

プレキャスト柱梁接合部のグラウト充填実験

Grouting Tests of Precast Reinforced Concrete Beam-Column Joint

河野政典* 小竹琢雄** 浜崎憲一*** 岸本 剛*

要 旨

プレキャスト柱梁接合部におけるグラウト充填性について検討するため、各種銘柄のグラウト材を用い、下層階柱との接合面目地部を模擬した平板試験体による充填要素実験、および実大柱梁接合部を模擬した試験体による充填施工実験を実施した。充填要素実験の結果、接合面目地部を模擬した平板表面のグラウト充填率は、J14 ロート時間が 8 秒以上で、パイプレータ加振を行った場合、96%以上となることを確認した。また、充填施工実験の結果、グラウト材によって充填性は異なるものの、接合面目地部および主筋貫通孔のグラウト充填は不具合なく施工できることを確認した。

キーワード：柱梁接合部、プレキャストコンクリート、グラウト、貫通孔

1. まえがき

近年、高層鉄筋コンクリート造建物の建設において、工期短縮、施工の省力化から、柱および梁部材のプレキャスト（以下、PCa と称す）化が一般的に行われている。PCa 部材同士の接合方法は、建物の形状や施工条件に応じ、様々な組合わせがあるが、柱梁接合部は配筋が複雑となるため、施工の合理化から接合部の PCa 化が採用される機会が増えつつある¹⁾。また、PCa 化においては、主筋の継ぎ手方法や、鉄筋のコンクリートへの定着方法が施工の合理化のポイントとなる。

柱梁接合部の PCa 化においては、図-1 に示すように接合部内にあらかじめ柱主筋の貫通孔を設け、現場にて柱主筋を挿入、貫通させたあと、貫通孔にグラウト材を充填し、接合部と柱主筋を一体化させる方法が提案されている²⁾。柱主筋と柱梁接合部の一体化を図るうえでは、施工上、グラウト材の密実な充填が必要となる。

一方、グラウト材は強度レベルに応じ、各種銘柄のグラウト材が製造されており、フレッシュ性状も銘柄ごとに異なると考えられるため、実施工に際しては、グラウト材の充填状況を事前に把握し、確実に充填できる施工方法、および管理方法の確立が必要である。

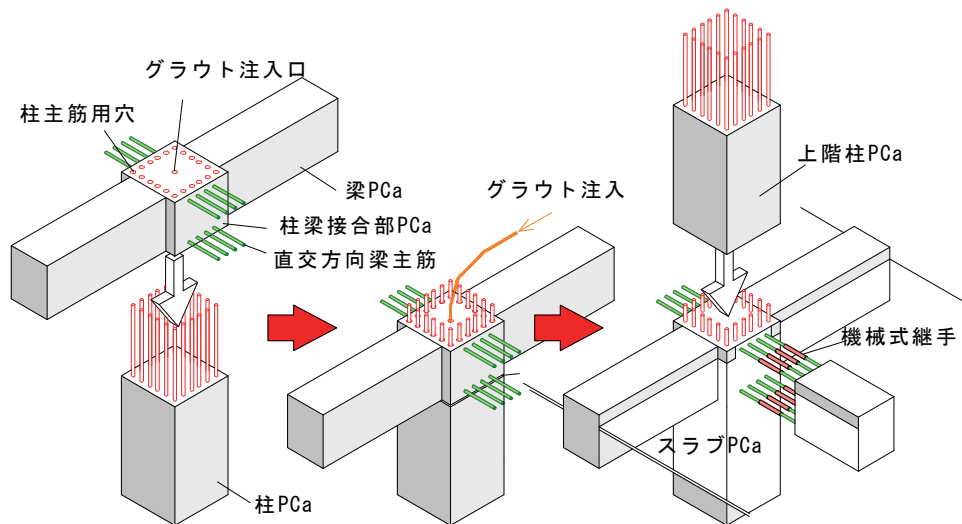


図-1 柱梁接合部のPCa化工法の一例（概念図）

*技術研究所 **東日本支社建築工務部 ***西日本支社建築工務部

そこで、各種銘柄のグラウト材の基本的充填性を確認し、施工方法および管理方法に関する資料を得るため、下層階柱と柱梁接合部の接合面目地部を模擬した平板試験体による充填要素実験と、実大柱梁接合部を模擬した実大試験体による充填施工実験を実施した。本報では、それらの結果について報告する。

