ISSN　0386−5878
土木研究所資料第3931号

土 木 研 究 所 資 料

粗粒材料の現場密度測定技術に関する研究

平成15年12月

独 立 行 政 法 人 土 木 研 究 所
水工研究グループダム構造物チーム

Copyright©(2003)by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、独立行政法人土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の文書による承認を得ずして これを行ってはならない。

土木研究所資料
第3931号 2003年12月

粗粒材料の現場密度測定技術に関する研究

水工研究グループ　ダム構造物チーム　主任研究員　豊田光雄

要　旨

粗粒材料を用いた土構造物の現場密度測定には、一般に置換法が用いられている。この方法は簡便ではあるが、粗粒材料を対象とした場合では、多くの労力と時間を必要とし、多点数測定には限界がある。そこで、これらの課題を解決するために、二つの測定器を開発、改良したので、その研究内容について報告するものである。

そのひとつは、測定地盤の現場密度を短時間に多数測定できる自動走査式RI密度計(SRID)である。本測定器は、測定地盤面の整形を必要とせず、測定器が地盤面より約5cm浮いた状態で線源棒を中心に回って測る方式の測定器である。測定容積が従来型に比べて約10倍以上あり、礫を多量に含む材料においても高精度の測定が可能である。

もうひとつは、自動走査式フレーム型RI密度計(FRID)である。本測定器により、測定地盤面内の密度分布を深さ方向に連続的に求めることができるようになった。

キーワード：現場密度,RI法,自動走査式RI密度計,自動走査式フレーム型RI密度計,
粗粒材料,盛土構造物

はじめに

フィルダムは、大型施工機械を駆使して自然にある材料を締固めて築造される。堤体の安定性を評価するためには強度との相関が高い転圧後の密度を測ることが重要である。土質材料に比べ幅広い粒度分布をもつフィルダム材料は、均質な締固めが難しく、密度にもばらつきを生じやすくなるため、多点数の現場密度測定が必要である。一般的には測定面を掘削し、掘削した容積とそこから排出した材料の質量の比から求める、いわゆる置換法による現場密度測定が行われている。しかしながら、測定には多くの労力と時間を要するため、多点数測定には不向きである。また、材料の最大粒径と置換孔径の比や、測定容積を求める方法において測定誤差を生じやすいなどの課題がある。さらには、転圧層内の深さ方向の密度分布をきめ細かく測定することは置換法では困難である。迅速な測定法としてRI密度計があるが、従来のRI密度計では、最大粒径の大きい材料に対して、測定領域が十分ではないことや、測定器を転圧面に密着させるために手作業が必要となり、簡便な測定法になっていない。また、転圧層内の深さ方向の密度分布をRI法によって測定する方法が水資源開発公団(現水資源機構)により開発された。これは、盛土内に二本の導管を埋め込んでおき、一方に線源を入れ、もう一方には検出器を入れ任意の位置で密度分布を測定する方法であるが、測定の位置決めが手作業であったために測定時間が長くなり、深さ方向の連続的な密度分布を測定することはできなかった。

このために、前者においては測定領域をより大きく、よりスピーディーをモットーに開発したのが、自動走査式RI密度計(SRID)である。SRIDは、従来のように地盤面の整形を必要とせず、測定器が地盤面より約5cm浮いた状態で線源棒の中心を回って測る方式で直径80 cmの測定領域を有する。これまで、SRIDを用いて粗粒材料の現場密度特性を把握し、フィルダムコア材料の転圧厚さの増大に関する検討、さらにはコア材料の統計的品質管理手法の提案などを行ってきた。

後者においては、連続的な密度分布が得られる自動走査式フレーム型RI密度計(FRID)の測定器を完成させた。この測定器においても様々なダム材料を対象にフィルダム材料の転圧層内部の密度分布などを把握してきた。

本報文は、以上述べた開発および改良した二つの測定器において、較正試験法とその結果、現場での適用事例などをSRIDとFRIDに分けて詳細なデータとその評価をとりまとめたものである。

平成15年12月
独立行政法人　土木研究所
水工研究グループダム構造物チーム
主任研究員　豊田光雄

自動走査式 RI 密度計(SRID)

もくじ

1. 自動走査式RI密度計の開発 1
1.1 従来の表面型RI法の問題点 1
1.2 自動走査式RI密度計の開発目標 1
2. SRID試作実験器 3
2.1 試作実験器の概要 3
2.2 室内検討試験 4
2.2.1 較正試験 5
2.2.2 不陸に関する影響試験 17
2.3 現地試験 24
2.3.1 現地試験の概要 24
2.3.2 不陸補正の適用性 26
2.3.3 SRIDと固定式の測定値の比較 37
2.3.4 測定領域の検討 41
2.4 試作実験器の成果と課題 44
3. SRID実用モデル器 45
3.1 実用モデル器の概要 45
3.2 室内における較正試験と不陸に関する影響試験 47
3.2.1 較正試験 48
3.2.2 不陸に関する影響試験 54
3.3 現地試験 62
3.3.1 現地試験の概要 62
3.3.2 測定結果 64
3.3.3 クリアランスの分布 95
3.3.4 SRIDと固定式の測定値の比較 97
3.3.5 不陸補正前後の比較 104
3.4 実用モデル器の改良 111
4. SRIDの現場への適用 112
4.1 HOダムの例 112

4.1.1 締固め密度の分布特性 112
4.1.2 締固め密度と施工含水比の関係 120
4.2 ＨＡダムの例 123
4.2.1 SRIDによる締固め管理データの統計的性質 123
4.2.2 SRIDによるコアゾーンの統計的締固め管理の提案 131
4.3 ＳＵダムの例 138
4.3.1 統計的品質管理基準の設定 138
4.3.2 日常管理データの整理 143
4.4 ＣＹダムの例 150
5. まとめ 153
6. 対外発表論文 155

1. 自動走査式 RI 密度計の開発

1.1 従来の表面型 RI 法の問題点

従来、フィル材料の盛立施工時の締固め密度測定には主として置換法が用いられてきた。置換法による密度測定は多大な時間と労力を費やすうえ、得られるデータの数にも限りがある。そこでRI法を用いれば、置換法よりもはるかに簡便に多くの密度データを求められるので、フィルダムの締固め管理において置換法の補助手段として用いられたこともある。しかし、従来の表面型RI測定器には、次に示すような問題点があるため、これまでフィルダムの密度測定法として本格的に採用されるには至らなかった。

① 測定容積が小さい。このため、不均質性が大きいフィル材料では、測定値に偏りを生じやすい。

② 測定容積の小さいことをカバーするため、通常は１つの測点において線源棒を中心にして測定器本体の設置方向を順次ずらして測定(90 度づつふりかえて４方向の測定を行うことが多い)するが、これは測定方向数に比例して測定時間の増大をまねく。

③ 地盤面に不陸があると測定器底面との間に空隙ができて測定値に大きな誤差を生じるため、測定前に測定面を平坦に整形する必要がある。この作業は測定そのものより時間がかかることが多い。

1.2 自動走査式 RI 密度計の開発目標

フィル材料の現場密度の測定では次の点を考慮する必要がある。

① フィル材料は、粒径の大きい岩塊や砂礫と細粒分が混合したものからなっており、大きな礫を含まない土質材料に比べて不均質性が大きい。

② 盛立施工ではまき出し、敷均し、転圧までの一連の工程が大型の機械を用いて施工されるために、多少の材料分離は避けられず、粒度のばらつきを生じやすい。

このような不均質性や粒度のばらつきから、フィル材料は同じ条件で締固めても締固め後の密度にばらつきを生じることは必然的であると考えられる。しかし、このばらつきは単なるばらつきではなく、あとで述べるような統計的なまとまりをもっている。そのため締固め管理を合理的に実施するためには、このような密度分布の統計的性質を認識する必要がある。締固め密度を統計的に評価するためには、ある程度まとまった数のデータが必要となるため、密度測定の試験法は次の二つの基本的な条件を満たしていることが求められる。

① １点あたりの測定領域ができるだけ大きくとれる。

② 測定作業が容易で測定時間が短い。

新しい表面型RI密度計のひとつである自動走査式 RI 密度計の開発にあたっては、従来のRI計器がもつ問題点を解消し、さきに掲げた条件をクリアするため、次のような目標を設定した。

① 測定容積を拡大すること。ただし、法的規制を受けない微弱線源を用いるため、放射線の透過距離は約 50cm が限界となる。このため、従来の転圧厚さを考慮して、測定深さを 30cm とし、測定面積をできる限り大きくするため、密度検出器と線源との水平離間距離を 40cm とする。

② 測定地盤面の整形作業を省いて作業時間を短縮したうえで、所要の測定精度が得られる機構の測定器を開発する。

③ 線源孔の削孔を短時間に行える簡易な削孔器を用意する。

以降、自動走査式 RI 密度計の英語表記は、Scanning Radio Isotopic Densty Meter としているので略して SRID と呼ぶことにする。

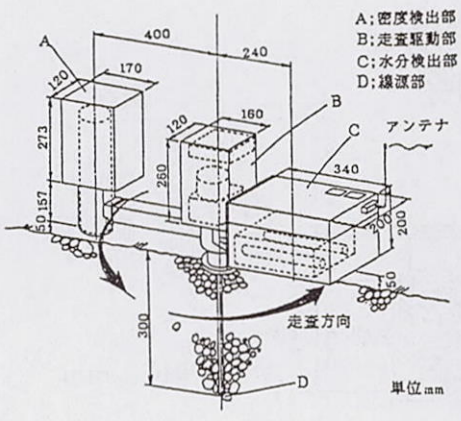
2. SRID 試作実験器

2.1 試作実験器の概要

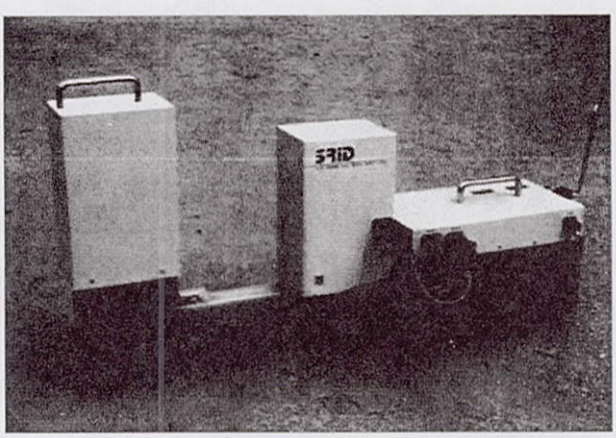
SRID試作実験器の仕様および概要を**表－2.1** に示す。SRIDと従来の表面型RIとの機構上の大きな相違点は、従来型が接地固定式(以降、固定式という)であるのに対して、SRIDでは浮上走査式を採用したことである。SRIDは**図－2.1**、**写真－2.1** に示すように検出部を地表面から約 50mm 浮上させた状態で、線源棒を軸にして一定速で回転しながら 1 周 360 度の走査を行う。走査時間は 1 分である。試作実験器では走査の制御やデータの送受信は無線で行った。走査円の半径は密度検出部で 40cm、水分検出部で 24cm(それぞれ検出器の中心と走査中心軸間の水平距離)である。測定深さを 30cm とした場合は、密度測定におけるガンマ線の透過距離が約 50cm となり、これは**1.2 節**で述べたように低レベルの微弱線源を用いるという制約のもとではほぼ限界に近い値である。したがって、SRIDは表面型における実際上の制約のもとで達成できる最大の測定領域をもっているといえる。

表－2.1 試作実験器の仕様

測定方式	密度：ガンマ線透過型 水分：速中性子線透過型
走査方式	自動円周浮上走査 (浮上高さ 50mm、±15, 30mm 調整可)
測定深さ	30cm
走査速度	360 度／分
線　源	ステンレスカプセル密封 密度：^{60}Co2.6 メガベクレル (半減期 5.263 年) 水分：^{252}Cf1.1 メガベクレル (半減期 2.65 年)
検出器	密度：NaI シンチレーション検出器×１本 水分：^{3}He 比例計数管×２本



図－2.1 試作実験器の概要図



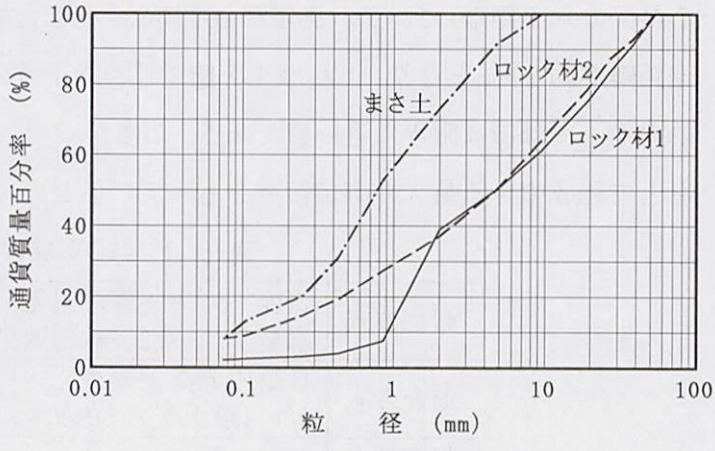
写真－2.1 試作実験器の概観図

2.2　室内検討試験

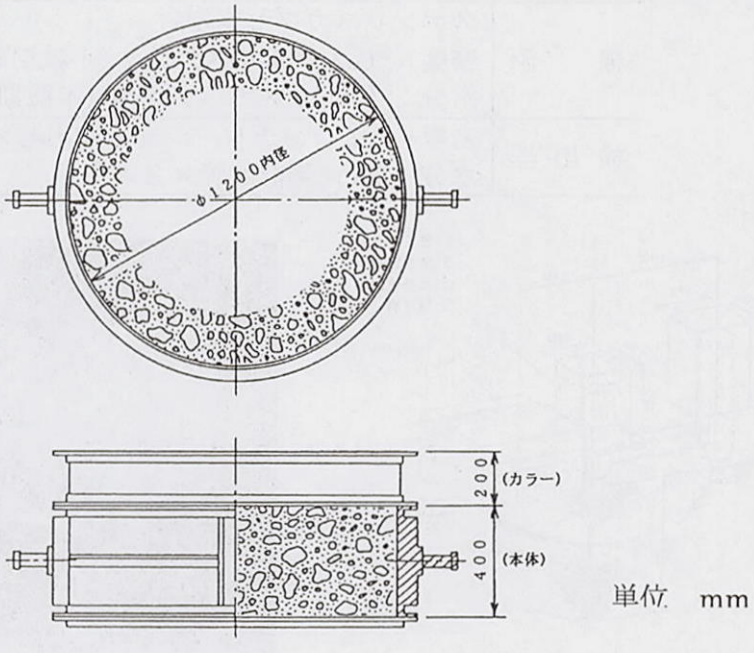
表－2.2 および**図－2.2** に示す材料を、**図－2.3** に示す鋼製用モールドに締固めて供試体を作製し、試作実験器の較正試験を行った。この試験では計器のクリアランス(検出器と地表面間の離間距離：以降クリアランスとよぶ)をかえた５ケースの測定を行い、クリアランスの違いが較正曲線に与える影響についても検討した。次に、モールド内において測定表面に不規則な不陸をもつ供試体を作製して、地表面の乱れや不陸の大きさが測定結果に与える影響を定量的に検討した。

表－2.2　較正試験用材料の粒度

粒　径	通過質量百分率　(%)		
(mm)	ロック材1	ロック材2	まさ土
53.0	100.0	100.0	—
37.5	91.1	92.7	—
26.5	83.3	87.0	—
19.0	75.4	78.8	—
9.50	61.3	64.2	100.0
4.75	50.2	50.2	91.5
2.00	38.9	37.1	73.1
0.850	7.4	27.5	52.8
0.425	3.9	19.3	30.8
0.250	3.0	14.5	20.1
0.106	2.3	9.0	13.0
0.075	2.1	8.1	8.1



図－2.2　較正試験用材料の粒度分布



図－2.3　モールド（鋼製）の形状

2.2.1 較正試験

（1）試験条件と数量

較正試験の試験条件と数量を**表－2.3**に示す。

表－2.3 試験条件と数量

要　因	ケース	摘　　要
材　料	3	ロック材１、ロック材２、まさ土
密　度	3	密詰、中位、緩詰
含水比	3	湿潤、中位、乾燥
クリアランス	5	L_0、L_0±15mm、L_0±30mm（L_0：基準値50mm）

（計 27 供試体、測定ケース合計 135）

（2）試験手順

含水比調整を行い、よく攪拌混合した材料を**図－2.2**に示すモールドの中で締固めて供試体を作製し、較正試験を行った。試験の手順を次に述べるとともに、フローチャートを**図－2.4**に示す。

① 材料調整

所定の含水比になるように試料を加水または乾燥させる。

② 供試体作製

モールド内に試料を投入し、所定の密度になるように電気ハンマーまたはランマーを用いて締固める。締固めは４～５層に分けて行う。

③ 供試体の採寸

投入質量と供試体寸法を測定し、基準湿潤密度 ρ_{t0} を計算する。

④ 供試体仕上り面からの測定

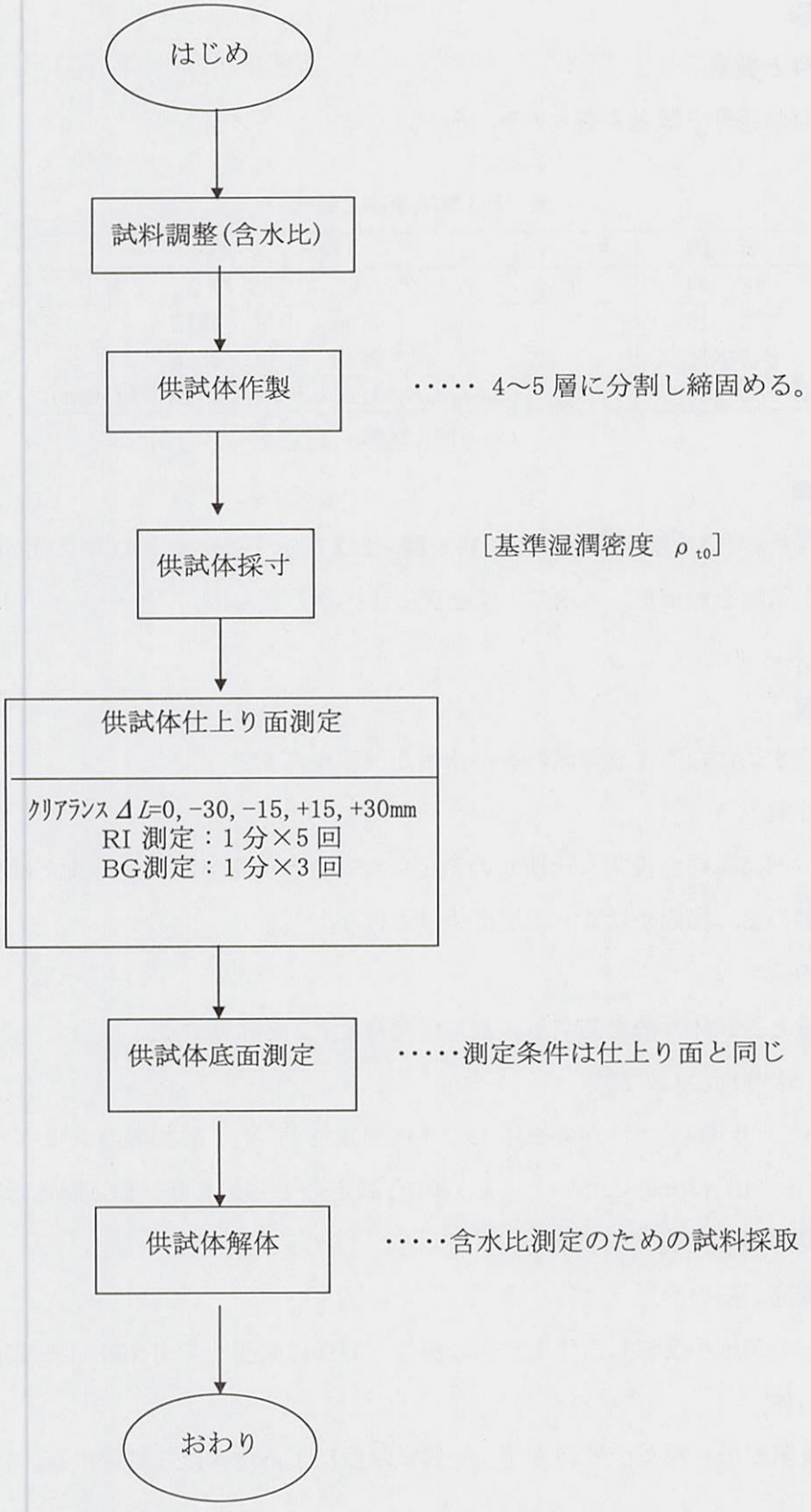
供試体仕上り面（上面）からSRIDによる測定を行う。５水準のクリアランス（ΔL=0, −30, −15, +15, +30mm）について、RI（線源）測定を１分×５回、BG(測定場に存在する自然放射能)測定を１分×３回行う。

⑤ 供試体底面からの測定

モールドの天地を反転し、仕上り面の場合と同様に底面からSRIDによる測定を行う。

⑥ 供試体解体

解体した試料の一部を炉乾燥させ、土質試験法による含水比を測定する。


はじめ
試料調整(含水比)
供試体作製
····· 4～5 層に分割し締固める。
供試体採寸
[基準湿潤密度 ρ_{t0}]
供試体仕上り面測定
ｸﾘｱﾗﾝｽ ΔL=0, −30, −15, +15, +30mm
RI 測定：1 分×5 回
BG測定：1 分×3 回
供試体底面測定
·····測定条件は仕上り面と同じ
供試体解体
·····含水比測定のための試料採取
おわり

図−2.4 較正試験の手順

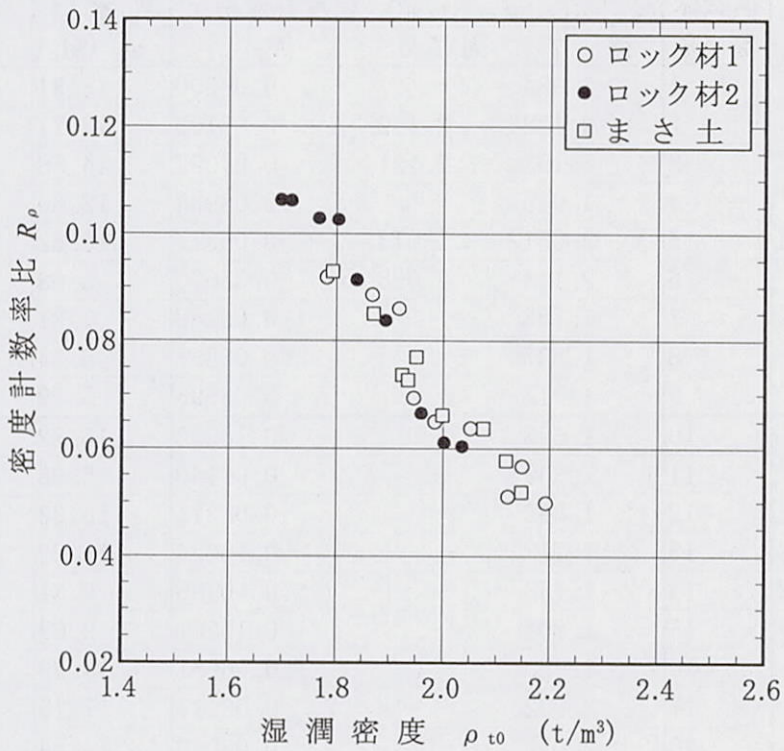
（3）試験結果

SRIDの較正試験値を**表－2.4** に示す(標準仕様:クリアランスの設計値 L_0=50mm)。ここで、表中の水分計数率比 R_m は測定値そのものであるが、密度計数率比 R_ρ は水分計の線源(^{252}Cf)に起因する２次ガンマ線の干渉を除去した値で示しており、これを実効密度計数率比とよぶ。また、基準湿潤密度の欄には供試体の採寸密度(質量と体積の比で定義した密度)の他に、試験途中から導入した固定式を用いて測定した値もあわせて示している。この固定式の測定深さは 30cm で、しかもSRIDと全く同じ幾何学的基本緒元をもっているため、測定領域は静止時のSRIDと同一である。また、その較正式はすでに確定されているものを用いた。

表－2.4 較正試験値

材　料	供試体番　号	湿潤密度 ρ_{t0} (t/m^3) 採　寸	湿潤密度 ρ_{t0} (t/m^3) 固定式	密度計数率比 R_ρ	含 水 比 w_0 (%)	水分計数率比 R_m
ロック材1	1	1.984	—	0.06500	15.81	0.11136
	2	2.122	2.112	0.05102	13.71	0.10347
	3	2.193	2.121	0.04992	14.58	0.09048
	4	1.945	—	0.06934	12.60	0.16614
	5	2.051	1.973	0.06374	10.52	0.16555
	6	2.148	2.058	0.05670	8.63	0.16645
	7	1.783	—	0.09188	7.31	0.37503
	8	1.867	—	0.08857	6.34	0.38529
	9	1.917	—	0.08595	5.59	0.41402
ロック材2	10	1.698	—	0.10633	15.82	0.22347
	11	1.839	—	0.09140	15.98	0.18011
	12	1.892	—	0.08375	15.33	0.16977
	13	1.717	—	0.10624	11.02	0.32469
	14	1.768	—	0.10285	9.31	0.34378
	15	1.804	—	0.10261	9.09	0.38710
	16	1.959	—	0.06651	18.39	0.10882
	17	2.002	—	0.06117	17.15	0.10498
	18	2.036	—	0.06040	14.84	0.11996
まさ土	19	2.075	2.005	0.06375	6.89	0.41709
	20	1.870	1.815	0.08501	6.69	0.57294
	21	1.950	1.881	0.07706	5.72	0.59612
	22	1.923	1.898	0.07361	8.46	0.41233
	23	2.118	2.058	0.05774	9.59	0.26367
	24	1.793	1.750	0.09296	8.83	0.45362
	25	1.934	1.917	0.07277	11.08	0.29148
	26	1.999	1.979	0.06612	11.76	0.24551
	27	2.147	2.127	0.05193	10.60	0.22819

SRIDの較正試験に固定式を併用した理由は、密度計の較正において採寸密度を基準にした場合、**図－2.5** に示すように較正データにかなりのばらつきが生じたことから、較正曲線に十分な信頼性を保証できないと判断したためである。このばらつきは供試体の密度が均質でないため、SRIDが測る領域内の密度と供試体全体の平均密度に差がでるために生じたものである。一般にRI法の較正試験のように容積の大きい供試体を必要とする場合、均質な供試体を作製するのが難しいので、ある程度のばらつきがでることは避けられず、かなりの数量の試験を繰り返す必要がある。ちなみに、固定式の較正試験は 60cm×60cm の矩形断面のモールドを使用しており、その高さは 40cm である。SRIDの試験では高さは同じであるが、自動走査式であることから、**図－2.3** に示したように直径 120cm の円形断面のモールドを用いている。矩形モールドと比べるとSRIDの供試体の断面積は３倍強になっており、このため均質性を保つことがいっそう困難になったものと考えられる。



図－2.5 採寸による湿潤密度と密度計数率比の関係

後に示すように、基準密度として採寸密度の代わりに固定式の測定値を用いると、較正データのばらつきは著しく小さくなることがわかったので、SRIDの較正曲線は固定式をベースにして決定することにした。ばらつきが小さくなった理由は既に述べたように両者が同一の幾何学的基本緒元をもっていることから、固定式を用いて多方向測定を行うことにより、固定

式とSRIDの測定領域の差を小さくできたことによるものである。したがって、供試体の内部密度の分布にばらつきがあっても、同じ領域を測定している限り両者の値は１対１の対応が得られるはずであり、本試験はこのことを改めて実証することになった。

(a) 密度計の較正曲線

密度計の較正曲線の決定に採用したデータを**表－2.5** に、回帰分析によって得られた較正曲線と較正式(1)を**図－2.6** に示す。採用したデータは固定式の測定が行われている全データ(13 点)と採寸密度を基準値に採用した 7 点のデータからなり、合計 20 点の較正データから較正式を決定した。このようにして定めた較正式は、(c)で説明するクリアランス L をも考慮した多重回帰式に L=50mm を代入して求めた較正式と事実上差がないことがわかったので、最終的には後者の多重回帰式から較正定数を決定した。(b)の水分計の場合も同様である。

表－2.5 密度計の較正試験値

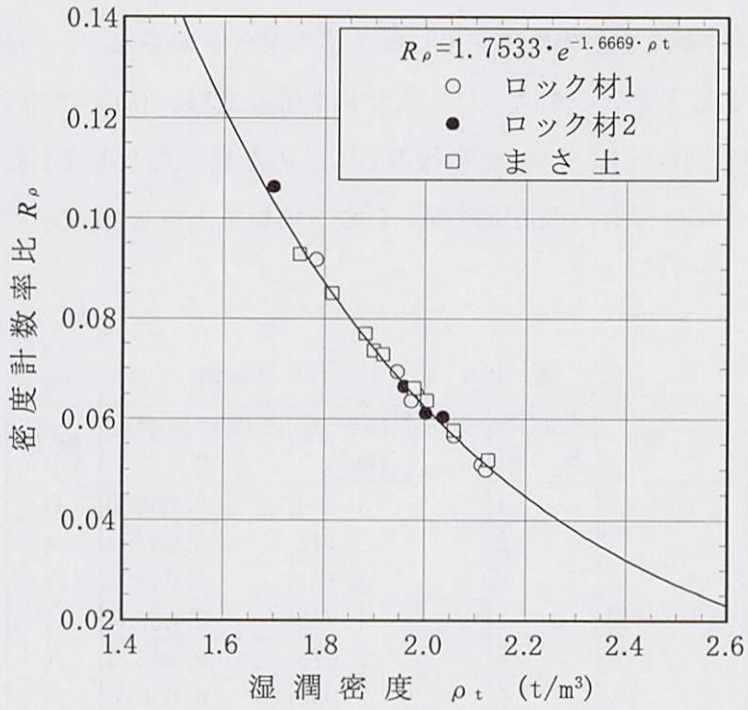
材　料	供試体番　号	基準湿潤密度 ρ_{t0} (t/m^3)	密度計数率比 R_ρ	摘要
ロック材1	1	1.984	0.06500	B
	2	2.112	0.05102	A
	3	2.121	0.04992	A
	4	1.945	0.06934	B
	5	1.973	0.06374	A
	6	2.058	0.05670	A
	7	1.783	0.09188	B
ロック材2	10	1.698	0.10633	B
	16	1.959	0.06651	B
	17	2.002	0.06117	B
	18	2.036	0.06040	B
まさ土	19	2.005	0.06375	A
	20	1.815	0.08501	A
	21	1.881	0.07706	A
	22	1.898	0.07361	A
	23	2.058	0.05774	A
	24	1.750	0.09296	A
	25	1.917	0.07277	A
	26	1.979	0.06612	A
	27	2.127	0.05193	A

摘要：A(固定式による密度)、B(採寸密度)

$$lnR_\rho = lnA + B\rho_t \qquad \text{(1)}$$

$A = 1.7533$, $B = -1.6669$

(標本数:$n = 100$ 決定係数:$r^2 = 0.9892$)



図−2.6 密度計較正曲線

(b) 水分計の較正曲線

水分計の較正試験値を**表−2.6** に示す。表中の基準湿潤密度 ρ_{t0} は、先に求められた密度較正式を用いて算出しており、したがって、水分計の較正では試験された 27 ケースのすべてのデータを採用している。乾燥密度 ρ_{d0} と含水量 ρ_{m0} は含水比試験から求められた炉乾燥含水比 w と ρ_{t0} から算出した値である。RI水分計は中性子線と水素原子核の相互作用を利用しているため、その応答は含水比によって定義される“土質工学的含水量” ρ_m の他に、結晶水や拘束水、有機物などに含まれる水素原子の量にも影響されるので、これらを加味した“等価含水量” ρ_m^* を用いて較正式を表現する必要がある。

表－2.6 水分計の較正試験値

材　料	供試体番　号	湿潤密度 ρ_{t0} (t/m³)	含水比 w_0 (%)	乾燥密度 ρ_{d0} (t/m³)	含水量 ρ_{m0} (t/m³)	水分計数率比 R_m
ロック材1	1	1.977	15.81	1.707	0.2698	0.11136
	2	2.122	13.71	1.866	0.2558	0.10347
	3	2.135	14.58	1.863	0.2717	0.09048
	4	1.938	12.60	1.721	0.2168	0.16614
	5	1.988	10.52	1.799	0.1893	0.16555
	6	2.059	8.63	1.895	0.1635	0.16645
	7	1.769	7.31	1.648	0.1205	0.37503
	8	1.791	6.34	1.684	0.1068	0.38529
	9	1.809	5.59	1.713	0.0958	0.41402
ロック材2	10	1.681	15.82	1.452	0.2297	0.22347
	11	1.772	15.98	1.528	0.2442	0.18011
	12	1.825	15.33	1.582	0.2425	0.16977
	13	1.682	11.02	1.515	0.1669	0.32469
	14	1.701	9.31	1.556	0.1449	0.34378
	15	1.703	9.09	1.561	0.1419	0.38710
	16	1.963	18.39	1.658	0.3049	0.10882
	17	2.013	17.15	1.718	0.2947	0.10498
	18	2.021	14.84	1.760	0.2611	0.11996
ま さ 土	19	1.988	6.89	1.860	0.1282	0.41709
	20	1.816	6.69	1.702	0.1138	0.57294
	21	1.875	5.72	1.773	0.1014	0.59612
	22	1.902	8.46	1.754	0.1484	0.41233
	23	2.048	9.59	1.868	0.1792	0.26367
	24	1.762	8.83	1.619	0.1430	0.45362
	25	1.909	11.08	1.718	0.1904	0.29148
	26	1.966	11.76	1.759	0.2069	0.24551
	27	2.111	10.60	1.909	0.2023	0.22819

水分計数率比 R_m は式(2)のとおりになる。

$$lnR_m = lnC + D\rho_m^* \qquad \text{(2)}$$

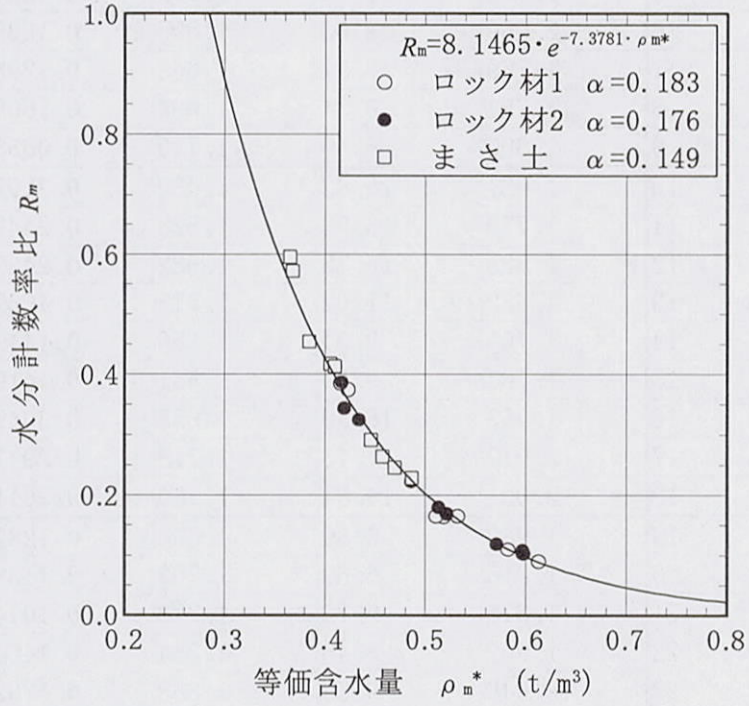
ここで、$\rho_m^* = \rho_m + \alpha \cdot \rho_d$

α は ρ_m^* に含まれる ρ_m 以外の含有量が材料ごとに異なっていることから、これを補正して等価含水量を土質工学的含水量に変換するために導入されたパラメータ(以後、水分補正係数という)である。

多重回帰分析によって決定した水分較正曲線と較正式を**図－2.7** に示す。各材料の α は図中に示されているとおりである。

$C = 8.1465$, $D = -7.3781$

(標本数:$n = 135$ 決定係数:$r^2 = 0.9918$)



図－2.7 水分計較正曲線

(c) クリアランスの影響

SRIDの適正な浮上高さを決定するために、浮上高さ(すなわち、平坦な地盤面と検出器の底面間の離間距離、クリアランスという)を変えたときに、較正式がどのように、またどの程度影響を受けるかを知っておく必要がある。この試験ではSRIDの標準クリアランス L_0=50mm を中心にして $L = L_0 \pm 15$mm, ± 30mm (L=20～80mm)の各ケースについて、較正試験時に同じ供試体を利用してクリアランスの影響を調べた。

①. 密度計

クリアランスの違いによる密度計数率比の大きさを**表－2.7** に示す。多重回帰分析においては、SRIDの較正式に含まれる較正定数 A および B が、クリアランス偏差 $\Delta L = L - 50$ (mm) に対して、次のように近似的に線形関係で表されるものと仮定した。

表−2.7　クリアランスの違いによる較正試験値

材　料	供試体番　号	湿潤密度 ρ_{t0} (t/m³)	密度計数率比 R_ρ				
			ΔL=−30mm	ΔL=−15mm	ΔL= 0mm	ΔL= 15mm	ΔL= 30mm
ロック材1	1	1.977	0.06268	0.06483	0.06500	0.06552	0.06544
	2	2.122	0.04875	0.05007	0.05102	0.05159	0.05242
	3	2.135	0.04921	0.04900	0.04992	0.05190	0.05212
	4	1.938	0.06727	0.06820	0.06934	0.07016	0.07046
	5	1.988	0.06127	0.06232	0.06374	0.06462	0.06518
	6	2.059	0.05396	0.05557	0.05670	0.05752	0.05769
	7	1.769	0.09011	0.08665	0.09188	0.08878	0.08857
	8	1.791	0.08861	0.08841	0.08857	0.08772	0.08674
	9	1.809	0.08676	0.08494	0.08595	0.08984	0.09027
ロック材2	10	1.681	0.10415	0.10551	0.10633	0.10667	0.10639
	11	1.772	0.08823	0.09031	0.09140	0.09492	0.09242
	12	1.825	0.08120	0.08275	0.08375	0.08473	0.08549
	13	1.682	0.10300	0.10506	0.10624	0.10741	0.10743
	14	1.701	0.10410	0.10128	0.10285	0.10516	0.10525
	15	1.703	0.10341	0.10287	0.10261	0.10419	0.10428
	16	1.963	0.06314	0.06529	0.06651	0.06778	0.06832
	17	2.013	0.05875	0.06029	0.06117	0.06190	0.06261
	18	2.021	0.05750	0.05947	0.06040	0.06164	0.06214
まさ土	19	1.988	0.06269	0.06364	0.06375	0.06375	0.06397
	20	1.816	0.08471	0.08515	0.08501	0.08560	0.08571
	21	1.875	0.07645	0.07710	0.07706	0.07743	0.07769
	22	1.902	0.07267	0.07372	0.07361	0.07434	0.07630
	23	2.048	0.05561	0.05663	0.05774	0.05744	0.05770
	24	1.762	0.09139	0.09200	0.09296	0.09211	0.09186
	25	1.909	0.07082	0.07155	0.07277	0.07189	0.07186
	26	1.966	0.06447	0.06568	0.06612	0.06690	0.06652
	27	2.111	0.05053	0.05148	0.05193	0.05226	0.05239

$$\ln A = a_0 + a_1 \cdot \Delta L \qquad \text{————(3)}$$

$$B = b_0 + b_1 \cdot \Delta L$$

$\ln R_\rho$の説明変数としてρ_tとΔLの２つを考慮した多重回帰分析を行い、ΔLによって密度較正式がどのように変化するかを検討した。ただし、(3)式を(1)式に代入すると交叉項$\Delta L \cdot \rho_t$がでてくるが、トライアル計算の結果、これを無視しても得られる較正式はほとんど変わらないことが分かったので、交叉項を無視して次の回帰式を仮定した。

$$\ln R_\rho = \ln A + B\rho_t$$
$$= a_0 + a_1 \cdot \Delta L + (b_0 + b_1 \cdot \Delta L)\ \rho_t$$
$$= a_0 + a_1 \cdot \Delta L + b_0 \rho_t + b_1 \cdot \Delta L \rho_t$$

ここで$\beta_0 = a_0$、$\beta_1 = a_1$、$\beta_2 = b_0$とおきかえる

$$\ln R_\rho = \beta_0 + \beta_1 \cdot \Delta L + \beta_2 \cdot \rho_t \quad \text{————(4)}$$

(4)式の形から分かるように、交叉項を無視できたことによって指数関数の肩の較正定数BはΔLによらないことになり、ΔLの違いは較正定数Aだけに反映されることになる。得られる較正式は次のとおりである。

$$\ln R_\rho = 0.56147 + 0.00066379 \cdot \Delta L + 1.66692 \cdot \rho_t \quad \text{————(5)}$$

(標本数:n = 100 決定係数:r^2 = 0.9892)

図−2.8 にΔLをパラメータとした密度較正曲線を示す。図に示されているように、クリアランスの違いによって生じる較正式の差はそれほど大きくないことが分かる。

②. 水分計

水分計のクリアランスと水分計数率比を**表−2.8** に示す。密度計の場合と同様にして、較正定数C, DとΔLの間に線形性を仮定し、交叉項を無視して多重回帰分析を行った。

$$\ln C = c_0 + c_1 \cdot \Delta L$$
$$D = d_0 + d_1 \cdot \Delta L \quad \text{————(6)}$$

$$\ln R_m = \beta_0 + \beta_1 \cdot \Delta L + \beta_2 \cdot \rho_m + \sum_{i=1}^{3} \alpha_i \cdot \rho_{di} \quad \text{————(7)}$$

多重回帰の結果、以下の値を得た。

$$\beta_0 = 2.09759,\quad \beta_1 = -0.0027795$$

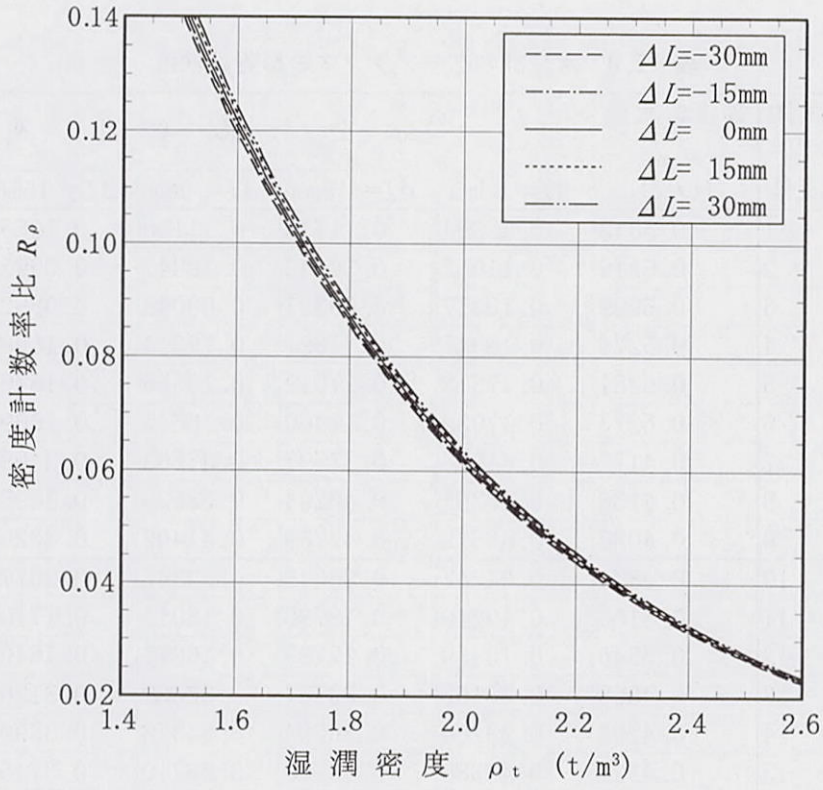
(標本数:n = 135 決定係数:r^2 = 0.9918)

