

であり、埋戻し土の物理的・力学的特徴が明確であれば、十分な土の転圧も得られることが判明したので報告する。

2. 調査地の概要

2.1 調査位置および原地盤の状況

雨竜川中央地区は、図-1に示す空知管内北部に位置する。当該地区は、水田地帯の用水補給と畑地かんがいを中心とした国営土地改良事業地区である。試験工区は、沼田ダムを水源とする沼田幹線水路第6工区（平成元年度施工）に設けた。

試験地の表層は洪積世の段丘堆積物で覆われており、試験地点の土質は図-2に示すように、表層から深さ2.0mまでは堅密な重粘土、2.0~4.0mは粘土質砂、4.0m

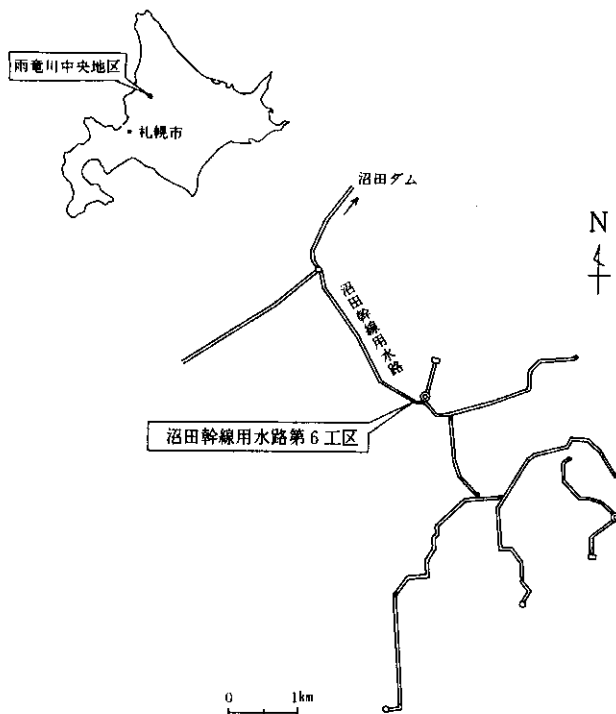


図-1 調査位地

深度 (m)	層厚 (m)	柱状 図	色調	地 質 名	観 察 記 事
2.0	2.0		灰褐	粘 土	粘土分主体で礫分なし 締まり具合は密
4.0	2.0		明褐	粘 土 質 礫混じり砂	φ 5 ~ 30mmの円礫含む 2.7m, 3.2mに粘土層 あり
			明褐	粘土質砂礫	φ 30 ~ 50mmの円礫含む

図-2 調査地の土質柱状

以深は砂礫混じりの粘土である。原地盤でのスウェーデン式サウンディング結果と、その貫入抵抗値から N 値を求めたものを図-3に示す。地山上部の重粘土で N 値10前後、それ以深は N 値10~25程度であり、比較的支持力の高い地盤であることがわかる。

2.2 施工断面および埋戻し土の特徴

本調査の供試管は口径1800 mm、管厚41 mm の5種、FRPM 管（強化プラスチック複合管）である（表-1）。施工断面を図-4に示す。施工断面は素掘開削（のり勾配1 : 0.5）で、管基礎は180°の砂による自由支承である。埋戻しは材料と転圧機械の組合わせて大きく5層に分かれ（表-2）、それぞれ仕上がり厚30 cmで施工した。埋戻し材料および原地盤の土質試験結果を表-3に示す。埋戻し材料は、基床および管軸下部（A₁・A₂層）までを購入砂、管軸上部は CH に土質分類される現地発生土を使用した。埋戻し土と開削時に測定した原地盤の締固め度を表-4に示した。表中の値は砂が相対密度(D_r)、他

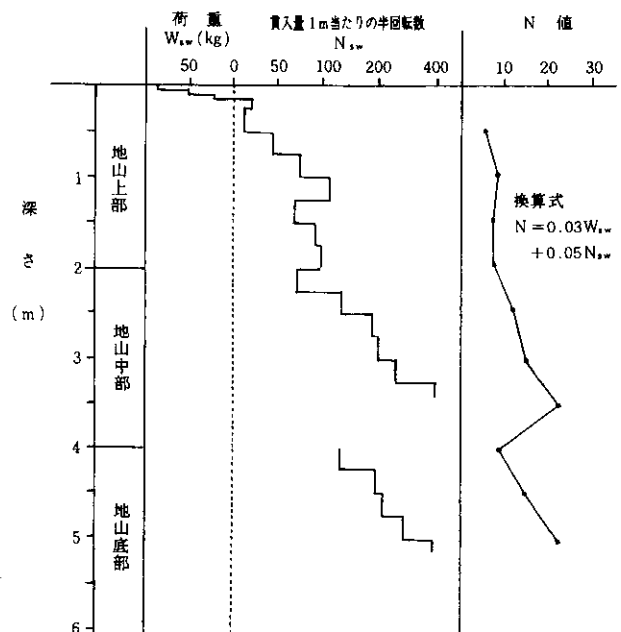


図-3 原地盤の貫入抵抗とN値

表-1 管体の性質

管 種	呼び径 (mm)	厚 さ (mm)	管厚中心半 径 R (mm)	直管部長さ (mm)	EI (kg-cm ² /cm)
FRPM管, 5種 (ホーバスパイプ)	1,800	41.0	903.50	6,000	583,200

大口径パイプラインの埋戻し土の施工に関する研究(その1)

—管頂上部の転圧時の管の動的変形等について—

Studies on Methods of Compaction of Back-fill Soil

Around Large Flexible Pipes (I)

—Dynamic Deformation of Pipes with Vibrating Compaction of the Soil—

小野寺康浩* 今井 敬典*

秀島 好昭** 中村 和正*

Yasuhiro ONODERA, Yoshinori IMAI,

Yoshiaki HIDESHIMA and Kazumasa NAKAMURA

パイプライン工事の能率的・経済的施工をはかる目的で、FRPM管 ϕ 1800mmの管頂上部の埋戻し転圧に3種の転圧機械(ランマー、ハンドガイド式振動ローラ、自走式振動ローラ)を用いて、管体への影響、埋戻し土の締固め状況を調査した。現在、一般に用いられているランマーより大型機種で転圧した場合でも、管の変形はわずかであり、また、十分な埋戻し土の転圧が得られることが判明した。

《パイプライン；可とう性管；埋戻し土》

To achieve efficient and economical construction of pipelines, the influence of soil compaction on the pipes and the conditions of compaction of back-fill soil were investigated. Three types of compacting machinery (rammers, manually operated vibrating rollers and automatic vibrating rollers) were used to compact soil around FRPM pipes (ϕ 1800 mm). It was found that, compared with the rammers commonly used, there was little deformation of the pipes even with the larger machinery, and that the compaction of the back-filled soil was adequate.

Keywords : pipeline, flexible pipe, soil compaction.

