

水浸砂の締固めに関する一考察

愛媛大学工学部 正員 ○ 深川良一
愛媛大学工学部 正員 室 達朗
広島市 堀川周一

はじめに 沿岸海域での事業を行うに当たって基礎工事を確実に行うことは最も重要なことの一つである。海底地盤をよく締固め、安全で耐久性のある基礎地盤を造成しなければならないが、水浸砂地盤の締固めの基本的特性は明らかになっていない。本研究は水中における衝撃締固めの基本的特性を主として調べたものである。比較のために陸上（気乾状態）での同種の実験を行った。

試料砂 試料砂は海砂を用い、これを2mmのふるいにかけて、通過したものを0.074mmのふるいにかけて残留したものを用いた。また実験を行う際は、試料砂を天日で数日間乾燥させ、気乾燥状態にしたものを使用した。試料砂の比重は2.595、また土質工学会基準¹⁾に基づく最大、最小密度は各々1.730、1.376 (g/cm³)である。試料砂の粒径加積曲線をFig. 1に示す。均等係数、曲率係数、平均粒径を図中に示している。

突固め 本研究ではProctorの突固め試験機（モールド、ランマー）を使用し、次のような突固め要因を変えることで陸上と水中での締固め効果の違いを調べた：①落下回数、②落下高さ、③ランマー重量、④ランマーの底面積（形状は円）。実験は土質工学会基準に基づいて行った¹⁾。水浸砂については、水の入った水槽の中にカラーの付いたモールドを沈め、その中に気乾燥させた試料砂をゆる詰めになるように3層に分けて注ぎ込み、各層毎に同じ落下高さで、同じ落下回数だけランマーで突固めた。

締固めエネルギー¹⁾ 締固めエネルギー算定式としては、突固め試験の締固め仕事量の評価によく用いられるProctorによる仕事量（エネルギー）算定式を陸上、水中両方の場合に用いるものとした。水中の場合はランマー重量からそれに作用する浮力を差し引くものとした。陸上および水中における締固め仕事量（エネルギー）式はそれぞれ次式で表される。

$$E = \frac{W_R \cdot H \cdot N_B \cdot N_L}{V}, \quad \frac{(W_R - \gamma_w \cdot V_R) H \cdot N_B \cdot N_L}{V}$$

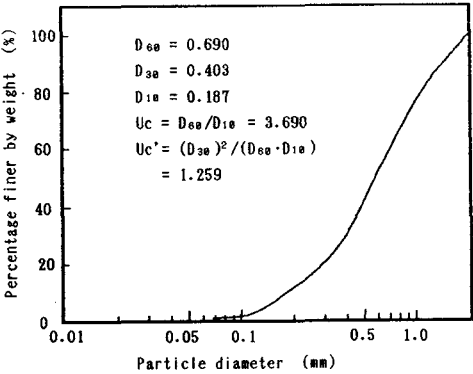


Fig.1 Percentage finer by weight of tested sand

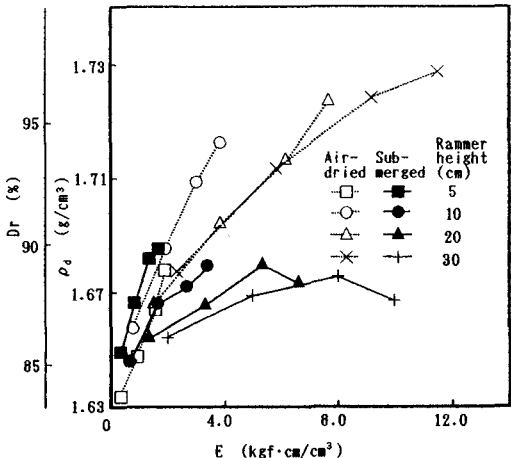


Fig.2 Relationship between dry density ρ_d and compaction energy E when rammer dropping numbers are changed

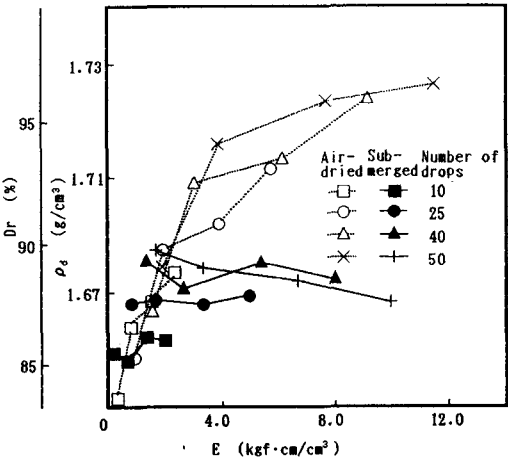


Fig.3 Relationship between dry density ρ_d and compaction energy E when rammer dropping heights are changed

