

Ⅲ - A141

吸水併用繰り返し衝撃力による液状化地盤の締め固め改良
（その2：締め固め効果の考察）

熊谷組技術研究所 正会員 濱田尚人
熊谷組技術研究所 正会員 渡辺則雄

1. はじめに

本講演概要集の同名論文（その1：室内実験概要）において、高压エアの噴射圧を強化繊維バッグを介して瞬間的かつ周期的に地盤に叩きつける事、そして地盤からの吸水併用により、さらに締め効果が高まる事を室内土槽実験により示した。本報告では、地盤締め固めの影響要因として、吸水併用の効果、及び衝撃繰り返しによる効果について考察を行った。

2. 締め固めに及ぼす吸水併用の効果

実験後の土槽内のコーン貫入抵抗値分布を図-1、2に吸水の有無別に比較検討する。実験条件は表-1であり、上載圧無し、実験時間は240秒間行った。実験前の土槽全体の平均コーン貫入抵抗値は1.5kg/cm²未満である。どちらも締め固め効果はあるが、吸水併用は、吸水無しに比べ締め固め度が大きく、かつ広い範囲に効果が及ぶ。

図-3、4に土槽底に設置した過剰間隙水圧比の時刻歴を噴射口から水平対角方向に30cm、125cm離れて吸水の有無別に示す。時刻歴の振幅は上下に波打つ傾向があるが、図-4の吸水併用で噴射口から30cm離れの振幅は特にこの傾向が強い。この現象の起こる際に、衝撃に伴って地表面が上下に動きながら沈下する様子が観察された。吸水併用では衝撃力の有効な伝達と、地盤内有効応力を大きく変動させながら締め固めるメカニズムが、強く作用すると考察する。

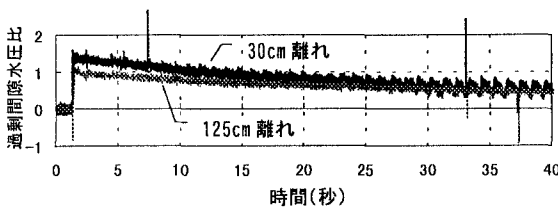


図-3 過剰間隙水圧の時刻歴(吸水無し)

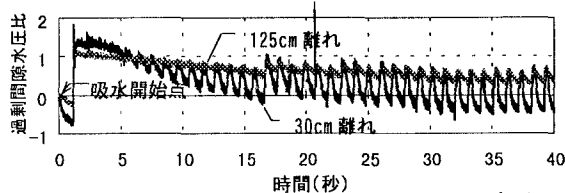


図-4 過剰間隙水圧の時刻歴(吸水有り) 表-1 実験条件

エア噴射圧	噴射時間	噴射停止エア吸入時間	実験時間	地盤上載圧	吸水条件
10.0 (kg/cm ²)	0.03 (秒)	1.0 (秒)	240 (秒)	0.0 (kg/cm ²)	吸水の有無で比較

キーワード：液状化対策、衝撃力、吸水、高压エア、高压水
〒300-22 つくば市鬼が窪 1043 熊谷組技術研究所 TEL:0298-47-7501 FAX:0298-47-7480

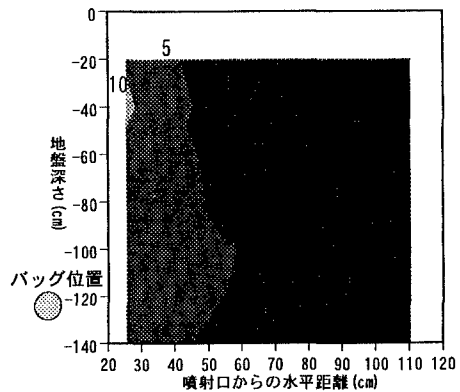


図-1 吸水無しコーン貫入抵抗値分布 (kg/cm²)

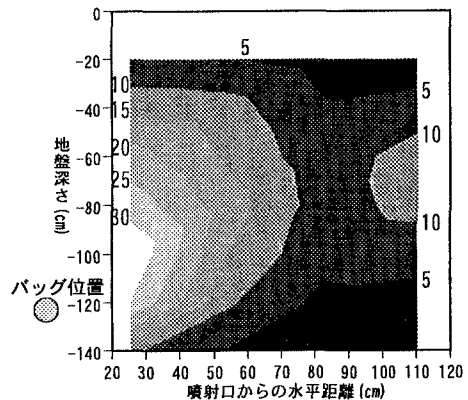


図-2 吸水有りコーン貫入抵抗値分布 (kg/cm²)

本実験の地盤の密度増加に対するコーン貫入抵抗値 q_c の向上について考察を加える。Meyerhof の経験式を (1) のように変形し、かつ q_c と N 値の関係 (2) 式を用い、実験前後の相対密度 D_r より間接的に求まるコーン貫入抵抗値 q_c の増加倍率を算出した。