図−2.9 にΔLをパラメータとした水分較正曲線を示す。水分計の場合も密度計と同様、クリアランスの違いによる較正式の差は大きくない。

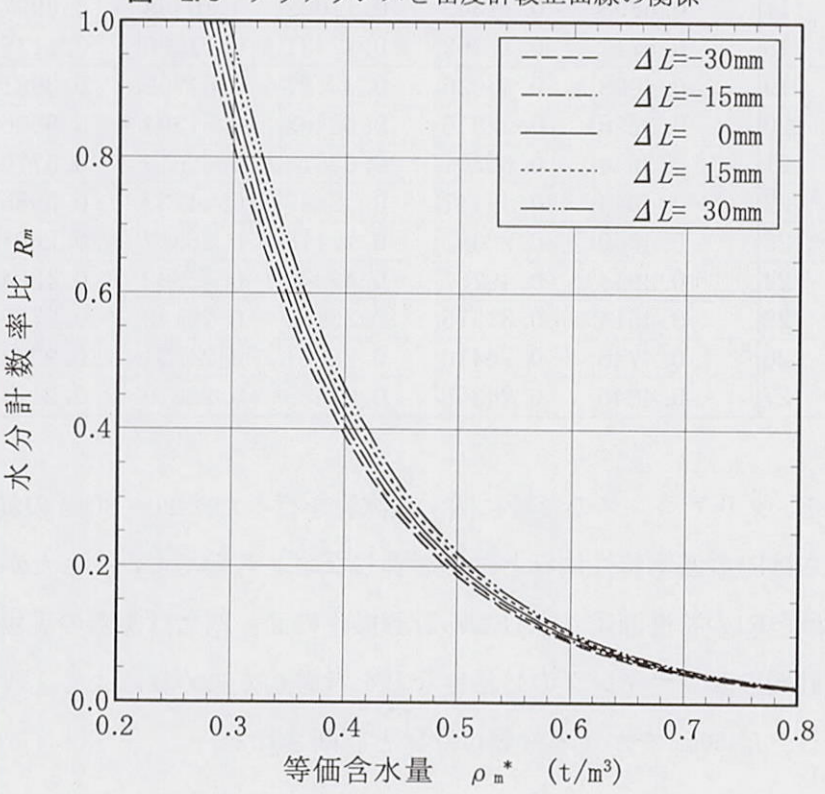
表－2.8　水分計のクリアランスの影響試験値

材　料	供試体番　号	等価含水量 ρ_{m0}^{*} (t/m³)	水分計数率比　R_m				
			ΔL=−30mm	ΔL=−15mm	ΔL= 0mm	ΔL= 15mm	ΔL= 30mm
ロック材1	1	0.5818	0.12394	0.11718	0.11136	0.10653	0.10456
	2	0.5918	0.11052	0.10443	0.10347	0.09922	0.09473
	3	0.6099	0.10377	0.09331	0.09048	0.08820	0.08452
	4	0.5276	0.18347	0.17621	0.16614	0.15985	0.15456
	5	0.5281	0.17978	0.17012	0.16555	0.15704	0.15138
	6	0.5273	0.17939	0.17460	0.16645	0.16090	0.15714
	7	0.4172	0.41058	0.37797	0.37503	0.34989	0.33560
	8	0.4136	0.43361	0.40294	0.38529	0.36980	0.35025
	9	0.4038	0.45872	0.42759	0.41402	0.40201	0.38924
ロック材2	10	0.4874	0.24247	0.23045	0.22347	0.20770	0.20335
	11	0.5166	0.19240	0.18786	0.18011	0.17104	0.16277
	12	0.5246	0.18459	0.17739	0.16977	0.16401	0.15885
	13	0.4368	0.35163	0.33757	0.32469	0.31267	0.30150
	14	0.4290	0.39200	0.36084	0.34378	0.33906	0.32454
	15	0.4129	0.43389	0.40768	0.38710	0.37456	0.35666
	16	0.5849	0.11519	0.11181	0.10882	0.10550	0.09855
	17	0.5898	0.11349	0.11002	0.10498	0.09978	0.09708
	18	0.5717	0.12860	0.12431	0.11996	0.11352	0.11019
ま さ 土	19	0.4028	0.45026	0.43181	0.41709	0.39817	0.38406
	20	0.3598	0.62916	0.60463	0.57294	0.55365	0.53641
	21	0.3544	0.65301	0.62618	0.59612	0.57704	0.56111
	22	0.4044	0.45147	0.43447	0.41233	0.39866	0.38257
	23	0.4650	0.28382	0.27118	0.26367	0.25015	0.24245
	24	0.3914	0.49767	0.47443	0.45362	0.43848	0.42236
	25	0.4514	0.31375	0.30158	0.29148	0.27664	0.26674
	26	0.4746	0.26412	0.25681	0.24551	0.23338	0.22600
	27	0.4846	0.24368	0.23459	0.22819	0.21212	0.20693

以上の結果から、クリアランスの影響に関する試験を行った L=20～80mm の範囲では、クリアランスの大きさはRIの基本特性にほとんど影響しないと考えてよい。したがって、クリアランスの大きさは、RIの特性面よりもむしろ計器操作の面、例えば実際の現場で予想される不陸の大きさ、計器のセッティングのし易さなどを考慮して決めればよく、設計で採用している標準値である、L_0=50mm をかえる必要はないと判断された。



図—2.8 クリアランスと密度計較正曲線の関係



図—2.9 クリアランスと水分計較正曲線の関係

2.2.2 不陸に関する影響試験

（1）試験条件と数量

測定地盤面の不陸に関する試験の試験条件と数量を**表－2.9**に示す。

表－2.9 試験条件と数量

要　因	ケース	摘　　要
材　料	1	まさ土(最大粒径9.5mm)
密　度	2	密詰、緩詰
含水比	2	湿潤、乾燥
不陸状態	10	測定面の凹凸を変える

(計4供試体、測定ケース合計40)

（2）試験手順

本試験では、現場で遭遇する測定地盤面の状況を想定して、供試体天端面から10cm下の平坦面までの間に様々な形状の不陸を形成し、1回走査を行ったときの平均不陸量とRI測定結果(密度および等価含水量)との関係を調べた。その手順は次のとおりである。また、**図－2.10**に試験のフローを示す。

① 材料調整

所定の含水比になるように試料を加水または乾燥させる。

② 供試体作製

モールド内に試料を投入し、所定の密度になるようにランマーを用いて締固める。締固めは4～5層に分けて行う。供試体高さは50cmとする。

③ A面測定

供試体仕上り面(A面)からSRIDの測定を行う。測定回数はRI測定を1分×5回、BG測定を1分×3回とする。

④ 不陸面測定

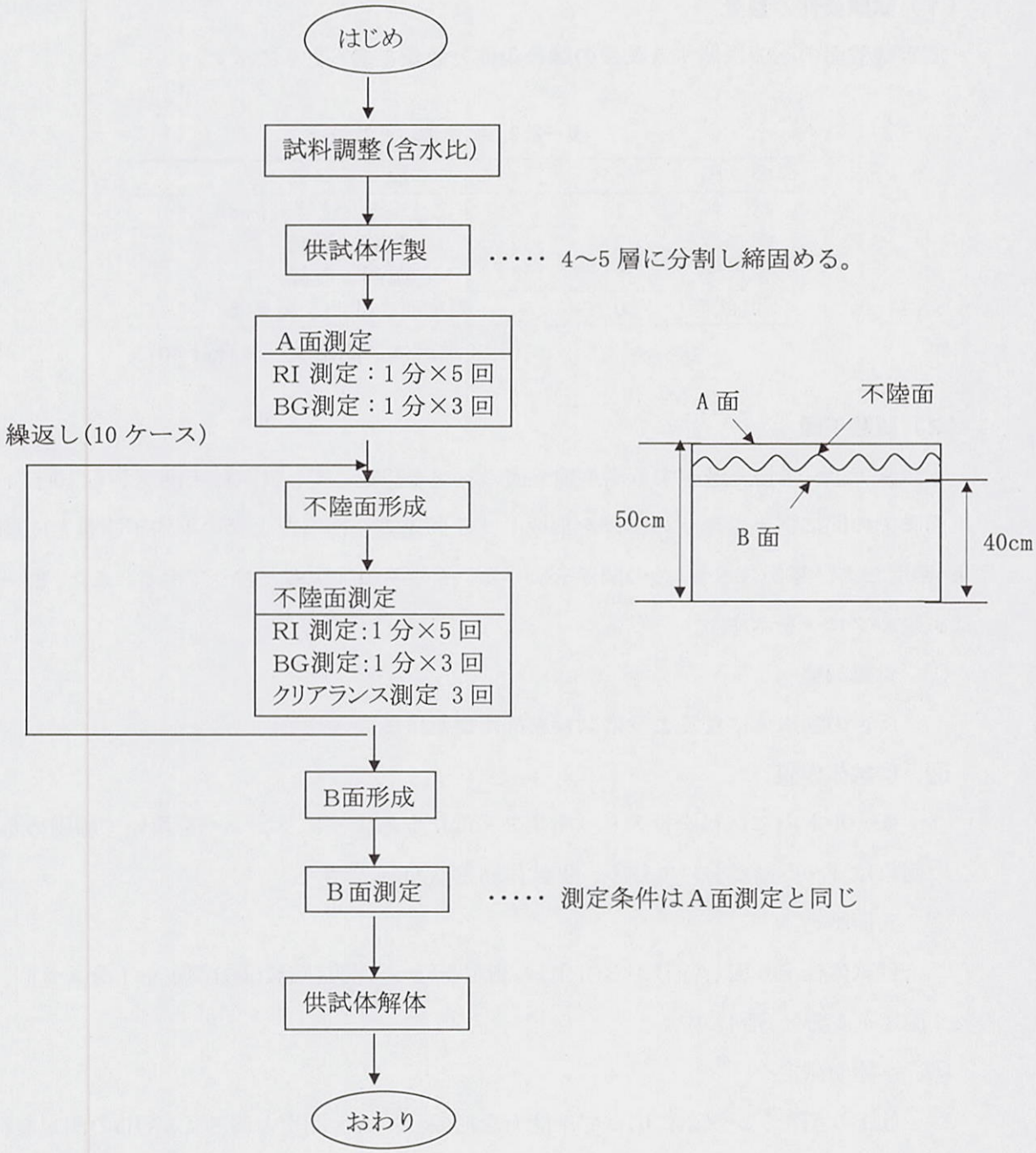
仕上り面をランダムに削って不陸面を形成し、A面測定と同じくSRIDの測定を行う。また、ポテンショメータを用いたクリアランス計により、測定器底面と供試体表面のクリアランスを測定した。クリアランスの測定回数は3回である。

⑤ B面測定

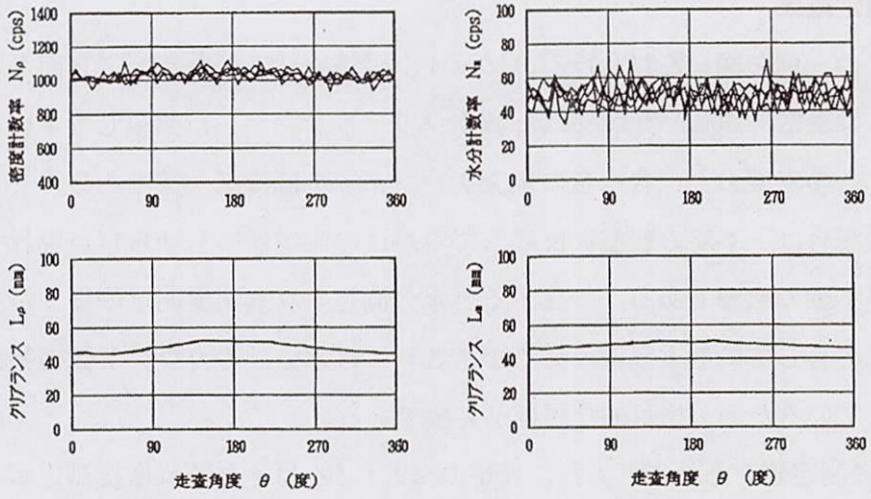
供試体の高さ40cm以上の部分を除去して平面を形成し(B面)、A面と同じ条件でSRIDによる測定を行う。

⑥ 供試体解体

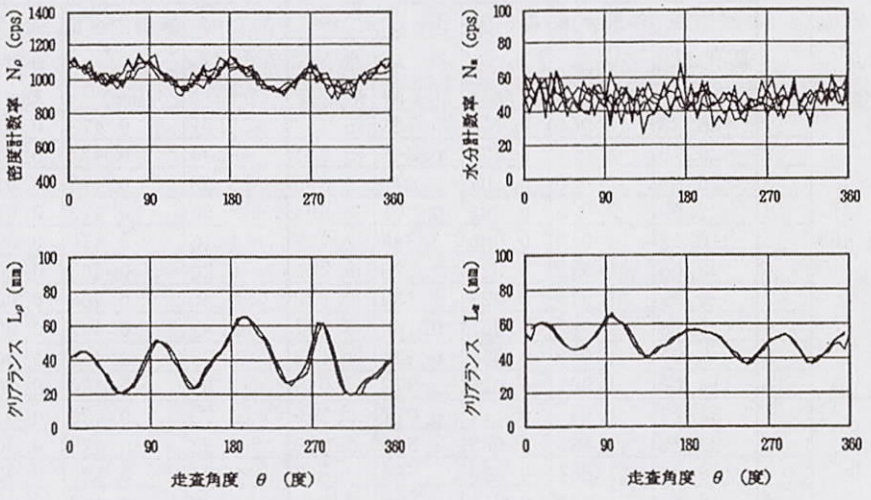
解体した試料の一部を炉乾燥させ、含水比を測定する。



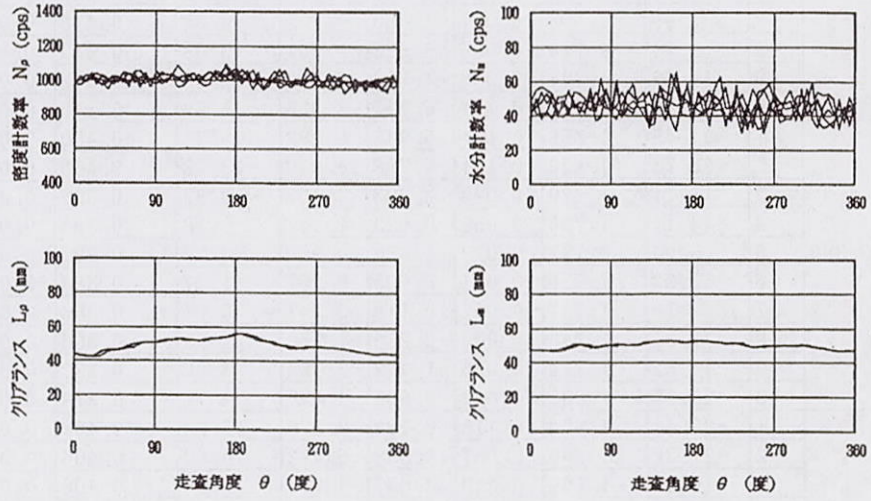
図－2.10 不陸に関する影響試験の手順



図－2.11(a)　走査データの一例（A 面）



図－2.11(b)　走査データの一例（不陸面）



図－2.11(c)　走査データの一例（B 面）

（3）測定結果

測定データの一例を**図－2.11(a)～(c)**に示す。平坦に仕上げたA面、B面といえども平均クリアランスは厳密に50mmではないが、設計クリアランスからは無視してよい程度の差しかない。このときの密度および含水量の走査プロフィールはほぼ一様である。一方、ランダムな不陸がある場合は、不陸の状態に反応してみかけの測定値にもゆらぎが現れているのがわかる。これが不陸の影響である。一見すると水分測定よりも密度測定のほうが不陸の存在に対して敏感に応答しているようにみえるが、これには水分計のカウント数の絶対値が小さいことも関係しているため、相対的な評価が必要である。

表－2.10に測定値をとりまとめた。表中のΔL_ρ, ΔL_mはそれぞれ密度測定ポイント、水分

表－2.10　不陸影響試験値

供試体番号	基準湿潤密度 ρ_{t0} (t/m³)	基準等価含水量 ρ_{m0}^* (t/m³)	ケース	密度計 クリアランス偏差 ΔL_ρ (mm)	密度計 湿潤密度 ρ_t (t/m³)	密度計 偏差 $\Delta\rho_t$ (t/m³)	密度計 $\Delta\rho_t/\rho_{t0}$(%) 原点補正前	密度計 $\Delta\rho_t/\rho_{t0}$(%) 原点補正後	水分計 クリアランス偏差 ΔL_m (mm)	水分計 等価含水量 ρ_m^* (mm)	水分計 偏差 $\Delta\rho_m^*$ (mm)	水分計 $\Delta\rho_m^*/\rho_{m0}^*$(%) 原点補正前	水分計 $\Delta\rho_m^*/\rho_{m0}^*$(%) 原点補正後
No. 1	1.953	0.463	1	-28.83	2.066	0.113	5.761	5.154	-18.01	0.473	0.010	2.215	2.721
			2	-29.70	2.077	0.124	6.348	5.741	-18.34	0.474	0.011	2.480	2.986
			3	-26.85	2.060	0.107	5.472	4.865	-15.96	0.473	0.010	2.228	2.734
			4	-21.99	2.035	0.082	4.201	3.594	-13.56	0.473	0.010	2.167	2.672
			5	-16.19	2.019	0.066	3.388	2.782	-11.16	0.470	0.007	1.611	2.117
			6	-3.08	1.979	0.026	1.328	0.721	-9.20	0.466	0.003	0.749	1.254
			7	-0.91	1.975	0.022	1.139	0.532	-8.30	0.468	0.005	1.091	1.597
			8	3.78	1.955	0.002	0.100	-0.507	-6.42	0.467	0.004	0.956	1.461
			9	6.80	1.943	-0.010	-0.536	-1.143	-2.95	0.462	-0.001	-0.193	0.313
			10	14.00	1.907	-0.046	-2.373	-2.980	3.82	0.456	-0.006	-1.323	-0.817
No. 2	1.835	0.420	1	-31.27	1.946	0.111	6.077	8.359	-19.79	0.438	0.018	4.394	3.981
			2	-23.22	1.899	0.065	3.526	5.808	-9.92	0.428	0.009	2.110	1.697
			3	-18.24	1.864	0.029	1.586	3.868	-6.04	0.426	0.006	1.420	1.007
			4	-15.19	1.846	0.011	0.605	2.887	-3.08	0.422	0.002	0.504	0.091
			5	-11.37	1.829	-0.006	-0.304	1.978	-0.07	0.421	0.002	0.458	0.045
			6	-11.10	1.836	0.001	0.068	2.350	-0.12	0.423	0.004	0.848	0.435
			7	-3.95	1.808	-0.027	-1.460	0.822	3.33	0.416	-0.003	-0.727	-1.140
			8	2.71	1.770	-0.065	-3.523	-1.241	9.98	0.413	-0.006	-1.507	-1.920
			9	10.73	1.747	-0.088	-4.782	-2.500	12.93	0.412	-0.008	-1.874	-2.287
			10	21.42	1.720	-0.114	-6.237	-3.955	16.59	0.410	-0.009	-2.187	-2.600
No. 3	1.745	0.389	1	-31.45	1.866	0.121	6.948	6.082	-15.23	0.400	0.011	2.864	3.426
			2	-25.73	1.846	0.101	5.788	4.922	-13.73	0.400	0.011	2.754	3.316
			3	-18.21	1.820	0.075	4.323	3.457	-10.93	0.396	0.007	1.726	2.287
			4	-14.11	1.798	0.053	3.023	2.157	-6.38	0.395	0.005	1.395	1.957
			5	-5.94	1.777	0.033	1.865	0.999	-4.27	0.391	0.002	0.439	1.001
			6	0.33	1.756	0.011	0.606	-0.261	-1.27	0.388	-0.002	-0.397	0.165
			7	2.78	1.747	0.002	0.119	-0.747	0.97	0.386	-0.003	-0.721	-0.159
			8	7.31	1.740	-0.005	-0.286	-1.153	2.23	0.386	-0.003	-0.874	-0.312
			9	14.82	1.719	-0.026	-1.488	-2.354	4.60	0.382	-0.007	-1.906	-1.344
			10	23.55	1.683	-0.062	-3.568	-4.435	9.72	0.378	-0.011	-2.867	-2.305
No. 4	1.850	0.399	1	-32.41	1.964	0.115	6.192	8.276	-17.24	0.408	0.009	2.269	2.912
			2	-27.25	1.936	0.087	4.688	6.772	-16.50	0.406	0.007	1.780	2.423
			3	-19.45	1.899	0.049	2.667	4.751	-12.59	0.406	0.007	1.761	2.405
			4	-12.17	1.864	0.015	0.789	2.873	-9.92	0.403	0.004	0.987	1.630
			5	-1.37	1.817	-0.033	-1.779	0.305	-2.98	0.399	0.000	-0.052	0.591
			6	4.61	1.810	-0.040	-2.156	-0.071	2.40	0.399	-0.001	-0.165	0.479
			7	11.63	1.765	-0.085	-4.572	-2.487	5.51	0.393	-0.007	-1.674	-1.031
			8	11.10	1.734	-0.115	-6.226	-4.142	13.22	0.387	-0.012	-3.123	-2.479
			9	20.84	1.712	-0.138	-7.453	-5.368	19.83	0.382	-0.017	-4.284	-3.640
			10	27.66	1.687	-0.162	-8.779	-6.695	23.66	0.380	-0.019	-4.870	-4.227

測定ポイントにおけるクリアランスの平均値から標準値 L_0＝50mm を差し引いた平均クリアランスの偏差である。また、湿潤密度 ρ_t, 等価含水量 ρ_m^*は、先述の較正式(標準クリアランス時)から得られたみかけの値である。

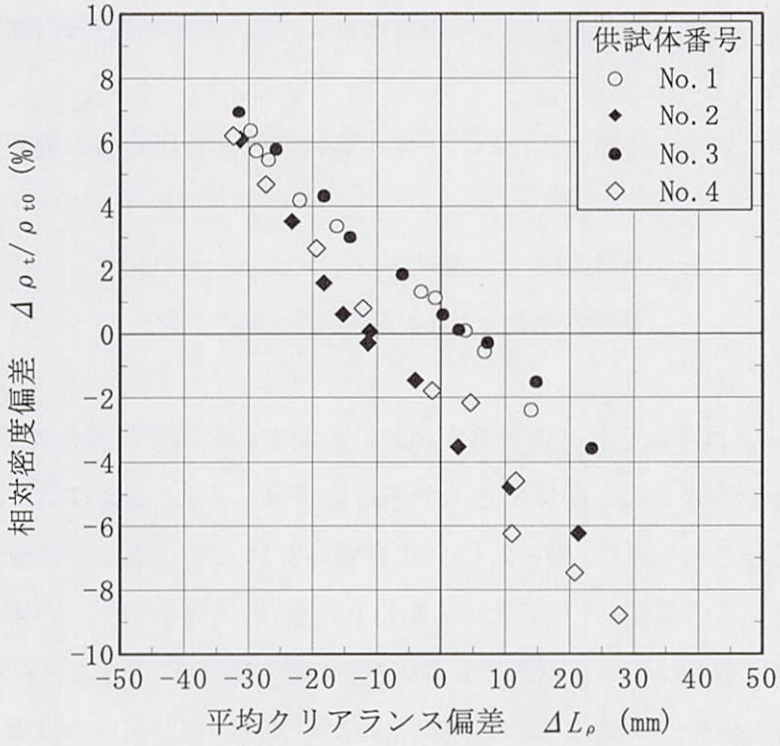
不陸の影響度を定量的に評価するため、まず不陸に起因する測定値の偏差を次のように定義する。

$$(密度) \qquad \Delta\rho_t = \rho_t - \rho_{t0} \qquad (1)$$

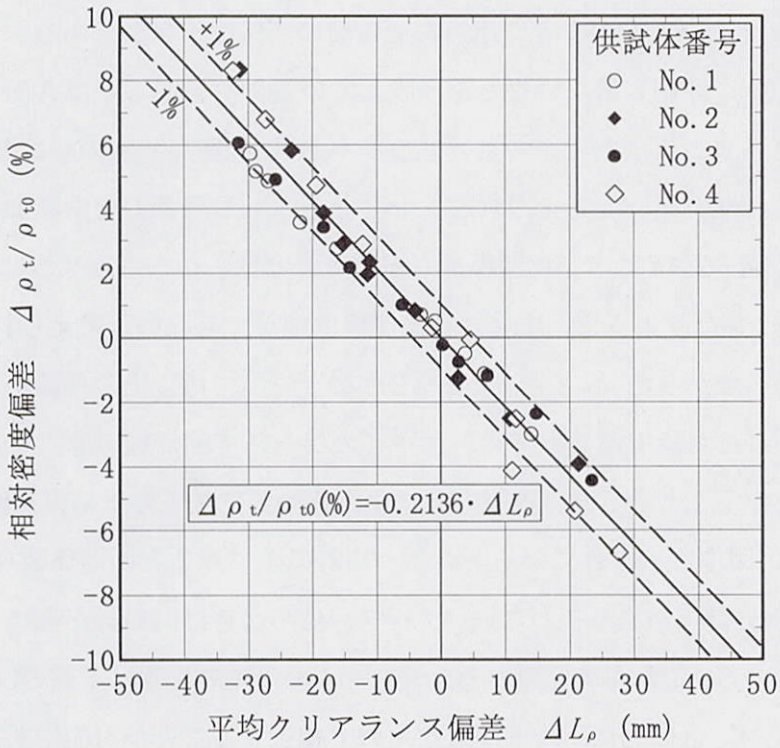
$$(等価含水量) \qquad \Delta\rho_m^* = \rho_m^* - \rho_{m0}^* \qquad (2)$$

ここで、ρ_{t0}とρ_{m0}^*はそれぞれA面とB面における測定結果の平均値を表す。不陸の影響は密度や含水量自身の大きさにも関係するので相対偏差 $\Delta\rho_t/\rho_{t0}$ および $\Delta\rho_m^*/\rho_{m0}^*$を用いて評価するのが妥当と考えられる。**図－2.12** および**図－2.14** に密度および等価含水量の相対偏差と平均クリアランスの偏差(クリアランス偏差という)の関係を示す。いずれのケースにおいても両者の関係は多少ばらつきがあるものの、ほぼ直線関係にあることを示している。

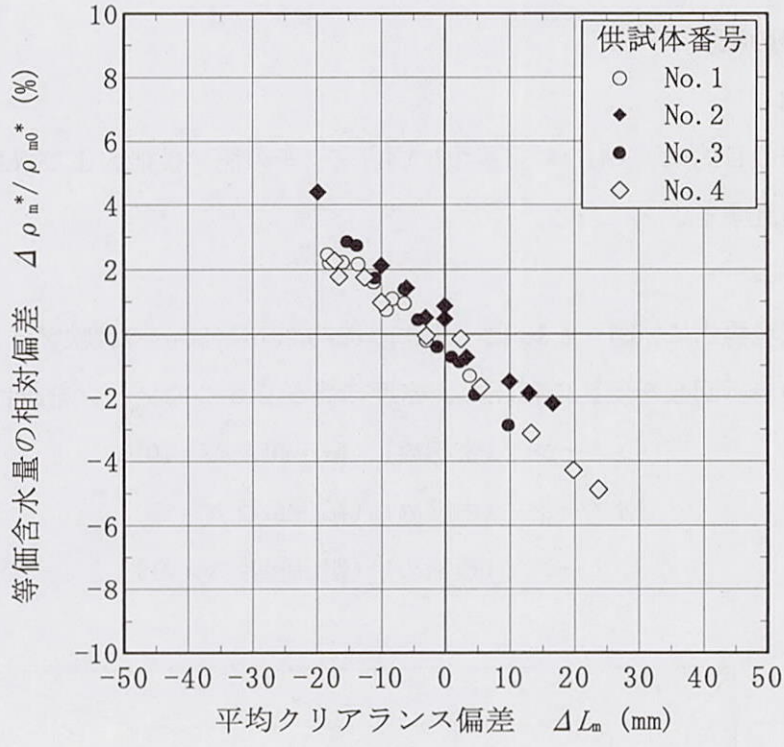
ここで、密度計の場合、供試体 No.1 と No.3 のケースは回帰結果はほぼ原点付近を通っているが、No.2 と No.4 のケースではそのようになっていない。水分計の場合は４つのケースすべてがほぼ原点を通っている。もし、不陸の影響が近似的に“平均不陸量”だけで評価できるとすれば、No.2 と No.4 のように原点を通らない関係は不自然である。平均不陸量だけではその影響を的確に評価し得ないことを示唆しているのか、あるいはA面とB面の平均値で定義した基準値 ρ_{t0}(これはあくまでも近似値である)に問題があるのかは断定できないが、おそらく後者の可能性が高いと考えられる。なぜなら、もし前者の理由によるものであるならば、**図－2.12** や**図－2.14** に示した関係はもっと大きなばらつきをみせるはずであり、図示されているように、かなりよくまとまった線形関係は期待できないと考えられるからである。ここでは原点を通らなかった No.2 と No.4 の２つのケースでは以上の推論から密度の基準値 ρ_{t0} が正確でなかったためであると考え、すべてのケースで回帰線が原点を通るように平行移動を行って修正することとした。縦軸方向に平行移動して補正した結果を**図－2.13** および**図－2.15** に示す。図中に示されているとおり、相対偏差でみると回帰係数(直線の傾きを表す)は、密度計と水分計であまり差がない。データのばらつきは回帰線からほとんど±１％の幅の中に収まっている。これらの結果から、ランダムな不陸の影響は不陸の詳細な分布(走査結果の形状)によらず、近似的に平均不陸量を用いて補正することが可能であると判断してよいと考えられる。



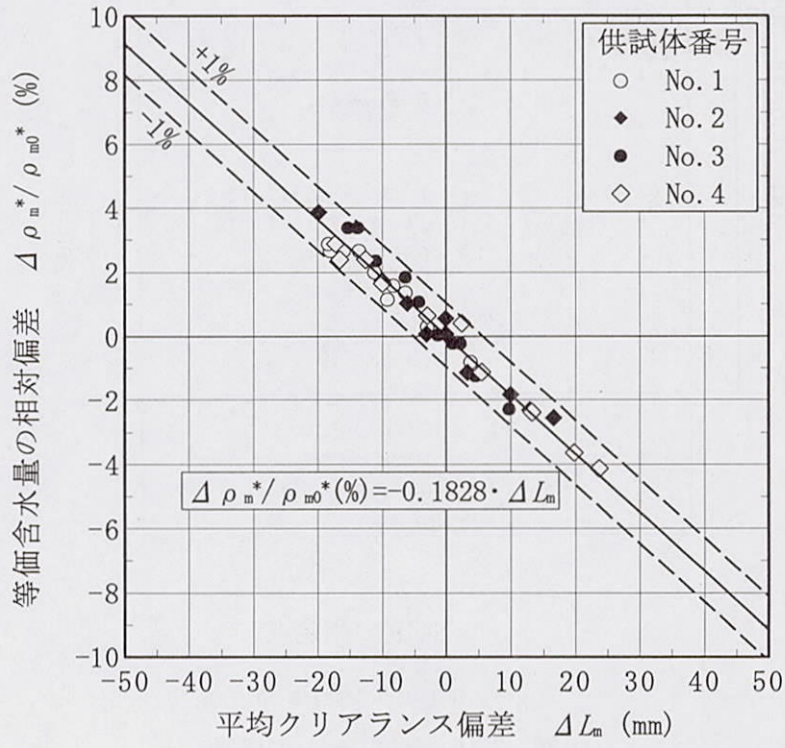
図－2.12　クリアランス偏差と相対密度偏差との関係(測定値)



図－2.13　クリアランス偏差と相対密度偏差との関係(原点補正後)



図－2.14 クリアランス偏差と等価含水量の相対偏差との関係(測定値)



図－2.15 クリアランス偏差と等価含水量の相対偏差との関係(原点補正後)

2.3　現地試験

2.3.1 現地試験の概要

（1）試験目的

この現地試験の目的は、SRIDの実用化に向けて、その測定性能および操作性を現場の測定環境のもとで検証することにある。

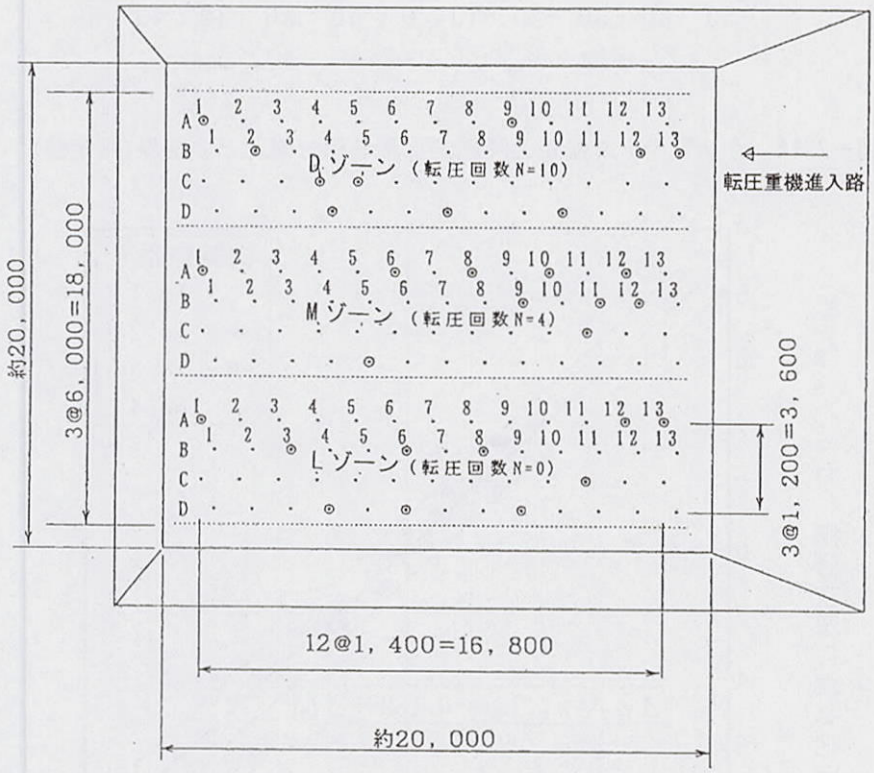
（2）試験ゾーン

ＳＵダム建設現場内に、**図－2.16** に示すように約 20m×20mの試験ゾーンを造成し、さらに振動ローラの走行回数を変えて転圧し、密度の異なる３つのゾーンを設けた。

Ｄゾーン：（密締め）（転圧回数 N=10）

Ｍゾーン：（中締め）（転圧回数 N= 4）

Ｌゾーン：（緩締め）（転圧回数 N= 0）



・　SRID の測定点

◎　固定式の測定点

図－2.16　試験ゾーンの概要

（3）試験数量

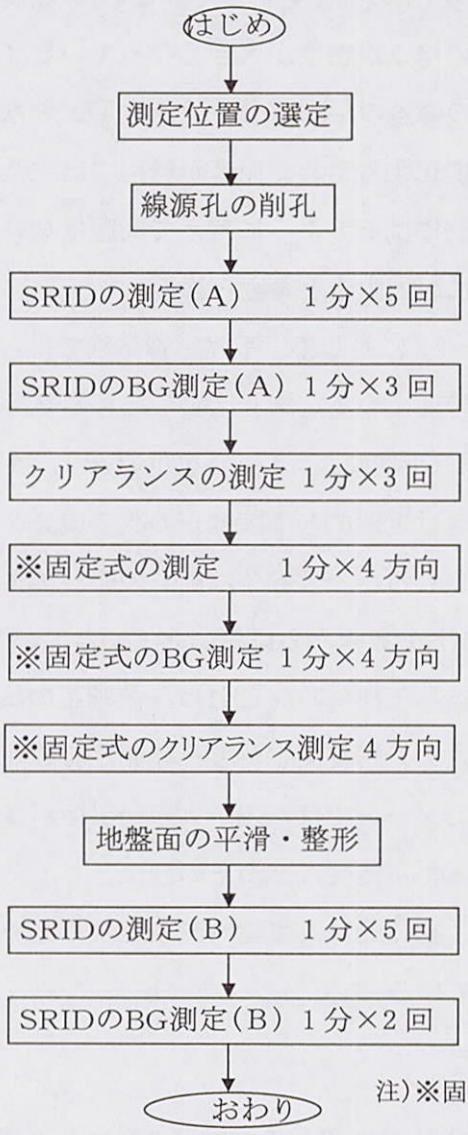
表－2.11　各ゾーンの試験数量

測定器	ゾーン(締固め度)			合計
	D (密締め)	M (中締め)	L (緩締め)	
SRID	51	50	52	153
固定式	10	10	10	30

(総計測点数：183)

（4）試験手順

試験の手順を**図－2.17** に示す。なお、測定面のクリアランスはSRIDでは室内検討の不陸影響試験で用いたクリアランス計により、また、固定式でも専用の測定器(測定器本体底面と同寸法の有孔ゲージ板)を用いて測定した。



注)※固定式は各ゾーン10測点のみ測定

図－2.17　現地試験の手順

2.3.2 不陸補正の適用性

ここでは、SRIDによる①地盤の整形前後のみかけの密度、含水比の比較分析と、②整形前のみかけの密度、含水比に不陸補正を行った結果と整形後の密度、含水比の比較分析を行い、不陸補正の妥当性を検討した。整形前では振動ローラ転圧後(ただしLゾーンでは転圧を行っていない)の自然のままの条件で測定しており、当然様々な大きさと形をもつランダムな不陸が存在している。整形後の測定では整形前の地表面の不陸を均して平滑化しているのでランダムなクリアランスはない。

各ゾーンにおける測定結果を**表－2.12(a)～(c)**にとりまとめて示す。

（1）密度の比較

図－2.18に整形前後の密度(不陸補正を行っていない)の相関とその偏差のヒストグラムを示す。整形前よりも整形後のほうが密度が大きくなっているプロットのほうが逆のケースよりも多くなっており、全体の偏差の平均は$\Delta \rho_t = 0.01 t/m^3$となっている。整形を施すことによって地表面近傍の状態が変化するため、両者が厳密には完全に同一の地盤の密度を計っているとはいえないが、近似的にはそのように考えて問題はない。したがって、両者の差は主として整形前の不陸の状況に起因すると考えられる。

図－2.19は、整形前のデータに対して、不陸影響試験で得られた補正係数を用いて不陸に対する補正を行った結果を整形後の測定値と比較したものである。図に示されているとおり、密度の偏りはほとんど消滅し(平均偏差: $\Delta \rho_t = 0.001 t/m^3$)、標準偏差も**図－2.18**よりも小さくなっている。このばらつきは近似的な不陸補正の誤差成分と地盤面の整形に伴う密度変化の成分からなるものと考えられるが、大部分は前者の寄与によるものと推察される。転圧をしていないLゾーンでは、95%分布幅からはみ出しているデータが８点ほどあるが(DやMゾーンではこのようなデータはみられない)、これは不陸補正の誤差がやや大きく現れたことを示唆している。地盤が緩いため、密度測定時と不陸測定時の回転中心軸の再現性が十分でなかった可能性や、相対的にLゾーンでは不陸が大きい場所が多かったため、近似精度がDやMゾーンに比べてよくなかった可能性などがその理由として考えられる。しかし、このような若干の問題はあるにしろ、総体的にみて室内試験で求めた簡単な不陸補正の方法は十分実用に耐えることが実証されている。

（2）含水比の比較

図－2.20に整形前後の含水比の相関とその偏差のヒストグラムを示す。密度の場合とは逆

に、含水比の測定値は整形後よりも整形前のほうが相対的に大きく、その差の平均値は-0.22%となっている。この場合も両者の差は主として不陸の違いによるものと考えてよい。

不陸補正を行って比較すると**図－2.21**に示す結果となり、含水比に対しても不陸補正がかなりの精度をもって機能していることが示されている。

（3）不陸補正に起因するばらつき

図－2.22 および**図－2.23** に密度および等価含水量について整形前後の相対偏差と走査平均クリアランスの偏差(50mm からのずれ)の関係を示す。プロットされているデータは**表－2.13(a)～(c)**に示している。図中の実線は不陸影響試験から得られた補正線を示しており、その両側の破線は補正線に対して±２%のラインを示している。Ｌゾーンの一部のデータを除くと、密度および等価含水量の相対偏差のプロットは、大部分±２%ライン内に分布していることがわかる。いいかえれば、ある程度転圧した地盤(すなわち、地表面が極端に乱れていないとき、あるいは比較的滑らかな不陸分布状況にあるとき)においては、不陸の分布の違いに起因するばらつきは±２%以下と評価してよいことを示している。

表－2.12(a)　Dゾーンの現場測定値

測点	平滑整形前					不陸補正後			平滑整形後		
	平均クリアランス		湿潤密度	等価含水量	含水比	湿潤密度	等価含水量	含水比	湿潤密度	等価含水量	含水比
番号	密度計 L_ρ (mm)	水分計 L_m (mm)	ρ_t (t/m^3)	ρ_m^* (t/m^3)	w (%)	ρ_{t2} (t/m^3)	ρ_{m2}^* (t/m^3)	w_2 (%)	ρ_{t1} (t/m^3)	ρ_{m1}^* (t/m^3)	w_1 (%)
A-01	55.54	52.09	1.935	0.5581	14.40	1.958	0.5602	14.02	1.958	0.5600	14.01
B-01	43.59	48.67	1.940	0.5550	14.02	1.914	0.5537	14.53	1.892	0.5556	15.25
C-01	57.48	54.35	1.853	0.5350	14.44	1.883	0.5393	14.07	1.862	0.5370	14.38
D-01	47.47	49.16	1.874	0.5325	13.72	1.864	0.5317	13.89	1.873	0.5347	13.93
A-02	51.94	48.54	1.933	0.5609	14.67	1.941	0.5594	14.35	1.945	0.5563	14.02
B-02	51.38	52.21	1.905	0.5391	13.53	1.911	0.5413	13.58	1.927	0.5329	12.52
C-02	61.88	54.47	1.842	0.5378	14.96	1.890	0.5422	14.14	1.886	0.5383	13.92
D-02	36.40	44.53	1.969	0.5401	12.18	1.913	0.5348	12.98	1.927	0.5322	12.47
B-03	53.02	51.65	1.891	0.5414	14.06	1.903	0.5430	13.90	1.909	0.5444	13.87
C-03	51.60	46.43	1.887	0.5408	14.11	1.893	0.5373	13.66	1.924	0.5451	13.58
D-03	50.66	50.62	1.911	0.5354	13.09	1.913	0.5360	13.08	1.927	0.5406	13.14
A-04	50.14	50.35	1.926	0.5558	14.41	1.927	0.5562	14.43	1.951	0.5584	14.03
B-04	45.00	48.40	1.941	0.5649	14.82	1.921	0.5633	15.18	1.941	0.5646	14.79
C-04	58.65	54.03	1.860	0.5440	15.04	1.895	0.5481	14.51	1.879	0.5428	14.48
D-04	52.58	52.03	1.922	0.5608	14.94	1.933	0.5629	14.85	1.925	0.5532	14.24
A-05	59.62	55.85	1.901	0.5565	15.09	1.941	0.5625	14.62	1.920	0.5561	14.59
B-05	45.59	46.36	1.967	0.5601	13.80	1.949	0.5564	13.93	1.968	0.5616	13.91
C-05	55.93	52.57	1.908	0.5518	14.52	1.932	0.5544	14.15	1.926	0.5563	14.47
D-05	55.63	53.16	1.911	0.5496	14.26	1.934	0.5528	13.97	1.924	0.5493	13.94
A-06	51.86	52.16	1.910	0.5331	12.92	1.918	0.5353	12.92	1.929	0.5326	12.44
B-06	50.28	51.63	1.852	0.5184	13.04	1.853	0.5199	13.15	1.860	0.5126	12.36
C-06	55.74	52.06	1.864	0.5290	13.66	1.887	0.5310	13.28	1.899	0.5310	12.99
D-06	56.99	53.08	1.912	0.5244	12.16	1.941	0.5274	11.76	1.931	0.5255	11.83
A-07	51.51	52.14	1.861	0.5176	12.76	1.867	0.5197	12.79	1.883	0.5246	12.83
B-07	50.82	51.43	1.848	0.5138	12.76	1.851	0.5151	12.79	1.854	0.5104	12.32
C-07	59.31	54.96	1.841	0.5129	12.84	1.878	0.5176	12.36	1.868	0.5129	12.20
D-07	63.68	61.32	1.776	0.4995	13.25	1.830	0.5101	12.86	1.842	0.5154	13.01
A-08	48.77	48.86	1.906	0.5465	14.12	1.901	0.5453	14.15	1.914	0.5463	13.91
B-08	49.75	48.66	1.892	0.5350	13.50	1.891	0.5337	13.42	1.898	0.5292	12.87
C-08	54.32	52.48	1.890	0.5310	13.21	1.907	0.5334	13.00	1.915	0.5330	12.80
D-08	52.49	51.68	1.935	0.5281	11.96	1.945	0.5297	11.87	1.966	0.5255	11.10
A-09	56.66	54.46	1.875	0.5436	14.62	1.903	0.5480	14.34	1.903	0.5407	13.71
B-09	53.37	51.25	1.895	0.5317	13.14	1.909	0.5330	12.93	1.905	0.5304	12.80
C-09	59.13	51.98	1.858	0.5221	13.22	1.895	0.5240	12.52	1.888	0.5241	12.69
D-09	59.15	54.57	1.881	0.5187	12.40	1.918	0.5231	11.92	1.899	0.5145	11.64
A-10	57.60	55.32	1.872	0.5391	14.32	1.903	0.5444	14.01	1.898	0.5394	13.71
B-10	50.23	48.92	1.969	0.5559	13.43	1.970	0.5548	13.32	1.967	0.5493	12.93
C-10	67.34	59.20	1.747	0.5004	14.08	1.814	0.5090	13.14	1.799	0.5013	12.85
D-10	45.76	48.64	2.021	0.5557	12.27	2.003	0.5543	12.55	2.017	0.5531	12.15
A-11	57.97	54.37	1.973	0.5913	16.23	2.008	0.5961	15.78	2.014	0.5948	15.51
B-11	54.55	50.95	1.975	0.5781	15.09	1.994	0.5791	14.71	1.997	0.5850	15.13
C-11	56.20	54.59	1.844	0.5551	16.46	1.869	0.5598	16.22	1.869	0.5556	15.83
D-11	63.76	56.17	1.938	0.5903	17.06	1.996	0.5971	16.13	1.962	0.5926	16.63
A-12	45.83	52.63	1.937	0.5916	17.20	1.920	0.5945	17.92	1.905	0.5934	18.23
B-12	48.11	50.04	1.931	0.6002	18.11	1.923	0.6002	18.33	1.926	0.6007	18.31
C-12	46.95	48.96	1.890	0.5822	17.64	1.878	0.5811	17.88	1.880	0.5801	17.73
D-12	54.63	53.91	1.955	0.5976	17.24	1.974	0.6019	17.10	1.975	0.6019	17.09
A-13	54.81	54.68	1.919	0.5978	18.23	1.939	0.6029	18.13	1.948	0.6060	18.16
B-13	56.00	54.11	1.807	0.5684	18.76	1.830	0.5727	18.47	1.839	0.5720	18.14
C-13	58.04	54.58	1.870	0.5722	17.29	1.902	0.5770	16.84	1.883	0.5658	16.37
D-13	62.23	56.86	1.874	0.5688	16.88	1.924	0.5760	16.18	1.895	0.5682	16.26