ここに、 E : 締固めエネルギー($\text{kgf}\cdot\text{cm}/\text{cm}^3$)、 W_R : ランマー重量(kgf)、 H : ランマーの落下高さ(cm)、 N_B : 層当りの突固め回数、 N_L : 層の数、 V : モールド容積(cm^3)、 γ_w : 水の単位体積重量($10^{-3}\text{kgf}/\text{cm}^3$)、 V_R : ランマー体積(cm^3)である。

実験結果に対するエネルギー的評価

(1) 落下回数を変えた場合

2.5kgf(陸上重量)の標準的ランマーを使用し、落下高さを固定して落下回数だけを10, 25, 40, 50回と変えたときの乾燥密度の変化を調べた(Fig. 2)。水中の場合、落下高さを高くしても締固めエネルギーの増大に対する密度の増加はほとんど期待できない。むしろ、落下高さが低い方が締固めエネルギーに対する密度の増加の割合が大きく、少ないエネルギーで大きな密度増加が得られている。よって、水中の場合、落下高さが低い方が締固めるのに有利である。陸上の場合でも同様のことがいえるが、水中の場合ほど顕著ではなく、落下高さを高くして締固めエネルギーを増やしていく場合でも密度増加の割合は大きい。

(2) 落下高さを変えた場合

2.5kgf(陸上重量)のランマーを使用し、落下回数を固定して落下回数だけを5, 10, 20, 30cmと変えたときの乾燥密度の変化を調べた(Fig. 3)。どの落下回数においても陸上では締固めエネルギーの増大に対して密度は増加傾向にあるが、水中では締固めエネルギーの増大に対して密度の増加は横ばいである。これは、陸上では落下高さの変動に対して密度は大きく影響されるのに対して、水中ではその影響はほとんどないと考えてよい。しかし、陸上、水中とも落下回数を大きくした方が大きな密度が得られる。

(3) ランマー重量を変えた場合

落下高さを10cm、落下回数を25回に固定して、ランマー重量だけを1.25, 2.5, 3.75kgf(いずれも陸上重量)と変えていったとき、乾燥密度がどう変化していくかを調べた(Fig. 4)。この図において、陸上、水中とも締固めエネルギーが $1.7\text{cm}\cdot\text{kgf}/\text{cm}^3$ 位までは密度は増加傾向にあるが、それ以降は密度増加は横ばいである。したがって、これ以上エネルギーを大きくしていてもあまり締固め効果は期待できない。

(4) ランマー底面の直径を変えた場合

落下高さを10cm、落下回数を25回に固定して、ランマーの底面にかかる自重の圧力(陸上で)が一定となるようにしてランマー底面の直径を1, 2, 3, 4, 5, 6cmと変えていったとき、乾燥密度がどう変化していくかを調べた(Fig. 5)。水中では締固めエネルギーを増やしても大きな密度増加は期待できないが、陸上の場合には逆にエネルギーを増やしていくほど大きな密度増加が得られる。

まとめ 気乾状態の砂地盤が投入した締固めエネルギーに見合った締固め効果を示すのに対し、水浸砂地盤は締固めエネルギーよりもランマー落下高さとか重量など施工法の影響を強く受けることが判明した。

参考文献 1)土質工学会編：土質試験法，1979。

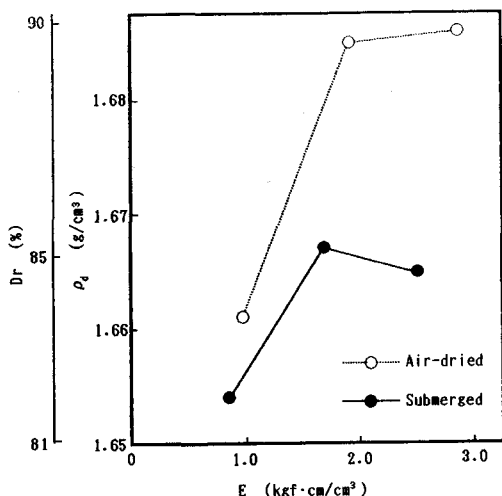


Fig.4 Effect of rammer weight on the relationship between dry density ρ_d and compaction energy E

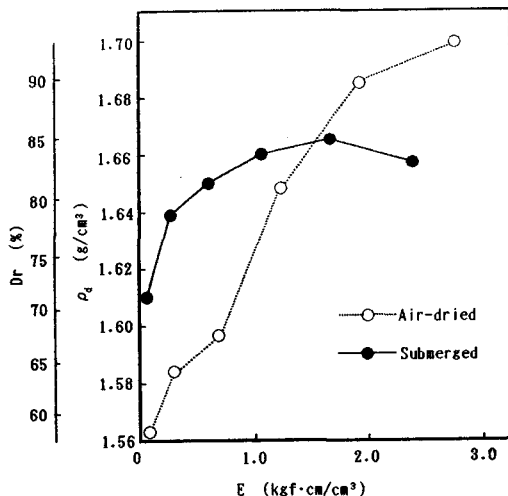


Fig.5 Effect of rammer bottom area on the relationship between dry density ρ_d and compaction energy E