

ホーム上家プレキャスト基礎接合部の開発

西村 真^{*1}・石渡 康弘^{*2}・尻無濱 昭三^{*3}・松本 賢二郎^{*4}

概 要

駅ホームの改良工事において、新しくホーム上家を構築する際、上家を支える基礎工事が発生する。ホーム上家の基礎工事は、掘削、型枠、配筋、コンクリート工事といった様々な工種があり、これらは、通常、夜間作業であることから、工期が長期化する。そこで、上家基礎の工期短縮を目的として、基礎スラブのプレキャスト化を試みた。本研究では、プレキャスト化に伴う施工性を確認するための施工試験や、プレキャスト部材同士の接合に使用した閉合重ね継手の耐力を評価するための構造試験を実施した。試験の結果、上家基礎の仕様としたプレキャスト部材同士の接合において、閉合重ね継手の採用が可能であることを確認した。

キーワード：プレキャストコンクリート、閉合継手、支圧破壊、グラウト

DEVELOPMENT OF PRECAST FOUNDATION CONNECTIONS FOR PLATFORM SHEDS

Makoto NISHIMURA^{*1}, Yasuhiro ISHIWATA^{*2}Shozo SHIRINASHIHAMA^{*3}, Kenjiro MATSUMOTO^{*4}

Abstract

When a new platform shed is constructed as part of platform improvement work at a railway station, foundation work is required to support the shed. Foundation work for platform sheds involves various operations, such as excavation, formwork, reinforcing bar arrangement, and concreting, which are usually conducted at night, thereby prolonging the construction period. In order to shorten the construction period of foundation work for platform sheds, we attempted to use the precast the foundation slabs. In the present study, we conducted construction tests to verify confirm the workability of precasting, and structural tests to evaluate the strength of reinforced concretes and grouts with Close-shaped Bar Lap Splices used to connect the precast members. The test results confirmed the feasibility of using closed lap splices in the reinforcing bars in the connections between the precast members as required by the specifications of the platform shed foundation.

Keywords: Precast concrete, Close-shaped Bar Lap Splices, Bearing behavior, Grout

*1 Architectural Technology Department, Architectural Division

*2 Manager, Environment Group, Research & Development Center

*3 General Manager, Architectural Technology Department, Architectural Division

*4 Manager, Production Technology and BIM Promotion Group, Architectural Technology Department, Architectural Division

ホーム上家プレキャスト基礎接合部の開発

西村 真*1・石渡 康弘*2・尻無濱 昭三*3・松本 賢二郎*4

1. はじめに

駅改良および耐震補強施策において、旅客上家の新築ならびに改良工事が続いている。旅客上家の基礎工事で直接基礎を施工する場合、掘削、型枠、配筋、コンクリート工事といった様々な工種があり、これらは通常夜間作業であることから、工期の長期化が問題となっている。

そこで、直接基礎における工期短縮を目的として、図-1 に示すように基礎スラブのプレキャスト化（以降、PCa）の開発を行った。その際、既往の鉄筋継手工法の準用を試みたが、適用範囲は鉄筋径が D16 以上であることなどがわかった。そこで、既往の鉄筋継手工法の適用範囲を建築基礎工事で用いることが多い細径鉄筋に拡大することを検討した。本報では、工法の概要および実施した試験結果を報告する。

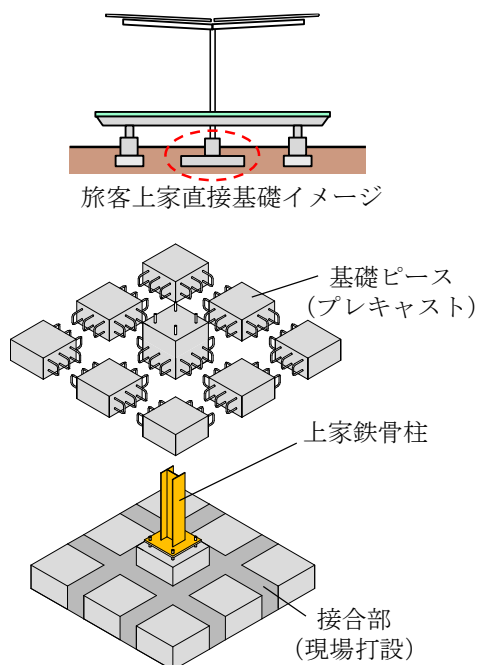


図-1 旅客上家直接基礎 PCa 化のイメージ

2. 検討対象とした継手工法と上家直接基礎 PCa 化への適用

2.1 既往の継手工法の概要

既往の継手工法として、ボックスカルバートの最終エレメントとなる調整エレメントにおいて用いられる方式に「閉合重ね継手方式」¹⁾がある（図-2）。この閉合重ね継手方式は、左右の継手間の距離が3次元的に不均一な場合でも継手を調整でき、限られた空間で施工が可能である。

