

動圧密工法による情報化施工例

Observational control operations for dynamic consolidation method

なる 鳴 海 直 信* の 野 村 敦 雄**
 おお 大 倉 卓 美***

1. ま え が き

構造物は良好な地盤上に建設することが理想であるが、我が国の狭い国土と過密化は地盤の選択を許さない状態になっている。

一般に構造物建設のために改良を要する地盤の中には軟弱でかつ堆積時の環境的变化により水平あるいは深度方向に複雑に変化し、地層および強度などの点で均一性に欠けているものが多い。

このような地盤に対する改良工法は、改良目的および目標に応じて選定されるが、この設計に際し技術者の経験に基づいて理想化された地盤・単純化された設計手法によって行われるので、その中にどうしても層相や強度のばらつきなどによる不確定な要素が含まれる。

このような問題点に対しては、施工中の観測によって結果をフィードバックし、設計・施工の修正を行い理想化・単純化された設計条件と現実とのギャップを埋める必要がある。

Terzaghi¹⁾ (テルツァーギ) は、施工中の観測は設計の時点で得られなかった地盤条件の情報を補うために観測による新情報に従って設計修正する観測的方法 (Observational Procedure と呼んだ) を提案し、施工中における現場観測の必要性を述べている。また柴田²⁾ は、設計と現場計測との関連において図-1 のような標準パターンを示し、図のような一連の作業がスムーズにしかもできるだけ早いピッチで進められるシステムが、工事の安全性・経済性お

よび迅速性につながるとしている。こういった考え方を発展させたものが“情報化施工”と言えよう。

情報化施工^{3),4)} は、Terzaghi の提唱した Observational Procedure をリアルタイムに適用し、現場で得られる膨大な観測結果 (情報) をコンピューターシステムによって情報処理し、設計・施工修正、更には将来予測に利用しつつ施工を進めるものであり、R.C.C.⁵⁾ (Realtime Construction Control) とも呼ぶべきものであろう。

今回報告する動圧密工法では、一種の段階的な施工を行いその間に沈下量測定・原位置試験・埋設計器による動態観測を実施し、それらの結果 (情報) に基づいて設計修正を行っているので、おのずと情報化施工を実施していることになる言えよう。

本稿では、動圧密工法で実施している情報化施工管理 (以下で技術管理と呼ぶ) の内容の詳細およびその実施例、実例による情報化施工、更に本工法で情報化施工を進める上での問題点および将来の展望を述べる。

2. 技術管理内容

2.1 動圧密工法の施工と技術管理

動圧密工法は自重 5～40 t の重錘を 10～30 m の高さより繰り返し落下させ (以下でタンピング施工と呼ぶ)、その衝撃力によって地盤を圧縮あるいは圧密しようとする地盤改良工法である。

この工法の改良原理、設計法、施工方法および適用地盤については既に幾つかの発表論文^{6),7),8),9)} があるので、ここでは説明を省略する。

改良対象地盤の不均一性を考慮すれば一様な施工方法、例えば一定エネルギーの打撃を一様に加えるのでは、均一な地盤に改良するという目的の達成は困難である。このような場合は施工中に各種の試験、計測を実施し、得られた情報の分析、検討により施工方法を修正する方法を採らねばならない。

動圧密工法では図-2 に作業フローを示すように重錘を繰り返し落下させるという一見単純な作業の中に技術管理を含め、これらが組み合わされてシステム化された形で施工が行われる。主な作業手順を説明すると以下のようなである。

1) 幾つかのシリーズに分けたタンピング施工

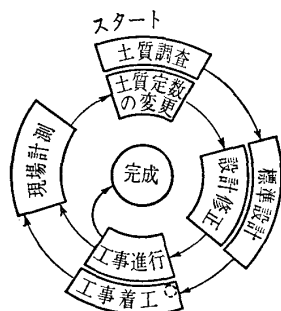


図-1 設計と現場計測の標準パターン

*海洋工業株式会社 工事部 部長

**海洋工業株式会社 工事部 技術課長

***海洋工業株式会社 工事部 技術係長

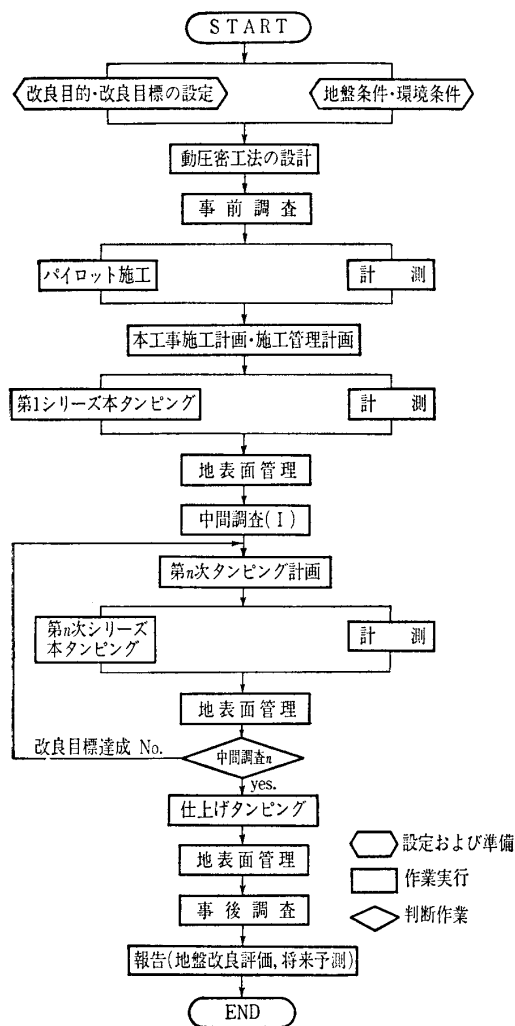


図-2 動圧密工法フローチャート

- 2) 施工中あるいはシリーズ間における各種の試験，計測の実施
- 3) 試験，計測結果を分析，検討して施工管理図を作成し，それに基づく設計修正
- 4) 上記作業の各シリーズごとの繰返し
このような手順により，地盤状況の変化に対応した効率のよい施工が進められる。

