

微粒子注入工法の開発に向けた注入材の検討 — 高炉スラグ微粉末&石膏&酸化マグネシウム —

東京都市大学 学生会員 ○田代 怜

正会員 末政 直晃

強化土エンジニアリング(株) 正会員 佐々木 隆光

佐藤工業(株) 正会員 永尾 浩一

1. 社会背景

日本では軟弱地盤において液状化による被害が多く発生している。液状化対策工法における施工面積と対策費用の関係を図-1に示す。現在、様々な液状化対策工法があるが、図の赤枠で示される、改良費用が安価で住宅地など狭隘地で施工可能な工法の開発が求められている。本研究ではその一つとして微粒子注入工法に着目し、産業副産物の一種である高炉スラグ微粉末(以下BS)を用いた配合における注入材の開発を試みた。本報告では微粒子の固化可能性を探るため、BSと複数の微粒子を混合し、固化可否及び一軸圧縮試験を実施した。

2. 微粒子注入工法の概要

微粒子注入工法における改良原理を図-2に、研究方針を図-3に示す。微粒子注入工法とは砂間隙に複数の微粒子を充填することで密実にすると共に、注入した微粒子同士が化学反応を起こし、固化することによって地盤強化を図る地盤改良工法である。本工法を確立させるための課題として、注入材として複数微粒子を用いた「配合」、地盤内に微粒子を浸透注入させるために必要な「微粒化」、微粒子が地盤内の砂間隙を満たす「浸透」の3点が挙げられる。本報告では「配合」に焦点を置いた。

3. 実験概要

本実験では、複数の微粒子をビーカー内で混合し、室温(18度±3)に静置し、混合後1, 3, 7日ごとに固化可否及びpH測定を行った。ここでの固化は、目視及び直径3mmの金属棒を貫入した際の抵抗の有無によって判断した。本実験の配合(表-1)は、アルカリ材として酸化マグネシウム(以下MgO)、活性材として半水石膏(以下CaSO₄)、活性フィラーとしてBSを用いた。配合比の内訳を図-4に示す。BSとMgOを基本配合とし、強度促進のため、CaSO₄を徐々に加えていく配合とした。また一軸圧縮試験は、表-1に示すケースの中から十分な固化を示した配合について、注入材と珪砂6号を相対密度Dr=60%になるよう密度調整した供試体を作製し、常温で湿潤養生を行い、養生3, 7, 28日において一軸圧縮試験を実施した。

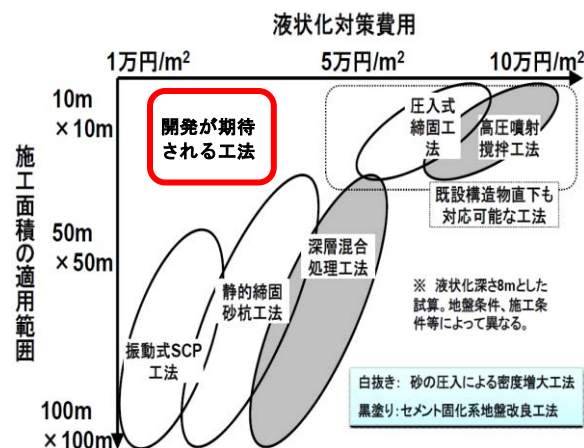


図-1 地盤改良における施工面積と対策費用の関係の模式図¹⁾

(平成23年度 浦安市液状化対策技術検討調査報告書に加筆)