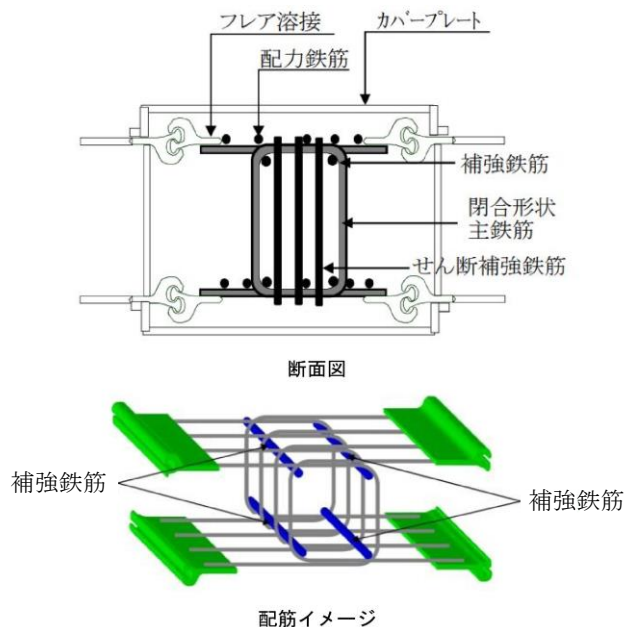


図-2 閉合重ね継手方式

2.2 上家直接基礎 PCa 化への適用

閉合重ね継手方式は、現場配筋および現場打設が前提の工法であるが、プレキャスト部材の継手に使用することも可能である。そこで表-1 に示すように、既往の継手工法の適用範囲を拡大し、建築物の小規模断面に使用すること、並びに施工

*1 建築本部 建築技術部 建築技術グループ

*2 建設技術総合センター 研究開発センター 環境グループ グループリーダー

*3 建築本部 建築技術部 部長

*4 建築本部 建築技術部 生産技術・BIM 推進グループ グループリーダー

性を向上させることを開発目的とした。プレキャスト基礎の施工手順は、図-3 に示すように、まず初めに工場またはヤード等で主筋を含んだプレキャスト部材（以降、基礎ピース）を製作し、現場にてこれを並べたのち、補強鉄筋を挿入する手順となる。その後、コンクリートもしくはグラウトを打設する。

表-1 閉合重ね継手方式の適用範囲拡大

項目	既往	今回
主筋径	D16 以上	D13 以上
鉄筋折り曲げ半径	3φ	1.5φ
鉄筋種別	SD345	SD295
コンクリート強度	24N/mm ²	21N/mm ² もしくはグラウト

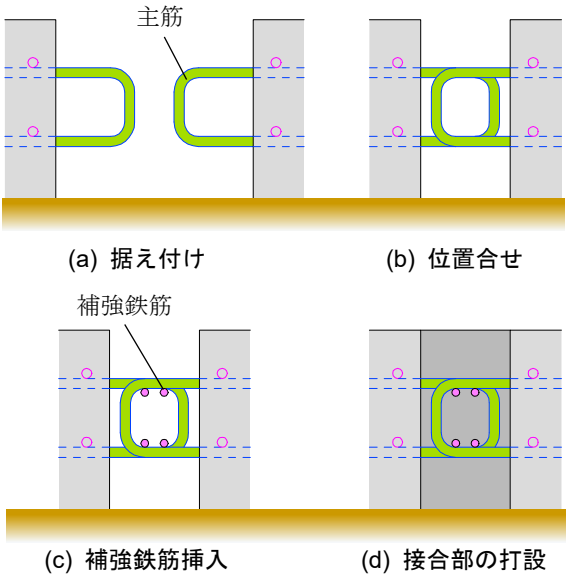


図-3 プレキャスト基礎の施工手順

3. 施工試験

3.1 施工試験概要

適用範囲を拡大した配筋の仕様において、施工性を確認するための施工試験を実施した。図-4 に示すように、基礎ピース間の継手幅と主筋間隔は狭いほど補強鉄筋を通しにくいと考えられた。さらに、基礎ピースの厚さは薄いほど補強鉄筋が挿入しにくく、厚いほど補強鉄筋の主筋下端への結束が難しいことが想定された。これら想定され

