

Ⅲ-380 重錘落下締固め工法のシリーズ施工における打撃点間隔と強度増加

基礎地盤コンサルタンツ(株) 正 ○深井晴夫

大阪市立大学工学部

正 大島昭彦 高田直俊

まえがき 重錘落下締固め工法による施工方法は、通常、対象とする地盤をある打撃点間隔でまず格子状に打撃を行い（第1シリーズ）、次にその打撃点の間を打撃し（第2シリーズ）、さらにその間を打撃する（第3シリーズ）といういわゆるシリーズ施工法がとられる。打撃点間隔は施工効率と締固め効果を左右する重要な要因であるが、現在は経験的に改良深度に等しくとられている。筆者らはこれまでに地盤の1ヶ所を打撃（単点打撃）した場合の地盤の密度増加域や強度増加を調べてきたが¹⁾²⁾、今回はシリーズ施工をシミュレートする遠心模型実験を行い、打撃後に測定した深度方向のコーン貫入抵抗から、打撃点間隔と地盤の強度増加の関係を調べた。

実験方法 模型地盤は、幅30cm、奥行き29cm、層厚24cmの直方体で、含水比4%（100g場で間隙水の移動がない）に調整した京都川砂試料（細粒分含有率=6%、 $D_{max}=2\text{mm}$ 、 $\rho_{dmax}=1.72\text{t/m}^3$ 、 $\rho_{dmin}=1.40\text{t/m}^3$ 、 $w_{opt}=14\%$ ）を相対密度 $D_r=35\%$ に締固めて作成した。遠心加速度は100gに設定した。

打撃位置は、図-1に示すシリーズ施工における打撃点のうち、基本パターンとなる点線で囲った領域を対象とし、4点（図中の○を打撃：1シリーズ施工に相当）、6点（○を打撃後、●を打撃：2シリーズ施工に相当）および12点（○、●を打撃後、×を打撃：3シリーズ施工に相当）を打撃した。

表-1に実験条件を示した。打撃仕様は重錘の質量20t、底面積4m²、落下高20mで、各点とも20回打撃した。文献2)で示した同じ材料、同じ地盤密度で求めた単点打撃による密度増加域の深度および半径と総運動量 mvN の関係から、相対密度増加量 $\Delta D_r=10\%$ の深度と半径を改良深度 Z 、改良半径 r と定義した。今回の打撃仕様 $mvN=7,920\text{t/s}$ では、 $Z=7.8\text{m}$ 、 $r=4.5\text{m}$ となる。そこで打撃点間隔 L は、改良直径 D （ $=2r=9\text{m}$ ）を基準に、図-2に示すような幾何学的配置から決めた（図中の破線の円が改良直径 D を、実線の小円が重錘直径を表す）。6点、12点打撃における第2、第3シリーズ打撃は、前シリーズ打撃点の間を打撃するが、慣例に従ってここでは第1シリーズにおける間隔を打撃点間隔 L と呼ぶ（表-1に打撃点の最小間隔を示す）。

所定の打撃を行った後、コーン貫入試験（コーン直径7mm）を行い、打撃後の地盤の強度増加を調べた。図-3に6点打撃における試験位置を示した。4点打撃では試験位置が近くなるため、図中の位置1~4（位置1は打撃点斜中央で、12点打撃は6点打撃と相似な位置（位置2は打撃点9、位置6は打撃点縦中央）で行った。実験方法の詳細については文献1)を参照されたい。

コーン貫入試験結果 図-4に4点、6点、12点打撃におけるコーン貫入抵抗 q_c と深度 d の関係を打撃点間隔 L 毎に示した。図の左下がり斜めの並びは L が同じ、縦の並びは打撃点の最小間隔が同じである。打撃点およびその近傍では打撃によって地盤面が沈下するが、深度 d は打撃前の地盤面を基準にしている。各図とも L が狭いほどいずれのコーン貫入位置でも q_c は大きい。

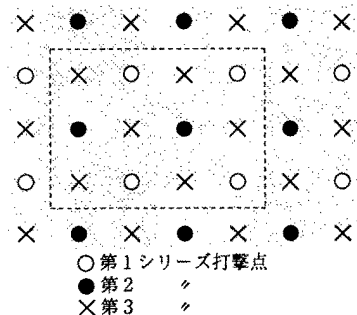
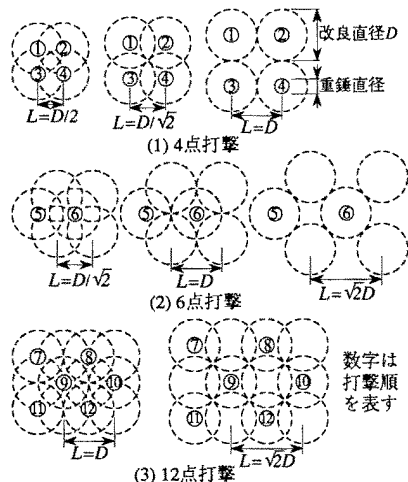


図-1 シリーズ施工における打撃点配置

表-1 実験条件

打撃点数	打撃点間隔 L (実距離m)	最小 間隔
4点打撃 (1シリーズ施工)	$D/2$ (4.5) $D/\sqrt{2}$ (6.4) D (9.0)	$D/2$ $D/\sqrt{2}$ D
6点打撃 (2シリーズ施工)	$D/\sqrt{2}$ (6.4) D (9.0) $\sqrt{2}D$ (12.8)	$D/2$ $D/\sqrt{2}$ D
12点打撃 (3シリーズ施工)	D (9.0) $\sqrt{2}D$ (12.8)	$D/2$ $D/\sqrt{2}$