また、実験前後の実際のコーン貫入抵抗値 q_c の増加倍率を、横軸に衝撃繰り返し回数をとり、間接的に求まる q_c と比較して図-5 に示す。実験条件は表-1 で吸水の有無別にプロットした。

$$N = (\sigma'_v + 0.7) \cdot (D_r / 21)^2 \dots (1) \quad q_c = 4.1N \dots (2)$$

図-5 より相対密度から経験式により間接的に求まるコーン貫入抵抗値の増加倍率に比べ、実際の実験値のコーン貫入抵抗値の増加倍率は非常に大きくなる。特に、吸水併用の場合、少ない衝撃繰り返し回数でコーン貫入抵抗値が大きく増加する。

図-6 に同じデータを、横軸に実験前後の相対密度の比である D_r 変化率をとりプロットした。図より実験値 q_c と経験式から間接的に求めた q_c は明確に2つの近似ラインに沿って分けられる。特筆すべきは、実験値が吸水の有無に関わらず同一の近似ラインに沿ってプロットされることである。これは吸水の有無に関わらず衝撃型の締め固め手法自体が、地盤の密度変化から予想される一般的な締め固めに比べ効果が高い可能性を示す。吸水併用の効果は少ない衝撃繰り返し回数で有効に地盤を締め固め、コーン貫入抵抗値を増加させる作用があると考察する。

3. 締め固めに及ぼす衝撃繰り返し回数の効果

図-7 に衝撃回数が増えるとエア噴射口近傍（噴射口から 30cm 水平離れ）でコーン貫入抵抗値 q_c が増加する事を示す。また同図に以下の関数で実験データを近似した結果もプロットする。

$$q_c = A + (B - A) \times \frac{n}{C + n} \dots (3)$$

q_c : 実験後のコーン貫入抵抗値、 n : 衝撃繰り返し回数、 A, B, C : 係数

衝撃を加えるにつれ、十分地盤が締め固り、限界に近づく、コーン貫入抵抗値の増加の伸びは少なくなる。実験式 (3) によりこの現象を物理的に表現できる。(3) 式の係数の持つ意味を記す。
 A : 初期コーン貫入抵抗値、 B : 締め固め限界コーン貫入抵抗値
 C : 衝撃回数に対する近似線の立ち上がり勾配

（締め固めエネルギーが大きく、地盤が締め固め易いもの程、衝撃に対して敏感に締め固まる事を表す）

4. まとめ

高圧エアを瞬間的かつ周期的に地盤に叩きつける繰り返し衝撃により、砂地盤が締め固まることを室内土槽実験により確認した。この実験から吸水併用が、飽和砂地盤の締め固め度に大きく寄与し、かつ衝撃エネルギーを広い範囲に及ぼさせる事、そして衝撃型締め固め手法自体が地盤の密度に相関する締め固め以上の効果を発揮する可能性を示した。今後、噴射圧をパワーアップした室内実験と、原位置での施工実験を行い、実砂地盤の改良効果を把握する予定である。

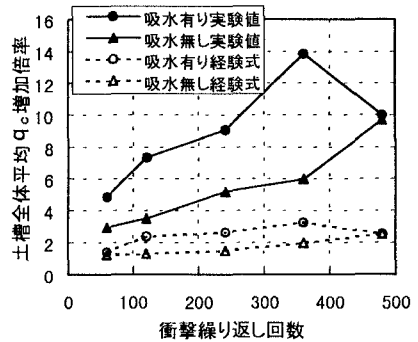


図-5 q_c の増加倍率について
実験値と経験式の比較

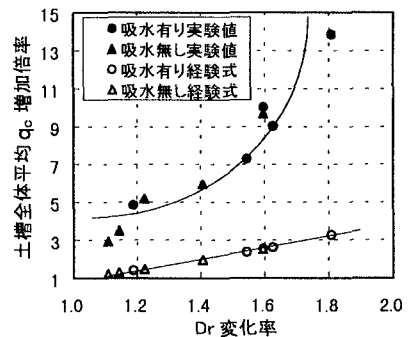


図-6 相対密度の変化率と
コーン貫入抵抗増加倍率

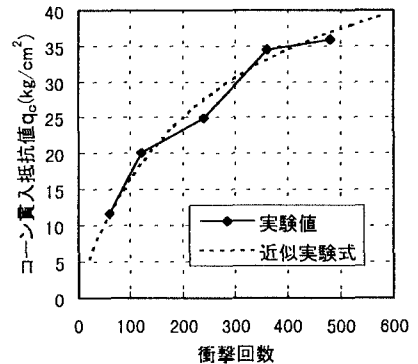


図-7 噴射口近傍の q_c と衝撃回数