る状況を再現した施工試験を実施することとした。施工試験用試験体の配筋ピッチ、用語の定義および鉄筋継手の形状を図-5 に、施工試験用試験体の諸元を表-2 に示す。施工試験では、分割された基礎ピースの形状と補強鉄筋挿入の妨げとなる 45°の法面を木材で再現した。主筋の径は D13 (SD295) とし、補強鉄筋の径は D10 (SD295) とした。継手幅は鉄筋のあき、折り曲げ半径、直線重ね長さの最小値を足し合わせた最小寸法とした。これらの試験体について、補強鉄筋挿入の可否、結束の可否等の施工性を確認した。

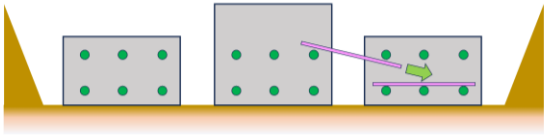
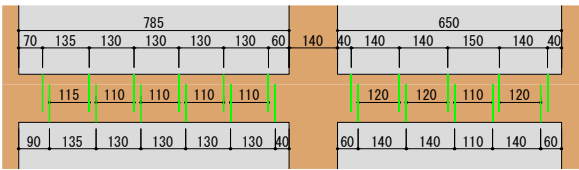
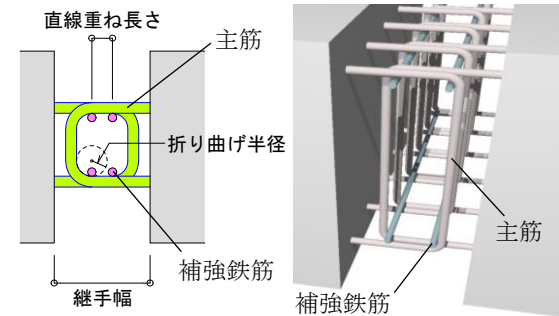


図-4 補強鉄筋の配筋イメージ



(a) 配筋ピッチ



(b) 用語の定義

(c) 鉄筋継手の形状

図-5 施工試験用試験体

表-2 施工試験の諸元

試験体	基礎厚 (mm)	継手幅 (mm)	主筋間隔 (mm)
No.1	250	120	110~120
No.2	350	110	
No.3	550	110	

3.2 施工試験結果

補強鉄筋の挿入と下端主筋への結束は、いずれのケースにおいても、設定した継手幅と主筋ピッチで施工可能であった。握りこぶしが入るスペースを確保できれば、補強鉄筋を主筋下端に結束することが可能であることを確認できた。施工可能な基礎ピースの厚さは 550mm でも施工が可能であった（写真－1）。ただし、基礎ピースの厚さが 550mm を超える場合、作業員の腕の長さにもよるが、ほとんどの場合で結束が不可能になると予想された。

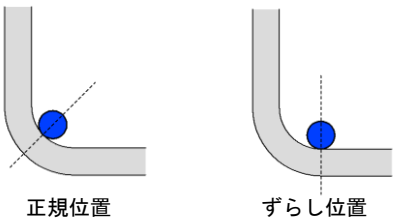
補強鉄筋の配置は、本来であれば図－6 に示す正規位置としなければならない。しかし、補強鉄筋を配筋するための作業スペースが建築基礎の継手幅分に縮小したため、正規位置での結束が困難になることがわかった。これは継手部分の構造性能に影響を及ぼす恐れがあるため、引張試験を行い構造性能を確認することとした。

以上より、継手幅 110mm および基礎ピースの厚さ 250～550mm の直接基礎の納まりに対して施工性に問題がないことを確認した。また、補強鉄筋の配置について、構造性能に影響を及ぼす検討事項を抽出することができた。



