

# V-75

## フレッシュコンクリートの振動締固め時に おける動的性質に関する実験的検討

立命館大学大学院 学生員 浅野文男  
明石工業高等専門学校 正会員 角田 忍  
立 命 館 大 学 正会員 児島孝之

### 1. まえがき

振動締固めはコンクリート施工上重要な工程である。その効果についてはある程度明らかにされつつあるが、振動のように動的な外力に対するフレッシュコンクリートの挙動の解明やそれに基づく振動締固め効果を物理的意味のある数値により表現するといった基礎的な研究はまだ十分とは言えない。

本研究は、振動時における各種フレッシュコンクリートの液状化に関する間隙水圧を測定することにより、フレッシュコンクリートの動的性質と振動の影響についての考察を行った。

### 2. 実験概要

本研究に用いた使用材料を表1に示す。配合は、 $W/C=50\%$ 、 $s/a=48\%$ 一定とし単位水量を変化させている。普通コンクリートは、スランブを0～19cmの間で6種類に変化させた。各種コンクリートとしては、AEコンクリート、高性能減水剤添加コンクリート、水中コンクリート用特殊混和剤添加コンクリート（以下、水中コンクリートと略す）を取り上げた。配合を表2に示す。実験装置を図1に示す。本研究は、偏心モーター型のテーブル振動機を用いており、振動数は1750v.p.m.、偏心錘の角度を操作することで振動を振動1～4の4種類に変化させている。容器（ $\phi 25 \times 30$  cm）にコンクリートを入れた状態における加速度の測定位置及びその結果を図2、表3に示す。コンクリートは容器底面から25cmの高さまで入れ、間隙水圧測定位置をコンクリート表面から7cm, 17cmの位置とした。

### 3. 実験結果及び考察

図3は、普通コンクリートの硬練り配合（ $W=170\text{kg/m}^3$ ）と軟練り配合（ $W=210\text{kg/m}^3$ ）の間隙水圧について、図4は各種コンクリート（ $W=190\text{kg/m}^3$ ）の間隙水圧の経時変化をそれぞれ表している。普通コンクリートの硬練り配合の場合、液状化を起こすまでには数秒かかる。振動の種類にもよるが間隙水圧は、ほぼ液圧の値に近づくことがわかる。また、軟練り配合は、打ち込み直後において既に液状化に近い状態であるため、振動を加えても過剰間隙水圧の値は僅かであり、瞬時に一定値となる。この傾向は、振動の種類が異なってもあま

表1 使用材料

|                |                              |         |           |           |
|----------------|------------------------------|---------|-----------|-----------|
| セメント           | 普通ポルトランドセメント                 |         |           |           |
| 細骨材            | 野州川産砂                        | 比重 2.57 | 吸水率 1.69  | F.N.=2.45 |
| 粗骨材            | 高橋産硬質砂岩砕石                    | 比重 2.69 | 吸水率 0.72% |           |
|                | F.N.=6.75 最大骨材寸法 20mm        |         |           |           |
|                | 重量比 20～10mm : 10～5mm = 1 : 1 |         |           |           |
| AE剤            | アニオン系樹脂                      |         |           |           |
| 高性能減水剤         | ナフタリン系高性能減水剤                 |         |           |           |
| 特殊水中コンクリート用混和剤 | 水溶性高分子セルロース系                 |         |           |           |
| AE減水剤          | リグニンスルホン酸カルシウム               |         |           |           |

表2 各種コンクリートの配合表

| W/C (%) | s/a (%) | 単位水量 (kg/m³) |     |     |     | AE剤  | 高性能減水剤 | 水中不分散剤 |       |       | AE減水剤 |
|---------|---------|--------------|-----|-----|-----|------|--------|--------|-------|-------|-------|
|         |         | W            | C   | S   | G   |      |        | 主      | 助     | 剤     |       |
| 5.0     | 4.8     | 170          | 340 | 866 | 982 |      |        |        |       |       |       |
| 5.0     | 4.8     | 180          | 360 | 846 | 959 |      |        |        |       |       |       |
| 5.0     | 4.8     | 190          | 380 | 826 | 936 |      |        |        |       |       |       |
| 5.0     | 4.8     | 200          | 400 | 806 | 913 |      |        |        |       |       |       |
| 5.0     | 4.8     | 210          | 420 | 785 | 891 |      |        |        |       |       |       |
| 5.0     | 4.8     | 218          | 436 | 769 | 872 |      |        |        |       |       |       |
| 5.0     | 4.8     | 180          | 360 | 846 | 959 | 216g |        |        |       |       |       |
| 5.0     | 4.8     | 190          | 380 | 826 | 936 | 228g |        |        |       |       |       |
| 5.0     | 4.8     | 180          | 360 | 846 | 959 |      | 216g   |        |       |       |       |
| 5.0     | 4.8     | 190          | 380 | 826 | 936 |      | 228g   |        |       |       |       |
| 5.0     | 4.8     | 210          | 420 | 785 | 891 |      |        | 2520g  | 8400g | 1050g |       |
| 5.0     | 4.8     | 218          | 436 | 769 | 872 |      |        | 2616g  | 8720g | 1090g |       |

