

動圧密工法による廃棄物地盤の改良

Improvement of Waste Landfill by Dynamic Consolidation Method

柏木 和也* 北島 亮*
Kazuya Kashiwagi Akira Kitajima

要 約

本報告書は、動圧密工法による廃棄物地盤の改良についての施工報告である。動圧密工法は原理が容易である反面、有効な施工管理指標が見当たらないのが現状である。本工事では、不均質な廃棄物地盤改良の視点から、管理指標としてN値に加え、変形係数を適用した。また、補強土工法による盛土法面（高さ約15m）部の動圧密工法による近接施工および本工法の問題点である周辺への振動・騒音の影響について報告する。

目 次

- § 1. はじめに
- § 2. 工事概要
- § 3. 施工方法
- § 4. 施工結果
- § 5. 改良効果確認試験結果
- § 6. 既設構造物影響度調査結果
- § 7. 環境保全測定結果
- § 8. おわりに

§ 1. はじめに

近年、廃棄物埋立処分場の新設は、近隣住民の理解が得にくい等の理由により大変困難な状況となっている。そうした中、本工事は、既設の一般廃棄物埋立処分場を改造し管理型の一般廃棄物最終処分場を建設するものである。新設処分場は漏水検知システムを備えた2重遮水シート構造であり、埋立容量は55,000m³、計画埋立高さは10mである（埋立予定期間15年）。なお、新規埋立部の基礎地盤は廃棄物盛土（層厚は0～16m）であるため、動圧密工法により地盤改良をおこなった。

§ 2. 工事概要

2-1 工事概要

- 1) 工 事 名：（仮称）嘉麻最終処分場建設工事

*九州（支）嘉穂（出）

- 2) 企 業 先：嘉穂南部衛生施設組合
- 3) 工事場所：福岡県嘉穂郡嘉穂町大字上字山ノ口
- 4) 工 期：平成11年10月15日～平成13年3月23日
- 5) 工事内容：

①掘削工	V = 38,700m ³
②盛土工	V = 53,700m ³
③補強土壁盛土工	V = 31,600m ³
④動圧密工	A = 10,087m ²
⑤遮水シート工	A = 11,585m ²
⑥漏水検知システム	1式
⑦浸出水集水工	L = 510m
⑧ガス・空気抜き工	1式
⑨雨水排水工	L = 1,615m
⑩地下水集水工	L = 871m
⑪浸出水処理施設	1式
処理能力	V = 50m ³ /日

2-2 地盤構成

処分場の廃棄物層厚は最大約16m程度（平均層厚約7m）である。計画平面図を図-1に、縦断図B-B'を図-2に示す。廃棄物地盤の標準貫入試験N値はN=3～40回、平均N値N=11.8回である。廃棄物の組成は不燃性物が大半（91%）を占めているため、将来の腐食による沈下は少ない地盤といえる。

