

7. 鉄筋スリーブ接合のグラウト同時注入工法の開発

内井 栄二
崎山 和隆
木村 建治

要 旨

プレキャストコンクリート部材の鉄筋を接合する方法の一つにスリーブ接合工法があるが、これまでの施工方法では施工能率が上がらないうえに、施工後の跡処理などに問題があった。特に、建物外周部に面する柱部材については、施工がしにくい上に仮設足場が必要になるなど、プレキャストコンクリート工法の利点が生かしきれていなかった。今回、これらの問題点を解消する方法としてグラウト同時注入工法を開発し、種々の試験を行った結果、その有効なことが検証できたので報告する。

キーワード

プレキャスト／スリーブ／グラウト／同時注入／アタッチメント

目 次

1. はじめに
2. 工法概要
3. 試験概要
4. 試験結果と考察
5. まとめ
6. あとがき

7. DEVELOPMENT OF A SIMULTANEOUS GROUT INJECTION REINFORCED SLEEVE JOINT METHOD

Eiji Uchii
Kazutaka Sakiyama
Kenji Kimura

Abstract

There are sleeve joint methods for joining reinforced precast concrete, but up to now the operation rate has not increased, and there have been problems with controlling the construction marks made at the joints. In particular, for columns on the outside of structures, more significant than the difficulty of the operation, temporary scaffolding has become necessary, and the advantages from the prefabricated method have not been made good use of.

Now however, having resolved these problems a simultaneous grout injection method has been developed, and the results of the various trials carried out and confirmation of its effectiveness, are detailed in this paper.

1. はじめに

プレキャストコンクリート工法においてよく使われる鉄筋の接合工法の一つに、スリーブ工法がある。この工法は、スリーブと呼ばれる鋳鉄製の管の中に、接合しようとする鉄筋を上下から必要定着長以上挿入し、その中に無収縮の高強度グラウト材を注入して接合するものであるが、これまでその注入作業は、スリーブ一本ずつについて行われていた。

- ・施工率が悪い。
- ・建物の外周部での作業には足場が必要になる。
- ・注入口の数が多く、施工跡の補修に手間がかかる。

など、プレキャストコンクリート工法の目指す省力化という利点を生かすには、少なからず問題があった。

当工法は、これら問題点を改善するため、一箇所の注入口から同一部位にあるスリーブに同時注入ができるように考案したものである。本報告では、グラウト同時注入工法の概要、その施工性および品質を確認するために行った一連の試験結果について述べる。

2. 工法概要

2.1 施工システム

このたび開発したグラウト同時注入工法の概念図を図-1に示す。図に示すように各スリーブの下部は、開発したアタッチメントと連結パイプでお互いを継ぎ合わせ、グラウトが各スリーブに行き渡るようにしたものであり、始端部となるスリーブにだけグラウトを注入する注入口を設けている。各スリーブの上部にある排出口は従来通りあけたままとし、それぞれグラウトを排出させることでその充填を確認できるようにしている。

現場でのグラウトの注入は下記順序で行う。

図-1に示すように連結スリーブの一端の注入口から圧送ポンプを用いてグラウトを注入する。最初に注入するスリーブの下方から徐々にグラウトが充填されていき、順次、連結パイプを介して次のスリーブへと進み、終端のスリーブ内へとグラウトが充填されていく。この際、最初のスリーブ上部の排出口から、また次のスリーブの排出口から順次グラウトが排出されていくが、その排出を確認しながら、各スリーブの排出口を閉栓していき、各スリーブへの充填を完了する。

2.2 アタッチメントの開発

スリーブ同志を連結するためにアタッチメントを開発した。コスト負担を少なくするため、スリーブは市販品をそのまま利用することとし、アタッチメントは、図-2に示すように90度もしくは180度の両方向に連結できる構造とした。市販品のスリーブには注入口・排出口が1箇所ずつあけられているので、注入口はすべて塞いで、アタッチメントと連結管で各スリーブを連結し、始端となるスリーブの連結管の一方を注入口とした。