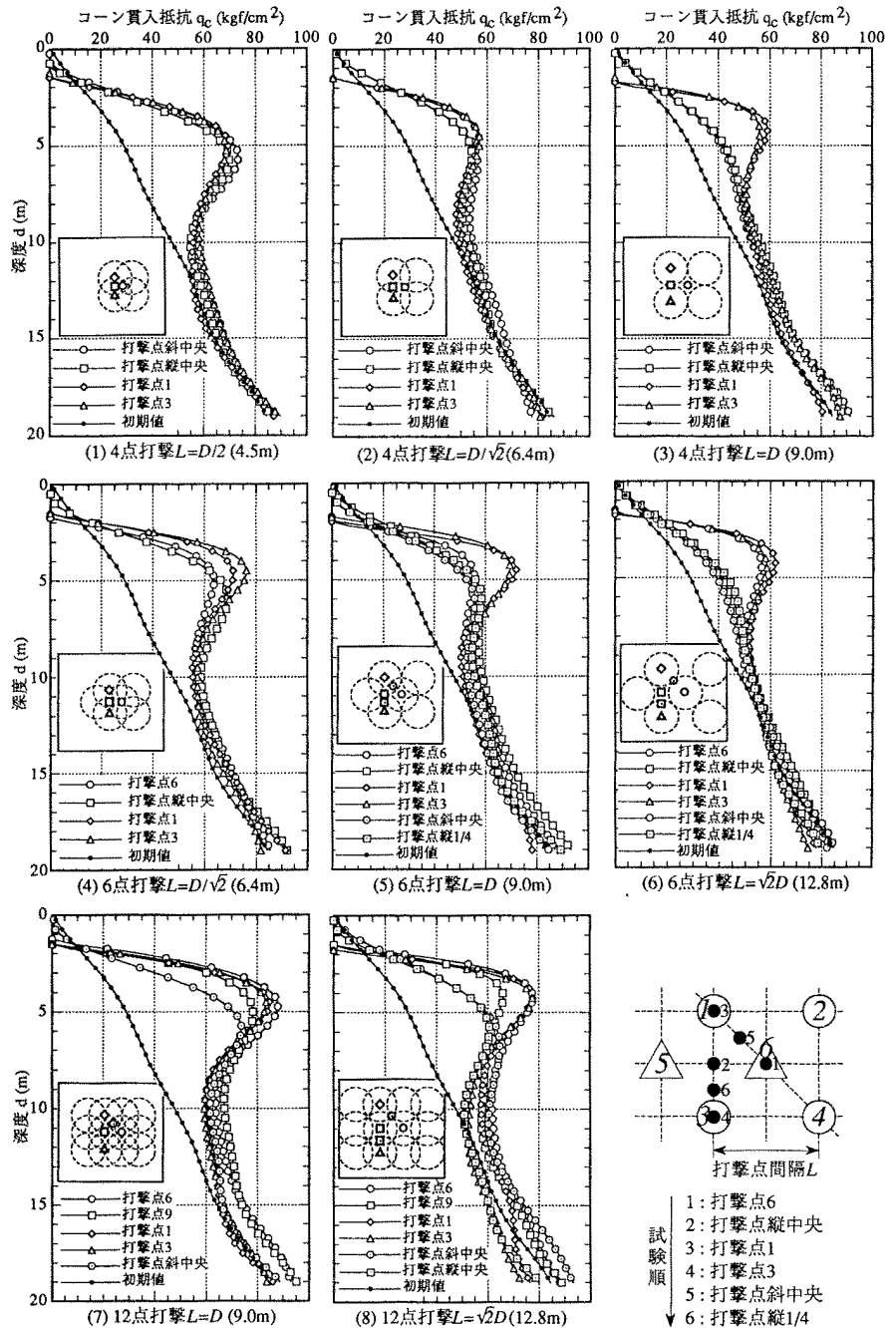
図-2 打撃点配置と打撃点間隔 L

(1)～(3)の4点打撃では、打撃点1, 3(図中の◇, △)の q_c はほぼ等しく、打撃点の中間位置(○, □)の q_c は、最も広い $L=D$ では小さいが、最も狭い $L=D/2$ では打撃点と同等の大きさを示している。

(4)～(6)の6点打撃では、第1シリーズ打撃点1, 3(◇, △)の q_c は、第2シリーズ打撃点6(○)より大きい、打撃点の中間位置(□, ○, □)の q_c は、やはり L が狭いほど大きい。

(7), (8)の12点打撃では、第2シリーズ打撃点6(○)の q_c が最も大きく、次いで第1シリーズ打撃点1, 3(◇, △), 第3シリーズ打撃点9(□)は最も小さい。これらは第2, 第3シリーズの打撃効果はその前のシリーズの打撃点近傍を締め固めるの費やされるためと考えられる。

(3), (5), (7)は $L=D$ で、それぞれ1, 2, 3シリーズ施工に対応する。同じコーン貫入位置を比較すると、シリーズ施工に伴い、より深部にまで強度が増加している。



図一4 コーン貫入抵抗と深度の関係

図一3 コーン貫入試験位置

あとがき この工法における打撃点間隔の重要性和シリーズ施工における締め固め機構の一端がわかってきた。別報²⁾でコーン貫入抵抗から求めた密度増加域と改良範囲および最適打撃点間隔の決定方法を報告している。

- 参考文献**
- 1) 大島, 他: 重錘落下締め固め工法における打撃仕様と密度増加域, 第28回土質工学会, pp.2355～2358, 1993.
 - 2) 大島, 他: 重錘落下締め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.
 - 3) 大島, 他: 重錘落下締め固め工法のシリーズ施工における打撃点間隔と改良範囲, 第50回土木学会, 1995.