2-3 地盤改良工事の目的および目標値

地盤改良工事は、新規処分場建設予定地に存在する廃棄物地盤を動圧密工法によって締固め・強化し、新設処

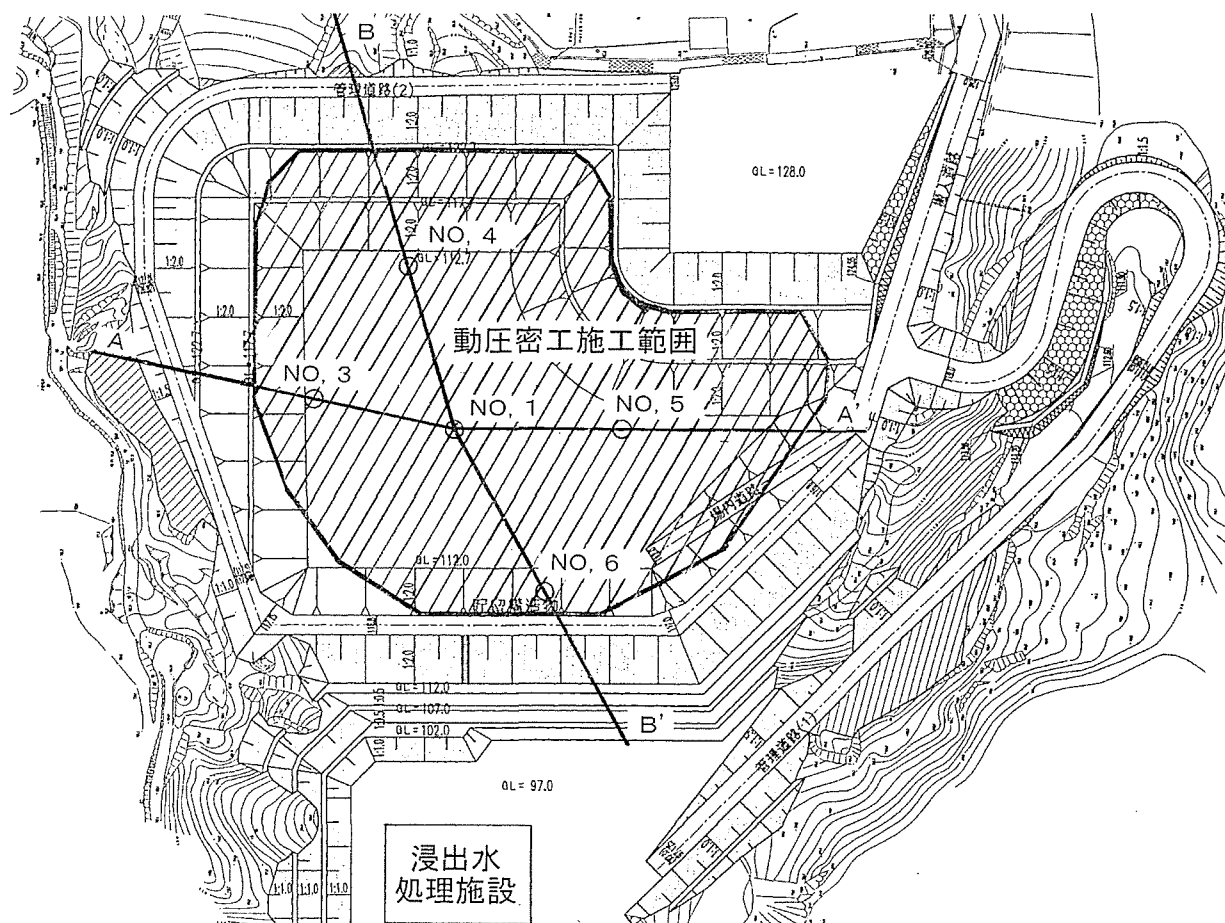


図-1 計画平面図

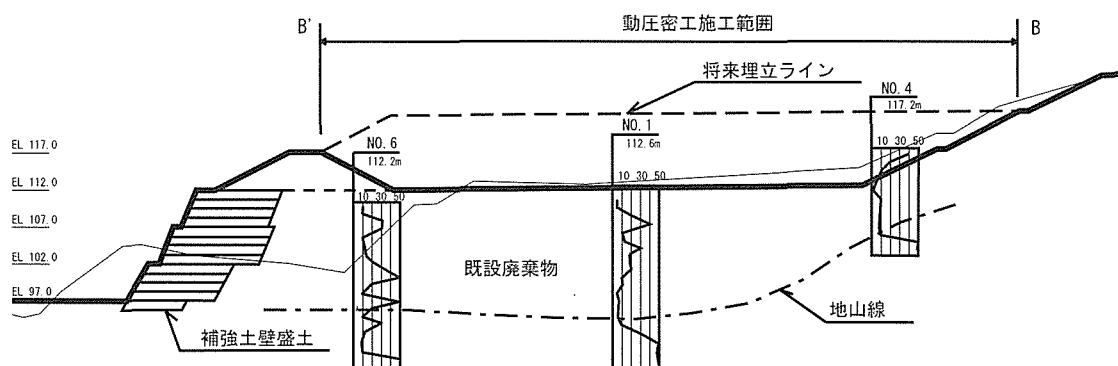


図-2 B-B'断面図

分場の支持地盤として使用することを目的とする。具体的には増加荷重による弾性沈下および不同沈下の抑制であり、圧縮率の規定に加え、地盤の変形係数について目標値を設定した。圧縮率は沈下量から、地盤の変形係数は孔内水平載荷試験から、それぞれ確認した。なお、地盤の変形係数の目標値は、埋立後の許容弾性沈下量から設定した。許容弾性沈下量は、参考文献①より、基礎地盤が全体的に沈下するものとして15cmに設定した。