2.2 技術管理内容

技術管理の目的は地盤状況の変化に応じタンピング施工を効率よく進め，確実な改良を行うよう管理することである。

動圧密工法で実施している技術管理の主な内容を表-1に示す。

技術管理のうち品質管理は改良地盤の均一化と改良目標値達成を目的とし，地表面計測（表層から地盤の均一性の推定，主として沈下量測定），土質調査，試験，観測（地盤強度，均一性，タンピングによる地盤挙動の把握）を行う。環境保全管理は工事に伴う地盤

振動，騒音による影響を防止し，環境保全（法的規制値），既設構造物安定性確保（許容値）を図るため実施される。表-2に技術管理項目別に目的および地盤への適用性を示す。

技術管理の方法とその結果をいかに施工に反映させるかについて，動圧密工法独特の施工変更要素となる管理項目である，(1)テストタンピング，(2)強制沈下量，(3)間隙水圧測定について説明する。

(1) テストタンピング

テストタンピングは本タンピングに先立ち当該シリーズの打撃回数の決定と，それに伴う沈下量および改良効果を予測するために行うものである。

一般に重錘により同一地点を繰返し打撃すると打撃孔が形成される。打撃孔周辺の浮沈土量を考慮した沈下土量と打撃回数の関係は図-3に示すように土質型により3つの傾向が見られる。

廃棄物，火山灰，泥炭のように極めて緩くポーラスな地盤ではⅠ型に示すように打撃回数（ N ）と沈下土量（ V ）はほぼ比例する。緩い砂や粘土地盤ではⅡ型に示すように当初は N と V は比例するが，やがて N の増加に対し V の増加が低下する傾向を示す。砂，砂礫，岩砕地盤では N と V の関係はⅢ型曲線のように最初から双曲線的となる。

以上述べたように土質によって N と V の関係は異なることから，打撃回数は次のように決定している。

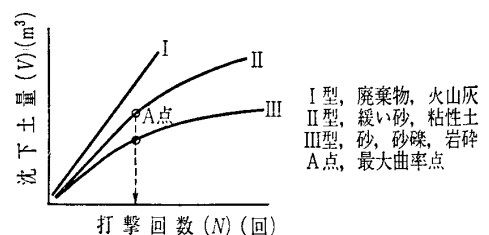
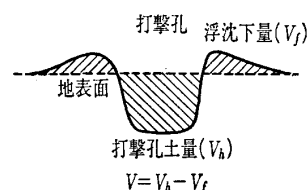
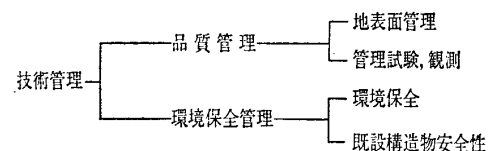
○Ⅰ型の場合：ハンマー貫入量により決定する。これはハンマーが2 m以上貫入すると引抜きが困難（施工不可能）となるためである。

