

鹿児島建設技術研究所 保国光敏

山田 功

○ 菅 好徳

I まえがき 現在、埋立地盤にみられるような、ゆるい砂地盤の改良工法として振動おこし（衝撃）を用いた締固め工法が有効であると考えられ実用に供されている。このような動的締固め工法を総称して砂地盤に施工する場合、振動および衝撃作用時における地盤内は非排水の状態と考えられるため、地盤中に過剰間ゲキ水圧が発生する。この過剰間ゲキ水圧の発生量の地盤の締固め効果に何らかの関係を持たせようことは十分に推測されるが、今回、電気衝撃工法施工時における地盤内の過剰間ゲキ水圧の発生量を計測し、この測定値と密度変化の関係を求めてみたので以下に報告する。

II 電気衝撃工法の概略 電気衝撃工法は砂地盤を対象とした締固め工法で、地中に放電ポイントと貫入させ40^μs(50^μs, 32^μs)の高压放電（線近し行ない、その際発生する衝撃力により地盤を締固め）ものである。

III 実験場の土層構成および土質条件 実験場の地盤は海底より浅瀬に埋立地盤で、図-1に示した土質柱状図からわかるように、GL-9.5までは平均N値5程度の軟弱な砂質土層である。間ゲキ水圧の計測は土質柱状図より、過剰間ゲキ水圧の発生量と大きな値と取れる有効土カブリ圧の大きな所の砂層としてGL-7~9mの層で行った。この層の土は平均粒径 $D_{50} = 0.21$ mm、均等係数 $U = 2.9$ 、比重 $\gamma_s = 2.708$ の砂である。その相対密度および間ゲキ比はN値などにより $D_r = 35\%$ 、 $e = 1.000$ と考えた。なお、この実験対象とした砂層は一般に述べられている液状化しやすい条件とすべて満足している。

IV 実験方法 施工機による打設は図-2に示すように間ゲキ水圧計とGL-8.5に埋設し、これを正三角形の重心位置とする三角形の頂点P-1、P-2、P-3の順に行なった。一地点における放電は、3秒間隔30回である。計測に使用した間ゲキ水圧計は差動トランス型の間ゲキ水圧計で、記録はDCアンプを通し、電磁オシロおよびデータレコーダに静水圧と基準値（零）に取り、放電による過剰間ゲキ水圧のみを自記させた。なお、同所で行なった本施工においては1.5mの正三角形ピッチで深度-10より1.5mの引き上げピッチでGL-2.5まで打設を行なった。

V 実験結果とその考察 電磁オシロの記録紙上に記録された施工中の過剰間ゲキ水圧の波形と図-3に示す。記録に現れかっている高周期な波は誘導電流とP波の影響と考えられ、読み取りはその後の振動していない部分のピークで行なった。

読み取った記録と縦軸に過剰間ゲキ水圧の発生量、横軸に時間の経過と取り図-4に整理した。なお間ゲキ水圧計の埋設深度における有効土カブリ圧は上層条件より0.8%と算定した。図-4に示すように過剰間ゲキ水圧は放電のたびに残留、蓄積され30回の放電が終了した後は時間の経過と共に消散して行く。こうして一地点の放電および消散が終了した後に、次の地点で放電を開始すると過剰間ゲキ水圧は再び上昇するが、その発生量は前の発生量より小さい。このように過剰間ゲキ水圧の蓄積、消散という過程において密度が密になっていくた

図-1 実験地盤土質柱状図

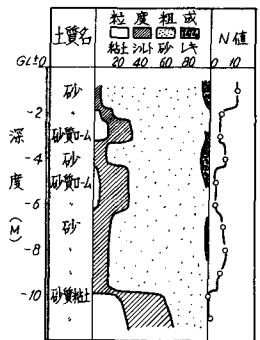


図-2 間ゲキ水圧計埋設位置と施工位置

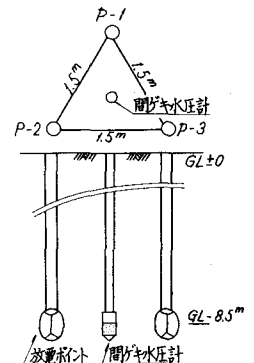
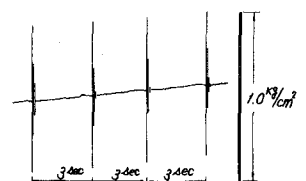


図-3 過剰間ゲキ水圧記録波形



めであらうと考えられる。過剰間ゲキ水圧の上昇と、それが消散した場合の体積変化について筆者らは、⁽¹⁾すでに川砂を用い三軸セル内で衝撃荷重の作用出来るように改定した衝撃三軸試験機を利用して