2-4 工程表

動圧密工の実施工程表（延べ日数）を表-1に示す。

表-1 動圧密工実施工程表

工種	打撃数		15	30	45	60
斜面部						
25t×25m	618		■	■	■	
12t×20m	630		■	■		
仕上げ	2,972		■	■	■	
底面部						
25t×25m	597			■	■	
25t×20m	1,282				■	■
12t×20m	748					■
仕上げ	3,754				■	■

§ 3. 施工方法

3-1 動圧密工事の施工手順とタンピング施工の流れ

動圧密工事の施工手順と施工管理（調査、測定）のフローを図-3に示す。

本タンピング（第1～3シリーズ）の打撃配置の標準図を図-4に示す。

3-2 施工機械および落下方法

施工機械は動圧密工事に用いた150t吊級のクローラクレーンを用いた。ハンマーの落下方法は、図-5に示すように25t仕様では切り離し方式で、12t仕様ではワイヤーロープを直結する1本吊り落下方式とした。なお、飛散防止枠（フロントアンカー）は、地盤打撃時に発生する土砂の飛散を防止することおよびハンマー切り離し時にクレーンを安定化させることを目的としている。

3-3 実施施工数量

当初、地盤改良はハンマ重量25t×落下高25mを基本の仕様とし、施工面積は8,000m²（本タンピング）の計画であった。実施工では、着手前ボーリング（改良対象層厚）と計測管理によるデータ（沈下量）により、現況地盤に対応した施工仕様に変更した。表-2に実施施工数量を示す。