○Ⅱ型の場合：ハンマー貫入量ないしはⅢ型地盤の方法による。

○Ⅲ型の場合：打撃エネルギーの飽和点に相当する曲線の最大曲率点（A点）。

沈下量はこの沈下土量を分断面面積（打撃点間隔より求める1打撃点当たりの面積 A ）で除し，沈下量 $S=V/A$ とし

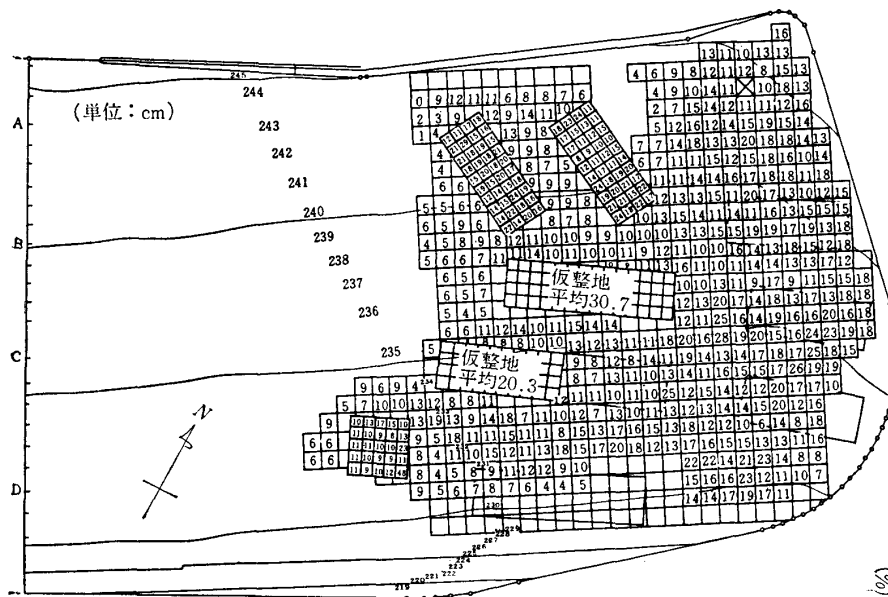
表-1 技術管理の内容

図-3 土質型と N - V 曲線

表—2 技術管理における試験，観測項目と目的および地盤への適用性

区分	項 目	目 的 等	実 施 時 期	地 盤 の 区 分				
				砂礫・ 岩砕	火山灰	廃棄物	砂	粘性土
地 表 面 計 測	テストタンピング	打撃回数と沈下体積の関係から各シリーズにおける打撃回数・当該シリーズの沈下量予測などを行う。	各シリーズごと(施工前)	◎	◎	◎	◎	◎
	平均沈下量	各シリーズ前後の数ならし後の地盤標高差から敷地全面(ブロック)の平均的な沈下量を求める。	同 上 (施工前後)	◎	◎	◎	◎	◎
	強制沈下量	全打撃孔の直径・深さを測定し，求めた沈下体積(V)を分担面積(A)で除し分布図を作成する。分布図から地盤の平面的なばらつきを把握する。	同 上 (施工中)	◎	◎	◎	◎	◎
土 質 調 査 お よ び 試 験	標準貫入試験	改良程度の追跡および効果確認，その他施工中に地盤に異常が認められる場合のチェック	シリーズ間(改良前・中・後)	○	○	○	◎	○
	孔内水平載荷試験(プレシオメーター試験)	標準貫入試験に準じる。特に標準貫入試験より調査精度が求められる場合	同 上(同上)	◎	◎	◎	◎	○
	コーン貫入試験	標準貫入試験に準じる。特に粘性土地盤に対して適用，その他砂質土，火山灰土地盤に対するN値の補充	同 上(同上)	×	◎	×	◎	◎
	ベーン試験	粘性土地盤の改良程度の追跡および効果確認	同 上(同上)	×	△	×	×	◎
	現場 CBR 試験，平板 載荷試験	路床支持力，地盤支持力などの効果確認	改良後	○	○	○	○	△
	簡易弾性波試験	P波・S波の測定により構造物の基礎資料に用いる	同 上	○	○	○	○	△
	室内土質試験	粘性土地盤の効果確認，その他砂質土地盤に対する効果判定の資料	改良前後	×	○	×	○	◎
観 測	間隙水圧測定	タンピングに伴う地盤中の間隙水圧の上昇，消散度合からシリーズ間の調整，静置期間の設定	施工中	△	○	△	△	◎
	層別沈下計	地盤中の鉛直方向の変化	同 上	○	○	○	○	○
	傾斜計	地盤中の水平方向の変化，特に既設構造物の安全性確認	同 上	◎	◎	◎	◎	◎
	土圧計	タンピングに伴う地中応力の測定，特に地中構造物の安全性確認	同 上	△	○	△	○	○
	RI密度測定	締固め度の確認	改良前・中後	○	○	○	○	△
環 境 影 響	振動・騒音測定	改良敷地周辺の公害防止	施工前・施工中	◎	◎	◎	◎	◎
	加速度測定	既設構造物の安全性確認	同 上	◎	◎	◎	◎	◎
	変位測定	同 上	施工中	◎	◎	◎	◎	◎

◎：適応大 ○：適応普通 △：適応小 ×：実施不可能



図—4 強制沈下量分布図の例

て計算する。

改良効果はこの S と改良層厚から圧縮率を求め，相対密度，間隙比の変化などから推定する。

(2) 強制沈下量

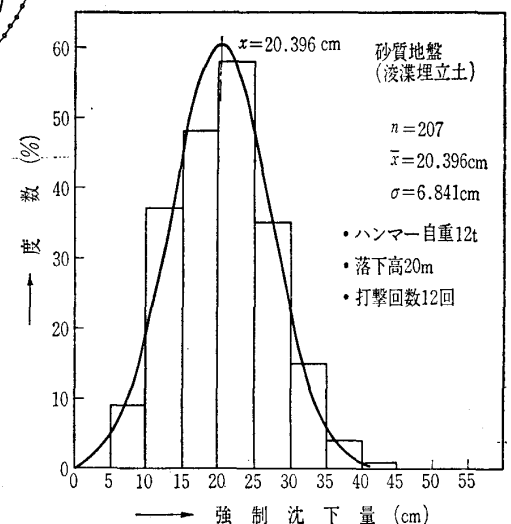
強制沈下量(S_0)は本タンピング時全打撃孔の深さ，直径を測定し，打撃孔形状を逆円錐台として沈下体積を計算し，これを分担面積で除して求めるものである。

図—4に強制沈下量分布図の例を示す。また図—5は強

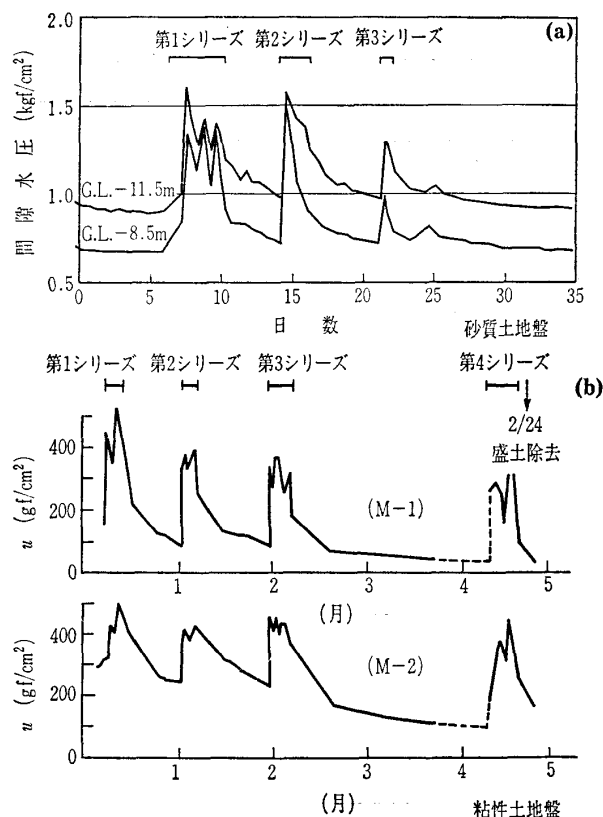
制沈下量頻度分布図(打撃孔深さで表示することもある)の例を示す。

タンピングを一種の大型貫入試験に見たてると，打撃回数一定で施工した場合，強制沈下量はある種の地盤強度を表す値であり，その値を対比することにより地盤の均一性の判断が可能となる。

これらの図表と中間土質調査結果(直接的改良度を示す)を結びつけて



図—5 強制沈下量頻度分布図の例(第一シリーズのデータ)



