

III-326 動的締固め工法による地盤の締固め特性（第1報） — 模型実験による地盤改良域の検討 —

大末建設株式会社 正 中岡 時春
大阪市立大学工学部 正 望月 秋利
近畿大学理工学部 正 阪口 理・M2 坂本 隆之

1. まえがき

ゆるい堆積地盤や十分な締固めが行い難い硬質粘土、岩砕等の盛土地盤、あるいは産業廃棄物や残土の処分地の改良工法として、DDCOMと名づけた動的締固め工法を開発し、すでにその試験施工の結果については報告した¹⁾。この工法では、計画改良深さまで貫入柱（ $\phi=80\text{cm}$ 、中空鋼鉄製）を打撃により打ち込み、その後貫入柱を段階的に引き上げ、砂礫等の中詰め材の投入とそれを突固める作業を地表面まで繰返すという方法をとる。本報告はこの工法に関する室内模型実験を行い、貫入時および中詰め・突固め後の地盤の変形と強度増加を測定し、本工法による地盤の改良域について検討した結果をまとめたものである。

2. 実験材料と実験方法

表一に材料の主な性質を、図一に粒径加積曲線を示す。試料は瀬戸珪砂5号と7号の2種類を2:1の重量割合で混合したものである。表中には試料密度も示した。試料の初期含水比を7%としたのは、貫入柱引き上げ時の孔壁の破壊を防ぐためである。実験土槽はL128×H60×W30cmで、それに厚さ50cmの模型地盤を10層に分けて締固め板を用いて作成した。表二は貫入実験装置の諸元を、図二は実験土槽上に設置した貫入柱と打ち込み装置の概観を示したものである。貫入柱径および締固めエネルギーは実物の1/20とし、また貫入柱を半円断面として地盤の変形が観察できるようにした。貫入柱のほぼ中央には $\phi=7\text{mm}$ の中詰め材供給孔を設けた。実験は、まず重錘を20cmの高さから落下させて貫入柱を打撃貫入させ、その1回毎の貫入量を測定しながら6D（ $D=24\text{cm}$ 、 D は貫入柱径）の深さまでこの操作を続ける。その後貫入柱を1D引き上げて珪砂を中詰め材供給孔から中詰めし、その上から貫入時にその深さにおいて1cm貫入させるに要した打撃回数を突固めを行う。この中詰め・突固め作業を地盤表面まで繰返す。地盤の変形挙動は、土槽観測ガラス面の内側に3cmの間隔で貼付けた標点の動きと締固め層10cm毎に敷いたカオリン線の変形を、適宜撮影した写真をもとに解析した。

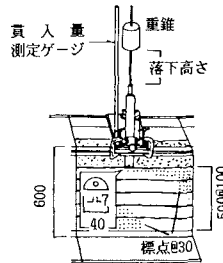


図-2 模型土槽概観図

表-1 試料の主な性質

統一 分類名	G _s	d _{max} (mm)	U _c	f _{min}	f _{max}	試料密度 ρ_s (t/m ³)	相対密度 Dr (%)	W _o (%)
C-H	2.63	0.83	5.79	1.555	1.944	1.48	42.9	7

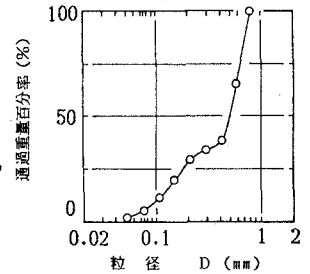


図-1 粒径加積曲線

表-2 動的貫入装置の主な諸元

項目	値	単位
貫入柱直径 D	4	cm
同 断面積 A	6.28	cm ²
ラム重量 W	0.839	kg
同 落下高 H	20	cm
打撃エネルギー F	33.56	kg-cm
単位面積当り E	5.34	kg-cm/cm ²
エネルギー比	1	20

3. 実験結果

3.1 地盤の変形挙動

図-3 (1)～(3)は地盤中に10cm毎に入れたカオリン線の変形をトレースしたもので、3D、6D貫入時と中詰め・突固め後の3段階の変形の様子を示している。貫入柱の貫入により周辺地盤の引き込みや貫入柱直下での土の下方への押し下げの傾向は認められるものの、比較的貫入柱周辺に限られており、punching shear的な破壊によって貫入した様子が示されている。中詰め工程では貫入によりできた打撃孔径を押し拡げて中詰め柱が太くなっており、圧縮による地盤の改良域の拡大が推測される。

図-4 (1)～(3)、(5) (1)～(3)は、土槽観察ガラス面に添付した標点をX-Y座標読み取り装置で1/100mmの精度で読み取り、各標点位置での変位を計算して描いた3D、6D貫入時と中詰め・突固め後の各段階での鉛直方向および水平方向の等変位図である。貫入が進むにつれ鉛直変位域は貫入柱を取り囲むように、また水平変位域は貫入柱を中心としてほぼ左右対称に発達する。貫入柱の貫入による地盤の変位方向は全段階を通してほぼ左右45°下方で、その方向に圧縮が生じている。図-6 (1)～(2)は、変位域判別の目安として変位量が0.5mm（貫入柱径に対して1.25%の変位量）以上の領域を図-4、5から求め、その推移を示したものである。鉛直、水平変位域とも貫入→中詰め工程と段階が進むにつれ、拡大の傾向にある。図-4 (3)に示されているように中詰め・突固め後の鉛直方向の変位域は、縦方向に3.4D、横方向に2.2D、また水平方向の変位域（図-5 (3)）は縦方向に3D、横方向に2.9Dで、それぞれの領域はほぼ重なっている。