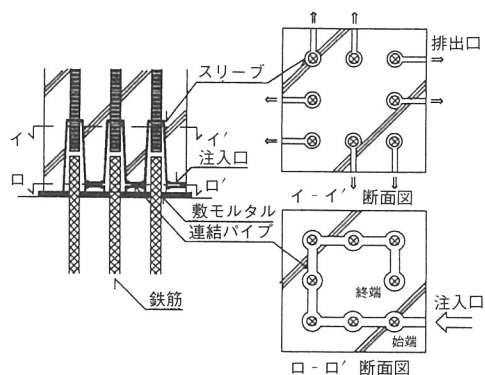


図-1 工法の概念図

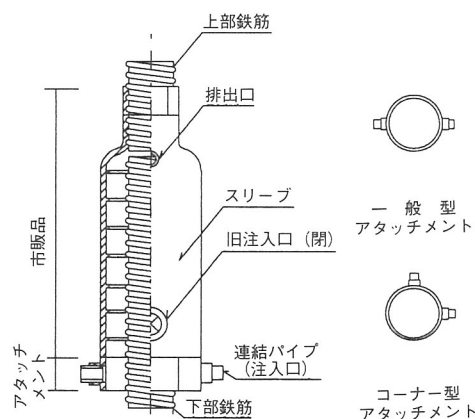


図-2 スリーブ継手詳細

3. 試験概要

本工法は多本数のスリーブを連結し同時注入を行うので、下記問題の発生が予測された。

- ① 注入されるスリーブの始端と終端の継手に強度差が生じないか。
- ② グラウト注入時のポンプ圧力が施工に支障をきたすほど大きくならないか。

スリーブは市販されている2種類のスリーブを使用し、各スリーブに注入されたグラウト材の品質および継手部の強度を確認するための試験を行った。この際、グラウトの充填状況およびポンプの圧力状況についても観察し、施工性の是非を確認した。

3.1 グラウト材品質試験

(1) 充填状況の確認と圧縮強度試験

スリーブの本数が多い上に、折曲げ箇所にコーナ用のアタッチメントを使用したため、注入に際しポンプの圧力が増加し、また、グラウト材が各スリーブにうまく充填できるかどうか危惧された。そのため当試験では、その充填状況が目視で観察できる内部を中空にしたスリーブ形状の実寸大の透明型枠を作製した。透明型枠の形状は図-3に示す通りであるが、エポキシ樹脂は、圧縮強度試験に用いる供試体が容易に取り外せるようにと切削可能で軟度のあるものを使用した。

充填状況の確認は、この透明型枠を連結した試験体にグラウトを注入し、エア溜りの観察・ポンプの圧力増加の程度を測定することで行った。この際、型枠の連結は、スリーブの連結本数の増加や折曲げの有無による充填性を比較するため、図-4 a) に示す連結本数が少ない直線状のI形のものと、b) に示す連結本数が多く直角に折曲ったL形のものと2通りについて行った。

また、グラウト材の品質を確認するため、そのI形およびL形の試験体からそれぞれ始端・終端の供試体を取り出し、その上部・下部からコア供試体を採取し圧縮強度試験を行った。圧縮強度試験は、注入順位・連結形状およびスリーブ内の上部・下部といった物理的因子が強度にどのような影響を及ぼすかを調査するのが目的である。

なお、この試験の場合、グラウトの圧縮強度の確認のためコアを採取しなければならないので鉄筋の挿入を省略した。

(2) 定量分析試験

スリーブの連結順位によるグラウト材の成分の比較を行うために、連結されたスリーブの始端部供試体と終端部供試体からコア供試体を切り出し、セメント量・鉄分量の分析を行った。試験に使用した供試体は、前記(1) 項の充填確認試験で作製したI形およびL形の無筋のものと有筋のL形連結したものである。写真-1に有筋のL形試験体の製作状況を示す。