図—6 地盤による間隙水圧変化の例

施工管理図を作成し、次シリーズタンピングの打撃エネルギー配分を行う（施工管理図については施工例参照）。

(3) 間隙水圧測定

飽和土の場合タンピングによって図—6に示すように間隙水圧が上昇し、タンピング終了後徐々に低下する。

この間隙水圧の上昇はタンピングの有効性に大きな影響を及ぼすので、過剰間隙水圧の消散を待ため静置期間が必要である。このため飽和土を含む地盤の施工に際しては、間隙水圧計を設置し、その上昇・消散の程度を測定しながら施工を進める。

一般に砂質地盤では図—6(a)に示すように短期間でほとんど消散するが粘性土地盤では同図(b)のように長期間となり静置期間が長くなる。

3. 施工例

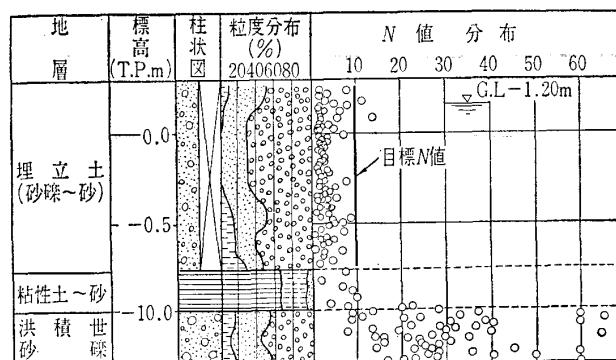
3.1 砂礫質埋立地盤

(1) 地盤状況

改良地盤は水深約9m、面積50万m²の海域をポンプ浚渫方式により海底砂礫材で12mの層厚に埋立造成された地盤であり、改良区域はその一部4万m²に当たる。

埋立地盤は図—7に土性を示すように上部11mは砂礫を主体とするが、深度11～13m間は軟弱粘性土となりその間に砂礫層を不規則に挟む。N値は砂礫部で $N=1\sim10$ 回、粘性土部では $N=0\sim5$ 回を示し、概略的には $N=5$ 回前後の非常に緩い砂礫質地盤といえる。

(2) 地盤改良目的



図—7 地盤土性図

下水処理場諸施設をこの地盤に建設するに当たり、地震時の液状化、杭頭周辺地盤の小さな水平抵抗力、有害な不同沈下、地下連続壁掘削壁面の崩壊などの緩い砂礫地盤に起因する問題点が指摘された。

このため液状化対策、地盤強度増加、沈下減少（沈下量減少、不同沈下防止、地下浸食防止）を改良目的として動圧密工法を実施した。

改良目標値は砂礫地盤の液状化検討結果よりN値10回以上が必要となり、これに強度、沈下検討結果も併せて目標値を $N\geq 10$ 回と設定した。

(3) タンピング仕様

タンピング仕様は地盤状況、初期強度、改良目標値より設計手法^{8),9)}に従い、表—3に示す仕様とした。

G.L.—3m付近が基礎底面となり上部は掘削となるため、仕上げタンピングは実施しなかった。

(4) 技術管理

第1シリーズテストタンピングではN-V曲線はⅡ型に類似し、最適打撃回数はほぼ35回付近となった。この時ハンマー貫入量3.5m、沈下土量40m³であり、分担面積144m²(12×12m)に対し強制沈下量は $S_0=0.28$ mとなる。

第1シリーズタンピングは当初計画打撃回数とテストタンピングの最適打撃回数が等しいため35回打撃とし、地盤の均一性を判断するため各打撃点同一打撃回数で実施した。強制沈下量は図—8に示すように $S_0=10\sim60$ cm間で分布する。図—9施工管理図上段の S_0 頻度分布図によれば平均値は約30cmとなる。 $S_0>40$ cmの地点は砂礫層表面付近に層厚2～3mの軟弱粘性土を挟む特異な場合である。

第2シリーズの打撃回数配分は下記の方法によって行った。

第1シリーズ後の標準貫入試験による砂礫部最小N値

表—3 タンピング仕様一覧表

シリーズ数	プリント面積 (m²)	ハンマー自重 (t)	落下高 (m)	打撃回数 (回)	単位打撃量 (tf・m/m²)
1	12×12=144	20	25	35	121.5
2	12×12=144	20	25	35	121.5
3	8.5×8.5=72	12	20	25	83.3
				合計	326.3

