋼管のひずみ



写真-5 継手端部の損傷状況

参考文献

- 1) 石橋忠良, 菅野貴浩, 木野淳一, 小林薫, 小原和宏: 軸方向鉄筋の内側に円形帯鉄筋を配置した鉄筋コンクリート柱の正負水平交番載荷実験, 土木学会論文集 No.795, V-68, 95-110, 2005.8
- 2) (財) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物, 2004