(a) 基礎厚 550mm (b) 結束状況

写真－1 補強鉄筋の施工状況



図－6 補強鉄筋の配筋位置

4. 引張試験

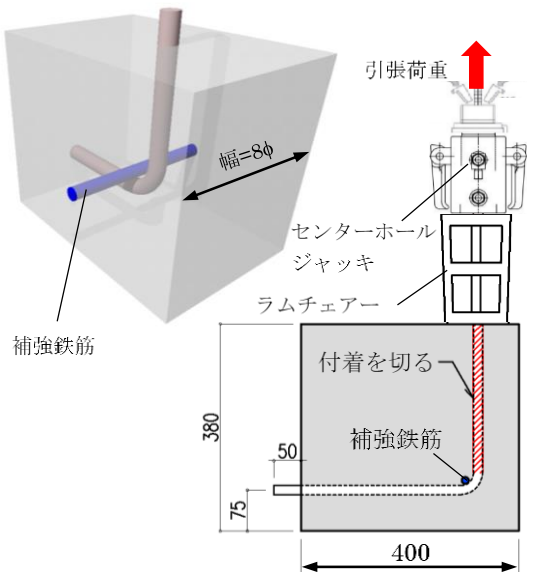
4.1 引張試験概要

上家基礎の配筋仕様とした閉合重ね継手の耐力評価として、まず始めに鉄筋の曲げ加工部におけるコンクリートやグラウトの支圧耐力を評価するため、図－7 に示す引張試験を行った。引張試験の主な検討項目は、

- ① 補強鉄筋がずらし位置となった場合の構造性能の確認
- ② 高強度のグラウトを用いることで補強鉄筋を省略できるかの検証

とした。試験体の各寸法は文献 3)を参考に決定した。

引張試験体の諸元を表－3 に示す。コンクリー



図－7 引張試験用試験体と引張試験の概要

表－3 引張試験体の諸元

No	主筋	折り曲げ半径 (mm)	躯体種別	実圧縮強度 (N/mm ²)	補強鉄筋
1	D16	24	普通 con	20.9	なし
2			グラウト	82.5	
3	U12.6	20	普通 con	20.9	なし
4			グラウト	82.5	
5			普通 con	20.9	D10 正規
6			グラウト	82.5	
7			普通 con	20.9	D10 ずらし
8			グラウト	82.5	

ト割裂破壊を先行させるため、鉄筋は高強度鉄筋を、普通コンクリートは極力強度が低いものを用いた。なお、D13(SD295)の代替として U12.6 (SBPD1275)を使用した。折り曲げ半径 $r=1.5\phi$ ($r=20\text{mm}$, ϕ : 鉄筋径) とした。曲げ加工部の定着力のみに着目するため、曲げ加工部手前の直線部分には図-7 に示すようにビニールテープを巻くことにより付着を取り除いた。載荷は試験体自体を反力とし、ラムチェアー上部に 350kN センターホールジャッキを設置して主筋に引張荷重を単調に与えた。載荷はコンクリートの割裂破壊が生じるか、主筋が引張降伏するまで行うこととした。

4.2 引張試験結果

全ての試験体で主筋は引張降伏せず、割裂破壊となった。試験体 No.2 の破壊状況を写真-2 に、引張試験結果を表-4 に示す。また、横軸を躯体強度(実圧縮強度)と、縦軸を最大荷重としたグラフを図-8 に示す。コンクリート試験体においては折り曲げ半径 1.5ϕ でも計算値 ③を満足したため、適用範囲の拡大は可能と判断できた。ただし、グラウトの試験体においては計算値を下回った。これは、コンクリートとグラウトで骨材の大きさが異なり、ひび割れの進展に違いが生じたためと考えられる。コンクリートとグラウトの両方において、鉄筋径が太いほど最大荷重が増加し、補強鉄筋を配置した場合に最大荷重が増加する傾向が見受けられた。また、最大荷重は補強鉄筋のずらし位置と正規位置で同等の値となり、補強鉄筋の位置による影響はないことを確認できた。