2. 工法概要

本工法では、図-1に示すように一軸方向のみの梁が柱梁接合部と一体化し PCa 化されている。柱梁接合部内に柱主筋を通すため貫通孔としてシーブ管を設置する。現場では、柱梁接合部 PCa を、下層階の柱主筋を貫通孔に通して設置する。柱梁接合部と下層階柱の接地面は、グラウト充填接合のため、15mm 程度の目地を設ける。

想定したグラウト充填の概念図を図-2に示す。グラウトの充填については、あらかじめ柱梁接合部の中央に設けたグラウト注入用の孔から、下層階柱との接合面目地に向けグラウト材を流込み、まず、接合面目地部をグラウト充填する。その後、さらにグラウト材を流込み、柱主筋貫通孔の下部から天端までグラウト材を上昇させ、主筋貫通孔を充填する。

3. 充填要素実験

3.1 実験概要

a. 試験体と評価方法

充填要素実験では、各種銘柄のグラウト材について充填状態の横並び評価を目的とした。前述したように、グラウト充填では、まず、下層階柱との接合面目地部を充填する。そこで、接合面目地部を模擬した平板試験体を作成し、目地部の充填状況を確認することとした。試験体形状を図-3に示す。平面 1500×800mm、厚さ 100mm の PC 床板を用い、PC 床板のコンクリート打込み面を、740×640mm の 2 箇所区切り、周囲に厚さ 15mm の目地棒を配置し、グラウトの流動および充填状況を目視確認するため上部にアクリル板を用いて、接合面目地部を模擬した平板試験体を作成した。アクリル板にはグラウト材の注入口と排出口を設け、注入口は柱梁接合部の中央を、排出口は柱コーナー主筋位置を想定し配置した。なお、充填時はアクリル板を角パイプとアングルで補強した(写真-1、2)。

充填状態の評価は、充填後の表面気泡の発生量で行い、試験体平板面積から表面気泡を除いた面積を、試験体平板面積で除した充填率で表した。

試験に用いたグラウト材の一覧を表-1に示す。グラウト材は、メーカーカタログから圧縮強度ごとに 3 グループに分け、比較した。

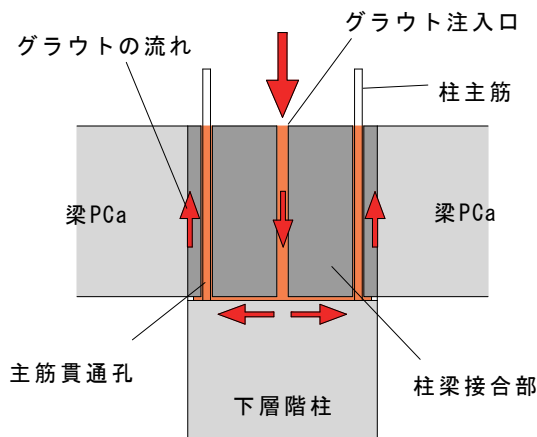
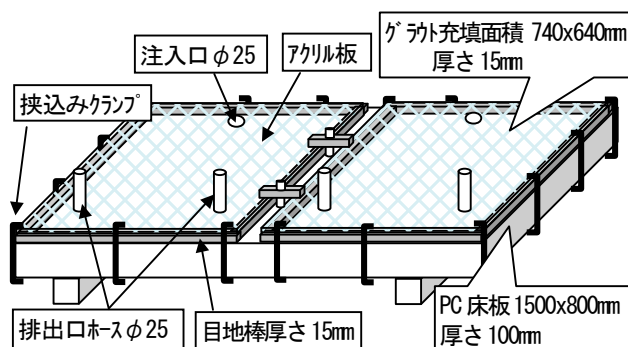


図-2 グラウト充填の概念図



[充填実験時はアクリル板を角パイプとアングルで補強した]