飽和非排水状態で載荷し、過剰間ゲキ水圧と発生させた後に排水状態にし過剰間ゲキ水圧と消散させた試験を実施し、過剰間ゲキ水圧の発生量と、その消散した時の体積変化の関係を図-5のように求めた。この関係と圧密現象と同様に取り扱い、実際に過剰間ゲキ水圧の

値と有効応力の変化量に取り、圧密計算式を用いて体積変化量と計算すると図-5の黒線で示される値の得られ、砂質土においても過剰間ゲキ水圧の消散により、粘土地盤と同じような圧密現象として取り扱えることがわかった。そこで、本実験においても同様の取り扱いにより、地盤の体積変化、密度変化と求めた。

圧密計算式による地盤の体積変化量は過剰間ゲキ水圧の値を用いて(1)式で表わされる。

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{C_c}{1+e_0} \cdot \log \frac{1}{1-u} \quad (1)$$

式中、 u ：過剰間ゲキ水圧、 P_0 ：有効土カブリ圧である。なお、圧縮指数 C_c は現地より採取した試料で圧密試験と実施し処女圧密曲線より、それぞれの間ゲキ比に対して図-6のように求めた。計算の初期条件として地盤の初期間ゲキ比 $e=1.000$ 、有効土カブリ圧 $P_0=0.8^{kg}/cm^2$ 、圧縮指数 $C_c=0.16$ を用い、放電終了時の過剰間ゲキ水圧の値により、P-1、P-2、P-3の打設順序にしたがい地盤の体積変化量と求めた。また体積変化による間ゲキ比は(2)式で求め、P-2、P-3打設地点の初期条件とした。

$$e = e_0 - \sum \Delta V / (1+e_0) / V \quad (2)$$

このようにして計算した各打設地点終了後の体積変化量および間ゲキ比を表-1に示す。一方、本施工において地盤の密度変化と施工後の地表面沈下量と土層の層厚で除く沈下率とあらわし、体積変化量7.7%と得た。表-1より、P-3打設地点終了後の体積変化量の計算値は6.2%であり、一応実測値に近い値の得られたと考えらる。

以上のように動的締固の工法施工時の過剰間ゲキ水圧の発生量と、地盤の密度変化の間には、過剰間ゲキ水圧の消散による圧密現象として取り扱うことが出来る関係にあると考えらる。

参考文献：(1)保岡、山田、菅「衝撃荷重による砂の体積圧縮量について」

第8回土質工学研究発表会講演要集

図-4 地盤の過剰間ゲキ水圧測定結果

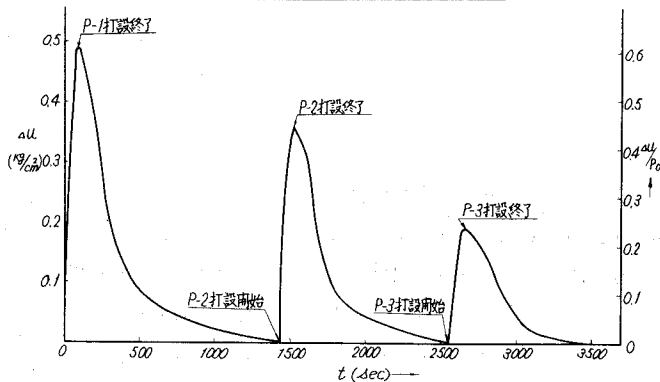


図-5 衝撃三軸試験機による過剰間ゲキ水圧と体積変化の関係 (相模川産砂)

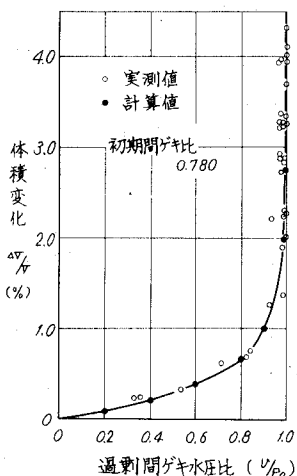


図-6 間ゲキ比と圧縮指数の関係

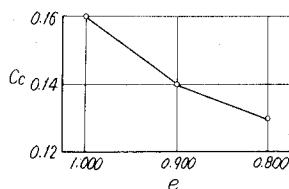


表-1 地盤の密度変化、計算値、実測値の比較

	施工前	P-1打設 終了後	P-2打設 終了後	P-3打設 終了後	実測値
間ゲキ比 e	1.000	0.934	0.894	0.876	—
体積変化 $\Delta V/V$	0	3.3%	5.3%	6.2%	7.7%