

二酸化炭素を利用した軟弱土改良の基礎的研究

日本鋼管工事（株）	正会員	大森 弘
広島工業大学	正会員	鈴木健夫
日本鋼管工事（株）		岩下文彦

1. はじめに

地中埋設管などの工事において発生する掘削発生土は、セメントや石灰などを添加し埋戻し材として再利用されている。施工の合理化を目的とした転圧の必要がなく早期強度発現などの特性を有する流動化処理土を用いた埋戻し工法の開発¹⁾が積極的に進められている。しかし、この流動化土は、多くの利点があるものの掘削土再利用率が最大60%程度に限定されることやコスト割高なことなどの欠点がある。

筆者らは、改良土と流動化処理土の両者の利点を有する二酸化炭素（以下、 CO_2 という。）を利用した軟弱土改良方法の基礎実験を実施した。この実験は、軟弱な掘削土砂の安価な改良と締固めを必要としない改良土の開発を目的としている。ここでは、粘性土に生石灰、まさ土に普通ポルトランドセメントを添加・混合し、早期強度発現のために CO_2 を注入した強度特性結果などについて報告する。

2. 材 料

試料土は、図2-1に示す特性を持つ広島西空港沖の粘性土および広島県廿日市市明石のまさ土を使用した。添加材料は、通常市販されている生石灰、普通ポルトランドセメントおよび CO_2 （ボンベ入り）を使用した。

3. 実験方法

(1). 粘性土改良実験

乾燥試料(4kgf)に水を加え調整含水比50%の試料にした。次に、所定量の生石灰（乾燥試料重量に対して、5、10、15%）を添加し、ミキサーにて5分間混合後、ミキサー容器底部から CO_2 を所定量（生石灰重量に対して、0、5%）注入し、さらに5分間混合した。この試料土を直径50 x 高さ100mmのモールドに3層に分け充填した。各層は、15 kgf/cm²で締固めを行った。その後、所定時間（1、3、5時間、3日間）大気中にて養生後、一軸圧縮強度試験を行った。なお、 CO_2 の注入重量は、気体の状態方程式から注入圧力および流量などから求めた。

(2). まさ土改良実験

湿潤試料に、水を加え調整含水比15%にした。次に、所定量のセメント（乾燥試料重量に対して、3%）を添加し、ミキサーにて5分間混合後、直径φ284 x 高さ360mmのモールドに試料を流し込み締固め無しで充填した。その後、図3-1に示す方法で CO_2 を所定量（セメント重量に対して、0、3、6、24%）注入した。所定時間（0、5、1、3時間、1日間）大気中にて養生後、山中式土壌硬度計により図3-1に示す位置の支持強度を計測した。

4. 結果および考察

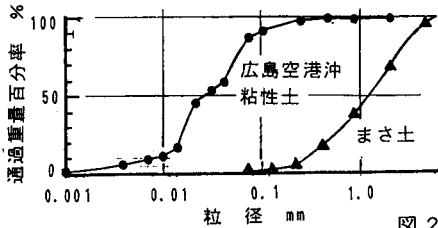
(1). 粘性土改良実験

図4-1に早期強度発現に着目した強度変化を示す。各生石灰配合に対して強度増加のばらつきがあるものの CO_2 注入による早期強度の増加が確認された。強度のばらつきは、試料土と生石灰の不完全な混合および CO_2 の浸透が早く試料土との混合がしにくいことなどが原因した可能性が高い。

(2). まさ土改良実験

図4-2に早期強度発現に着目した強度変化、図4-3に CO_2 を6%注入した時の強度増加範囲を示す。各図に示す強度は、計測4点の平均値である。各 CO_2 注入量に対して、早期強度の増加が確認された。 CO_2 6%、24%注入で1、3時間および1日強度が逆転している。この現象は、 CO_2 を注入すると早期強度が上がるも

