

鉄筋周辺のスパイラルによるグラウト工法

Grouting with Spiral for Reinforcing Bar

北海道工業大学 ○学生員 三井雅弘 (Masahiro Mitsui)
 北海道工業大学 正 員 犬塚雅生 (Masao Inuzuka)
 北海道工業大学 正 員 佐々木勝男 (Katsuo Sasaki)

1. はじめに

プレキャストのため様々な継手工法が考案され、実用化されてきた¹⁾。グラウト充填式鉄筋継手は、太径鉄筋への適用ならびに鉄筋位置への誤差許容に加え傾斜充填に対応する²⁾。しかしグラウトにグラウトポンプなどの特別な装置や技術を必要とするため、グラウト材の性質やグラウト位置が限定される。本報告は従来の充填継手の問題点を解決する工法に関する。この工法では異形棒鋼に鉄線をスパイラル状に巻き付けた棒鋼の回転により発生するねじ作用を利用する。従ってグラウトポンプなどの装置や設備を必要としない。このため従来困難とされてきた様々な性質のグラウト材や所望の位置へ所望のグラウトが容易であり、また経済性も期待できる。

実験はスパイラルを利用したグラウト工法の適用性を検討する資料を得ることを目的とする。実験計画は三段階に分けて次の手順で実施した。最初にホッパー部におけるグラウト材の水頭変化における搬送量試験を行った。次にスパイラルグラウトによる充填度試験を行った。さらにスパイラルの有無に関して力学的挙動と強度への影響を検討した。

2. スパイラルグラウトの概要

提唱する工法においては、スパイラルのねじ作用によりグラウト材を鉄筋周辺に搬送する。このため、鉄筋になまし鉄線をスパイラル状に巻き付けた棒鋼を製作する。これを鉄筋スパイラルと呼ぶ。鉄線を巻き付けた部分をスパイラル部、鉄線を巻き付けていない部分を非スパイラル部と呼ぶ。スパイラル部の長さをスパイラル部長と呼ぶ。これらの詳細を写真-1に示す。この鉄筋スパイラルを図-1のようにグラウト空間に挿入し、鉄筋スパイラルを回転させる。回転によって生じるねじ作用により供給口より投入されたグラウト材の搬送を行う。

なお本実験で用いるグラウト材の物性を搬送限界と流動限界の二つの限界内とした。搬送限界は鉄筋スパイラルが搬送可能である流動性を持ち、それ以上に流動性が増すと搬送能力が大きく低下する限界である。一方流動限界は供給部におけるグラウト材の自重流下が可能であり、それ以上に硬くなると自重流下でホッパーからの連続流下が不可能になる限界である。

3. 使用材料および機材

横フシ型異形棒鋼SD-D13、D16、D19の3種類

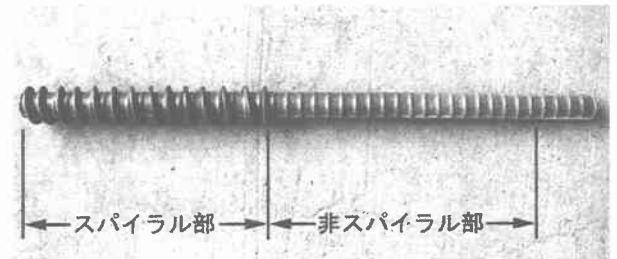


写真-1 鉄筋スパイラル

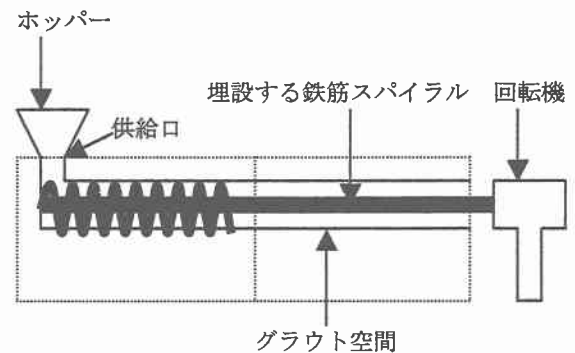


図-1 スパイラルグラウト理論図

表-1 グラウト材の配合設計

配合 番号	水セメ ント比 (%)	単位量 (kg/m ³)			混和剤 (g/m ³)	フロー値
		水	セメント	細骨材		
1	40	279	697	1280	3500	230
2					5250	79s
3					7000	43s