表－2.12(b)　Mゾーンの現場測定値

測点番号	平滑整形前					不陸補正後			平滑整形後		
	平均クリアランス		湿潤密度	等価含水量	含水比	湿潤密度	等価含水量	含水比	湿潤密度	等価含水量	含水比
	密度計 L_ρ (mm)	水分計 L_m (mm)	ρ_t (t/m^3)	ρ_m^* (t/m^3)	w (%)	ρ_{t2} (t/m^3)	ρ_{m2}^* (t/m^3)	w_2 (%)	ρ_{t1} (t/m^3)	ρ_{m1}^* (t/m^3)	w_1 (%)
A-01	53.56	53.68	1.744	0.4835	12.63	1.757	0.4868	12.59	1.768	0.4908	12.68
B-01	48.53	51.32	1.805	0.4897	11.70	1.800	0.4909	11.93	1.802	0.4905	11.83
C-01	56.95	55.52	1.730	0.4831	12.94	1.756	0.4880	12.73	1.754	0.4860	12.60
D-01	63.13	56.57	1.745	0.4892	13.11	1.795	0.4951	12.39	1.786	0.4924	12.39
A-02	58.09	51.72	1.752	0.4985	13.78	1.782	0.5000	13.14	1.795	0.5027	13.06
B-02	53.37	50.06	1.707	0.4661	11.98	1.719	0.4661	11.68	1.752	0.4761	11.78
C-02	58.83	54.15	1.775	0.4934	12.74	1.809	0.4972	12.25	1.801	0.4975	12.46
A-03	57.47	56.30	1.742	0.4930	13.53	1.770	0.4987	13.33	1.769	0.4971	13.22
B-03	49.98	48.41	1.800	0.4926	12.07	1.800	0.4912	11.95	1.818	0.4906	11.47
C-03	60.61	54.75	1.721	0.4798	12.88	1.760	0.4840	12.26	1.764	0.4851	12.27
D-03	51.12	51.29	1.766	0.4774	11.56	1.770	0.4786	11.56	1.816	0.4896	11.44
A-04	49.27	48.71	1.874	0.5307	13.55	1.872	0.5295	13.52	1.857	0.5292	13.85
B-04	46.67	47.56	1.761	0.4893	12.73	1.748	0.4872	12.84	1.774	0.4939	12.80
C-04	53.50	51.22	1.827	0.5093	12.86	1.841	0.5104	12.64	1.836	0.5137	13.02
D-04	52.53	51.62	1.723	0.4785	12.70	1.732	0.4799	12.60	1.723	0.4740	12.29
A-05	61.10	58.59	1.865	0.5373	14.35	1.910	0.5459	13.97	1.897	0.5369	13.54
B-05	45.84	42.93	1.765	0.5131	14.77	1.749	0.5065	14.59	1.780	0.5080	13.90
C-05	51.95	49.55	1.897	0.5399	13.79	1.905	0.5395	13.57	1.912	0.5399	13.43
D-05	48.21	50.08	1.802	0.4958	12.31	1.795	0.4959	12.48	1.799	0.4890	11.78
A-06	60.29	56.35	1.866	0.5238	13.16	1.908	0.5299	12.70	1.894	0.5273	12.81
B-06	59.62	55.64	1.845	0.5272	13.98	1.883	0.5327	13.51	1.875	0.5350	13.91
C-06	48.89	51.02	1.919	0.5413	13.37	1.915	0.5423	13.56	1.930	0.5417	13.16
A-07	42.76	45.78	1.812	0.5057	12.91	1.785	0.5018	13.25	1.791	0.5038	13.25
B-07	56.16	51.92	1.741	0.5056	14.72	1.764	0.5074	14.27	1.781	0.5086	13.94
C-07	53.94	55.22	1.837	0.5216	13.68	1.852	0.5266	13.73	1.855	0.5203	13.13
D-07	46.44	48.31	1.789	0.4990	12.90	1.775	0.4975	13.09	1.778	0.5039	13.59
A-08	44.37	45.79	1.927	0.4983	9.79	1.904	0.4945	9.96	1.937	0.4981	9.57
B-08	53.67	52.78	1.747	0.4919	13.30	1.761	0.4944	13.18	1.773	0.4940	12.84
C-08	45.51	50.82	1.864	0.5214	13.01	1.847	0.5222	13.50	1.850	0.5199	13.22
D-08	61.04	57.37	1.739	0.4971	13.98	1.781	0.5038	13.51	1.787	0.5019	13.19
A-09	38.96	45.63	1.990	0.4802	7.29	1.944	0.4764	7.82	1.982	0.4835	7.66
B-09	59.63	55.79	1.840	0.5192	13.41	1.878	0.5248	12.96	1.857	0.5216	13.20
C-09	46.59	48.88	1.874	0.5223	12.84	1.861	0.5213	13.07	1.887	0.5212	12.45
D-09	51.41	50.83	1.904	0.5456	14.11	1.909	0.5465	14.04	1.898	0.5395	13.74
A-10	64.33	55.98	1.901	0.5663	15.94	1.961	0.5725	14.97	1.945	0.5680	14.98
B-10	55.27	50.57	1.944	0.5382	12.57	1.966	0.5387	12.13	1.951	0.5351	12.17
C-10	54.55	55.34	1.898	0.5372	13.53	1.917	0.5425	13.54	1.927	0.5373	12.88
D-10	53.76	51.23	1.881	0.5357	13.82	1.896	0.5369	13.56	1.878	0.5289	13.31
A-11	55.96	53.46	1.880	0.5586	15.81	1.904	0.5622	15.49	1.892	0.5590	15.53
B-11	53.19	52.19	1.940	0.5532	13.87	1.953	0.5554	13.74	1.939	0.5508	13.69
C-11	51.45	51.52	1.891	0.5451	14.36	1.897	0.5466	14.35	1.904	0.5411	13.72
D-11	60.22	56.97	1.830	0.5262	14.25	1.871	0.5330	13.82	1.863	0.5280	13.59
A-12	54.17	52.49	1.907	0.5773	16.73	1.925	0.5800	16.51	1.930	0.5781	16.20
B-12	52.92	52.54	1.859	0.5567	16.20	1.871	0.5593	16.12	1.866	0.5559	15.93
C-12	53.02	52.09	1.823	0.5457	16.16	1.835	0.5478	16.03	1.828	0.5405	15.57
D-12	54.64	53.87	1.826	0.5489	16.37	1.845	0.5528	16.23	1.845	0.5459	15.60
A-13	46.53	47.99	1.856	0.5623	16.77	1.843	0.5602	16.96	1.833	0.5555	16.80
B-13	45.85	48.57	1.809	0.5431	16.33	1.793	0.5417	16.64	1.802	0.5394	16.17
C-13	58.18	55.91	1.862	0.5518	15.68	1.895	0.5578	15.35	1.873	0.5525	15.46
D-13	53.03	52.69	1.853	0.5518	15.93	1.865	0.5545	15.85	1.869	0.5539	15.67

表－2.12(c)　Lゾーンの現場測定値

測点番号	平滑整形前					不陸補正後			平滑整形後		
	平均クリアランス		湿潤密度	等価含水量	含水比	湿潤密度	等価含水量	含水比	湿潤密度	等価含水量	含水比
	密度計	水分計									
	L_ρ (mm)	L_m (mm)	ρ_t (t/m^3)	ρ_m^* (t/m^3)	w (%)	ρ_{t2} (t/m^3)	ρ_{m2}^* (t/m^3)	w_2 (%)	ρ_{t1} (t/m^3)	ρ_{m1}^* (t/m^3)	w_1 (%)
A-01	53.29	49.75	1.721	0.4921	14.00	1.733	0.4919	13.66	1.701	0.4888	14.22
B-01	50.82	47.71	1.694	0.4838	13.95	1.697	0.4818	13.68	1.651	0.4716	13.96
C-01	46.92	46.63	1.650	0.4564	12.53	1.639	0.4536	12.55	1.629	0.4537	12.81
D-01	36.50	42.83	1.748	0.4859	12.74	1.699	0.4796	13.41	1.694	0.4777	13.37
A-02	51.33	52.16	1.655	0.4676	13.47	1.659	0.4695	13.52	1.655	0.4656	13.27
B-02	45.71	41.50	1.734	0.4787	12.45	1.718	0.4714	12.18	1.734	0.4782	12.40
C-02	24.14	34.43	1.782	0.4867	11.98	1.689	0.4732	13.08	1.672	0.4817	14.34
D-02	44.55	47.27	1.715	0.4773	12.79	1.696	0.4750	13.08	1.712	0.4779	12.92
A-03	65.56	60.55	1.689	0.4867	14.36	1.747	0.4962	13.70	1.702	0.4885	14.15
B-03	56.61	52.35	1.640	0.4607	13.21	1.663	0.4627	12.77	1.687	0.4691	12.75
C-03	36.44	47.01	1.712	0.4753	12.69	1.664	0.4727	13.71	1.742	0.4885	13.13
D-03	40.36	44.72	1.740	0.4834	12.72	1.705	0.4788	13.19	1.779	0.4882	12.19
A-04	30.50	36.42	1.796	0.4898	11.93	1.724	0.4779	12.62	1.791	0.4968	12.64
B-04	44.82	42.65	1.730	0.4854	13.15	1.711	0.4790	13.05	1.739	0.4976	14.02
C-04	53.50	45.06	1.695	0.4821	13.76	1.708	0.4778	13.03	1.759	0.4906	12.88
D-04	66.03	60.02	1.677	0.4794	13.99	1.736	0.4884	13.25	1.703	0.4831	13.64
A-05	64.87	53.51	1.738	0.4995	14.22	1.795	0.5027	13.06	1.758	0.5004	13.80
B-05	56.28	54.35	1.746	0.5009	14.14	1.770	0.5049	13.88	1.778	0.5070	13.88
C-05	42.76	49.27	1.838	0.5240	13.85	1.810	0.5233	14.49	1.827	0.5180	13.62
D-05	49.04	48.05	1.797	0.5092	13.58	1.794	0.5074	13.51	1.810	0.5124	13.56
A-06	51.12	51.31	1.825	0.5217	13.99	1.829	0.5230	13.99	1.824	0.5186	13.75
B-06	59.03	54.86	1.766	0.5160	15.00	1.801	0.5207	14.50	1.781	0.5157	14.59
C-06	61.05	52.68	1.757	0.5035	14.10	1.799	0.5060	13.25	1.806	0.5134	13.72
D-06	51.98	53.01	1.759	0.5015	13.88	1.766	0.5043	13.93	1.763	0.5010	13.72
A-07	47.42	51.80	1.794	0.5142	14.10	1.784	0.5159	14.50	1.809	0.5176	14.04
B-07	35.03	37.94	1.871	0.5248	13.14	1.813	0.5135	13.57	1.797	0.5181	14.36
C-07	49.89	45.16	1.846	0.5358	14.70	1.845	0.5311	14.30	1.889	0.5412	14.09
D-07	52.41	49.96	1.687	0.4976	15.44	1.696	0.4975	15.19	1.706	0.4931	14.49
A-08	44.57	50.45	1.757	0.5038	14.13	1.737	0.5042	14.70	1.693	0.4925	14.80
B-08	47.65	49.56	1.805	0.5303	15.26	1.796	0.5299	15.46	1.835	0.5274	14.23
C-08	54.13	48.00	1.778	0.5231	15.34	1.794	0.5212	14.74	1.797	0.5195	14.51
D-08	42.80	44.79	1.766	0.5075	14.23	1.739	0.5027	14.49	1.776	0.5034	13.61
A-09	41.92	33.10	1.708	0.5194	16.98	1.679	0.5039	16.31	1.694	0.5049	15.96
B-09	52.13	44.60	1.721	0.5153	16.20	1.728	0.5103	15.50	1.749	0.5137	15.24
C-09	55.36	53.17	1.785	0.5291	15.69	1.806	0.5322	15.42	1.807	0.5303	15.21
D-09	46.74	46.46	1.669	0.4954	15.76	1.657	0.4922	15.78	1.645	0.4867	15.60
A-10	57.03	55.69	1.697	0.5094	16.33	1.722	0.5148	16.10	1.714	0.5085	15.74
B-10	51.81	55.78	1.729	0.5079	15.24	1.736	0.5133	15.57	1.691	0.5080	16.35
C-10	46.13	45.74	1.715	0.5049	15.37	1.700	0.5010	15.40	1.713	0.5001	14.96
D-10	54.58	55.86	1.703	0.5056	15.78	1.719	0.5111	15.83	1.723	0.5051	15.16
A-11	61.28	56.96	1.649	0.4870	15.50	1.690	0.4933	14.95	1.666	0.4871	15.02
B-11	37.19	44.75	1.805	0.5275	15.01	1.757	0.5225	15.85	1.745	0.5261	16.52
C-11	59.39	54.19	1.767	0.5245	15.77	1.803	0.5285	15.16	1.754	0.5188	15.58
D-11	45.18	48.64	1.794	0.5289	15.41	1.776	0.5275	15.79	1.782	0.5276	15.63
A-12	61.03	58.31	1.778	0.5376	16.67	1.821	0.5459	16.24	1.817	0.5408	15.89
B-12	60.48	57.40	1.703	0.5210	17.28	1.742	0.5281	16.82	1.725	0.5224	16.75
C-12	58.46	55.36	1.727	0.5256	17.01	1.759	0.5308	16.59	1.750	0.5283	16.60
D-12	45.48	44.54	1.808	0.5427	16.30	1.791	0.5373	16.28	1.728	0.5349	17.91
A-13	46.44	50.20	1.760	0.5290	16.39	1.746	0.5292	16.79	1.724	0.5209	16.63
B-13	29.45	40.89	1.821	0.5265	14.52	1.744	0.5179	15.78	1.680	0.5217	18.06
C-13	60.95	58.12	1.695	0.5155	16.98	1.736	0.5233	16.54	1.704	0.5221	17.37
D-13	39.93	40.28	1.774	0.5348	16.54	1.736	0.5255	16.73	1.812	0.5414	16.09

表－2.13(a)　Dゾーンの密度および等価含水量の偏差と相対偏差

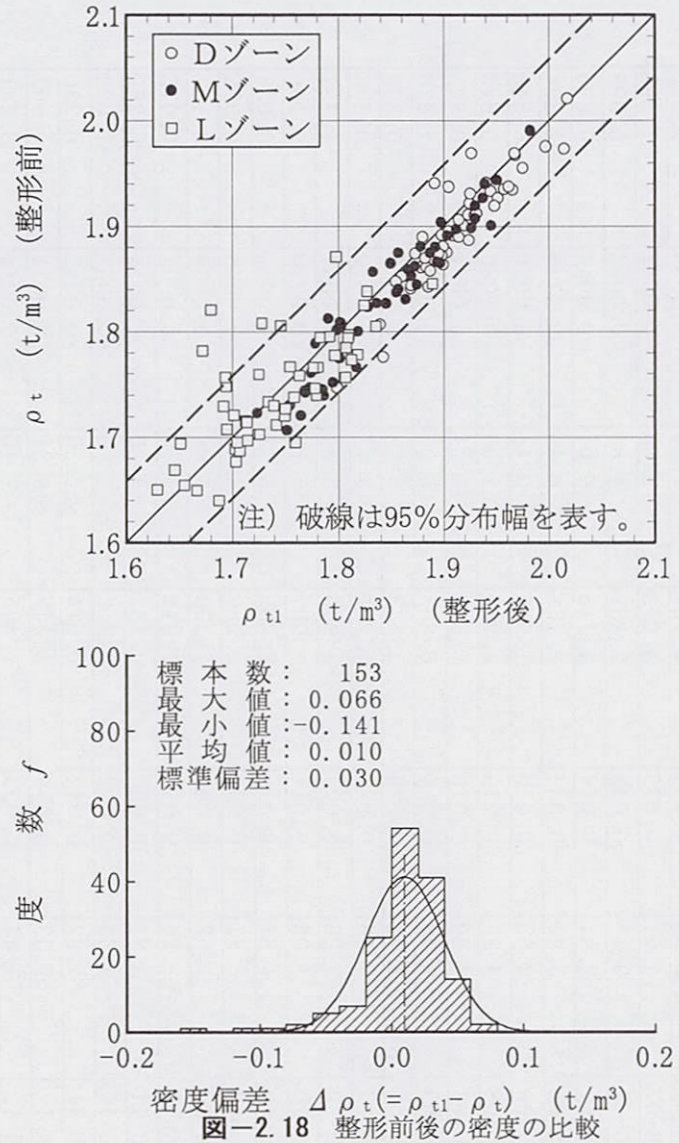
測点番号	ｸﾘｱﾗﾝｽ偏差（密度計） ΔL_ρ (mm)	密度偏差 $\Delta\rho_t$ $(\rho_{t1}-\rho_t)$ (t/m^3)	密度相対偏差 $\Delta\rho_t/\rho_{t1}$ (%)	ｸﾘｱﾗﾝｽ偏差（水分計） ΔL_m (mm)	等価含水量の偏差 $\Delta\rho_m^*$ $(\rho_{m1}^*-\rho_m^*)$ (t/m^3)	等価含水量の相対偏差 $\Delta\rho_m^*/\rho_{m1}^*$ (%)
A-01	5.54	0.023	1.161	2.09	0.0019	0.334
B-01	-6.41	-0.049	-2.566	-1.33	0.0006	0.108
C-01	7.48	0.009	0.508	4.35	0.0020	0.372
D-01	-2.53	-0.001	-0.058	-0.84	0.0022	0.405
A-02	1.94	0.011	0.584	-1.46	-0.0046	-0.830
B-02	1.38	0.022	1.147	2.21	-0.0062	-1.162
C-02	11.88	0.043	2.291	4.47	0.0004	0.082
D-02	-13.60	-0.042	-2.186	-5.47	-0.0079	-1.493
B-03	3.02	0.018	0.966	1.65	0.0030	0.545
C-03	1.60	0.037	1.929	-3.57	0.0042	0.776
D-03	0.66	0.016	0.844	0.62	0.0052	0.958
A-04	0.14	0.025	1.275	0.35	0.0025	0.454
B-04	-5.00	0.000	-0.022	-1.60	-0.0004	-0.070
C-04	8.65	0.018	0.966	4.03	-0.0013	-0.233
D-04	2.58	0.003	0.140	2.03	-0.0076	-1.376
A-05	9.62	0.019	1.003	5.85	-0.0004	-0.069
B-05	-4.41	0.001	0.042	-3.64	0.0016	0.279
C-05	5.93	0.018	0.950	2.57	0.0046	0.825
D-05	5.63	0.013	0.665	3.16	-0.0002	-0.044
A-06	1.86	0.019	1.009	2.16	-0.0005	-0.099
B-06	0.28	0.008	0.442	1.63	-0.0058	-1.127
C-06	5.74	0.036	1.874	2.06	0.0021	0.389
D-06	6.99	0.019	0.986	3.08	0.0011	0.210
A-07	1.51	0.022	1.174	2.14	0.0070	1.331
B-07	0.82	0.007	0.371	1.43	-0.0034	-0.657
C-07	9.31	0.027	1.463	4.96	0.0000	0.000
D-07	13.68	0.066	3.588	11.32	0.0159	3.080
A-08	-1.23	0.008	0.440	-1.14	-0.0001	-0.022
B-08	-0.25	0.007	0.352	-1.34	-0.0058	-1.094
C-08	4.32	0.025	1.299	2.48	0.0020	0.375
D-08	2.49	0.031	1.572	1.68	-0.0026	-0.500
A-09	6.66	0.028	1.446	4.46	-0.0028	-0.524
B-09	3.37	0.010	0.516	1.25	-0.0014	-0.256
C-09	9.13	0.030	1.583	1.98	0.0020	0.375
D-09	9.15	0.019	0.976	4.57	-0.0042	-0.820
A-10	7.60	0.026	1.386	5.32	0.0003	0.063
B-10	0.23	-0.002	-0.079	-1.08	-0.0066	-1.204
C-10	17.34	0.052	2.889	9.20	0.0009	0.183
D-10	-4.24	-0.003	-0.172	-1.36	-0.0026	-0.471
A-11	7.97	0.041	2.027	4.37	0.0035	0.580
B-11	4.55	0.022	1.098	0.95	0.0069	1.183
C-11	6.20	0.025	1.350	4.59	0.0005	0.090
D-11	13.76	0.024	1.228	6.17	0.0023	0.382
A-12	-4.17	-0.032	-1.669	2.63	0.0018	0.302
B-12	-1.89	-0.006	-0.287	0.04	0.0005	0.086
C-12	-3.05	-0.010	-0.527	-1.04	-0.0021	-0.363
D-12	4.63	0.020	1.013	3.91	0.0043	0.716
A-13	4.81	0.029	1.486	4.68	0.0082	1.358
B-13	6.00	0.033	1.768	4.11	0.0036	0.631
C-13	8.04	0.013	0.684	4.58	-0.0064	-1.129
D-13	12.23	0.021	1.128	6.86	-0.0006	-0.097

表－2.13(b)　Mゾーンの密度および等価含水量の偏差と相対偏差

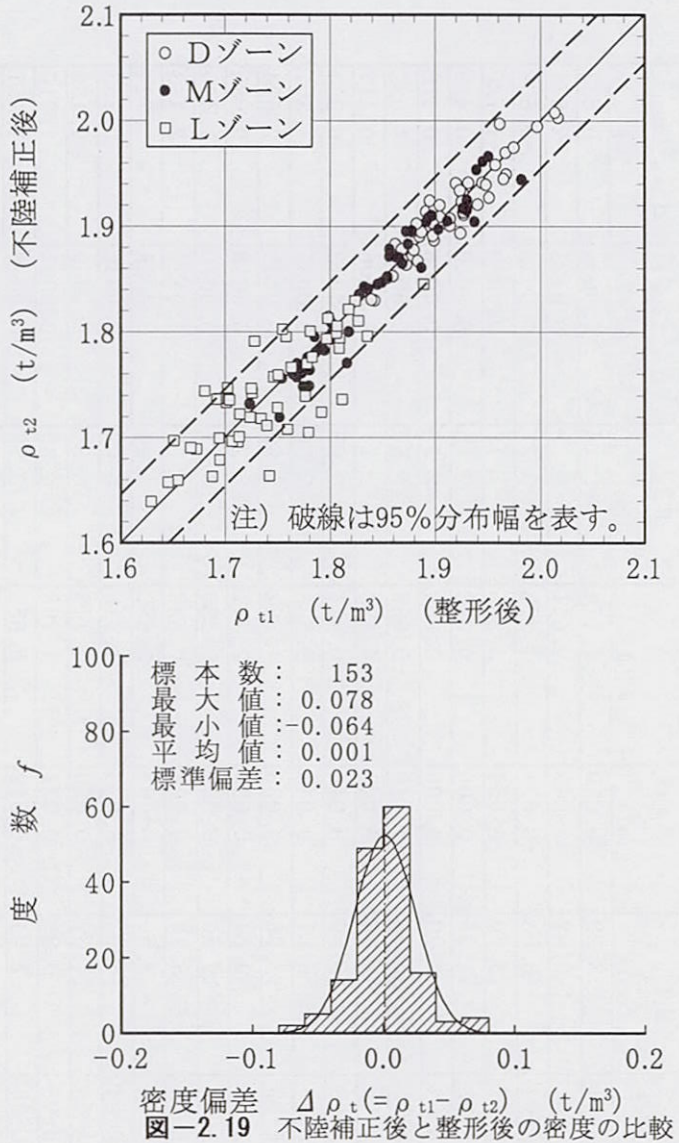
測点番号	ｸﾘｱﾗﾝｽ偏差（密度計） ΔL_ρ (mm)	密度偏差 $\Delta\rho_t$ $(\rho_{t1}-\rho_t)$ (t/m³)	密度相対偏差 $\Delta\rho_t/\rho_{t1}$ (%)	ｸﾘｱﾗﾝｽ偏差（水分計） ΔL_m (mm)	等価含水量の偏差 $\Delta\rho_m^*$ $(\rho_{m1}^*-\rho_m^*)$ (t/m³)	等価含水量の相対偏差 $\Delta\rho_m^*/\rho_{m1}^*$ (%)
A-01	3.56	0.024	1.384	3.68	0.0074	1.499
B-01	-1.47	-0.003	-0.157	1.32	0.0008	0.170
C-01	6.95	0.024	1.377	5.52	0.0029	0.600
D-01	13.13	0.041	2.278	6.57	0.0033	0.667
A-02	8.09	0.044	2.425	1.72	0.0042	0.842
B-02	3.37	0.045	2.577	0.06	0.0100	2.103
C-02	8.83	0.026	1.463	4.15	0.0041	0.819
A-03	7.47	0.027	1.523	6.30	0.0042	0.838
B-03	-0.02	0.018	1.014	-1.59	-0.0020	-0.413
C-03	10.61	0.044	2.485	4.75	0.0053	1.097
D-03	1.12	0.050	2.767	1.29	0.0121	2.476
A-04	-0.73	-0.018	-0.954	-1.29	-0.0016	-0.293
B-04	-3.33	0.013	0.745	-2.44	0.0045	0.917
C-04	3.50	0.009	0.513	1.22	0.0044	0.862
D-04	2.53	0.001	0.032	1.62	-0.0045	-0.940
A-05	11.10	0.032	1.688	8.59	-0.0004	-0.082
B-05	-4.16	0.016	0.885	-7.07	-0.0051	-1.001
C-05	1.95	0.015	0.792	-0.45	0.0000	0.000
D-05	-1.79	-0.002	-0.138	0.08	-0.0068	-1.389
A-06	10.29	0.028	1.477	6.35	0.0036	0.681
B-06	9.62	0.030	1.604	5.64	0.0078	1.456
C-06	-1.11	0.011	0.566	1.02	0.0005	0.083
A-07	-7.24	-0.021	-1.166	-4.22	-0.0020	-0.390
B-07	6.16	0.040	2.260	1.92	0.0030	0.582
C-07	3.94	0.018	0.984	5.22	-0.0013	-0.242
D-07	-3.56	-0.010	-0.590	-1.69	0.0049	0.965
A-08	-5.63	0.011	0.549	-4.21	-0.0002	-0.033
B-08	3.67	0.026	1.480	2.78	0.0021	0.431
C-08	-4.49	-0.014	-0.781	0.82	-0.0015	-0.297
D-08	11.04	0.048	2.691	7.37	0.0049	0.971
A-09	-11.04	-0.008	-0.416	-4.37	0.0033	0.675
B-09	9.63	0.017	0.911	5.79	0.0023	0.444
C-09	-3.41	0.013	0.688	-1.12	-0.0012	-0.222
D-09	1.41	-0.006	-0.321	0.83	-0.0062	-1.142
A-10	14.33	0.044	2.282	5.98	0.0017	0.308
B-10	5.27	0.007	0.351	0.57	-0.0031	-0.580
C-10	4.55	0.029	1.493	5.34	0.0001	0.020
D-10	3.76	-0.003	-0.146	1.23	-0.0067	-1.276
A-11	5.96	0.012	0.629	3.46	0.0004	0.068
B-11	3.19	-0.001	-0.045	2.19	-0.0024	-0.436
C-11	1.45	0.013	0.675	1.52	-0.0039	-0.729
D-11	10.22	0.033	1.779	6.97	0.0018	0.340
A-12	4.17	0.023	1.181	2.49	0.0007	0.127
B-12	2.92	0.007	0.384	2.54	-0.0009	-0.158
C-12	3.02	0.005	0.263	2.09	-0.0052	-0.954
D-12	4.64	0.019	1.024	3.87	-0.0030	-0.541
A-13	-3.47	-0.023	-1.281	-2.01	-0.0068	-1.228
B-13	-4.15	-0.007	-0.377	-1.43	-0.0037	-0.691
C-13	8.18	0.011	0.587	5.91	0.0007	0.133
D-13	3.03	0.017	0.900	2.69	0.0021	0.378

表－2.13(c)　Lゾーンの密度および等価含水量の偏差と相対偏差

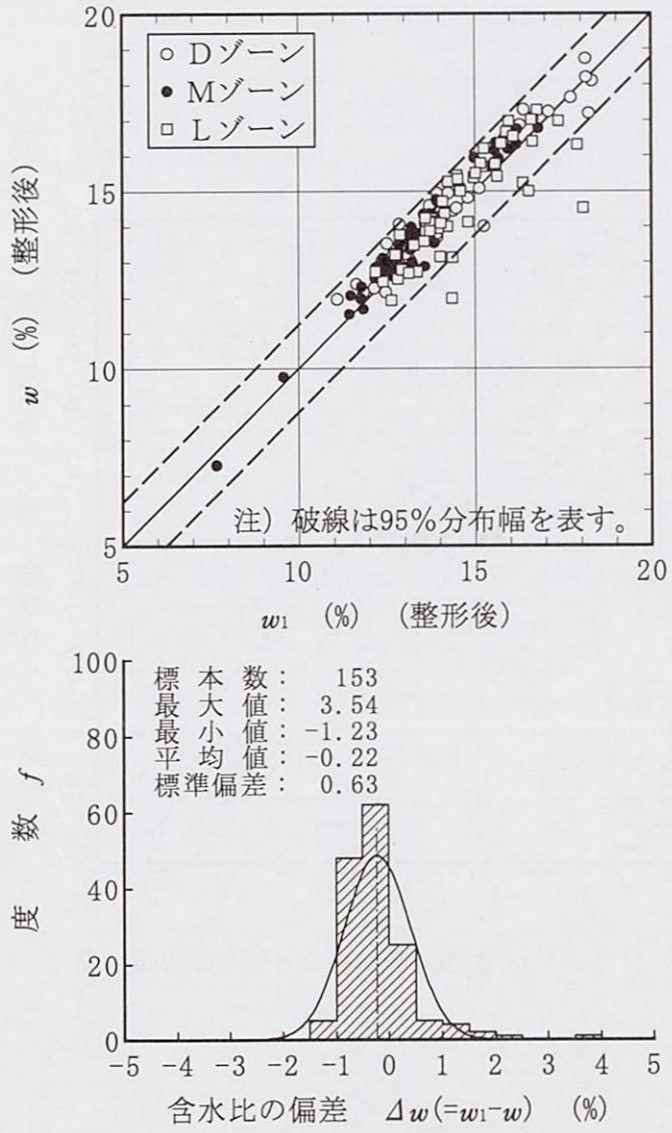
測点番号	ｸﾘｱﾗﾝｽ偏差（密度計） ΔL_ρ (mm)	密度偏差 $\Delta\rho_t$ $(\rho_{t1}-\rho_t)$ (t/m³)	密度相対偏差 $\Delta\rho_t/\rho_{t1}$ (%)	ｸﾘｱﾗﾝｽ偏差（水分計） ΔL_m (mm)	等価含水量の偏差 $\Delta\rho_m^*$ $(\rho_{m1}^*-\rho_m^*)$ (t/m³)	等価含水量の相対偏差 $\Delta\rho_m^*/\rho_{m1}^*$ (%)
A-01	3.29	-0.020	-1.174	-0.25	-0.0034	-0.687
B-01	0.82	-0.043	-2.611	-2.29	-0.0121	-2.571
C-01	-3.08	-0.021	-1.273	-3.37	-0.0028	-0.608
D-01	-13.50	-0.054	-3.205	-7.17	-0.0082	-1.720
A-02	1.33	0.000	0.010	2.16	-0.0020	-0.429
B-02	-4.29	0.000	0.000	-8.50	-0.0006	-0.118
C-02	-25.86	-0.110	-6.589	-15.57	-0.0049	-1.022
D-02	-5.45	-0.003	-0.198	-2.73	0.0006	0.117
A-03	15.56	0.014	0.811	10.55	0.0018	0.374
B-03	6.61	0.048	2.823	2.35	0.0085	1.801
C-03	-13.56	0.030	1.722	-2.99	0.0132	2.694
D-03	-9.64	0.039	2.217	-5.28	0.0048	0.986
A-04	-19.50	-0.004	-0.235	-13.58	0.0070	1.409
B-04	-5.18	0.009	0.528	-7.35	0.0122	2.443
C-04	3.50	0.064	3.652	-4.94	0.0085	1.724
D-04	16.03	0.026	1.519	10.02	0.0036	0.753
A-05	14.87	0.020	1.112	3.51	0.0009	0.182
B-05	6.28	0.031	1.768	4.35	0.0061	1.210
C-05	-7.24	-0.012	-0.652	-0.73	-0.0060	-1.157
D-05	-0.96	0.012	0.680	-1.95	0.0032	0.630
A-06	1.12	-0.002	-0.086	1.31	-0.0032	-0.611
B-06	9.03	0.014	0.809	4.86	-0.0003	-0.055
C-06	11.05	0.050	2.745	2.68	0.0099	1.923
D-06	1.98	0.004	0.226	3.01	-0.0006	-0.117
A-07	-2.58	0.014	0.789	1.80	0.0034	0.665
B-07	-14.97	-0.073	-4.079	-12.06	-0.0067	-1.293
C-07	-0.11	0.043	2.288	-4.84	0.0054	0.998
D-07	2.41	0.019	1.113	-0.04	-0.0044	-0.895
A-08	-5.43	-0.064	-3.768	0.45	-0.0113	-2.294
B-08	-2.35	0.030	1.635	-0.44	-0.0029	-0.545
C-08	4.13	0.019	1.045	-2.00	-0.0036	-0.693
D-08	-7.20	0.010	0.542	-5.21	-0.0041	-0.823
A-09	-8.08	-0.014	-0.805	-16.90	-0.0145	-2.876
B-09	2.13	0.029	1.643	-5.40	-0.0016	-0.306
C-09	5.36	0.022	1.221	3.17	0.0012	0.234
D-09	-3.26	-0.024	-1.446	-3.54	-0.0087	-1.787
A-10	7.03	0.017	1.007	5.69	-0.0010	-0.190
B-10	1.81	-0.038	-2.265	5.78	0.0002	0.035
C-10	-3.87	-0.001	-0.080	-4.26	-0.0048	-0.952
D-10	4.58	0.021	1.190	5.86	-0.0005	-0.101
A-11	11.28	0.017	1.012	6.96	0.0001	0.015
B-11	-12.81	-0.060	-3.432	-5.25	-0.0014	-0.267
C-11	9.39	-0.012	-0.712	4.19	-0.0057	-1.093
D-11	-4.82	-0.012	-0.674	-1.36	-0.0012	-0.230
A-12	11.03	0.039	2.149	8.31	0.0032	0.597
B-12	10.48	0.023	1.305	7.40	0.0015	0.281
C-12	8.46	0.023	1.316	5.36	0.0026	0.500
D-12	-4.52	-0.081	-4.671	-5.46	-0.0078	-1.451
A-13	-3.56	-0.035	-2.049	0.20	-0.0081	-1.559
B-13	-20.55	-0.141	-8.371	-9.11	-0.0049	-0.934
C-13	10.95	0.009	0.526	8.12	0.0066	1.266
D-13	-10.07	0.038	2.110	-9.72	0.0066	1.224



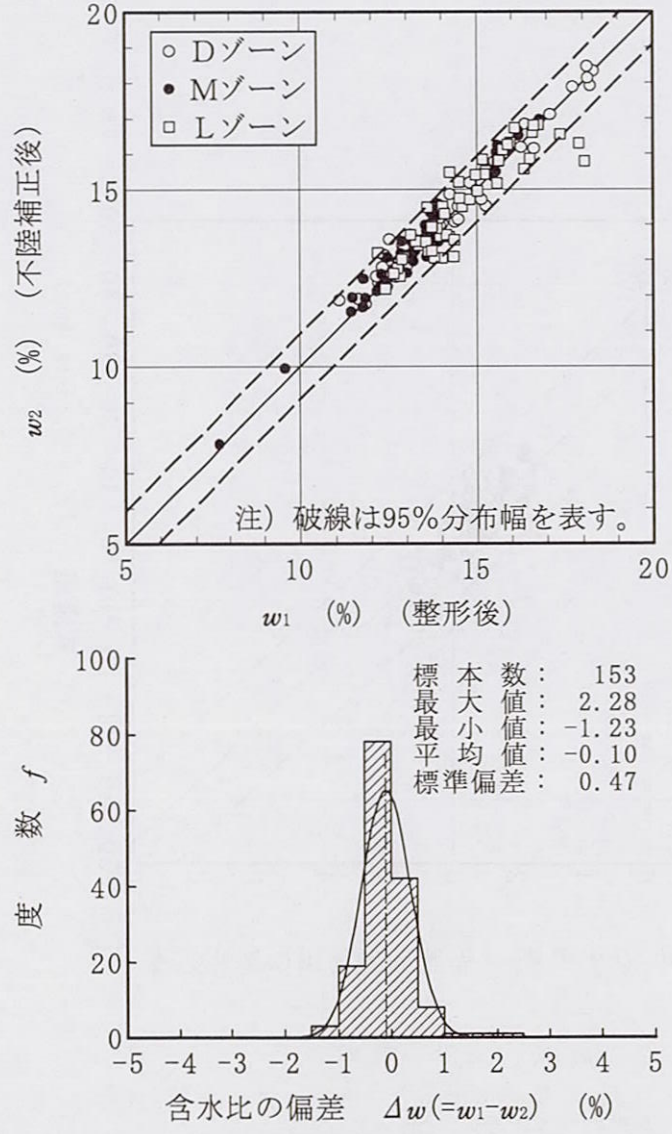
図－2.18 整形前後の密度の比較



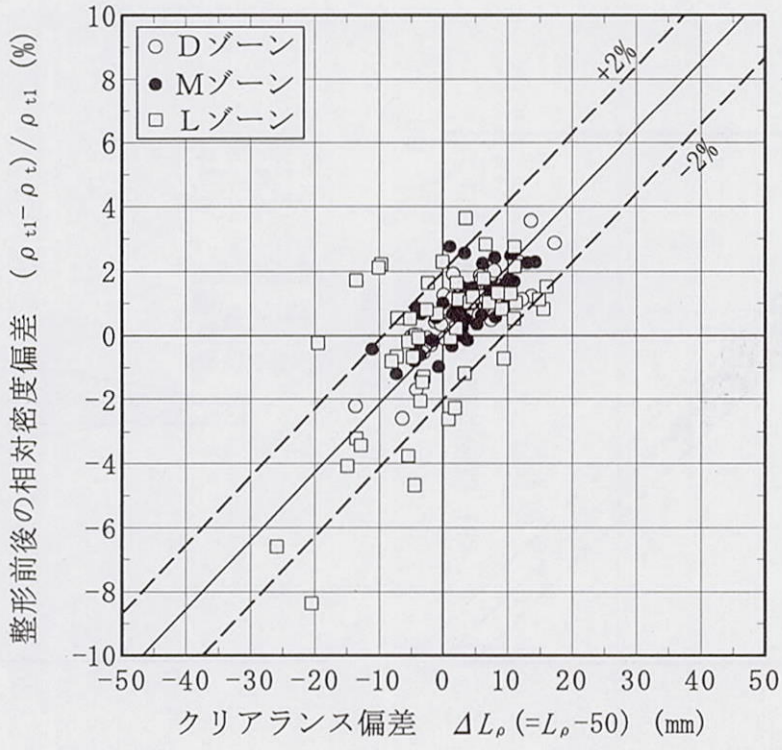
図－2.19 不陸補正後と整形後の密度の比較



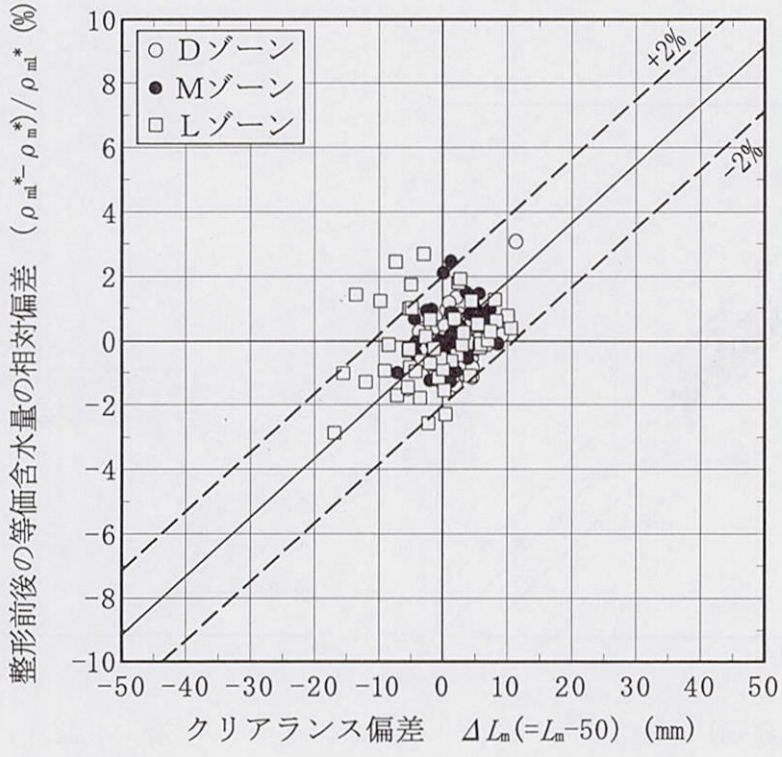
図－2.20 整形前後の含水比の比較



図－2.21 不陸補正後と整形後の含水比の比較



図—2.22 クリアランス偏差と整形前後の相対密度偏差の分布



図—2.23 クリアランス偏差と整形前後の相対等価含水量の分布

2.3.3 SRIDと固定式の測定値の比較

SRIDと固定式の測定値の比較を行うために各ゾーン10点づつ、合計30点のデータを得た。これらの比較データを**表－2.14**に示す。固定式の測定は整形前に行っており、密度については不陸補正がなされている。水分量については、含水比に与える不陸の影響が密度に比べて相対的に小さいので無視している。**図－2.23**の結果が固定式にもあてはまるとすると、例えば含水比 w＝10%のとき、不陸の変動に起因する含水比の誤差は±0.2%程度以下に収まる。