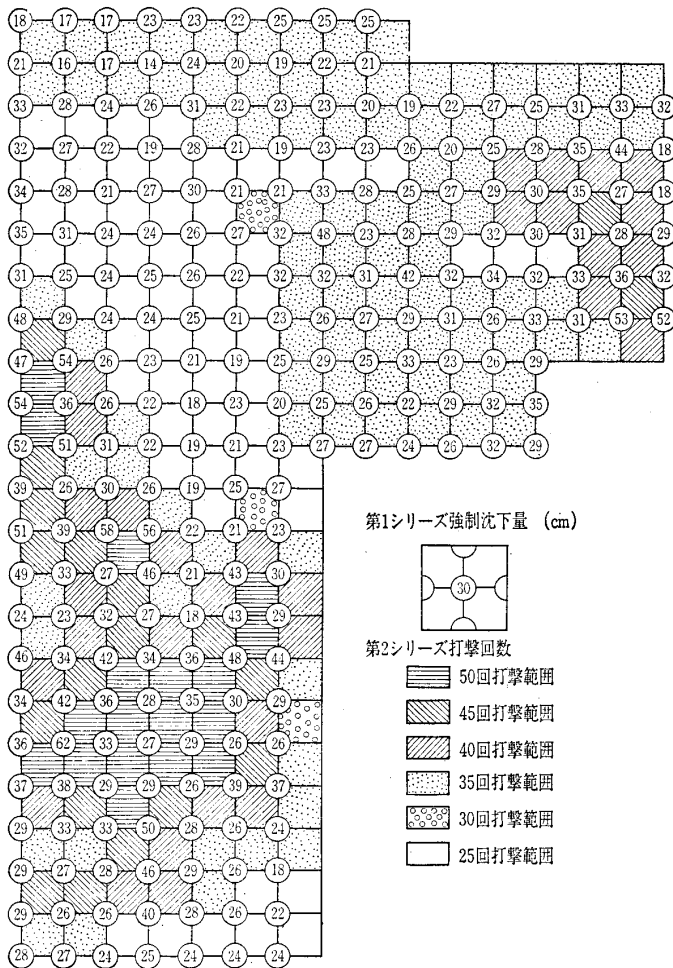


図-8 第1シリーズ強制沈下量, 第2シリーズ打撃回数分布図

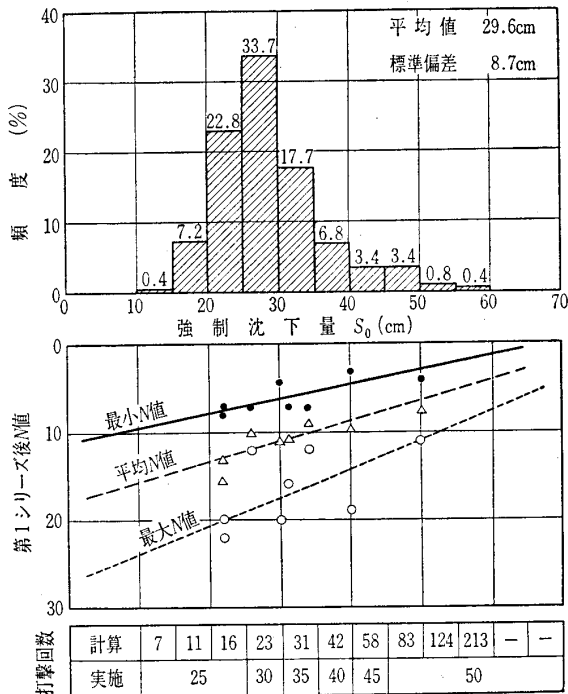


図-9 施工管理図

(N_{min})と S_0 の関係は図-9下段に示すように直線関係にあるとみなすと(1)式となる。

$$N_{min} = -0.141 S_0 + 10.321 (10 \text{ cm} < S_0 < 60 \text{ cm}) \quad \dots(1)$$

砂礫部の初期最小 N 値は図-8および事前調査において

$N=1$ であるから N_{min} の増加(ΔN_{min})は $\Delta N_{min} = N_{min} - 1$ となる。 ΔN_{min} は打撃回数(B)に比例すると仮定し、 $\Delta N_{min} = \alpha \cdot B$ で表されるとすれば、第1シリーズにおける打撃(B_1) 35回までの比例定数 α は(2)式で示される。

$$\alpha = \frac{\Delta N_{min}}{B_1} = \frac{N_{min} - 1}{B_1} = -0.004 S_0 + 0.266 \quad \dots(2)$$

改良目標値 $N \geq 10$ に対して、初期値 $N=1$ の場合は $\Delta N_{min}=9$ とし、これに対して必要な第2シリーズ打撃回数(B_2)は(3)式から得られる。

$$\Delta N_{min} = \alpha \cdot \beta = \alpha (B_1 + B_2)$$

$$B_2 = \frac{\Delta N_{min} - B_1}{\alpha} = \frac{9}{-0.004 S_0 + 0.266} - 35 \quad \dots(3)$$

各 S_0 に対する B_2 の計算値を図-9最下段に示す。上部に粘性土の存在する打撃点では打撃エネルギーが吸収され下部砂礫層の改良が低下するため、打撃点近くの粘性土を打撃前に掘削除去し、砂礫材で置換することで打撃の効率化を図った。実際の打撃回数はこのようなことにより粘性土部では計算値より低下させ45~50回とし、ほかの地点は周辺 S_0 の値に応じ25~40回で実施した。

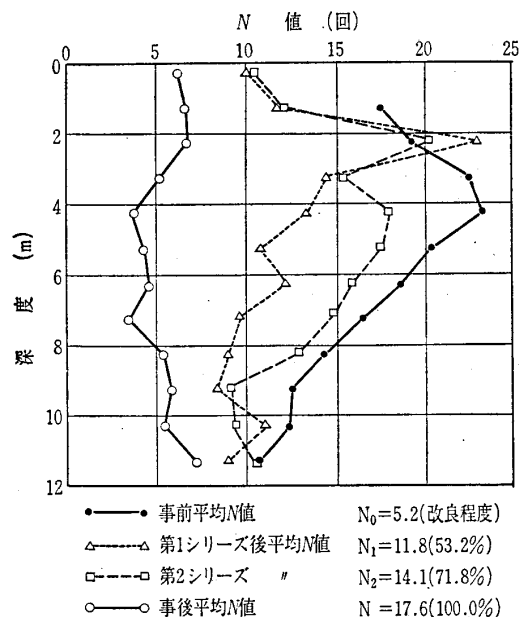
第2シリーズ打撃回数配分を図-8に記号表示する。

(5) 改良効果

このような地盤に平均 $325 \text{ tf} \cdot \text{m}/\text{m}^2$ の打撃エネルギーを加え地盤を50cm沈下させた結果、図-10に示すように N 値は増加し、改良目標値 $N \geq 10$ を満たす地盤に改良された。 N 値の増加に伴い、図-11プレシオメーター試験対比図に示すように地盤の横方向変形係数も、杭頭部において改良前 $10 \sim 40 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ の値が改良後 $70 \sim 140 \text{ kgf}/\text{cm}^2$ と増加している。

3.2 廃棄物埋立地盤

(1) 地盤条件

図-10 施工段階平均 N 値(砂礫)