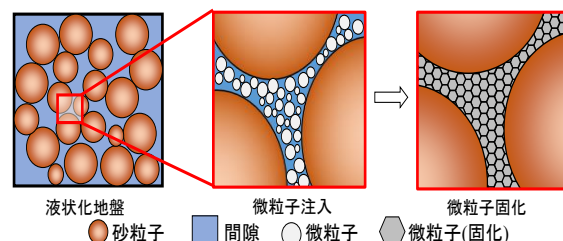


図-2 微粒子注入工法における改良原理

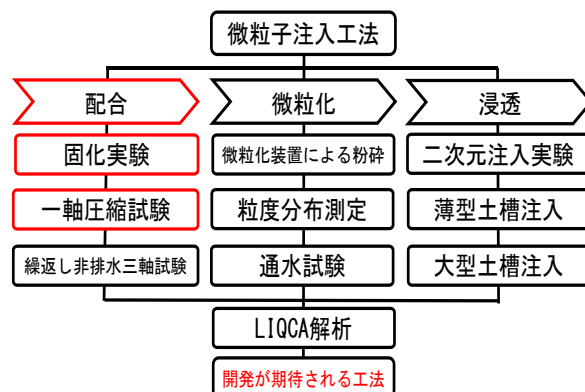


図-3 研究方針

キーワード: 微粒子注入, 高炉スラグ微粉末, pH, 一軸圧縮試験

〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL:03-5707-0104 E-mail:g2081618@tcu.ac.jp

4. 実験結果及び考察

固化及び pH の実験結果を表-1 に、各ケースの pH 変化を図-5 に示す。全てのケースで薬液の固化が確認された。しかし、CaSO₄ 量が増加し、BS 量が少なくなるほど軟らかい固化状態となった。また Case2 より、CaSO₄ が添加されていない BS と MgO の配合で硬い固化状態であることから BS と MgO のみで固化することが確認された。次に各ケースの pH 変化に着目すると、CaSO₄ が添加されることにより初期 pH からアルカリに上昇することが確認された。これらより十分な固化が得られた Case1-7 の配合において一軸圧縮試験の結果を図-6 に示す。まず、Case1, 2 における CaSO₄ が添加された BS とされていない BS 配合を比較すると、どちらも供試体として自立したが、CaSO₄ が添加されていない BS は脆く、脱型時に割れてしまった。また、Case3-7 の CaSO₄ 量と BS 量を変化させた配合では Case3 の CaSO₄ 量が少なく、BS 量が多い配合において高強度を示し、養生 28 日目において他と比べて強度が急激に増加した。これは BS が持つ化学的特性²⁾が考えられる。

5. まとめ

本実験より BS と MgO を用いた配合では BS に CaSO₄ を添加することにより、固化が促進され強度発現することが確認された。また BS の化学的特性により、薬液作成直後に強度が発現するわけではなく、徐々に強度が発現することが確認された。産業副産物の一種である BS を用いることで、微粒子注入における注入材として利用できる可能性が示唆された。