表－2.14　ＳＲＩＤと固定式の測定値の比較

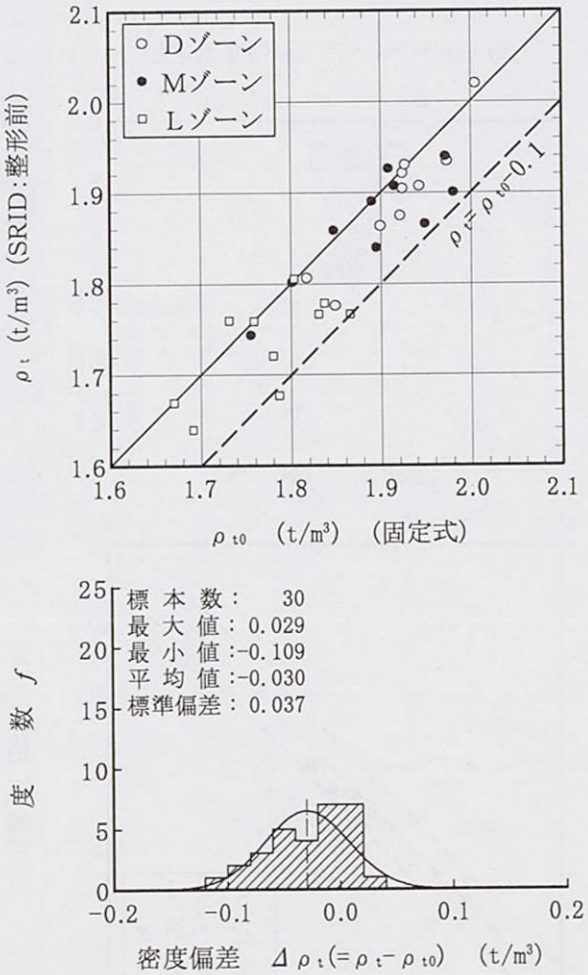
ゾーン	測点	固定式		ＳＲＩＤ					
				平滑整形前		不陸補正後		平滑整形後	
		湿潤密度 ρ_{t0} (t/m^3)	含水比 w_0 (%)	湿潤密度 ρ_t (t/m^3)	含水比 w (%)	湿潤密度 ρ_{t2} (t/m^3)	含水比 w_2 (%)	湿潤密度 ρ_{t1} (t/m^3)	含水比 w_1 (%)
D	A-1	1.973	14.18	1.935	14.40	1.958	14.02	1.958	14.01
	B-2	1.924	13.68	1.905	13.53	1.911	13.58	1.927	12.52
	D-4	1.924	14.54	1.922	14.94	1.933	14.85	1.925	14.24
	C-5	1.943	14.56	1.908	14.52	1.932	14.15	1.926	14.47
	C-6	1.899	13.61	1.864	13.66	1.887	13.28	1.899	12.99
	D-7	1.849	12.70	1.776	13.25	1.830	12.86	1.842	13.01
	A-9	1.921	13.77	1.875	14.62	1.903	14.34	1.903	13.71
	D-10	2.005	12.07	2.021	12.27	2.003	12.55	2.017	12.15
	B-12	1.927	17.99	1.931	18.11	1.923	18.33	1.926	18.31
	B-13	1.817	18.47	1.807	18.76	1.830	18.47	1.839	18.14
	平均	1.918	14.56	1.894	14.81	1.911	14.64	1.916	14.35
M	A-1	1.755	11.81	1.744	12.63	1.757	12.59	1.768	12.68
	D-5	1.801	11.68	1.802	12.31	1.795	12.48	1.799	11.78
	A-6	1.949	12.44	1.866	13.16	1.908	12.70	1.894	12.81
	A-8	1.908	10.13	1.927	9.79	1.904	9.96	1.937	9.57
	B-9	1.895	13.20	1.840	13.41	1.878	12.96	1.857	13.20
	A-10	1.980	15.87	1.901	15.94	1.961	14.97	1.945	14.98
	B-11	1.972	13.38	1.940	13.87	1.953	13.74	1.939	13.69
	C-11	1.890	13.51	1.891	14.36	1.897	14.35	1.904	13.72
	A-12	1.915	16.77	1.907	16.73	1.925	16.51	1.930	16.20
	B-12	1.848	16.94	1.859	16.20	1.871	16.12	1.866	15.93
	平均	1.891	13.57	1.868	13.84	1.885	13.64	1.884	13.46
L	A-1	1.780	13.19	1.721	14.00	1.733	13.66	1.701	14.22
	B-3	1.691	12.67	1.640	13.21	1.663	12.77	1.687	12.75
	D-4	1.786	12.78	1.677	13.99	1.736	13.25	1.703	13.64
	B-6	1.831	14.12	1.766	15.00	1.801	14.50	1.781	14.59
	D-6	1.759	13.53	1.759	13.88	1.766	13.93	1.763	13.72
	B-8	1.803	14.79	1.805	15.26	1.796	15.46	1.835	14.23
	D-9	1.670	15.15	1.669	15.76	1.657	15.78	1.645	15.60
	C-11	1.865	14.69	1.767	15.77	1.803	15.16	1.754	15.58
	A-12	1.837	15.96	1.778	16.67	1.821	16.24	1.817	15.89
	A-13	1.731	16.06	1.760	16.39	1.746	16.79	1.724	16.63
	平均	1.775	14.29	1.734	14.99	1.752	14.76	1.741	14.68

（1）密度の比較

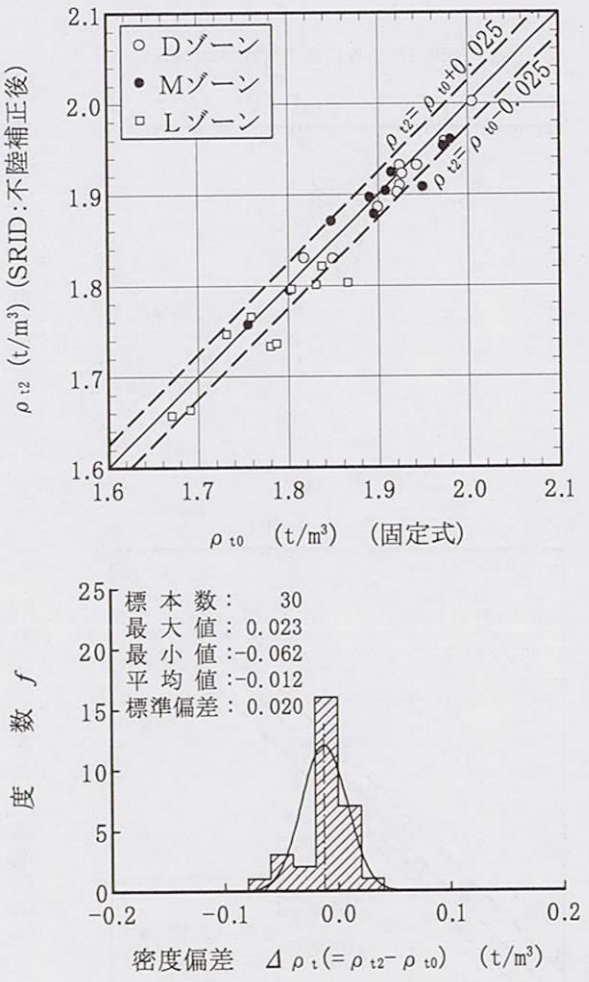
図－2.24に整形前のSRIDの測定値(不陸補正をしていない生データ)と固定式の測定値(不陸補正をしている)の相関を示す。全体的にみるとSRIDのほうが密度をみかけ上過小に測定しており、偏差の平均値は-0.030t/m^{3}である。SRIDに対して不陸補正を行うと両者の相関は**図－2.25**のように変化する。等値線から最も離れているＬゾーンの３点とＭゾーンの１点を除くと他のデータ群はすべて±0.025 t/m^{3}の幅の中に収まり、両者の値が非常によく一致していることが分かる。すなわち、**図－2.24**にみられたSRIDの過小評価は不陸に起因していることを明らかにしている。また、整形後のSRIDの測定値と固定式の測定値を比較すると**図－2.26**のようになり、**図—2.25**のときよりも分散は少し大きくなっているが、Ｌゾーンの３点を除くと両者はよく合致しているといえる。**図－2.25**や**図—2.26**にみられるばらつきは両者の測定領域の違いや不陸補正の誤差、そして**図—2.26**の場合はさらに地盤面の整形に伴う若干の密度変化などによるものと考えられる。

（2）含水比の比較

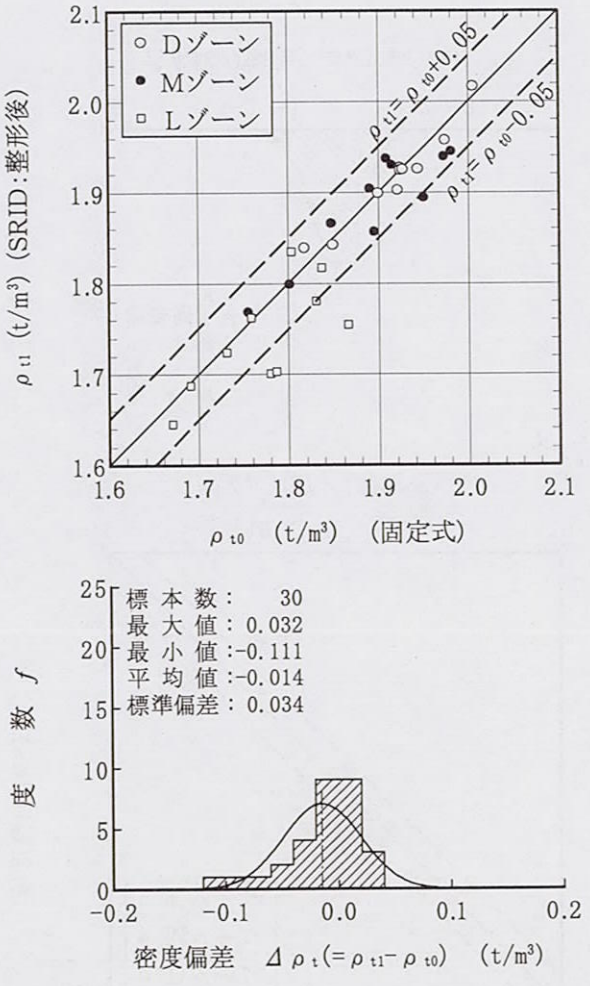
図－2.27～図－2.29に含水比に関して、SRIDの整形前の不陸補正をしない場合、不陸補正をしたとき、そして整形後の３種のデータを固定式と比較した。不陸補正をしないとSRIDの含水比は密度の場合とは逆に過大評価する傾向を示すが、これは含水比の計算に密度が用いられているからである。もちろん等価含水量の不陸補正にも左右されるが、それよりも含水比に対しては密度の不陸補正の影響が重要であることを示す結果となっている。SRIDの測定値に対して不陸補正を行うと、わずかにSRIDのほうが大きいが、両者の合致は測定領域の違いなどを考慮すれば十分満足のいくものと評価できる。整形後のSRIDの含水比も固定式とよく一致している。このときの含水比の偏差の標準偏差は0.57%であるが、このばらつきには含水量の測定領域の差の他に、密度測定からの影響が含まれており、むしろ後者の寄与の方が大きいものと考えられる。



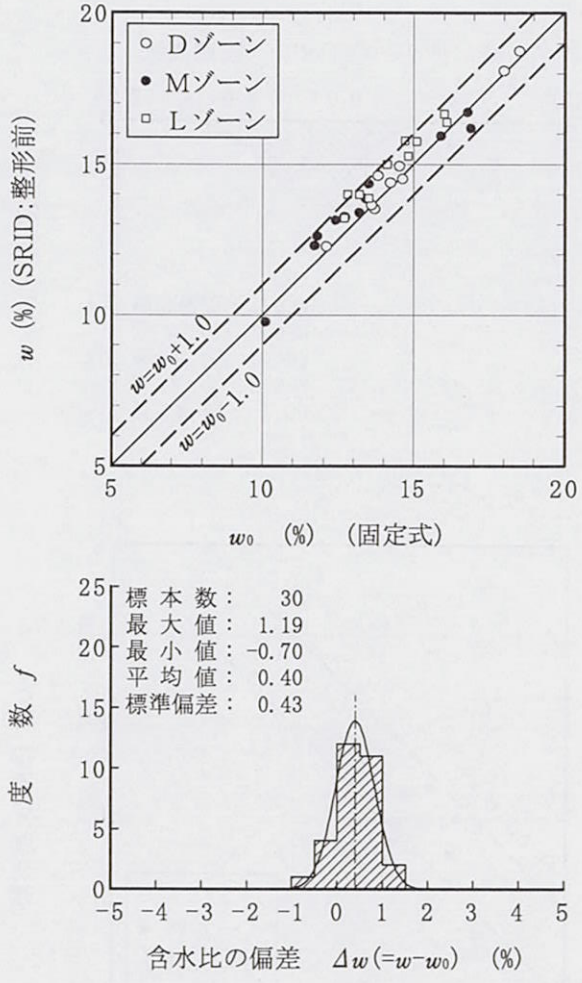
図－2.24 整形前のSRIDと固定式の密度の相関



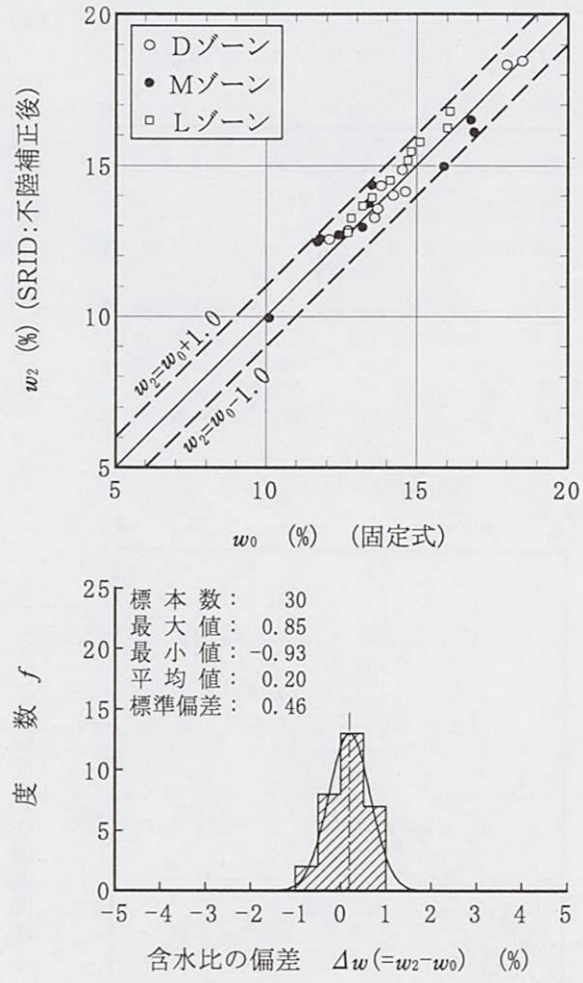
図－2.25 不陸補正後のSRIDと固定式の密度の相関



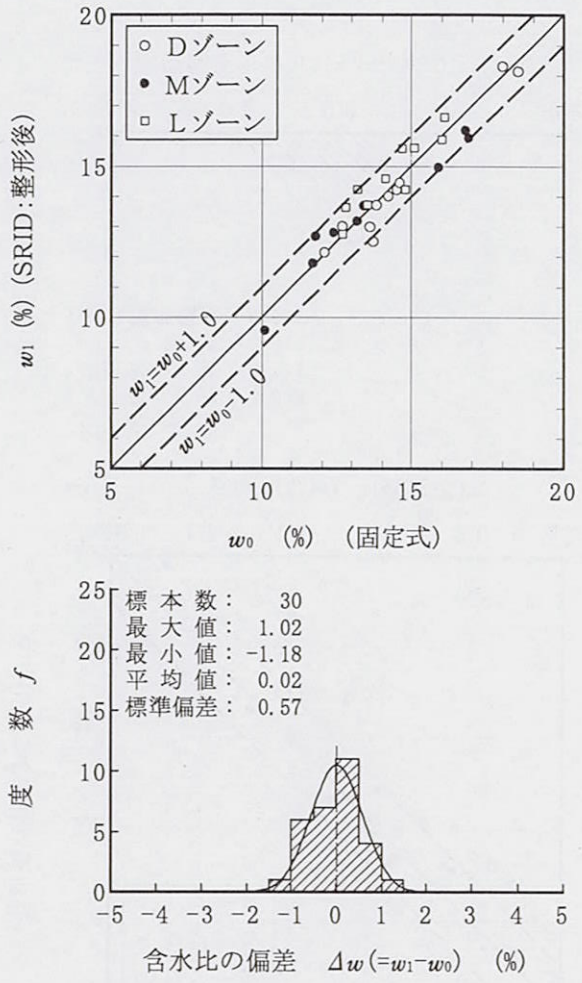
図－2.26 整形後のSRIDと固定式の密度の相関



図－2.27 整形前のSRIDと固定式の含水比の相関



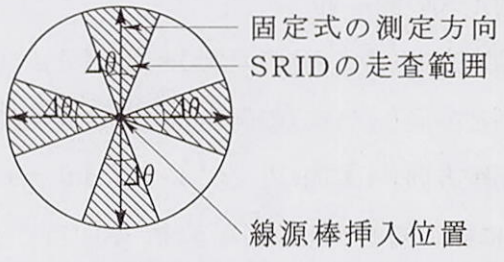
図－2.28 不陸補正後のSRIDと固定式の含水比の相関



図－2.29 整形後のSRIDと固定式の含水比の相関

2.3.4 測定領域の検討

ここではSRIDの測定領域のうち、水平面内の測定面積について、走査面積の大きさと測定値のばらつきの関係を考察し、その結果からSRIDと固定式の測定領域の違いを定量的に評価した。SRIDの測定面積は線源から検出器を見込む中心角 θ で表すことにする。これはSRIDの１周走査時の測定面積を 2π に規格化したことと同じである。SRIDの走査データから任意の走査角 $\Delta\theta$ に対応する区間データだけを取り出すと、その区間の平均値は $(\theta + \Delta\theta/2)$ 方向を中心として走査角 $\Delta\theta$ をもつ扇形領域の測定値を表している。固定式の１測定方向あたりの測定面積は不明であるが、対比データのばらつきを分析することによって推定することが可能になる。



図－2.30　SRIDの測定範囲および固定式の測定方向との対応

その分析は、SRIDおよび固定式の両方の測定を行った測点(各ヤード 10 点)のデータに基づき行った。各測点において、**図－2.30** に示すように固定式の４方向測定の各方向を中心とする $\Delta\theta$ ＝30, 60, 90 度区間のSRIDのデータを取り出し、測定面積が未知の固定式の測定値とあわせて、測定面積の異なる４ケースの密度および含水比データを X_{ij} で表す。X は各ケースの密度または含水比(すべて不陸補正済の値)を示す記号である。i, j はそれぞれ測点と測定方向を示す指標で i=1～10, j=1～4 である。それぞれのケースごとに、以下に示す３種類の標準偏差 σ_1, σ_2, σ を求めた。

i 点における４方向の平均値：　$X_i = \sum_{j=1}^{4} X_{ij} / 4$　　(i=1～10)

全平均値：　$X = \sum_{i=1}^{10} X_i / 10$

σ_1：X_{ij}のX_iに対する標準偏差（4方向間のばらつき）

σ_2：X_iのXに対する標準偏差（各ゾーン内の測点間のばらつき）

σ　：X_{ij}のXに対する標準偏差（個々のデータのばらつきの全体）

ここで、測点の選び方と測定方向の選び方とは全く無関係であるから、

$$\sigma^2 \fallingdotseq \sigma_1^2 + \sigma_2^2$$

が成り立つ。すなわち、測定データ全体のばらつき（全平均に対するばらつき）は、広域的な測点間のばらつきと局所的な測定方向間のばらつきに分解することができる。

標準偏差を比較したデータは次のとおりである。

① 各測点4方向の固定式の測定値

② 各測点の固定式測定方向（4方向）の両側15度（$\Delta\theta$＝30度）のSRID測定値

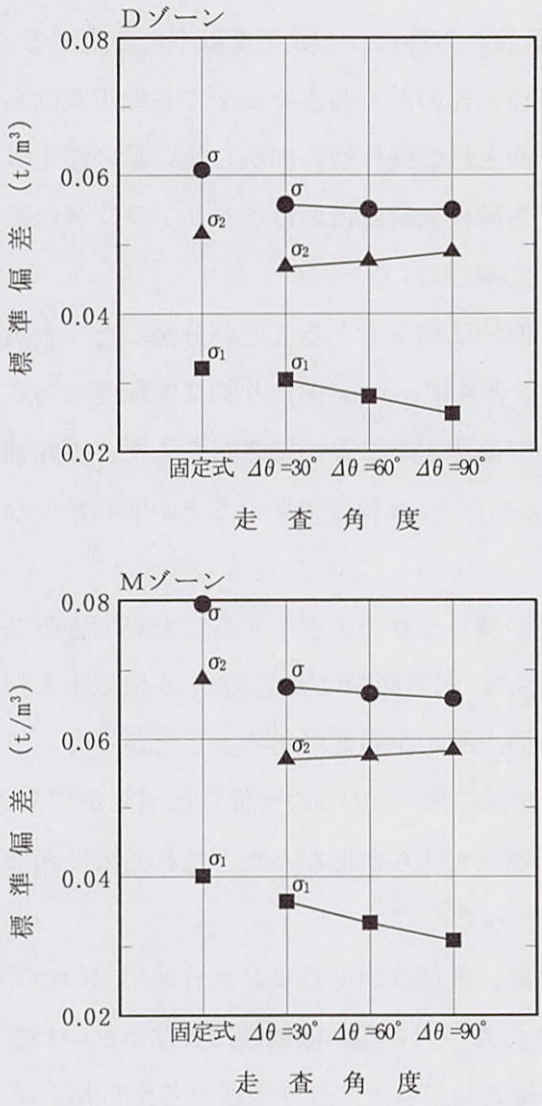
③ 各測点の固定式測定方向（4方向）の両側30度（$\Delta\theta$＝60度）のSRID測定値

④ 各測点の固定式測定方向（4方向）の両側45度（$\Delta\theta$＝90度）のSRID測定値

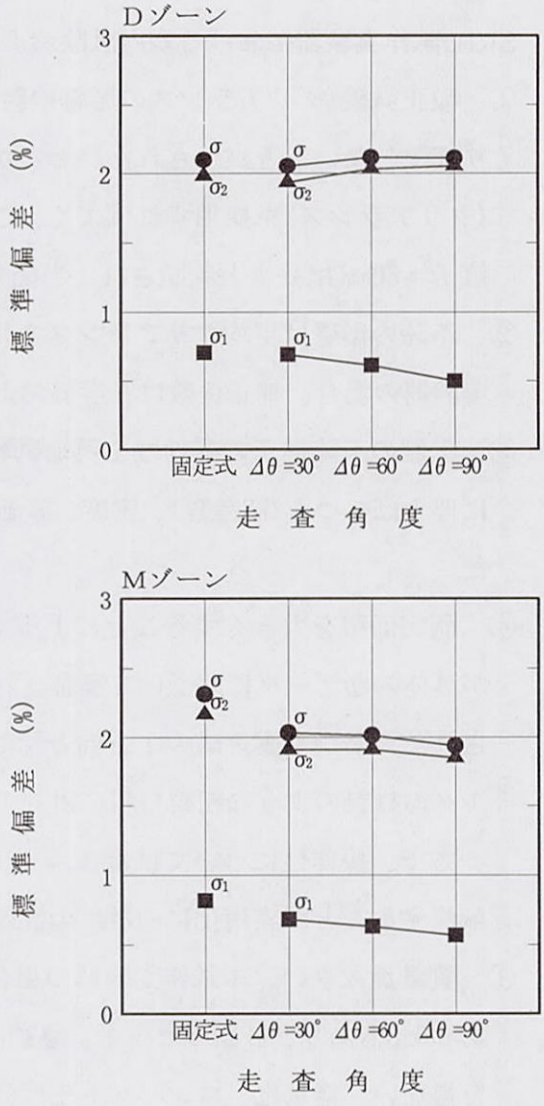
図－2.31～図－2.32 に標準偏差の比較図を示す。SRIDでは、走査角$\Delta\theta$が大きくなり、測定範囲が広がるにつれσ_1が減少し、σ_2は大きな変化はなくトータルとしてσが少し減少するパターンが一般的と考えられる。実際にこれらの図はこのような状況を裏付けていると考えてよい。密度、含水比ともに、$\Delta\theta$の変化に対してσ_2の変化は弱く、ほぼ一定である。また、σもほぼ一定か若干減少傾向を示している。これらに対してσ_1はどのケースでも$\Delta\theta$が大きくなるにつれて（いいかえれば測定面積を大きくすることによって）必ず減少している事実に注目する必要がある。

固定式のσ_1はSRIDの$\Delta\theta$＝30度のときのσ_1と同等もしくはこれより大きい。これらの結果から、測定面積を大きくすることは重要であり、SRIDは固定式の1方向の測定時間と同じ時間で少なくとも測定面積を12倍以上に拡大していることを明らかにしていると考えられる。

σ_1とσ_2の大きさを比較すると、密度、含水比いずれの場合も$\sigma_1 < \sigma_2$となっており、特に含水比の場合は$\sigma \fallingdotseq \sigma_2$といっても過言ではない。このことは「近傍内のばらつきよりも広域的なばらつきのほうが数倍以上大きい」ことを示している。したがって、必要測定点数は広域的なばらつきによって支配されることになる。それでも、1測点あたりの測定面積をできるだけ大きくすることは粗粒材料の場合は特に重要である。



図－2.31　走査角と密度の標準偏差の関係



図－2.32　走査角と含水比の標準偏差の関係

2.4 試作実験器の成果と課題

SRID試作実験器における室内試験および現地試験から得られた成果を以下に要約する。

① 較正試験(クリアランスの影響検討)より、検出器の浮上高さを変えても較正式はあまり変化しないことが示された。したがって、測定時の操作性の面から使い易い浮上高さ(クリアランス)を採用すればよく、この点から試作実験器におけるクリアランスの設計値 L_0=50mm は妥当と判断され、当面変更する必要はない。

② 不陸の影響は平均クリアランスを用いて近似的に補正できることが分かった。本試作実験器の場合、補正係数は密度計および水分計ともに、10mm あたり約２％程度である。

③ 上記の不陸補正の有効性を現地試験において確認することができた。また、不陸補正に伴うばらつき(誤差)は、密度、等価含水量ともに±2%程度であることが明らかになった。

④ 測定面積を大きくすることによって測定値のばらつきを小さくすることができることが具体的なデータに基づいて実証された。SRIDの測定面積は固定式の 10 倍以上と推定された。しかも固定式の１方向と同じ測定時間で測定が可能である。したがって、フィルダム材料のような粗粒材料に対しては、固定式に比べSRIDの優位性は明らかである。一方で、操作性については次に示すような問題点も明らかになった。これらの問題点を解決することが実用化に向けての課題として残った。

① 質量が大きい。本試作実験器の場合、駆動部、密度検出部および水分検出部の合計で約 35kg もあり、計器のセット、移動に費やす労力が大きく、機動性に欠けるといわざるを得ない。軽量化、コンパクト化は何よりも優先して解決すべき課題と考えられる。

② 本試作実験器では、無線によりパソコンで走査制御およびデータ転送を行ったが、周辺ノイズによる通信不良が時々生じた。データ受信を確実にするためには、ヘッド部にバッファを設けてそこにデータを格納し、通信可能時にまとめて転送する等の対策が必要である。

3. SRID 実用モデル器

3.1 実用モデル器の概要

試作実験器における現地試験から、操作性や機動性に関する問題点が明らかになった。これらの点を改良して、実用モデル器を設計、製作した。改良のポイントは次のとおりである。

① 駆動部、検出部およびバッテリーの小型、軽量化を図った。具体的には、駆動部、密度検出器(NaI シンチレーション検出器)およびバッテリーはより小型のものを採用した。また、水分検出器(^{3}He 比例計数管)は十分な測定精度が得られることがわかったため、2本装備から1本装備に減じた。これらの改良により重量は 20kg 程度となり試作実験器(約 35kg)にくらべ約 15kg の軽量化を達成した。

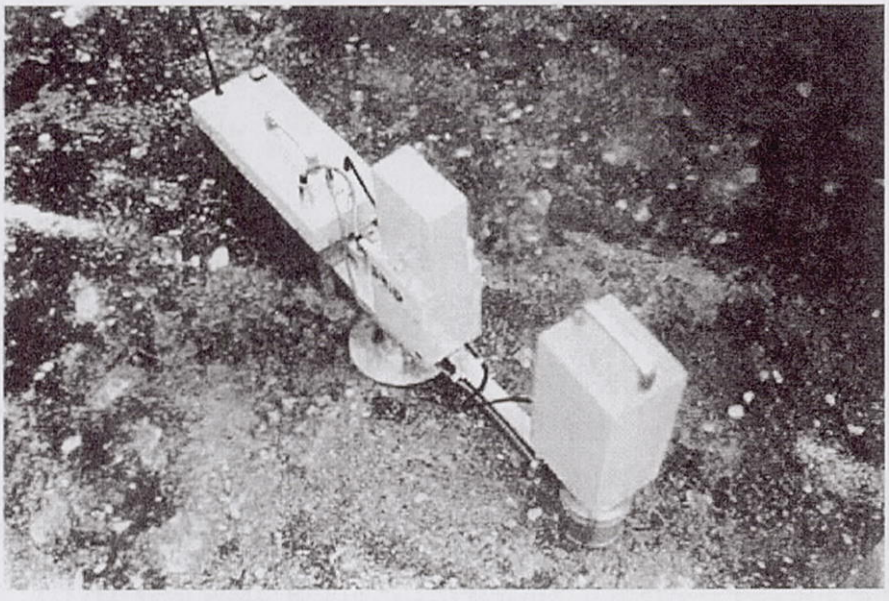
② 不陸補正の有効性が試作実験器における試験検討から明らかになったため、レーザー式の不陸測定モニターを装備し、不陸補正した測定値を即座に得られるようにした。なお、不陸モニターの設置個所は密度測定ポイントの1箇所とした。水分測定ポイントには不陸モニターを取り付けていないが、これは後に述べるように、試作実験器における不陸測定において密度測定ポイントと水分測定ポイントの不陸分布に相関性がみられるため、水分測定ポイントの不陸測定は省略できると判断したためである。

③ 無線通信システムを周辺のノイズに強く、エラーを起こしにくいものに改良した。

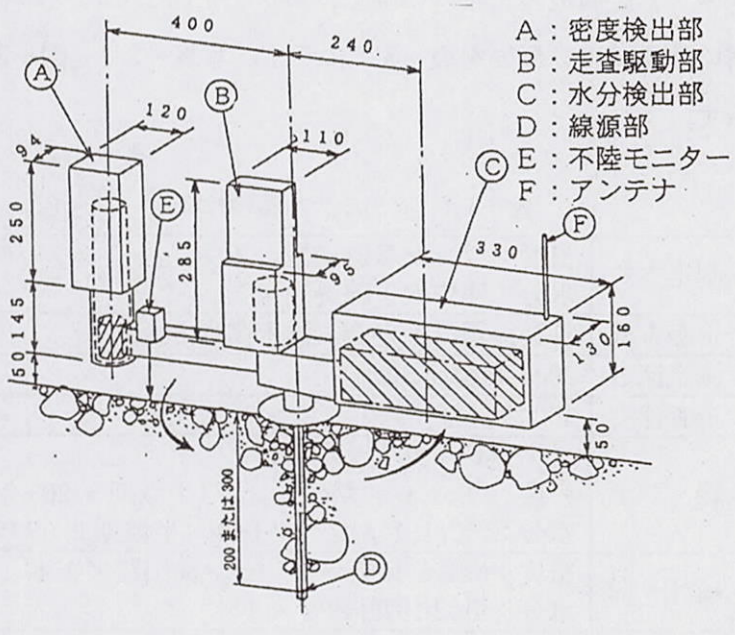
実用モデル器の仕様および概要を**表－3.1** に示す。**写真－3.1**、**図－3.1** に実用モデル器の概観図を示す。

表－3.1 実用モデル器の仕様

測定方式	密度：ガンマ線透過型 水分：速中性子線透過型
走査方式	自動円周浮上走査（浮上高さ 50mm）
測定深さ	20cm および 30cm
走査速度	360 度／分
線　源	ステンレスカプセル密封 密度：^{60}Co2.6 メガベクレル（半減期 5.263 年） 水分：^{252}Cf1.1 メガベクレル（半減期 2.65 年）
検出器	密度：NaI シンチレーション検出器×1本 水分：^{3}He 比例計数管×1本



写真－3.1　実用モデル器の概観図



図－3.1　実用モデル器の概要図

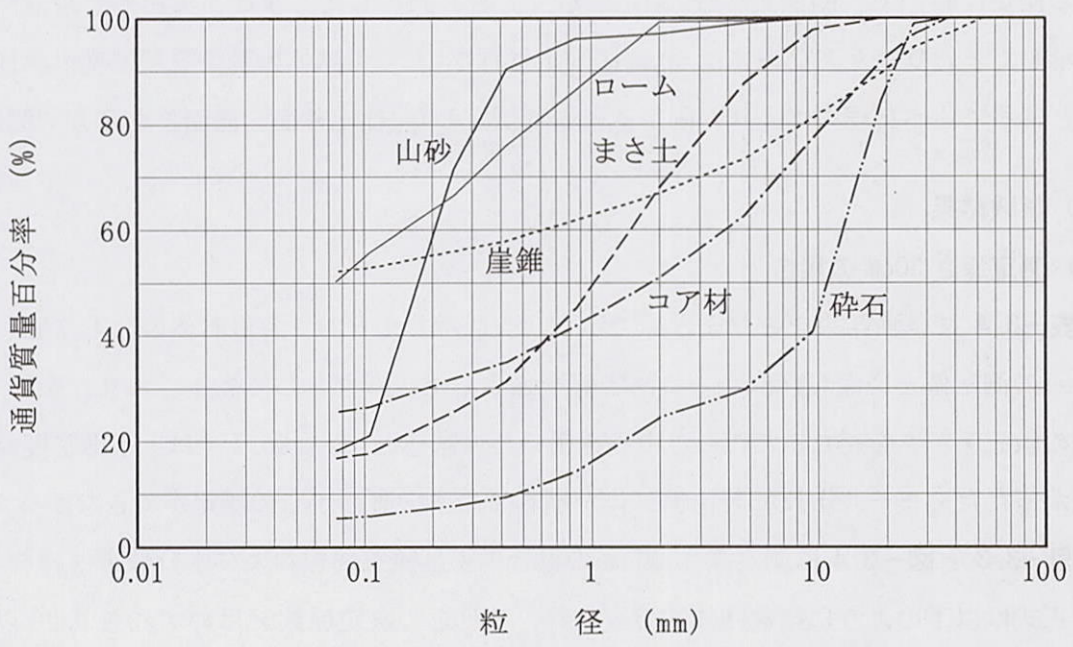
3.2　室内における較正試験と不陸に関する影響試験

試作実験器のときと同様、**図－2.3** に示したモールドを用いて較正試験と不陸に関する影響試験を行った。なお、実用モデル器では測定深さ 30cm に加えて 20cm の場合の試験も実施した。

試験に使用した材料とそれらの粒度を**表-3.2** と**図－3.2** に示す。

表－3.2　試験材料の通過質量百分率

粒　径	通過質量百分率　(%)					
(mm)	山　砂	まさ土	コア材	砕　石	崖　錐	ローム
53.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
37.5	100.0	100.0	100.0	100.0	97.1	100.0
26.5	100.0	100.0	97.0	99.1	94.6	100.0
19.0	100.0	100.0	91.9	84.5	89.6	100.0
9.5	100.0	97.9	77.3	40.8	81.2	99.8
4.75	99.1	87.7	62.6	29.7	73.4	99.6
2.00	97.1	68.0	51.0	24.4	66.9	99.3
0.85	96.2	45.1	41.9	14.3	61.8	86.4
0.425	90.4	31.5	35.0	9.4	57.9	75.9
0.250	71.6	25.7	31.9	7.7	56.0	66.5
0.106	21.0	17.8	26.5	5.8	52.9	55.7
0.075	18.3	16.8	25.5	5.5	52.2	50.3



図－3.2　試験材料の粒径加積曲線

3.2.1 較正試験

（1）試験条件と数量

較正試験の試験条件と数量を**表－3.3(a)～(b)**に示す。なお、実用モデル器ではクリアランス(浮上高さ)は50mmに固定されている。

表－3.3（a） 試験条件と数量(測定深さ30cm)

要　因	ケース	摘　　要
材　料	4	山砂、まさ土、コア材、砕石
密　度	3	密詰、中位、緩詰
含水比	3	乾燥、中位、湿潤

(計26供試体)

表－3.3（b） 試験条件と数量(測定深さ20cm)

要　因	ケース	摘　　要
材　料	6	山砂、まさ土、コア材、砕石、崖錐、ローム
密　度	2	密詰、緩詰
含水比	2	乾燥、湿潤

(計24供試体)

（2）試験手順

試験手順は試作実験器のときと基本的に同じである。ただし、供試体仕上り面および底面からの測定において、RI測定、BG測定とも１分×８回とした。また、実用モデル器では上にも示したとおりクリアランスは50mmに固定されている。供試体の基準湿潤密度は試作実験器のところで述べた理由により、固定式により測定した(仕上り面、底面とも８方向測定)。

（3）試験結果

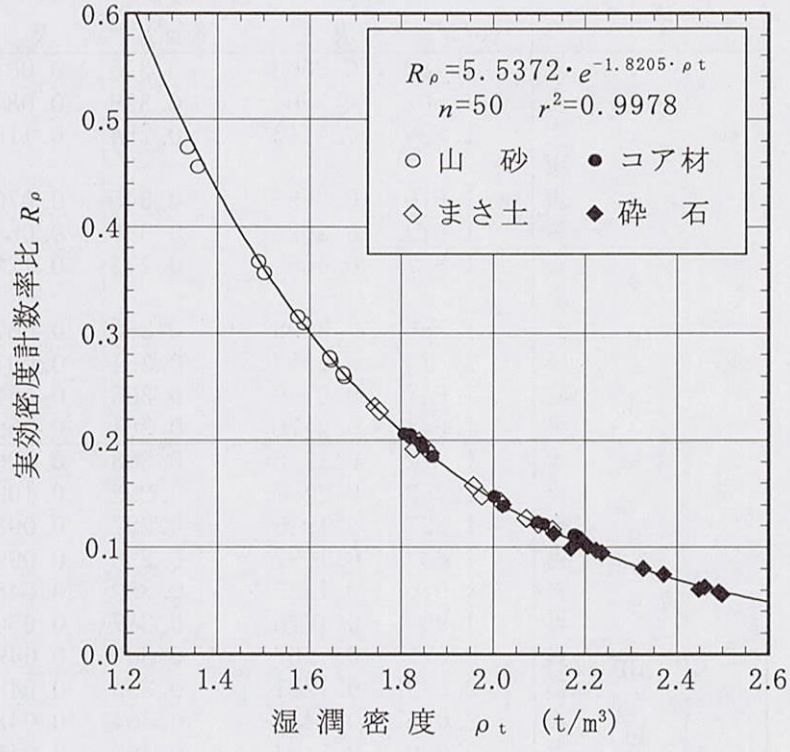
(a) 測定深さ30cmの場合

表－3.4に試験結果をとりまとめて示す。表に示したとおり各供試体の仕上り面(表面)からの測定値と底面(裏側)からの測定値を独立したデータとして扱っており、全部で50組の較正データを得た。ただし、山砂を用いた供試体No.2とNo.4では、基準密度が低く緩かったためモールド反転時に供試体が崩れてしまい裏面からの測定ができなかった。

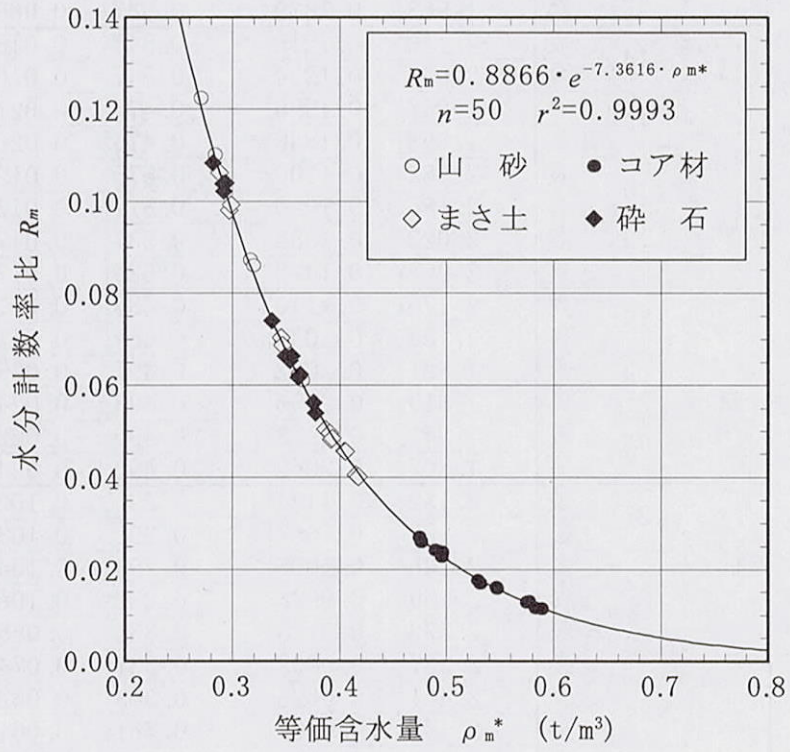
図－3.3と**図－3.4**に測定深さ30cmの場合の密度較正曲線および水分較正曲線を示す。較正式は以下のように指数回帰式で表され、それらの決定係数r^2はいずれも0.99以上の値を示しており、十分な信頼性をもつ較正式が求められたと考えられる。

表－3.4　較正試験値(測定深さ 30cm)