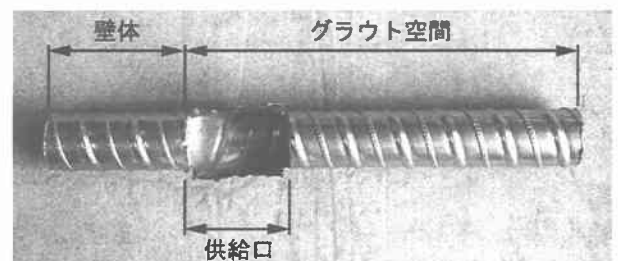


写真-2 シーススリーブ

を使用した。鉄筋スパイラルの製作は鉄筋の先端を固定し、ハンドルで鉄筋を回転させ、なまし鉄線をスパイラル状に巻き付けた。グラウト材はセメントを使用した。配合設計を表-1に示す。高性能AE減水剤を使用し、フロー値の

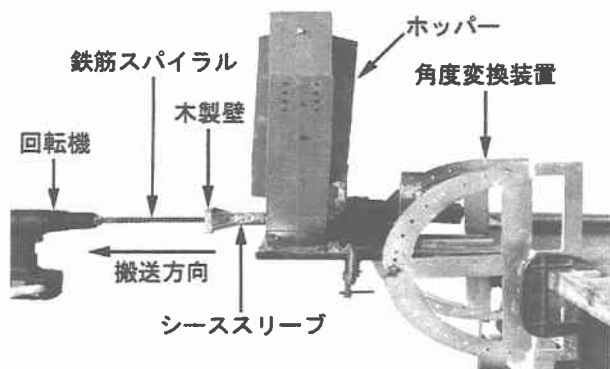


写真-3 水平グラウト実験装置

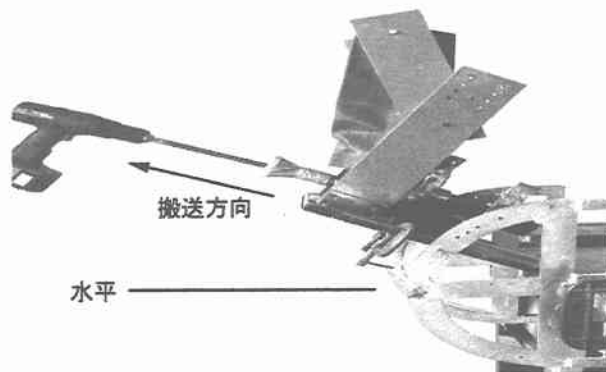


写真-4 上方30°グラウト実験装置

測定には J I S R 5201 試験法と J S C E - F 531 試験法を用いた。グラウト空間に用いるスリーブは、内径 30mm、外径 33mm、概算重量 0.22 k g / m のスパイラルシースを使用した。これを写真-2に示す。グラウト材を供給するためのホッパーは、シーススリーブ接合部にはアルミ版、その他はビニールを用いた。鉄筋スパイラルに回転力を与えるため充電式ドライバードリルを用いた。ドライバードリルはトルク 6.86 N · m、回転数 350 min⁻¹に保った。搬送角度は角度変換装置により変化させた。

4. 水頭変化における搬送量試験

(1) 実験条件

鉄線径は 2.5mm、スパイラル部長は 100mm、スパイラルのピッチは 45mm、グラウト材のフロー値は 230、搬送角度は上方 30° とした。

(2) 測定方法

試験装置を写真-4のように上方 30° に傾ける。シーススリーブを固定し、グラウト空間に鉄筋スパイラルを挿入する。ホッパーの水頭を実験条件に保つ。鉄筋スパイラルを回転させ一定断面を通過するグラウト材量を測定する。なお搬送量値の単位は cm³ / 10s とする。