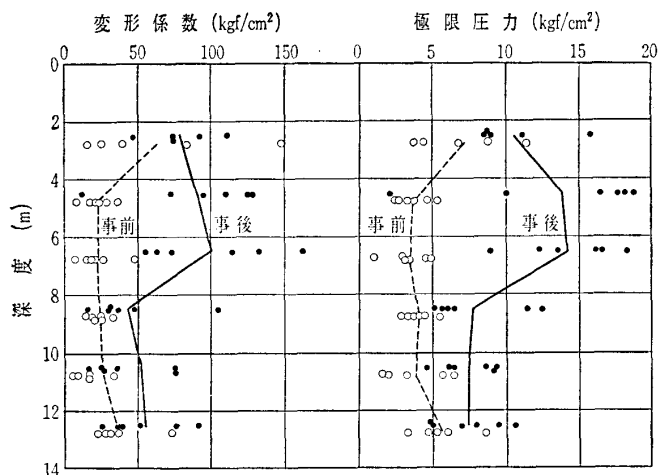


図-11 プレシオメーター試験対比図

改良敷地は軟弱地盤上に都市廃棄物を投棄してかさ上げされた埋立地である。

上部の廃棄物層層厚は4～5 mであり、土砂・木片・が礫・コンクリート塊・ゴム・ナイロン・ビニールなど細かいものから径1 m以上に及ぶ粗大物まで種々雑多な材料から構成されている。またその締まり具合は極めて緩い ($N=0\sim5$)。

廃棄物層以深は層厚8 mの沖積層である。この層は中間に約2～3 mの緩い砂層 ($N=3\sim10$) を挟んで、その上下は非常に軟弱な粘性土 ($N=0\sim1$) によって構成されている。この層以深はこの地域の基層である洪積層で密な細砂層 ($N>30$) になっている。

表-4は改良敷地地盤の地層区分と土性特性を示す。また表-5は廃棄物の組成を示す。

(2) 地盤改良の目的と目標および改良仕様

敷地には、流通団地の建設が予定されており動圧密工法は敷地内の道路部分の改良に適用された。

地盤改良の目的は、重錘落下による衝撃力で廃棄物層を強制圧縮することによって地盤(廃棄物)の路床支持力増加と将来の不同沈下防止を期待することにある。

また改良目標値は、本工事に先立って実施した実験工事¹⁰⁾(図-2によるパイロット施工に該当する)により廃棄物層の圧縮率と強度の関連性が求められているので、それに基づいて表-6のような目標値設定が行われた。

改良仕様は、改良目的および目標から下記のように決定した。

- ハンマー自重 12 t (底面積 3 m²)
- 落下高さ 本タンピング 20 m
仕上げタンピング 10 m
- 打撃エネルギー(単位体積当たり) 80 tf・m/m³
- シリーズ数 3シリーズ

(3) 技術管理(施工管理図と打撃エネルギーの配分)

廃棄物層のような人工地盤は、種々雑多な材料によって構成されているので自然堆積地盤よりも複雑で強度のばら

表-4 地層区分と土性特性

層厚 (m)	(時代区分) 土質名・色調	標準貫入 N値(回)	プレシオメーター (kgf/cm ²)		特記事項
			P_l	E_p	
4～5	廃棄物 (ごみ) 黒灰色	0～5	1～3	5～10	表層部分1 mはが礫、土砂の堆積になっていることが多い。 ごみ質は土砂、木片、が礫、コンクリート塊、ゴム、ナイロン、ビニール類であるが、下部ほど緩い締まりになっている。 ごみ質は路線によって特徴を持っている。
(1.5)	(沖積世) 砂質シルト 暗青灰色	0～2	15～2	5～10	境界付近のシルトはごみと混合しておりあまり明確に区分できない。下位のシルト質砂層の上に局部的に存在している。
4	(沖積世) シルト質砂 暗青灰色	1～3 (10～15)	0.5～1.5	2～10	砂は細砂で粒度は均一。粘性土分の混入は地点によってかなりばらつきを示す。 層全体に有機物、貝殻片が混入している。層の中間に細砂層を挟んでおり、その部分はN値が高い。()の数字
5	(沖積世) シルト 暗青灰色	1～3	—	—	シルト層の境界(上・下部とも)2～3 mは砂が多い。極少量の貝殻片、有機物を混入。
—	(洪積世) 細中砂 暗青灰色	5～40	—	—	まれに細礫を含んでいる。

表-5 廃棄物の組成

	廃棄物組成(%)										
	可燃物						不燃物				
	紙類	繊維類	木片類	プラスチック類	厨雑類	小計	金属類	ガラス類	陶磁器類	貝殻類	土砂小計
平均*	0.7	0.5	2.0	7.3	0.03	10.5	1.8	2.1	4.3	0.03	81.4

*: 19試料の平均値(合計が100%になるよう一部修正)

表-6 改良目的と目標値

改良目的	目標値	備考
圧縮性	改良層厚の25%圧縮	強度特性の目標値を満たすための改良条件
強度特性	設計 CBR 3.5%に対応する変形係数(E_p) ≥ 30 kgf/cm ²	算出式 ¹⁰⁾ $E_p = \frac{E_s}{3} = \frac{10CBR + 40}{3}$
	最大乾燥密度の90～92%に対応する極限圧(P_l) ≥ 4 kgf/cm ²	プレシオメーター法 ¹⁰⁾ による

つきも大きい。

したがって本工事においては、①テストタンピングによる当該シリーズの打撃回数決定および沈下量予測、②施工全域のばらつきの範囲と程度、③施工管理図の作成、④打撃エネルギーの配分などを下記の方法によって実施した。

以下、図-12、図-13、図-14を用いて説明する。

(i) 第1シリーズタンピングに先立ってテストタンピングを実施し、第1シリーズ打撃回数 N_1 と強制沈下量 S_1 を求める。またこれらの結果により図-14に示す方法で最終沈下量 S_f を予測する。なお最終沈下量 S_f は図-14に示すように $S_f = S_1 + S_2 + S_3$ として計算を行っている。