材料	供試体番号	面	基準湿潤密度 ρ_{t0} (t/m^3)	実効密度計数率比 R_ρ	基準等価含水量 ρ_{m0}* (t/m^3)	水分計数率比 R_m
山砂	1	表	1.489	0.3668	0.316	0.0875
		裏	1.502	0.3564	0.319	0.0862
	2	表	1.334	0.4743	0.284	0.1103
		裏	－	－	－	－
	3	表	1.676	0.2594	0.345	0.0702
		裏	1.672	0.2624	0.346	0.0694
	4	表	1.357	0.4559	0.271	0.1226
		裏	－	－	－	－
	5	表	1.586	0.3098	0.350	0.0671
		裏	1.573	0.3157	0.351	0.0672
	6	表	1.647	0.2749	0.365	0.0612
		裏	1.644	0.2776	0.361	0.0623
まさ土	7	表	1.742	0.2318	0.288	0.1062
		裏	1.753	0.2277	0.292	0.1038
	8	表	1.827	0.1918	0.297	0.0980
		裏	1.839	0.1997	0.298	0.0992
	9	表	1.976	0.1480	0.392	0.0483
		裏	1.957	0.1576	0.387	0.0505
	10	表	2.071	0.1267	0.390	0.0497
		裏	2.072	0.1271	0.393	0.0485
	11	表	2.016	0.1431	0.404	0.0458
		裏	2.020	0.1404	0.405	0.0456
	12	表	2.098	0.1216	0.415	0.0406
		裏	2.128	0.1163	0.418	0.0402
	13	表	1.855	0.1930	0.345	0.0704
		裏	1.863	0.1879	0.347	0.0687
コア材	14	表	2.110	0.1215	0.547	0.0159
		裏	2.095	0.1234	0.547	0.0162
	15	表	1.847	0.1930	0.475	0.0271
		裏	1.868	0.1848	0.476	0.0261
	16	表	2.182	0.1100	0.575	0.0129
		裏	2.185	0.1090	0.577	0.0131
	17	表	2.022	0.1388	0.531	0.0170
		裏	2.002	0.1478	0.529	0.0177
	18	表	2.176	0.1110	0.583	0.0118
		裏	2.184	0.1039	0.589	0.0115
	19	表	1.821	0.2022	0.497	0.0239
		裏	1.819	0.2056	0.493	0.0240
	20	表	1.841	0.1978	0.496	0.0229
		裏	1.807	0.2062	0.490	0.0243
砕石	21	表	2.132	0.1124	0.292	0.1023
		裏	2.192	0.1057	0.292	0.1039
	22	表	2.205	0.1006	0.294	0.1040
		裏	2.169	0.0988	0.282	0.1084
	23	表	2.372	0.0748	0.356	0.0664
		裏	2.327	0.0802	0.337	0.0740
	24	表	2.461	0.0626	0.363	0.0624
		裏	2.448	0.0601	0.361	0.0616
	25	表	2.224	0.0969	0.353	0.0654
		裏	2.236	0.0942	0.349	0.0664
	26	表	2.491	0.0578	0.375	0.0561
		裏	2.498	0.0557	0.377	0.0540



図－3.3　密度計較正曲線(測定深さ 30cm)



図－3.4　水分計較正曲線(測定深さ 30cm)

密度較正式：$\ln R_\rho = \ln A + B\rho_t$

$A = 5.5372 \quad B = -1.8205 \quad (n = 50,\ r^2 = 0.9978)$

水分較正式：$\ln R_m = \ln C + D\rho_m^*$

$C = 0.8866 \quad D = -7.3616 \quad (n = 50,\ r^2 = 0.9993)$

(b) 測定深さ 20cm の場合

表−3.5 に試験結果をとりまとめて示す。測定深さ 30cm のときと同様に表面測定のデータと裏面測定のデータを独立したデータとして扱っている。供試体の湿潤密度（ρ_{ts} で表す）と等価含水量（ρ_{ms}^*で表す）は固定式で測定した。

ところで、供試体表面は平面に仕上がっているようにみえても実際は**表−3.5** に示すように数 mm 程度の不陸が存在する。したがって、固定式で測定した ρ_{ts}, ρ_{ms}^*はSRIDにとっては不陸補正を考慮した値とみなせる。そして、測定深さが浅い場合には、この不陸による測定値への影響が無視できないと考えられる。したがって、SRIDの較正式を求めるためには不陸補正を考慮しない湿潤密度または等価含水量を基準値とする必要がある。これらの基準値を ρ_{t0}, ρ_{m0}^*とすると、 ρ_{ts}, ρ_{ms}^*との間に

$$\rho_{t0} = \rho_{ts} \cdot (1 - f_1 \cdot \Delta L)$$
$$\rho_{m0}^* = \rho_{ms}^* \cdot (1 - f_2 \cdot \Delta L)$$

の関係が成立する。ここに、f_1, f_2は不陸補正係数である。したがって、較正式は

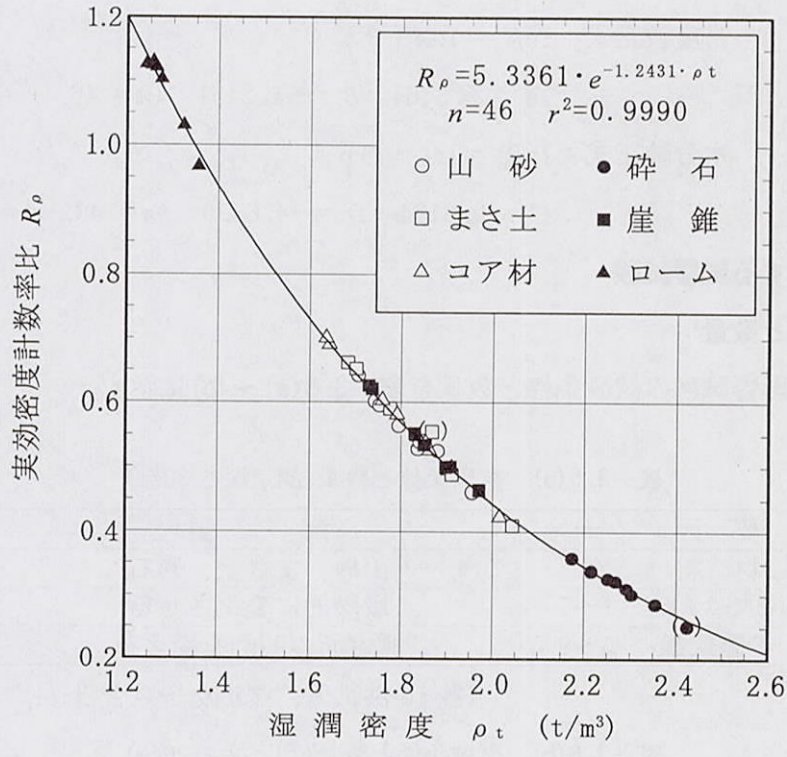
$$\ln R_\rho = \ln A + B\rho_{t0}$$
$$= \ln A + B \cdot \rho_{ts} \cdot (1 - f_1 \cdot \Delta L)$$
$$\ln R_m = \ln C + D \cdot \rho_{m0}^*$$
$$= \ln C + D \cdot \rho_{ms}^* \cdot (1 - f_2 \cdot \Delta L)$$

と表される。

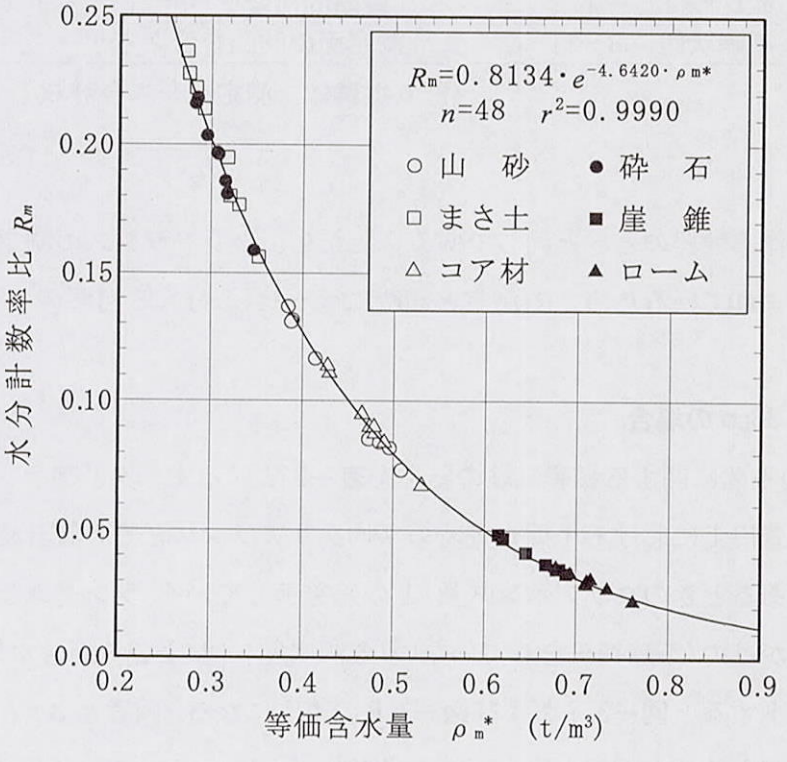
図−3.5 と**図−3.6** に測定深さ 20 cmに対する密度較正曲線および水分較正曲線を示す。較正式は次の式で表され、その決定係数はいずれも 0.99 以上の値を示しており、測定深さ 30cm のときと同様、非常に信頼性の高い較正式が求められたと考えられる。

表－3.5　較正試験値(測定深さ 20cm)

材料	供試体番号	面	クリアランス ΔL (mm)	供試体湿潤密度 ρ_{ts} (t/m^3)	基準湿潤密度 ρ_{t0} (t/m^3)	実効密度計数率比 R_ρ	供試体等価水分量 ρ_{ms}^* (t/m^3)	基準等価水分量 ρ_{m0}^* (t/m^3)	水分計数率比 R_m
山砂	1	表	2.5	1.758	1.744	0.6025	0.392	0.390	0.1316
		裏	2.0	1.718	1.707	0.6419	0.386	0.384	0.1370
	2	表	2.5	1.853	1.837	0.5283	0.417	0.415	0.1169
		裏	2.3	1.767	1.754	0.5965	0.391	0.388	0.1310
	3	表	−1.8	1.784	1.795	0.5650	0.471	0.474	0.0856
		裏	−2.4	1.827	1.841	0.5392	0.482	0.486	0.0843
	4	表	−4.1	1.929	1.955	0.4619	0.504	0.509	0.0735
		裏	−1.4	1.872	1.881	0.5256	0.494	0.496	0.0823
まさ土	5	表	1.9	1.694	1.683	0.6619	0.274	0.273	0.2364
		裏	1.1	1.709	1.702	0.6525	0.276	0.275	0.2277
	6	表	2.1	1.865	1.853	0.5407	0.293	0.292	0.2139
		裏	1.3	1.784	1.776	0.5908	0.284	0.283	0.2222
	7	表	2.6	1.884	1.868	0.5542	0.320	0.318	0.1950
		裏	2.0	1.914	1.902	0.4974	0.332	0.330	0.1766
	8	表	2.4	2.060	2.044	0.4103	0.354	0.352	0.1562
		裏	2.7	1.928	1.911	0.4884	0.323	0.320	0.1801
コア材	9	表	3.3	1.661	1.643	0.6909	0.434	0.430	0.1110
		裏	0.7	1.641	1.637	0.7011	0.429	0.428	0.1138
	10	表	0.4	1.864	1.862	0.5259	0.480	0.479	0.0877
		裏	1.7	1.865	1.855	0.5379	0.476	0.474	0.0900
	11	表	0.4	1.794	1.791	0.5812	0.479	0.479	0.0900
		裏	0.0	1.759	1.759	0.6035	0.465	0.465	0.0950
	12	表	1.5	2.026	2.015	0.4245	0.533	0.531	0.0676
		裏	0.8	1.841	1.836	0.5479	0.491	0.490	0.0842
砕石	13	表	3.4	2.330	2.304	0.3017	0.309	0.306	0.1969
		裏	3.9	2.299	2.270	0.3240	0.298	0.295	0.2036
	14	表	2.3	2.233	2.217	0.3392	0.287	0.285	0.2184
		裏	4.0	2.205	2.175	0.3594	0.286	0.283	0.2160
	15	表	2.7	2.448	2.426	0.2519	0.350	0.347	0.1588
		裏	4.9	2.394	2.356	0.2856	0.322	0.318	0.1811
	16	表	1.8	2.266	2.253	0.3274	0.310	0.308	0.1964
		裏	3.1	2.318	2.294	0.3113	0.318	0.316	0.1860
崖錐	17	表	0.6	1.740	1.737	0.6203	0.616	0.615	0.0484
		裏	1.1	1.736	1.729	0.6257	0.622	0.621	0.0468
	18	表	2.2	1.912	1.898	0.4992	0.686	0.682	0.0349
		裏	2.2	1.843	1.830	0.5512	0.649	0.645	0.0413
	19	表	−0.4	1.906	1.908	0.4995	0.678	0.679	0.0348
		裏	1.3	1.859	1.851	0.5342	0.670	0.667	0.0368
	20	表	1.7	1.982	1.971	0.4644	0.693	0.689	0.0332
		裏	1.3	1.919	1.911	0.4998	0.681	0.678	0.0357
ローム	21	表	1.9	1.250	1.242	1.1249	0.715	0.711	0.0286
		裏	0.8	1.260	1.257	1.1297	0.712	0.710	0.0295
	22	表	2.0	1.366	1.357	0.9669	0.766	0.762	0.0223
		裏	1.6	1.260	1.254	1.1233	0.715	0.712	0.0301
	23	表	0.3	1.265	1.264	1.1201	0.694	0.694	0.0330
		裏	−0.3	1.274	1.275	1.1020	0.715	0.716	0.0309
	24	表	1.4	1.331	1.324	1.0299	0.737	0.734	0.0272
		裏	0.5	1.265	1.263	1.1132	0.687	0.687	0.0335



図－3.5　密度計較正曲線(測定深さ 20cm)



図－3.6　水分計較正曲線(測定深さ 20cm)

密度較正式：$\ln R_\rho = \ln A + B\rho_t$

$A = 5.3361$　$B = -1.2431$　($n = 46$, $r^2 = 0.9978$)

水分較正式：$\ln R_m = \ln C + D\rho_m^*$

$C = 0.8134$　$D = -4.6420$　($n = 48$, $r^2 = 0.9993$)

3.2.2 不陸に関する影響試験

（1）試験条件と数量

不陸に関する影響試験の試験条件と数量を**表－3.6(a)～(b)**に示す。

表－3.6(a)　試験条件と数量(測定深さ 30cm)

要　因	ケース	摘　　要
材　料	3	山砂、まさ土、砕石
密度･含水比	1～7	段階的に変化させる
不陸状態	5～9	測定面の凹凸を変える

(計 10 供試体、測定ケース合計 74)

表－3.6(b)　試験条件と数量(測定深さ 20cm)

要　因	ケース	摘　　要
材　料	1	まさ土
密度･含水比	6	段階的に変化させる
不陸状態	8～11	測定面の凹凸を変える

(計 6 供試体、測定ケース合計 60)

（2）試験手順

試験手順は試作実験器のときと同じである。ただし、クリアランスの測定は不陸モニターが本体に組み込まれているため、RI測定と同時に行った(１分×５回)。

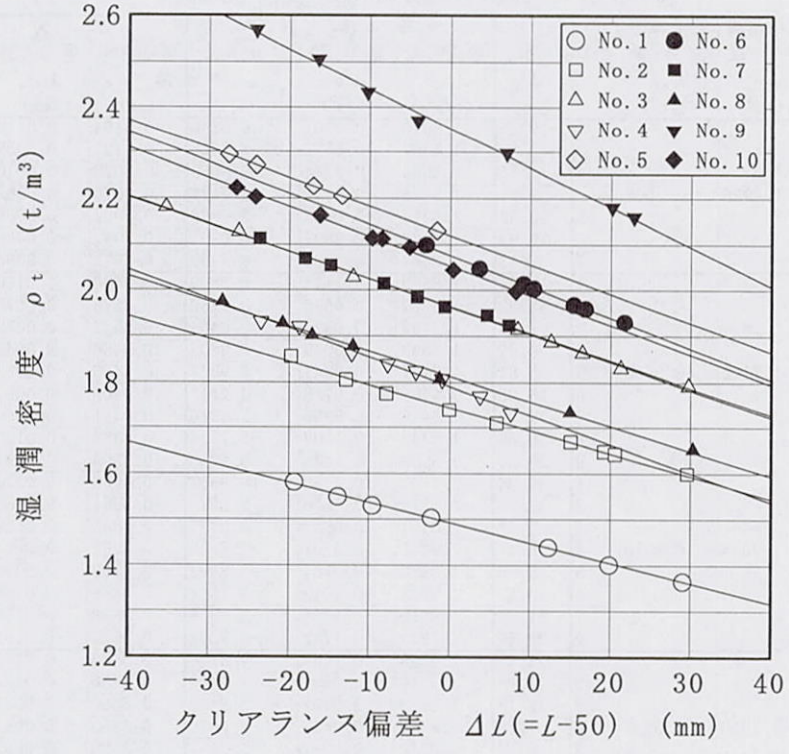
（3）測定結果

(a) 測定深さ 30cm の場合

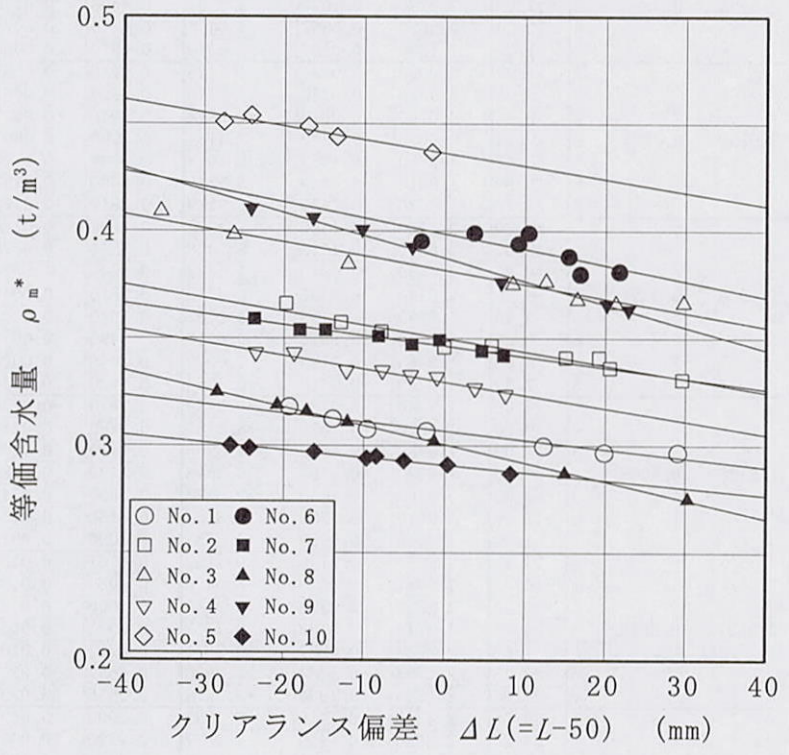
10 供試体の不陸に関する影響試験の結果を**表－3.7** に示す。クリアランス偏差 ΔL は密度検出器の走査円上における１周走査時の平均クリアランスとその設計値 50mm(測定面が完全に平滑であるときのクリアランス量)との差を示している。ランダムな不陸条件のもとで得られたみかけの(不陸補正をしていない)湿潤密度 ρ_t および等価含水量 ρ_m^* と ΔL との関係をプロットすると**図－3.7** および**図－3.8** のようになる。両者と ΔL との関係はいずれも直線で近似できることが示されている。供試体ごとに ρ_t および ρ_m^* と ΔL の回帰直線を

表－3.7　不陸影響試験値(測定深さ 30cm)

供試体	材料	基準湿潤密度 ρ_{t0} (t/m³)	基準等価含水量 ρ_{m0}^* (t/m³)	ケース	クリアランス ΔL (mm)	密度計 湿潤密度 ρ_t (t/m³)	密度計 偏差 $\Delta\rho_t$ (t/m³)	密度計 $\Delta\rho_t/\rho_{t0}$ (%)	水分計 等価含水量 ρ_m^* (mm)	水分計 偏差 $\Delta\rho_m^*$ (mm)	水分計 $\Delta\rho_m^*/\rho_{m0}^*$ (%)
No. 1	山砂	1.4925	0.3068	1	−19.25	1.5826	0.0901	6.0369	0.3184	0.0116	3.7810
				2	−13.83	1.5497	0.0572	3.8325	0.3127	0.0059	1.9231
				3	−9.56	1.5299	0.0374	2.5059	0.3078	0.0010	0.3259
				4	−2.25	1.5036	0.0111	0.7437	0.3070	0.0002	0.0652
				5	12.39	1.4404	−0.0521	−3.4908	0.3002	−0.0066	−2.1512
				6	19.89	1.4028	−0.0897	−6.0101	0.2972	−0.0096	−3.1291
				7	29.12	1.3664	−0.1261	−8.4489	0.2972	−0.0096	−3.1291
No. 2	まさ土	1.7442	0.3500	1	−19.75	1.8556	0.1114	6.3869	0.3660	0.0160	4.5714
				2	−12.93	1.8057	0.0615	3.5260	0.3575	0.0075	2.1429
				3	−7.88	1.7763	0.0321	1.8404	0.3532	0.0032	0.9143
				4	−0.09	1.7393	−0.0049	−0.2809	0.3458	−0.0042	−1.2000
				5	5.81	1.7101	−0.0341	−1.9551	0.3468	−0.0032	−0.9143
				6	15.06	1.6706	−0.0736	−4.2197	0.3409	−0.0091	−2.6000
				7	19.22	1.6486	−0.0956	−5.4810	0.3411	−0.0089	−2.5429
				8	20.60	1.6435	−0.1007	−5.7734	0.3364	−0.0136	−3.8857
				9	29.58	1.5999	−0.1443	−8.2731	0.3309	−0.0191	−5.4571
No. 3	まさ土	1.9644	0.3816	1	−35.34	2.1797	0.2153	10.9601	0.4088	0.0272	7.1279
				2	−26.33	2.1274	0.1630	8.2977	0.3981	0.0165	4.3239
				3	−12.02	2.0281	0.0637	3.2427	0.3845	0.0029	0.7600
				4	8.47	1.9147	−0.0497	−2.5300	0.3752	−0.0064	−1.6771
				5	12.59	1.8880	−0.0764	−3.8892	0.3762	−0.0054	−1.4151
				6	16.53	1.8632	−0.1012	−5.1517	0.3678	−0.0138	−3.6164
				7	21.30	1.8310	−0.1334	−6.7909	0.3660	−0.0156	−4.0881
				8	29.69	1.7931	−0.1713	−8.7202	0.3665	−0.0151	−3.9570
No. 4	まさ土	1.7913	0.3297	1	−23.48	1.9320	0.1407	7.8546	0.3430	0.0133	4.0340
				2	−18.70	1.9210	0.1297	7.2406	0.3430	0.0133	4.0340
				3	−12.18	1.8620	0.0707	3.9469	0.3350	0.0053	1.6075
				4	−7.76	1.8380	0.0467	2.6070	0.3350	0.0053	1.6075
				5	−4.24	1.8230	0.0317	1.7697	0.3330	0.0033	1.0009
				6	−0.95	1.8060	0.0147	0.8206	0.3320	0.0023	0.6976
				7	3.71	1.7710	−0.0203	−1.1333	0.3270	−0.0027	−0.8189
				8	7.61	1.7330	−0.0583	−3.2546	0.3240	−0.0057	−1.7288
No. 5	まさ土	2.1193	0.4365	1	−27.58	2.2940	0.1747	8.2433	0.4510	0.0145	3.3219
				2	−24.16	2.2730	0.1537	7.2524	0.4540	0.0175	4.0092
				3	−17.08	2.2280	0.1087	5.1291	0.4490	0.0125	2.8637
				4	−13.50	2.2050	0.0857	4.0438	0.4440	0.0075	1.7182
				5	−1.70	2.1300	0.0107	0.5049	0.4370	0.0005	0.1145
No. 6	まさ土	2.0759	0.3987	1	−2.97	2.0990	0.0231	1.1128	0.3950	−0.0037	−0.9280
				2	3.68	2.0480	−0.0279	−1.3440	0.3990	0.0003	0.0752
				3	9.15	2.0140	−0.0619	−2.9818	0.3940	−0.0047	−1.1788
				4	10.44	2.0050	−0.0709	−3.4154	0.3990	0.0003	0.0752
				5	15.47	1.9700	−0.1059	−5.1014	0.3880	−0.0107	−2.6837
				6	16.89	1.9610	−0.1149	−5.5349	0.3800	−0.0187	−4.6902
				7	21.75	1.9320	−0.1439	−6.9319	0.3810	−0.0177	−4.4394
No. 7	まさ土	1.9658	0.3464	1	−23.70	2.1120	0.1462	7.4372	0.3590	0.0126	3.6374
				2	−18.00	2.0690	0.1032	5.2498	0.3540	0.0076	2.1940
				3	−14.80	2.0530	0.0872	4.4359	0.3540	0.0076	2.1940
				4	−8.20	2.0140	0.0482	2.4519	0.3510	0.0046	1.3279
				5	−4.10	1.9850	0.0192	0.9767	0.3470	0.0006	0.1732
				6	−0.60	1.9640	−0.0018	−0.0916	0.3490	0.0026	0.7506
				7	4.60	1.9460	−0.0198	−1.0072	0.3440	−0.0024	−0.6928
				8	7.30	1.9240	−0.0418	−2.1264	0.3420	−0.0044	−1.2702
No. 8	まさ土	1.8128	0.3008	1	15.00	1.7340	−0.0788	−4.3469	0.2870	−0.0138	−4.5878
				2	30.30	1.6530	−0.1598	−8.8151	0.2750	−0.0258	−8.5771
				3	−12.00	1.8780	0.0652	3.5966	0.3110	0.0102	3.3910
				4	−20.80	1.9280	0.1152	6.3548	0.3190	0.0182	6.0505
				5	−28.30	1.9760	0.1632	9.0026	0.3250	0.0242	8.0452
				6	−17.10	1.9010	0.0882	4.8654	0.3160	0.0152	5.0532
				7	−1.30	1.8060	−0.0068	−0.3751	0.3020	0.0012	0.3989
No. 9	砕石	2.3531	0.3870	1	−24.12	2.5677	0.2146	9.1199	0.4101	0.0231	5.9690
				2	−16.41	2.5047	0.1516	6.4426	0.4059	0.0189	4.8837
				3	−10.30	2.4330	0.0799	3.3955	0.4006	0.0136	3.5142
				4	−4.04	2.3714	0.0183	0.7777	0.3921	0.0051	1.3178
				5	7.02	2.2974	−0.0557	−2.3671	0.3761	−0.0109	−2.8165
				6	20.15	2.1797	−0.1734	−7.3690	0.3657	−0.0213	−5.5039
				7	22.84	2.1595	−0.1936	−8.2274	0.3635	−0.0235	−6.0724
No. 10	砕石	2.0530	0.2909	1	−26.62	2.2240	0.1710	8.3293	0.3000	0.0091	3.1282
				2	−24.20	2.2020	0.1490	7.2577	0.2990	0.0081	2.7845
				3	−16.19	2.1620	0.1090	5.3093	0.2970	0.0061	2.0969
				4	−9.62	2.1130	0.0600	2.9226	0.2940	0.0031	1.0657
				5	−8.46	2.1120	0.0590	2.8738	0.2950	0.0041	1.4094
				6	−4.99	2.0940	0.0410	1.9971	0.2930	0.0021	0.7219
				7	0.41	2.0440	−0.0090	−0.4384	0.2910	0.0001	0.0344
				8	8.25	1.9970	−0.0560	−2.7277	0.2870	−0.0039	−1.3407



図−3.7 クリアランス偏差と湿潤密度の関係(測定深さ 30cm)



図−3.8 クリアランス偏差と等価含水量の関係(測定深さ 30cm)

求め、これらの直線の ΔL=0 における ρ_t および ρ_m^* の値は、その供試体の湿潤密度および等価含水量を表すものと考えられる。これをそれぞれの基準値 ρ_{t0}、ρ_{m0}^* とする。

$$\Delta\rho_t/\rho_{t0} = (\rho_t - \rho_{t0})/\rho_{t0}$$
$$\Delta\rho_m^*/\rho_{m0}^* = (\rho_m^* - \rho_{m0}^*)/\rho_{m0}^*$$

図中にはそれぞれの回帰直線(実線)と ρ_t については±１％、ρ_m^* については±２％の幅(破線)を記している。それぞれのデータのばらつきは、これらの幅の中にほぼ入っていると考えてよい。

以上の結果から、SRIDの測定深さ 30cm における密度、等価含水量の不陸補正式は次のとおりとなる。

密度補正式：$\rho_{t0} = \rho_t/(1 - 0.00311 \cdot \Delta L)$

等価含水量補正式：$\rho_{m0}^* = \rho_m^*/(1 - 0.00188 \cdot \Delta L)$

ただし、ΔL の単位は mm である。

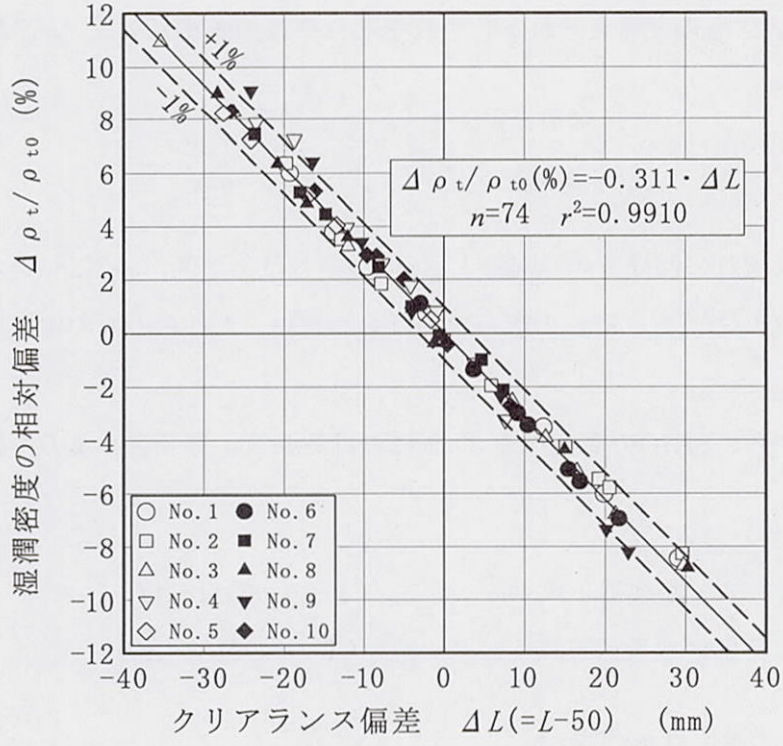
次に基準値に対するそれぞれの不陸条件下での測定値の相対偏差を以下のように算出し、湿潤密度および等価含水量の相対偏差とクリアランス ΔL との関係を整理すると**図－3.9** および**図－3.10** が得られる。

(b) 測定深さ 20cm の場合

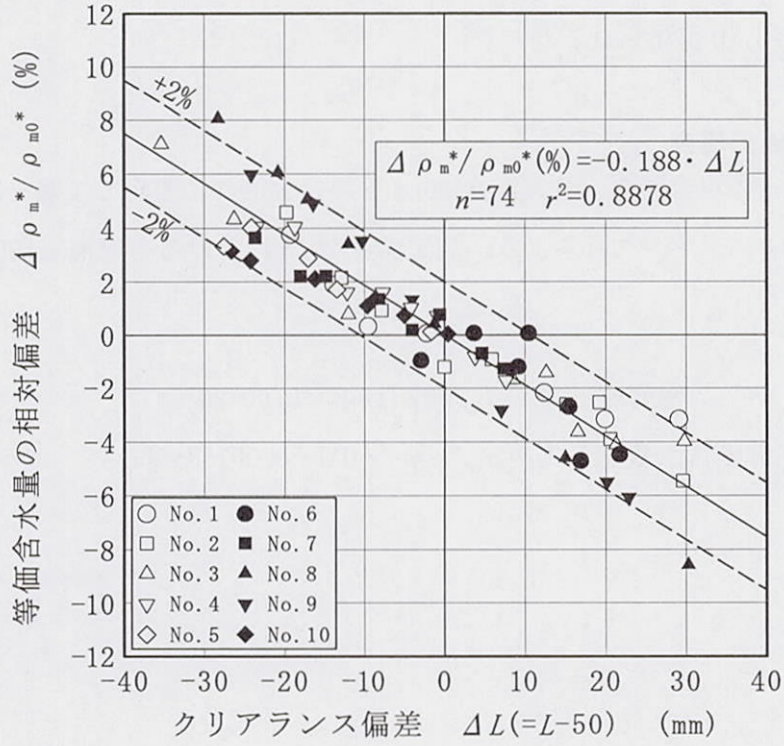
測定深さ 20cm の場合でも、測定深さ 30cm の場合と同様に整理して**表－3.8** および**図－3.11～図－3.14** に示す。これらより、測定深さ 20cm における不陸補正式は次のとおりである。

密度補正式：$\rho_{t0} = \rho_t/(1 - 0.00420 \cdot \Delta L)$

等価含水量補正式：$\rho_{m0}^* = \rho_m^*/(1 - 0.00158 \cdot \Delta L)$



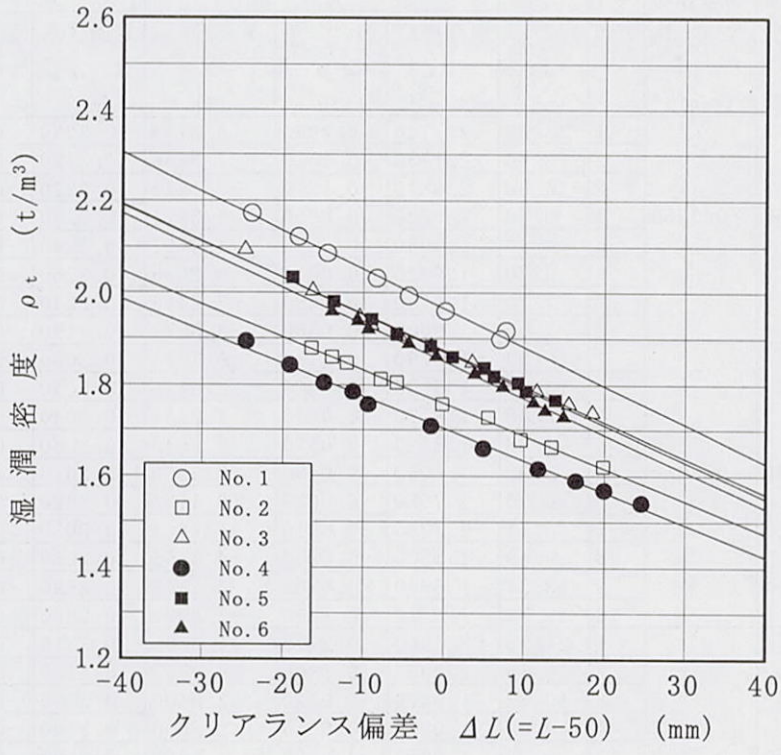
図－3.9　クリアランス偏差と密度の相対偏差の関係(測定深さ 30cm)



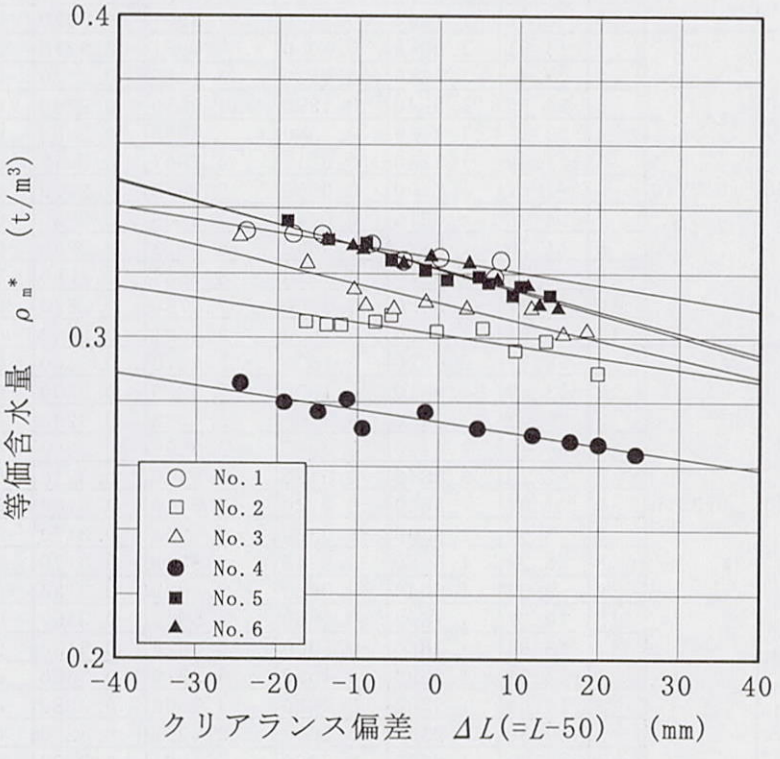
図－3.10　クリアランス偏差と等価含水量の相対偏差の関係(測定深さ 30cm)

表－3.8　不陸影響試験値(測定深さ 20cm)

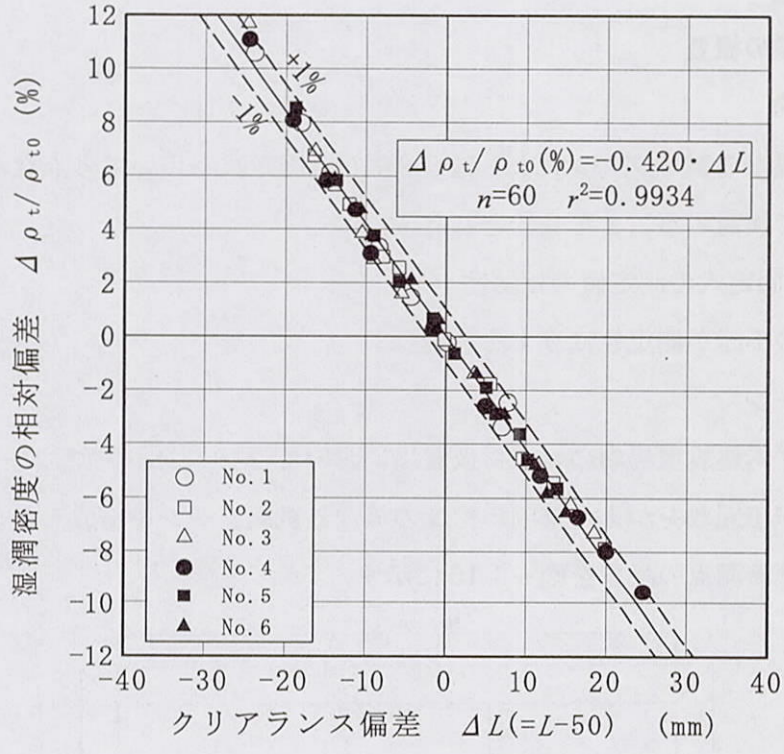
供試体	材料	基準湿潤密度 ρ_{t0} (t/m³)	基準等価含水量 ρ_{m0}^* (t/m³)	ケース	クリアランス ΔL (mm)	密度計 湿潤密度 ρ_t (t/m³)	密度計 偏差 $\Delta\rho_t$ (t/m³)	密度計 $\Delta\rho_t/\rho_{t0}$ (%)	水分計 等価含水量 ρ_m^* (mm)	水分計 偏差 $\Delta\rho_m^*$ (mm)	水分計 $\Delta\rho_m^*/\rho_{m0}^*$ (%)
No.1	まさ土	1.9660	0.3250	1	-23.90	2.1740	0.2080	10.5799	0.3330	0.0080	2.4615
				2	-18.10	2.1230	0.1570	7.9858	0.3320	0.0070	2.1538
				3	-14.50	2.0870	0.1210	6.1546	0.3320	0.0070	2.1538
				4	-8.40	2.0320	0.0660	3.3571	0.3290	0.0040	1.2308
				5	-4.40	1.9950	0.0290	1.4751	0.3240	-0.0010	-0.3077
				6	0.20	1.9620	-0.0040	-0.2035	0.3250	0.0000	0.0000
				7	7.70	1.9180	-0.0480	-2.4415	0.3240	-0.0010	-0.3077
				8	7.00	1.9000	-0.0660	-3.3571	0.3190	-0.0060	-1.8462
No.2	まさ土	1.7600	0.3010	1	-16.50	1.8790	0.1190	6.7614	0.3050	0.0040	1.3289
				2	-13.91	1.8600	0.1000	5.6818	0.3040	0.0030	0.9967
				3	-12.08	1.8470	0.0870	4.9432	0.3040	0.0030	0.9967
				4	-7.88	1.8120	0.0520	2.9545	0.3050	0.0040	1.3289
				5	-5.90	1.8050	0.0450	2.5568	0.3070	0.0060	1.9934
				6	-0.26	1.7580	-0.0020	-0.1136	0.3020	0.0010	0.3322
				7	5.51	1.7290	-0.0310	-1.7614	0.3030	0.0020	0.6645
				8	9.59	1.6800	-0.0800	-4.5455	0.2960	-0.0050	-1.6611
				9	13.37	1.6640	-0.0960	-5.4545	0.2990	-0.0020	-0.6645
				10	19.84	1.6210	-0.1390	-7.8977	0.2890	-0.0120	-3.9867
No.3	まさ土	1.8750	0.3110	1	-24.73	2.0940	0.2190	11.6800	0.3310	0.0200	6.4309
				2	-16.35	2.0050	0.1300	6.9333	0.3230	0.0120	3.8585
				3	-10.52	1.9470	0.0720	3.8400	0.3150	0.0040	1.2862
				4	-9.08	1.9290	0.0540	2.8800	0.3100	-0.0010	-0.3215
				5	-5.59	1.9050	0.0300	1.6000	0.3090	-0.0020	-0.6431
				6	-1.56	1.8840	0.0090	0.4800	0.3110	0.0000	0.0000
				7	3.51	1.8490	-0.0260	-1.3867	0.3090	-0.0020	-0.6431
				8	11.59	1.7860	-0.0890	-4.7467	0.3090	-0.0020	-0.6431
				9	15.57	1.7580	-0.1170	-6.2400	0.3010	-0.0100	-3.2154
				10	18.50	1.7380	-0.1370	-7.3067	0.3020	-0.0090	-2.8939
No.4	まさ土	1.7050	0.2740	1	-14.91	1.8050	0.1000	5.8651	0.2770	0.0030	1.0949
				2	-9.44	1.7580	0.0530	3.1085	0.2720	-0.0020	-0.7299
				3	-24.56	1.8940	0.1890	11.0850	0.2860	0.0120	4.3796
				4	-19.11	1.8430	0.1380	8.0938	0.2800	0.0060	2.1898
				5	-11.32	1.7860	0.0810	4.7507	0.2810	0.0070	2.5547
				6	-1.61	1.7100	0.0050	0.2933	0.2770	0.0030	1.0949
				7	4.98	1.6610	-0.0440	-2.5806	0.2720	-0.0020	-0.7299
				8	11.76	1.6170	-0.0880	-5.1613	0.2700	-0.0040	-1.4599
				9	16.48	1.5910	-0.1140	-6.6862	0.2680	-0.0060	-2.1898
				10	19.97	1.5690	-0.1360	-7.9765	0.2670	-0.0070	-2.5547
				11	24.61	1.5420	-0.1630	-9.5601	0.2640	-0.0100	-3.6496
No.5	まさ土	1.8720	0.3210	1	-18.77	2.0320	0.1600	8.5470	0.3360	0.0150	4.6729
				2	-13.69	1.9810	0.1090	5.8226	0.3300	0.0090	2.8037
				3	-9.03	1.9420	0.0700	3.7393	0.3290	0.0080	2.4922
				4	-5.88	1.9100	0.0380	2.0299	0.3240	0.0030	0.9346
				5	-1.70	1.8840	0.0120	0.6410	0.3210	0.0000	0.0000
				6	1.07	1.8600	-0.0120	-0.6410	0.3180	-0.0030	-0.9346
				7	5.00	1.8360	-0.0360	-1.9231	0.3190	-0.0020	-0.6231
				8	6.22	1.8180	-0.0540	-2.8846	0.3170	-0.0040	-1.2461
				9	9.22	1.8040	-0.0680	-3.6325	0.3130	-0.0080	-2.4922
				10	10.22	1.7860	-0.0860	-4.5940	0.3160	-0.0050	-1.5576
				11	13.84	1.7660	-0.1060	-5.6624	0.3130	-0.0080	-2.4922
No.6	まさ土	1.8500	0.3220	1	-13.91	1.9590	0.1090	5.8919	0.3300	0.0080	2.4845
				2	-10.64	1.9380	0.0880	4.7568	0.3280	0.0060	1.8634
				3	-9.39	1.9190	0.0690	3.7297	0.3270	0.0050	1.5528
				4	-4.41	1.8890	0.0390	2.1081	0.3230	0.0010	0.3106
				5	-0.97	1.8610	0.0110	0.5946	0.3250	0.0030	0.9317
				6	3.80	1.8240	-0.0260	-1.4054	0.3230	0.0010	0.3106
				7	7.34	1.7960	-0.0540	-2.9189	0.3180	-0.0040	-1.2422
				8	11.13	1.7610	-0.0890	-4.8108	0.3160	-0.0060	-1.8634
				9	12.62	1.7420	-0.1080	-5.8378	0.3100	-0.0120	-3.7267
				10	14.89	1.7290	-0.1210	-6.5405	0.3090	-0.0130	-4.0373