1. はじめに

近年、水田地帯の用水補給および畑地かんがいの国営事業では、大口径のパイプラインの施工例が増してきている。大口径パイプラインでは、掘削・布設断面が大きく、作業工程時間および工事費に占める布設後の埋戻しのウエイトは大きい。パイプラインの管種にFRP管に代表されるような可とう性管を使用した場合、パイプの変形は周辺土の締固め状態に左右されることから、その施工は入念に行うことが要求される。また、掘削・布設断

面が大きい場合、一般に多用されているランマーの転圧のほかに、中・大型規模の転圧機械を利用して、能率的・経済的な施工を行うことも考えられる。

今回、国営雨竜川中央地区沼田幹線用水路工事区に調査区を設け、FRPM管 ϕ 1800mmの管頂部60cmまでの埋戻し転圧に、3種の機械(ランマー、ハンドガイド式振動ローラ、自走式振動ローラ)を用い、転圧機械の管体への影響、埋戻しの転圧状況を調査した。今日、使用の多い可とう性管は剛性が大きいものも多く、大型機種で管頂部の転圧を実施しても、管の変形はごくわずか

*農業土木研究室員 **同室長

は締固め試験 A-c 法の最大乾燥密度との比 (Dc) である。基床、管軸下部の締固め度は、土地改良事業標準設計¹⁾で締固めの目安とされている Dr=40~70%に比べ

なり高く、また、管軸上部も締固め度 Dc=90%以上の高い締固めがなされている。原地盤の締固め度は地山上部で最も高い。

表-2 埋戻し材料と転圧機械

施工層	埋戻し材料	転 圧 機 械
D	粘 土 (現地発生土)	ブルドーザ (11t , 湿地)
C	粘 土 (現地発生土)	① ランマー ② ハンドガイド式振動ローラ ③ 自走式振動ローラ
B	粘 土 (現地発生土)	ランマー
A ₂	砂 (購 入 土)	ランマー
A ₁	砂 (購 入 土)	ハンドガイド式振動ローラ

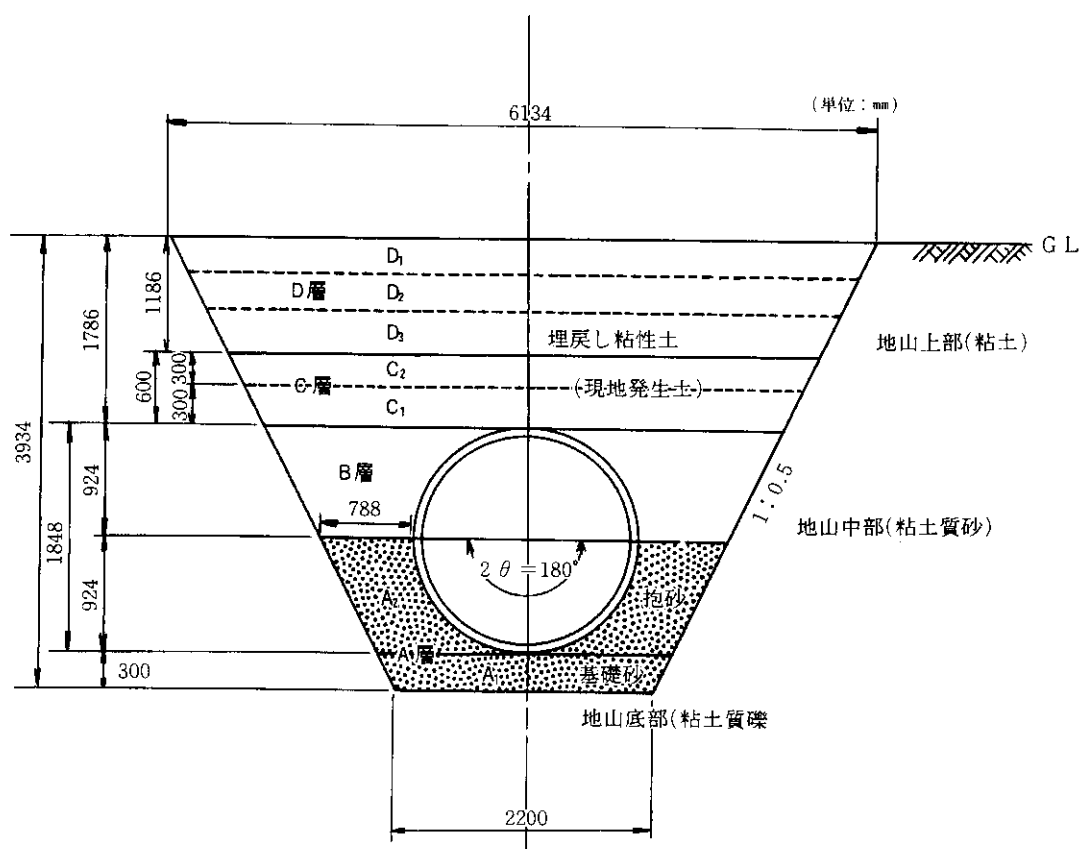


図-4 施 工 断 面

表-3 土質試験結果

試料名 施工層、深度		埋戻し土		原地盤		
		砂 (購入土) A層	粘土 (現地発生土) B, C, D層	地山上部 0~2.0m	地山中部 2.0~4.0m	地山底部 4.0m~
物理試験	土粒子密度 ρ_s (g/cm ³)	2.61	2.69	2.67	2.69	2.65
	自然含水比 W_n (%)	9.88	28.49	25.64	25.27	18.50
	礫分 G (%)	39	4	0	17	51
	砂分 S (%)	57	34	1	61	29
	シルト分 M (%)	2	28	20	8	6
	粘土分 C (%)	2	34	79	14	14
	最大粒径 D_{max} (mm)	9.52	38.1	0.42	38.1	63.5
	均等係数 U_c	9.5	—	—	—	—
	曲率係数 U_c'	0.64	—	—	—	—
	液性限界 LL (%)		55.8	62.2	44.0	62.3
	塑性限界 PL (%)		18.5	18.9	17.8	26.6
	塑性指数 PI	NP	37.3	43.3	26.2	35.7
	日本統一土質分類	SP ₀	CH	CH	SC	GC
力学試験	最適含水比 W_{opt} (%)		27.1	27.2	24.1	20.4
	最大乾燥密度 ρ_{dmax} (t/m ³)	1.745*1	1.513	1.496	1.586	1.675
	C (kg/cm ²)	0.0	0.127	0.128	0.0	0.024
	せん断強度 ϕ (deg)	28.2	16.6	18.9	20.5	17.2
	定数*2 C' (kg/cm ²)	31.7	18.8	19.0	29.3	23.3
	ϕ' (deg)	31.7	18.8	19.0	29.3	23.3

*1 砂の ρ_{dmax} は相対密度試験より求めた。 *2 せん断強度定数は現場密度・含水比状態の供試体より求めた。

表-4 埋戻し土および原地盤の締固め度*

試料名 施工層、深度	埋戻し土						原地盤		
	砂		粘土				地山上部	地山中部	地山底部
	A ₁	A ₂	B	C ₁	C ₂	D	0~2.0m	2.0~4.0m	4.0m~
締固め度 (%)	110.4	89.6	94.3	—**	—**	91.8	102.2	81.9	91.3

* 砂は相対密度表示、他はJIS A 1210 A-c法の最大乾燥密度との比。 ** C₁・C₂層は転圧機械を変えて施工したので、締固め度は転圧機械別に表-7に示した。

3. 測定方法

3.1 埋設管の内空変位の測定

埋設可とう性管の変形は、周辺土圧の不均衡や荷重の片寄りによっては、複雑は形状になることが予想される。このような埋設管の変形を把握するために、本調査では管長中央部に4方向の測線で内空変位と壁面ひずみ測定を実施した(図-5, 6)。

内空変位の測定には電気式ダイヤルゲージ(ひずみゲージ式)を用い、図-6に示す変位計測装置に取りつけた。図-7に測定系統図を示す。測定は全点同時とし、

データはデータレコーダによって磁器テープに収録した。測定時には、オシロスコープと電磁オシログラフによりモニターを行った。測定は管頂上部のC₁・C₂層施工時にランマー、ハンドガイド式振動ローラ、自走式振動ローラの3種の転圧機械による転圧走行時の動的測定(連続測定)を実施した。また、施工と併行して図-4に示した各層の埋戻し終了時に、管の累計変位量および内外壁面ひずみも測定した。なお、4方向の変位計測装置のうち斜め方向④-⑧測線の値は、C₁層施工時にベース接着部が動きだしたため測定できなかった。