3-4 主要機械・機材構成

動圧密工事に使用した主な使用機械、器具の一覧表を表-3に示す。

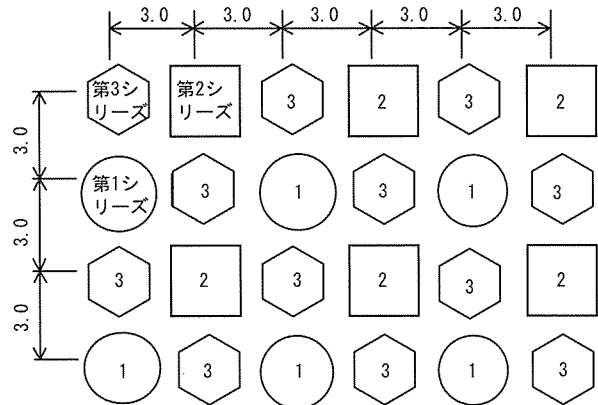


図-4 打撃点配置標準図

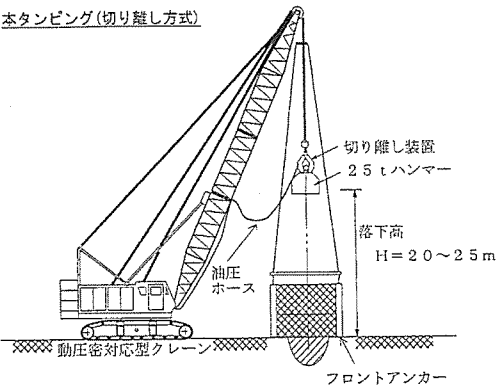


図-5 25tハンマー仕様図

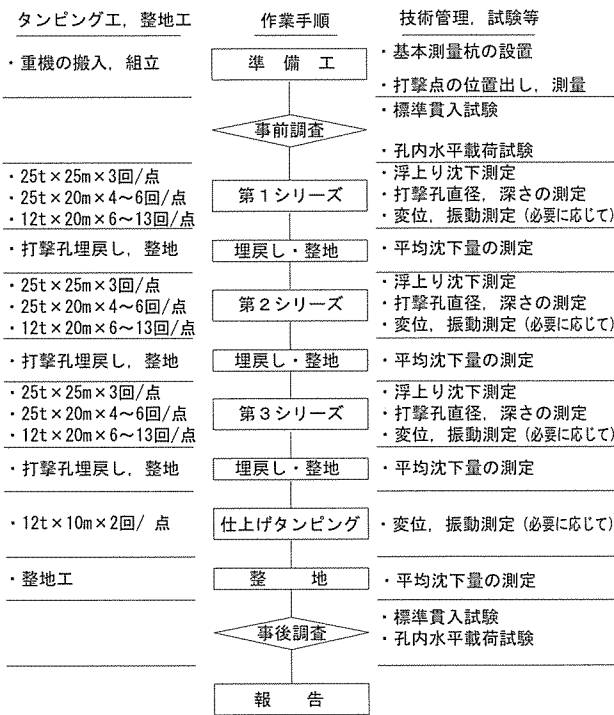


図-3 動圧密工法フロー

表-2 タンピング施工数量表

	ハンマー重量 W(t)	落下高 (m)	打撃点数 (点)	打撃回数 (回/点)	総打撃回数 (回)	施工面積 (m ²)
本 タ ン ピ ン グ	25	25	405	3	1,215	3,645
	25t×25m仕様		合計		1,215	3,645
	25	20	235	4	940	2,115
	25t×20m仕様		合計		342	513
					1,282	2,628
	12	20	139	6	834	1,251
	12t×20m仕様		合計		336	378
					208	144
本タンピング合計					1,378	1,773
仕上	12	10	3,363	2	6,726	10,087

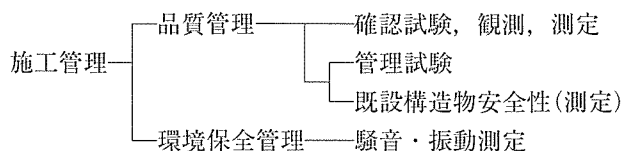
表-3 主要機械・器具一覧表

	作業名	機械・器具名称	性 能	数 量	備 考
タ ン ピ ン グ 施 工	タンピング	クローラクレーン	150t吊	1台	SC1500
	土砂飛散防止	フロントアンカー	10t	1台	□8m×8m
	整 地	ブルドーザー	D6級	1台	
		バックホウ	0.7m ³	1台	
	ハンマー	25tハンマー	25t	1台	底面積4m ²
		12tハンマー	12t	1台	底面積3m ²
	管理計器	打撃回数記録計器	-	1台	

3-5 施工管理および管理試験

(1) 施工管理

施工管理を内容的に分類すると下記ようになる。



タンピング施工中の地盤の変化の状態を各種の調査、測定データを総合的に評価し、タンピングによる改良が適正な条件のもとで効率的かつ効果的に実施されているかを判断し、必要に応じて施工修正（タンピングコントロール）を行う。

(2) 管理試験

観測、測定及び管理試験の項目と実施時期をまとめ表-4に示す。

§ 4. 施工結果

4-1 浮上り沈下測定結果

浮上り沈下測定は、ハンマーの落下に伴う周辺地盤の挙動より、施工性及び設計打撃回数の妥当性などを確認するものである。図-6より、沈下体積（打撃孔体積-浮沈体積）は、シリーズの進行とともに徐々に小さくなる傾向にあり、地盤は徐々に締め固まってきたことがわかる。

4-2 打撃孔の形状測定結果

各打撃孔は設計打撃回数終了後に打撃孔の直径、深さの測定を実施し、孔の体積を算出した。シリーズ進行とともに打撃孔体積および、そのバラツキも小さくなっていることから、均一な地盤へ改良されてきていることがわかる。

