

## CPG 実験のためのキャリブレーションチェンバーの開発

大阪大学大学院工学研究科 正会員 松井 保  
 大阪大学大学院工学研究科 Adel M. EL-KELESH  
 大阪大学大学院工学研究科 学生会員 堀 泰三  
 三信建設工業（株） 正会員 林敬次郎

### 1. まえがき

コンパクショングラウチング（以下、CPG という）工法は、極めて流動性の低い固結材を地盤内に注入して固結体を形成させ、この固結体による締固め効果により地盤を圧縮強化する地盤改良工法である。CPG 工法は、これまでの地盤改良工法にはない利便性や特徴を有しており、既設構造物が存在するケースにおける液状化対策や被災して傾斜した構造物の復旧対策として有望な工法である。最近、国内外でも施工事例が増加しつつあり、今後、より精度の高い地盤改良工法として確立するためには、その地盤改良メカニズムの解明は不可欠である。

本研究では、以上のことを踏まえ、実際の地盤状態および CPG による注入をより実際に近い状態で再現することができる CPG 実験用キャリブレーションチェンバーの開発を行い、それをを用いた実験結果から、その基本的性能を確認するものである。

### 2. キャリブレーションチェンバーの概要

図 1 に開発したキャリブレーションチェンバーの断面図を示す。このキャリブレーションチェンバーは装置のサイズ（直径 1.40m、高さ 1.45m）が大きいため、供試体内で発生する応力に及ぼす壁面の影響が相対的に小さくなる。また、鉛直および水平方向の応力とひずみを独立して制御することにより、鉛直と水平の両方向において応力一定あるいはひずみ 0 の境界条件を満足できる。模型地盤の上面を注入中に変位できるようにすることにより、地表面隆起を再現できる。一方、下面は固定されている。図 2 に実験に用いた淀川砂の粒径加積曲線、表 1 に淀川砂の物理的性質、また、表 2 に注入材料としてのグラウト材配合表を示す。注入材料は最終的にスランプ値（約 5cm）により調整を行った。供試体の作製は空中落下法を用いる。試料をモールド内に落下させる際にモールド内の供試体密度の均一性を保つため、供試体堆積面と落下位置の間隔を常に一定にしながら各層毎に作製した。供試体作製終了後、 $K_0$  圧密を行い、モルタル注入を実施した。実験条件については、相対密度は 50% で一定とし、圧密圧力は 40kPa（ケース 1）、55kPa（ケース 2）、65kPa（ケース 3）とし、注入速度は  $10 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$ （ $0.01 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$ ）で一定とした。

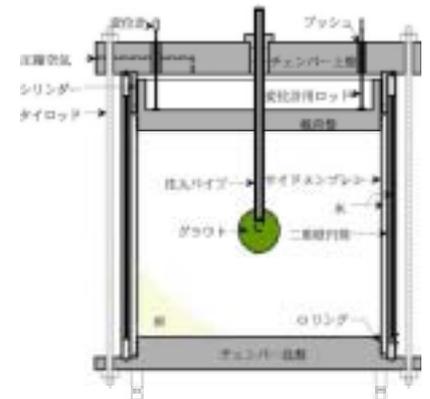


図 1 キャリブレーション  
チェンバー断面図

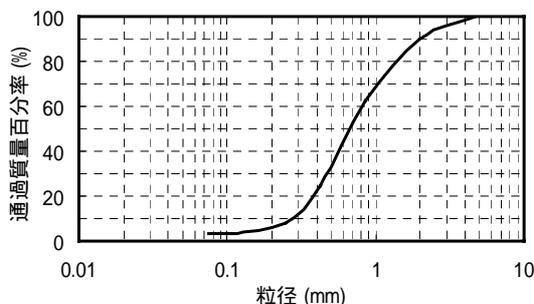


図 2 淀川砂の粒径加積曲線

表 1 淀川砂の物理的性質

試料	$G_s$	$e_{max}$	$e_{min}$	$D_{50}$ (mm)	$U_c$
淀川砂	2.661	0.881	0.550	0.65	2.86

表 2 グラウト材配合表

骨材(kg)	46
セメント(kg)	7
水(kg)	17
粘土(kg)	1

キーワード：コンパクショングラウチング，キャリブレーションチェンバー， $K_0$  圧密，モルタル注入

連絡先：〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 TEL:06-6879-7626 FAX:06-6879-7626

### 3. CPG 実験における $K_0$ 圧密状態およびモルタル注入状態

図3に圧密過程における鉛直圧力、水平圧力に相当する二重式円筒の内セル圧および外セル圧の経時変化を示す。鉛直圧力を載荷すると、模型地盤の挙動により内セル圧が上昇する。その内セル圧の変化をインプットデータとして電気制御による圧力制御が行われ、アウトプットとして外セル圧が上昇する。電気制御により瞬時に圧力が供給されるため、内セル圧と外セル圧の挙動の間に時間的遅れはなく、側方変位が生じていないことから、 $K_0$  圧密状態を再現できているといえる。図4に圧密過程における載荷盤の鉛直変位（4点で測定）の経時変化を示す。4点の鉛直変位はほぼ等しい挙動を呈しており、その動きも滑らかであるといえる。なお、供試体変位は圧縮を正、膨張を負としている。