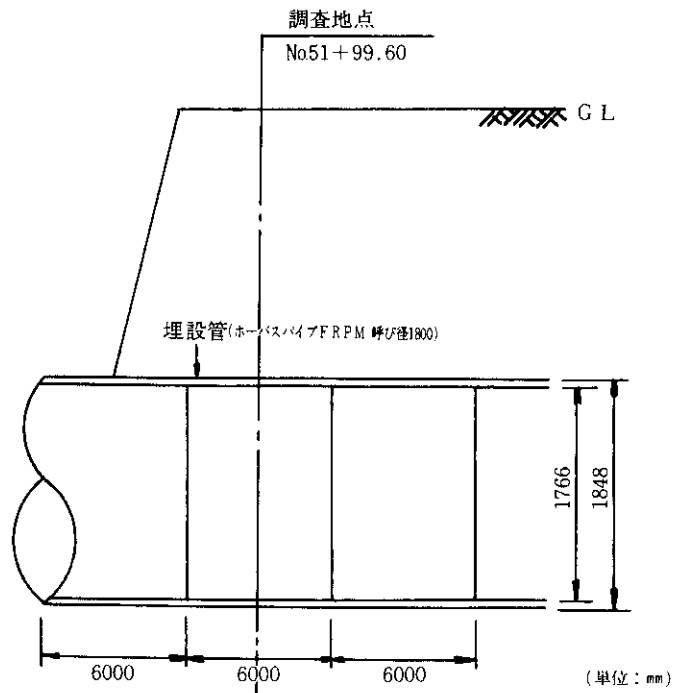


図-5 内空変位, 壁面ひずみ測定位置

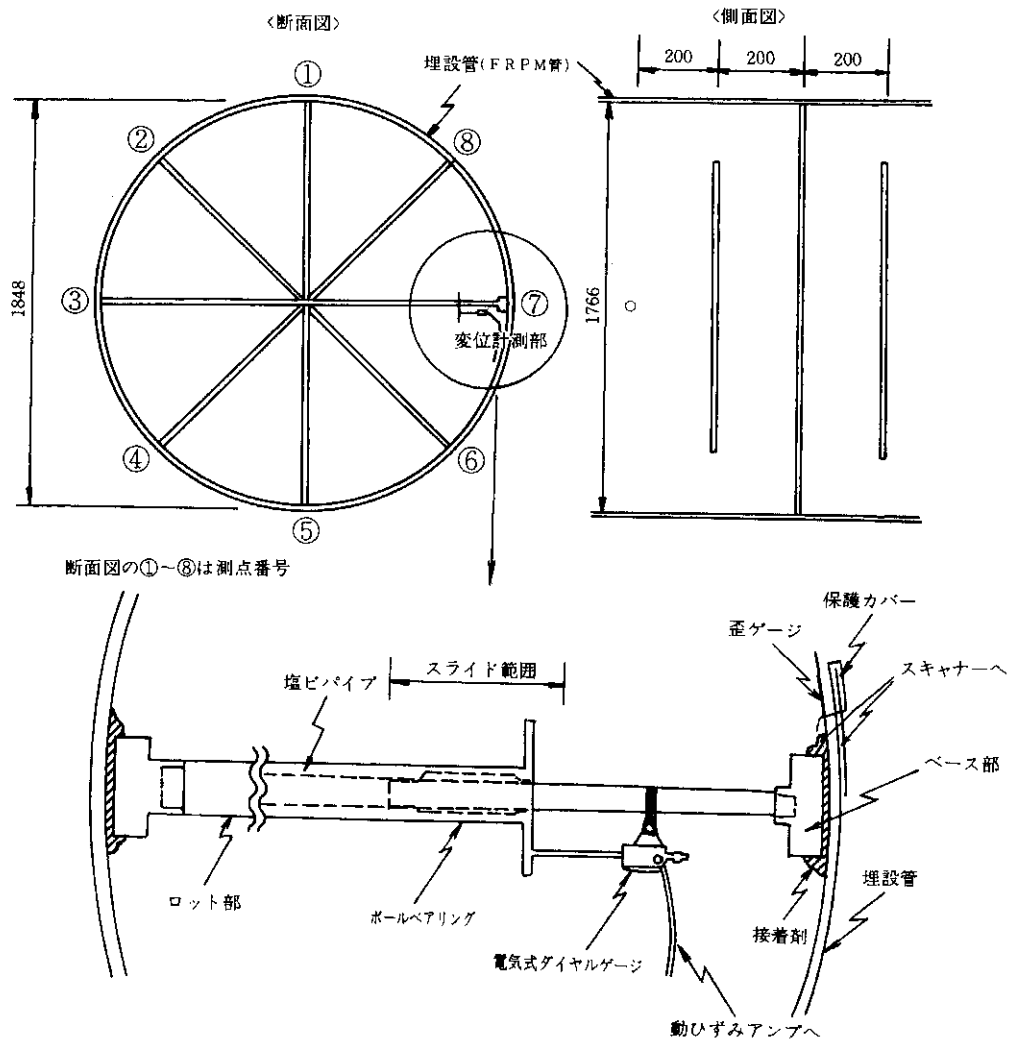


図-6 内空変位, 壁面ひずみ測定装置設置図

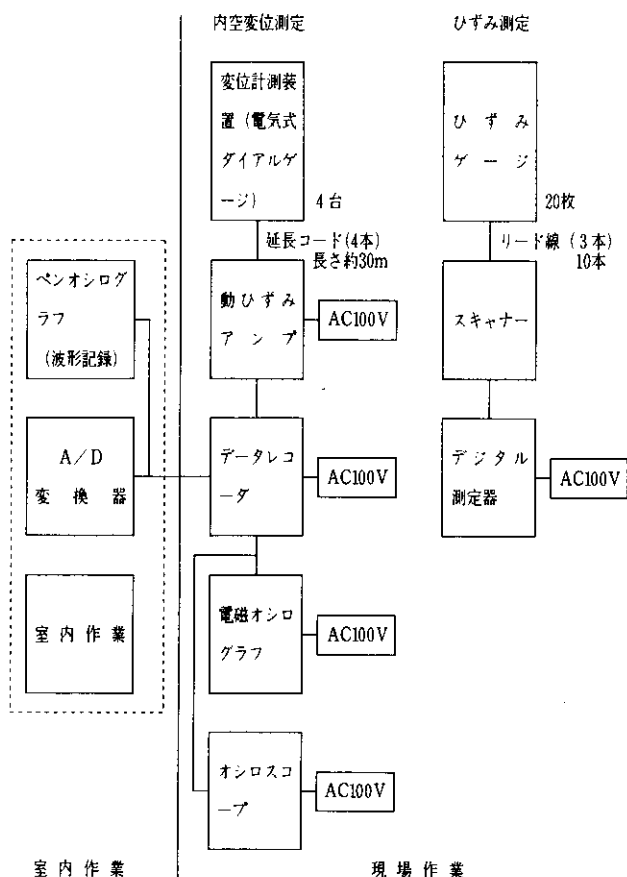


図-7 測定系統図

3.2 転圧後のqc値、締固め密度の測定

今回の調査では、転圧機械ごとの埋戻し土の締固め状況を把握するため、各機械の転圧終了時にコーン指数(qc)と締固め密度を測定した。コーン指数の測定には、単管式コーンペネトロメータを用いた。密度測定は、転圧面～深さ15 cmの間で実施した。

