

## ソイルセメント地中連続壁に関する基礎的研究

東京都市大学 学生会員 ○石川喜章

東京都市大学 正会員 末政直晃

東京都市大学 学生会員 吉野広汰

### 1. はじめに

近年、我が国では地震に伴う液状化により多くの被害を受け、それが大きな社会問題となっている。このような社会背景の中、ソイルセメント地中連続壁工法は液状化対策として有効であることが確認され、日々技術が発展している。ソイルセメント地中連続壁工法とは掘削溝に現位置土とセメントミルクを混合攪拌させ、地中に連続したソイルセメント壁を構築する工法である。ソイルセメント連続壁で構造物の基礎外周を囲むことにより、内部地盤のせん断変形を抑制し、液状化の発生を抑制することができる。しかし施工の際、ソイルセメントの固化が早期であると、大深度施工になるほど掘削や芯材の挿入が困難となるなどの問題点が挙がる。そのため掘削深度に応じたセメントスラリーの固化時間のコントロールが必要となる。そこで固化を遅延させるため遅延剤を添加するが、遅延剤添加に伴い強度の回復量が低下してしまうなどのデメリットが生じる。

本研究では異種類の遅延剤を組み合わせ、ソイルセメントに添加し固化を遅延させること、添加に伴う最終強度低下を抑制させることを目的としている。本報告では多糖類系遅延剤、リグニンスルホン酸塩系遅延剤、オキシカルボン酸塩系遅延剤に着目し、針貫入実験および一軸圧縮試験で検討した結果を報告する。

### 2. 遅延剤添加時のセメント固化メカニズム

遅延剤によってセメント固化のメカニズムは異なる。多糖類系遅延剤を添加した場合、糖質であるサッカライドがセメント中のアルミニウム成分の溶解度を高め、液中でアルミナシリカゲルが生成される。このアルミナシリカゲルがセメント粒子を覆うように吸着することで水和反応が抑制され固化の遅延が生じる。またセメント粒子に吸着したアルミナシリカゲルは、極初期に接触し僅かに起こった水和反応の生成物によって長時間を要して破壊される。その後徐々に水和反応が加速され、無添加時と同様の水和速度で凝結固化に至るとされている。リグニンスルホン酸塩系遅延剤を添加した場合、リグニンスルホン酸が水中で陽イオンと陰イオンに解離する。陰イオンはセメントの表面を覆うように吸着する。陰イオンを帯びたセメント粒子は同極の磁石が反発しあうように分散し、固化の遅延が生じる。またリグニンスルホン酸塩系遅延剤は、固化初期からセメント粒子を分散させることや安定した空気連行性をもつことから、スランプロスが少ない。そのことから固化後の品質も高くなるとされている。オキシカルボン酸塩系遅延剤を添加した場合、オキシカルボン酸が水中に溶けだしたカルシウムイオンをキレート化し、キレート化合物となる。そのキレート化合物の膜がイオン封鎖をすることでセメント粒子と水の水和反応が遅れ、固化を遅延させる。キレート化合物も多糖類系遅延剤のセメント固化メカニズムと同様に固化過程で破壊され、無添加時と同様の水和反応で凝結固化に至るとされている。

#### 3.1 実験概要

多糖類系遅延剤+リグニンスルホン酸塩系遅延剤、オキシカルボン酸塩系遅延剤+リグニンスルホン酸塩系遅延剤のセメントスラリーの固化遅延効果および最終強度の回復量を調査するため、表1に示す配合条件の供試体について針貫入実験および一軸圧縮試験を行った。遅延剤は多糖類系遅延剤として上白糖（以下 糖）を、リグニンスルホン酸塩系遅延剤としてリグニンスルホン酸ナトリウム（以下 L-Na）を、オキシカルボン酸塩系遅延剤としてグルコン酸ソーダ（以下 グルコン酸）を使用した。仮想地盤の体積比は砂：シルト：粘土＝1：3：6とし、セメントは長期強度が大きく水密性に優れた高炉B種セメントを使用した。

キーワード ソイルセメント地中連続壁、固化遅延、最終圧縮強度

連絡先：〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学 TEL:03-5707-2202 E-mail:g1118012@tcu.ac.jp

針貫入実験は直径 8mm の針を貫入速度 2cm/min でソイルセメントの表層から 50mm 貫入し、その際の貫入抗値を測定した。測定は供試体作製後 1 時間ごとに行い、貫入力が増加し、貫入力が固化基準値である 600mN を超えた時点で測定終了とした。一軸圧縮試験は JISA1216 に準じて、ひずみ速度は供試体の高さの 2%/min となるように調整し、最大圧縮応力に達した後、応力が最大圧縮応力の 2/3 になるまで载荷してから除荷を行った。測定は、供試体作製後 3, 7, 14, 28 日間養生したものに対して実施した。