表-1にグラウト材品質試験のための試験概要を、表-2に試験に用いたグラウト材の性能を示す。これらの試験は、いずれもT社のネジ式スリーブだけを使って行った。

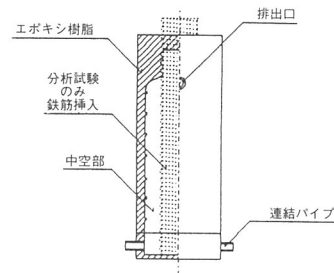


図-3 スリーブ透明型枠

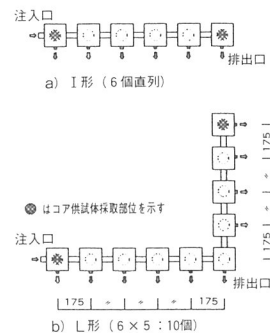


図-4 グラウト品質試験における連結形状

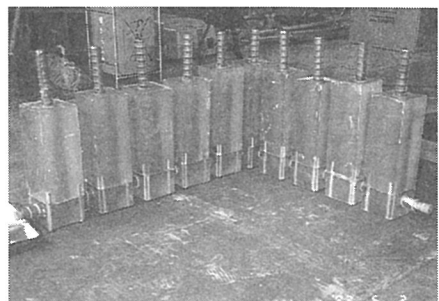


写真-1 L形（有筋）試験体の製作状況

表-1 グラウト材品質試験概要

種 類	試 験	方 法	個 数	試験場所	備 考
エポキシ 透明型枠 (無 筋) I 形 L 形	充填確認	目視・脱型	I、L 形各 3 回	当社技研内	T 社製ネジ式 スリーブ により実施 I 形 (6 個直列) L 形 (6×5:10個)
	圧縮強度試験	4 週強度	始端・終端 部位の上下 各 4 体	日本建築 総合試験所	
	セメント量 鉄分量分析	定量分析			
エポキシ 透明型枠 (有 筋) L 形	施工性確認	目視・脱型	3 回	当社技研内	
	セメント量 鉄分量分析	定量分析	始端・終端 部位の上下 各 4 体	日本建築 総合試験所	

表-2 グラウト材性能 (T 社)

グラウト材 (プレミックスタイプ)	圧縮強度	$\sigma_{cs} \geq 550 \text{ kg/cm}^2$
	基準配合	W/G $\leq 3.0 \ell / 25 \text{ kg}$

3.3 継手引張試験

継手強度の確認と連結順位による継手強度の差を確認するため、鉄筋を上下から挿入した 12 本のスリーブを図-5 に示すようにロ形に連結しそれにグラウト材を同時注入して試験体を作製し、所定の材令を経過した後、12 本全ての継手供試体について引張試験を行った。継手として T 社のネジ式スリーブと S 社のスリーブを使用し、それぞれの継手について 2 回ずつ試験を行った。鉄筋は、T 社のネジふし鉄筋に統一した。

図-5 に引張試験体の連結形状の様子を、写真-2 に試験体を製作している状況を示す。

表-3～5 に使用した各材料の諸元を、表-6 に継手引張試験のための試験概要を示す。

表-3 T 社ネジ式スリーブ継手材料

スリーブ材質	FCD600	
グラウト材 (プレミックスタイプ)	圧縮強度	$\sigma_{cs} \geq 550 \text{ kg/cm}^2$
	基準配合	W/G $\leq 3.0 \ell / 25 \text{ kg}$
継手方法	上部：ネジ定着 下部：グラウト定着	

表-4 S 社スリーブ継手材料

スリーブ材質	MIL-I-11466 Class 3 による	
グラウト材 (プレミックスタイプ)	圧縮強度	$\sigma_{cs} \geq 650 \text{ kg/cm}^2$
	基準配合	W/G $\leq 4.1 \ell / 25 \text{ kg}$
継手方法	上部・下部：グラウト定着	

