

報告

[1173] 鋼管杭用水中充填材の配合に関する検討

武田 均\*1・岡本修一\*1・上出 章\*2・管原 稔\*2

1. はじめに

水中に二重鋼管杭を建て込む際、岩盤と内鋼管、内鋼管と外鋼管の一体性を確保するため、一般に図-1に示すように、鋼管と岩盤との境界部および鋼管杭内部にはセメントミルクが充填される。しかしながら、限られた注入管で岩盤と鋼管の間隙を施工することは非常に困難である。そこで、内鋼管にスリットを設け、内鋼管内部に打設されたグラウト材がスリットを通して鋼管外部に流れ出し鋼管と岩盤のせまい隙間をも充填するという施工方法が採られる。この施工方法では、グラウト材が水と接触しないようにトレミー方式で施工されたとしても、スリットから流れ出すグラウト材が、ある程度水中を流下するという状況は避けられない。

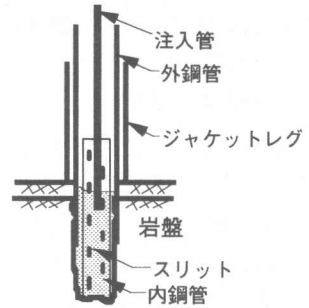


図-1 二重鋼管杭充填の概念図

また、鋼管の充填は下部から徐々に打上げるため、長大杭の場合は充填に長時間を要する可能性もある。したがって、経時的な流動性の低下量が小さい配合とすることが肝要となる。

本検討では、鋼管杭用水中充填材として要求される流動性の経時変化が小さく、水中であっても材料分離しにくいという性能を満足する配合を選定することを主目的とし、水セメント比、混和剤の種類および使用量について検討を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合条件

使用材料を表-1に、配合条件を表-2にそれぞれ示す。セメントは高炉セメントB種を使用した。強度は設計基準強度240kgf/cm<sup>2</sup> (材令28日)と設定し、それに対する目標強度は水中打設を考慮し割増し係数を1.2とし288kgf/cm<sup>2</sup>と設定した。なお、試験項目は、流動性に関しては、Pロートの流下時間(JSCE 1986)の経時変化を練り上がり後120分まで30分間隔で測定した。強度特性に関しては圧縮強度試験を材令3、7、28日で各3本づつ(φ5×10cm)実施した。材料分離抵抗性に関してはブリージング試験を土木学会法(JSCE 1986)に準拠し実施した。

2.2 実験ケース

実験は、以下の(1)~(3)の順序で段階的に実施した。本試験で検討した配合の一覧を表-3に示す。

(1) 水セメント比の検討

水セメント比は、W/C=39.5、45.0、47.0、50.0、

表-1 使用材料

項目	記号	種類	主成分
セメント	—	高炉セメント B種	—
混和剤	AEA	AE減水剤 (遅延形)	リグニンスルホン酸化合物
	SP	高性能減水剤	高縮合トリアジン化合物
	GAE	セメントグラウト用混和剤	リグニンスルホン酸化合物
	GSP		アルミニウム粉末および安定剤
	AW	分離低減剤	高縮合芳香族スルホン酸化合物 アルミニウム粉末
			水溶性セルロースエーテル

\*1 大成建設 (株) 技術研究所 (正会員)

\*2 大成建設 (株) 九州支店

55.0%の5点について検討することとし、流動性および材令28日の圧縮強度の発現状況により最も適当なW/Cを選択することとした。

(2) 混和剤の種類および使用量についての検討

使用した混和剤を表-1に示した。本検討では、一般

に市販されている混和剤の中で流動性の付与、材料分離抵抗性の付与に有効と思われるもの5種を使用し、(1)の検討結果も考慮し表-3、NO.6~11の6配合について強度特性および流動性を調査し、最も適当な配合を選定した。

(3) 水中流下試験

試験には、外側より観察ができるよう、内径5cmのガラス管を用い、管中に水を満たし図-2に示すようにセメントグラウトを打設した。本試験で想定している2重鋼管杭ではスリットから流れ出すグラウト材は主に水平方向に流出するものと考えられるが、この状況を模擬するため本試験では垂直方向にグラウト材を流下させることとした。流下距離は2cmとした。打設後は封緘養生を行い、材令28日で高さ10cmの供試体を管上段(2本)、中段(3本)、下段(2本)から切りだし圧縮強度試験を行った。水中流下試験は同一配合につき2回の試験を行った。

