

## コーン貫入による周辺地盤の粒子破碎

立命館大学大学院 学生員 小林 泰三  
 同上 学生員 柿田 隆弘  
 立命館大学理工学部 正会員 深川 良一

## 1. はじめに

コーン貫入試験（以下，CPT）結果の解釈は砂と粘土で大別して行われることが多いが，砂質土は粒状体ゆえの変形挙動（例えばせん断に伴うダイレイタンスー効果や粒子破碎）を有しており，それらを加味したCPT 解釈法の確立は大きな課題といえる．特にコーンの貫入時において先端部は非常に高压となるため，一般的に破碎性地盤と呼ばれる材料だけでなく堅固で細かい土粒子からなる地盤においても粒子破碎の発生が予想される．周知のように土の粒子破碎はせん断特性をはじめとして力学的・工学的性質に著しい影響を及ぼすため，破碎現象がコーン先端で生じているような場合の実測値の解釈は極めて難しい問題となるだろう．粒子破碎の及ぼす力学的な影響については要素レベルでの研究が積み重ねられてきているが，それら成果がCPT の実問題へと合理的に還元されるためには変形機構のみならず粒子破碎についての検討が必要となる．著者らは以前に異なる先端形状を有するコーンを用いた貫入模型実験を行い，X 線を用いた可視化手法によって地盤内部の変形機構の検討を行った<sup>1)</sup>．本報ではそのときと同様の条件下での貫入模型実験を行い，先端部周辺地盤の粒子破碎状況を定量的に評価することを試みた．

## 2. 粒子破碎の程度を示す指標

粒子破碎の程度を示す指標は，破碎前後の粒度変化に準拠して種々の方法が考案されている．本研究では福本<sup>2)</sup>の提案した指標を用いることにする．このとき粒子破碎の程度は次の粒子破碎量  $I_s$  によって定義される．

$$I_s = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{S'_w}{S_w} \right) \quad (1)$$

ここに， $I_s$ ：粒子破碎量， $S_w$ ：破碎前の比表面積 ( $\text{cm}^2/\text{cm}^3$ )， $S'_w$ ：破碎後の比表面積 ( $\text{cm}^2/\text{cm}^3$ ) である．

## 3. 実験方法

図-1 に貫入装置の概略図を示した．土槽は高さ 20 cm，直径（内径）18 cm の二つ割りシリンダーを用い，土被り圧を模擬するためにゴムメンブレンを介して空気圧を負荷することができる仕組みとなっている．貫入には先端角が  $30^\circ$  と  $60^\circ$  の 2 種類とフラット ( $180^\circ$ ，以下ではこれをフラット・ペネトローメータと呼ぶ) の合計 3 種類を用いた．いずれも底面の直径は 1.6 cm（底面積は約  $2.0 \text{ cm}^2$ ）とし，コーン高さは約 3.0 cm ( $30^\circ$  コーン) と 1.4 cm ( $60^\circ$  コーン) である．シャフト部はコーン底面と同じで直径が 1.6 cm である．

試料には洗浄後，気乾燥状態とした豊浦砂を用いた．使用した豊浦砂の物理特性は，土粒子密度  $\rho_s = 2.64 \text{ g/cm}^3$ ，最大と

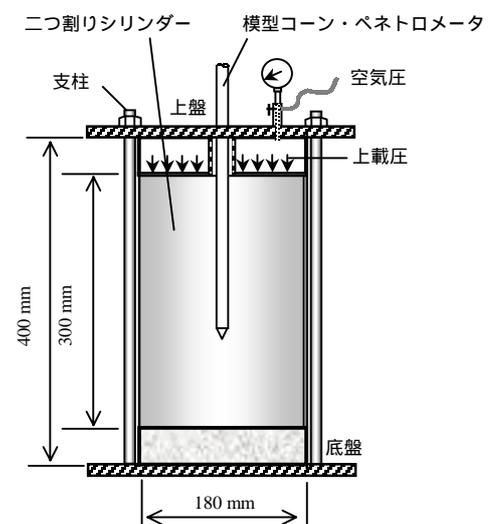


図-1 コーン貫入装置

表-1 実験条件

Test No.	ペネトローメータの先端形状	Dr (%)	$p_v$ (kPa)
CPT 1	60° cone	90	50
CPT 2	60° cone	90	100
CPT 3	30° cone	90	100
CPT 4	Flat-ended	90	100

キーワード：コーン貫入試験，砂，粒子破碎

連絡先：〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大学大学院理工学研究科 Tel : 077-566-1111

最小の間隙比は  $e_{\max} = 0.95$  ,  $e_{\min} = 0.58$  である . また 60 , 50 , 30 , 10% 粒径はそれぞれ 0.29 , 0.27 , 0.24 , 0.21 mm であり , 均等係数は  $U_c = 1.38$  , 曲率係数は  $U_c' = 0.95$  である .

