

高炉水砕スラグを用いた基礎下空洞充填材に関する研究

JFE スチール (株) 正会員 ○林堂靖史, 中西克佳, 吉武英樹, 篠原雅樹

1. はじめに

地震による地盤の液状化や、圧密沈下によって、建築物基礎下に空洞が生じることがある。基礎下空洞は、地面の陥没や構造物傾斜などの被害の原因となるため、従来から砂やセメント系固化材を主材料とした充填材の注入による埋戻しが行われている。本研究では、低環境負荷を考慮し、製鉄工程で生成される副産物の一種である、高炉水砕スラグを主材料とした基礎下空洞充填材について検討した。なお、高炉水砕スラグは、潜在水硬性を有するため、セメント配合量の低減も期待できる。

2. 基礎下空洞充填材の要求性能

基礎下空洞の充填には、①地盤と同等で、今後の地盤の変化に追従できるような材料強度、②長距離圧送が可能で空洞を十分に充填できる流動性、および③空洞に地下水が存在する場合を想定した水中施工性が重要であると考えられる。そこで本研究では、空洞充填材の要求性能と品質確認項目を表1に示すように設定した。

表1 空洞充填材の要求性能と品質確認

項目	要求性能	品質確認項目	目標値
① 材料強度	地盤と同等の強度を有し、杭に付着しない	一軸圧縮強さ	0.1~0.5N/mm ² 程度(28日養生)
② 流動性	長距離圧送が可能で、空隙なく充填できる	フロー値	210mm以上
③ 水中施工性	材料分離することなく施工できる	ブリージング率	5%以下
	水面に浮遊せず、充填できる	単位体積重量	1.0g/cm ³ 以上

3. 室内試験による配合検討と流動性確認

配合材料は、骨材としての高炉水砕スラグ（粒径5mm以下に粒度調整）、固化材としての高炉セメント（B種）、材料分離低減材としてのベントナイト、軽量化による施工性向上のための起泡剤、および水とした。表2には主な配合試験結果を示す。ここで、配合No.1,2は既存の基礎下空洞充填材の配合^{[1][2]}を参考に、骨材を高炉水砕スラグに置き換えたものとし、配合No.3,4は配合No.1,2の試験結果から高炉セメント、起泡剤の配合量を調整したものとした。試験の結果、配合No.3において目標値を満足したため、この配合を基本配合とした。

表2 主な配合試験結果

配合No.	配合量(kg/m ³)					試験結果				
	高炉水砕スラグ	高炉セメント	ベントナイト	起泡剤	水	フロー値(mm)	ブリージング率(%)	単位体積重量(kN/m ³)	一軸圧縮強さ(N/mm ²)	
									7日養生	28日養生
1	958	107	18	0.63	353	218	6.3	1.477	0.114	0.269
2	689	77	26	0.50	510	344	21.6	1.713	0.125	0.403
3	705	46	46	0.50	507	244	0.4	1.333	0.055	0.229
4	622	34.5	34.5	1.00	346	211	0.0	1.011	0.026	0.069

本基礎下空洞充填材は、高炉セメントを使用しているため、混練後、時間の経過に伴い流動性が低下する。配合No.3におけるフロー値の経時変化の様子を写真1に示す。次に、気泡混合せずに、傾動式モルタルミキサーで攪拌し続けた場合のフロー値の変化を確認した。



写真1 フロー値の経時変化の様子

キーワード 鉄鋼スラグ, 高炉水砕スラグ, 空洞充填材, 基礎下空洞, フロー試験

連絡先 〒210-0855 川崎市川崎区南渡田町1番1号 スチール研究所 土木・建築研究部 TEL044-322-6103

フロー値の経時変化の比較を図1に示す。攪拌を行わない場合、フロー値は混練後時間の経過と共に低下するものの、攪拌を続けると、混練後120分までフロー値が低下しないことがわかる。すなわち、アジテート車により練り返しを続けながら輸送し、現地で気泡混合すれば、混練直後の流動性を保った状態で施工できると言える。