のの試料土中に注入による空隙が生じ長期強度の増加割合が減少することなどが起因したと思われる。実験によればCO₂の最適添加量は、完全密閉状態の混合でセメント重量の1%程度と言われているが、ロード注入では6%程度必要と思われる。今回、まさ土の特性を考慮しCO₂のロード注入を行い強度増加範囲を確認した。CO₂の注入を行った場合は、注入しない場合に比べて、今回の計測範囲(R=100mm)まで強度増加効果を確認された。



試料土	比重	液性限界	塑性限界	最大乾燥密度	最適含水比
粘性土	2.57	86.0%	42.3%	-	-
まさ土	2.67	-	-	1.85g/cm ³	10.6%

(支持強度: 4.7kgf/cm²)

図2-1 試料土特性

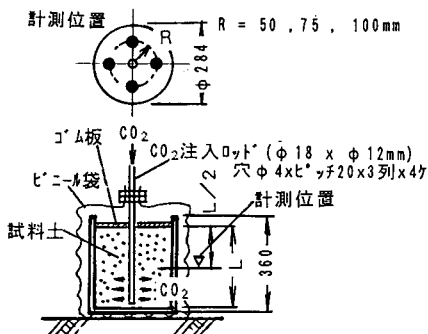


図3-1 CO₂注入方法と計測位置

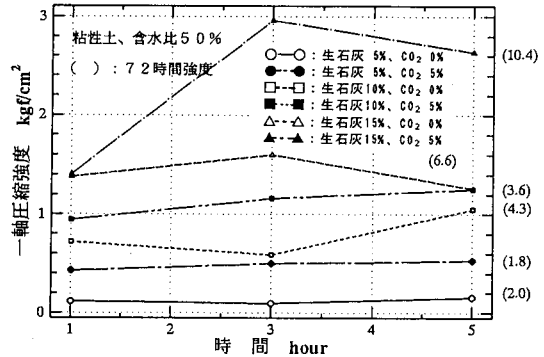


図4-1 早期強度特性(粘性土)

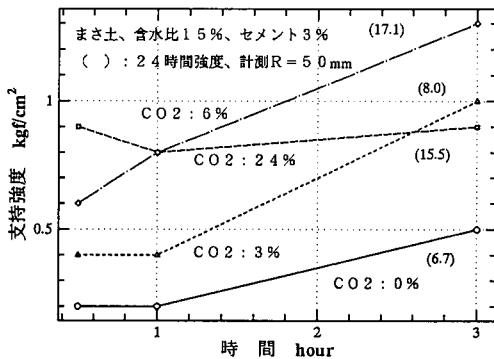


図4-2 早期強度特性(まさ土)

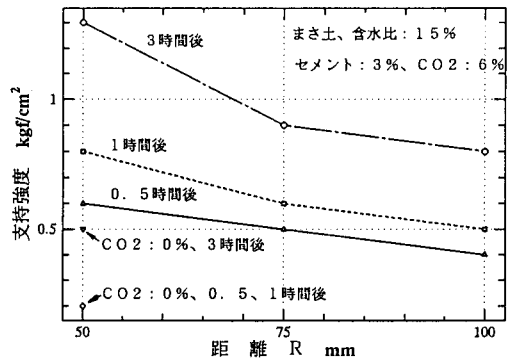


図4-3 強度増加範囲(まさ土)

5. あとがき

これまでの実験から含水比50%の粘性土に生石灰、含水比15%のまさ土に普通ポルトランドセメントを混合し、CO₂の注入を行うことにより早期強度の増加が確認された。この方法は、埋戻し転圧が大幅に軽減される可能性があり、今後の都市部における道路を占用した即日交通開放を伴う地中埋設管工事などの埋戻しやのり面保護などに適用できる可能性がある。今後は、施工システムを考慮した実験を行い、この方法の有効性を確認する予定である。おわりに、本実験に協力して頂いた広島工業大学卒業生佐藤久徳君および宮下勝弘君に深謝します。

<参考文献>

- 1) 木村知道ほか：流動化土の掘削土再生率と流動性、第28回土質工学研究発表会 PP. 2525 - 2526, 1993. 6