図-3 充填要素実験の試験体形状

表-1 材料一覧

強度レベル	60 N/mm ²	80 N/mm ²	120 N/mm ²
銘柄数	4	4	2
記号	60A, 60B, 60C, 60D	80E, 80F, 80G, 80H	120E, 120F

表-2 グラウト材試験項目

対象	項目	試験方法
フレッシュ	ロート	J14 ロート
	フロー	JIS R 5201 凝結試験用ペースト容器
		JASS15M-103 φ50×h51mmの塩ビパイプ
		φ50×h100mmの塩ビパイプ
温度	JIS A 1156	
硬化	圧縮強度	φ5×10cm 標準水中養生 材齢 28 日 現場封緘養生 材齢 7・28 日

表-3 フレッシュ試験結果と圧縮強度試験結果

グラウト材 記号	パイ レー タ 加振の 有無	フレッシュ試験				圧縮強度 (N/mm ²)		
		J14 ロート (sec)	フロー (mm)			封緘養生		標準養生 28 日
			JIS R 5201 ペースト容器*	JASS15M-103 φ50x51	φ50x100	7 日	28 日	
60A	無	11.6	252x250	200x199	250×255	57.1	69.3	71.1
	有	12.7	233x230	184x183	242x235			
60B	無	8.2	270x266	220x221	278x270	53.6	58.3	66.6
60C	無	11.7	285x280	225x220	288x280	58.3	68.1	69.4
60D	無	7.4	245x240	190x185	260x265	65.9	73.9	82.9
80E	無	12.7	175x175	130x126	190x188	74.6	83.9	99.0
80F	無	13.7	290x285	220x215	280x278	91.3	115.8	121.5
	有	10.7	282x280	228x220	290x290			
80G	有	9.9	315x315	241x236	310x306	82.5	92.3	96.9
80H	無	6.6	242x248	196x196	260x265	93.1	94.5	101.3
120E	有	17.4	216x218	160x162	226x228	117.9	118.7	135.5
120F	有	33.6	231x236	182x188	230x232	123.1	126.4	134.5

*セメント物理試験方法、凝結試験用セメントペースト容器

b. 充填試験方法

グラウト材の練混ぜ方法については、各グラウト材で指定されている練混ぜ方法に準じた。練混ぜおよび充填実験は、環境温度 20±3℃の室内で行った。混ぜ水量については、各グラウト材の指定水量の中央値とした。フレッシュ試験項目を表-2に示す。J14 ロートの他、フロー試験は3種類実施した。

モルタルポンプには、吐出能力 5.75ℓ/min のものを用い、フレッシュ試験後、グラウト材をモルタルポンプに投入し、筒先から 10 秒間グラウト材を排出した後、平板試験体の注入口に筒先を接続し、充填を開始した。グラウト材が排出口のホースを 20cm 立ち上がった時点で充填を終了した。充填 24 時間後、アクリル板を取外し、表面気泡状態を確認した。

c. 充填率の算出方法

充填率の測定にあたり、まず、グラウト表面を黒スプレーで塗布し、乾燥後、白色系の7号珪砂で気泡部分を埋めた。その状態をデジタルカメラで撮影し、画像を二値化し、表面積の比から充填率を求めた。

3.2 実験結果

a. フレッシュ性状と充填状況

フレッシュ試験結果と圧縮強度試験結果を表-3に示す。圧縮強度が大きいグラウト材ほど、J14 ロート時間が長くなる傾向にあった。

充填状況の一例を写真-1、2に示す。J14 ロート時間が短いグラウト材 60D では、充填時において、アクリル天端面に接するグラウト位置に対して、グラウト底面が先行して流動した。一方、J14 ロート時間が長いグラウト材 80E では、グラウトのアクリル天端接地面とグラウト底面の位置が近接する傾向にあることが確認さ



