

関西大学工学部 正会員 〇橋見晴重
 関西大学工学部 正会員 谷口敬郎

1. 緒言

ゆるく堆積した砂質地盤を締め固める方法として、動的荷重が非常に有効であることが実証されており、これを利用した数種の工法が開発され、一部は相当な施工実績をあげている。これらの工法は、振動源としてはほとんどが機械力によるものである。

本研究は、動的荷重源として爆破振動を利用し、この振源による砂質土の沉下特性について、模型地盤を作製して実験的に検討を行った。この結果、地下水位置、発破位置によつて沉下量が異なり、それに伴つて各発破における間隙水圧量および地盤振動の減衰状態も異なることが明らかになったのでここに報告する。

2. 実験方法

模型地盤は、 2.23×2.76 m、深さ0.7mのコンクリート製砂槽に乾燥した砂を層厚が約60cmとなるように詰め、砂層下部より水を徐々に注入し、地下水層を形成した。地下水水面は砂層底面より51.4cm, 46.1cm, 38.2cm, 31.9cm, の4段階に変化させた。なお、用いた砂は最大粒径9.52mm, $G_s=2.645$, $U_c=4.58$ である。発破の振動源としては、起爆薬0.42g, 添装薬0.45gの6号瞬発電気雷管を用いた。電気雷管は図-1に示すように砂層表面から20cm, 30cm, 40cmの深さに装薬した。ここで、これらの発破条件をそれぞれ E_{20} , E_{30} , E_{40} とする。各発破後、表面沉下は発破点を中心として直角に交わる4方向にそれぞれ水平距離で0, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 80cmの位置で測定した。間隙水圧計は図-1のように設置した。発破振動の計測は、速度型受振器を発破点から5, 20, 40, 60, 80, 100cmの位置に設置し、ベクトルケーブルを通じて電磁オシログラフに波形を記録した。なお、発破振動の解析には直距離Rで整理した。

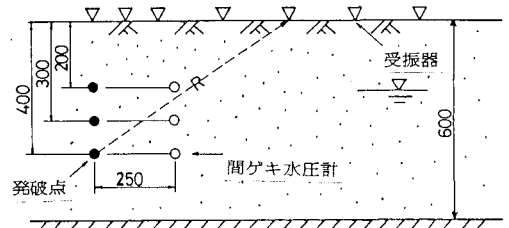


図-1 模型地盤の断面図 単位(mm)

図-2は、発破点30cmにおいて発破したときの表面沉下状態を示したものである。このときの初期地下水水位は38.2cmであった。この図より、砂層表面は、ほぼクレーター状に変形している。この傾向は、発破位置、地下水水位位置が変わってもほぼ同じ形状変化を示している。しかし、沉下した体積量は、各条件下によって異なる。沉下した体積量を求めるために、図-2から沉下した断面積 S と沉下が生じた範囲 A を求め、図-3に示すような $S/2$ の面積および底辺 A の三角形を描く。つぎに、この三角形を発破点を軸とした回転体として、式(1)によって沉下体積 V_s を求めた。

3. 実験結果および考察

図-2は、発破点30cmにおいて発破したときの表面沉下状態を示したものである。このときの初期地下水水位は38.2cmであった。この図より、砂層表面は、ほぼクレーター状に変形している。この傾向は、発破位置、地下水水位位置が変わってもほぼ同じ形状変化を示している。しかし、沉下した体積量は、各条件下によって異なる。沉下した体積量を求めるために、図-2から沉下した断面積 S と沉下が生じた範囲 A を求め、図-3に示すような $S/2$ の面積および底辺 A の三角形を描く。つぎに、この三角形を発破点を軸とした回転体として、式(1)によって沉下体積 V_s を求めた。

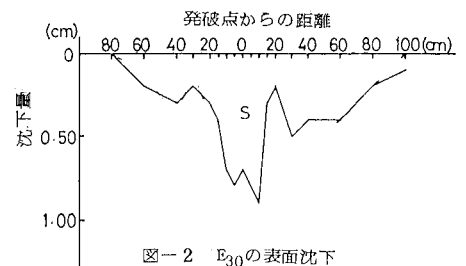


図-2 E_{30} の表面沉下

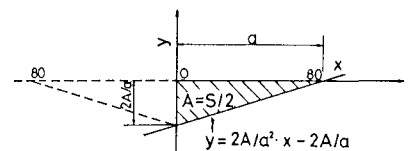


図-3 沉下体積の計算法

$$V_s = \int_0^A \left(\frac{2A}{a^2} x^2 - \frac{2A}{a} \right) dx \quad \text{--- (1)}$$

a : 影響範囲, $A = S/2$

図-4は、式(1)によって求めた沉下体積 V_s と発破位置との関係を地下水水位別に表わしたものである。この図より、乾燥状態以外の条件下では、増加割合は異なるが、発破位置が深くなるほど大きな体積が得られている。す