(a) 試験体全容 (b) 曲げ加工部近傍
写真-2 試験体 No.2 の破壊状況

表-4 引張試験結果

No	主筋	躯体種別	躯体実強度 N/mm ²	補強鉄筋	最大荷重 kN
1	D16	普通 con	20.9	なし	89.3
2		グラウト	82.5		100.5
3	U12.6	普通 con	20.9	なし	63.7
4		グラウト	82.5		78.2
5		普通 con	20.9	D10 正規	75.0
6		グラウト	82.5		97.5
7		普通 con	20.9	D10 ずらし	81.3
8		グラウト	82.5		101.2

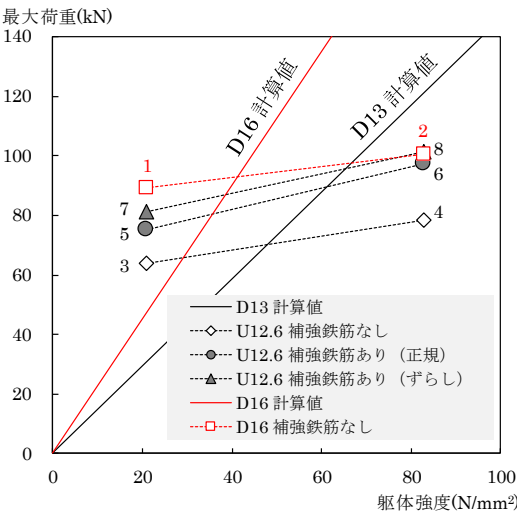


図-8 最大荷重と躯体強度の関係

5. 曲げ載荷試験

5.1 曲げ載荷試験概要

試験体は実物大とし、中央に閉合重ね継手を設けた梁材とした。試験因子は主筋径、補強鉄筋の有無、継手部のコンクリートおよびグラウト強度、主筋同士の直線重ね継手長さとし、合計 10 体とした。試験体諸元および曲げ載荷試験体の形状を表-5 および図-9 に示す。主筋はコンクリート破壊前に降伏することを避けるために高強度鉄筋 D16 (MK785) および U12.6 (SBPD1275) を使用し、主筋降伏の有無を確認するために主筋の重ね継手部にひずみゲージを貼り付けた。補強鉄筋は前章の引張試験結果より全てずらし位置とした。打継面には目荒らしを施し、継手部にコンクリートもしくはグラウトを打設する直前に湿潤させた。

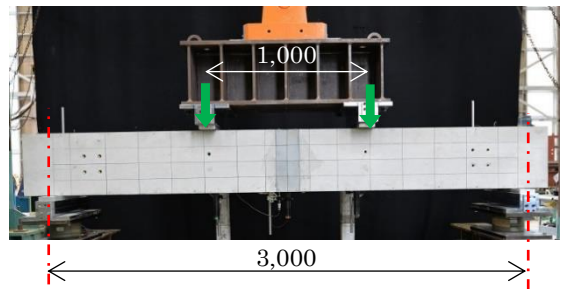
ここで、試験体 No3 と No7 は 50N 級のグラウト A を、試験体 No4 は 100N 級のグラウト B を

用いた。また、試験体 No.8～10 は、グラウトの製品による荷重およびひび割れ状況の差異を確認するため、製造元の異なる 100N 級のグラウト B,C,D を使用した。プレキャスト部材のコンクリート設計基準強度は $F_c=21\text{N/mm}^2$ で統一した。

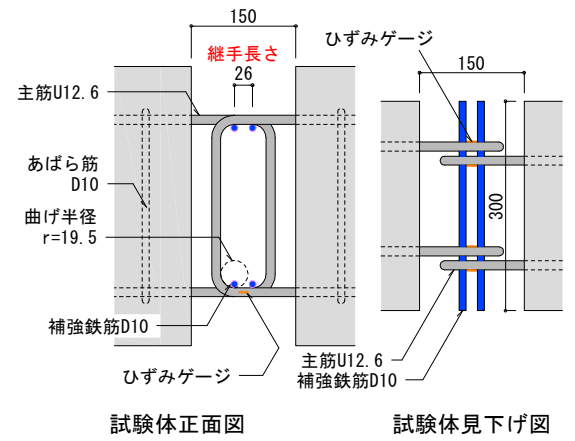
載荷は文献 2,3)と同様に、支点間距離を 3,000 mm とし、純曲げとなるよう 1,000mm 間隔の 2 点載荷とした。