3. 結果および考察

3.1 W/Cの検討

Pロートの練り上がり時の流下時間は、W/C=45~55%の範囲では図-3に示すように11.1~21.5秒の範囲にあり、目標とした18~22秒を満足するW/Cは45%および47%であった。W/C39.5%では練り上がりで130秒となり特に流動性が悪く、その後の経時変化の測定は不能であった。さらに、2時間後の流下時間の目標値30秒を満たすW/Cは48%程度であると考えられる。また、図-4に示すように、ブリージング率はW/Cが大きくなるほど大きくなり、体積変化はW/Cが大きくなるほど大きくなる。プレーンなセメントペーストの場合の流動性から決まるW/Cは48%程度であると思われるが、ブリージングが多く、材料分離の傾向は避けられないようであった。強度発現に関しては、図-5に示すように、各W/Cでの材令28日の強度は目標強度の

表-2 配合条件

項目	条件	項目	条件
セメント	高炉セメントB種	練り上がり時のPロートの流下時間	18~22秒
設計基準強度	240kgf/cm <sup>2</sup>	流動性の保持時間	2時間 (流下時間30秒程度以下を目安とする)
強度の指定材令	28日		
配合強度の割増し	1.2	ブリージング率	3%以下 (3, 24時間)

表-3 検討配合一覧

	NO.	W/C (%)	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )			混和剤 (C×%)
			水	セメント	AW	
水セメント比の検討	1	39.5	546	1381	—	—
	2	45.0	578	1284	—	—
	3	47.0	588	1251	—	—
	4	50.0	637	1206	—	—
	5	55.0	626	1138	—	—
混和剤の検討	6	42.0	561	1335	—	GAE 1.0%
	7	38.0	536	1411	—	GSP 1.0%
	8	45.0	578	1284	0.5	SP 1.2%
	9	45.0	578	1284	1.0	SP 1.5%
	10	45.0	578	1284	1.5	SP 2.2%
	11	45.0	578	1284	—	AEA 0.25%
水中流下試験	a	45.0	578	1284	0.5	SP 1.2%
	b	45.0	578	1284	—	AEA 0.25%

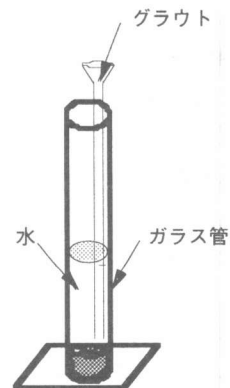


図-2 水中流下試験概念図

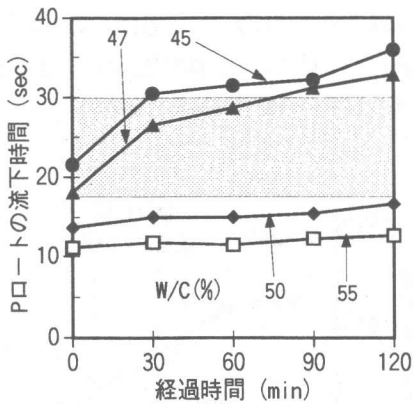


図-3 水セメント比と流動性の関係

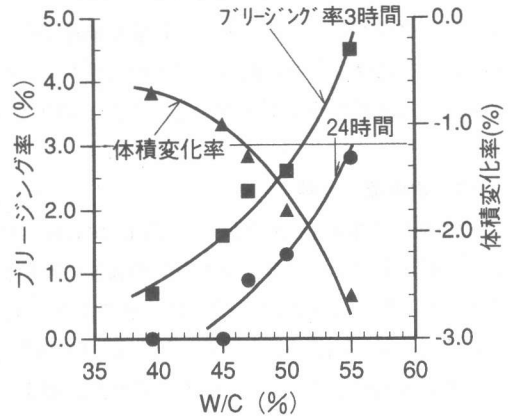


図-4 水セメント比と材料分離

288kg/cm<sup>2</sup>を上回っていた。しかしながら、実施工を考えると強度の割増しを行ってはいるが、グラウト材が水中を流動することによる材料分離および強度低下や連続施工時の材料品質の変動に起因する流動性の変化はまぬがれないものと考えられる。したがって、水セメント比は若干小さめの45%を選定し、流動性の保持は混和剤により改善することとした。

### 3.2 混和剤の種類および使用量の検討

強度の発現性については、水セメント比を45%としたことで、検討した6配合全てにおいて目標強度の288kg/cm<sup>2</sup>を満足した。流動性については図-6に示すように、NO.8~9の(SP+AW)配合で練り上がりのP-ポートの流下時間18~22秒および2時間経過後のP-ポートの流下時間30秒以下を満足していた。また、NO.7の(GSP)配合では、練り上がりのP-ポートの流下時間が若干速いがほぼ条件を満足していた。但しNO.6、NO.7では混和剤を使用したことで流動性を調整するために水セメント比を小さくする必要があり、結果的にセメント量が増加することとなった。加えてNO.7については、3時間までのブリージング率が2.2%と比較的大きかったが、24時間経過時には、体積変化の測定から1.0%膨張していることがわかった。この結果から、本検討において材料分離抵抗性を付与する目的で使用したこの混和剤(GSP)が、フレッシュ時の材料分離抵抗性に関しては有効に働いていないのではないかと推察される。NO.8~9の(SP+AW)配合では、AWの添加量が増加するにしたがい、所要の流動性を確保するためのSPの添加量は増加する。一方、AWの使用量が0.5kg/m<sup>3</sup>以上であれば3時間後、24時間後ともにブリージング率は0であって、材料分離抵抗

