

改良対象地盤のカルシウム含有量に着目した模型注入実験

その2：実験結果と考察

大成建設 正会員 忠野 祐介 ○石井 裕泰 松井 秀岳

1. はじめに

本検討では貝殻混じり地盤での適切なゲルタイム設定の検討に資する知見を得ることを目的に、注入対象地盤のカルシウム含有量を変えた土槽注入実験（表1参照）を実施し、浸透過程や固化体形状、およびその品質影響を検討した。別報の「その1」¹⁾に続き、本報では注入固化体の形成状況や一軸圧縮強さ等を提示し結果を考察する。

2. 注入固化体の形成状況

図1に、模型地盤の解体時に確認した注入固化体の形成状況を示す。

まず、珪砂のみの地盤に注入したケース1～3については、いずれも概ね球形の固化改良体が形成できた。本検討と同様の模型注入実験を行った既往の検討²⁾では、注入完了からゲル化までの60分間程度で模型地盤中を薬液が下降し、釣鐘型に固化体が形成されたとしている。本検討のケース3では薬液がゲル化するまでの時間が117分で既往の検討の2倍程度となるが、固化改良体に見る薬液の下降度合いは既往の結果ほど顕著ではなかった。

次に、粉碎貝殻を混入したケース4～6については、固化体寸法としては適正な水準でありながら、形状については全体的にいびつになった。注入完了からゲル化まで24分を確保したケース5でもケース1～3のような球形とならなかったことから、理想的な注入固化体を形成することを念頭にした配合調整に際して、貝殻混じりの地盤を対

表1 実験ケース

ケース	地盤	計画注入時間 I.T. (分)	実測ゲルタイム GT. (分)	注入完了からゲルタイムまでの時間 (分)	注入時間とゲルタイムの関係 ^{注1)}
1	珪砂のみ	30	40	10	I.T.<GT.
2		30	85	55	I.T.<<GT.
3		30	147	117	I.T.<<<GT.
4	+粉碎貝殻 3%	30	26	-4	I.T.>GT.
5	+粉碎貝殻 6%	30	54	24	I.T.<GT.
6	+粉碎貝殻 9%	30	21	-9	I.T.>GT.

注1) 不等号は差に応じて表記し、「<」：差は30分未満、「<<」：30～60分、「<<<」：60分以上



ケース1 (最大径 28cm, 高さ 30cm)



ケース2 (最大径 31cm, 高さ 33cm)



ケース3 (最大径 31cm, 高さ 35cm)



ケース4 (最大径 40cm, 高さ 34cm)



ケース5 (最大径 36cm, 高さ 38cm)



ケース6 (最大径 40cm, 高さ 40cm)

図1 注入固化体の形成状況 (ケース1～6)

キーワード：地盤改良，薬液注入，土槽実験

連絡先： 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設(株)技術センター TEL045-814-7217 FAX045-814-7258

象とした場合には、室内で確認するゲルタイムは十分な判断指標にはなりえないことを示唆する。その理由は以下のように考えられる。すなわち、貝殻が混入した地盤内で薬液が浸透する過程では、ある箇所ではカルシウム分との反応により薬液の pH が上昇したのち、さらに浸透した箇所では新たなカルシウム分と遭遇する。これを繰り返して中和とゲル化が大幅に早まることから、定量の土と薬液を混合して観察するゲルタイム測定とは根本的に異なる現象を扱っていることになる。

3. 一軸圧縮強さ

図 2には、各ケースで固化体中央の上段、中段、下段より採取した供試体で確認した一軸圧縮強さを、図 3にはその実測供試体密度をまとめる。本結果については、まず珪砂のみの地盤を対象としたケース 1~3 について、以下のことが言える。

- ・ いずれのケースも中段の強度が最も高く、下段が相対的に低い。注入完了からゲル化までに薬液が希釈を伴いながら降下する現象は、固化体下部で生じ易いことによる傾向と考えられる。
- ・ また、ケース 1 から 3 の順にゲル化時間が遅くなることに対応して各ケースの平均的な強度が減少する。ゲル化までの時間に応じて希釈の度合いも大きくなった結果と考えられる。
- ・ 供試体密度がケース 3 で顕著に小さくなったことも、上記の希釈影響に調和した結果と考えられる。