なれる、地下水が存在する場合、発破位置が深いほど効率のよい発破条件と考えられるが、ある一定の限界が存在するものと思われる。

図-5は、初期地下水位 H_w と初期砂層厚 H_q との比 H_w/H_q と沈下体積 V との関係と発破条件別に表わしたものである。この図より、発

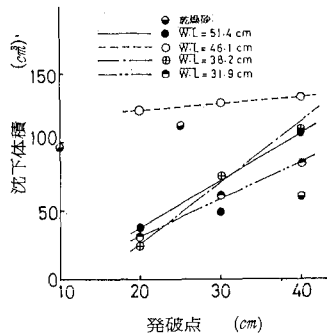


図-4 各発破による沈下体積と発破位置との関係

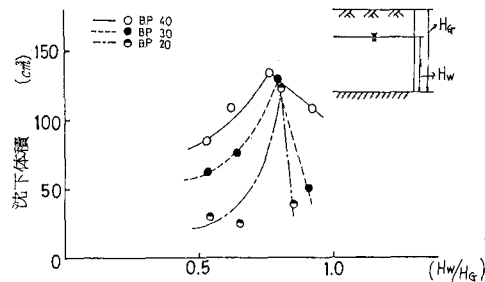


図-5 各発破における沈下体積と地下水位との関係

破位置が異なるにもかかわらず、各発破条件下とも $H_w/H_q \approx 0.8$ 付近で沈下体積が最大となっており、その値はほぼ同じ値が得られている。しかし変化の割合は発破位置によって異なり、 E_{40} が最大値と最小値の差が最も少なく、比較的变化の割合は少ない。図-4、5より、砂の物理特性および葉量が一定の場合、発破によって得られる沈下体積量は、発破の深さ、地下水位位置によって大きく変化することが明らかとなった。すなわち、 E_{40} 、 $H_w/H_q \approx 0.8$ の条件下が最も効率のよい発破条件と考えられる。

図-6は、発破時の間隙水圧の模式図である。ここで最大の値を U_d とする。 U_d は静的条件下の間隙水圧と異なり、発破により生じた動的水圧と考えられる。図-7は、深さ30 cm地点で測定された U_d と H_w/H_q との関係を E_{30} 、 E_{40} について示したものである。ただし動的水圧は、初期有効応力との比 U_d/σ'_v として表わしている。この図から明らかなように、 $H_w/H_q \approx 0.8$ 付近で U_d/σ'_v が最大となっている。これは図-5で示した最大の沈下体積が得られる地盤条件と一致しており、さらに H_w/H_q の変化に対して U_d/σ'_v もほぼ同じ変化状態となっている。以上の結果より、 U_d/σ'_v が大きいほど、得られる沈下体積は大きくなることが判明した。

図-8は、 $H_w/H_q = 0.79$ における各発破条件別に示した発破振動(変位速度)の減衰曲線である。これより、変位速度 V (kine) は式(2)に近似される。

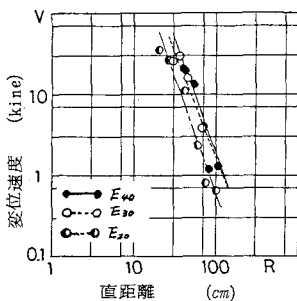


図-8 V - R 曲線 ($H_w/H_q = 0.79$)

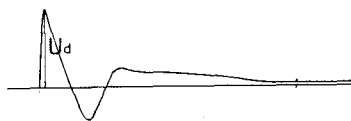


図-6 間隙水圧の模式図

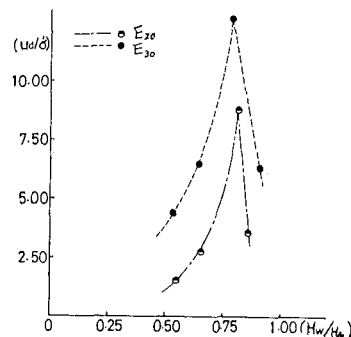


図-7 U_d/σ'_v と H_w/H_q との関係

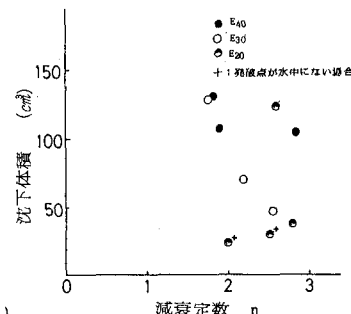


図-9 V_s と n との関係

$$V = C \cdot R^{-n} \quad (\text{ただし } R: \text{発破位置からの直距離 (cm), } C: \text{定数, } n: \text{減衰定数}) \quad (2)$$

式(2)によ、求められた減衰定数 n と沈下体積 V との関係を示したのが図-9である。この図より、 n が大きくなると V は小さくなる傾向がみられる。すなわち、発破振動の減衰が著しい地盤ほど、得られる沈下体積は少ないといえる。また図-9より、発破位置が地下水面より上部に存在する場合は、減衰定数の値に関係なく、得られる沈下体積は、発破位置が飽和砂層内に位置する場合と比べて、小さくなっており、非効率的な発破条件と考えられる。しかし、この点に関してはいさらに詳細な実験が必要と思われる。