

Ⅲ - A140

吸水併用繰返し衝撃力による液状化地盤の締め固め改良 （その1：室内実験概要）

熊谷組技術研究所 正会員 渡辺則雄
熊谷組技術研究所 正会員 濱田尚人

1. はじめに

国土の狭い我が国では、社会資本・生活の場が臨海部の埋め立て地、また既存構造物近傍の軟弱地盤上に建設する必要に迫られる。地震国である我が国においてこのような場所に進出することは、地盤の液状化による被害リスクを背負いながらも発展を目指すことであり、合理的で適切な液状化対策手法が求められる。

開発中の工法は、現在室内実験の段階である。これは基本的に振動型の締め固め工法であるが、地盤への振動作用の与え方として、高圧水、もしくは高圧エアを瞬間的かつ周期的に地盤に叩きつけている。さらに地盤から吸水併用し改良効果を向上させ、従来型の締め固め工法にない特徴を持たせるものである。

2. 工法原理と特徴

図-1 に工法のイメージを示す。地盤に衝撃を与えるためのロッドを地盤内に挿入する。ロッド径はボーリング孔程度 $\phi 80 \sim 90 \text{mm}$ を想定している。このロッドから、高圧水、もしくは高圧エアを瞬間的かつ周期的に地盤に叩きつける。これにより従来の振動締め固め型工法のパイプレーションに代える衝撃繰返し作用を与えることができる。この衝撃繰返し作用と並行して噴射ロッドにあけた別系統の穴、もしくは吸水用の別系統のロッドから吸水を行う。吸水は施工中のロッド周りの地盤の液状化を低減し、衝撃作用を広範囲に作用させ、締め固め効果と範囲を広げる効果を及ぼさせる。

従来の締め固め型の液状化対策工法は、建設機械が巨大で、振動作用を与えるロッド、もしくはケーシングも大きかった。そのため振動作用を与えるために大きなエネルギーが必要で、振動・騒音公害の発生や狭小な敷地に適用困難であった。

本工法の原理よりくる特徴は、地盤に挿入するロッドが非常に小さい点、締め固め装置全体をコンパクト化できる点、さらに、ねらった改良すべき地層を直接締め固められる点にある。本工法を実用化した場合に期待される効果を以下に記す。

- ① 市街地など狭小な空間に適用しやすい。
- ② 大きな起振力を用いず、振動騒音公害がきわめて少ない。
- ③ 締め固めるべき地層をピンポイントで締め固められ、施工速度の向上につながる。
- ④ 改良ロッドは斜めに地盤に挿入できる。場合により既設構造物近傍や直下地盤へ適用できる。

3. 室内実験概要

本工法の原理的な有効性を確認するため、室内実験を行った。図-2 に実験装置の概要を示す。土槽は鋼製（ $1\text{m} \times 1\text{m} \times 1.5\text{m}$ ）で、実地盤の深さ方向の応力状態を模擬できるように、加圧式になっている。上載圧は地盤上部からゴムバッグにより最大 $2\text{kg}/\text{cm}^2$ 載荷でき、間隙水圧は間隙水圧調整タンクから、土槽内に水圧をかけられる。上載圧をかける条件では、実験中、間隙水圧調整タンクと土槽内の水の出入りは自由になる。

改良ロッドは $\phi 76.3\text{mm}$ 、内部に2本の管路を通し、1本は地盤からの水吸引、他方は地盤内へのエア噴射と吸引を電磁弁で切り替えている。エア最大噴射圧は $10\text{kg}/\text{cm}^2$ である。エアはロッド先の強化繊維バッグ内

キーワード：液状化対策、衝撃力、吸水、高圧エア、高圧水

〒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

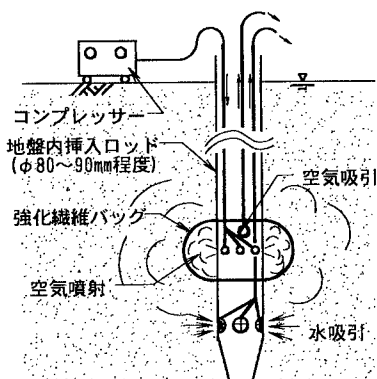


図-1 工法原理イメージ

（最大拡大時φ 30cm 程度）に噴射する。このバッグは噴射エアが地盤に混入し、ボイドができるのを防ぎ、噴射の衝撃力のみを地盤に伝達させる目的のものである。地盤には豊浦砂を用いた。実験の手順を下記に示す。