表－5 曲げ載荷試験体の諸元

No	主筋	補強鉄筋	継手部の躯体仕様	継手長さ $l(\text{mm})$
1	D16	D13	普通コンクリート	40 / 2.5 ϕ
2			グラウト A	64 / 4.0 ϕ
3			グラウト B	32 / 2.0 ϕ
4			グラウト C	32 / 2.0 ϕ
5	U12.6	D10	普通コンクリート	39 / 3.0 ϕ
6			グラウト A	52 / 4.0 ϕ
7		なし	グラウト B	26 / 2.0 ϕ
8			グラウト C	26 / 2.0 ϕ
9		D10	グラウト D	26 / 2.0 ϕ
10			グラウト E	26 / 2.0 ϕ



(a) 曲げ載荷試験体



(b) 継手部の詳細 (No.10)

図－9 曲げ載荷試験体の概要

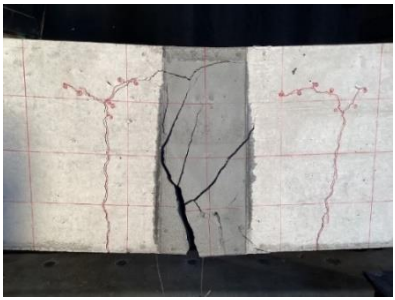
5.2 曲げ載荷試験結果

試験体 No.9 の破壊状況を写真－3 に示す。す

べての試験体で荷重が 40kN 付近からプレキャスト部材に曲げひび割れが発生し、最大荷重 $P_{\max}$ に達する直前に接合部にひび割れが発生した。また、すべての試験体において主筋に引張降伏は生じておらず、継手部で破壊した。

曲げ載荷試験の結果を表－6 に、主筋 D16 の試験体 No.1～4 および主筋 U12.6 の試験体 No.5～10 の荷重－変位関係を図－10 および図－11 に示す。なお、図には鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 4)に基づき、主筋が SD295 の際の短期許容曲げモーメント時の荷重（以降、設計用曲げ降伏荷重）を併記した。

図－10, 11 より、すべての試験体で設計曲げ降伏荷重を上回る継手強度を発揮した。このことから、継手部にグラウトを用いて主筋の直線重ね継手長さを 2 ϕ 以上確保した場合に、閉合重ね継手には現行の設計手法 5)が適用可能であることが確認できた。ただし、補強鉄筋を配置していない試験体 No.4, 8 においては、最大荷重に達した直後に急激な荷重低下が発生しており、脆性的な破壊を防止するためには補強鉄筋が必須となる。



写真－3 試験体 No.9 の破壊状況

表－6 曲げ載荷試験の結果

No	主筋	補強鉄筋	継手部実圧縮強度 $\sigma_{\text{B}}(\text{N/mm}^2)$	継手長さ $l(\text{mm})$	最大荷重 $P_{\max}(\text{kN})$
1	D16	D13	24.2	40 / 2.5 ϕ	97.6
2			91.2	64 / 4.0 ϕ	99.1
3		なし	131.1	32 / 2.0 ϕ	122.8
4			131.1	32 / 2.0 ϕ	82.8
5	U12.6	D10	24.2	39 / 3.0 ϕ	67.3
6			91.2	52 / 4.0 ϕ	71.7
7		なし	131.1	26 / 2.0 ϕ	87.3
8			131.1	26 / 2.0 ϕ	91.0
9		D10	132.4	26 / 2.0 ϕ	174.6
10			115.4	26 / 2.0 ϕ	119.1