(3) 実験結果および考察

搬送量試験の結果を図-2に示す。供給部におけるグラウト空間への連続的なグラウトは、ホッパーの水頭が 20 c m 近傍で最大値を示した。

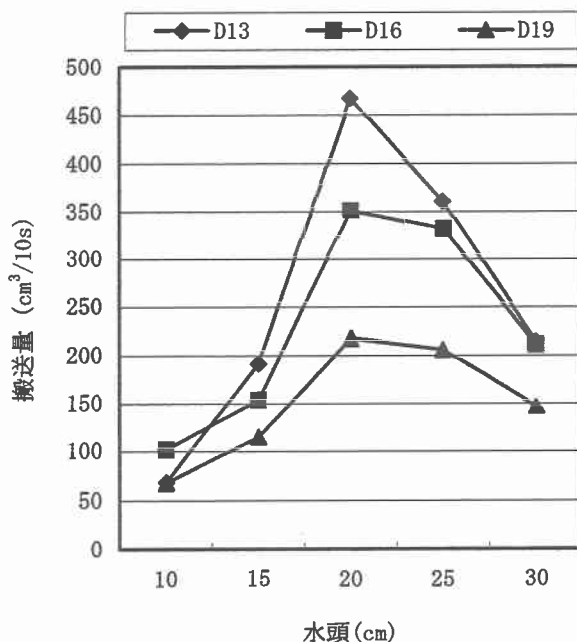


図-2 水頭変化における搬送量

表-2 因子および水準

	1 水準	2 水準	3 水準
鉄筋径 A	D 13	D 16	D 19
鉄線径 B	2.5mm	3.5mm	4.5mm
スパイラル部長 C	100mm	150mm	200mm
スパイラルのピッチ D	15mm	30mm	45mm
グラウト材のフロー値 E	43s	79s	230

4. 充填度試験

(1) 実験概要

写真-3と4に示すように水平および上方 30° についてグラウト空間に鉄筋スパイラルによるグラウトを行う。その供試体の重量より比重を算出した。直交配列表を用いた実験計画を作成し、統計学的に有意となる要因を求めた。因子および水準を表-2に示す。

(2) 測定方法

写真-3と4に示す実験装置にシーススリーブを固定させ、グラウト空間に鉄筋スパイラルを挿入する。次にグ

ラウト材を 20 c m の高さまでホッパー内に投入する。続いて鉄筋スパイラルを 30 秒間回転させる。このとき回転開始から 30 秒経過する以前に空転が 3 秒以上継続した場合は、そこで回転を終了した。グラウト終了後、ホッパーを供給口から外し、水平グラウトは水平の状態、上方 30° グラウトは 30° 傾けた状態で 1 日養生を行った。養生後の供試体の空中重量および水中重量を測定し比重を算出した。

(3) 実験結果および考察

分散分析の結果、水平グラウトではグラウト材のフロー値が危険率 5% で有意となった。グラウト材のフロー値と

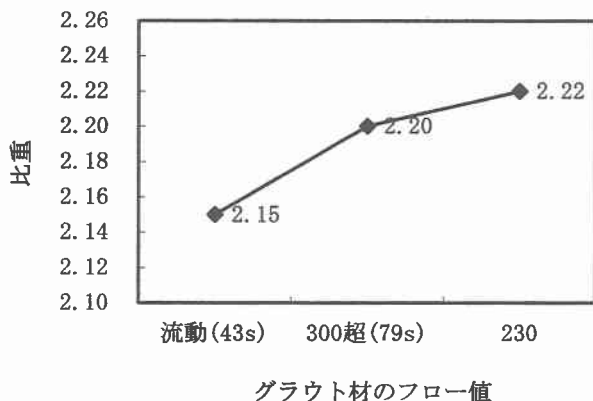


図-3 グラウト材のフロー値と比重 (水平)

