

III-B 344 重錘落下締固めに与える地下水位の影響と埋戻し打撃の効果

大阪市立大学工学部 正 大島昭彦 高田直俊
同 大学院 学 ○住 武人 柄尾 健

まえがき 重錘落下締固め工法の遠心模型実験から、これまでに地盤の1ヶ所を打撃（単点打撃と呼ぶ）した場合の地盤変形とコーン貫入抵抗増加から求めた締固めの及ぶ範囲（締固め深度、締固め半径）は、重錘打撃による総運動量から推定できること¹⁾を示し、その関係は、最大粒径0.425～4.75mm、細粒分含有率6～44%の砂質地盤で、地盤の初期相対密度25～50%の範囲でほぼ成立すること^{2),3)}を報告した。これまでの報告では地下水位のない不飽和地盤を対象とし、打撃を連続して行う場合を扱ってきたが、実際の施工では重錘貫入量がある程度以上大きくなると打撃孔からの重錘引き上げが困難となるため、一旦打撃孔を周辺の土で埋戻して打撃する方法（パス施工と呼ばれる）を採る。今回は地盤内に地下水位が存在する場合の影響と、埋戻し打撃の効果を報告する。

実験方法 模型地盤は、図-1に示すように軸対称円柱地盤を想定し、地盤変形を捉えるために半径19cm、層厚20cmの半円柱地盤とし、その中央を同じく半円柱の模型重錘で打撃した。模型材料は、これまで標準材料として用いてきた京都川砂（ $D_{max}=2\text{mm}$, $F_c=6\%$, $\rho_{dmax}=1.72\text{t/m}^3$, $\rho_{dmin}=1.40\text{t/m}^3$, $w_{opt}=14\%$ ）である¹⁾。模型地盤は、初期含水比 $w_0=4\%$ （遠心加速度100g場で間隙水の移動がない含水比）に調整した材料を $D_r=35\%$ になるように8層に分けて締固めた。

模型地盤の前面（観測面）に直径2mmの標点（234個、不動点4個）を格子状に設置し、実験中に打撃回数 $N=0, 5, 10, 20$ 回時に写真撮影した。これを実寸大に印画紙に焼付け、読み取り装置で標点の座標を読み取り、標点で構成される204個の四角形要素を打撃中心軸を回転軸とした円環要素とし、その体積変化から体積ひずみ ϵ_v を算出した。さらに ϵ_v を相対密度増加量 ΔD_r に換算して密度増加域を求めた。

表-1に実験条件をまとめた。打撃仕様は、各ケースとも原型換算値で重錘質量 $m=20\text{t}$ 、重錘底面積 $A=4\text{m}^2$ 、落下高 $H=20\text{m}$ 、打撃回数 $N=20$ 回で、地下水位WL-5mの実験では4回の埋戻し（打撃はそれぞれ $N=20$ 回）を行った。水位の与え方は、半円隔壁の底面から水浸させ（地盤底面に不織布を敷いている）、設定水位で平衡するまで放置し、100g場で1時間自重沈下させた。埋戻し打撃は一旦遠心装置を止めてから、打撃孔に地表面まで同じ砂を充填し、再び100gで打撃した。埋戻し1, 3回時には着色した砂を用いて埋戻し層の境界がわかるようにした。なお、実験装置、実験方法の詳細については文献4)を参照されたい。

地下水位の影響

図-2に各ケースの $N=20$ における相対密度増加量分布を示した。各ケースとも等 ΔD_r 線は球根状に広がるが、密度増加域の広がりを水位なしの場合と比較すると、WL-5mの場合は大差なく、WL-2mの場合はやや大きく、特に浅い位置の ΔD_r の水平方向への広がりが大きい。