3.3 管頂上部の転圧方法

C₁・C₂層埋戻し段階に、ランマー、ハンドガイド式振動ローラ、自走式振動ローラの各機械で転圧を実施した。各転圧機種仕様の仕様を表-5に、転圧方法を表-6に示す。C₁層(管頂～30 cm間)は、バックホーによる撒だし・敷均しの後、①ランマー、②ハンドガイド式振動ローラ、③自走式振動ローラの順で転圧した。C₂層(管頂から30～60 cm間)はバックホーによる撒だし、敷均しの後、①ランマー、②自走式振動ローラ、③ハンドガイド式振動ローラの順で転圧している。C₁層とC₂層の異なる点は、C₁層は土を緩ませることによる管体の損傷が考えられたので、ランマー転圧した土を再度、他の機械で転圧を実施しているが、C₂層では転圧機械ごとにバックホーで土を緩めて敷均しを行った後、転圧していることである。

表-5 転圧機械の仕様

転圧機械	重量(kg)	打撃数、振動数	型式
ランマー	56	打撃力：560～650kg 衝撃数：600～700回/min	三笠MT-50
ハンドガイド式振動ローラ	580	振動数：3,000cpm	三笠MR-7GA
自動式振動ローラ	3,000	振動数：3,000cpm(前)	小松JV32W

表-6 C₁・C₂層の転圧方法

施工層	施工順序	転圧機械	転圧方法	転圧時間* (min)
C ₁ 層	①	ランマー	3台5回転圧	17
	②	ハンドガイド式振動ローラ	1台5回転圧	5
	③	自走式振動ローラ	1台2回転圧	2
C ₂ 層	①	ランマー	3台5回転圧	23
	②	自走式振動ローラ	1台2回転圧	2
	③	ハンドガイド式振動ローラ	1台5回転圧	5

* 転圧時間は管1本(6.0m)あたりに要した時間

4. 変位波形および内空変位量

4.1 変位波形

各転圧機種による変位記録の卓越振動数を比較するために、転圧機種ごとにフーリエスペクトルを算出した。その際、転圧機種の特徴に合わせ、ランマーおよびハンドガイド式振動ローラについては50 Hz、自走式振動ローラについては5 Hzまで表現できるようにサンプリングした。これは、ランマー、ハンドガイド式振動ローラは自重よりも振動によるたわみ量の方が大きいためである。変位波形結果を表-8～10に一括して示す。

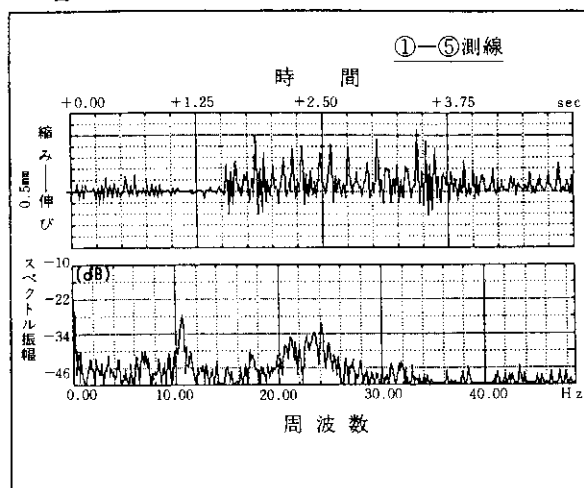
① ランマー転圧時(図-8)

約10 Hz、23 Hz前後にピークがあるが(C₁層①～⑤測線に顕著に現われている)、C₂層転圧時ではそれほど明瞭ではない。ランマーの打撃数は、600～700回/minである

ことから、10 Hz のピークは打撃による振動といえる。
23 Hz 前後のピークの原因としては、エンジンによる振動
が考えられる。次に10 Hz 前後のスペクトル振幅に着目
すると、C₁層転圧時では①-⑤測線が、-26 dB、②-⑥

測線では-38 dB(約16倍)程度である。C₂層転圧時では、
ピークが明瞭でないため比較できない。これらの結果よ
りランマー転圧では、C₂層①-⑤測線(鉛直方向)のみ
に打撃による振動の影響が現われており、他の場合はそ

C₁層



C₂層

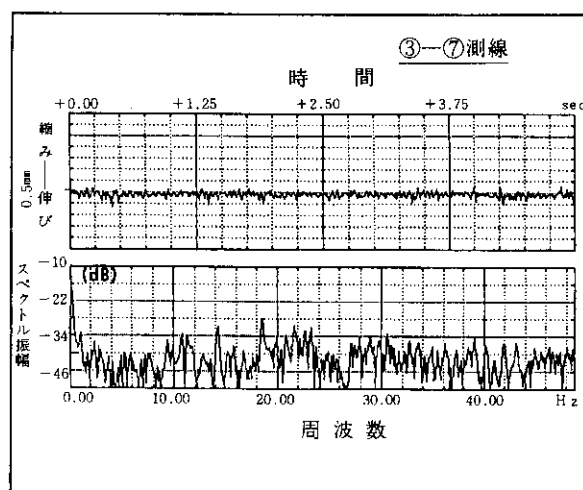
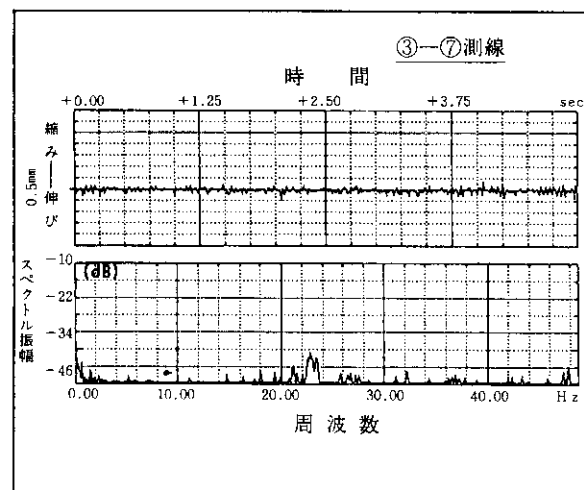
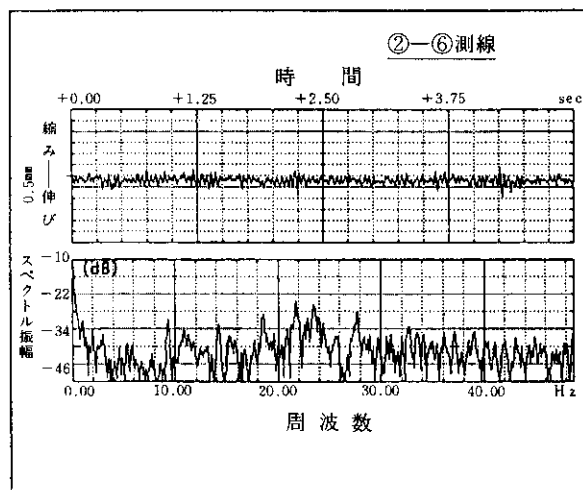
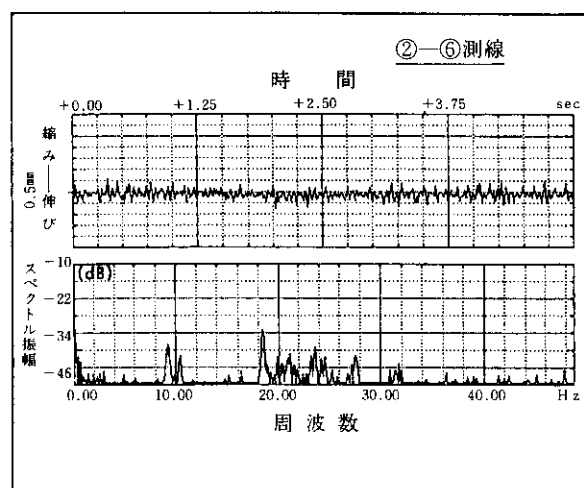
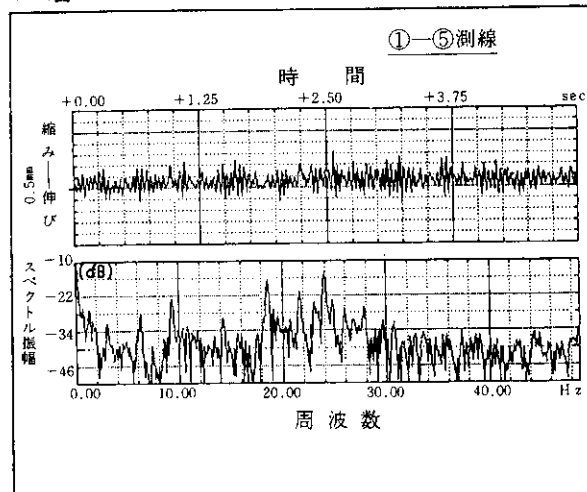