4-3 平均地表面沈下量測定結果

図-7に打撃エネルギーと沈下量の関係図を示す。

測定結果によれば、沈下量はトータル打撃エネルギー量とともに減衰傾向を示し、原設計の設計平均沈下量（0.9m）に達している。また、第3シリーズでは大きく減衰し、浮上り沈下測定の沈下体積の傾向とも一致している。区域別に見ると、沈下量は25t施工区（改良深度7.0m）で0.98～1.4m、12t施工区（改良深度5.0m）で0.63～0.82mの沈下量が得られ、敷地全体平均で約1mの沈下量となった。また、圧縮率は約12～18%の範囲にありバラツキがでた。これは、廃棄物不均質性によるものである。しかし、敷地全体の圧縮率は14.6%が得られ、改良目標値である12.5%を十分に満足した。

§ 5. 改良効果確認試験結果

改良目標値の達成度を確認するため、改良前・後に標準貫入試験と孔内水平載荷試験（LLT法）を実施した。

NO. 3の標準貫入試験N値、弾性係数 E_m 値の深度分布図を改良前の測定結果と対比し図-8に示す。

試験結果によると、廃棄物層における弾性係数は $E_m = 4,410 \sim 13,520 \text{ kN/m}^2$ （平均 $E_m = 6,950 \text{ kN/m}^2$ ）となり、弾性係数の目標値 $E_m = 3,920 \sim 4,900 \text{ kN/m}^2$ を満足する結果が得られた。

表-4 観測、試験、計測の項目および目的

項目	目的等	実施時期
観	浮上り沈下測定 打撃回数（N）と沈下体積（V）の関係から適正打撃回数と沈下予測などを行う。	各シリーズ（施工初期）
測	打撃孔の直径・深さ 全打撃孔の直径・深さを測定し、打撃孔体積（V）を求め、地盤のバラツキ具合（強弱）を判断し弱い部分に対する施工修正の実施。	各シリーズ（施工中）
計	平均沈下量 タンピング前後の敷均し直後の地盤標高差から敷地の沈下状態を調べ、締固め状態の判断資料を得る。	各シリーズ（施工前後）
管	標準貫入試験 改良地盤のN値測定より、改良効果を判断する。	改良前後
理	孔内水平載荷試験 改良地盤でP・（極限圧力）、 E_p （変形係数）を求め、改良効果の確認を行う。	改良前後
試	振動・騒音 既設構造物等に対する影響を調べ、必要に応じて対策を講じる。	施工中
験	地表面変位 既設構造物等に対する影響を調べ、必要に応じて対策を講じる。	施工中
測	地中変位 既設構造物等に対する影響を調べ、必要に応じて対策を講じる。	施工中