### 3. 2 実験結果および考察

図 1 に針貫入実験により得られた L-Na と糖に関する実験 Case (Case2~4, 7, 8) の貫入力 - 経過時間関係を示す。施工機が稼働可能な限界強度に対応した基準貫入力を 600mN とし、この値を固化基準値とする。なお、目標性能は供試体作成後 4 時間以降 8 時間以内の固化とする。Case7 は Case3 より L-Na1.0% 分だけ多く添加しているが、固化基準値到達時間はほぼ同じ値となった。同様に、Case8 は Case4 より L-Na1.0% 分だけ多く添加しているが、相応に固化基準値到達時間も Case8 が大きく上回った。これらより、L-Na+糖は糖の量の変化に L-Na の遅延作用が大きく影響されることが考えられる。つまり L-Na+糖の遅延剤は遅延時間をコントロールするという点で注意が必要であるといえる。また、Case8 他 Case に比べ、最後まで直線的な増加は見られなかった。これは測定の最後まで糖の遅延機構による、アルミナシリカゲルが破壊されなかったと考えられる。

図 2 に針貫入実験により得られた L-Na とグルコン酸に関する実験 Case (Case2, 5, 6, 9, 10) の貫入力 - 経過時間関係を示す。全 Case において固化始発を超えると、貫入力が増加している。これはグルコン酸の遅延機構によるキレート化合物の破壊のためと考えられる。また、L-Na+グルコン酸は L-Na+糖よりも遅延作用が安定して相乗している。

図 3 に一軸圧縮試験により得られた最大圧縮強度 - 養生日数関係を示す。針貫入実験で目標性能を満足した配合のみ一軸圧縮試験を行ったが、全 Case において目標性能である 28 日強度 1000kN/m<sup>2</sup> 以上を満足できなかった。今後、配合や添加量または新たな遅延剤の添加について検討していく必要がある。

### 5. まとめ

今回、針貫入実験を行ったのが冬期であったため、全 Case において大きく遅延された。L-Na+糖は糖の変化により L-Na の遅延作用が大きく影響されることがから実用化において検討が必要である。L-Na+グルコン酸は安定した遅延効果を発揮した。しかし、全 Case で最終圧縮強度の目標性能を満足できなかったため、今後遅延剤の配合を見直す必要がある。

表 1 遅延剤配合条件

| 実験Case | セメント量 kg/m <sup>3</sup> | 遅延剤添加量(%) |     |       | W/C % |
|--------|-------------------------|-----------|-----|-------|-------|
|        |                         | L-Na      | 糖   | グルコン酸 |       |
| Case1  | 250                     | -         | -   | -     | 100   |
| Case2  |                         | 1.0       | -   | -     |       |
| Case3  |                         | -         | 0.5 | -     |       |
| Case4  |                         | -         | 1.0 | -     |       |
| Case5  |                         | -         | -   | 0.5   |       |
| Case6  |                         | -         | -   | 1.0   |       |
| Case7  |                         | 1.0       | 0.5 | -     |       |
| Case8  |                         | 1.0       | 1.0 | -     |       |
| Case9  |                         | 1.0       | -   | 0.5   |       |
| Case10 |                         | 1.0       | -   | 1.0   |       |

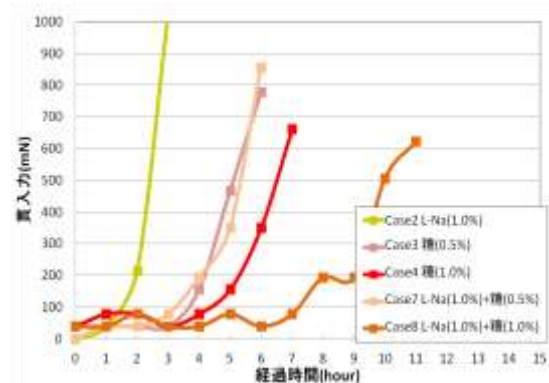


図 1 貫入力-経過時間関係 (1)

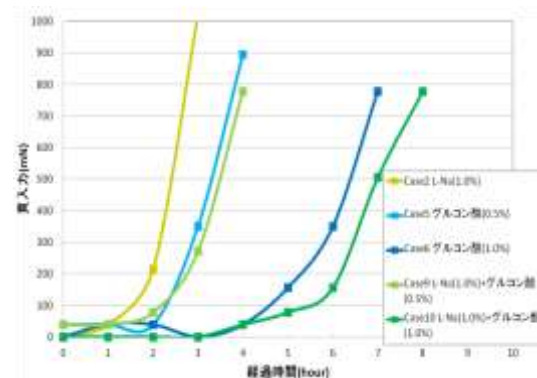


図 2 貫入力-経過時間関係 (2)

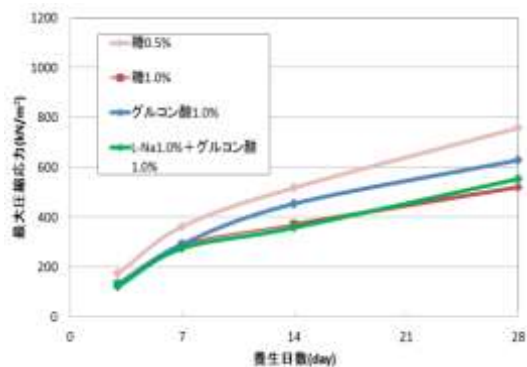


図 3 最大圧縮強度 - 養生日数関係