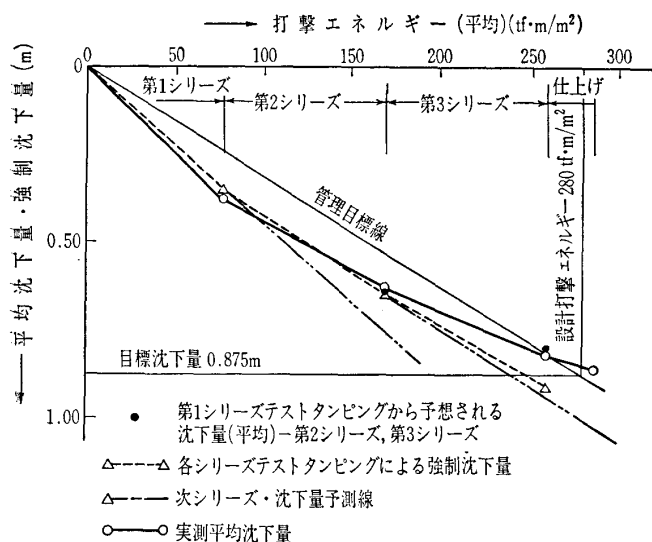
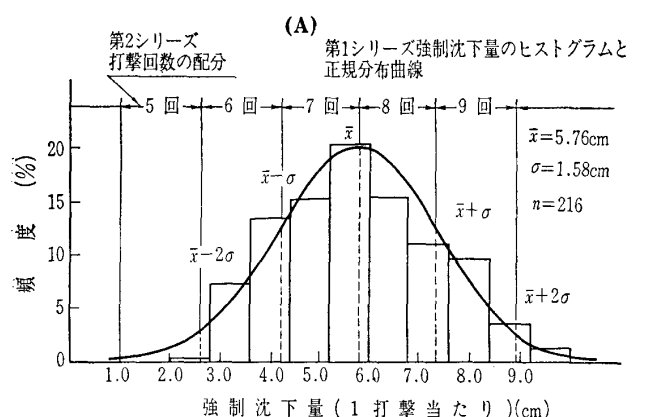
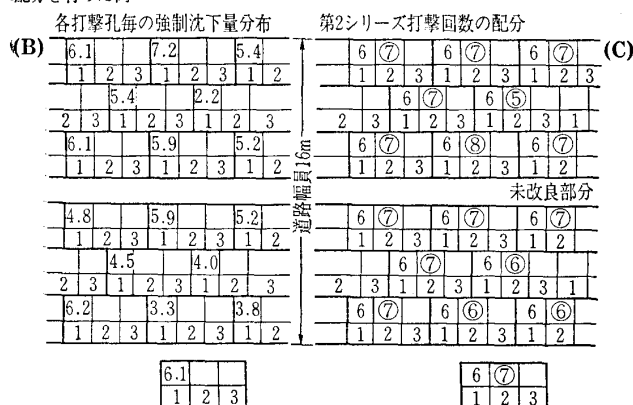


図-12 目標沈下量達成のための施工管理図



第1シリーズの強制沈下量結果から上図に基づいて第2シリーズ打撃回数配分を行った例



※上段……1打撃当たりの強制沈下量(cm) ※上段……第1,2シリーズ打撃回数(回)
下段……各シリーズ数

図-13 打撃エネルギーの配分例

ここに

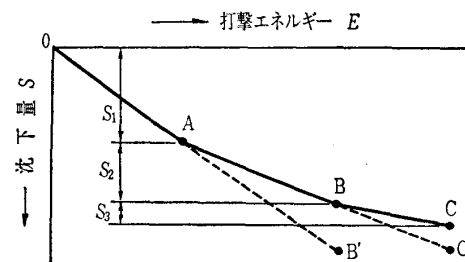
S_1 : A点であり第1シリーズ強制沈下量

S_2 : B'点の沈下量に補正係数 α を乗じる。(B-A)

S_3 : C'点の沈下量に補正係数 α を乗じる。(C-B)

補正係数は実験工事によって $\alpha=0.8\sim0.9$ と決定。

以上の方法により予測した最終沈下量 S_f は、当初の設計打撃エネルギーと目標沈下量から描かれる管理目標線に


図-14 最終沈下量 S_f の予測方法

ほぼ一致することが分かったので、本タンピングを計画エネルギーで実施することとした(図-12参照)。

(ii) 第1シリーズテストタンピングに引き続いて打撃回数 $N_1=6$ (一定)として本タンピングを実施する(図-13(c)で $\frac{6}{1}$ で示される部分)。タンピングによって生じた打撃孔の深さと直径を測定し、各打撃孔ごとの強制沈下量を求める。

(iii) (ii)によって求めた強制沈下量を打撃回数 $N_1=6$ で除し、1打撃当たり強制沈下量分布図を作成するとともに(図-13(B)参照)、強制沈下量のヒストグラムを作成する(図-13(A))。

(iv) (iii)によって作成したヒストグラムに基づいて第2シリーズ打撃回数 N_2 を決定する。打撃回数 N_2 は図-13(A)に示すように強制沈下量のばらつきの割合に応じて配分した。

$\bar{x}-2\sigma$ 以下で $N_2=5$, $\bar{x}-(\sigma\sim2\sigma)$ で $N_2=6$, $\bar{x}\pm\sigma$ で $N_2=7$ (以下省略)を決定した。

図-13(c)は前述の方法によって決定した第2シリ

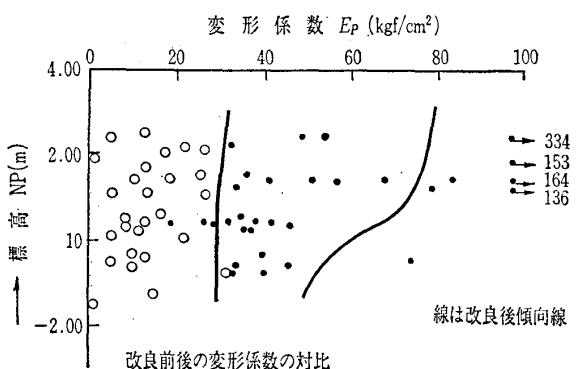
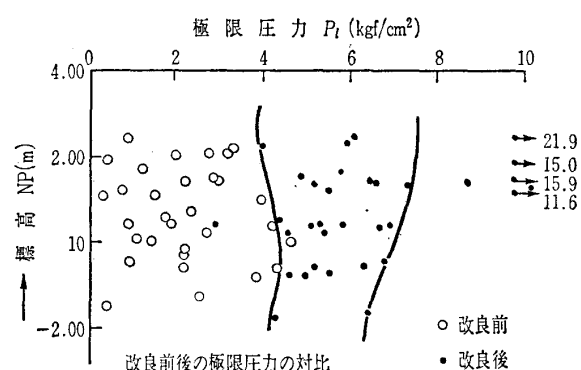