写真-1 グラウト材 60D

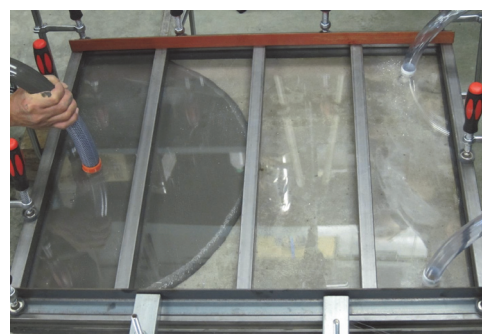


写真-2 グラウト材 80E

れた。

b. 表面気泡発生状況と充填率

硬化後のグラウト材 60D の表面状態を写真-3に、二値化した画像を写真-4に示す。J14 ロート時間が短い60D、80Hのグラウト材においては、表面に比較的大きい空隙が生じた。グラウト注入口からグラウトが平板に落下する際、気泡が巻込まれている状況が目視により観察され、その気泡がグラウト表面に現れたものである。

グラウト材 60A の表面状態を写真-5に示す。グラウト材 60A においては無数の小さい空隙が生じた。こ

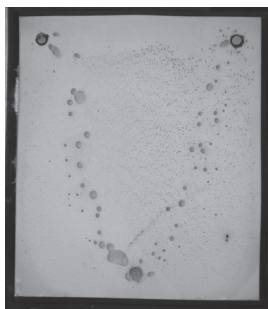


写真-3 グラウト材 60D
表面状態

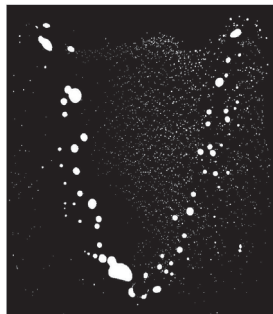


写真-4 グラウト材 60D
二値化画像

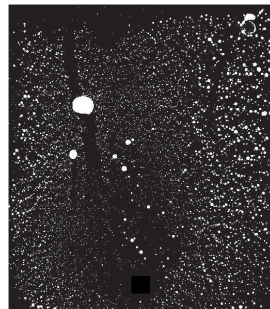


写真-5 グラウト材 60A
(パイブレータなし)

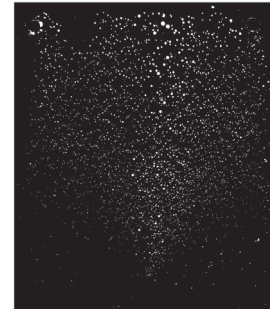


写真-6 グラウト材 60A
(パイブレータあり)



写真-7 グラウト材 80E

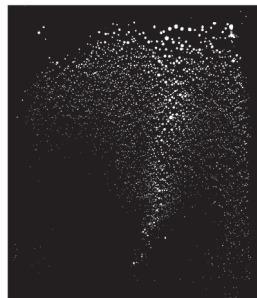


写真-8 グラウト材 80F
(パイブレータあり)



写真-9 グラウト材 120E

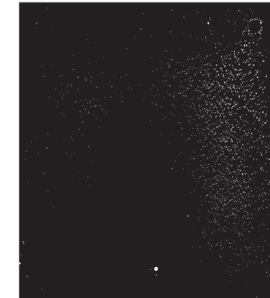


写真-10 グラウト材 120F

これは、グラウト材を練混ぜる際に、巻き込んだ気泡と考えられた。そこで、無数の小さい空隙が生じたグラウト材については、練上がり後、棒状パイブレータを用いて90秒間加振し気泡を除去した後に、充填実験を行うこととした。パイブレータ加振を行ったグラウト材 60Aの表面の状態を写真-6に示す。パイブレータ加振を行うことで、空隙が減少することが確認された。グラウト材 60Bについても、パイブレータ加振を実施したところ、材料分離が生じた。したがって、グラウト材に応じてパイブレータ加振の実施についての適否を判断する必要がある。

グラウト材 80E、80Fの表面状態を写真-7、8に、グラウト材 120E、120Fの表面状態を写真-9、10に示す。J14 ロート時間が長いグラウト材(80E、80F、120E、120F)は、平板のグラウト注入口を塞ぎながら流動するため、平板に空気が流入せず、表面に空隙泡が発生しにくいことが確認された。