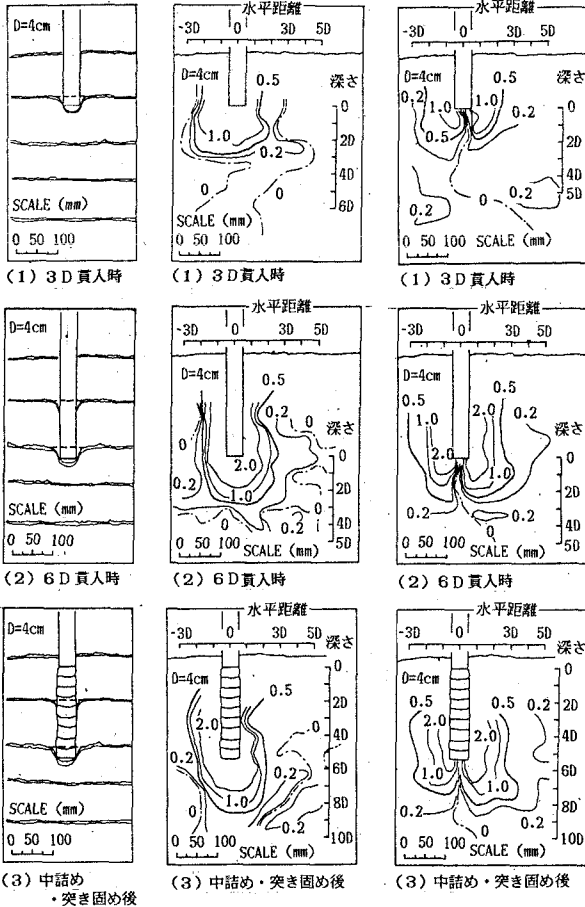


図-3 変形計測図

図-4 鉛直方向等変位図

図-5 水平方向等変位図

4. まとめ

貫入柱の貫入による地盤の改良範囲の検討は、本工法の計画・施工に当たって重要な課題である。本実験によればおよそ貫入柱貫入深さよりも下方に3D、横方向には±2.5Dの範囲が変位域となっており、その範囲内の強度増加も認められ、地盤改良域と考えることができる。しかしこの領域の大きさは、地盤材料のダイレタンシー特性に依存するものであるから、密度や含水状態、深さ（応力状態）によって変わるはずである。重力場での実験であるので実物に比べれば応力が小さく、変位域が拡大し易いこと、また現場試験施工で得られた貫入中心位置での地盤の強度増加範囲が「貫入底面下+1.5D」であったことを考え併せれば、ここで得られた地盤改良域はやや広い側の結果とみるべきであろうが、大よその結論は得られたものと考えている。

今後さらにデータの蓄積を進めていきたい。

3.2 動的コーンによる強度増加

地盤の強度増加を小型コーン貫入試験機で測定した。表-3に小型コーン貫入試験機の諸元を示す。コーン試験機の単位断面あたりの打撃エネルギーは標準貫入試験機の1/4である。

（但し、標準貫入試験用シュウは閉塞状態を仮定）。

図-7は貫入中心、1D、2D、3Dの位置で測定したコーン強度（ N' 値）の分布を示す。

全ての位置で強度の増加が認められるが、貫入中心での強度増加が最も著しく、貫入深度6Dの位置では基準強度の約14倍に、また貫入中心より1D、2D、3D地点ではそれぞれ約6倍、3.5倍、2.5倍に増加している。

深さ方向に対しては地表から9D～10D（貫入底面下+3D～4D）の深さの範囲で強度増加が認められるが、特に4D～6D間の強度増加が著しい。

また、3.1で示した変位域内の強度は増加しており、貫入柱の貫入および中詰め・突き固めによって圧縮による地盤の改良が進んだことを裏付けている。

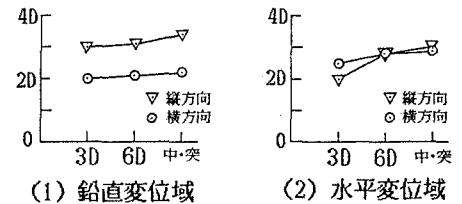


図-6 変位域 (>0.5mm) の推移

表-3 小型コーン貫入試験機諸元

小型コーン	
先端径 cm	0.8
先端面積 cm^2	0.503
重錐重量 kg	1.465
落下高 cm	20
打撃エネルギー $\text{kg}\cdot\text{cm}/\text{cm}^2$	58.3

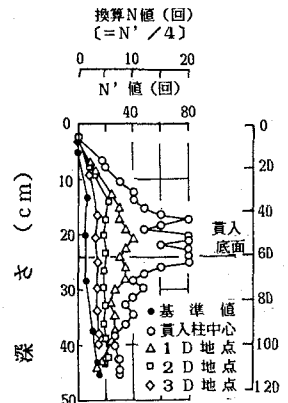


図-7 地盤強度の増加

謝辞：本研究に当たり、協力してもらった近畿大学4回生市平一馬（現特スバル(株)）君に謝意を表します。

参考文献

1) 中岡、望月：岩砕盛土地盤の現場締固め実験、土木学会第43回年次学術講演会、VI-88、pp.204-205、1988