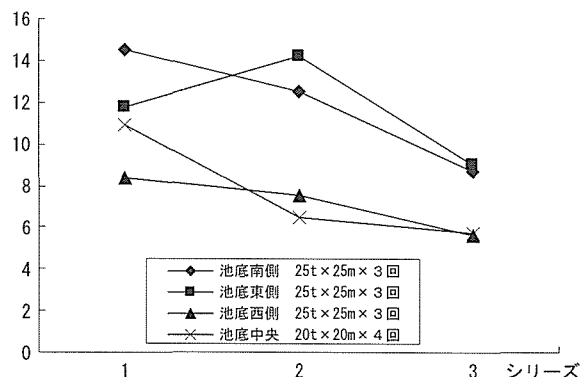


図-6 浮上がり沈下測定

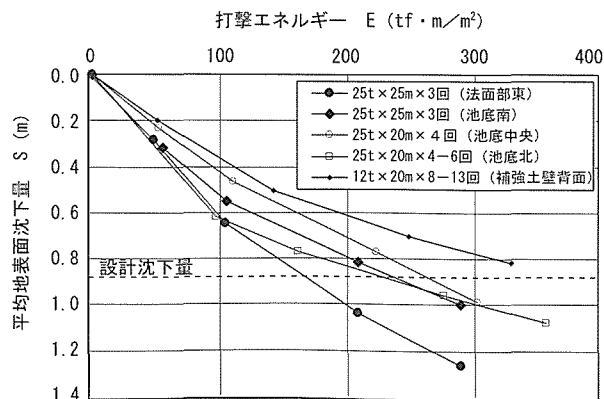


図-7 打撃エネルギーE～平均沈下量S

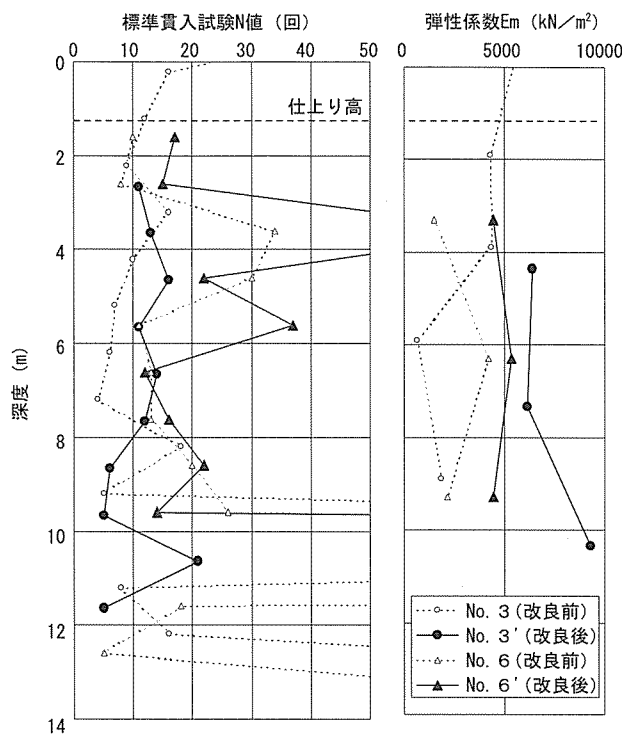


図-8 管理試験結果対比図

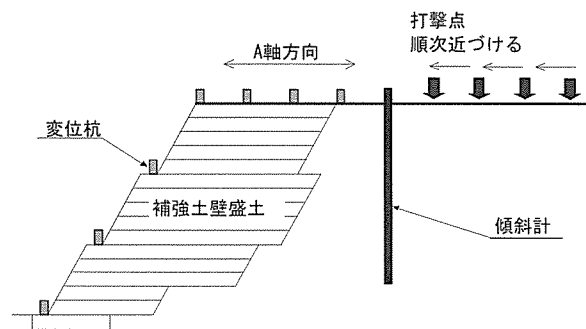


図-9 変位計測断面図

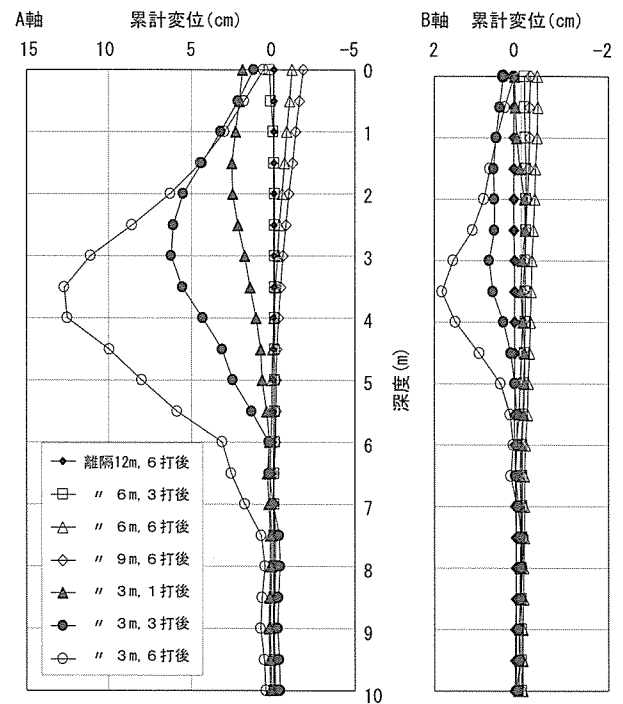


図-10 傾斜計測定結果

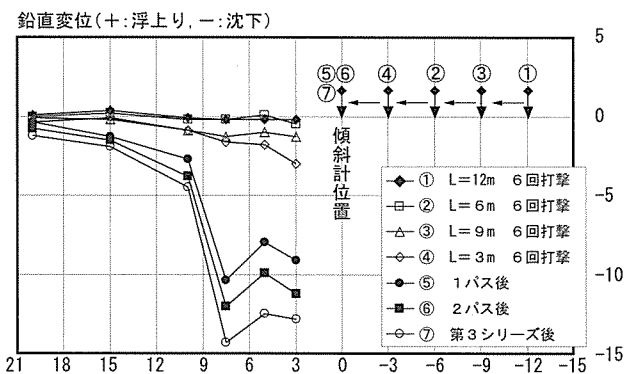


図-11 地表面変位杭測定結果

§ 6. 既設構造物影響度調査結果

6-1 傾斜計測定結果

図-9に示すような補強土壁付近の廃棄物地盤中に傾斜計を設置し、動圧密工法施工時における補強土壁への影響度を測定した。図-10に傾斜計のA軸方向の測定結果をまとめたものを示す。

図-10より、離隔3mの施工時に深度3.5m付近で約13cm補強土壁側に変位し、また、打撃の進行とともにその変位も深い位置に進行している。なお、B軸方向（A軸水平直角方向）に対しては、ほとんど変化が見られなかった。

6-2 地表面変位測定結果

図-9に示したような補強土壁上と補強土壁小段に変位杭を設置し、鉛直・水平変位を測定した。図-11に

変位の測定結果を示す。