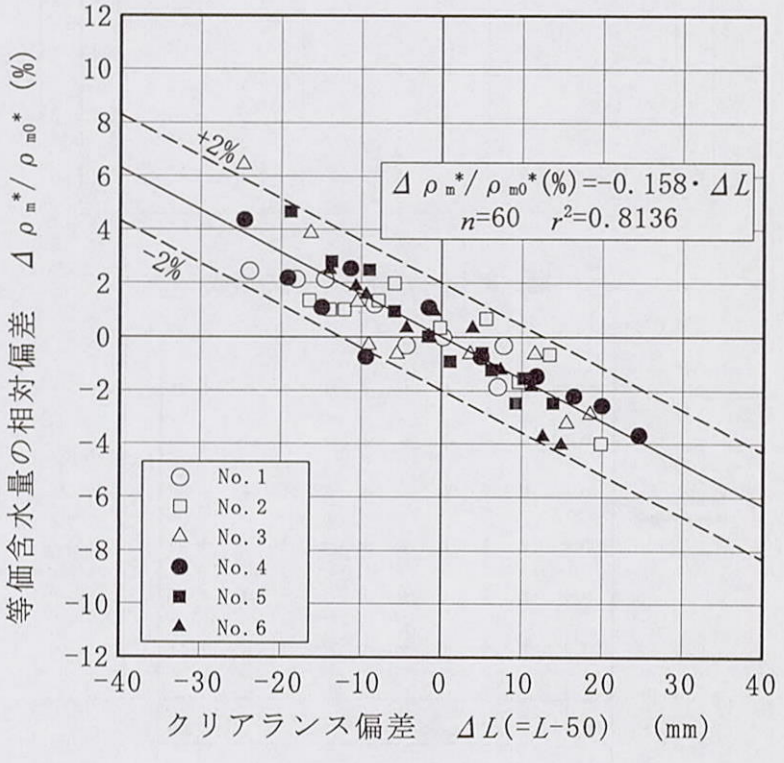
図－3.11 クリアランス偏差と湿潤密度の関係(測定深さ 20cm)



図－3.12 クリアランス偏差と等価含水量の関係(測定深さ 20cm)



図－3.13　クリアランス偏差と湿潤密度の相対偏差の関係(測定深さ 20cm)



図－3.14　クリアランス偏差と等価含水量の相対偏差の関係(測定深さ 20cm)

3.3 現地試験

3.3.1 現地試験の概要

（1）試験目的

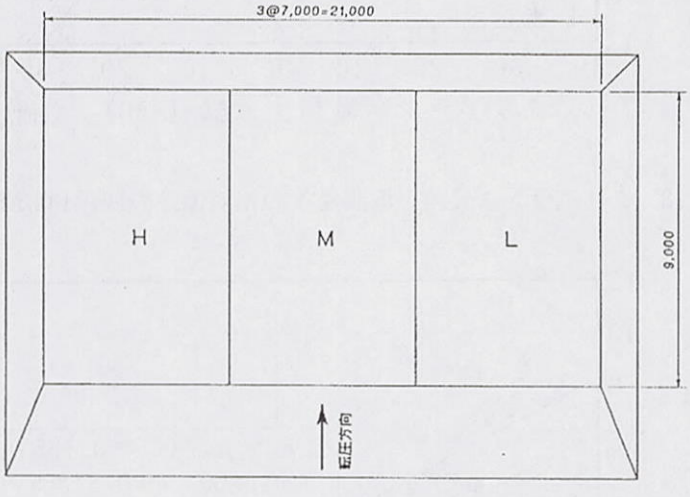
転圧状態の異なる試験ゾーンにおいて、SRIDと固定式を用いて多点数測定を実施し、次の項目について検討することを目的とした。

① SRIDと固定式の測定値の相関性

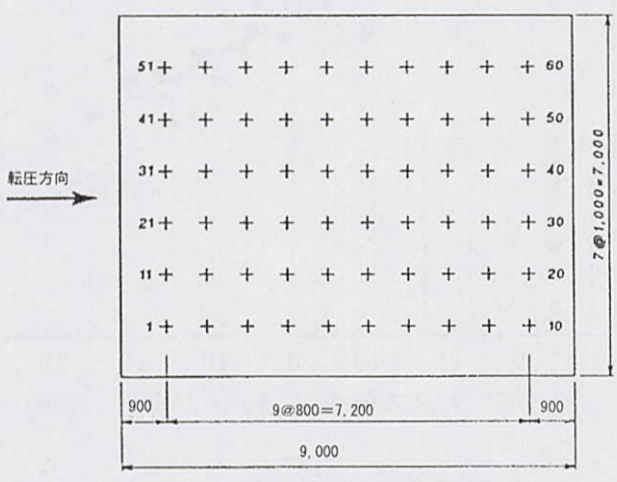
② 測定面の不陸が測定値に与える影響

（2）試験ゾーン

福島県ＨＯダム建設現場内のコア材仮置場において、約9×21mの試験ゾーンを3つに分け、振動ローラの転圧回数をかえて締固め密度の異なる試験ゾーンを造成した(**図－3.15**)。各試験ゾーンにおける測点の配置を**図－3.16** に示す。



図－3.15 試験ゾーンの構成



図－3.16 測点の配置

（3）試験数量

当初は、**図－3.15** に示した 3 つのゾーンにおいて各 50 測点を設定し、各測点の同じポイントでSRIDと固定式の測定を行う予定であった。しかし、今回の材料の場合、結果としてHゾーン(転圧回数 N=10 回)とMゾーン(N=4 回)の密度の差が小さいことがわかったので、検討の結果、一部を除いてMゾーンでの測定をとりやめ、低密度の領域をカバーするためほとんど締固めを行っていない仮置場に別途試験ゾーン(La ゾーンと呼ぶ)を設けて、Mゾーンでの測定の大半をLa ゾーンに振替えることにした。**表－3.9** に各ゾーンにおける試験数量を示す。

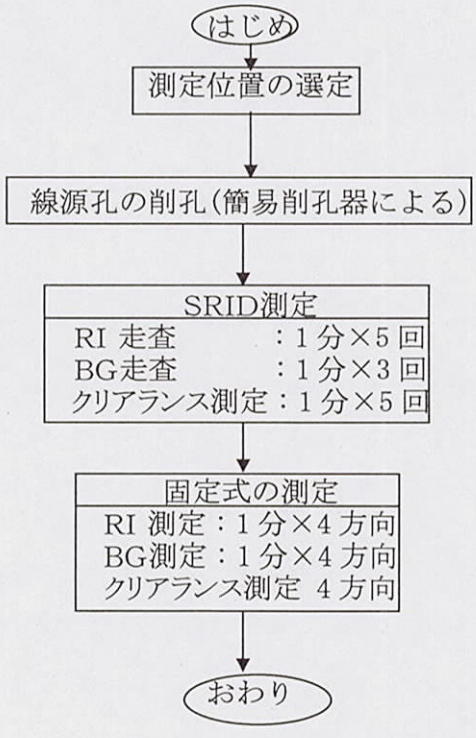
表－3.9　現地試験の数量

測定器	試験ゾーン				合計
	H (N=10)	M (N=4)	L (N=1)	La (無転圧)	
SRID	60	6	60	30	156
固定式	60	6	60	30	156

(総測定点数：312)

（4）試験手順

図－3.17 に試験のフローを示す。なお、今回の試験では測定する地盤面の整形(不陸の除去)を一切行っておらず、SRIDのみならず固定式についても測定後に専用測定器によりクリアランスを測定した。



図－3.17　現地試験のフロー

3.3.2 測定結果

表－3.10(a)～(d)および**表－3.11(a)～(d)**にSRIDと固定式の測定値を示す。湿潤密度ρ_t、等価含水量ρ_m^*、乾燥密度ρ_dおよび含水比wのそれぞれの物性値について、不陸補正をしない場合と不陸補正後の両方の値をとりまとめている。また、各測点における平均値だけでなく、SRIDについては5回の走査ごとの平均値、固定式については4方向の方向別の平均値をあわせて示した。**3.3.3～3.3.5**に順次示す図表のすべては、これらの総括表にもとづいてつくられている。

表－3.10(a)　ＳＲＩＤの測定値(Hゾーン:1/6)

ゾーン	測点番号	測定回	クリアランス ΔL (mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m^3)		等価含水量 ρ_m^* (t/m^3)		乾燥密度 ρ_d (t/m^3)		含水比 w (%)	
				不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
H	1	1	5.35	2.0329	2.0673	0.5734	0.5792	1.7458	1.7800	16.44	16.14
		2	5.30	2.0472	2.0815	0.5718	0.5776	1.7648	1.7989	16.00	15.71
		3	5.38	2.0379	2.0726	0.5812	0.5871	1.7425	1.7769	16.95	16.64
		4	5.41	2.0320	2.0667	0.5480	0.5537	1.7750	1.8099	14.47	14.19
		5	5.46	2.0374	2.0726	0.5649	0.5708	1.7614	1.7965	15.67	15.37
		平均	5.38	2.0374	2.0721	0.5674	0.5732	1.7584	1.7930	15.87	15.57
	2	1	2.62	2.0169	2.0335	0.5855	0.5884	1.7123	1.7286	17.79	17.64
		2	2.74	2.0225	2.0399	0.5908	0.5939	1.7126	1.7297	18.10	17.93
		3	2.67	2.0301	2.0471	0.5868	0.5897	1.7264	1.7432	17.59	17.43
		4	2.65	2.0253	2.0422	0.5855	0.5884	1.7223	1.7390	17.59	17.44
		5	2.70	2.0274	2.0446	0.5774	0.5804	1.7344	1.7514	16.89	16.74
		平均	2.68	2.0244	2.0414	0.5851	0.5881	1.7217	1.7384	17.59	17.43
	3	1	6.90	2.0064	2.0504	0.5653	0.5727	1.7239	1.7676	16.39	16.00
		2	6.78	2.0138	2.0572	0.5695	0.5768	1.7277	1.7708	16.56	16.17
		3	6.93	2.0069	2.0511	0.5649	0.5724	1.7248	1.7688	16.35	15.96
		4	7.10	2.0128	2.0583	0.5675	0.5752	1.7288	1.7740	16.43	16.03
		5	6.85	2.0021	2.0457	0.5820	0.5896	1.6987	1.7418	17.86	17.45
		平均	6.91	2.0084	2.0525	0.5697	0.5772	1.7209	1.7647	16.70	16.31
	4	1	4.64	1.9868	2.0159	0.5487	0.5535	1.7203	1.7493	15.50	15.24
		2	4.57	1.9932	2.0220	0.5587	0.5635	1.7160	1.7446	16.16	15.90
		3	4.73	1.9897	2.0194	0.5569	0.5619	1.7138	1.7434	16.09	15.83
		4	4.68	2.0002	2.0298	0.5527	0.5576	1.7314	1.7609	15.52	15.27
		5	4.77	1.9941	2.0241	0.5432	0.5481	1.7355	1.7656	14.90	14.64
		平均	4.68	1.9928	2.0222	0.5519	0.5568	1.7235	1.7529	15.62	15.37
	5	1	2.31	2.0366	2.0514	0.5783	0.5808	1.7445	1.7591	16.75	16.62
		2	2.38	2.0370	2.0522	0.5722	0.5748	1.7521	1.7672	16.26	16.12
		3	2.30	2.0494	2.0642	0.5795	0.5820	1.7582	1.7729	16.56	16.43
		4	2.33	2.0360	2.0509	0.5675	0.5700	1.7566	1.7713	15.91	15.78
		5	2.28	2.0389	2.0534	0.5675	0.5700	1.7599	1.7744	15.85	15.72
		平均	2.32	2.0396	2.0544	0.5729	0.5754	1.7544	1.7691	16.26	16.13
	6	1	5.63	2.0179	2.0538	0.5691	0.5752	1.7330	1.7687	16.44	16.12
		2	5.61	2.0183	2.0542	0.5494	0.5552	1.7571	1.7930	14.86	14.57
		3	5.65	2.0143	2.0503	0.5601	0.5661	1.7394	1.7753	15.80	15.49
		4	5.61	2.0197	2.0555	0.5714	0.5775	1.7323	1.7680	16.58	16.27
		5	5.60	2.0106	2.0463	0.5627	0.5687	1.7320	1.7675	16.09	15.77
		平均	5.62	2.0161	2.0520	0.5623	0.5683	1.7390	1.7748	15.93	15.62
	7	1	2.12	2.0645	2.0782	0.5562	0.5584	1.8042	1.8179	14.43	14.32
		2	2.18	2.0425	2.0564	0.5710	0.5734	1.7601	1.7740	16.04	15.92
		3	2.18	2.0522	2.0662	0.5545	0.5567	1.7915	1.8055	14.55	14.44
		4	2.15	2.0463	2.0601	0.5500	0.5523	1.7898	1.8037	14.33	14.22
		5	2.11	2.0447	2.0582	0.5608	0.5631	1.7750	1.7885	15.20	15.08
		平均	2.15	2.0500	2.0638	0.5583	0.5606	1.7843	1.7981	14.89	14.78
	8	1	2.74	2.0164	2.0337	0.5619	0.5648	1.7398	1.7570	15.90	15.75
		2	2.81	2.0176	2.0354	0.5710	0.5741	1.7303	1.7480	16.60	16.44
		3	2.67	2.0212	2.0381	0.5783	0.5812	1.7260	1.7427	17.10	16.95
		4	2.65	2.0174	2.0341	0.5594	0.5622	1.7440	1.7607	15.68	15.53
		5	2.69	2.0261	2.0432	0.5758	0.5787	1.7348	1.7517	16.79	16.64
		平均	2.71	2.0197	2.0369	0.5691	0.5720	1.7352	1.7523	16.40	16.24
	9	1	1.66	2.0192	2.0297	0.5834	0.5853	1.7174	1.7278	17.57	17.47
		2	1.73	2.0293	2.0403	0.5727	0.5745	1.7424	1.7533	16.47	16.37
		3	1.68	2.0181	2.0287	0.5743	0.5761	1.7271	1.7376	16.85	16.75
		4	1.65	2.0326	2.0431	0.5817	0.5835	1.7355	1.7459	17.12	17.02
		5	1.62	2.0259	2.0362	0.5813	0.5831	1.7281	1.7382	17.24	17.14
		平均	1.67	2.0250	2.0356	0.5786	0.5804	1.7301	1.7406	17.04	16.95
	10	1	10.67	2.0206	2.0900	0.5562	0.5676	1.7517	1.8211	15.35	14.77
		2	10.55	2.0152	2.0835	0.5572	0.5685	1.7440	1.8122	15.55	14.97
		3	10.57	2.0066	2.0749	0.5743	0.5859	1.7134	1.7810	17.12	16.50
		4	10.73	2.0257	2.0956	0.5653	0.5769	1.7469	1.8166	15.96	15.36
		5	10.70	2.0100	2.0792	0.5676	0.5792	1.7254	1.7942	16.50	15.88
		平均	10.64	2.0156	2.0846	0.5639	0.5755	1.7364	1.8052	16.08	15.48

表－3.10(a)　ＳＲＩＤの測定値(Hゾーン:2/6)

ゾーン	測点番号	測定回	クリアランス ΔL(mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m³)		等価含水量 ρ_m^* (t/m³)		乾燥密度 ρ_d (t/m³)		含水比 w (%)	
				不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
H	11	1	9.66	2.0008	2.0628	0.5598	0.5701	1.7237	1.7855	16.07	15.53
		2	9.64	2.0026	2.0645	0.5552	0.5654	1.7314	1.7932	15.66	15.13
		3	9.68	1.9955	2.0574	0.5583	0.5687	1.7191	1.7808	16.08	15.53
		4	9.74	1.9967	2.0591	0.5608	0.5713	1.7175	1.7796	16.25	15.70
		5	9.69	2.0008	2.0630	0.5507	0.5609	1.7346	1.7968	15.35	14.82
		平均	9.68	1.9993	2.0614	0.5569	0.5672	1.7253	1.7872	15.88	15.34
	12	1	3.79	2.0516	2.0760	0.5590	0.5631	1.7853	1.8098	14.91	14.71
		2	3.74	2.0388	2.0628	0.5524	0.5563	1.7780	1.8021	14.67	14.47
		3	3.74	2.0470	2.0711	0.5710	0.5751	1.7655	1.7895	15.94	15.74
		4	3.77	2.0444	2.0687	0.5608	0.5648	1.7746	1.7989	15.20	15.00
		5	3.78	2.0447	2.0690	0.5683	0.5724	1.7660	1.7902	15.78	15.57
		平均	3.76	2.0453	2.0695	0.5622	0.5662	1.7741	1.7983	15.29	15.08
	13	1	6.15	1.9917	2.0305	0.5477	0.5541	1.7272	1.7660	15.31	14.98
		2	6.22	1.9931	2.0324	0.5534	0.5600	1.7221	1.7613	15.74	15.39
		3	6.07	1.9886	2.0268	0.5432	0.5494	1.7289	1.7672	15.02	14.69
		4	6.06	1.9963	2.0347	0.5295	0.5356	1.7546	1.7931	13.78	13.47
		5	6.24	2.0030	2.0427	0.5406	0.5470	1.7493	1.7890	14.51	14.18
		平均	6.15	1.9945	2.0334	0.5427	0.5490	1.7367	1.7756	14.85	14.52
	14	1	3.44	2.0089	2.0306	0.5687	0.5724	1.7227	1.7443	16.61	16.42
		2	3.41	2.0009	2.0223	0.5638	0.5674	1.7190	1.7403	16.40	16.20
		3	3.40	2.0040	2.0254	0.5656	0.5693	1.7205	1.7418	16.48	16.28
		4	3.46	2.0144	2.0364	0.5573	0.5609	1.7431	1.7649	15.57	15.38
		5	3.40	2.0035	2.0249	0.5461	0.5496	1.7434	1.7648	14.92	14.74
		平均	3.42	2.0063	2.0279	0.5600	0.5637	1.7300	1.7515	15.97	15.78
	15	1	−0.03	2.0743	2.0741	0.5809	0.5808	1.7864	1.7862	16.12	16.12
		2	0.03	2.0861	2.0863	0.5562	0.5562	1.8300	1.8302	13.99	13.99
		3	−0.02	2.0818	2.0816	0.5541	0.5540	1.8274	1.8273	13.92	13.92
		4	0.02	2.0982	2.0983	0.5572	0.5573	1.8432	1.8433	13.83	13.83
		5	−0.04	2.0849	2.0846	0.5723	0.5722	1.8094	1.8091	15.23	15.23
		平均	−0.01	2.0850	2.0849	0.5637	0.5637	1.8197	1.8197	14.58	14.58
	16	1	−0.77	2.0693	2.0643	0.5755	0.5746	1.7868	1.7819	15.81	15.85
		2	−0.72	2.0570	2.0524	0.5605	0.5597	1.7901	1.7855	14.91	14.95
		3	−0.83	2.0791	2.0738	0.5813	0.5804	1.7917	1.7864	16.04	16.09
		4	−0.73	2.0713	2.0666	0.5719	0.5711	1.7936	1.7890	15.48	15.52
		5	−0.66	2.0650	2.0608	0.5731	0.5723	1.7846	1.7804	15.71	15.75
		平均	−0.74	2.0683	2.0635	0.5723	0.5715	1.7895	1.7848	15.58	15.62
	17	1	−1.24	2.0706	2.0626	0.5484	0.5471	1.8208	1.8128	13.72	13.78
		2	−1.15	2.0648	2.0575	0.5490	0.5478	1.8132	1.8058	13.88	13.94
		3	−1.18	2.0574	2.0499	0.5467	0.5455	1.8070	1.7995	13.85	13.91
		4	−1.41	2.0628	2.0538	0.5490	0.5476	1.8108	1.8018	13.92	13.99
		5	−1.17	2.0573	2.0498	0.5566	0.5553	1.7952	1.7877	14.60	14.66
		平均	−1.23	2.0626	2.0547	0.5499	0.5486	1.8094	1.8015	13.99	14.05
	18	1	−0.13	2.0732	2.0724	0.5605	0.5603	1.8095	1.8087	14.57	14.58
		2	−0.08	2.0744	2.0739	0.5521	0.5520	1.8210	1.8204	13.92	13.92
		3	−0.04	2.0647	2.0644	0.5580	0.5579	1.8023	1.8020	14.56	14.56
		4	−0.06	2.0643	2.0639	0.5527	0.5527	1.8081	1.8077	14.17	14.17
		5	−0.31	2.0716	2.0696	0.5497	0.5494	1.8204	1.8184	13.80	13.81
		平均	−0.12	2.0696	2.0688	0.5545	0.5544	1.8123	1.8115	14.20	14.20
	19	1	−1.86	2.0424	2.0306	0.5634	0.5614	1.7691	1.7574	15.45	15.55
		2	−1.93	2.0619	2.0496	0.5594	0.5574	1.7973	1.7850	14.72	14.83
		3	−1.79	2.0552	2.0439	0.5645	0.5626	1.7832	1.7718	15.26	15.35
		4	−1.91	2.0459	2.0338	0.5649	0.5629	1.7715	1.7595	15.49	15.59
		5	−1.82	2.0588	2.0473	0.5649	0.5630	1.7870	1.7755	15.21	15.31
		平均	−1.86	2.0528	2.0410	0.5634	0.5614	1.7816	1.7698	15.22	15.32
	20	1	10.23	2.0225	2.0889	0.5345	0.5450	1.7799	1.8468	13.63	13.11
		2	10.27	2.0261	2.0930	0.5318	0.5423	1.7874	1.8549	13.35	12.84
		3	10.17	2.0227	2.0888	0.5372	0.5477	1.7769	1.8434	13.83	13.31
		4	10.33	2.0185	2.0855	0.5357	0.5463	1.7737	1.8411	13.80	13.27
		5	10.19	2.0204	2.0865	0.5330	0.5434	1.7791	1.8457	13.56	13.04
		平均	10.24	2.0220	2.0885	0.5345	0.5449	1.7794	1.8464	13.64	13.11

表－3.10(a)　ＳＲＩＤの測定値(Hゾーン:3/6)

ゾーン	測点番号	測定回	クリアランス ΔL(mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m^3)		等価含水量 ρ_m^* (t/m^3)		乾燥密度 ρ_d (t/m^3)		含水比 w (%)	
				不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
H	21	1	2.42	2.0529	2.0684	0.5664	0.5690	1.7781	1.7936	15.45	15.32
		2	2.40	2.0386	2.0539	0.5652	0.5678	1.7624	1.7776	15.67	15.54
		3	2.46	2.0551	2.0709	0.5645	0.5671	1.7830	1.7988	15.26	15.13
		4	2.41	2.0388	2.0542	0.5597	0.5622	1.7693	1.7847	15.23	15.10
		5	2.37	2.0396	2.0548	0.5554	0.5579	1.7754	1.7906	14.88	14.76
		平均	2.41	2.0449	2.0604	0.5622	0.5647	1.7736	1.7891	15.30	15.17
	22	1	−0.15	2.0560	2.0551	0.5771	0.5769	1.7690	1.7681	16.22	16.23
		2	−0.19	2.0633	2.0621	0.5615	0.5613	1.7964	1.7952	14.86	14.87
		3	−0.24	2.0761	2.0745	0.5630	0.5627	1.8099	1.8083	14.71	14.72
		4	−0.10	2.0742	2.0736	0.5604	0.5603	1.8108	1.8101	14.55	14.55
		5	−0.23	2.0844	2.0829	0.5664	0.5661	1.8158	1.8143	14.79	14.80
		平均	−0.18	2.0707	2.0695	0.5655	0.5654	1.8004	1.7993	15.01	15.02
	23	1	2.78	2.0255	2.0431	0.5892	0.5923	1.7180	1.7355	17.89	17.73
		2	2.74	2.0137	2.0310	0.5852	0.5882	1.7087	1.7258	17.85	17.68
		3	2.77	2.0088	2.0262	0.5910	0.5941	1.6959	1.7131	18.45	18.28
		4	2.75	2.0220	2.0394	0.5817	0.5847	1.7228	1.7401	17.37	17.20
		5	2.82	2.0176	2.0355	0.5800	0.5831	1.7196	1.7373	17.33	17.16
		平均	2.77	2.0175	2.0350	0.5854	0.5884	1.7131	1.7304	17.77	17.61
	24	1	0.68	2.0303	2.0346	0.5593	0.5600	1.7595	1.7638	15.39	15.35
		2	0.71	2.0362	2.0407	0.5730	0.5738	1.7502	1.7546	16.34	16.30
		3	0.73	2.0316	2.0362	0.5568	0.5576	1.7641	1.7687	15.16	15.12
		4	0.56	2.0299	2.0335	0.5619	0.5625	1.7560	1.7596	15.60	15.57
		5	0.53	2.0308	2.0341	0.5775	0.5781	1.7384	1.7417	16.82	16.79
		平均	0.64	2.0318	2.0358	0.5655	0.5662	1.7539	1.7580	15.84	15.80
	25	1	4.93	2.0535	2.0855	0.5804	0.5859	1.7621	1.7938	16.54	16.26
		2	4.78	2.0553	2.0863	0.5572	0.5622	1.7920	1.8231	14.69	14.44
		3	4.96	2.0511	2.0833	0.5691	0.5744	1.7728	1.8048	15.70	15.43
		4	4.96	2.0630	2.0954	0.5730	0.5784	1.7823	1.8145	15.75	15.48
		5	4.92	2.0509	2.0828	0.5687	0.5740	1.7730	1.8048	15.68	15.40
		平均	4.91	2.0548	2.0866	0.5695	0.5748	1.7767	1.8084	15.65	15.38
	26	1	1.53	2.0572	2.0671	0.5516	0.5532	1.8010	1.8109	14.23	14.15
		2	1.58	2.0666	2.0768	0.5714	0.5731	1.7884	1.7986	15.55	15.47
		3	1.54	2.0550	2.0649	0.5750	0.5767	1.7702	1.7801	16.08	16.00
		4	1.61	2.0604	2.0708	0.5695	0.5712	1.7835	1.7938	15.53	15.44
		5	1.48	2.0554	2.0649	0.5738	0.5754	1.7722	1.7816	15.98	15.90
		平均	1.55	2.0589	2.0689	0.5680	0.5697	1.7834	1.7933	15.45	15.37
	27	1	4.77	2.0034	2.0336	0.5683	0.5734	1.7166	1.7466	16.71	16.43
		2	4.84	2.0123	2.0430	0.5804	0.5858	1.7127	1.7431	17.49	17.20
		3	4.75	2.0187	2.0490	0.5645	0.5696	1.7395	1.7697	16.05	15.79
		4	4.68	2.0215	2.0514	0.5622	0.5672	1.7456	1.7753	15.81	15.55
		5	4.74	2.0196	2.0499	0.5649	0.5699	1.7402	1.7702	16.06	15.80
		平均	4.76	2.0151	2.0453	0.5679	0.5730	1.7310	1.7611	16.41	16.14
	28	1	4.16	2.0443	2.0711	0.5608	0.5652	1.7746	1.8013	15.20	14.98
		2	4.09	2.0348	2.0610	0.5691	0.5735	1.7533	1.7794	16.06	15.83
		3	4.08	2.0484	2.0747	0.5843	0.5888	1.7513	1.7774	16.96	16.73
		4	4.43	2.0391	2.0676	0.5703	0.5750	1.7570	1.7854	16.06	15.81
		5	4.19	2.0422	2.0692	0.5675	0.5720	1.7640	1.7909	15.77	15.54
		平均	4.19	2.0418	2.0687	0.5702	0.5747	1.7603	1.7871	15.99	15.76
	29	1	−2.00	2.0585	2.0458	0.5783	0.5762	1.7706	1.7579	16.26	16.38
		2	−2.03	2.0590	2.0461	0.5750	0.5729	1.7751	1.7622	16.00	16.11
		3	−1.96	2.0623	2.0498	0.5683	0.5662	1.7871	1.7747	15.40	15.51
		4	−1.89	2.0658	2.0537	0.5722	0.5702	1.7866	1.7745	15.63	15.73
		5	−1.92	2.0605	2.0483	0.5901	0.5880	1.7589	1.7468	17.15	17.26
		平均	−1.96	2.0612	2.0487	0.5766	0.5745	1.7759	1.7635	16.07	16.18
	30	1	6.83	2.0326	2.0767	0.5335	0.5404	1.7932	1.8377	13.35	13.01
		2	6.87	2.0270	2.0713	0.5359	0.5429	1.7837	1.8282	13.64	13.30
		3	6.89	2.0306	2.0750	0.5396	0.5467	1.7835	1.8282	13.85	13.50
		4	6.82	2.0229	2.0668	0.5523	0.5595	1.7591	1.8029	15.00	14.63
		5	6.90	2.0307	2.0753	0.5365	0.5435	1.7874	1.8322	13.62	13.27
		平均	6.86	2.0288	2.0730	0.5394	0.5464	1.7815	1.8260	13.88	13.53

表－3.10(a)　ＳＲＩＤの測定値(Hゾーン:4/6)

ゾーン	測点番号	測定回	クリアランス ΔL(mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m^3)		等価含水量 ρ_m^* (t/m^3)		乾燥密度 ρ_d (t/m^3)		含水比 w (%)	
				不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
H	31	1	8.99	1.9992	2.0567	0.5440	0.5534	1.7407	1.7982	14.85	14.37
		2	9.11	2.0101	2.0688	0.5510	0.5606	1.7454	1.8040	15.17	14.67
		3	8.95	2.0057	2.0631	0.5551	0.5646	1.7351	1.7924	15.59	15.10
		4	8.92	1.9999	2.0570	0.5587	0.5682	1.7240	1.7809	16.00	15.50
		5	8.89	2.0174	2.0748	0.5456	0.5549	1.7605	1.8180	14.59	14.12
		平均	8.97	2.0064	2.0640	0.5508	0.5602	1.7412	1.7988	15.23	14.74
	32	1	3.07	2.0452	2.0649	0.5587	0.5619	1.7781	1.7978	15.02	14.85
		2	3.04	2.0576	2.0772	0.5612	0.5644	1.7899	1.8095	14.95	14.79
		3	3.22	2.0467	2.0674	0.5565	0.5599	1.7826	1.8033	14.82	14.65
		4	3.17	2.0598	2.0803	0.5483	0.5516	1.8081	1.8287	13.92	13.76
		5	2.86	2.0497	2.0681	0.5583	0.5613	1.7840	1.8024	14.89	14.74
		平均	3.07	2.0518	2.0716	0.5565	0.5598	1.7886	1.8084	14.72	14.55
	33	1	7.04	2.0072	2.0522	0.5645	0.5721	1.7257	1.7704	16.31	15.92
		2	6.98	2.0052	2.0497	0.5691	0.5767	1.7178	1.7619	16.73	16.33
		3	7.12	2.0081	2.0536	0.5634	0.5711	1.7281	1.7734	16.20	15.80
		4	7.14	2.0018	2.0473	0.5775	0.5854	1.7037	1.7487	17.50	17.07
		5	7.07	2.0088	2.0539	0.5703	0.5780	1.7207	1.7655	16.74	16.34
		平均	7.07	2.0062	2.0513	0.5689	0.5765	1.7193	1.7641	16.69	16.28
	34	1	2.71	2.0279	2.0452	0.5723	0.5752	1.7412	1.7583	16.47	16.31
		2	2.76	2.0197	2.0372	0.5664	0.5694	1.7384	1.7558	16.18	16.03
		3	2.66	2.0164	2.0332	0.5676	0.5704	1.7331	1.7498	16.35	16.20
		4	2.80	2.0278	2.0456	0.5548	0.5577	1.7620	1.7798	15.08	14.93
		5	2.67	2.0196	2.0365	0.5739	0.5767	1.7294	1.7462	16.78	16.63
		平均	2.72	2.0223	2.0395	0.5668	0.5697	1.7410	1.7581	16.16	16.00
	35	1	5.58	2.0525	2.0888	0.5399	0.5456	1.8094	1.8459	13.44	13.16
		2	5.73	2.0567	2.0940	0.5356	0.5414	1.8195	1.8571	13.04	12.75
		3	5.55	2.0458	2.0817	0.5308	0.5364	1.8122	1.8485	12.89	12.62
		4	5.62	2.0479	2.0844	0.5220	0.5276	1.8252	1.8622	12.20	11.93
		5	5.47	2.0575	2.0931	0.5223	0.5277	1.8364	1.8725	12.04	11.78
		平均	5.59	2.0521	2.0884	0.5299	0.5356	1.8207	1.8574	12.71	12.43
	36	1	5.81	1.9994	2.0362	0.5653	0.5715	1.7155	1.7520	16.55	16.22
		2	5.84	2.0018	2.0389	0.5634	0.5697	1.7206	1.7574	16.35	16.02
		3	5.80	2.0068	2.0436	0.5642	0.5704	1.7256	1.7623	16.29	15.97
		4	5.90	1.9887	2.0259	0.5743	0.5807	1.6920	1.7287	17.54	17.19
		5	5.77	2.0093	2.0460	0.5771	0.5834	1.7132	1.7495	17.29	16.95
		平均	5.82	2.0012	2.0381	0.5687	0.5750	1.7134	1.7501	16.79	16.46
	37	1	7.40	2.0119	2.0592	0.5490	0.5568	1.7498	1.7972	14.98	14.58
		2	7.40	2.0008	2.0480	0.5490	0.5568	1.7366	1.7837	15.21	14.81
		3	7.40	2.0067	2.0540	0.5504	0.5581	1.7420	1.7893	15.19	14.79
		4	7.20	2.0096	2.0556	0.5555	0.5631	1.7393	1.7852	15.54	15.14
		5	7.50	2.0126	2.0607	0.5514	0.5593	1.7479	1.7960	15.14	14.74
		平均	7.38	2.0083	2.0555	0.5510	0.5588	1.7431	1.7903	15.21	14.81
	38	1	6.85	2.0313	2.0755	0.5545	0.5617	1.7665	1.8108	14.99	14.62
		2	6.79	2.0320	2.0758	0.5594	0.5666	1.7614	1.8052	15.36	14.99
		3	6.76	2.0135	2.0568	0.5470	0.5541	1.7542	1.7975	14.78	14.43
		4	6.91	2.0338	2.0785	0.5623	0.5697	1.7601	1.8047	15.55	15.17
		5	6.93	2.0231	2.0677	0.5638	0.5712	1.7456	1.7900	15.90	15.51
		平均	6.85	2.0267	2.0708	0.5573	0.5645	1.7577	1.8017	15.30	14.93
	39	1	4.02	2.0217	2.0473	0.5419	0.5460	1.7702	1.7958	14.21	14.00
		2	4.08	2.0266	2.0526	0.5438	0.5480	1.7737	1.7998	14.26	14.05
		3	4.07	2.0199	2.0458	0.5619	0.5663	1.7440	1.7698	15.82	15.60
		4	4.05	2.0147	2.0404	0.5576	0.5619	1.7430	1.7686	15.59	15.37
		5	4.08	2.0245	2.0505	0.5500	0.5543	1.7637	1.7897	14.79	14.57
		平均	4.06	2.0215	2.0473	0.5508	0.5551	1.7591	1.7850	14.91	14.70
	40	1	3.73	2.0324	2.0562	0.5656	0.5696	1.7545	1.7782	15.84	15.63
		2	3.70	2.0372	2.0609	0.5691	0.5731	1.7561	1.7797	16.00	15.80
		3	3.68	2.0419	2.0655	0.5846	0.5887	1.7432	1.7666	17.14	16.92
		4	3.76	2.0334	2.0575	0.5634	0.5674	1.7584	1.7824	15.64	15.43
		5	3.68	2.0390	2.0626	0.5679	0.5719	1.7597	1.7832	15.87	15.67
		平均	3.71	2.0368	2.0606	0.5699	0.5739	1.7546	1.7783	16.08	15.87

表－3.10(a)　ＳＲＩＤの測定値(Hゾーン:5/6)

ｿﾞｰﾝ	測点番号	測定回	ｸﾘｱﾗﾝｽ ΔL(mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m^3)		等価含水量 ρ_m^* (t/m^3)		乾燥密度 ρ_d (t/m^3)		含水比 w (%)	
				不撹補正無	不撹補正有	不撹補正無	不撹補正有	不撹補正無	不撹補正有	不撹補正無	不撹補正有
H	41	1	3.35	2.0014	2.0225	0.5605	0.5640	1.7236	1.7446	16.12	15.93
		2	3.29	2.0095	2.0302	0.5642	0.5677	1.7288	1.7495	16.23	16.05
		3	3.44	2.0122	2.0339	0.5627	0.5663	1.7338	1.7555	16.05	15.86
		4	3.50	2.0105	2.0326	0.5587	0.5624	1.7366	1.7587	15.77	15.58
		5	3.26	2.0128	2.0334	0.5566	0.5600	1.7419	1.7624	15.55	15.37
		平均	3.37	2.0093	2.0305	0.5605	0.5641	1.7330	1.7542	15.94	15.76
	42	1	-0.62	2.0558	2.0518	0.5623	0.5616	1.7864	1.7825	15.08	15.11
		2	-0.82	2.0759	2.0707	0.5656	0.5648	1.8066	1.8013	14.91	14.95
		3	-0.65	2.0712	2.0671	0.5623	0.5616	1.8050	1.8008	14.75	14.79
		4	-0.58	2.0586	2.0548	0.5653	0.5647	1.7862	1.7825	15.25	15.28
		5	-0.66	2.0519	2.0477	0.5616	0.5609	1.7827	1.7785	15.10	15.14
		平均	-0.67	2.0626	2.0583	0.5634	0.5627	1.7933	1.7890	15.02	15.05
	43	1	6.95	2.0307	2.0756	0.5406	0.5478	1.7824	1.8275	13.93	13.58
		2	6.98	2.0384	2.0836	0.5413	0.5485	1.7908	1.8363	13.82	13.47
		3	6.93	2.0278	2.0725	0.5409	0.5481	1.7786	1.8235	14.01	13.66
		4	7.00	2.0202	2.0651	0.5464	0.5537	1.7629	1.8079	14.59	14.22
		5	6.96	2.0207	2.0654	0.5454	0.5526	1.7647	1.8096	14.51	14.14
		平均	6.96	2.0275	2.0724	0.5429	0.5501	1.7759	1.8209	14.17	13.81
	44	1	0.44	2.0516	2.0544	0.5762	0.5767	1.7649	1.7677	16.25	16.22
		2	0.42	2.0428	2.0455	0.5795	0.5800	1.7504	1.7530	16.71	16.68
		3	0.52	2.0422	2.0455	0.5538	0.5543	1.7804	1.7837	14.70	14.68
		4	0.46	2.0548	2.0578	0.5770	0.5775	1.7677	1.7706	16.24	16.22
		5	0.41	2.0585	2.0611	0.5738	0.5742	1.7760	1.7786	15.91	15.89
		平均	0.45	2.0500	2.0528	0.5717	0.5722	1.7682	1.7711	15.93	15.91
	45	1	5.53	2.0433	2.0791	0.5432	0.5489	1.7945	1.8304	13.87	13.59
		2	5.50	2.0456	2.0811	0.5500	0.5558	1.7889	1.8246	14.35	14.06
		3	5.46	2.0419	2.0771	0.5354	0.5410	1.8020	1.8375	13.31	13.04
		4	5.55	2.0457	2.0817	0.5467	0.5525	1.7931	1.8292	14.09	13.80
		5	5.47	2.0547	2.0902	0.5363	0.5419	1.8162	1.8521	13.13	12.86
		平均	5.50	2.0462	2.0818	0.5422	0.5479	1.7991	1.8349	13.74	13.46
	46	1	4.94	2.0114	2.0427	0.5660	0.5713	1.7289	1.7601	16.34	16.06
		2	5.10	1.9955	2.0276	0.5702	0.5758	1.7048	1.7367	17.05	16.75
		3	4.90	2.0006	2.0315	0.5634	0.5686	1.7191	1.7499	16.37	16.10
		4	4.76	1.9920	2.0219	0.5774	0.5826	1.6920	1.7216	17.73	17.44
		5	4.79	1.9979	2.0281	0.5507	0.5557	1.7311	1.7613	15.41	15.15
		平均	4.90	1.9994	2.0303	0.5653	0.5705	1.7155	1.7462	16.55	16.27
	47	1	3.94	1.9853	2.0099	0.5558	0.5600	1.7099	1.7344	16.11	15.89
		2	3.89	1.9854	2.0097	0.5619	0.5661	1.7027	1.7268	16.60	16.38
		3	3.94	1.9823	2.0069	0.5808	0.5851	1.6765	1.7007	18.24	18.01
		4	4.12	1.9843	2.0100	0.5627	0.5671	1.7005	1.7260	16.69	16.45
		5	3.89	1.9716	1.9958	0.5657	0.5698	1.6818	1.7057	17.23	17.01
		平均	3.96	1.9818	2.0064	0.5651	0.5694	1.6945	1.7190	16.95	16.72
	48	1	-0.93	2.0840	2.0780	0.5642	0.5632	1.8180	1.8120	14.63	14.68
		2	-0.80	2.0783	2.0732	0.5590	0.5582	1.8174	1.8122	14.36	14.40
		3	-0.95	2.0889	2.0828	0.5695	0.5685	1.8175	1.8114	14.93	14.98
		4	-1.01	2.0782	2.0717	0.5580	0.5569	1.8185	1.8120	14.28	14.33
		5	-0.92	2.0941	2.0882	0.5587	0.5577	1.8367	1.8307	14.02	14.06
		平均	-0.92	2.0847	2.0787	0.5618	0.5608	1.8217	1.8157	14.44	14.49
	49	1	0.27	2.0723	2.0740	0.5639	0.5642	1.8043	1.8061	14.85	14.84
		2	0.33	2.0548	2.0569	0.5708	0.5712	1.7751	1.7772	15.76	15.74
		3	0.30	2.0430	2.0449	0.5643	0.5646	1.7688	1.7707	15.50	15.49
		4	0.18	2.0494	2.0505	0.5606	0.5608	1.7809	1.7820	15.08	15.07
		5	0.22	2.0386	2.0400	0.5639	0.5641	1.7640	1.7654	15.57	15.55
		平均	0.26	2.0515	2.0531	0.5646	0.5649	1.7785	1.7802	15.35	15.33
	50	1	2.79	2.0972	2.1156	0.5545	0.5574	1.8454	1.8638	13.65	13.51
		2	2.85	2.1113	2.1302	0.5356	0.5385	1.8848	1.9040	12.02	11.88
		3	2.87	2.0976	2.1165	0.5359	0.5388	1.8681	1.8872	12.29	12.15
		4	2.69	2.0922	2.1099	0.5500	0.5528	1.8448	1.8625	13.42	13.28
		5	2.68	2.0992	2.1168	0.5548	0.5577	1.8473	1.8651	13.64	13.50
		平均	2.78	2.0995	2.1178	0.5459	0.5488	1.8584	1.8768	12.98	12.84

表－3.10(a)　ＳＲＩＤの測定値(Hゾーン:6/6)