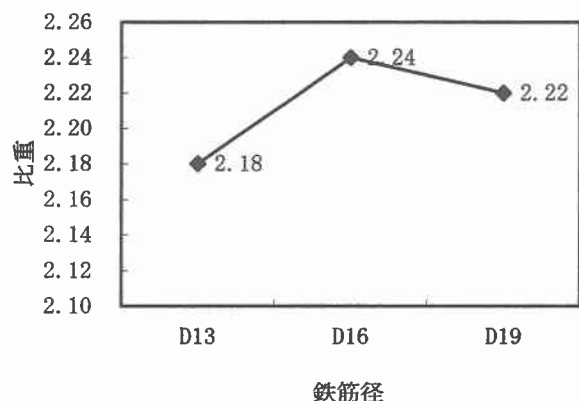


図-4 鉄筋径と比重 (上方 30°)

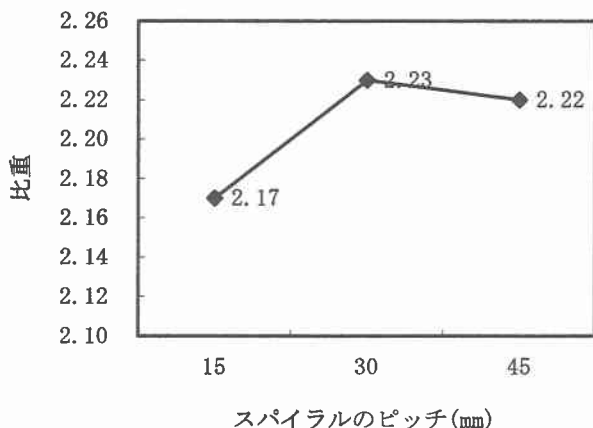


図-5 スパイラルのピッチと比重 (上方 30°)

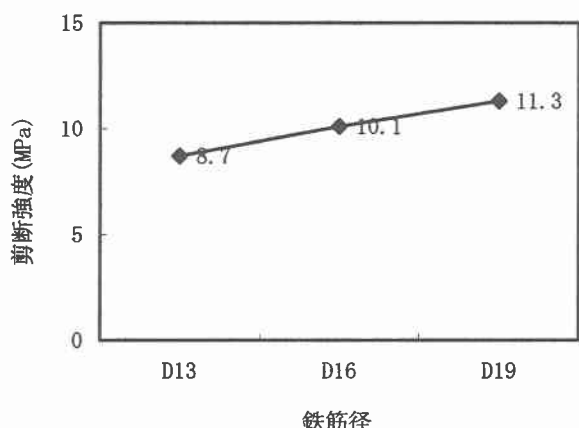


図-6 鉄筋径と剪断強度 (水平)

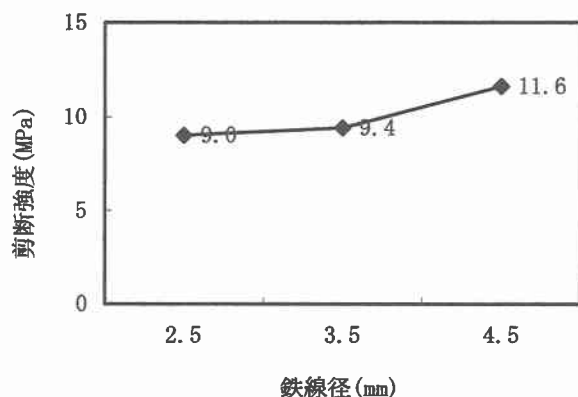


図-7 鉄線径と剪断強度 (水平)

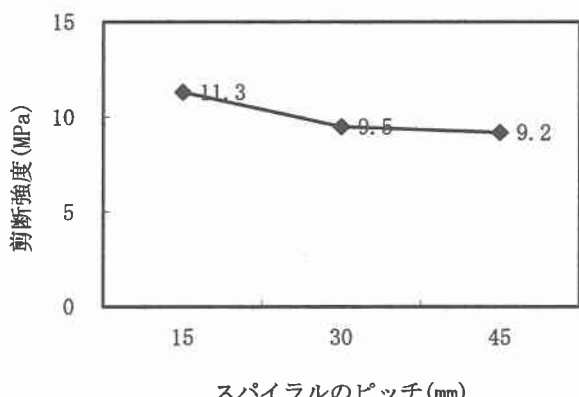


図-8 スパイラルのピッチと剪断強度 (水平)