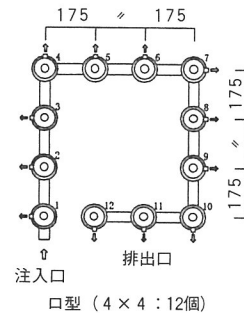


図-5 引張試験体の連結形状



写真-2 引張試験体の製作状況

表-5 主筋材料

形 状	種 類	呼び名	降伏強度 N/mm ²	引張強さ N/mm ²
ネジ状	SD345	D25	345~440	490以上

表-6 継手引張試験概要

種 類	試 験	方 法	個 数	試験場所	備 考
市 販 スリーブ	施工性確認	目 視	2 回	当社技研内	T社製ネジ式 スリーブ により実施 ロ形 (4×4：12個)
	継手引張試験	1 週強度	No.4, 6, 8	当社技研内	
		4 週強度	No.1, 5, 7, 9, 12		
		4 週強度	No.2, 3, 10, 11	日本建築 総合試験所	
	施工性確認	目 視	2 回	当社技研内	
ロ 形 連 結	継手引張試験	1 週強度	No.4, 6, 8	当社技研内	S社製スリーブ により実施 ロ形 (4×4：12個)
		4 週強度	No.1, 5, 7, 9, 12		
		4 週強度	No.2, 3, 10, 11	日本建築 総合試験所	

4. 試験結果と考察

4.1 グラウト材品質試験

(1) 充填状況の確認

注入したグラウト材は、I形・L形連結の各試験体とも、始端より終端へ、注入口（下部連結口）より上部排出口へと順次円滑に充填されており、アタッチメントや排出口部分でのエア溜りは確認されなかった。また、連結本数や折曲げ箇所の増加によるグラウトポンプの圧力負荷もそれほど上昇しなかった。なお、定量分析試験用に作製したL形試験体（有筋）の場合も、同様に、円滑に充填されていた。

(2) 圧縮強度試験

表－7に各コア供試体について行った圧縮強度試験結果を示す。コアは円柱状ではあるが不整形なため、最大径と最少径を平均して平均径とし、それと高さとの比で強度の補正を行った。各コアとも所要強度を十分に満足しており、連結形状・連結順位の違いによる圧縮強度の差は認められなかった。

(3) 定量分析試験

表－8に（財）日本建築総合試験所で行った定量分析試験の結果を示す。鉄分は供試体の上部で若干多くなり、酸化カルシウムはこれとは反対に下部で若干多く分布する傾向が見られた。しかし、各供試体ともその分析結果の差はわずかであり、連結順位によるばらつきは小さく、鉄筋の有無についての差異もほとんど見られなかった。このことは、グラウト材を充填する過程で連結管やアタッチメントを通過する鉄粉量の割合が減少したり、スリーブ内で鉄粉が沈降したりしなかったことを示すものと考ええる。

4.2 グラウト材強度試験および継手引張試験

T社ネジ式スリーブおよびS社スリーブを用いて行ったグラウト材の圧縮強度試験結果を表－9に、またそれぞれのスリーブの継手引張試験結果を図－6・図－7に示す。

グラウト材の圧縮強度については、表－9に示すように、ばらつきが見られたものの所用強度を十分に満足した。

一方、引張試験については、各供試体ともに鉄筋の降伏点（20tf程度）を超えた辺りで若干の滑りを示したが、JIS G 3112の規定する鉄筋の引張強さ（25.3tf）迄その強度を保持することが確認され、ばらつき

も小さかった。ネジ式スリーブについては、ネジ定着部分で破壊したものが2件あった。

以上の結果から、継手の引張強度は使用した鉄筋の強度特性で決められるものと考ええる。

写真－3に継手引張試験の状況を示す。

表－7 コア圧縮強度試験結果

採取箇所		実 測 地			荷 重	強 度
		平均径 (cm)	高 さ (cm)	質 量 (g)	(tf)	(kgf/cm ²)
I形 始端	上部	4.7	5.0	220.0	15.2	771.0
	下部	5.3	4.9	295.0	17.9	673.4
I形 終端	上部	4.7	4.8	265.0	16.5	817.9
	下部	4.8	4.8	295.0	16.0	751.6
L形 始端	上部	4.9	4.9	275.0	14.4	649.1
	下部	4.9	4.8	260.0	15.1	672.6
L形 終端	上部	4.9	4.8	310.0	16.1	717.2
	下部	4.9	4.8	300.0	15.1	672.6