図-8 波形記録およびスペクトル(ランマー転圧時)

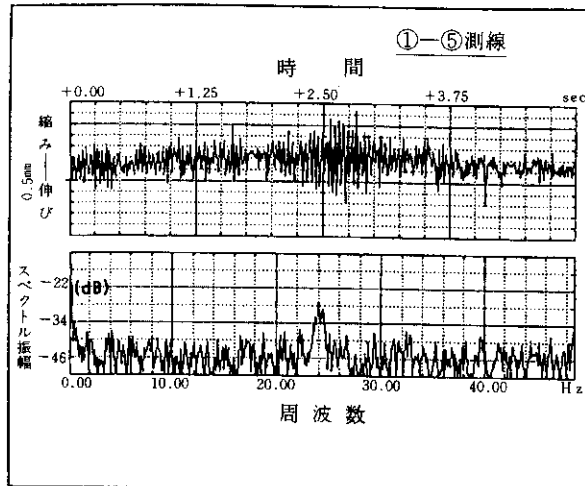
れほど大きな変化はみられない。なお、変位量は C_1 層転圧時①—⑤測線が最大で 0.6 mm 程度である。

② ハンドガイド式振動ローラ転圧時 (図-9)

C_1 層転圧時①—⑤測線でのみピークが認められ、その

周波数は約 25 Hz である。ハンドガイド式振動ローラの自重は約 600 kg であるが、記録上は自重による変位量よりも振動による変位量の方が大きい。変位量は C_2 層①—⑤測線で最も大きく 0.25 mm 程度である。

C_1 層



C_2 層

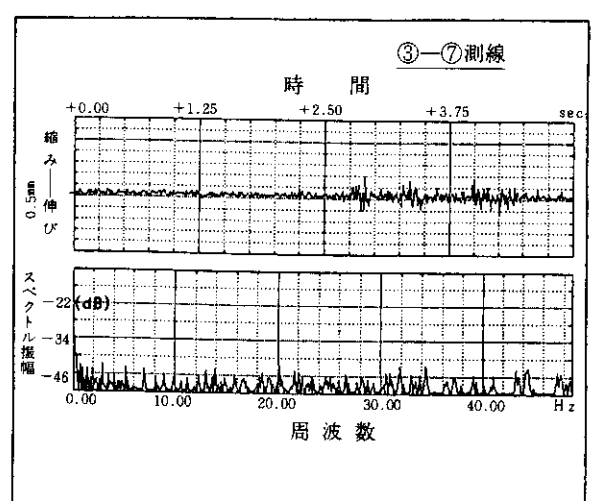
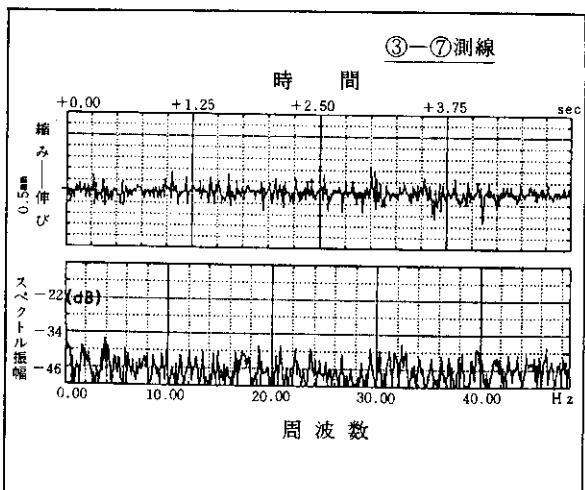
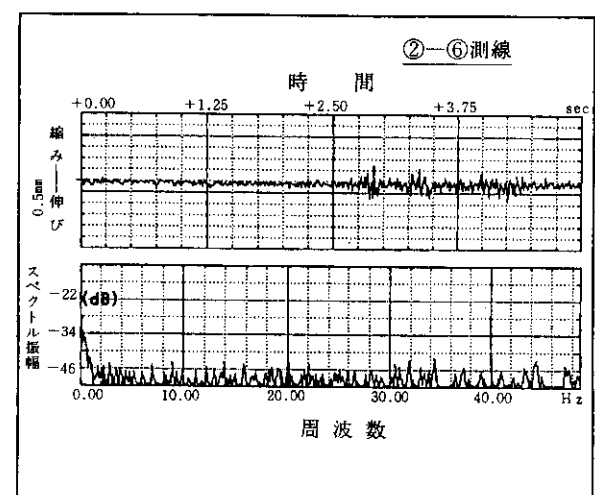
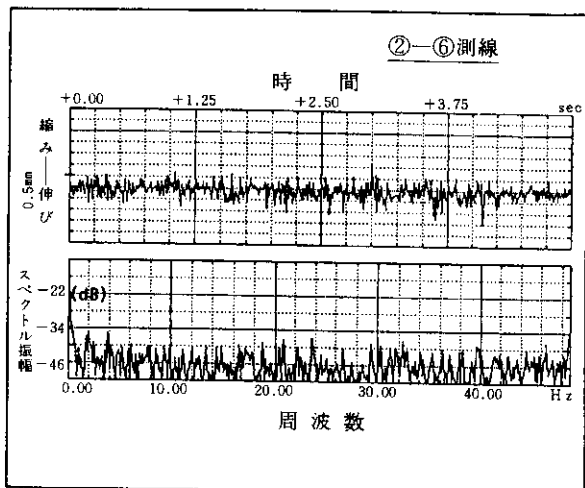
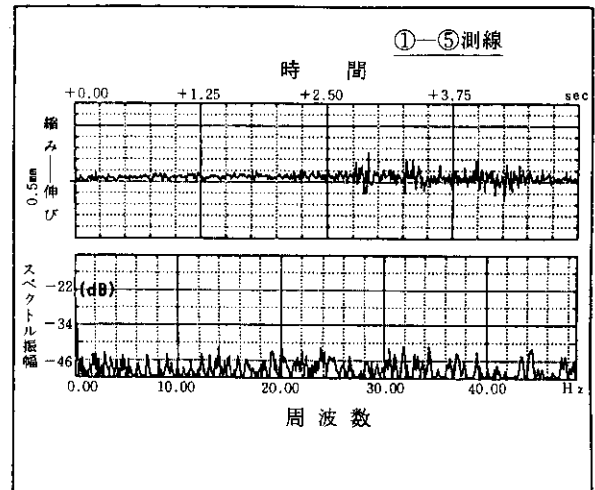
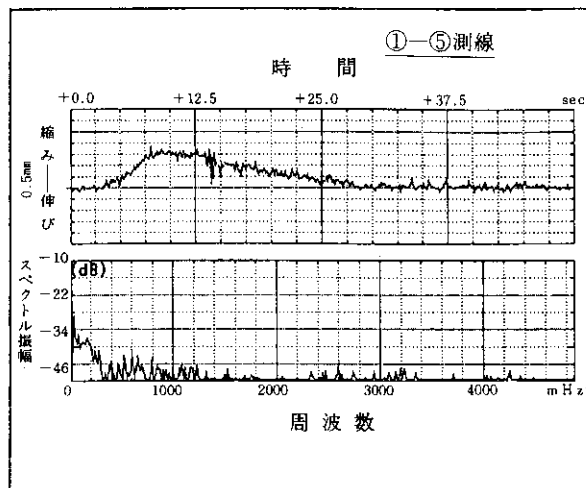