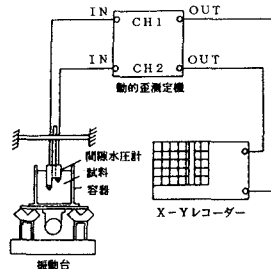


図1 実験装置

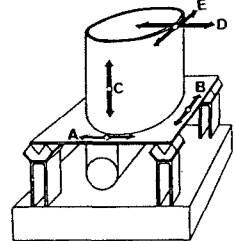


図2 振動台の加速度測定位置

表3 振動台の加速度測定結果

| 方向/振動 | 1    | 2    | 3    | 4    |
|-------|------|------|------|------|
| A     | 3.00 | 4.17 | 4.00 | 4.00 |
| B     | 0.83 | 0.33 | 0.50 | 1.50 |
| C     | 2.33 | 3.33 | 3.17 | 2.00 |
| D     | 5.33 | 9.50 | 11.3 | 11.5 |
| E     | 1.33 | 1.83 | 1.50 | 1.17 |

単位 (g)

り差異は見られなかった。AEコンクリートについては、普通コンクリートの軟練り配合と同様な傾向を示している。しかし、容器下部において振動番号が大きくなる程、他のコンクリートと比べ間隙水圧の変化が著しくなった。これは、大きな振動を加えるとすぐに材料分離が生じるために起こると考えられる。高性能減水剤添加コンクリートは、硬練り配合と同様な傾向を示すが、液状化するのに軟練り配合と比べて多少時間がかかる。水中コンクリートは、振動を受ける前の間隙水圧値が他の配合と比べて最も大きく、特に容器上部で顕著であった。これは、水中不分離剤添加による保水性が大きく、また高分子系セルロースの添加による見掛けの液比重の増加等が考えられる。ただし、振動を

加えると振動番号が大きくなるにつれて負の過剰間隙水圧が発生する傾向にある。図5は、振動時間1,5,20秒における各深さの過剰間隙水圧を直線回帰することで、過剰間隙水圧の深さ方向の分布がいかに変化をするかを示した例である。発生した水圧は、各深さにおける初期の有効応力と考えることができる。図において、コンクリート表面と内部で圧力差が生じており、即ち動水勾配の発生がコンクリート内部から表面へ向けて水が移動することを示している。このことから振動時のコンクリートの透水係数 $k$ を求めることが出来れば、振動締固めの指標となり得る。コンクリート中で透水が起こる時の速度 $v$ は、ダルシーの法則から求める。液状化が生じたときの間隙水の流出速度は、

$$v = k (\gamma' / \gamma_w) = (\varepsilon_v \cdot H) / t$$

で与えられる。<sup>1)</sup>ここに、 $\gamma'$ はコンクリートの単位体積重量、 $\gamma_w$ は水の単位体積重量、 $\varepsilon_v$ は鉛直ひずみ、ここでの $H$ は試料深さ、 $\varepsilon_v \cdot H$ は試料の沈降量とする。また $t$ は沈下完了までの時間である。振動時における各種コンクリートの透水係数を表4に示す。普通コンクリートは、各振動とも単位水量が増加すれば透水係数は減少する傾向にあり、AEコンクリートは振動によりあまり違いがみられない。水中コンクリートは、振動により透水係数が負の値を示した。これは、振動による水の解放が何らかの形で影響しているものと考えられる。

表4 各種コンクリートの振動時における透水係数

| (単位: cm/s)                 |     |       |       |        |       |        |        |
|----------------------------|-----|-------|-------|--------|-------|--------|--------|
| 混和剤種類                      | ブレン |       |       | 高性能減水剤 | AE剤   | 水中不分離剤 |        |
| 単位水量 (kg/cm <sup>3</sup> ) | 170 | 180   | 200   | 190    | 190   | 210    |        |
| 振動                         | 1   | 0.084 | 0.075 | 0.033  | 0.071 | 0.053  | -0.043 |
|                            | 3   | 0.188 | 0.167 | 0.161  | 0.206 | 0.070  | -0.023 |

#### 4. まとめ

振動時の間隙水圧と有効応力の関係は、コンクリートの振動締固め特性を明らかにするための重要な要因の一つとなり、そこから求められる振動時の透水係数は、振動締固めの指標となるのではないかと考えられる。そして、振動時のコンクリートの挙動、特に混和剤添加コンクリートについては今後明らかにしていかなければならない現象が数多く存在することも明らかとなった。

参考文献 1) 石原研而, 土質動力学の基礎, 鹿島出版, P.P.231-238

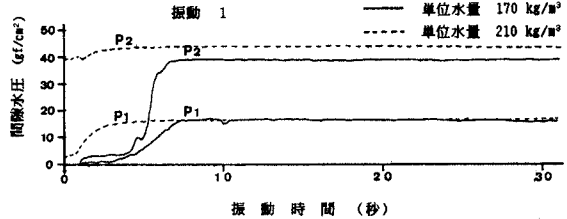


図3 普通コンクリートにおける間隙水圧の経時変化

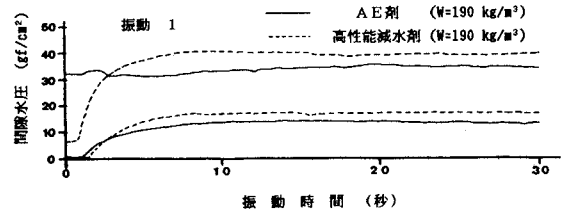
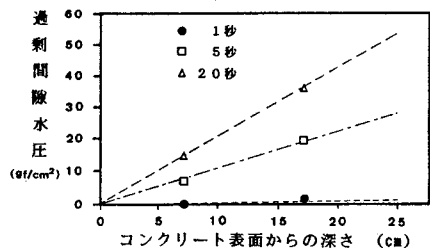


図4 各種コンクリートにおける間隙水圧の経時変化

図5 過剰間隙水圧の分布の時間的変化  
( $W=170 \text{ kg/m}^3$ 、振動1)