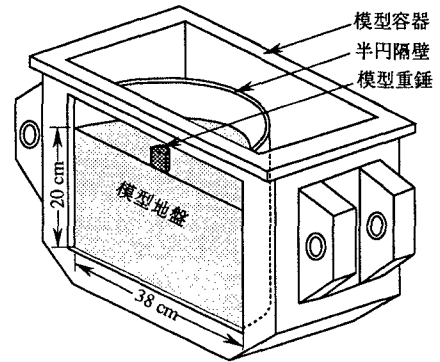


図-1 模型地盤

表-1 実験条件

地下水位	打撃仕様 m, A, H, N	埋戻し打撃
WL-2m	20t, 4m ² , 20m, 20回	—
WL-5m	〃	4回(各N20)
なし	〃	—

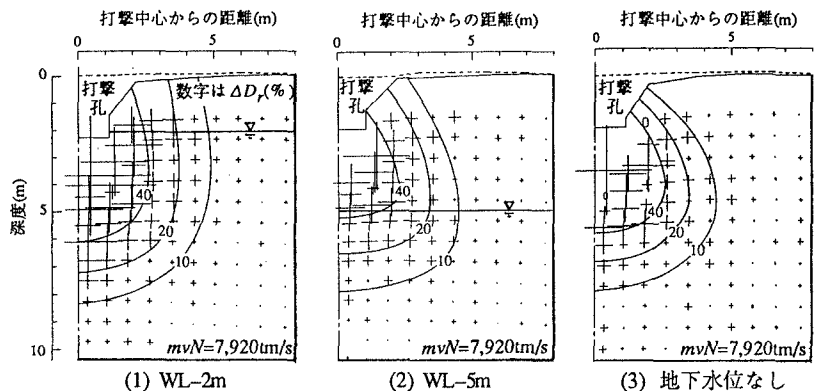
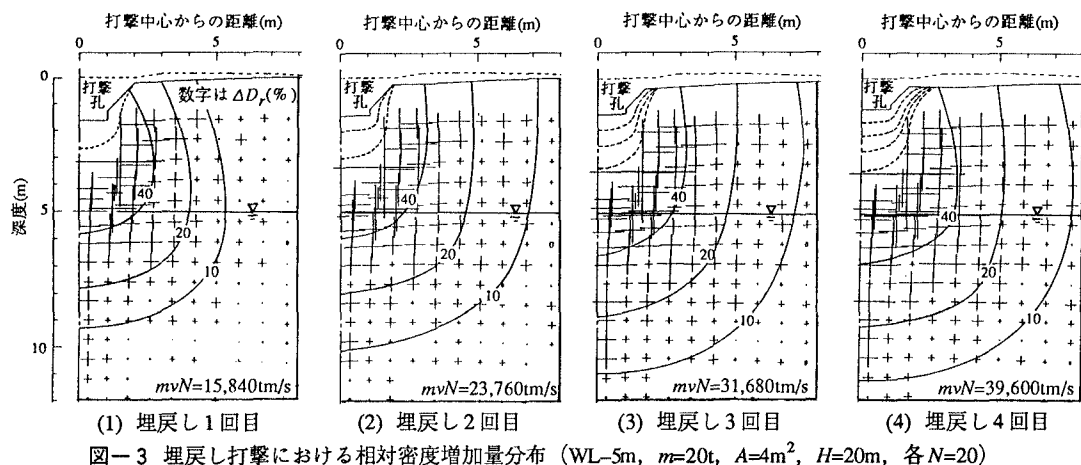


図-2 地下水位と相対密度増加量分布 ($m=20\text{t}$, $A=4\text{m}^2$, $H=20\text{m}$, $N=20$)



これは地下水位以下では、浮力によりせん断抵抗が小さいために土が変形しやすく、また衝撃力の減衰が小さく、遠くまで伝播するためと考えられる。

埋戻し打撃の効果 図-3にWL-5mの埋戻し打撃における相対密度増加量分布を示した(図(1)の前段階は図-2(2)である)。図中の打撃孔直下の点線は埋戻し層の境界を表す。埋戻し打撃によって密度増加域がさらに拡がり、特に水平方向の拡がり大きい。埋戻しにより新たに地表面から打撃されるため、埋戻し層は埋戻し回数とともに打撃孔側方にも変位し、これが水平方向の密度増加に寄与していると考えられる。

締固め範囲と総運動量の関係 文献1)で示したように、締固め範囲は ΔD 線の最大深度、最大半径で定義し、それぞれ締固め深度 Z 、締固め半径 R と呼ぶ。締固めの程度を $\Delta D_r=10, 20, 40\%$ に選び、図-2, 3の ΔD_r 分布からそれぞれ (Z_{10}, R_{10}) , (Z_{20}, R_{20}) , (Z_{40}, R_{40}) を読み取った。これまでに地下水位なしの場合については、締固め範囲は打撃エネルギーよりも総運動量 mvN に依存し、 Z, R は $\log(mvN)$ に対して直線関係になることがわかっている¹⁾。

図-4に地下水位WL-2, -5mの締固め深度 Z 、締固め半径 R と $\log(mvN)$ の関係を示した。図には地下水位なしの場合の ΔD_r 毎の近似直線を点線で書き入れている。またWL-5mの mvN の大きい方の4点は埋戻し打撃における締固め範囲を累積打撃による mvN でプロットした。WL-5mの Z, R は水位なしの場合とほぼ一致し、水位の高いWL-2mはやや大きい。埋戻し打撃の場合も水位なしの場合とほぼ一致しているが、 Z_{40} はやや小さく、 R_{10} はやや大きい。これは一旦ゆるい層で埋戻されるため、打撃孔直下の密度増加が鈍る反面、打撃孔側方の密度増加が進むためと考えられる。

以上の結果から、通常の砂質土に対しては締固め範囲に与える地下水位の影響は小さい(浅部の締固めにはむしろ貢献する)。しかし衝撃力の一部が間隙水圧に受け持たれるため、透水性の低い地盤では地下水位が締固めにとってマイナス要因となる可能性がある。また埋戻し打撃は、連続打撃の場合と同等か、それ以上の効果が期待できる。

本研究は平成7年度文部省科学研究補助金(一般研究(B))を受けたことを付記する。

参考文献

- 1) 大島, 他: 重錘落下締固めにおける密度増加域と運動量の関係, 第48回土木学会, III-330, 1993.
- 2) 大島, 他: 重錘落下締固め工法における土の種類と改良範囲, 第50回土木学会, III-379, 1995.
- 3) 大島, 他: 重錘落下による締固め範囲に与える土の粒径と地盤密度の影響, 第31回地盤工学会(投稿中), 1996.
- 4) 大島, 他: 遠心模型実験による重錘落下締固めにおける打撃条件と地盤の圧縮・変形量, 土木学会論文集, No.481/III-25, 1993.