ゾーン	測点番号	測定回	クリアランス ΔL(mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m³)		等価含水量 ρ_m^* (t/m³)		乾燥密度 ρ_d (t/m³)		含水比 w (%)	
				不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
H	51	1	5.52	2.0312	2.0667	0.5797	0.5858	1.7362	1.7714	16.99	16.67
		2	5.50	2.0355	2.0709	0.5643	0.5702	1.7598	1.7952	15.66	15.36
		3	5.47	2.0273	2.0623	0.5646	0.5705	1.7495	1.7845	15.87	15.57
		4	5.51	2.0342	2.0696	0.5598	0.5657	1.7635	1.7990	15.34	15.05
		5	5.55	2.0406	2.0764	0.5654	0.5714	1.7646	1.8003	15.64	15.34
		平均	5.51	2.0337	2.0692	0.5666	0.5725	1.7549	1.7902	15.89	15.58
	52	1	5.90	2.0293	2.0673	0.5728	0.5792	1.7423	1.7800	16.47	16.14
		2	5.93	2.0164	2.0542	0.5832	0.5897	1.7144	1.7518	17.62	17.26
		3	6.00	2.0115	2.0497	0.5935	0.6002	1.6962	1.7339	18.59	18.22
		4	5.87	2.0052	2.0424	0.5911	0.5977	1.6914	1.7281	18.55	18.19
		5	5.92	2.0342	2.0723	0.5744	0.5809	1.7461	1.7840	16.49	16.16
		平均	5.92	2.0192	2.0571	0.5827	0.5893	1.7183	1.7557	17.51	17.16
	53	1	4.04	2.0653	2.0916	0.5646	0.5690	1.7951	1.8213	15.06	14.84
		2	4.12	2.0660	2.0928	0.5595	0.5638	1.8020	1.8289	14.65	14.43
		3	4.08	2.0516	2.0780	0.5595	0.5638	1.7849	1.8112	14.95	14.73
		4	4.15	2.0616	2.0886	0.5628	0.5672	1.7929	1.8198	14.99	14.77
		5	4.07	2.0715	2.0981	0.5555	0.5598	1.8134	1.8400	14.24	14.02
		平均	4.09	2.0632	2.0898	0.5603	0.5647	1.7976	1.8243	14.77	14.55
	54	1	4.12	2.0485	2.0751	0.5654	0.5698	1.7740	1.8006	15.47	15.25
		2	4.08	2.0551	2.0815	0.5823	0.5868	1.7617	1.7879	16.65	16.42
		3	4.15	2.0478	2.0746	0.5740	0.5785	1.7630	1.7896	16.16	15.93
		4	4.10	2.0562	2.0828	0.5669	0.5713	1.7814	1.8079	15.42	15.20
		5	4.19	2.0452	2.0722	0.5628	0.5672	1.7732	1.8001	15.34	15.11
		平均	4.13	2.0505	2.0772	0.5701	0.5745	1.7709	1.7974	15.79	15.57
	55	1	5.73	2.0618	2.0992	0.5552	0.5612	1.8021	1.8397	14.41	14.11
		2	5.76	2.0543	2.0918	0.5555	0.5616	1.7927	1.8303	14.59	14.29
		3	5.68	2.0464	2.0832	0.5584	0.5644	1.7799	1.8167	14.97	14.67
		4	5.64	2.0481	2.0847	0.5602	0.5662	1.7798	1.8164	15.08	14.77
		5	5.74	2.0572	2.0946	0.5609	0.5670	1.7898	1.8272	14.94	14.63
		平均	5.71	2.0535	2.0907	0.5580	0.5641	1.7889	1.8260	14.79	14.49
	56	1	0.92	2.0813	2.0872	0.5510	0.5520	1.8304	1.8364	13.71	13.66
		2	0.89	2.0694	2.0752	0.5665	0.5675	1.7977	1.8034	15.11	15.07
		3	0.94	2.0671	2.0731	0.5573	0.5583	1.8059	1.8120	14.46	14.41
		4	0.96	2.0807	2.0869	0.5602	0.5612	1.8188	1.8250	14.40	14.35
		5	0.98	2.0742	2.0806	0.5521	0.5531	1.8208	1.8271	13.92	13.87
		平均	0.94	2.0745	2.0806	0.5573	0.5583	1.8148	1.8209	14.31	14.26
	57	1	5.83	2.0224	2.0598	0.5785	0.5849	1.7272	1.7642	17.09	16.75
		2	5.91	2.0226	2.0604	0.5654	0.5717	1.7430	1.7807	16.04	15.71
		3	5.77	2.0286	2.0656	0.5704	0.5767	1.7442	1.7811	16.30	15.98
		4	5.85	2.0316	2.0692	0.5797	0.5862	1.7366	1.7739	16.98	16.65
		5	5.86	2.0321	2.0698	0.5806	0.5871	1.7363	1.7736	17.04	16.70
		平均	5.84	2.0274	2.0650	0.5748	0.5812	1.7376	1.7749	16.68	16.35
	58	1	6.86	2.0170	2.0610	0.5595	0.5668	1.7435	1.7873	15.69	15.31
		2	6.77	2.0296	2.0733	0.5587	0.5660	1.7594	1.8030	15.36	14.99
		3	6.87	2.0192	2.0632	0.5545	0.5617	1.7520	1.7960	15.25	14.88
		4	6.93	2.0290	2.0737	0.5595	0.5669	1.7578	1.8024	15.43	15.05
		5	6.90	2.0251	2.0695	0.5613	0.5687	1.7509	1.7952	15.66	15.28
		平均	6.87	2.0239	2.0681	0.5587	0.5660	1.7527	1.7968	15.48	15.10
	59	1	-1.26	2.0786	2.0705	0.5658	0.5644	1.8096	1.8015	14.86	14.93
		2	-1.29	2.0779	2.0696	0.5728	0.5714	1.8003	1.7921	15.42	15.48
		3	-1.26	2.0785	2.0703	0.5654	0.5641	1.8099	1.8018	14.84	14.91
		4	-1.24	2.0796	2.0716	0.5832	0.5818	1.7900	1.7820	16.18	16.25
		5	-1.20	2.0863	2.0785	0.5760	0.5747	1.8066	1.7988	15.48	15.55
		平均	-1.25	2.0802	2.0721	0.5725	0.5711	1.8035	1.7954	15.34	15.41
	60	1	3.44	2.0650	2.0873	0.5620	0.5657	1.7978	1.8202	14.86	14.68
		2	3.36	2.0689	2.0908	0.5598	0.5634	1.8051	1.8270	14.61	14.44
		3	3.34	2.0643	2.0860	0.5785	0.5821	1.7773	1.7988	16.15	15.96
		4	3.50	2.0627	2.0854	0.5658	0.5695	1.7906	1.8132	15.20	15.01
		5	3.37	2.0644	2.0863	0.5760	0.5797	1.7804	1.8022	15.95	15.77
		平均	3.40	2.0651	2.0871	0.5682	0.5719	1.7905	1.8125	15.34	15.15

表－3.10(b)　ＳＲＩＤの測定値(Mゾーン)

ゾーン	測点番号	測定回	クリアランス ΔL(mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m^3)		等価含水量 ρ_m^* (t/m^3)		乾燥密度 ρ_d (t/m^3)		含水比 w (%)	
				不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
M	1	1	1.94	2.0636	2.0761	0.5833	0.5855	1.7706	1.7831	16.54	16.43
		2	1.90	2.0448	2.0569	0.5791	0.5812	1.7532	1.7653	16.63	16.52
		3	1.89	2.0604	2.0725	0.5774	0.5795	1.7738	1.7859	16.15	16.05
		4	1.91	2.0532	2.0655	0.5734	0.5754	1.7702	1.7824	15.99	15.89
		5	1.95	2.0588	2.0713	0.5825	0.5846	1.7659	1.7784	16.58	16.47
		平均	1.92	2.0561	2.0684	0.5791	0.5812	1.7668	1.7790	16.38	16.27
	2	1	-1.19	2.0810	2.0733	0.5437	0.5425	1.8388	1.8311	13.17	13.23
		2	-1.10	2.0822	2.0751	0.5523	0.5512	1.8300	1.8228	13.78	13.84
		3	-1.14	2.0649	2.0576	0.5551	0.5539	1.8059	1.7986	14.34	14.40
		4	-1.23	2.0744	2.0665	0.5437	0.5425	1.8309	1.8230	13.30	13.36
		5	-1.20	2.0776	2.0699	0.5434	0.5422	1.8352	1.8274	13.21	13.27
		平均	-1.17	2.0760	2.0684	0.5476	0.5463	1.8282	1.8207	13.55	13.61
	3	1	1.61	2.0629	2.0733	0.5718	0.5735	1.7837	1.7940	15.66	15.57
		2	1.66	2.0620	2.0727	0.5754	0.5772	1.7783	1.7889	15.96	15.87
		3	1.57	2.0672	2.0773	0.5816	0.5833	1.7770	1.7871	16.33	16.24
		4	1.63	2.0715	2.0820	0.5774	0.5792	1.7871	1.7976	15.91	15.82
		5	1.65	2.0683	2.0789	0.5820	0.5839	1.7778	1.7884	16.34	16.25
		平均	1.62	2.0664	2.0769	0.5776	0.5794	1.7808	1.7913	16.03	15.94
	4	1	-4.07	2.0960	2.0698	0.5630	0.5587	1.8337	1.8075	14.30	14.51
		2	-4.21	2.1062	2.0790	0.5710	0.5665	1.8363	1.8091	14.69	14.91
		3	-4.06	2.1041	2.0779	0.5702	0.5659	1.8348	1.8086	14.68	14.89
		4	-4.06	2.1071	2.0808	0.5803	0.5760	1.8263	1.8001	15.38	15.60
		5	-4.06	2.1026	2.0764	0.5774	0.5731	1.8244	1.7982	15.25	15.47
		平均	-4.09	2.1032	2.0768	0.5723	0.5679	1.8312	1.8049	14.85	15.06
	5	1	5.79	2.0273	2.0645	0.5730	0.5793	1.7396	1.7765	16.54	16.21
		2	5.58	2.0329	2.0688	0.5702	0.5763	1.7496	1.7853	16.19	15.88
		3	5.77	2.0262	2.0632	0.5710	0.5773	1.7406	1.7774	16.40	16.08
		4	5.92	2.0111	2.0488	0.5718	0.5782	1.7217	1.7591	16.81	16.47
		5	5.90	2.0211	2.0589	0.5698	0.5762	1.7360	1.7735	16.42	16.09
		平均	5.79	2.0237	2.0608	0.5712	0.5774	1.7374	1.7743	16.47	16.14
	6	1	9.53	2.0336	2.0958	0.5579	0.5681	1.7652	1.8274	15.21	14.69
		2	9.70	2.0366	2.0999	0.5489	0.5591	1.7794	1.8430	14.45	13.94
		3	9.56	2.0272	2.0893	0.5649	0.5752	1.7492	1.8112	15.89	15.36
		4	9.57	2.0249	2.0870	0.5750	0.5855	1.7343	1.7960	16.75	16.20
		5	9.53	2.0344	2.0965	0.5612	0.5714	1.7622	1.8243	15.44	14.92
		平均	9.58	2.0313	2.0937	0.5613	0.5716	1.7584	1.8207	15.52	14.99

表－3.10(c)　ＳＲＩＤの測定値(Ｌゾーン:1/6)

ｿﾞｰﾝ	測点番号	測定回	ｸﾘｱﾗﾝｽ	湿潤密度 ρ_t (t/m³)		等価含水量 ρ_m^* (t/m³)		乾燥密度 ρ_d (t/m³)		含水比 w (%)	
			ΔL(mm)	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
L	1	1	2.90	1.9812	1.9992	0.5194	0.5222	1.7485	1.7667	13.30	13.16
		2	2.94	1.9933	2.0117	0.5144	0.5173	1.7690	1.7876	12.68	12.54
		3	3.10	1.9879	2.0072	0.5210	0.5240	1.7547	1.7742	13.29	13.14
		4	2.96	1.9815	1.9999	0.5026	0.5055	1.7689	1.7876	12.01	11.88
		5	2.89	2.0012	2.0193	0.5094	0.5122	1.7845	1.8028	12.15	12.01
		平均	2.96	1.9890	2.0074	0.5132	0.5161	1.7653	1.7839	12.67	12.53
	2	1	-5.05	2.0331	2.0016	0.5273	0.5224	1.8011	1.7695	12.88	13.12
		2	-4.70	2.0377	2.0084	0.5254	0.5208	1.8090	1.7794	12.64	12.87
		3	-4.78	2.0376	2.0077	0.5251	0.5204	1.8092	1.7791	12.62	12.85
		4	-5.33	2.0245	1.9915	0.5262	0.5210	1.7923	1.7590	12.96	13.22
		5	-5.54	2.0277	1.9934	0.5273	0.5219	1.7947	1.7601	12.98	13.25
		平均	-5.08	2.0321	2.0005	0.5263	0.5213	1.8012	1.7694	12.82	13.06
	3	1	6.62	1.9343	1.9749	0.5351	0.5419	1.6736	1.7142	15.58	15.21
		2	6.72	1.9414	1.9828	0.5360	0.5429	1.6810	1.7224	15.49	15.12
		3	6.66	1.9434	1.9845	0.5544	0.5614	1.6615	1.7023	16.96	16.58
		4	6.48	1.9342	1.9740	0.5438	0.5505	1.6632	1.7027	16.30	15.93
		5	6.67	1.9500	1.9913	0.5360	0.5429	1.6914	1.7326	15.29	14.93
		平均	6.63	1.9406	1.9815	0.5409	0.5477	1.6743	1.7150	15.90	15.54
	4	1	6.75	1.9225	1.9637	0.5435	0.5504	1.6496	1.6905	16.55	16.16
		2	6.92	1.9181	1.9603	0.5523	0.5596	1.6337	1.6754	17.41	17.00
		3	6.69	1.9142	1.9549	0.5470	0.5540	1.6354	1.6758	17.05	16.66
		4	6.66	1.9262	1.9670	0.5490	0.5559	1.6474	1.6878	16.92	16.54
		5	6.90	1.9186	1.9607	0.5425	0.5496	1.6460	1.6878	16.56	16.17
		平均	6.78	1.9199	1.9613	0.5468	0.5539	1.6425	1.6835	16.89	16.50
	5	1	7.84	1.8939	1.9412	0.5109	0.5185	1.6543	1.7018	14.48	14.07
		2	7.75	1.8942	1.9410	0.5134	0.5210	1.6516	1.6985	14.68	14.27
		3	7.79	1.9021	1.9493	0.5232	0.5309	1.6494	1.6966	15.32	14.89
		4	8.00	1.9052	1.9538	0.5189	0.5268	1.6583	1.7069	14.89	14.46
		5	7.93	1.9051	1.9533	0.5234	0.5314	1.6527	1.7009	15.27	14.84
		平均	7.86	1.9001	1.9477	0.5178	0.5256	1.6534	1.7010	14.92	14.50
	6	1	10.58	1.9416	2.0077	0.5400	0.5510	1.6766	1.7425	15.81	15.22
		2	10.52	1.9510	2.0170	0.5447	0.5557	1.6822	1.7480	15.98	15.39
		3	10.80	1.9557	2.0236	0.5397	0.5509	1.6937	1.7617	15.46	14.87
		4	10.37	1.9431	2.0078	0.5413	0.5520	1.6768	1.7414	15.88	15.30
		5	10.45	1.9533	2.0189	0.5457	0.5566	1.6837	1.7491	16.01	15.42
		平均	10.54	1.9489	2.0150	0.5423	0.5532	1.6826	1.7485	15.83	15.24
	7	1	17.35	1.9165	2.0258	0.5537	0.5723	1.6301	1.7386	17.56	16.52
		2	17.42	1.9103	2.0197	0.5618	0.5808	1.6130	1.7211	18.43	17.35
		3	17.26	1.9165	2.0253	0.5540	0.5726	1.6298	1.7376	17.59	16.55
		4	17.24	1.9194	2.0282	0.5685	0.5875	1.6160	1.7233	18.78	17.69
		5	17.40	1.9172	2.0269	0.5476	0.5662	1.6382	1.7473	17.03	16.00
		平均	17.33	1.9160	2.0252	0.5569	0.5757	1.6257	1.7338	17.86	16.80
	8	1	13.48	1.9570	2.0427	0.5232	0.5368	1.7152	1.8013	14.10	13.40
		2	13.28	1.9413	2.0249	0.5178	0.5311	1.7027	1.7869	14.01	13.32
		3	13.55	1.9525	2.0384	0.5167	0.5303	1.7174	1.8040	13.69	12.99
		4	13.44	1.9462	2.0311	0.5213	0.5348	1.7045	1.7899	14.18	13.48
		5	13.36	1.9562	2.0410	0.5165	0.5298	1.7221	1.8076	13.59	12.91
		平均	13.42	1.9506	2.0356	0.5191	0.5325	1.7124	1.7979	13.91	13.22
	9	1	3.86	1.9235	1.9468	0.5618	0.5659	1.6288	1.6519	18.09	17.86
		2	3.77	1.9350	1.9580	0.5473	0.5512	1.6599	1.6827	16.57	16.36
		3	3.82	1.9313	1.9545	0.5561	0.5601	1.6450	1.6679	17.41	17.18
		4	3.90	1.9255	1.9492	0.5523	0.5564	1.6426	1.6660	17.22	17.00
		5	3.91	1.9275	1.9512	0.5467	0.5507	1.6517	1.6752	16.70	16.47
		平均	3.85	1.9285	1.9519	0.5527	0.5567	1.6457	1.6689	17.19	16.96
	10	1	7.85	1.9133	1.9612	0.5403	0.5484	1.6424	1.6900	16.50	16.05
		2	7.74	1.9215	1.9689	0.5435	0.5515	1.6484	1.6955	16.57	16.13
		3	7.68	1.9229	1.9700	0.5302	0.5379	1.6660	1.7130	15.42	15.00
		4	7.84	1.9188	1.9667	0.5357	0.5438	1.6543	1.7021	15.98	15.55
		5	7.90	1.9093	1.9574	0.5460	0.5543	1.6307	1.6784	17.08	16.62
		平均	7.80	1.9171	1.9648	0.5390	0.5470	1.6485	1.6959	16.30	15.86

表－3.10(c)　ＳＲＩＤの測定値（Ｌゾーン:2/6）

ゾーン	測点番号	測定回	ｸﾘｱﾗﾝｽ ΔL(mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m^3)		等価含水量 ρ_m^* (t/m^3)		乾燥密度 ρ_d (t/m^3)		含水比 w (%)	
				不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
L	11	1	2.34	2.0346	2.0495	0.5523	0.5548	1.7730	1.7879	14.75	14.63
		2	2.28	2.0178	2.0322	0.5373	0.5396	1.7710	1.7854	13.94	13.82
		3	2.43	2.0248	2.0402	0.5357	0.5382	1.7811	1.7966	13.68	13.56
		4	2.40	2.0196	2.0348	0.5603	0.5629	1.7455	1.7606	15.70	15.57
		5	2.17	2.0104	2.0241	0.5302	0.5323	1.7707	1.7844	13.54	13.43
		平均	2.32	2.0214	2.0361	0.5427	0.5451	1.7687	1.7835	14.28	14.16
	12	1	-2.53	2.0555	2.0394	0.5513	0.5487	1.7992	1.7832	14.24	14.37
		2	-2.48	2.0556	2.0399	0.5530	0.5504	1.7974	1.7816	14.37	14.49
		3	-2.58	2.0628	2.0464	0.5490	0.5463	1.8109	1.7944	13.92	14.05
		4	-2.71	2.0639	2.0467	0.5540	0.5512	1.8061	1.7888	14.27	14.41
		5	-2.56	2.0640	2.0477	0.5444	0.5418	1.8176	1.8013	13.55	13.68
		平均	-2.57	2.0603	2.0440	0.5503	0.5476	1.8063	1.7899	14.07	14.20
	13	1	7.68	1.9606	2.0086	0.5322	0.5400	1.7087	1.7567	14.75	14.34
		2	7.69	1.9640	2.0121	0.5310	0.5388	1.7140	1.7623	14.58	14.18
		3	7.73	1.9628	2.0111	0.5568	0.5650	1.6818	1.7298	16.71	16.26
		4	7.68	1.9699	2.0181	0.5382	0.5461	1.7126	1.7609	15.02	14.61
		5	7.65	1.9577	2.0054	0.5334	0.5412	1.7037	1.7515	14.91	14.50
		平均	7.69	1.9630	2.0111	0.5380	0.5459	1.7045	1.7526	15.16	14.75
	14	1	16.63	1.8996	2.0032	0.5547	0.5726	1.6088	1.7113	18.08	17.06
		2	16.70	1.8914	1.9950	0.5506	0.5685	1.6038	1.7064	17.93	16.91
		3	16.66	1.8931	1.9966	0.5490	0.5667	1.6078	1.7103	17.74	16.73
		4	16.56	1.8987	2.0018	0.5520	0.5697	1.6109	1.7130	17.87	16.86
		5	16.58	1.8946	1.9976	0.5547	0.5725	1.6027	1.7046	18.21	17.19
		平均	16.63	1.8955	1.9988	0.5522	0.5700	1.6068	1.7091	17.96	16.95
	15	1	3.80	1.9752	1.9988	0.5636	0.5677	1.6885	1.7119	16.98	16.76
		2	3.84	1.9793	2.0032	0.5571	0.5612	1.7011	1.7249	16.35	16.14
		3	3.81	1.9760	1.9997	0.5483	0.5523	1.7077	1.7313	15.71	15.50
		4	3.86	1.9898	2.0140	0.5600	0.5641	1.7104	1.7344	16.34	16.12
		5	3.84	1.9720	1.9958	0.5708	0.5749	1.6761	1.6996	17.65	17.43
		平均	3.83	1.9784	2.0023	0.5598	0.5638	1.6970	1.7206	16.59	16.37
	16	1	13.84	1.9237	2.0103	0.5523	0.5671	1.6405	1.7263	17.27	16.45
		2	14.00	1.9227	2.0103	0.5428	0.5575	1.6506	1.7378	16.49	15.68
		3	13.69	1.9163	2.0015	0.5550	0.5697	1.6283	1.7127	17.69	16.86
		4	13.75	1.9077	1.9929	0.5299	0.5439	1.6481	1.7333	15.75	14.98
		5	13.95	1.9120	1.9987	0.5451	0.5597	1.6351	1.7213	16.93	16.12
		平均	13.85	1.9165	2.0027	0.5447	0.5593	1.6408	1.7266	16.80	15.99
	17	1	12.04	1.9493	2.0251	0.5455	0.5581	1.6792	1.7548	16.08	15.41
		2	11.97	1.9481	2.0234	0.5541	0.5669	1.6674	1.7423	16.83	16.14
		3	12.14	1.9450	2.0213	0.5514	0.5643	1.6669	1.7428	16.68	15.98
		4	12.10	1.9534	2.0297	0.5590	0.5720	1.6678	1.7436	17.12	16.41
		5	12.08	1.9536	2.0298	0.5569	0.5699	1.6706	1.7464	16.94	16.23
		平均	12.07	1.9498	2.0259	0.5533	0.5662	1.6705	1.7461	16.72	16.02
	18	1	7.67	2.0092	2.0583	0.5194	0.5270	1.7821	1.8317	12.75	12.37
		2	7.83	2.0146	2.0649	0.5352	0.5432	1.7696	1.8202	13.85	13.44
		3	7.78	2.0133	2.0632	0.5251	0.5329	1.7801	1.8305	13.10	12.71
		4	7.58	2.0118	2.0604	0.5189	0.5264	1.7858	1.8349	12.66	12.29
		5	7.49	2.0165	2.0645	0.5192	0.5266	1.7910	1.8397	12.59	12.22
		平均	7.67	2.0131	2.0623	0.5234	0.5311	1.7819	1.8316	12.97	12.60
	19	1	2.25	1.9819	1.9959	0.5423	0.5446	1.7221	1.7360	15.09	14.97
		2	2.08	1.9797	1.9926	0.5395	0.5416	1.7228	1.7356	14.91	14.80
		3	2.16	1.9709	1.9842	0.5235	0.5256	1.7313	1.7447	13.84	13.73
		4	2.30	1.9803	1.9945	0.5337	0.5361	1.7303	1.7446	14.45	14.33
		5	2.23	1.9762	1.9900	0.5361	0.5384	1.7226	1.7364	14.72	14.61
		平均	2.20	1.9778	1.9914	0.5349	0.5371	1.7260	1.7396	14.59	14.47
	20	1	6.13	1.9719	2.0102	0.5147	0.5207	1.7430	1.7817	13.13	12.83
		2	6.06	1.9769	2.0149	0.5302	0.5363	1.7305	1.7686	14.24	13.93
		3	6.30	1.9753	2.0148	0.5218	0.5281	1.7386	1.7783	13.62	13.30
		4	6.31	1.9846	2.0243	0.5260	0.5323	1.7448	1.7847	13.75	13.42
		5	6.17	1.9835	2.0223	0.5294	0.5356	1.7394	1.7784	14.03	13.72
		平均	6.19	1.9784	2.0173	0.5243	0.5305	1.7394	1.7785	13.74	13.43

表－3.10(c)　ＳＲＩＤの測定値（Ｌゾーン:3/6）

ｿﾞｰﾝ	測点番号	測定回	ｸﾘｱﾗﾝｽ ΔL (mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m^3)		等価含水量 ρ_m^* (t/m^3)		乾燥密度 ρ_d (t/m^3)		含水比 w (%)	
				不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
L	21	1	−0.84	1.9739	1.9688	0.5326	0.5317	1.7241	1.7190	14.49	14.53
		2	−0.70	1.9670	1.9628	0.5323	0.5316	1.7162	1.7120	14.61	14.65
		3	−0.76	1.9780	1.9733	0.5355	0.5348	1.7255	1.7208	14.64	14.68
		4	−1.01	1.9737	1.9675	0.5435	0.5425	1.7107	1.7045	15.37	15.43
		5	−0.82	1.9759	1.9709	0.5442	0.5433	1.7126	1.7076	15.38	15.42
		平均	−0.83	1.9737	1.9686	0.5375	0.5367	1.7179	1.7129	14.89	14.93
	22	1	4.66	1.9758	2.0049	0.5268	0.5315	1.7333	1.7625	13.99	13.75
		2	4.71	1.9801	2.0095	0.5358	0.5406	1.7276	1.7570	14.62	14.37
		3	4.57	1.9834	2.0120	0.5426	0.5473	1.7235	1.7521	15.08	14.84
		4	4.62	1.9717	2.0004	0.5471	0.5519	1.7041	1.7327	15.71	15.45
		5	4.65	1.9729	2.0018	0.5426	0.5474	1.7109	1.7398	15.31	15.06
		平均	4.64	1.9768	2.0057	0.5388	0.5435	1.7201	1.7490	14.92	14.68
	23	1	13.90	1.9089	1.9952	0.5034	0.5169	1.6813	1.7683	13.54	12.83
		2	13.86	1.9117	1.9978	0.5062	0.5198	1.6811	1.7679	13.71	13.00
		3	13.92	1.9139	2.0005	0.4999	0.5133	1.6915	1.7790	13.15	12.45
		4	14.00	1.9190	2.0064	0.5117	0.5255	1.6834	1.7714	13.99	13.27
		5	13.84	1.9103	1.9962	0.5077	0.5213	1.6778	1.7643	13.86	13.14
		平均	13.90	1.9128	1.9992	0.5057	0.5193	1.6831	1.7703	13.65	12.93
	24	1	9.38	1.9723	2.0316	0.5432	0.5530	1.7094	1.7687	15.38	14.87
		2	9.46	1.9710	2.0307	0.5314	0.5410	1.7220	1.7820	14.46	13.96
		3	9.52	1.9715	2.0317	0.5268	0.5364	1.7281	1.7886	14.08	13.59
		4	9.26	1.9735	2.0320	0.5376	0.5472	1.7176	1.7762	14.90	14.41
		5	9.29	1.9667	2.0253	0.5265	0.5359	1.7228	1.7815	14.16	13.68
		平均	9.38	1.9710	2.0302	0.5330	0.5425	1.7201	1.7796	14.58	14.09
	25	1	1.15	2.0168	2.0241	0.5205	0.5216	1.7899	1.7972	12.68	12.62
		2	1.12	2.0068	2.0138	0.5305	0.5316	1.7658	1.7729	13.64	13.59
		3	1.16	2.0075	2.0148	0.5216	0.5227	1.7774	1.7848	12.94	12.89
		4	1.21	2.0119	2.0195	0.5331	0.5344	1.7689	1.7765	13.74	13.68
		5	1.08	2.0249	2.0317	0.5235	0.5245	1.7959	1.8028	12.75	12.70
		平均	1.14	2.0135	2.0207	0.5257	0.5269	1.7796	1.7869	13.14	13.09
	26	1	6.23	1.9930	2.0324	0.5637	0.5704	1.7096	1.7487	16.58	16.22
		2	6.06	1.9958	2.0341	0.5583	0.5648	1.7194	1.7576	16.07	15.73
		3	6.24	1.9942	2.0336	0.5521	0.5586	1.7250	1.7644	15.60	15.26
		4	6.18	1.9926	2.0317	0.5386	0.5449	1.7393	1.7785	14.56	14.24
		5	6.31	2.0024	2.0424	0.5455	0.5520	1.7427	1.7828	14.90	14.56
		平均	6.20	1.9956	2.0348	0.5513	0.5578	1.7276	1.7667	15.51	15.18
	27	1	8.93	1.9754	2.0318	0.5227	0.5316	1.7377	1.7946	13.68	13.22
		2	8.88	1.9769	2.0331	0.5251	0.5340	1.7366	1.7931	13.84	13.38
		3	8.96	1.9780	2.0347	0.5194	0.5283	1.7447	1.8019	13.37	12.92
		4	9.00	1.9655	2.0221	0.5262	0.5353	1.7216	1.7785	14.17	13.70
		5	8.97	1.9702	2.0268	0.5221	0.5311	1.7322	1.7891	13.74	13.28
		平均	8.95	1.9732	2.0297	0.5231	0.5320	1.7346	1.7914	13.76	13.30
	28	1	11.04	1.9830	2.0535	0.5277	0.5388	1.7408	1.8118	13.91	13.34
		2	11.02	1.9852	2.0557	0.5326	0.5438	1.7376	1.8084	14.25	13.67
		3	11.07	1.9854	2.0562	0.5262	0.5374	1.7454	1.8167	13.75	13.18
		4	11.01	1.9781	2.0482	0.5299	0.5411	1.7322	1.8027	14.19	13.62
		5	10.87	1.9847	2.0541	0.5227	0.5336	1.7488	1.8188	13.49	12.94
		平均	11.00	1.9833	2.0535	0.5278	0.5389	1.7410	1.8117	13.91	13.35
	29	1	9.65	1.9089	1.9679	0.5183	0.5279	1.6633	1.7225	14.76	14.25
		2	9.57	1.9228	1.9818	0.5129	0.5223	1.6865	1.7458	14.01	13.52
		3	9.66	1.9191	1.9786	0.5155	0.5250	1.6790	1.7387	14.30	13.79
		4	9.77	1.9193	1.9794	0.5270	0.5369	1.6653	1.7255	15.25	14.72
		5	9.81	1.9294	1.9901	0.5072	0.5167	1.7012	1.7624	13.41	12.92
		平均	9.69	1.9198	1.9795	0.5160	0.5256	1.6792	1.7391	14.33	13.82
	30	1	6.52	1.9694	2.0102	0.5394	0.5461	1.7106	1.7513	15.13	14.78
		2	6.39	1.9778	2.0179	0.5419	0.5485	1.7176	1.7577	15.15	14.80
		3	6.46	1.9657	2.0060	0.5470	0.5537	1.6970	1.7371	15.83	15.48
		4	6.60	1.9706	2.0119	0.5500	0.5569	1.6994	1.7405	15.96	15.59
		5	6.54	1.9700	2.0109	0.5614	0.5684	1.6849	1.7255	16.92	16.54
		平均	6.50	1.9707	2.0114	0.5477	0.5545	1.7021	1.7427	15.78	15.42

表－3.10(c)　ＳＲＩＤの測定値（Ｌゾーン：4/6）

ゾーン	測点番号	測定回	クリアランス ΔL (mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m^3)		等価含水量 ρ_m^* (t/m^3)		乾燥密度 ρ_d (t/m^3)		含水比 w (%)	
				不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
L	31	1	10.96	1.9737	2.0433	0.5223	0.5333	1.7360	1.8062	13.69	13.13
		2	10.92	1.9698	2.0391	0.5149	0.5257	1.7403	1.8102	13.19	12.64
		3	10.77	1.9730	2.0414	0.5139	0.5245	1.7454	1.8145	13.04	12.51
		4	10.94	1.9698	2.0392	0.5167	0.5276	1.7381	1.8081	13.33	12.78
		5	11.01	1.9677	2.0375	0.5165	0.5274	1.7359	1.8063	13.35	12.80
		平均	10.92	1.9708	2.0401	0.5169	0.5277	1.7392	1.8091	13.32	12.77
	32	1	7.92	1.9410	1.9901	0.5173	0.5251	1.7031	1.7524	13.97	13.56
		2	7.97	1.9445	1.9940	0.5160	0.5238	1.7088	1.7585	13.79	13.39
		3	7.95	1.9438	1.9930	0.5259	0.5339	1.6960	1.7454	14.61	14.19
		4	7.88	1.9322	1.9807	0.5173	0.5250	1.6924	1.7412	14.16	13.75
		5	7.78	1.9295	1.9773	0.5207	0.5284	1.6851	1.7331	14.50	14.09
		平均	7.90	1.9382	1.9870	0.5194	0.5272	1.6971	1.7461	14.20	13.79
	33	1	9.61	1.9330	1.9926	0.4925	0.5015	1.7232	1.7836	12.18	11.72
		2	9.36	1.9295	1.9873	0.5104	0.5195	1.6975	1.7557	13.67	13.19
		3	9.55	1.9339	1.9931	0.5048	0.5140	1.7095	1.7693	13.13	12.65
		4	9.80	1.9453	2.0065	0.4985	0.5078	1.7307	1.7927	12.40	11.93
		5	9.70	1.9253	1.9852	0.5031	0.5125	1.7011	1.7616	13.18	12.69
		平均	9.60	1.9334	1.9929	0.5017	0.5109	1.7125	1.7727	12.90	12.42
	34	1	11.24	1.9480	2.0185	0.4901	0.5007	1.7439	1.8156	11.70	11.18
		2	11.08	1.9556	2.0254	0.4942	0.5047	1.7481	1.8190	11.87	11.35
		3	11.26	1.9506	2.0213	0.4905	0.5011	1.7465	1.8185	11.69	11.16
		4	11.33	1.9497	2.0209	0.4800	0.4904	1.7580	1.8307	10.90	10.39
		5	11.31	1.9610	2.0325	0.4899	0.5005	1.7597	1.8325	11.44	10.91
		平均	11.24	1.9529	2.0237	0.4888	0.4994	1.7513	1.8233	11.51	10.99
	35	1	5.46	1.9649	1.9988	0.5351	0.5407	1.7102	1.7442	14.89	14.60
		2	5.37	1.9595	1.9928	0.5343	0.5397	1.7049	1.7382	14.94	14.65
		3	5.39	1.9581	1.9915	0.5379	0.5434	1.6989	1.7322	15.26	14.97
		4	5.63	1.9511	1.9858	0.5334	0.5391	1.6958	1.7306	15.05	14.75
		5	5.48	1.9567	1.9907	0.5262	0.5317	1.7112	1.7452	14.35	14.06
		平均	5.47	1.9581	1.9919	0.5333	0.5388	1.7042	1.7381	14.89	14.60
	36	1	10.30	1.9838	2.0495	0.5256	0.5360	1.7442	1.8103	13.74	13.21
		2	10.34	1.9855	2.0515	0.5175	0.5278	1.7560	1.8226	13.07	12.56
		3	10.18	1.9905	2.0555	0.5124	0.5224	1.7680	1.8339	12.58	12.08
		4	10.37	1.9922	2.0586	0.5215	0.5319	1.7592	1.8262	13.25	12.73
		5	10.33	1.9789	2.0446	0.5147	0.5249	1.7515	1.8179	12.98	12.47
		平均	10.30	1.9862	2.0519	0.5183	0.5285	1.7559	1.8223	13.12	12.60
	37	1	12.63	1.9263	2.0050	0.5008	0.5130	1.7051	1.7848	12.97	12.34
		2	12.47	1.9378	2.0160	0.4892	0.5010	1.7327	1.8122	11.83	11.24
		3	12.39	1.9339	2.0114	0.4890	0.5007	1.7284	1.8071	11.89	11.31
		4	12.64	1.9307	2.0097	0.4901	0.5020	1.7233	1.8035	12.04	11.44
		5	12.90	1.9340	2.0148	0.4848	0.4969	1.7334	1.8157	11.57	10.97
		平均	12.61	1.9325	2.0114	0.4907	0.5026	1.7247	1.8048	12.05	11.45
	38	1	7.94	1.9929	2.0434	0.5194	0.5273	1.7626	1.8135	13.07	12.67
		2	7.86	1.9987	2.0488	0.5279	0.5358	1.7594	1.8098	13.60	13.21
		3	7.86	2.0077	2.0580	0.5167	0.5245	1.7834	1.8343	12.58	12.19
		4	8.09	2.0025	2.0542	0.5199	0.5279	1.7734	1.8256	12.92	12.52
		5	8.22	2.0009	2.0534	0.5282	0.5365	1.7617	1.8146	13.58	13.16
		平均	7.99	2.0005	2.0515	0.5223	0.5303	1.7682	1.8196	13.14	12.74
	39	1	2.56	1.9560	1.9717	0.5425	0.5451	1.6907	1.7064	15.69	15.55
		2	2.47	1.9638	1.9790	0.5409	0.5435	1.7019	1.7171	15.38	15.25
		3	2.60	1.9621	1.9781	0.5285	0.5310	1.7149	1.7309	14.42	14.28
		4	2.52	1.9513	1.9667	0.5397	0.5423	1.6885	1.7039	15.56	15.43
		5	2.80	1.9533	1.9704	0.5351	0.5380	1.6963	1.7134	15.15	15.00
		平均	2.59	1.9573	1.9732	0.5373	0.5399	1.6986	1.7144	15.23	15.09
	40	1	5.67	1.9995	2.0354	0.5262	0.5319	1.7623	1.7985	13.46	13.17
		2	5.55	1.9894	2.0244	0.5178	0.5233	1.7603	1.7956	13.02	12.74
		3	5.73	1.9921	2.0282	0.5256	0.5314	1.7541	1.7905	13.57	13.28
		4	5.58	2.0063	2.0417	0.5287	0.5343	1.7674	1.8031	13.52	13.24
		5	5.48	1.9994	2.0340	0.5290	0.5345	1.7588	1.7937	13.68	13.40
		平均	5.60	1.9973	2.0327	0.5254	0.5310	1.7606	1.7963	13.44	13.16

表－3.10(c)　ＳＲＩＤの測定値（Ｌゾーン:5/6）

ゾーン	測点番号	測定回	クリアランス ΔL (mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m^3)		等価含水量 ρ_m^* (t/m^3)		乾燥密度 ρ_d (t/m^3)		含水比 w (%)	
				不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
L	41	1	14.74	1.9413	2.0345	0.4976	0.5118	1.7269	1.8215	12.41	11.70
		2	14.77	1.9408	2.0342	0.5121	0.5268	1.7089	1.8032	13.57	12.81
		3	14.71	1.9490	2.0425	0.5134	0.5280	1.7172	1.8115	13.50	12.75
		4	14.82	1.9385	2.0322	0.5175	0.5324	1.6998	1.7940	14.05	13.27
		5	14.73	1.9383	2.0314	0.5111	0.5257	1.7071	1.8010	13.54	12.79
		平均	14.75	1.9416	2.0349	0.5102	0.5247	1.7122	1.8065	13.40	12.65
	42	1	6.84	1.9434	1.9857	0.5165	0.5232	1.7069	1.7494	13.86	13.51
		2	6.89	1.9446	1.9872	0.5276	0.5345	1.6949	1.7376	14.73	14.36
		3	6.95	1.9409	1.9838	0.5262	0.5332	1.6922	1.7352	14.69	14.33
		4	6.88	1.9494	1.9920	0.5116	0.5183	1.7198	1.7628	13.35	13.00
		5	6.87	1.9379	1.9802	0.5189	0.5256	1.6974	1.7399	14.17	13.81
		平均	6.89	1.9432	1.9857	0.5200	0.5268	1.7024	1.7451	14.15	13.79
	43	1	11.46	1.9512	2.0233	0.5199	0.5314	1.7120	1.7846	13.97	13.37
		2	11.53	1.9420	2.0142	0.5094	0.5207	1.7136	1.7865	13.33	12.75
		3	11.48	1.9407	2.0126	0.5116	0.5229	1.7094	1.7819	13.53	12.95
		4	11.27	1.9582	2.0293	0.5043	0.5152	1.7391	1.8111	12.60	12.05
		5	11.51	1.9402	2.0123	0.5038	0.5150	1.7182	1.7910	12.92	12.35
		平均	11.45	1.9464	2.0183	0.5097	0.5209	1.7186	1.7911	13.26	12.68
	44	1	9.55	1.9515	2.0113	0.5245	0.5341	1.7069	1.7669	14.33	13.83
		2	9.59	1.9379	1.9975	0.5276	0.5373	1.6870	1.7466	14.88	14.36
		3	9.56	1.9385	1.9979	0.5310	0.5408	1.6836	1.7430	15.14	14.62
		4	9.63	1.9401	2.0000	0.5325	0.5423	1.6837	1.7437	15.23	14.70
		5	9.57	1.9409	2.0005	0.5262	0.5358	1.6922	1.7519	14.69	14.19
		平均	9.58	1.9418	2.0014	0.5283	0.5380	1.6907	1.7504	14.85	14.34
	45	1	1.75	1.9724	1.9832	0.5179	0.5196	1.7398	1.7506	13.37	13.28
		2	1.93	1.9813	1.9933	0.5050	0.5069	1.7659	1.7780	12.20	12.11
		3	1.59	1.9745	1.9843	0.5236	0.5252	1.7355	1.7454	13.77	13.69
		4	1.68	1.9716	1.9820	0.5166	0.5183	1.7404	1.7508	13.28	13.20
		5	1.94	1.9725	1.9845	0.5164	0.5182	1.7419	1.7539	13.24	13.15
		平均	1.78	1.9745	1.9854	0.5158	0.5175	1.7448	1.7559	13.16	13.07
	46	1	11.44	1.9438	2.0155	0.5261	0.5377	1.6957	1.7677	14.63	14.02
		2	11.48	1.9442	2.0162	0.5346	0.5464	1.6861	1.7581	15.30	14.68
		3	11.45	1.9598	2.0322	0.5267	0.5383	1.7143	1.7870	14.32	13.72
		4	11.39	1.9507	2.0224	0.5349	0.5466	1.6936	1.7653	15.18	14.56
		5	11.53	1.9559	2.0287	0.5231	0.5347	1.7139	1.7871	14.12	13.52
		平均	11.46	1.9509	2.0229	0.5290	0.5406	1.7008	1.7731	14.70	14.09
	47	1	9.35	1.9349	1.9928	0.5187	0.5280	1.6939	1.7522	14.22	13.74
		2	9.40	1.9348	1.9930	0.5156	0.5248	1.6976	1.7562	13.97	13.49
		3	9.32	1.9257	1.9832	0.5212	0.5305	1.6801	1.7377	14.62	14.13
		4	9.33	1.9287	1.9863	0.5185	0.5277	1.6868	1.7447	14.34	13.85
		5	9.27	1.9291	1.9864	0.5092	0.5182	1.6985	1.7562	13.58	13.11
		平均	9.33	1.9306	1.9883	0.5166	0.5258	1.6914	1.7494	14.14	13.65
	48	1	10.70	1.9778	2.0459	0.5132	0.5238	1.7519	1.8207	12.90	12.37
		2	10.72	1.9797	2.0480	0.5253	0.5361	1.7397	1.8084	13.79	13.24
		3	10.82	1.9699	2.0385	0.5310	0.5420	1.7212	1.7900	14.45	13.88
		4	10.75	1.9849	2.0535	0.5319	0.5429	1.7380	1.8070	14.20	13.64
		5	10.53	1.9805	2.0475	0.5242	0.5348	1.7420	1.8095	13.69	13.15
		平均	10.70	1.9785	2.0467	0.5250	0.5357	1.7387	1.8073	13.79	13.24
	49	1	2.64	1.9292	1.9451	0.4975	0.5000	1.7125	1.7286	12.65	12.53
		2	2.58	1.9270	1.9426	0.5080	0.5104	1.6974	1.7131	13.53	13.40
		3	2.59	1.9353	1.9510	0.5182	0.5207	1.6951	1.7108	14.17	14.04
		4	2.66	1.9260	1.9421	0.5029	0.5054	1.7023	1.7185	13.14	13.01
		5	2.67	1.9225	1.9386	0.5166	0.5192	1.6817	1.6978	14.32	14.18
		平均	2.63	1.9280	1.9439	0.5084	0.5109	1.6980	1.7140	13.54	13.41
	50	1	6.00	1.9705	2.0080	0.5322	0.5383	1.7205	1.7580	14.53	14.22
		2	6.03	1.9734	2.0111	0.5259	0.5319	1.7315	1.7694	13.97	13.66
		3	6.01	1.9694	2.0069	0.5245	0.5305	1.7284	1.7661	13.94	13.63
		4	5.95	1.9794	2.0167	0.5296	0.5356	1.7342	1.7717	14.14	13.83
		5	6.06	1.9711	2.0090	0.5212	0.5272	1.7344	1.7725	13.65	13.34
		平均	6.01	1.9727	2.0103	0.5266	0.5326	1.7299	1.7676	14.04	13.73