60N/mm² シリーズグラウト材の充填率を図-4に、80N/mm² シリーズを图-5に示す。グラウト材 80Hは、他銘柄と比較して充填率が小さかった。J14 ロート時間と充填率の関係を图-6に示す。J14 ロート時間が8秒以上で、パイブレータ加振を行えば、充填率は96%以上となることが確認された。

4. 充填施工実験

4.1 実験概要

a. 試験体と評価方法

施工実験に用いた実大柱梁接合部試験体の形状・寸

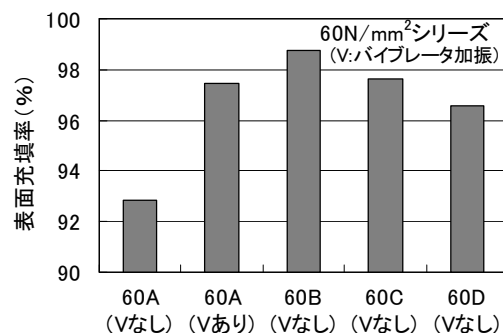


図-4 60N/mm² シリーズの充填率

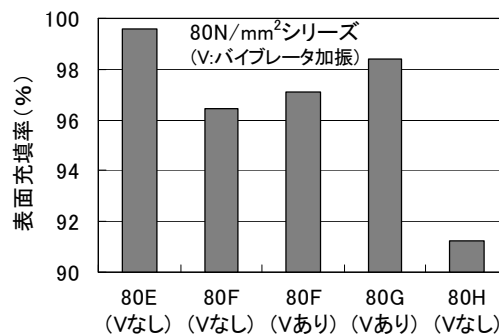


図-5 80N/mm² シリーズの充填率

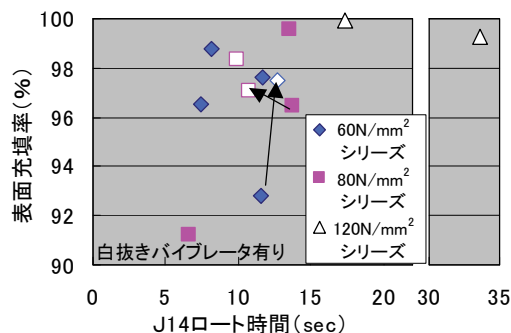


図-6 J14 ロート時間と充填率の関係

法を図-7に、充填実験前の試験体状況を写真-11に示す。実大柱梁接合部の PCa を想定し、試験体断面寸法を 1000×1000mm、高さを 1500mm とし、主筋 D38（外径 43mm）の芯筋を 8 本、外周筋を 28 本配した断面形状とした。主筋貫通孔にはシース管を模擬したアクリルパイプ（内径 58mm）を用い、グラウト材の注入口は、柱梁接合部の上部中央に設け、注入口の径は内径で 54mm とした。下層階柱との柱梁接合部の目地部分の厚さを 15mm とした。グラウト材は表-1に示す 60A、60B、60C、80E、80F、80G、120F を用いた。

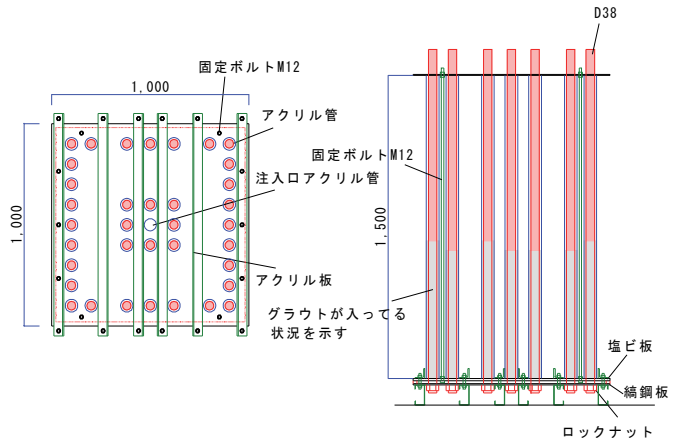


図-7 実大柱梁接合部試験体

充填状態の評価は、シース管を想定した各アクリルパイプ内のグラウト上昇量で評価した。すなわち、均一に天端近くまで充填されれば、充填性が良好であるグラウト材であると評価できる。

b. 充填試験方法

グラウト材の練混ぜ方法については、各グラウト材で指定されている練混ぜ方法に準じた。練混ぜ水量については、各グラウト材の指定水量の中央値とした。フレッシュ試験項目は表-2に示すとおりである。