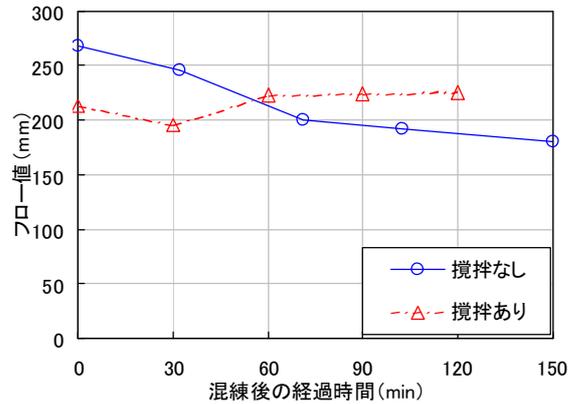


図1 フロー値の経時変化

次に、本基礎下空洞充填材をアクリル水槽に流し込むことにより、流動性と充填状況の可視化を行った。幅300mm×高さ300mm×長さ1200mmの水槽に、基礎下空洞を模擬した50mmの隙間を設け、底部に地盤を模擬した珪砂を敷き詰めた。写真2に示すように、注入孔から1m先まで空隙なく充填可能であることを確認した。

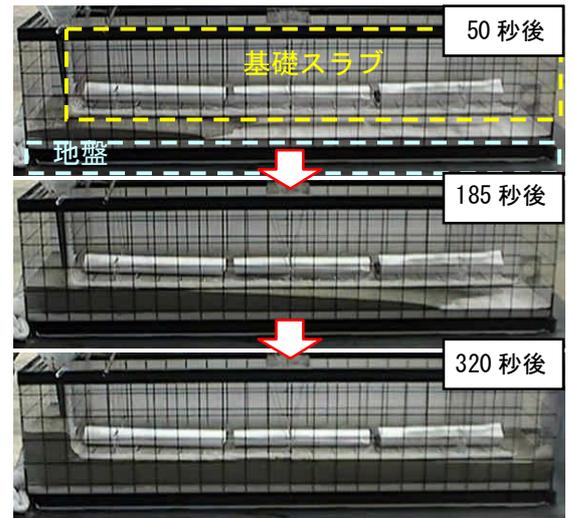


写真2 流動性確認のための可視化試験

4. 実機プラントを用いた施工試験

実機プラントを用いた施工試験を実施し、本基礎下空洞充填材の圧送性、および水中施工性を確認した。図2には施工プラントの配置を、写真3には施工プラントの概観を示す。施工試験の結果、図3に示すように、100m圧送した時点でモーター付きのラインミキサーを設置し、気泡を混合することで、最大200mの圧送が可能であることが分かった。また、写真4に示すように、水中でも分離することなく打設できることを確認した。

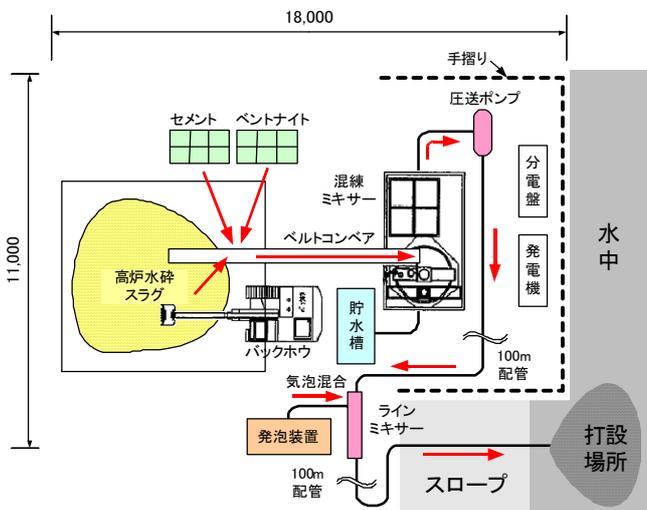


図2 施工プラントの配置

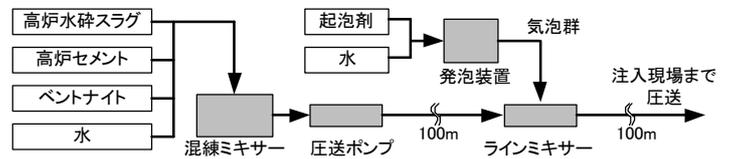


図3 施工手順



写真3 施工プラントの概観

写真4 水中施工状況

5. まとめ

室内試験により要求性能を満足する高炉水砕スラグを用いた基礎下空洞充填材の配合を検討し、実機プラントを用いた施工試験により圧送性、および水中施工性の確認を行った。その結果、最大200mの圧送が可能であり、水中打設でも分離することなく施工できることを確認した。

参考文献

[1] 木寺謙爾, 中川茂, 田村徹, 轟丈詩, 森山紀夫,
 「くい基礎における地盤沈下対策—マイクロサンドエアモルタル工法—」建築技術, 1980.11 No.351
 [2] 「軽量混合処理土工法技術マニュアル(改訂版)」財団法人 沿岸技術センター, 平成20年7月