図5に注入過程における注入装置本体に取り付けられたピストン変位および注入圧力の経時変化を示す。ピストン変位が注入開始から終了まで直線的な挙動を示していることから、モルタル注入が一時停止することなく継続的に行われたことを確認できる。注入圧力は、注入初期において高い値を示している。これは、注入初期における供試体による注入に対する抵抗が大きいことを示している。図6に注入過程における載荷盤の鉛直変位の経時変化を示す。供試体変位が130秒あたりから減少していることから、地表面隆起が生じていることを確認することができる。また、4つの供試体変位がほぼ等しい挙動を示していることから、等方的に地盤改良できているといえる。図7に各ケースの土被り圧と最大注入圧力の関係を示す。相対密度一定下では、土被り圧の増加とともに最大注入圧力が増加する傾向が把握できる。さらに、注入されたモルタル形状は均質な球形を呈していたことおよび注入されたモルタル周辺に脈状固結したり、浸透固結したモルタルが認められなかったことから、開発したキャリブレーションチェンバーによるCPG実験が良好な基本的挙動を示すことが確認できる。

### 4. まとめ

CPG 実験のためのキャリブレーションチェンバーの開発を行い、それを用いた実験結果から、圧密過程において  $K_0$  圧密状態を再現できていること、また、注入過程においてモルタル注入状態が良好に再現できていることを確認した。

本研究において開発したキャリブレーションチェンバーを用いれば、コンパクショングラウチングの挙動に及ぼす土質特性および注入特性の影響を把握することができる。

今後データの蓄積を行い、コンパクショングラウチングの地盤改良メカニズムを解明すること、さらにその成果を合理的な設計法および地盤改良効果の評価法へと展開させていく予定である。

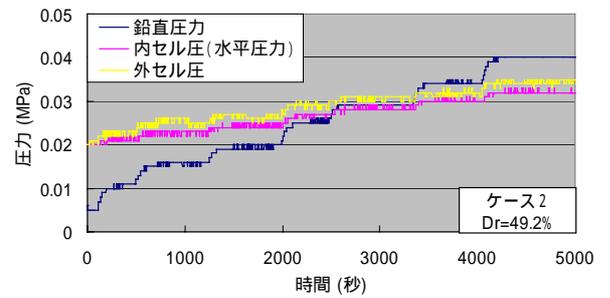


図3 圧密過程における圧力の経時変化

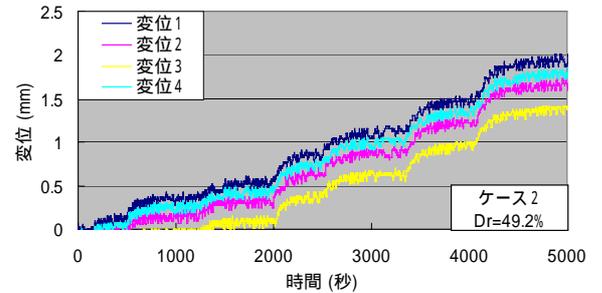


図4 圧密過程における載荷盤の鉛直変位の経時変化

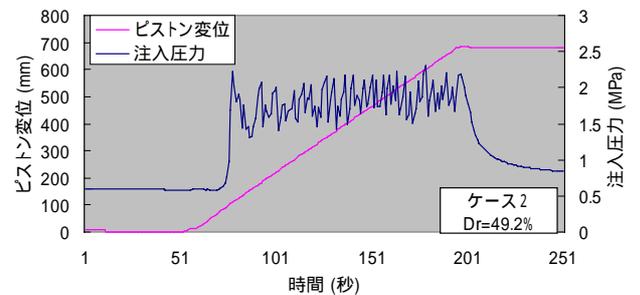


図5 注入過程におけるピストン変位および注入圧力の経時変化

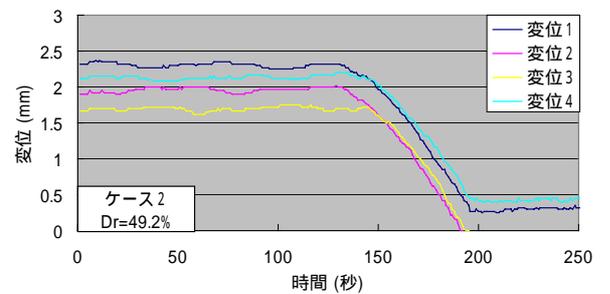


図6 注入過程における載荷盤の鉛直変位の経時変化

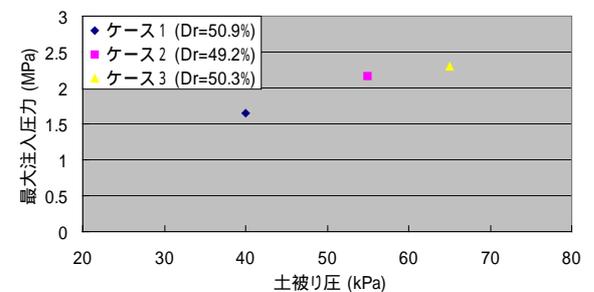


図7 土被り圧と最大注入圧力の関係