謝辞

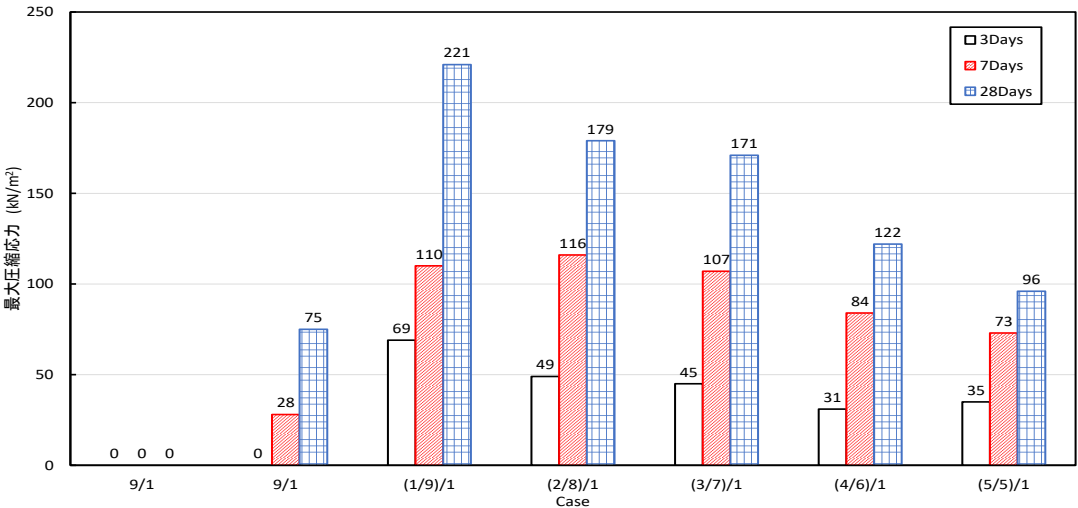
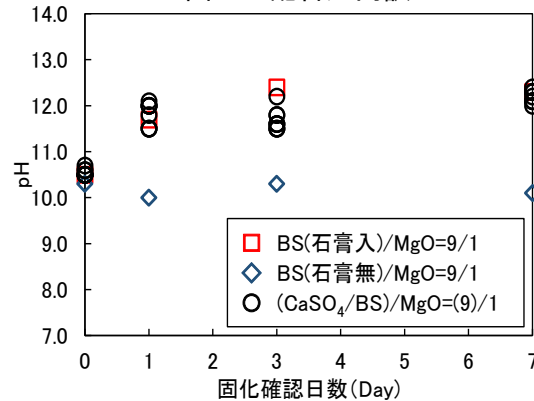
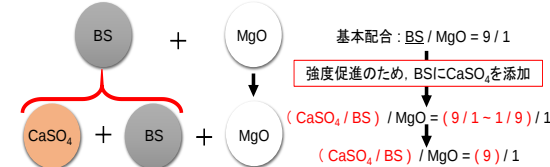
本研究は、科学研究費助成事業「宅地にも適用可能な液状化対策としての混合微粒子注入工法の確立」の研究の一部である。本研究を行うにあたり、JFE スチール株式会社には BS を提供して頂きました。ここに記して謝意を表します。

表-1 配合比及び実験結果

Case(配合比)	水粉体比 P/W	固化確認 (Day)				pH 確認 (Day)			
		0	1	3	7	0	1	3	7
1 BS ^{※1} /MgO=9/1	0.1	x	○	◎	◎	10.5	11.7	12.4	12.3
2 BS ^{※2} /MgO=9/1		x	○	◎	◎	10.3	10.0	10.3	10.1
3 (CaSO ₄ /BS ^{※1})/MgO=(1/9)/1		x	○	◎	◎	10.5	11.5	12.2	12.0
4 (CaSO ₄ /BS ^{※1})/MgO=(2/8)/1		x	○	◎	◎	10.5	11.5	11.5	12.1
5 (CaSO ₄ /BS ^{※1})/MgO=(3/7)/1		x	○	◎	◎	10.5	12.0	11.5	12.3
6 (CaSO ₄ /BS ^{※1})/MgO=(4/6)/1		x	○	◎	◎	10.5	12.0	11.5	12.1
7 (CaSO ₄ /BS ^{※1})/MgO=(5/5)/1		x	○	◎	◎	10.5	12.1	11.6	12.1
8 (CaSO ₄ /BS ^{※1})/MgO=(6/4)/1		x	○	○	◎	10.7	12.0	11.6	12.4
9 (CaSO ₄ /BS ^{※1})/MgO=(7/3)/1		x	○	○	○	10.5	12.0	11.8	12.3
10 (CaSO ₄ /BS ^{※1})/MgO=(8/2)/1		x	○	○	○	10.6	11.8	11.6	12.2
11 (CaSO ₄ /BS ^{※1})/MgO=(9/1)/1		x	○	○	○	10.6	11.5	11.8	12.3

※1…BS石膏添加(入) ※2…BS石膏添加(無)

固化確認条件
x…未固化、△…薬液は傾くが穴は塞がらない、○…固化(軟)、◎…固化(硬)



<参考文献>

1)薬液注入工法の調査・設計から施工まで編集委員会:薬液注入工法の調査・設計から施工まで, 社団法人地盤工学会, pp.1-4,2014
2)国府勝郎:高炉スラグ微粉末, 公益社団法人日本コンクリート工学会, コンクリート工学ジャーナル, 26 巻 4 号 p. 25-31, 1988