図-9 波形記録およびスペクトル (ハンドガイド式振動ローラ転圧時)

③ 自走式振動ローラ転圧時 (図-10)

最大たわみ量は C_1 層①-⑤測線が一番大きく、約0.5 mm 程度である。また、変位は $C_1 \cdot C_2$ 層転圧時ともに①-⑤測線が縮み、③-⑦測線が伸びという方向性を示す。

C1層



C2層

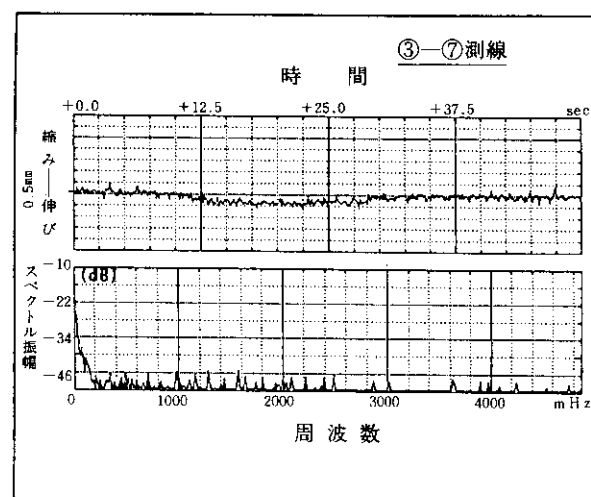
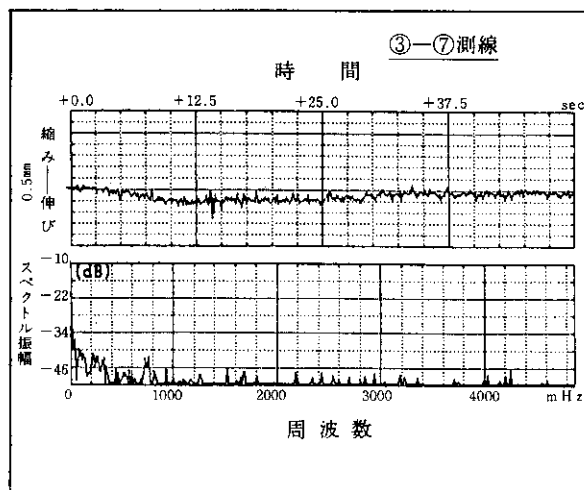
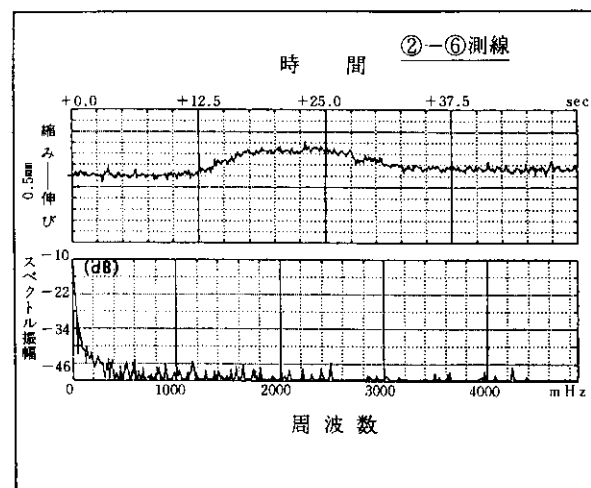
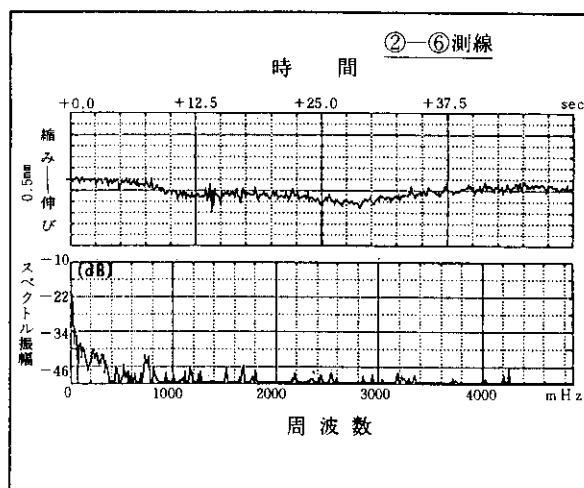
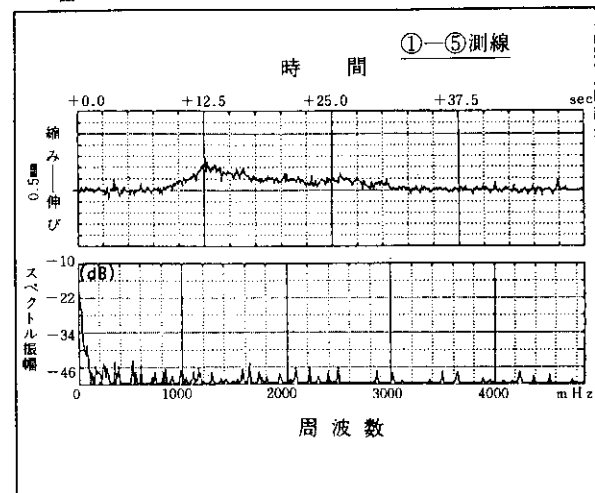


図-10 波形記録およびスペクトル (自走式振動ローラ転圧時)

4.2 内空変位量

図-11は、各機種の転圧時における管の最大たわみ量および転圧開始時と終了時のたわみ量の変化を各測線ごとに、 C_1 、 C_2 層転圧時と比較したものである。最大たわ