フレッシュ試験結果から練混ぜ時間を決定し、所要数量のグラウト材を練混ぜた。その後、要素実験と同じモルタルポンプを用いて、グラウト材をモルタルポンプに投入し、筒先から 10 秒間グラウト材を排出した後、充填を開始した。芯筋位置のアクリルパイプの天端からグラウトが流出した時点で充填を終了した。

測定項目として、充填時間、および充填後の充填高さを記録した。

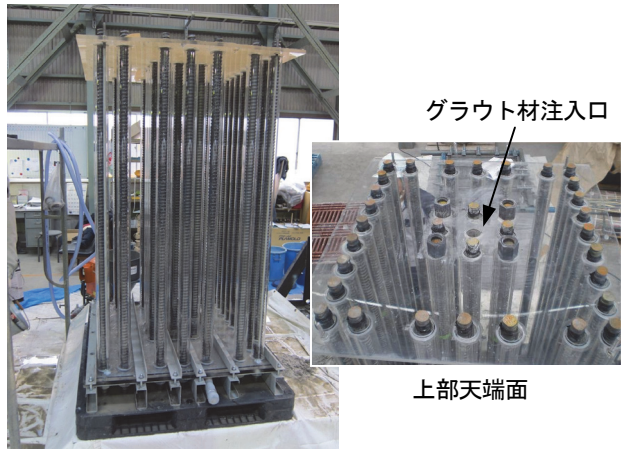


写真-11 実大グラウト充填実験の試験体

4.2 実験結果

a. フレッシュ性状と充填施工状況

フレッシュ試験結果を表-4に、充填状況を写真-12に示す。上部の注入口から投入したグラウトは、まず、下層階柱との接合面目地部にあたる底板面を充填しつつ流動し、その後、注入孔脚部からグラウトヘッドが上昇するに伴い主筋貫通孔のグラウトが上昇した。今回用いたモルタルポンプ、および試験体において、主筋貫通孔のグラウト上昇速度は、概ね毎分 100mm であった。ただし、J14 ロート時間が長かった 120F の上昇速度は、



写真-12 実大グラウト充填実験の充填状況

表-4 フレッシュ試験結果

材料名	J14 ロート (sec)	フロー (mm)			温度 (°C)
		JIS R 5201 ペースト容器	JASS15M-103 φ50x51	φ50x100	
60A	13.5	281x278	212x215	288x281	18
60B	12.5	243x235	201x201	248x243	18
60C	13.9	280x262	207x197	275x275	16
80E	10.2	163x161	133x132	168x167	25
80F	14.4	280x280	204x188	258x255	16
80G	11.5	296x285	226x224	315x302	26
120F	31.4	268x262	184x180	246x235	30

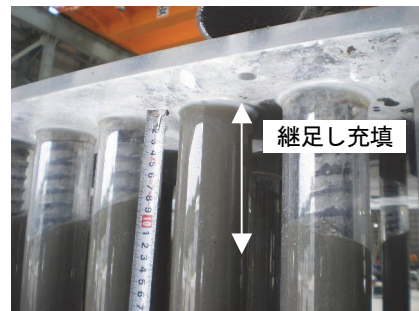


写真-13 グラウト材の継足し状況

他のグラウト材よりやや遅かった。

80E のグラウト材を用いた試験体においては、外周筋貫通孔のグラウトの充填高さが天端から 160mm 下がりとなったものがあつた。その部分については、貫通孔の上部からグラウト材の継足し充填を行った。その結果、目視観察から空隙なくグラウトが充填できることを確認した(写真-13)。160mm 程度の下がりであれば、目視で上部からグラウトの天端が確認でき、継足し作業に問題のないことが確認できた。

b. 充填比較

グラウト充填完了時の四隅鉄筋位置のグラウトの充填高さと同外周筋の最小充填高さを図-8 に示す。80F、120F は天端からの下がりが 50mm 以内であり良好な充填性を有していることが確認された。60 シリーズでは 60A が最も充填高さが高かつた。

