

岡山大学工学部 正 名合 宏之

四電エンジニアリング 正 古川 修三

洲本市役所 正 岸岡 朗裕

1. さがが: 本研究は、セマゲートのような河川構造物周辺の洗掘機構あるいは護岸や床固めなどの破壊機構も、流れにともなって発生する変動流体力との関連で捉えようとする研究の第一歩として行ったものである。ここでは、周期変動圧作用下における鉛直1次元砂層内の間隙水压分布特性を実験的に検討した結果について述べる。

2. 実験装置および実験方法: 実験装置は図1に示すような鉛直1次元模型で、ピストンの往復運動により試料容器内の水面上に周期変動圧が加わる構造になっている。試料容器には内径8.9 cm, 高さ70.0 cmのアクリル製円筒管を用い、変動圧の周波数は1.5~10.0 Hzに、また変動圧振幅は水頭で5~10 cmの間に設定できるようにした。圧力の検出には拡張型半導体圧力変換器を用い、水中および砂層内の1測点の変動圧をデューラに同時記録した。AD変換の後、変動圧振幅および測点間の位相のずれなど変動圧荷性について検討した。なお、砂層材料としては、空気混入率が異なると思われる数種の試料(豊洲標準砂)を用い、それぞれについて周波数を1.95, 3.51, 5.27 および 6.84 Hzと変化させて計測した。

3. 実験結果とその考察

図2は空気混入率が最も高いと考えられる試料について、各測点の変動圧を同時比較したものである。この図より砂層内では、周期は砂層表面上の変動圧周期と同じであるが、振幅は鉛直下方に向って徐々に減少し、同時に位相が遅れていくことがわかる。すなわち、砂層表面に作用する変動圧水頭を、

$$h_0'(t) = a_0 \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} \right) \dots (1)$$

と表わした場合、砂層表面よりZ'の点の変動圧水頭は次式のように表現される。

$$h'(Z', t) = a(Z') \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{\Delta T}{T} \right) \dots (2)$$

ここに、 $a(Z')$ は砂層表面よりZ'の深さの点における変動圧振幅、 T は変動圧周期、 ΔT は砂層表面からZ'の点までの圧力伝達時間である。

図3-1 および図3-2はそれぞれ空気混入率が高い試料とそれと小さいとみなせる試料(脱気試料)における変動圧振幅の鉛直方向変化を示したものである。これらの図では、空気混入

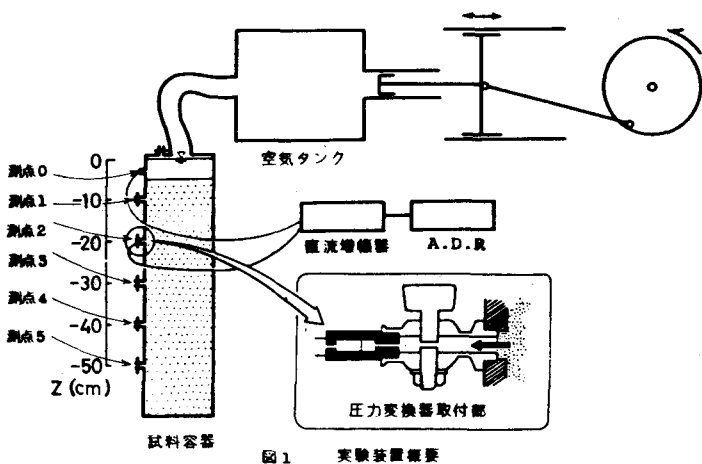
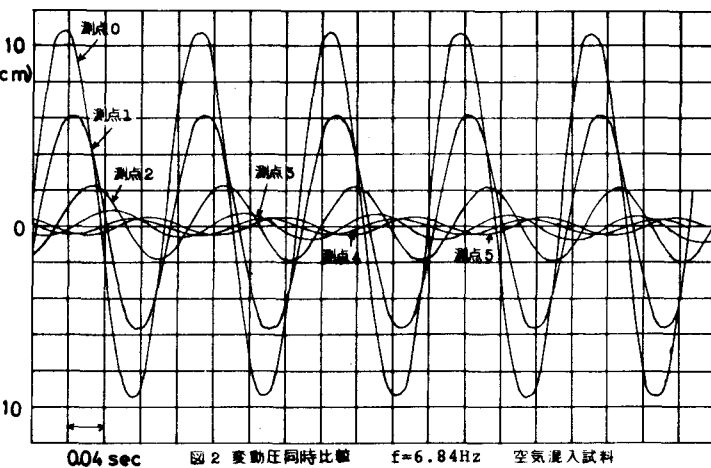


図1 実験装置概要

図2 変動圧同時比較 $f=6.84\text{Hz}$ 空気混入試料

率が高いほど、また、変動周波数が大きければ振幅の減衰が著しくなることがわかる。

図4-1および図4-2は、それぞれ試料について、変動圧周波数が6.84 Hzの場合の鉛直方向変動圧力分布を示したものである。砂層表面上の数値は各圧力分布曲線が Δt 秒(0.02 秒)ごとに変化していく順序を示している。