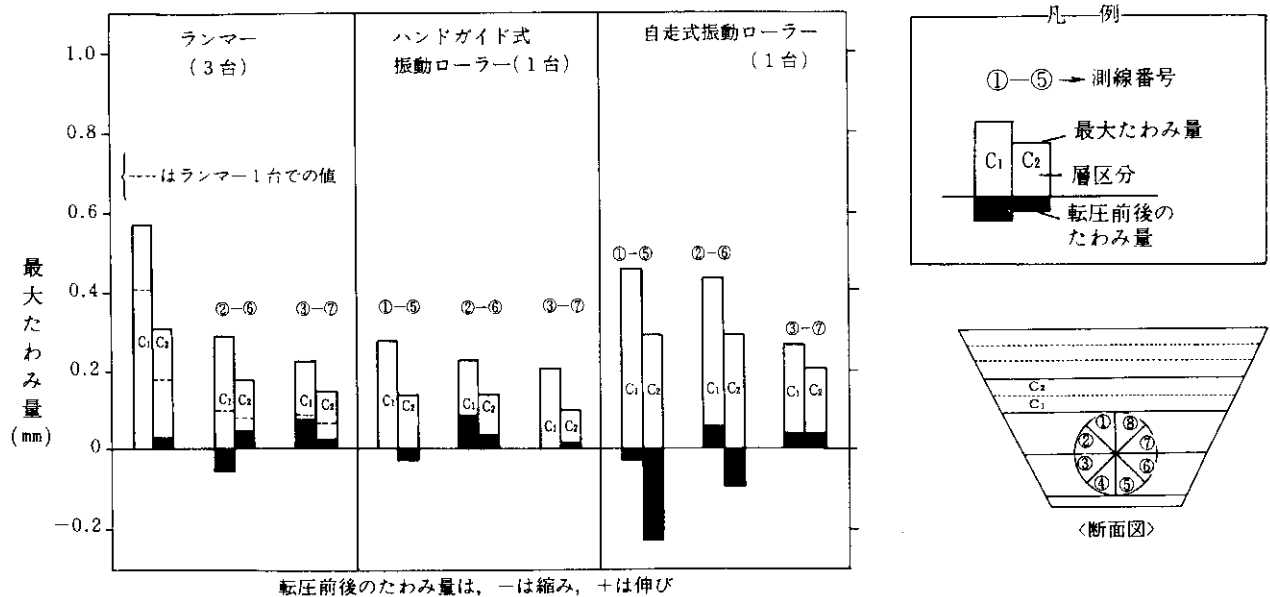


図-11 動的荷重時の最大たわみ量

み量は、図-12に示すように、波形記録の振幅の最大値を絶対値で読取ったもので、管半径方向の±は考慮していない。これは、ランマーやハンドガイド式振動ローラーは比較的軽量であるため、自重によるたわみ量よりもエンジンなどの振動、ランマーであれば打撃の衝撃力による変位量が大きく、最大変位時の方向が一定にならないためである。

① 転圧機種の影響

最大たわみ量は C_1 層転圧時①-⑤測線のランマー使用の場合が一番大きく、続いて自走式振動ローラー、ハンドガイド式振動ローラーの使用時順となる。しかし、ランマー1台でのたわみ量と比較すると、自走式振動ローラー、ランマー、ハンドガイド式振動ローラーの順にたわみ量は小さい。また、たわみ量はどの機種においても1.0 mm以下と小さい。 C_1 層転圧時①-⑤測線のランマーのたわみ量が大いのは、 C_1 層の土被りが薄いためと考えられる。このときのランマーの転圧状況は、3台が横1列になり管軸方向に移動して行っている (C_2 層も同様)。なお、施工前後のたわみ量の差 (残留たわみ量) は、 C_2 層転圧時の自走式振動ローラーが最も大きく0.21 mmである。

② $C_1 \cdot C_2$ 層転圧時の変位

最大たわみ量は、各測線、転圧機種のいずれも C_1 層転圧時の方が C_2 層転圧時よりも大きい。とくに、ランマーおよびハンドガイド式振動ローラーでは、 C_2 層転圧時には C_1 層時の1/2程度となっている (自走式振動ローラーは0.7倍程度)。このことは、土被りの増大によってランマーの打撃力およびハンドガイド式振動ローラーの振動が大きく減衰されたためと考えられる。

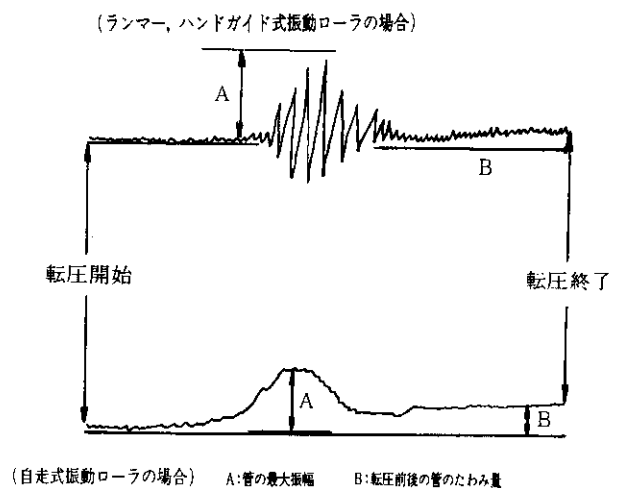


図-12 最大振幅の読取り

③ 各測線の変位

最大たわみ量は、各転圧機種、 $C_1 \cdot C_2$ 層のいずれにおいても③-⑦、②-⑥、①-⑤測線の順で大きくなっている。これは、埋設管は側壁が拘束されており、管全体の変位はみられず鉛直方向のみの変位が卓越した状態にあることを示している。

以上のことから、これら3種類の転圧機種による埋設管のたわみ量は小さいが、ランマーのように打撃力によって転圧する機種は、土被りが薄い場合には管体変位に与える影響が相対的に大きいようである。

5. 各転圧機種による埋戻し土の締固め性状と施工性

当節では、埋戻し土の締固め状況および各機械の施工性の面から比較検討する。各機械の転圧終了時のコーン

指数 (qc) を図-13に、締固め密度を表-7に示した。

5.1 コーン指数

① C₁層 (管頂～30 cm 間)

同じ土に対して、ランマー、ハンドガイド式振動ロー

ラ、自走式振動ローラの順に軽量の機械から重い機械へと機種を変えて転圧したC₁層は、図-13(a)の10 cm 以下のqc値を転圧機種ごとにみると、ランマー転圧でqc=5 kg/cm²以上の値が得られ、次にハンドガイド式振動ロー