四隅鉄筋位置のグラウト天端下がり区分ごとの、各グラウト材のフレッシュ試験における J14 ロート時間と JIS R 5201 セメントペースト容器によるフロー値との関係を図-9 に示す。グラウト天端下がり が 100mm を超えたグラウト材の J14 ロート時間は短いものの、フロー値は最も小さかつた。柱梁接合部の断面中央上部からグラウト材を注入した場合、外周筋のグラウト上昇は、J14 ロート時間よりもフロー値に影響すると考えられる。今回の試験体において外周筋のグラウト天端下がり を 100mm 以内とするためには、JIS R 5201 セメントペースト容器によるフロー値を 240mm 以上とすることが目安と考えられる。同様に、φ50×51 のフロー値では 180mm 以上、φ50×100 では 240mm 以上が目安と考えられる。

5. まとめ

PCa 柱梁接合部における、グラウト充填性について検討するため、各種銘柄のグラウト材を用い、下層階柱との接合面目地部を模擬した平板試験体による充填要素実験、および実大柱梁接合部を模擬した実大試験体による充填施工実験を実施した。その結果を以下に示す。

- i. 充填要素実験の結果、接合面目地部を模擬した平板表面のグラウト充填率は、J14 ロート時間が 8 秒以上で、バイブレータ加振を行った場合、96% 以上となる
- ii. 充填施工実験の結果、グラウト材によって充填性は異なるものの、接合面目地部および主筋貫通孔のグラウト充填は不具合なく施工できることを確認した
- iii. 柱梁接合部の上部中央からグラウト材を注入した場合、外周筋貫通孔のグラウト充填高さは、J14 ロート時間よりもフロー値に影響し、フロー値が小さい場合、充填高さは低下する

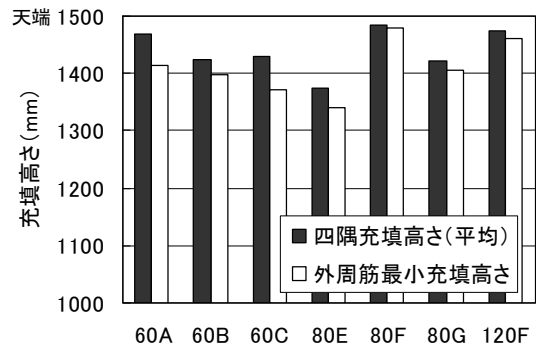


図-8 四隅鉄筋位置におけるグラウト充填高さと同外周筋の最小充填高さ

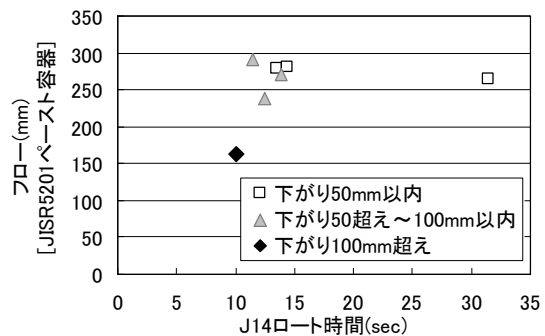


図-9 四隅鉄筋位置のグラウト天端下がり区分ごとの、J14 ロート時間とフロー値との関係

6. あとがき

柱梁接合部の上部中央に設けたグラウト注入口からグラウト材を流込み、柱主筋貫通孔内を良好にグラウト充填できる様子が目視により確認でき、本施工方法の説明資料として十分価値のある記録を残すことができた。また、市販されているグラウト材の選定資料となる貴重なデータが得られた。

【参考文献】

- 1) 例えば、角 彰、「プレキャスト複合工法による高層 RC 建築の実施」、コンクリート工学、Vol.41、No.10、pp.87-90、2003.1
- 2) 阿部達也、石川周治、神山良知、羽田尚広、「プレキャスト化による超高層 RC 造の施工-ユーカリが丘南口駅前計画-」、コンクリート工学、Vol.41、No.10、pp.91-95、2003.1