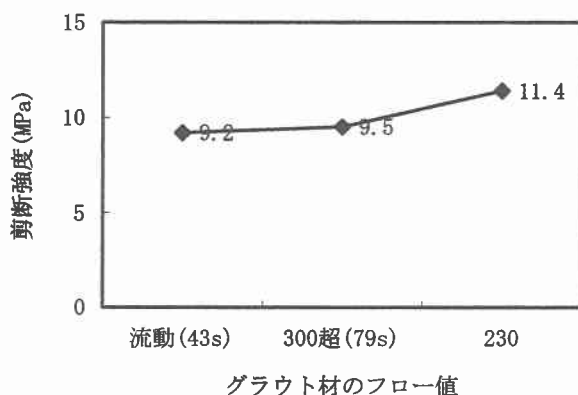


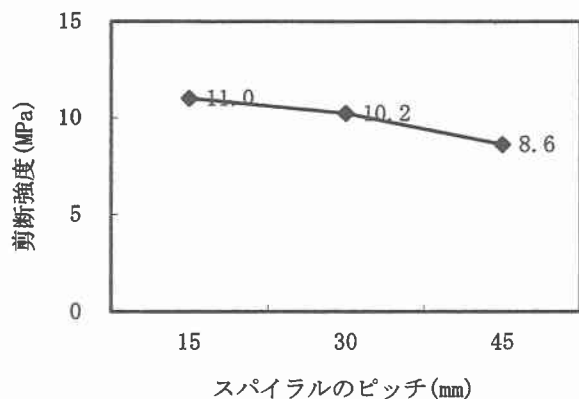
図-9 グラウト材のフロー値と剪断強度 (水平)

比重の関係を図-3に示す。グラウト材の流動性の低下に伴い比重は増加する傾向が見られた。上方 30° グラウトでは鉄筋径、スパイラルのピッチが危険率 5%で有意となった。鉄筋径およびスパイラルのピッチと比重の関係をそれぞれ図-4と5に示す。鉄筋径、スパイラルのピッチ共に同じ傾向を示しており、最大比重を得る条件を見出した。

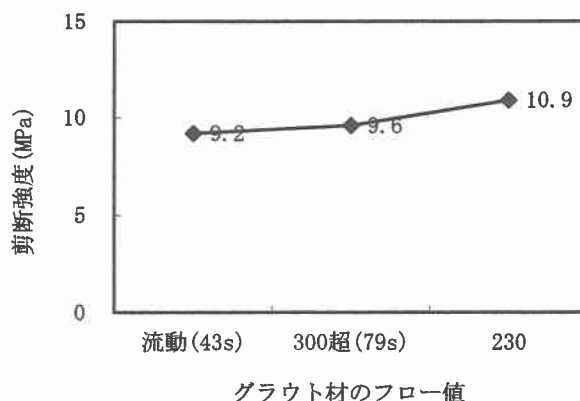
6. 強度試験

(1) 実験概要

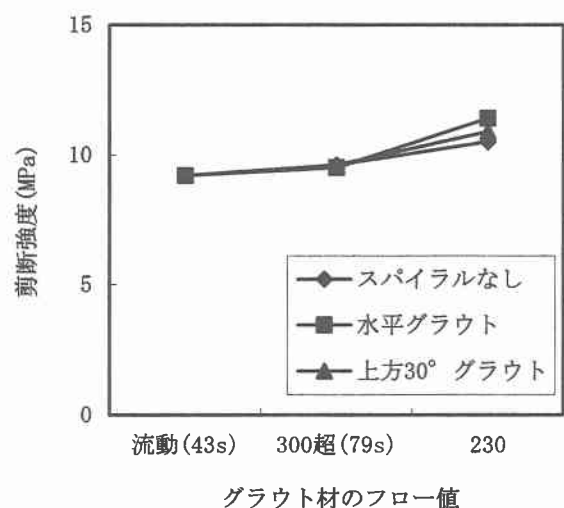
充填度試験と同様のグラウトを行い、グラウト空間の予め定めた区間を 5 cm に切断した。コンクリートおよび鋼管により切断した供試体の被覆を行い、剪断強度を算出し