図-15 プレシオメーター、パラメーターによる改良前後の対比

ーズ打撃回数配分(例)を示す(⑦₂で示される部分)。

(v) (i)~(iv)の作業を第2シリーズ以降も繰り返す。

なお第2, 第3シリーズテストタンピングによる強制沈下量および本タンピング実測沈下量(平均)の結果を図一12に示すが, (i)による沈下量予測値と比較的良好一致を見た。

以上の方法は, 沈下量を管理目標とした時の手法であるが地盤強度を管理目標とする時は, 強度の分布で管理する。

(4) 改良結果

i) 地盤沈下量と打撃エネルギー

技術管理によって打撃エネルギーを調整しつつ, タンピング施工を実施した結果, 地盤沈下量として86cmが得られた。これは改良層厚(平均)3.5mに対して約25%の圧縮であり改良目標値をほぼ達成できた。

またこの改良に要した打撃エネルギーは合計286 tf・m/m²であり, 当初設定した打撃エネルギー280 tf・m/m²に対してほとんど差のない結果になった。

ii) 強度測定の結果

図一15は改良前後におけるプレシオメーター試験による極限圧(P_l), 変形係数(E_p)の測定結果を示したものである。改良後はいずれも改良目標値を十分満足しているとともに, 全般にばらつきの幅が少なくなっておりほぼ均一な地盤に改良されたと判断される。

4. 問題点と将来の展望

我が国では, この工法が実用段階に入ってわずか5年しか経過していないので, 解決を要する問題も少なくない。このうち, 情報化施工に関しては次の3点が考えられ, これらについて将来の展望についてもふれる。

(1) 設計理論の未整備に伴う問題点とその対策

タンピングの際の地盤の動的な挙動の解明が不十分でしかも対象地盤の土性が多岐にわたるため, この工法は理論より経験が先行している傾向にある。

したがって, 今後も図一1のように初期~中間の施工結果により, 当初設計を修正しつつ施工を進めることになる。この修正のうち, 1打撃当たりエネルギーを大きくする場合は, ハンマー自重や落下高を増す必要がある。しかし, 既に搬入しているクレーンの能力に余裕のない場合は, クレーンの交換に多額の費用と日数を要することになる。

したがって, 使用中のクレーンに簡単な装置を付けることにより, 更に重いハンマーで施工できるよう工夫する必

要がある。

(2) 情報収集の効率化

従来の管理試験(標準貫入試験, プレシオメーター試験等)は, 試験および結果の整理・解析に時間がかかり施工へのフィードバックが円滑に進まない難点がある。

迅速に, できるだけ多くの情報を得るため, 例えば多重機能(コーン指数, コーン先端付近の間隙水圧, 局部周辺摩擦抵抗等の測定)を有する自記記録装置付きの大型コーン貫入試験機の導入などを考えるべきであろう。

(3) データー処理の迅速化および省力化

この工法では, 多くの管理試験および現場計測を実施するので, データーは膨大な量となり, これらを迅速に施工にフィードバックするには, その整理・解析に多くの技術者が必要になる。

データー処理の迅速化・省力化を進めるため, 図一16に示すように, 既に一部ではハンマー貫入量分布図作成などに電算機を活用している。

今後は更に電算機の活用を推進する必要がある, 特に地表面の情報(主として沈下量)と地盤内の情報(例えば強度・変形等)を結びつけた総合的な情報処理システムを導入する方向に進むべきであると考えている。

参 考 文 献

- 1) 星 埜 和・加藤 渉・三木五三郎・榎並 昭: テルツァーギ・ベック土質力学(応用編), 丸善, pp. 254-256, 1978.
- 2) 柴田 徹編著: 建設技術者のための現場計測工法, 日刊工業新聞社, pp. 11-12, 1975.
- 3) 2)に同じ, p. 193.
- 4) 宮原健二・花井光昭: コンサルタント業務としての調査, 設計と施工管理, 基礎工, Vol. 7, No. 4, pp. 47-52, 1979.
- 5) 富永真生・越後勇吉・橋本正治・木村 保: 新しい情報化施工(R.C.C.)システムの開発について, 第11回土質工学研究発表会講演集, pp. 1013-1016, 1976.
- 6) L. Menard and Broise: Theoretical and Practical aspects of dynamic consolidation, Geotechnique, Vol. 25, No. 1, pp. 3-17, 1975.
- 7) 森 博: 衝撃力による地盤改良工法について, 土と基礎, Vol. 23, No. 9, pp. 47-57, 1975.
- 8) 土屋 尚・鳴海直信: 動圧密工法とその設計施工, 「軟弱地盤の改良⑤」, 総合土木研究所, pp. 72-86, 1980.
- 9) 山田正俊: 動圧密工法, 土と基礎, Vol. 29, No. 5, pp. 21-28, 1981.
- 10) 名古屋市計画局・愛知工業大学: 藤前流通業務団地廃棄物地盤改良検討報告書, pp. 98-102, 1977.
- 11) 植下 協: 舗装の力学, 舗装, Vol. 8, No. 9, pp. 33-38, 1973.
- 12) L. Menard: Interpretation and Application of Pressuremeter Test Results, Sols Soils, pp. 40-41, 1975.

(原稿受理 1982. 4. 26)