一方、粉碎貝殻混じり地盤を注入対象とした場合、既往の検討では、含有カルシウムと薬液の反応により発生した CO₂ が気泡として残存し固化強度等に影響する可能性と、浸透過程で拘束圧が作用すれば土の骨格が保持され気泡の残存を回避できる実態が、室内試験や現場施工により示されている³⁾。その知見も踏まえ、ケース 4~6 について以下のことが言える。

- ・ 粉碎貝殻混じり地盤より得られた強度は、珪砂のみの場合と比較して 60%程度に留まる。
- ・ 一方で密度の水準はケース 1, 2 に対して相違が無い。模型注入実験においてモルタル蓋が対象土の骨格保持に寄与し、粉碎貝殻混じり地盤でありながら気泡の残存が抑制されたものと考えられる。
- ・ 上記内容は、気泡の残存以外にも粉碎貝殻混じり地盤で強度低下を引き起こす要因が存在することを意味する。中和反応に伴う水やその他の物質の析出がその可能性として考えられる。

4. まとめ

結果を提示した 6 ケースの模型注入実験で確認した注入状況、固化体形状や強度、密度については、既往の研究による知見を含めて結果の整合を確認できた。土中での注入状況を正確に把握することは困難ながら、引き続き本報のような実験的な知見を積み上げることで、施工過程の良否判断やゲルタイム設定に代表される施工方法の最適化につなげていきたいと考える。

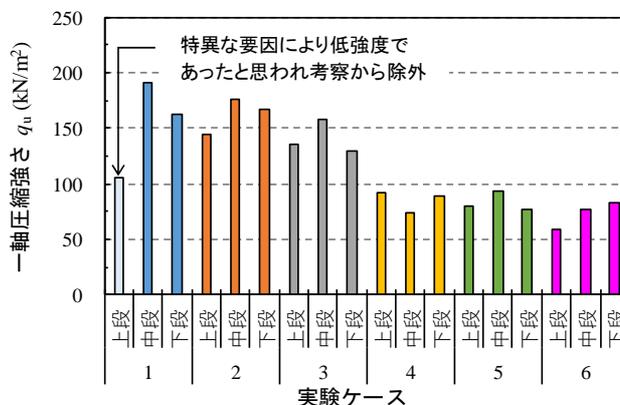


図 2 一軸圧縮試験結果 (ケース 1~6)

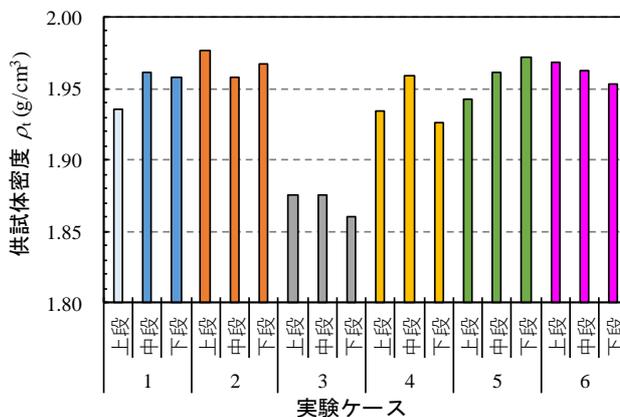


図 3 実測密度 (ケース 1~6)

1) 忠野祐介, 石井裕泰, 松井秀岳: “改良対象地盤のカルシウム含有量に着目した模型注入実験 その 1 : 実験方法と注入結果”, 第 73 回土木学会年次学術講演会, 2018 (投稿中) .
 2) 林健太郎, 山崎浩之, 善功企: “溶液型薬液注入工法の施工管理方法に起因する改良土の強度低下メカニズム”, 土木学会論文集 C(地圏工学), Vol.70, No.4, pp.387-394, 2014.
 3) 岡二三生, 小高猛司, 大野康年: “特殊シリカ液のさんご混じり砂への適用性とさんご混じり改良砂の変形・強度特性”, 第 7 回地盤改良シンポジウム講演集, pp.39-44, 2006.