- (1) ボイリングにより地盤作成（初期相対密度は約 35%）
- (2) 所定の地盤上載圧・間隙水圧を土槽内にかける圧密する。
- (3) 圧密後に上載圧・間隙水圧を大気圧状態に戻し、初期相対密度 D_r とコーン貫入抵抗値 q_c を計測する。
- (4) 再圧密し、高压エアの噴射・吸引サイクルを繰り返す。並行して実験中ロッド下より水吸引する。
- (5) 実験終了後、地盤を大気圧状態に戻し、実験後の相対密度 D_r とコーン貫入抵抗値 q_c を計測する。

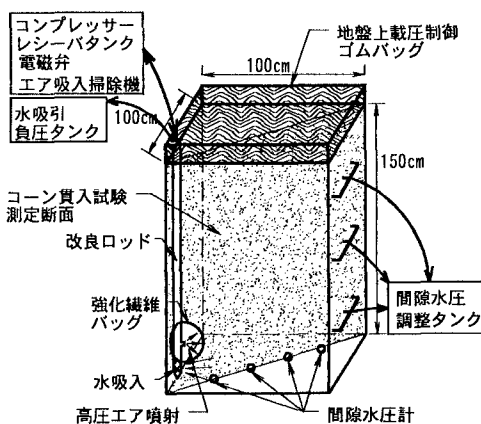


図-2 実験装置の概要

4. 実験結果の一例

表-1 に実験条件の一例を示し、図-3 に実験後のコーン貫入抵抗値の土槽内の分布をコンターとして示す。コンターは図-2 に示す土槽対角面方向のものである。エア噴射口位置は、土槽端、土槽底盤から 20cm に設置し、実物の 1/8 象元を意識した。本条件は大気圧状態で行った。

初期状態、及び実験後の土槽全体平均の相対密度とコーン貫入抵抗値を表-2 に示す。

図-3、表-2 から本手法により地盤が締め固まる事が示されるが、衝撃を与えるバッグ近くで特に大きな効果が出る。また、衝撃力の反射と思われる締め固め効果がバッグの対角境界に出現している。実験としては土槽の境界面は好ましくないが、実地盤で地中構造物がある場合、その地盤との境界付近で締め固め効果が出現する可能性がある。本条件では地盤上載圧をかけていないため、衝撃力は水平方向よりも、地表の開放面方向に伝わり、締め固め効果の傾向が出ている。

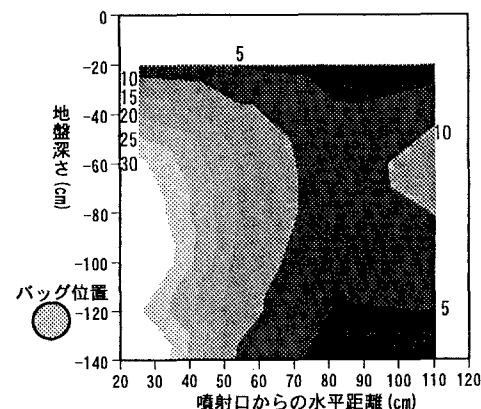


図-3 実験後コーン貫入抵抗値分布 (kg/cm²)

表-2 実験前後の平均相対密度とコーン貫入抵抗値

	相対密度 (%)	コーン貫入抵抗値 (kg/cm²)
初期状態	38.1	1.5
実験後	60.7	14.8

表-1 実験条件の一例

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/cm²)	0.03 (秒)	1.0 (秒)	480 (秒)	0.0 (kg/cm²)	連続して真空圧吸水

吸水併用の効果を確認するため、吸水の有無により、土槽内全体の平均コーン貫入抵抗値が衝撃回数によってどのように変わるか図-4 に示す。実験条件は表-1 と同じであるが、実験時間が衝撃回数に対応して変化する。また地盤は各衝撃回数の実験ごとに作り直している。

図-4 より吸水併用した実験では併用無しに比べ短い時間で大きな締め固め効果が得られるのがわかる。また衝撃回数が増えるに従いコーン貫入抵抗値は上昇するが、あるラインに漸近する傾向が伺える。詳しい実験結果と考察を（その 2: 締め固め効果の考察）に記す。

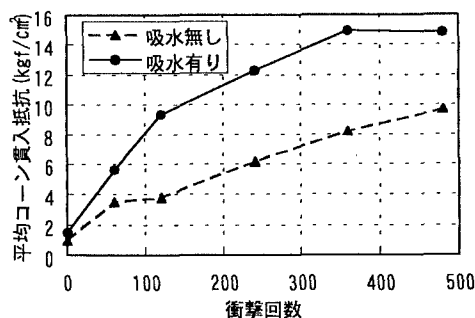


図-4 吸水の有無による締め固め効果の相違