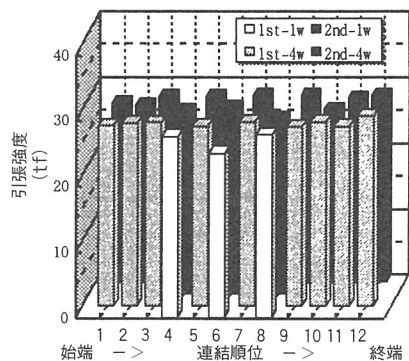
供試体は室内気中養生とした。

表－8 定量分析試験結果

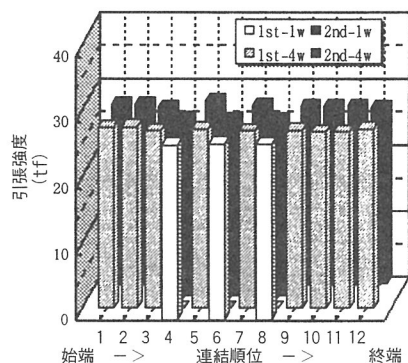
試料採取箇所			含 有 量 (%)	
			CaO	Fe
I 形 (無 筋)	始 端	上部	28.3	38.5
		下部	32.5	31.0
	終 端	上部	22.9	48.2
		下部	23.9	46.6
L 形 (無 筋)	始 端	上部	21.3	52.0
		下部	22.1	50.6
	終 端	上部	20.7	53.4
		下部	20.4	54.8
L 形 (有 筋)	始 端 (No.1)	上部	22.2	50.8
		下部	27.6	40.7
	終 端 (No.12)	上部	18.6	59.4
		下部	20.2	54.5

表－9 グラウト材圧縮強度試験結果

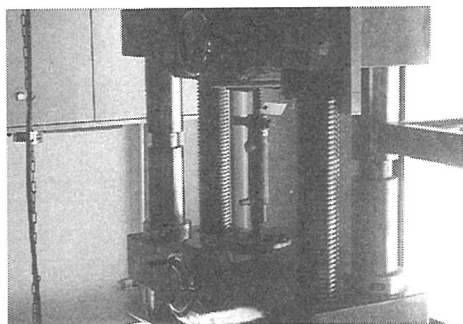
		圧縮強度 (kgf/cm ²)				水グラウト比 W/G (ℓ/kg)
		気 中		標 準		
		7 日	28日	7 日	28日	
T社	第1回	717.4	916.2	846.6	942.7	2.8/25
	第2回	650.0	711.0	647.0	796.0	2.8/25
S社	第1回	734.9	889.7	743.1	855.1	4.0/25
	第2回	828.3	973.7	809.7	951.3	3.5/25



図－6 継手引張強度（T社ネジ式スリーブ）



図－7 継手引張強度（S社スリーブ）



写真－3 継手引張試験状況

5. まとめ

本試験より、以下のことが確認された。

- ① スリーブの連結順位や本数・折曲げ箇所数などの連結形状の違いおよび同一スリーブ内の上部・下部などの位置の違いによるグラウトの強度差は見られず、所定の強度を満足している。
- ② グラウト主成分の分布についても、連結順位・連結形状および同一スリーブ内の位置の違いによる差異は見られず、均一な分布を示している。
- ③ 継手引張試験の結果から、供試体の降伏点は使用鉄筋の降伏値に一致しており、引張強度もほぼ均一であり、かつ、JIS G 3112の規定値以上の引張強度を保持している。

今回行った一連の試験により、本工法の継手工法としての有効性が確認された。

6. あとがき

高層および超高層建物へR P C構造が増加する傾向にある中で、要素技術としての本工法を開発できたことは、非常に有意義なものとする。

今後は、外部足場が一切不用となる同時注入・同時排出工法へと展開していきたいと考えている。

最後に、本工法の開発に御協力頂いた関係各位、および(株)日本建築総合試験所工事用材料試験室の方々に深く感謝の意を表します。