実験は表-1 に示された条件下で , 各ケースについて地表面から約 15 ~ 16 cm までの貫入を行った . 貫入終了後 , は図-2 に示した区分番号に従って試料採取を行った . 採取した試料はレーザー回折式粒度分布測定装置（島津製作所製 , SALD-3000）をよって粒度分析を行った . 本試験装置では , 媒液（水）中に分散させた土粒子にレーザー光を照射することによって認識される回折/散乱光の光強度分布パターンを理論的に解析して粒径を求めることができる . この手法は一般的にレーザー回折/散乱法と呼ばれ , 少量のサンプル量で迅速に再現性の高いデータを取得することができる .

#### 4. 実験結果および考察

図-3 は実験で得られた粒度分布から計算された破砕量  $I_s$  のコンター図である . これらの図から , コーンの先端角が鋭くなるにつれて粒子破砕の卓越する領域が底面側に移行することが分かる . 図-3(a) , (b) は上載圧の異なる場合の結果であるが , 破砕の絶対量に若干の差異が見られるものの , 破砕パターンが類似していることから , ある程度以上の拘束圧は破砕に影響しにくいことが分かる . 図-3(c) の 30° コーンの場合 ,  $I_s$  は他のケースに比べて極めて小さく , 先端角が鋭くなると破砕が起こりにくくなることが予想される . 図-3(d) からフラット・ペネトロメータの端部直下に卓越した破砕領域が見られ , 破砕した粒子がコアを形成しているものと予想される .

また , 本実験で用いた豊浦砂は一般に堅固な材料とされているが , コーン貫入のような高圧下では粒子破砕が発生することが確認された .

#### 5. まとめ

先端角のこなるコーンを用いて貫入模型実験を行い , 先端部周辺の試料の粒度分布を調べることによって粒子破砕状況を定量的に評価した . 粒子の破砕量は先端角が鈍くなるにつれて大きくなり , また破砕の顕著化する領域が先端方向へと移行することが判明した . 今後は粒子破砕と土の変形との関係を調べ , 測定値に及ぼす粒子破砕の影響を検討していく予定である .

#### 参考文献

- 1) 小林泰三 , 柿田隆弘 , 深川良一 , 小林俊一 : 異なる先端角を有するコーンの貫入模型実験と変形場のひずみ解析 , 第 37 回地盤工学研究発表会 , 2002
- 2) 福本武明 , 森井慶行 : 粒子破砕が盛土斜面の安定性に及ぼす影響について , 地盤工学論文報告集 , Vol.35, No.3 , 139-142 , 1995 .

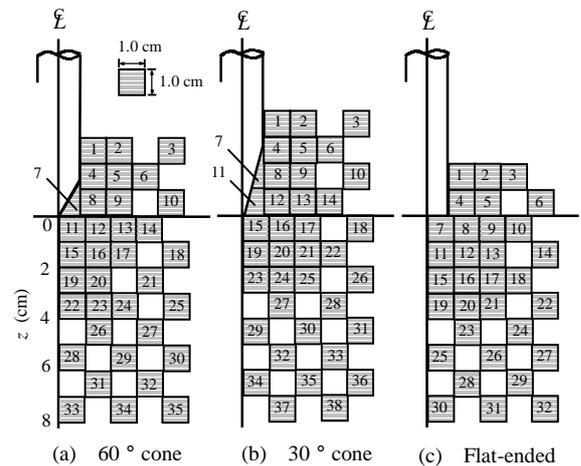


図-2 試料の採取区分

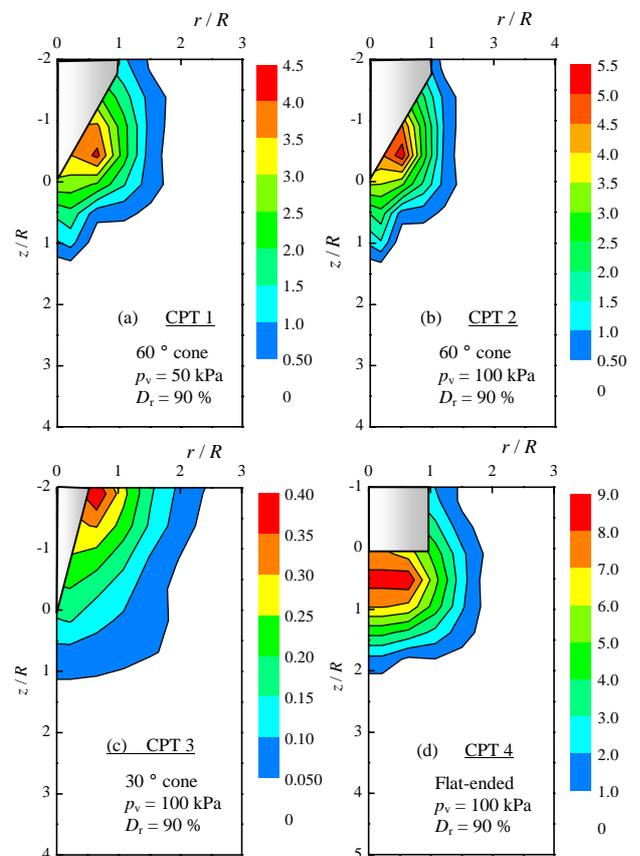


図-3 粒子破砕量  $I_s$  のコンター図