

III-516 重錘落下締固め工法における重錘底面積の影響

大阪市立大学工学部 大島昭彦 高田直俊
同 大学院 田中善広

はじめに 重錘落下締固め工法は、主に粗粒土、岩屑、産業廃棄物などからなる宅地造成地、埋立地の締固めに使われ、経済的にも優れた地盤改良工法である。この工法は重錘を落下させた時に得られる衝撃と振動によって地盤を締固めるという単純なものであるが、その締固めメカニズムと各種要因の影響は不明な点が多い。筆者らは遠心模型実験と現場実験により、この工法の締固めメカニズム、種々の要因の影響を調べている。これまでに、打撃仕様の影響、土の種類の影響、地下水位の影響、現場における地盤変形と土圧について報告した^{1)~5)}。今回は一定の質量の重錘を用いた場合の重錘底面積の影響について報告する。

実験方法 模型は軸対称三次元半断面とし、遠心加速度100gのもとで、模型地盤半径15cm(原型換算15m)、層厚20cm(同20m)とした。模型材料には最大粒径2mm、細粒分を5.8%含む砂質土($U_c=3.4$ 、 $\rho_{dmax}=1.71t/m^3$ 、 $\rho_{dmin}=1.37t/m^3$ 、 $w_{opt}=14.3%$)を用いている。今回実験に選んだ重錘は円形で、底面積Aは2、4、8、16 m^2 (模型直径1.60、2.26、3.19、4.51cm)の4通りである。

実験手順は、まず含水比4%(100g場で間隙水が移動しない含水状態から決めた)に調整した材料を4層に分け、中心角45°の扇形底板を介して質量2.5kg、落下高20cmのランマーで、落下回数各層8回に締固め、相対密度45%の地盤を作成する。観測用ガラス面には約1mm厚の寒天膜を作成し、その上に直径2mmの標点(257点と不動点4点)を設置し、地盤変形を捉える。まず模型地盤を100g場に1時間置き、自重沈下させる。次に重錘を地盤に連続的に落下させ、1打撃毎に重錘貫入量と地盤沈下量を計測し、打撃回数5回毎に写真撮影する。打撃終了後、打撃中心から2.5、6.0m(原型換算)位置でコーン貫入試験を行う。コーン直径は7mm、先端角は60°である。コーンロッドはアルミパイプの中を通すことによって土とロッド間の摩擦を切っている。

打撃条件は、原型換算値で重錘質量 $m=20t$ (模型10g)、落下高 $H=20m$ (模型20.9cm、重錘解放位置の回転半径を考慮)、打撃回数 $N=40$ 回である。なお実験方法及装置の詳細は文献1)~3)を参照されたい。

地盤の圧縮量 図-1に打撃回数 N と重錘貫入量 P の関係(白抜き記号)を示した。当然、底面積 A の大きいものほど貫入量は小さいが、貫入量が大きいくほど打撃孔壁の崩れは大きくなるため(図-4参照)、見かけの貫入量は逆に小さくなる。そこで打撃後の打撃孔寸法から打撃孔壁の傾斜角度を求め、これが打撃中一定であると仮定して打撃孔体積 V_c を算出し、それを重錘底面積で除して求めた換算貫入量 P' を同図(黒塗り記号)に示した。 $\sqrt{N}-P'$ 関係は原点を通る直線関係を有し、底面積が2倍になると、換算貫入量 P' はほぼ1/2倍になる。すなわち P' と A は反比例することが読み取れる。これは既報³⁾で示した次式が今回も成り立つことを示す。

$$P' = \alpha mv \sqrt{N} / A \quad (1)$$

ここに α は地盤定数、 mv は打撃時の重錘の運動量、今回の実験では αmv はどの場合も同じである。

図-2に打撃孔体積 V_c と地盤全体の圧縮量 V_t を打撃回数 N との関係で示した。 V_t は地盤面沈下量から求めた打撃孔周辺の地盤圧縮量に V_c を加えて求めている。 V_c は原点を通る直線関係を有し、底面積によらずほぼ等しい。すなわち

$$V_c = P' A = \alpha mv \sqrt{N} \quad (2)$$

である。地盤全体の圧縮量 V_t は底面積 $A=8m^2$ の場合が

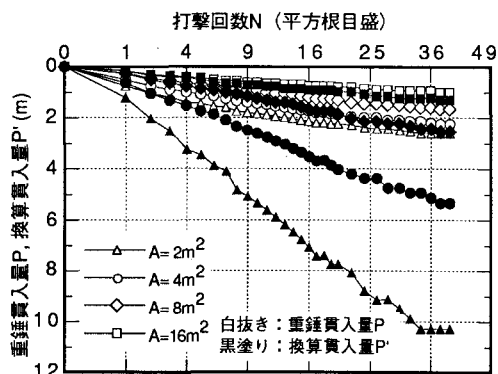


図-1 重錘貫入量 P と換算貫入量 P' の関係

やや大きく、 $A=2m^2$ の場合がやや小さい。

地盤の強度増加 図-3(1)、(2)にそれぞれ打撃中心から水平方向に2.5mと6.0m位置でのコーン貫入試験結果を示した。2.5m位置ではいずれも深度10m付近まで貫入抵抗の増加が見られ、深度6~7mで貫入抵抗のピークを生じるが、 $A=16m^2$ の場合はやや貫入抵抗は小さい。他はほぼ一致している。6.5m位置では貫入抵抗の増加はわずかで、底面積による差もあまり見られない。