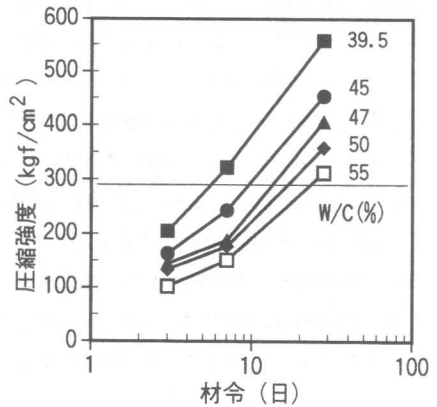


図-5 強度発現状況

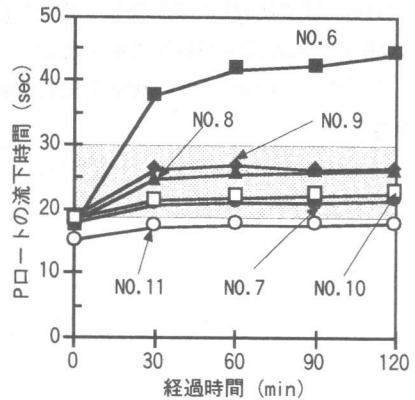


図-6 各配合の流動性の経時変化

性は良好であり、体積変化率も-1%（1%減少）であり十分に小さかった。鋼管とグラウト材の界面はブリージングの水みちとなり易く、岩盤と鋼管との一体性を確保するためにはグラウト材に十分な材料分離抵抗性を持たせる必要がある。以上の結果から、本検討の範囲では、強度発現、流動性、材料分離抵抗性の観点から本グラウト材の配合として最も適当な配合はNO.8の(SP+AW)配合であると思われる。

### 3.3 水中流下試験

3.2の検討結果より3.3では、表-3、a、bの2配合について、実際に水中を流下させ上下方向の強度の変動状況を調査した。配合aは3.2で選定された配合であり、配合bは比較のためAWを使用しない表-3、NO.11の(AEA)配合である。試験結果を図-7に示す。強度試験結果は、上段4本、中段6本、下段4本のそれぞれの平均値で示した。上下方向の強度の変動幅はAWを使用した配合aでは $38\text{kgf/cm}^2$ であるのに対し、配合bでは $200\text{kgf/cm}^2$ であり、AWを使用することにより分離抵抗性が大幅に改善されることが確認された。このように、配合bは水中に施工した場合にも良好な材料分離抵抗性を有しているものと思われる。また、水中を流下することによって、AWを使用した場合でも標準作製供試体の強度と比較して、24~16%程度の強度低下が認められた。特に上端から5cm~15cmの位置から切り出した最上部の供試体の強度が低く、AWを使用した場合であっても、最下端の強度と比較すると上端の $333\text{kgf/cm}^2$ に対して下端では $422\text{kgf/cm}^2$ であり $90\text{kgf/cm}^2$ 程度の強度差があった。このように、打設時の水洗い作用(およびその後のセメント粒子の沈降現象)により、上端部の若干の強度の低下は避けられないものと思われる。

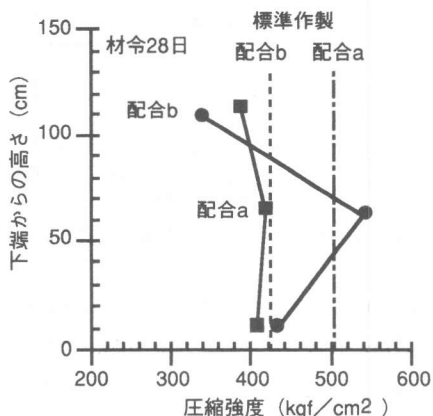


図-7 水中流下試験結果  
(流下距離2cm)

### 4. まとめ

本試験の結果、以下のことを確認した。

- (1)本試験で検討した範囲では、設定した条件を満たす配合としては、W/C45%で混和剤としてSPおよびAWを併用した配合が最適であった。
- (2)水中施工の場合にはAWを使用した場合であっても、標準供試体と比較して24~16%の強度低下の可能性がある。
- (3)水中施工の場合には、上端部の若干の強度低下は避けられないものと思われる。