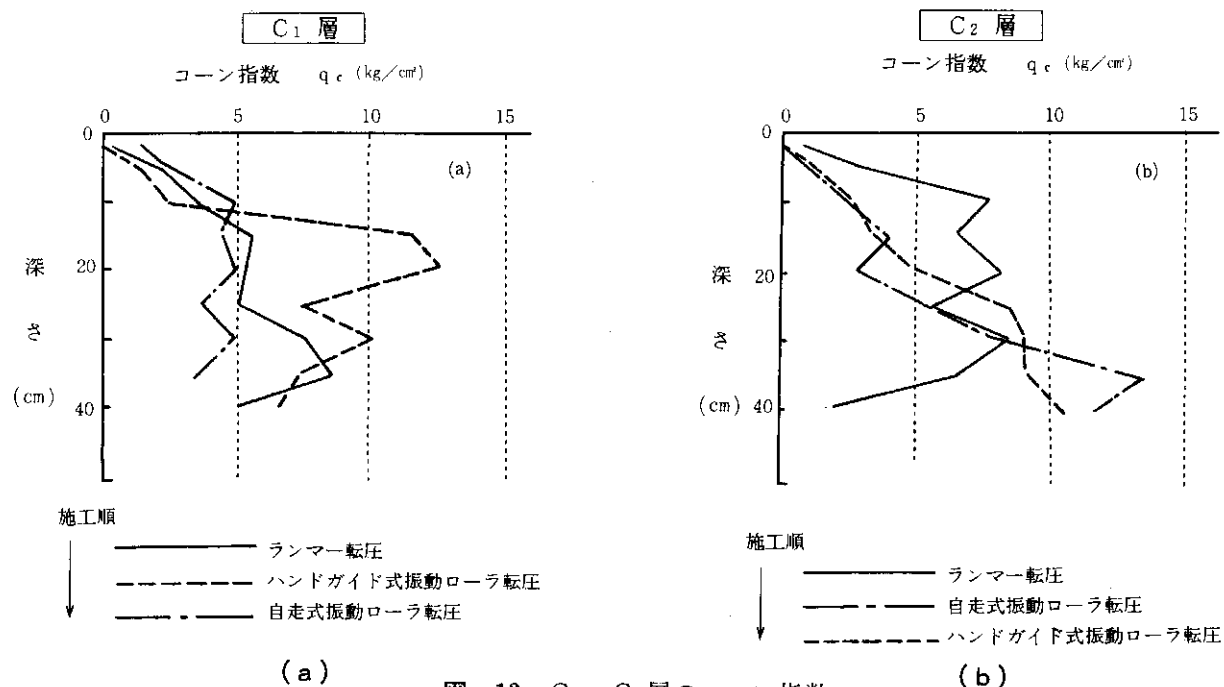


図-13 C₁, C₂層のコーン指数

表-7 C₁・C₂層転圧時の乾燥密度と締固め度

施工層	転圧機械 (施工順)	乾燥密度 ρ_d (t/m ³)	含水比W (%)	締固め度 D_c (%)	平均締固め度 $\bar{D}_c$ (%) 〔飽和度 (%)〕
C ₁ 層	① ランマー	1.388	31.11	91.74	90.6 〔 90.5 〕
		1.305	34.37	86.25	
		1.417	31.83	93.65	
	② ハンドガイド式 振動ローラ	1.433	30.18	94.71	97.0 〔 88.7 〕
		1.470	25.77	97.16	
		1.501	26.49	99.21	
	③ 自走式 振動ローラ	1.330	36.50	87.90	89.0 〔 97.5 〕
		1.358	35.86	89.76	
		1.350	36.17	89.23	
C ₂ 層	① ランマー	1.343	35.72	88.76	90.2 〔 93.0 〕
		1.425	29.67	94.18	
		1.328	35.32	87.77	
	② 自走式 振動ローラ	1.487	27.31	98.28	95.7 〔 91.9 〕
		1.419	29.98	93.79	
		1.439	30.72	95.11	
	③ ハンドガイド式 振動ローラ	1.415	31.07	93.52	94.9 〔 91.4 〕
		1.453	27.91	96.03	
		1.439	30.15	95.11	

※ $\rho_{dmax}=1.513\text{t/m}^3$, $W_{opt}=27.1\%$ (JIS A 1210 A-c法)

ーラではさらに qc は増加しており、転圧の効果が明瞭にあらわれている。しかし、最後の自走式振動ローラ転圧では、 qc 値はランマー転圧時より低下している。これは、CH に分類される埋戻し粘性土が過度の転圧で圧縮、練返しを受け、自走式振動ローラ転圧時にはオーバーコンパクションになったためと考えられる。

② C_2 層 (管頂から 30~60 cm 間)

機械ごとに土を緩ませ転圧を行った C_2 層では、走行性の差が明瞭に認められた。ランマー、ハンドガイド式振動ローラは転圧走行は良好であったが、自走式振動ローラ転圧ではローラが土中にめり込み、土はウェービングを呈し、走行に支障がみられた。図-13 (b) の qc 値からは、ランマー転圧では 5~30 cm で $qc=5.5\sim8.5\text{ kg/cm}^2$ と平均した値が得られており、均質な締固め状態にあることがわかる。ハンドガイド式振動ローラでは、20 cm までの qc 値は低く、20 cm 以深は転圧効果が現われている。自走式振動ローラでは 25 cm までの qc 値は低く、25 cm 以深で $qc=5\text{ kg/cm}^2$ 以上となっている。これは、転圧対象の粘性土のトラフィカビリティが低く、土の締固めと側方流動が同時に起こったことによるものと考えられる。

5.2 C_1 、 C_2 層の締固め度

C_1 層では、ランマー転圧で締固め度 90.6%、次のハンドガイド式振動ローラ転圧で 97.0% の高い締固め度である。最後の自走式振動ローラ転圧では、他に比べて締固め度は低く 89.0% である。これは、前述のオーバーコンパクションの影響とともに、密度測定地点の含水比が他に比べ数% 高かったために、締固め密度が他より低い値であることがあげられる。しかし飽和度 97.5% が示すように、同じ土に対して転圧を行った結果、高い締固め状態に達していることがわかる。 C_2 層ではランマー転圧で 90.2%、自走式振動ローラ、ハンドガイド式振動ローラ転圧で 95% 程度の締固め度である。これは、 C_2 層のコーン指数結果と異なり、走行に支障がみられた自走式振動ローラでも高い締固め密度が得られている。

転圧回数でみると、ランマー 5 回転圧で締固め度 90% 程度、ハンドガイド式振動ローラ 5 回転圧、自走式振動ローラ 2 回転圧で 95% 程度の締固め度が得られている。

6. 考 察

以上のことから、今回転圧の対象とした粘性土では自走式振動ローラ転圧は主に走行性の面からあまり効果的でなく、走行性および締固めの面からはランマー、ハンドガイド式振動ローラが適する結果が得られた。一方、埋設管への影響から考えると、各機種とも管の内空変位量は 1 mm 以下と小さいが C_1 層転圧時のランマーによる

変位量が一番大きく、次に自走式振動ローラの順となる。

自走式振動ローラは今回のような粘性土を対象とした場合、施工性の面からはあまり有利ではないが、管の内空変位は小さく、トラフィカビリティの高い土では高い締固めも期待できる。この点の判断には、事前に転圧試験を行い、施工性を判断し、転圧機械を選択する方法が考えられる。また、管のたわみ量は管体の剛性と管側方部の埋戻し土の締固め状態に大きく左右される。今回の測定は FRPM 管を対象とし、管側方部の締固め密度もかなり高い条件のもとで行われたものであり、それが管体のたわみ量に大きく影響している。したがって、FRP 管の場合や管側方部の締固め状態によっては、転圧機械が管体に及ぼす影響は異なることが予想される。

なお、今回の調査で、管布設時点初期値として管の累計たわみ量を測定した結果、埋戻しによる管の最大たわみ量は管頂部埋戻し時の 4.5 mm 程度でたわみ率 0.25 % である。これは、この管の許容たわみ量²⁾ 54.21 mm (管厚中心径の 3% : $1807\text{ mm} \times 3\% = 54.21\text{ mm}$) の約 8.3 % ときわめて小さい値である。

7. ま と め

今回の調査結果をまとめると、次のように示される。

管頂上部の転圧機種として、ランマー、ハンドガイド式振動ローラおよび自走式振動ローラを用いた。管頂上部の土被りが薄い場合はランマーによる管のたわみ量が最も大きい。しかしながら、土被りの増大とともにランマーによるたわみ量は減少し、代わって自重の大きい自走式振動ローラによるたわみ量が大きくなる傾向がみられる。いずれの場合も、埋戻し土によるたわみ量を加えても管の許容たわみ量の 10% 以下であり、管の安全性に対する問題はないものと考えられる。対象とする土の締固めと転圧機種の転圧の特徴を判断するために、事前に転圧試験を実施することが望ましく、その結果として施工厚さならびに最適な機種選択が可能であり、施工速度ならびに経済性の向上が期待できよう。

〔謝辞〕

本研究は、札幌開発建設部沼田農業開発事業所と共同で実施したもので、共同研究者の吉田國雄係長、村岡武志係長 (現稚内開発建設部)、西村敏晴主任に対し、謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 農林水産省構造改善局：土地改良事業標準設計第 4 編パイプライン (解説書)、p.361、(1989)。
- 2) 同 上 p.358。