地盤変形 図-4に打撃終了時の変位ベクトルと鉛直、水平等変位線(変位は原型換算値2.5cmから2倍ずつ増える値に選んだ)を示した。各ケースとも等鉛直変位線は打撃中心から、等水平変位線は打撃孔端部から球根状に生じている。打撃中心下の鉛直変位は重錘底面積の小さいものの方が深部にまで生じているが、側方向への広がりには $A=2, 16m^2$ の場合よりも $A=4, 8m^2$ の場合が大きい。水平変位は底面積が小さいほど広い部分に生じている。したがって変位ベクトルの方向は、底面積が大きいものほど鉛直方向に向く。

まとめ 重錘質量一定の下で重錘底面積を大きくすると、より広い範囲に衝撃を与えることができる反面、単位面積当りの衝撃力は小さくなるため、両者の兼ね合いを考慮する必要がある。今回の実験結果では、打撃孔近傍の直接的な締固めには重錘底面積の影響はほとんどないが、周辺のゆりこみによる締固めにはやや影響が見られ、今回の地盤条件では底面積 $8m^2$ ぐらいが最適な締固め条件を与えている。

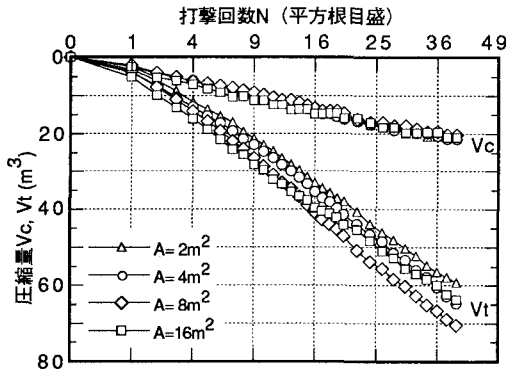


図-2 打撃孔体積と地盤全体の圧縮量の関係

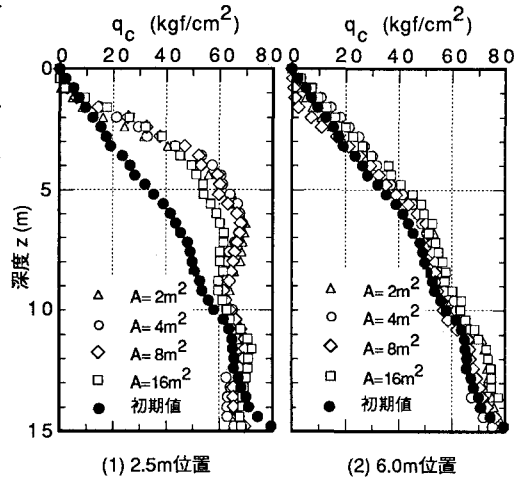


図-3 コーン貫入試験結果

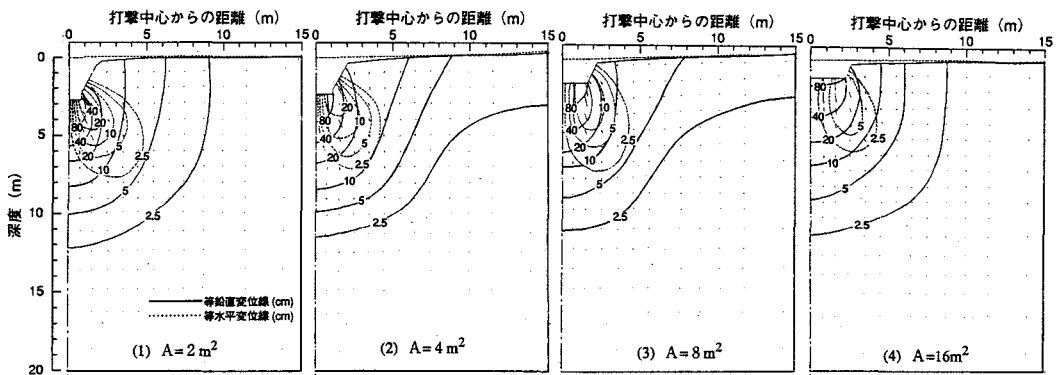


図-4 地盤変形

参考文献

- 1) 高田、他：重錘落下締固め工法の現場実験、第23回土質工学会、pp.2057-2060、1988
- 2) Mikasa et al：Dynamic consolidation in centrifuge、12th ICSMFE、Vol1、pp.947-950、1989
- 3) 大島、他：重錘落下締固め工法における打撃仕様と効果、第25回土質工学会、pp.1853-1856、1990
- 4) 大島、他：重錘落下締固め工法における土の種類と地盤の圧縮量、第26回土質工学会、1991
- 5) 大島、他：重錘落下締固め工法における地下水位の影響、土木学会関西支部年講、1991