測定結果によれば、施工区域に近いほど引き込まれるように沈下している。小段部での測定結果では、1cm程度の変位（押し出し）が見られた。

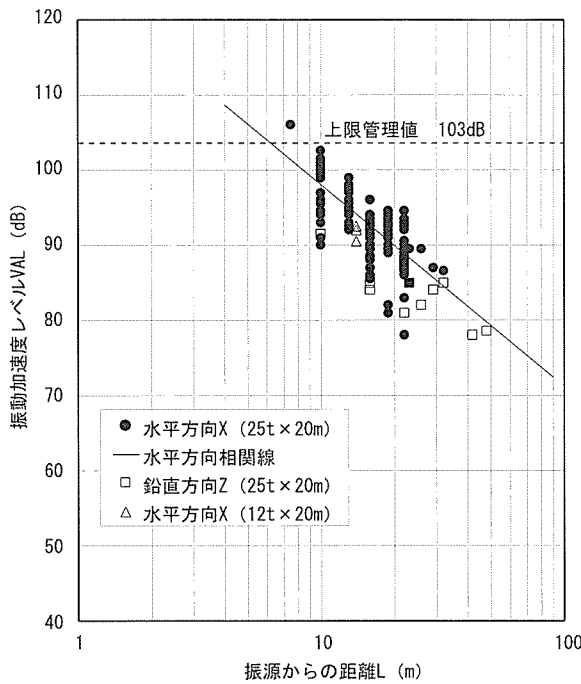
6-3 振動測定結果

公害振動計を用いて、補強土壁上で振動加速度レベル（VAL）の測定を実施した。

補強土壁は、設計震度0.15（ $980 \times 0.15 = 147 \text{ gal}$ ）で設計されていたため、次式により管理値を定めた。

$$\begin{aligned} \text{VAL} &= 20 \cdot \text{Log} (\alpha / \alpha_0) \\ &= 20 \times \text{Log} (150 \text{ gal} / 10^{-3}) \\ &\approx 103 \text{ (dB)} \end{aligned}$$

図-12に示す測定結果図によれば、管理値以内であることが分かる。なお、目視により補強土壁の変形等を観測したが、クラック等の異常は認められなかった。



図一12 振動加速度 (VAL) レベルの距離減衰

§ 7. 環境保全測定結果

7-1 振動測定結果

公害振動計を用いて、施工区域周辺で振動測定を実施した。施工位置からの距離と振動レベル (VL) の測定結果を整理したものを図一13に示す。

振動の管理値は、振動規制法の規制値に準じた。(敷地境界上で75dB以下とした。)