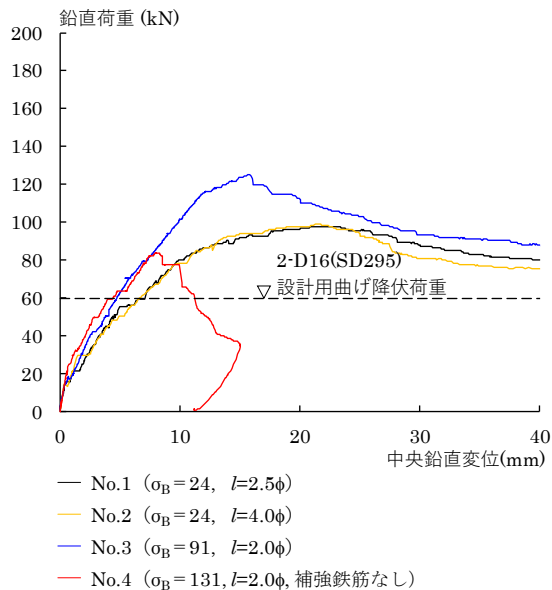


図-10 試験体 No.1～4 (D16) の荷重－変位関係

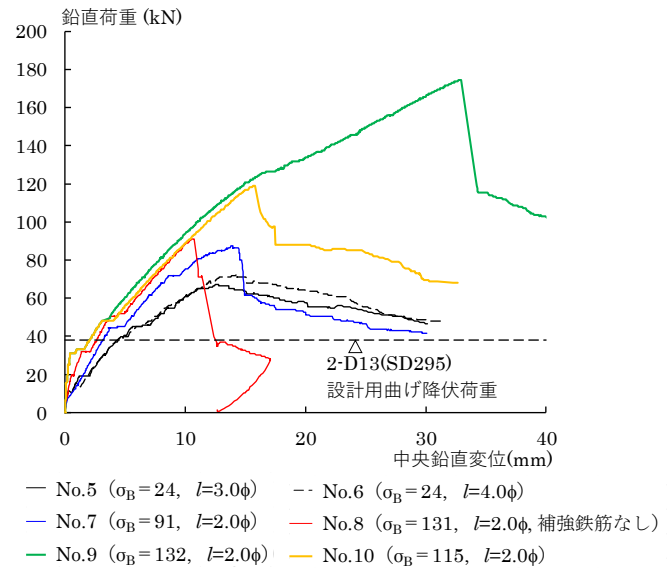
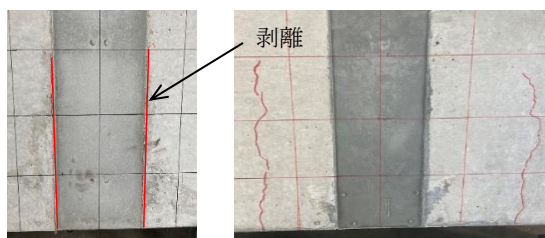


図-11 試験体 No.5～10 (U12.6) の荷重－変位関係

5.3 耐久性に関する考察

継手部に普通コンクリート（試験体 No.1,2,5,6）および 50N 級のグラウト A（試験体 No.3,7）を用いた際の曲げ載荷試験の過程で、写真-4(a)に示すように打ち継ぎ面の剥離が見受けられた。この剥離は設計用曲げ降伏荷重よりも早期に発生し、以降剥離面が開き続けたが荷重－変形関係に影響を与えることはなかった。一方で 100N 級のグラウト B,C,D（試験体 No.4,8,9,10）を使用した場合には、打ち継ぎ面の剥離は見受けられず、写真-4(b)のようにプレキャスト部材に曲げひび割れが発生した。これは、グラウトの実圧縮強度が高い場合、打ち継ぎ面の付着強度が増大するためと考えられる。耐久性の観点から早期に発生する打ち継ぎ面の剥離を防止するため、継手部には 100N 級グラウトを用いる必要があることが確認できた。



(a) 試験体 No.3

(b) 試験体 No.10

写真-4 初期ひび割れ状況

6. まとめ

既往の工法である閉合重ね継手について、駅ホーム上家基礎の配筋仕様で施工、引張、曲げ載荷の各試験を行い、継手性能の確認を行った。試験の結果、配筋・鉄筋径・鉄筋の材質・グラウトの使用といった項目で適用範囲を拡大することができた。

本開発は JR 東日本研究開発センターとの共同開発である。

参考文献

- 1) 築島大輔ほか：鉄筋の閉合重ね継手の設計，SED，No.25，2005.11
- 2) 渡邊明之ほか：閉合形状に曲げ加工した鉄筋の重ね継手の耐力に関する実験的研究，土木学会論文集，No.763/VI-63，2004.6
- 3) 渡邊明之ほか：補強鉄筋を有する閉合形状に曲げ加工した重ね継手に関する実験的研究，土木学会論文集，No.791/VI-67，2005.6
- 4) （一社）日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説，2018 年版