図－１０ スパイラルのピッチと剪断強度（上方 30°）



図－１１ グラウト材のフロー値と剪断強度（上方 30°）



図－１２ 剪断強度の比較

表－３ 剪断強度の比較

フロー値	剪断強度 (MPa)		
	スパイラルなし	水平グラウト	上方 30° グラウト
43s	9.2	9.2	9.2
79s	9.6	9.5	9.6
230	10.5	11.4	10.9

しかし水平グラウトで見られた充填度と強度の関連性が上方 30° のグラウトでは見られなかった。これは強度試験を行った供試体の位置選定によるものと思われる。上方向搬送では局部的な空隙を生じることがあるからである。

グラウト材のフロー値を変化させたスパイラル供試体とスパイラルなしの供試体の実験結果を表－３と図－１２に示す。スパイラルグラウト、スパイラルなし共にグラウト材の流動性の低下に伴い剪断強度は増加する。更に、グラウト材のフロー値が 230 ではスパイラルグラウトはスパイラルなし以上の強度の発揮が見られた。

7. 結論

次のような結論を得た。

(1) 流下限界のグラウト材は、流動性の大きい搬送限界の場合に比べて水平グラウトでは約 24%、上方 30° グラウトでは約 18%の強度増加を見出した。

(2) 鉄筋径、鉄線径、スパイラルのピッチの有意が見出されたことにより、機械的な充填作業の能率の向上が充填材の強度を増大させることが見出された。

(3) 与えられるホッパーの幾何学的条件に対し、搬送量を最大にする最適水頭値が存在することが見出された。その値は本実験では 20 cm の近傍であった。

(4) スパイラルグラウトによる鉄筋は、通常の充填（スパイラルなし）鉄筋よりも大きい強度を発揮した。

参考文献

- 1) 別所佐登志, 角陸純一: 鉄筋継手の種類と力学性状, コンクリート工学, Vol. 29, No. 12, pp. 222-32, 1991. 12.
- 2) 林芳尚, 中塚佑, 鈴木計夫: グラウト充てん式鉄筋継手に関する研究の動向, コンクリート工学, Vol. 34, No. 4, pp. 15-23, 1996. 4.

た。直交配列表を用いた実験計画を作成し、分散分析により有意となる要因を求めた。因子および水準は充填度試験と同様で表－２に示す。またシーススリーブに異形棒鋼を挿入し、30 秒パイプレーションを行いながらグラウトした供試体を作成した。この供試体を鉄筋スパイラルでグラウトした供試体と同様の強度試験を行い、グラウト材のフロー値の変化による強度比較を行った。

(2) 実験結果および考察

分散分析の結果、水平グラウトでは鉄筋径、鉄線径、スパイラルのピッチおよびグラウト材のフロー値が危険率 5%で有意となった。鉄筋径、鉄線径、スパイラルのピッチ、グラウト材のフロー値と剪断強度の関係を図－６から図－９に示す。鉄筋径と鉄線径の増加に伴い剪断強度が増加する。スパイラルのピッチの巻き間隔が大きくなるにつれて、剪断強度は減少する。またグラウト材の流動性の低下に伴い剪断強度は増加する。上方 30° グラウトではスパイラルのピッチ、グラウト材のフロー値が危険率 5%で有意となった。スパイラルのピッチおよびグラウト材のフロー値と剪断強度の関係をそれぞれ図－１０と 11 に示す。これらは水平グラウトと同じ傾向を示しており、スパイラルのピッチの巻き間隔が大きいほど剪断強度は減少し、グラウト材の流動性の低下に伴い剪断強度は増加する。