これらの図とともに図4-1では、砂層表面上と各測点間に変動圧力の差が生じている様子がはっきりと認められる。

図5は、図4-1に示される変動圧分布より得られる砂層表面と各測点面との間の全差圧 $(h_0' - h')A$ と、対象としている測点面より上部の砂の水中重量 (W_s) との比を示したものである。この図では、砂層表面近傍(測点1)では全差圧が水中重量と同程度の大きさで変動していることがわかる。

砂層内の流動が均質等弾性的砂層における1次元非定常浸透流によって表現されると仮定し、無限下方($z' = \infty$)で変動圧が生じていない($h' = 0$)という条件のもとでは、砂層内の変動圧分布は次式のように表わされる。

$$h'(z', t) = a_0 e^{-\alpha z'} \sin 2\pi \left(\frac{t}{T} - \frac{\alpha z'}{2\pi} \right) \dots (3)$$

ここに、 α は砂層構成材料および浸透水の性質によって定まる定数である。この式より振幅減衰比 $a/a_0 (= e^{-\alpha z'})$ と位相差 $\Delta T/T (= \alpha z'/2\pi)$ との間には、

$$a/a_0 = \exp(-2\pi \Delta T/T) \dots (4)$$

の関係があることがわかる。

図6は、実験結果を用いて、 a/a_0 と $\Delta T/T$ との関係を調べたものであるが、ほぼ上式の関係が満足されていることがわかる。このことは砂層内の流動に関して上述の取り扱いがある程度妥当であると考えてよいであろう。しかし、振幅減衰比については図3で示したように変動周波数によって変化するものであり、 α の表現についてはさらに詳細な検討が必要である。

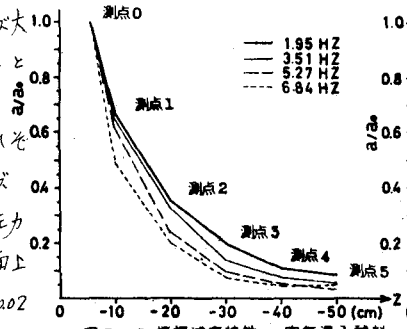


図3-1 振幅減衰特性 空気浸入試料

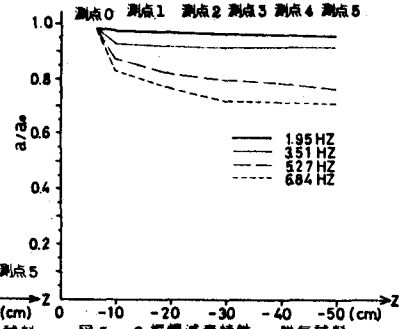


図3-2 振幅減衰特性 脱気試料

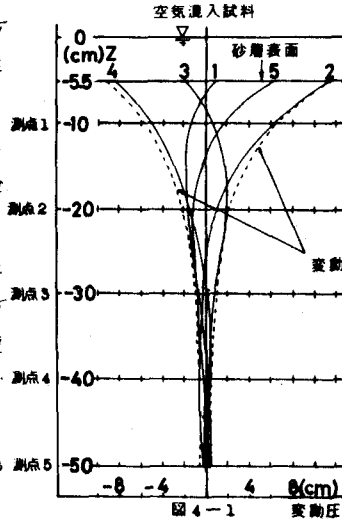


図4-1 変動圧

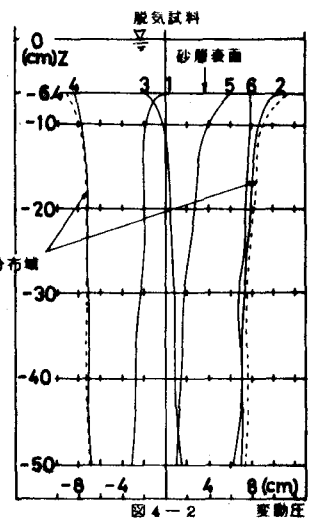


図4-2 変動圧

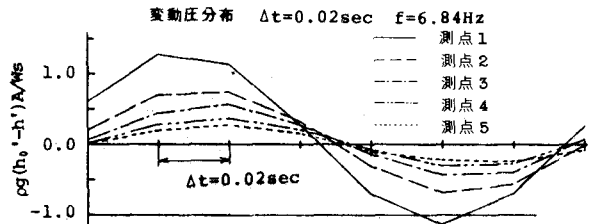


図5 全差圧と各測点より上部の砂の水中重量の比

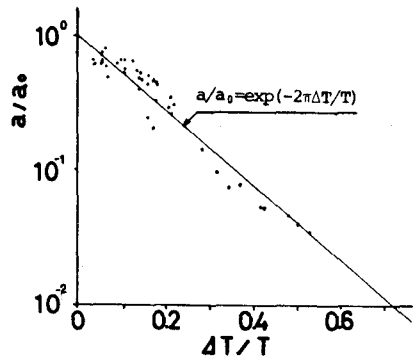


図6 振幅減衰比と位相差の関係