振動は距離との関係で指数関数的に減衰しており、施工区域周辺での測定値は、各測定地点とも廃棄物地盤上での測定結果より低い値となっている。

7-2 騒音測定結果

騒音計を用いて、施工区域周辺で騒音測定を実施した。図一14は施工位置からの距離と騒音レベル (NL) の測定結果を整理したものであり、特定建設作業における基準値 (85dB) 以下であり、問題はなかった。

§ 8. おわりに

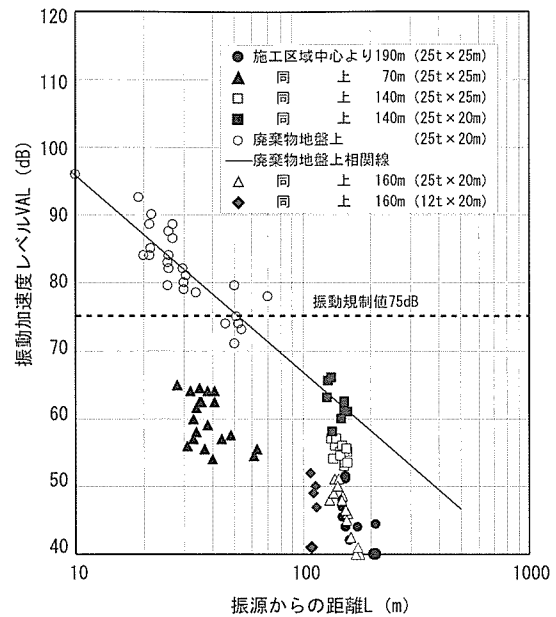
本工事における動圧密工法の課題と対応を以下に示す。

①廃棄物地盤に対する改良効果の確認方法

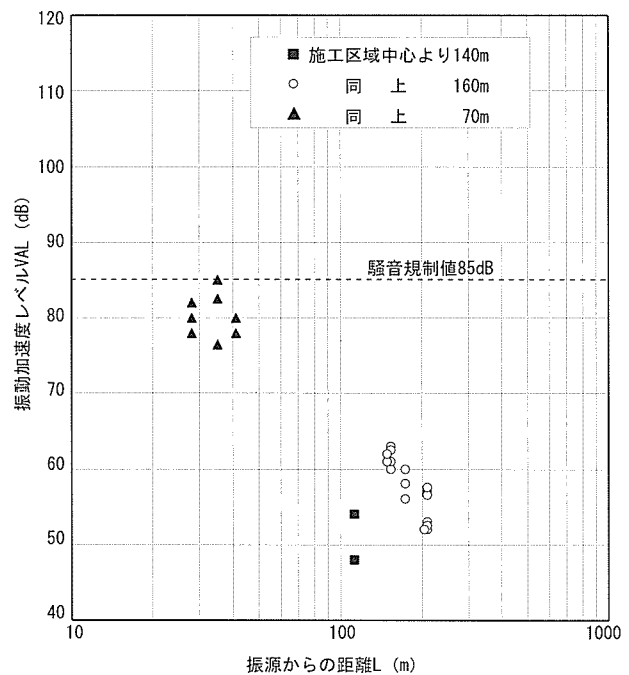
施工管理指標を変形係数とし、その目標値を設定し、施工中および施工後に孔内水平載荷試験によって確認した。この方法は、廃棄物地盤に対する実績データがあり、実例との比較が容易であることなどから採用した。

②補強土壁 (高さ約15m) 部の近接施工による影響

補強土壁に影響の無い箇所にて、傾斜計・変位杭等による確認施工を実施した。打撃ポイントと計測位置との離隔距離と計測値 (影響値) の相関を確認し、施工仕様



図一13 振動レベル (VL) の距離減衰



図一14 騒音レベル (NL) の距離減衰

を見直した。実工事は補強土盛土の変形を観測しながら実施した。

③騒音・振動による周辺環境への影響

騒音計、公害振動計によってポイントの測定を実施し、問題がある場合、施工仕様を見直した。(1回の打撃エネルギーを小さくし、回数を多くした)。

本工事の施工にあたり、ご指導を頂きました関係者各位の皆様にご心より感謝し、厚く御礼申し上げます。

参考文献

- ①最終処分場技術システム研究会：廃棄物最終処分場技術システム研究会，1999.2.15