表－3.10(c)　ＳＲＩＤの測定値(Ｌゾーン:6/6)

ゾーン	測点番号	測定回	クリアランス ΔL (mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m^3)		等価含水量 ρ_m^* (t/m^3)		乾燥密度 ρ_d (t/m^3)		含水比 w (%)	
				不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
L	51	1	7.16	2.0018	2.0474	0.5352	0.5425	1.7543	1.8001	14.11	13.74
		2	7.19	2.0096	2.0556	0.5382	0.5456	1.7601	1.8062	14.18	13.81
		3	7.20	2.0039	2.0498	0.5413	0.5488	1.7495	1.7955	14.54	14.16
		4	7.15	2.0010	2.0465	0.5310	0.5383	1.7583	1.8041	13.80	13.44
		5	7.22	2.0125	2.0587	0.5343	0.5416	1.7682	1.8147	13.82	13.45
		平均	7.18	2.0057	2.0516	0.5360	0.5433	1.7581	1.8042	14.08	13.71
	52	1	7.24	1.9779	2.0235	0.5130	0.5201	1.7523	1.7984	12.87	12.52
		2	7.21	1.9625	2.0075	0.5158	0.5229	1.7305	1.7759	13.41	13.05
		3	7.26	1.9626	2.0079	0.5364	0.5438	1.7060	1.7513	15.04	14.65
		4	7.19	1.9772	2.0224	0.5222	0.5294	1.7404	1.7859	13.61	13.24
		5	7.21	1.9643	2.0094	0.5209	0.5280	1.7266	1.7720	13.77	13.40
		平均	7.22	1.9689	2.0141	0.5214	0.5286	1.7314	1.7769	13.72	13.35
	53	1	8.22	1.9918	2.0440	0.5107	0.5187	1.7716	1.8245	12.43	12.03
		2	8.26	1.9975	2.0502	0.5261	0.5344	1.7600	1.8131	13.49	13.08
		3	8.19	1.9948	2.0470	0.5115	0.5195	1.7744	1.8272	12.42	12.03
		4	8.23	1.9869	2.0390	0.5130	0.5210	1.7630	1.8158	12.70	12.30
		5	8.27	1.9896	2.0421	0.5206	0.5288	1.7571	1.8101	13.23	12.82
		平均	8.23	1.9921	2.0444	0.5162	0.5244	1.7654	1.8183	12.84	12.44
	54	1	12.12	1.9157	1.9908	0.5120	0.5239	1.6792	1.7546	14.09	13.46
		2	12.15	1.9176	1.9929	0.5053	0.5171	1.6894	1.7654	13.51	12.89
		3	12.08	1.9133	1.9880	0.5115	0.5233	1.6769	1.7520	14.10	13.47
		4	12.10	1.9110	1.9857	0.5132	0.5252	1.6720	1.7470	14.30	13.66
		5	12.05	1.9165	1.9911	0.5075	0.5192	1.6854	1.7606	13.71	13.09
		平均	12.10	1.9148	1.9897	0.5099	0.5217	1.6806	1.7560	13.94	13.31
	55	1	−0.75	1.9862	1.9816	0.5319	0.5311	1.7396	1.7350	14.18	14.21
		2	−0.77	1.9856	1.9808	0.5370	0.5362	1.7328	1.7280	14.59	14.63
		3	−0.79	1.9802	1.9753	0.5296	0.5288	1.7352	1.7303	14.12	14.16
		4	−0.79	1.9795	1.9746	0.5352	0.5344	1.7276	1.7228	14.58	14.62
		5	−0.84	1.9639	1.9588	0.5293	0.5284	1.7161	1.7109	14.44	14.49
		平均	−0.79	1.9790	1.9742	0.5325	0.5318	1.7302	1.7254	14.38	14.42
	56	1	19.02	1.9029	2.0226	0.5245	0.5439	1.6489	1.7687	15.41	14.35
		2	18.87	1.8991	2.0175	0.5132	0.5321	1.6577	1.7767	14.56	13.55
		3	19.04	1.9022	2.0219	0.5253	0.5448	1.6470	1.7669	15.49	14.43
		4	19.03	1.9082	2.0283	0.5228	0.5422	1.6572	1.7776	15.15	14.10
		5	19.06	1.9090	2.0293	0.5153	0.5345	1.6671	1.7881	14.51	13.49
		平均	19.00	1.9043	2.0239	0.5201	0.5394	1.6557	1.7757	15.01	13.98
	57	1	14.33	1.9358	2.0261	0.5455	0.5606	1.6630	1.7530	16.40	15.58
		2	14.17	1.9430	2.0326	0.5445	0.5594	1.6728	1.7621	16.15	15.35
		3	14.28	1.9470	2.0375	0.5436	0.5585	1.6787	1.7690	15.98	15.17
		4	14.42	1.9370	2.0280	0.5410	0.5561	1.6699	1.7607	16.00	15.18
		5	14.31	1.9337	2.0238	0.5355	0.5503	1.6726	1.7626	15.61	14.82
		平均	14.30	1.9393	2.0296	0.5420	0.5569	1.6714	1.7615	16.02	15.22
	58	1	3.43	2.0202	2.0420	0.5304	0.5339	1.7821	1.8040	13.37	13.19
		2	3.60	2.0161	2.0389	0.5328	0.5364	1.7743	1.7973	13.63	13.45
		3	3.47	2.0243	2.0464	0.5264	0.5299	1.7917	1.8140	12.98	12.81
		4	3.44	2.0274	2.0493	0.5322	0.5357	1.7885	1.8106	13.36	13.18
		5	3.47	2.0191	2.0411	0.5448	0.5484	1.7634	1.7855	14.50	14.32
		平均	3.48	2.0214	2.0435	0.5332	0.5367	1.7802	1.8024	13.55	13.38
	59	1	6.44	1.9475	1.9873	0.5029	0.5090	1.7280	1.7683	12.70	12.39
		2	6.41	1.9456	1.9851	0.5236	0.5300	1.7009	1.7406	14.39	14.05
		3	6.47	1.9458	1.9858	0.5161	0.5224	1.7102	1.7504	13.78	13.45
		4	6.40	1.9529	1.9925	0.5245	0.5308	1.7086	1.7484	14.29	13.96
		5	6.37	1.9588	1.9984	0.5148	0.5210	1.7273	1.7672	13.40	13.08
		平均	6.42	1.9501	1.9898	0.5161	0.5224	1.7153	1.7552	13.69	13.37
	60	1	10.52	1.9062	1.9707	0.5050	0.5152	1.6760	1.7410	13.73	13.19
		2	10.58	1.9034	1.9682	0.4989	0.5090	1.6800	1.7454	13.30	12.76
		3	10.57	1.9152	1.9803	0.5087	0.5190	1.6824	1.7480	13.84	13.29
		4	10.54	1.9080	1.9727	0.5058	0.5160	1.6773	1.7424	13.75	13.21
		5	10.53	1.9042	1.9687	0.4966	0.5066	1.6838	1.7489	13.09	12.57
		平均	10.55	1.9074	1.9721	0.5029	0.5131	1.6800	1.7452	13.54	13.00

表－3.10(d)　ＳＲＩＤの測定値（Ｌａゾーン：1/3）

ｿﾞｰﾝ	測点番号	測定回	ｸﾘｱﾗﾝｽ ΔL (mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m^3)		等価含水量 ρ_m^* (t/m^3)		乾燥密度 ρ_d (t/m^3)		含水比 w (%)	
				不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
La	1	1	1.04	1.6805	1.6860	0.6692	0.6705	1.2379	1.2429	35.76	35.64
		2	0.86	1.6765	1.6810	0.6613	0.6624	1.2426	1.2468	34.92	34.83
		3	0.95	1.6762	1.6811	0.6389	0.6400	1.2696	1.2743	32.02	31.92
		4	1.12	1.6773	1.6832	0.6716	0.6730	1.2310	1.2364	36.26	36.14
		5	1.10	1.6718	1.6775	0.6901	0.6916	1.2015	1.2068	39.14	39.00
		平均	1.01	1.6765	1.6818	0.6652	0.6665	1.2378	1.2427	35.44	35.33
	2	1	1.07	1.7302	1.7360	0.6784	0.6797	1.2875	1.2929	34.39	34.28
		2	1.14	1.7356	1.7418	0.6644	0.6658	1.3111	1.3169	32.38	32.26
		3	1.21	1.7384	1.7450	0.6421	0.6436	1.3418	1.3481	29.56	29.44
		4	1.05	1.7329	1.7386	0.6568	0.6581	1.3172	1.3225	31.57	31.46
		5	0.68	1.7380	1.7417	0.6561	0.6569	1.3242	1.3277	31.25	31.18
		平均	1.03	1.7350	1.7406	0.6591	0.6603	1.3170	1.3222	31.74	31.64
	3	1	1.06	1.7310	1.7367	0.6382	0.6395	1.3376	1.3430	29.42	29.32
		2	0.99	1.7331	1.7384	0.6462	0.6474	1.3303	1.3354	30.27	30.18
		3	1.08	1.7227	1.7285	0.6332	0.6345	1.3336	1.3391	29.18	29.08
		4	1.15	1.7271	1.7333	0.6207	0.6221	1.3542	1.3601	27.54	27.44
		5	1.22	1.7319	1.7385	0.6395	0.6410	1.3371	1.3434	29.53	29.42
		平均	1.10	1.7292	1.7351	0.6353	0.6366	1.3389	1.3445	29.15	29.05
	4	1	−15.06	1.6973	1.6213	0.6108	0.5940	1.3298	1.2575	27.63	28.94
		2	−15.03	1.6948	1.6191	0.6145	0.5977	1.3222	1.2503	28.18	29.50
		3	−15.00	1.6901	1.6147	0.6006	0.5841	1.3335	1.2614	26.74	28.01
		4	−15.08	1.6921	1.6163	0.6135	0.5966	1.3202	1.2481	28.17	29.50
		5	−15.03	1.6838	1.6086	0.6265	0.6093	1.2942	1.2232	30.11	31.51
		平均	−15.04	1.6916	1.6160	0.6129	0.5961	1.3203	1.2484	28.12	29.45
	5	1	−3.83	1.6712	1.6515	0.6184	0.6140	1.2886	1.2699	29.69	30.05
		2	−3.60	1.6738	1.6552	0.6201	0.6159	1.2897	1.2721	29.78	30.12
		3	−3.94	1.6669	1.6467	0.6113	0.6068	1.2920	1.2728	29.02	29.38
		4	−3.93	1.6671	1.6470	0.6369	0.6323	1.2609	1.2420	32.22	32.61
		5	−3.89	1.6747	1.6547	0.6087	0.6043	1.3048	1.2857	28.35	28.70
		平均	−3.84	1.6707	1.6510	0.6187	0.6143	1.2876	1.2689	29.75	30.11
	6	1	−13.47	1.7582	1.6875	0.6653	0.6489	1.3377	1.2713	31.44	32.74
		2	−13.38	1.7705	1.6998	0.6449	0.6290	1.3778	1.3106	28.50	29.70
		3	−13.37	1.7629	1.6926	0.6599	0.6437	1.3501	1.2837	30.58	31.85
		4	−13.64	1.7615	1.6899	0.6630	0.6464	1.3446	1.2771	31.01	32.31
		5	−13.53	1.7575	1.6865	0.6615	0.6450	1.3415	1.2748	31.01	32.30
		平均	−13.48	1.7621	1.6912	0.6587	0.6424	1.3506	1.2837	30.47	31.75
	7	1	−2.25	1.7260	1.7140	0.6218	0.6192	1.3516	1.3401	27.71	27.90
		2	−2.24	1.7280	1.7161	0.6363	0.6336	1.3363	1.3249	29.32	29.53
		3	−2.28	1.7252	1.7131	0.6395	0.6368	1.3288	1.3173	29.83	30.04
		4	−2.17	1.7197	1.7082	0.6350	0.6325	1.3276	1.3167	29.53	29.74
		5	−2.23	1.7118	1.7000	0.6389	0.6362	1.3133	1.3021	30.35	30.56
		平均	−2.23	1.7221	1.7102	0.6342	0.6315	1.3317	1.3204	29.32	29.53
	8	1	−7.16	1.7764	1.7377	0.6119	0.6037	1.4253	1.3879	24.63	25.20
		2	−7.21	1.7731	1.7342	0.6103	0.6021	1.4233	1.3857	24.58	25.15
		3	−7.23	1.7841	1.7449	0.6113	0.6031	1.4355	1.3975	24.29	24.86
		4	−7.18	1.7751	1.7364	0.6129	0.6048	1.4225	1.3851	24.79	25.36
		5	−7.16	1.7746	1.7360	0.6119	0.6037	1.4232	1.3859	24.69	25.26
		平均	−7.19	1.7767	1.7378	0.6116	0.6035	1.4260	1.3884	24.59	25.17
	9	1	−0.17	1.7007	1.6998	0.6357	0.6355	1.3036	1.3028	30.46	30.48
		2	−0.14	1.6948	1.6941	0.6483	0.6481	1.2809	1.2802	32.31	32.33
		3	−0.15	1.6980	1.6972	0.6162	0.6160	1.3241	1.3233	28.24	28.25
		4	−0.19	1.6951	1.6941	0.6363	0.6361	1.2960	1.2951	30.80	30.82
		5	−0.06	1.6978	1.6975	0.6382	0.6382	1.2969	1.2966	30.91	30.92
		平均	−0.14	1.6973	1.6965	0.6345	0.6344	1.3008	1.3001	30.48	30.49
	10	1	−1.52	1.6199	1.6123	0.6190	0.6172	1.2252	1.2180	32.22	32.37
		2	−1.64	1.6149	1.6067	0.6259	0.6240	1.2106	1.2029	33.40	33.57
		3	−1.62	1.6206	1.6125	0.6259	0.6240	1.2175	1.2099	33.10	33.27
		4	−1.46	1.6155	1.6082	0.6357	0.6339	1.1993	1.1925	34.70	34.86
		5	−1.48	1.6178	1.6104	0.6253	0.6236	1.2148	1.2079	33.17	33.32
		平均	−1.54	1.6178	1.6100	0.6262	0.6244	1.2136	1.2064	33.30	33.46

表－3.10(d)　ＳＲＩＤの測定値(Ｌａゾーン:2/3)

ゾーン	測点番号	測定回	ｸﾘｱﾗﾝｽ ΔL(mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m^3)		等価含水量 ρ_m^* (t/m^3)		乾燥密度 ρ_d (t/m^3)		含水比 w (%)	
				不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
La	11	1	-6.35	1.5914	1.5605	0.6151	0.6078	1.1949	1.1661	33.17	33.83
		2	-6.41	1.5922	1.5611	0.6313	0.6238	1.1761	1.1472	35.38	36.07
		3	-6.33	1.5924	1.5616	0.6140	0.6068	1.1975	1.1687	32.97	33.62
		4	-6.32	1.5936	1.5629	0.6247	0.6174	1.1859	1.1573	34.38	35.05
		5	-6.20	1.5926	1.5624	0.6265	0.6193	1.1825	1.1544	34.68	35.34
		平均	-6.32	1.5924	1.5617	0.6221	0.6148	1.1876	1.1590	34.09	34.75
	12	1	-3.37	1.5639	1.5477	0.6259	0.6219	1.1482	1.1332	36.21	36.59
		2	-3.28	1.5707	1.5549	0.6547	0.6507	1.1212	1.1067	40.10	40.50
		3	-3.33	1.5671	1.5510	0.6319	0.6280	1.1446	1.1298	36.91	37.29
		4	-3.31	1.5665	1.5506	0.6497	0.6457	1.1222	1.1076	39.60	40.00
		5	-3.30	1.5633	1.5474	0.6259	0.6220	1.1474	1.1326	36.25	36.62
		平均	-3.32	1.5663	1.5503	0.6371	0.6331	1.1374	1.1226	37.71	38.10
	13	1	-4.34	1.6744	1.6521	0.6622	0.6569	1.2389	1.2182	35.15	35.62
		2	-4.26	1.6567	1.6351	0.6363	0.6313	1.2490	1.2286	32.65	33.08
		3	-4.19	1.6685	1.6470	0.6518	0.6467	1.2444	1.2244	34.08	34.52
		4	-4.36	1.6714	1.6490	0.6476	0.6423	1.2531	1.2321	33.38	33.83
		5	-4.51	1.6661	1.6431	0.6584	0.6529	1.2334	1.2120	35.08	35.57
		平均	-4.33	1.6674	1.6452	0.6510	0.6457	1.2441	1.2234	34.03	34.48
	14	1	-6.28	1.6762	1.6441	0.6435	0.6360	1.2640	1.2339	32.61	33.24
		2	-6.34	1.6761	1.6437	0.6415	0.6340	1.2663	1.2359	32.36	33.00
		3	-6.27	1.6725	1.6405	0.6376	0.6302	1.2668	1.2367	32.03	32.65
		4	-6.24	1.6751	1.6432	0.6442	0.6367	1.2618	1.2319	32.75	33.39
		5	-6.30	1.6695	1.6374	0.6449	0.6373	1.2541	1.2241	33.12	33.76
		平均	-6.29	1.6739	1.6418	0.6423	0.6348	1.2626	1.2325	32.57	33.20
	15	1	-8.96	1.6862	1.6405	0.6313	0.6208	1.2912	1.2480	30.59	31.45
		2	-9.01	1.6885	1.6425	0.6319	0.6214	1.2932	1.2498	30.56	31.42
		3	-8.99	1.6984	1.6522	0.6469	0.6362	1.2871	1.2437	31.96	32.85
		4	-8.98	1.6851	1.6393	0.6301	0.6196	1.2914	1.2481	30.49	31.34
		5	-8.98	1.6873	1.6415	0.6442	0.6335	1.2768	1.2338	32.15	33.05
		平均	-8.98	1.6891	1.6432	0.6367	0.6261	1.2881	1.2449	31.13	32.00
	16	1	2.06	1.6734	1.6842	0.6782	0.6808	1.2181	1.2281	37.37	37.14
		2	2.30	1.6717	1.6838	0.7081	0.7111	1.1795	1.1905	41.73	41.43
		3	2.08	1.6786	1.6895	0.6835	0.6861	1.2181	1.2281	37.81	37.57
		4	2.02	1.6789	1.6895	0.6844	0.6870	1.2173	1.2271	37.92	37.68
		5	1.89	1.6770	1.6869	0.6871	0.6896	1.2116	1.2207	38.41	38.19
		平均	2.07	1.6759	1.6868	0.6879	0.6905	1.2094	1.2194	38.58	38.33
	17	1	-2.67	1.7365	1.7222	0.6473	0.6441	1.3331	1.3196	30.26	30.51
		2	-2.72	1.7372	1.7226	0.6722	0.6688	1.3035	1.2899	33.27	33.55
		3	-2.72	1.7416	1.7270	0.6650	0.6616	1.3177	1.3040	32.17	32.44
		4	-2.59	1.7425	1.7285	0.6666	0.6633	1.3169	1.3038	32.32	32.58
		5	-2.63	1.7338	1.7198	0.6731	0.6698	1.2984	1.2852	33.54	33.81
		平均	-2.67	1.7383	1.7240	0.6645	0.6612	1.3143	1.3009	32.26	32.53
	18	1	-8.95	1.7247	1.6780	0.6650	0.6540	1.2970	1.2533	32.97	33.88
		2	-9.04	1.7107	1.6639	0.6714	0.6602	1.2720	1.2285	34.48	35.44
		3	-8.98	1.7177	1.6710	0.6380	0.6274	1.3215	1.2773	29.98	30.82
		4	-8.90	1.7211	1.6747	0.6666	0.6556	1.2907	1.2474	33.34	34.26
		5	-8.96	1.7137	1.6673	0.6604	0.6494	1.2893	1.2458	32.92	33.83
		平均	-8.97	1.7175	1.6709	0.6598	0.6488	1.2947	1.2511	32.66	33.56
	19	1	-4.67	1.6924	1.6682	0.6406	0.6350	1.2874	1.2645	31.46	31.92
		2	-4.62	1.6920	1.6680	0.6473	0.6418	1.2786	1.2561	32.33	32.79
		3	-4.64	1.6971	1.6729	0.6439	0.6384	1.2890	1.2663	31.65	32.11
		4	-4.71	1.6896	1.6652	0.6426	0.6370	1.2815	1.2586	31.84	32.31
		5	-4.67	1.6879	1.6637	0.6281	0.6226	1.2972	1.2743	30.12	30.56
		平均	-4.66	1.6918	1.6676	0.6404	0.6348	1.2869	1.2642	31.46	31.91
	20	1	11.11	1.6643	1.7239	0.6217	0.6349	1.2762	1.3329	30.41	29.34
		2	11.20	1.6677	1.7279	0.6240	0.6374	1.2775	1.3347	30.54	29.45
		3	11.05	1.6652	1.7245	0.6473	0.6611	1.2458	1.3016	33.66	32.49
		4	11.07	1.6779	1.7377	0.6245	0.6378	1.2893	1.3462	30.14	29.08
		5	11.23	1.6662	1.7265	0.6144	0.6277	1.2873	1.3449	29.43	28.37
		平均	11.13	1.6682	1.7281	0.6259	0.6393	1.2757	1.3326	30.77	29.68

表－3.10(d)　ＳＲＩＤの測定値（Ｌａゾーン:3/3）

ゾーン	測点番号	測定回	クリアランス ΔL (mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m^3)		等価含水量 ρ_m^* (t/m^3)		乾燥密度 ρ_d (t/m^3)		含水比 w (%)	
				不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
La	21	1	4.63	1.6165	1.6401	0.6515	0.6573	1.1811	1.2030	36.86	36.33
		2	4.72	1.6053	1.6292	0.6380	0.6437	1.1839	1.2062	35.59	35.07
		3	4.80	1.6161	1.6406	0.6030	0.6085	1.2400	1.2633	30.33	29.87
		4	4.67	1.6190	1.6429	0.6413	0.6470	1.1967	1.2190	35.29	34.77
		5	4.48	1.6084	1.6311	0.6588	0.6644	1.1622	1.1832	38.39	37.86
		平均	4.66	1.6130	1.6368	0.6371	0.6427	1.1945	1.2167	35.04	34.53
	22	1	-3.09	1.6786	1.6626	0.6311	0.6275	1.2821	1.2670	30.93	31.22
		2	-3.23	1.6765	1.6599	0.6355	0.6316	1.2742	1.2585	31.57	31.89
		3	-3.15	1.6794	1.6631	0.6275	0.6238	1.2875	1.2721	30.44	30.74
		4	-3.06	1.6799	1.6641	0.6393	0.6357	1.2737	1.2588	31.89	32.20
		5	-2.90	1.6737	1.6588	0.6311	0.6277	1.2762	1.2620	31.15	31.44
		平均	-3.09	1.6776	1.6617	0.6328	0.6292	1.2788	1.2638	31.19	31.49
	23	1	2.67	1.6156	1.6292	0.6211	0.6242	1.2173	1.2300	32.72	32.45
		2	2.72	1.6194	1.6332	0.6361	0.6394	1.2035	1.2164	34.55	34.26
		3	2.65	1.6162	1.6296	0.6081	0.6111	1.2339	1.2466	30.98	30.73
		4	2.74	1.6151	1.6290	0.6263	0.6295	1.2103	1.2233	33.45	33.16
		5	2.68	1.6207	1.6343	0.6446	0.6479	1.1947	1.2074	35.66	35.36
		平均	2.69	1.6174	1.6310	0.6267	0.6298	1.2126	1.2255	33.38	33.10
	24	1	-5.16	1.7280	1.7007	0.6467	0.6404	1.3235	1.2977	30.56	31.05
		2	-5.19	1.7267	1.6993	0.6419	0.6357	1.3277	1.3018	30.05	30.54
		3	-5.14	1.7295	1.7023	0.6559	0.6496	1.3141	1.2885	31.61	32.12
		4	-5.23	1.7219	1.6943	0.6853	0.6786	1.2688	1.2432	35.71	36.29
		5	-5.21	1.7255	1.6980	0.6480	0.6417	1.3188	1.2928	30.84	31.34
		平均	-5.19	1.7263	1.6989	0.6547	0.6484	1.3116	1.2858	31.62	32.13
	25	1	-1.03	1.7711	1.7654	0.5907	0.5895	1.4448	1.4393	22.58	22.66
		2	-1.09	1.7802	1.7742	0.5925	0.5913	1.4537	1.4479	22.46	22.54
		3	-1.05	1.7809	1.7751	0.5866	0.5855	1.4618	1.4561	21.83	21.91
		4	-1.04	1.7691	1.7634	0.5972	0.5960	1.4345	1.4289	23.33	23.41
		5	-1.08	1.7778	1.7719	0.5986	0.5974	1.4433	1.4375	23.17	23.26
		平均	-1.06	1.7758	1.7700	0.5930	0.5919	1.4477	1.4420	22.67	22.75
	26	1	3.33	1.6515	1.6688	0.6642	0.6684	1.2085	1.2245	36.66	36.28
		2	3.40	1.6565	1.6742	0.6835	0.6879	1.1910	1.2073	39.08	38.67
		3	3.26	1.6602	1.6772	0.6739	0.6781	1.2072	1.2229	37.52	37.15
		4	3.31	1.6607	1.6780	0.6544	0.6585	1.2317	1.2478	34.83	34.47
		5	3.26	1.6572	1.6742	0.6782	0.6824	1.1983	1.2140	38.29	37.91
		平均	3.31	1.6572	1.6745	0.6704	0.6746	1.2078	1.2238	37.21	36.83
	27	1	1.15	1.7259	1.7321	0.6467	0.6481	1.3210	1.3268	30.65	30.54
		2	1.07	1.7238	1.7295	0.6406	0.6419	1.3258	1.3312	30.02	29.92
		3	0.96	1.7218	1.7269	0.6487	0.6499	1.3134	1.3183	31.09	31.00
		4	1.22	1.7276	1.7342	0.6537	0.6552	1.3145	1.3207	31.43	31.31
		5	1.23	1.7245	1.7311	0.6400	0.6414	1.3275	1.3338	29.91	29.79
		平均	1.13	1.7247	1.7308	0.6458	0.6472	1.3205	1.3263	30.61	30.50
	28	1	1.16	1.6415	1.6475	0.6551	0.6566	1.2073	1.2129	35.96	35.84
		2	1.18	1.6452	1.6513	0.6537	0.6551	1.2136	1.2193	35.56	35.43
		3	1.14	1.6429	1.6487	0.6666	0.6680	1.1950	1.2004	37.48	37.35
		4	1.17	1.6333	1.6393	0.6650	0.6665	1.1852	1.1907	37.81	37.67
		5	1.23	1.6400	1.6463	0.6765	0.6780	1.1793	1.1851	39.06	38.91
		平均	1.18	1.6406	1.6466	0.6631	0.6646	1.1964	1.2020	37.13	36.99
	29	1	0.07	1.7324	1.7328	0.6413	0.6414	1.3356	1.3359	29.71	29.71
		2	-0.21	1.7271	1.7260	0.6060	0.6058	1.3722	1.3711	25.87	25.88
		3	0.12	1.7390	1.7397	0.6263	0.6264	1.3619	1.3626	27.69	27.68
		4	0.03	1.7339	1.7340	0.6367	0.6368	1.3429	1.3430	29.12	29.11
		5	-0.03	1.7443	1.7442	0.6317	0.6317	1.3618	1.3617	28.09	28.09
		平均	0.00	1.7353	1.7353	0.6278	0.6278	1.3555	1.3555	28.02	28.02
	30	1	-1.67	1.6997	1.6909	0.6419	0.6399	1.2947	1.2864	31.28	31.45
		2	-1.58	1.7008	1.6925	0.6808	0.6788	1.2485	1.2408	36.23	36.40
		3	-1.60	1.6968	1.6884	0.6698	0.6678	1.2571	1.2493	34.98	35.15
		4	-1.73	1.6923	1.6832	0.6674	0.6652	1.2545	1.2460	34.90	35.09
		5	-1.75	1.6980	1.6888	0.6674	0.6652	1.2615	1.2529	34.60	34.79
		平均	-1.67	1.6975	1.6888	0.6648	0.6628	1.2640	1.2558	34.30	34.47

表－3.11(a)　固定式の測定値(Hゾーン:1/5)

ｿﾞｰﾝ	測点番号	測定回	ｸﾘｱﾗﾝｽ ΔL(mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m^3)		等価含水量 ρ_m^* (t/m^3)		乾燥密度 ρ_d (t/m^3)		含水比 w (%)	
				不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
H	1	1	3.47	2.0440	2.0666	0.5700	0.5737	1.7636	1.7858	15.92	15.72
		2	0.80	2.0710	2.0766	0.5590	0.5598	1.8093	1.8144	14.49	14.45
		3	0.00	2.0450	2.0445	0.5470	0.5468	1.7916	1.7916	14.12	14.12
		4	0.00	2.0250	2.0253	0.5610	0.5611	1.7515	1.7515	15.63	15.63
		平均	1.07	2.0460	2.0533	0.5590	0.5603	1.7790	1.7858	15.03	14.98
	2	1	1.13	2.0040	2.0115	0.5790	0.5806	1.7046	1.7116	17.59	17.52
		2	3.30	2.0370	2.0578	0.5900	0.5933	1.7309	1.7518	17.66	17.47
		3	2.63	2.0840	2.1011	0.5750	0.5774	1.8054	1.8226	15.43	15.28
		4	0.63	2.0060	2.0102	0.5840	0.5851	1.7007	1.7046	17.96	17.92
		平均	1.92	2.0330	2.0451	0.5820	0.5841	1.7354	1.7477	17.14	17.02
	3	1	2.97	2.0550	2.0740	0.5650	0.5686	1.7817	1.8008	15.34	15.18
		2	0.00	2.0540	2.0541	0.5680	0.5677	1.7780	1.7780	15.53	15.53
		3	0.13	2.0250	2.0257	0.5680	0.5678	1.7430	1.7438	16.17	16.16
		4	2.30	2.0210	2.0354	0.5610	0.5635	1.7461	1.7606	15.73	15.61
		平均	1.35	2.0390	2.0473	0.5650	0.5669	1.7622	1.7708	15.69	15.61
	4	1	0.00	1.9870	1.9872	0.5570	0.5568	1.7109	1.7109	16.15	16.15
		2	2.63	2.0030	2.0200	0.5410	0.5438	1.7493	1.7659	14.53	14.39
		3	2.97	2.0690	2.0887	0.5550	0.5579	1.8118	1.8311	14.22	14.07
		4	0.80	1.9740	1.9788	0.5370	0.5382	1.7182	1.7232	14.88	14.83
		平均	1.60	2.0080	2.0187	0.5480	0.5492	1.7476	1.7578	14.93	14.84
	5	1	0.97	2.0280	2.0344	0.5790	0.5805	1.7331	1.7391	17.03	16.98
		2	1.80	2.0800	2.0914	0.5630	0.5651	1.8140	1.8257	14.65	14.55
		3	0.00	2.1050	2.1050	0.5770	0.5770	1.8277	1.8277	15.17	15.17
		4	0.47	2.0540	2.0570	0.5550	0.5552	1.7934	1.7964	14.53	14.51
		平均	0.81	2.0670	2.0719	0.5690	0.5695	1.7920	1.7972	15.33	15.29
	6	1	2.47	2.0000	2.0153	0.5720	0.5749	1.7077	1.7230	17.11	16.97
		2	1.47	2.0550	2.0646	0.5570	0.5584	1.7923	1.8017	14.67	14.59
		3	0.47	2.0780	2.0811	0.5820	0.5824	1.7897	1.7927	16.11	16.09
		4	1.97	1.9910	2.0034	0.5530	0.5548	1.7206	1.7328	15.72	15.62
		平均	1.59	2.0310	2.0411	0.5660	0.5676	1.7526	1.7625	15.89	15.80
	7	1	0.30	2.0960	2.0978	0.5570	0.5571	1.8409	1.8429	13.85	13.83
		2	0.00	2.1680	2.1681	0.5360	0.5356	1.9528	1.9528	11.03	11.03
		3	1.13	1.9870	1.9945	0.5550	0.5559	1.7137	1.7207	15.97	15.91
		4	1.13	2.0090	2.0157	0.5590	0.5601	1.7341	1.7411	15.83	15.77
		平均	0.64	2.0650	2.0690	0.5520	0.5522	1.8104	1.8144	14.07	14.03
	8	1	0.63	2.0350	2.0390	0.5530	0.5534	1.7731	1.7771	14.77	14.74
		2	0.63	2.0720	2.0759	0.5650	0.5661	1.8019	1.8060	14.98	14.95
		3	1.63	2.0090	2.0196	0.5770	0.5788	1.7133	1.7235	17.28	17.18
		4	0.00	2.0260	2.0259	0.5610	0.5611	1.7522	1.7522	15.62	15.62
		平均	0.72	2.0360	2.0401	0.5640	0.5648	1.7601	1.7647	15.65	15.61
	9	1	0.30	2.0400	2.0420	0.5810	0.5814	1.7453	1.7472	16.89	16.88
		2	0.80	2.0910	2.0967	0.5840	0.5844	1.8038	1.8090	15.95	15.91
		3	0.00	2.0500	2.0495	0.5910	0.5912	1.7444	1.7444	17.49	17.49
		4	3.47	2.0310	2.0527	0.5740	0.5777	1.7424	1.7644	16.54	16.34
		平均	1.14	2.0530	2.0602	0.5820	0.5837	1.7590	1.7662	16.71	16.65
	10	1	2.97	2.0170	2.0358	0.5460	0.5496	1.7590	1.7778	14.67	14.51
		2	1.80	2.0370	2.0483	0.5650	0.5668	1.7607	1.7721	15.68	15.58
		3	10.30	2.0320	2.0994	0.5520	0.5633	1.7701	1.8375	14.80	14.25
		4	0.13	2.0700	2.0706	0.5690	0.5695	1.7948	1.7956	15.32	15.31
		平均	3.80	2.0390	2.0635	0.5580	0.5623	1.7711	1.7958	15.12	14.91
	11	1	10.47	1.9600	2.0263	0.5370	0.5482	1.7021	1.7681	15.17	14.60
		2	3.30	2.0660	2.0876	0.5470	0.5502	1.8175	1.8390	13.68	13.52
		3	0.63	2.1090	2.1128	0.5430	0.5436	1.8728	1.8770	12.59	12.56
		4	2.30	1.9800	1.9943	0.5680	0.5701	1.6894	1.7035	17.20	17.07
		平均	4.18	2.0290	2.0552	0.5490	0.5530	1.7704	1.7969	14.59	14.38
	12	1	1.30	2.1020	2.1109	0.5680	0.5691	1.8358	1.8444	14.52	14.45
		2	4.47	2.0420	2.0705	0.5370	0.5419	1.7994	1.8284	13.46	13.24
		3	2.80	2.0190	2.0364	0.5770	0.5800	1.7246	1.7421	17.06	16.89
		4	0.80	2.0560	2.0612	0.5680	0.5685	1.7804	1.7855	15.48	15.44
		平均	2.34	2.0550	2.0698	0.5620	0.5649	1.7850	1.8001	15.11	14.98

表－3.11(a)　固定式の測定値(Hゾーン:2/5)

ゾーン	測点番号	測定回	クリアランス ΔL(mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m^3)		等価含水量 ρ_m^* (t/m^3)		乾燥密度 ρ_d (t/m^3)		含水比 w (%)	
				不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
H	13	1	3.30	2.0060	2.0271	0.5510	0.5541	1.7411	1.7619	15.23	15.05
		2	8.30	2.0570	2.1112	0.5390	0.5478	1.8152	1.8702	13.31	12.89
		3	0.00	2.0590	2.0593	0.5370	0.5374	1.8204	1.8204	13.12	13.12
		4	3.80	1.9540	1.9770	0.5340	0.5377	1.6983	1.7217	15.03	14.83
		平均	3.85	2.0190	2.0436	0.5400	0.5442	1.7688	1.7935	14.15	13.94
	14	1	4.13	2.0690	2.0957	0.5490	0.5530	1.8183	1.8453	13.78	13.57
		2	13.97	1.9710	2.0608	0.5270	0.5411	1.7277	1.8177	14.10	13.37
		3	4.30	2.0020	2.0288	0.5430	0.5474	1.7449	1.7721	14.72	14.49
		4	1.13	2.0290	2.0363	0.5590	0.5601	1.7586	1.7657	15.38	15.32
		平均	5.88	2.0180	2.0554	0.5440	0.5504	1.7624	1.8002	14.49	14.17
	15	1	3.30	2.1070	2.1287	0.5520	0.5558	1.8595	1.8815	13.31	13.14
		2	14.80	1.9420	2.0352	0.5300	0.5454	1.6882	1.7821	15.01	14.21
		3	1.47	2.0670	2.0768	0.5540	0.5559	1.8098	1.8193	14.23	14.16
		4	1.30	2.1030	2.1114	0.5350	0.5368	1.8749	1.8836	12.16	12.10
		平均	5.22	2.0550	2.0880	0.5430	0.5485	1.8081	1.8416	13.64	13.38
	16	1	1.80	2.0210	2.0326	0.5720	0.5735	1.7340	1.7453	16.56	16.46
		2	5.47	1.9600	1.9936	0.5350	0.5410	1.7036	1.7375	15.03	14.74
		3	1.47	2.0270	2.0361	0.5790	0.5802	1.7323	1.7415	17.00	16.92
		4	6.47	2.0530	2.0947	0.5610	0.5675	1.7847	1.8268	15.01	14.66
		平均	3.80	2.0150	2.0392	0.5620	0.5656	1.7386	1.7628	15.90	15.68
	17	1	6.13	1.9680	2.0062	0.5340	0.5399	1.7155	1.7539	14.71	14.39
		2	5.30	2.0030	2.0366	0.5410	0.5463	1.7490	1.7826	14.53	14.25
		3	3.80	2.0420	2.0666	0.5540	0.5584	1.7796	1.8041	14.75	14.55
		4	1.47	2.0890	2.0985	0.5480	0.5499	1.8427	1.8523	13.36	13.29
		平均	4.18	2.0250	2.0519	0.5440	0.5486	1.7717	1.7982	14.32	14.11
	18	1	2.47	2.0360	2.0518	0.5450	0.5471	1.7841	1.7999	14.13	14.00
		2	1.13	1.9680	1.9746	0.5240	0.5247	1.7274	1.7344	13.91	13.85
		3	1.13	2.0760	2.0834	0.5390	0.5402	1.8385	1.8459	12.92	12.86
		4	0.80	2.1150	2.1202	0.5610	0.5614	1.8593	1.8646	13.75	13.71
		平均	1.38	2.0490	2.0575	0.5420	0.5434	1.8023	1.8112	13.67	13.60
	19	1	1.30	2.1280	2.1362	0.5500	0.5517	1.8866	1.8953	12.77	12.71
		2	3.30	2.0330	2.0540	0.5170	0.5205	1.8130	1.8344	12.13	11.97
		3	3.13	2.0210	2.0410	0.5560	0.5597	1.7521	1.7719	15.36	15.19
		4	6.97	1.9690	2.0126	0.5540	0.5617	1.6921	1.7355	16.36	15.97
		平均	3.68	2.0380	2.0610	0.5450	0.5484	1.7860	1.8093	14.09	13.91
	20	1	4.80	1.9840	2.0144	0.5200	0.5251	1.7511	1.7814	13.32	13.08
		2	2.97	2.0130	2.0320	0.5240	0.5265	1.7819	1.8008	12.99	12.84
		3	8.80	2.0300	2.0876	0.5410	0.5500	1.7818	1.8392	13.96	13.50
		4	13.97	2.0300	2.1218	0.5050	0.5190	1.8233	1.9172	11.32	10.67
		平均	7.63	2.0140	2.0639	0.5230	0.5302	1.7845	1.8346	12.88	12.50
	21	1	1.47	2.0330	2.0420	0.5540	0.5559	1.7684	1.7777	14.95	14.87
		2	0.00	2.0430	2.0434	0.5670	0.5671	1.7659	1.7659	15.71	15.71
		3	3.30	2.0140	2.0345	0.5290	0.5319	1.7764	1.7974	13.36	13.19
		4	26.30	2.0060	2.1843	0.5390	0.5671	1.7543	1.9345	14.33	12.91
		平均	7.77	2.0240	2.0761	0.5470	0.5555	1.7662	1.8189	14.58	14.14
	22	1	1.47	2.0760	2.0858	0.5520	0.5539	1.8229	1.8325	13.90	13.83
		2	1.30	2.0320	2.0399	0.5630	0.5641	1.7571	1.7653	15.62	15.55
		3	2.30	2.0200	2.0344	0.5370	0.5396	1.7735	1.7881	13.89	13.78
		4	18.13	2.0200	2.1412	0.5410	0.5600	1.7698	1.8914	14.16	13.21
		平均	5.80	2.0370	2.0753	0.5480	0.5544	1.7808	1.8193	14.39	14.07
	23	1	8.30	1.9640	2.0157	0.5670	0.5761	1.6706	1.7221	17.54	17.05
		2	0.97	2.0140	2.0197	0.5650	0.5659	1.7330	1.7390	16.20	16.14
		3	0.30	2.0590	2.0613	0.5790	0.5790	1.7713	1.7732	16.27	16.25
		4	16.80	2.0290	2.1411	0.5810	0.6000	1.7323	1.8434	17.14	16.15
		平均	6.59	2.0160	2.0595	0.5730	0.5802	1.7268	1.7694	16.78	16.39
	24	1	2.13	2.0020	2.0157	0.5630	0.5650	1.7220	1.7353	16.28	16.16
		2	0.97	2.0370	2.0435	0.5670	0.5681	1.7587	1.7648	15.84	15.79
		3	2.97	2.0470	2.0657	0.5580	0.5616	1.7802	1.7992	14.97	14.81
		4	10.30	2.0500	2.1178	0.5390	0.5497	1.8073	1.8757	13.43	12.91
		平均	4.09	2.0340	2.0607	0.5570	0.5611	1.7670	1.7937	15.11	14.88

表－3.11(a)　固定式の測定値(Hゾーン:3/5)

ゾーン	測点番号	測定回	クリアランス ΔL (mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m³)		等価含水量 ρ_m^* (t/m³)		乾燥密度 ρ_d (t/m³)		含水比 w (%)	
				不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
H	25	1	0.47	2.0220	2.0252	0.5580	0.5590	1.7510	1.7539	15.50	15.47
		2	4.47	2.0560	2.0854	0.5520	0.5570	1.7992	1.8282	14.30	14.07
		3	0.63	2.1050	2.1096	0.5630	0.5634	1.8454	1.8495	14.09	14.06
		4	1.97	2.0990	2.1116	0.5650	0.5670	1.8347	1.8476	14.39	14.29
		平均	1.88	2.0710	2.0830	0.5600	0.5616	1.8075	1.8198	14.56	14.46
	26	1	0.00	2.1270	2.1273	0.5630	0.5627	1.8716	1.8716	13.67	13.67
		2	5.97	1.9900	2.0271	0.5450	0.5508	1.7284	1.7660	15.11	14.79
		3	1.80	2.0640	2.0758	0.5500	0.5522	1.8107	1.8224	14.00	13.90
		4	1.30	2.0690	2.0775	0.5690	0.5707	1.7941	1.8024	15.33	15.26
		平均	2.27	2.0630	2.0769	0.5570	0.5591	1.8012	1.8156	14.51	14.39
	27	1	8.13	1.9480	1.9983	0.5520	0.5609	1.6691	1.7193	16.69	16.23
		2	1.97	1.9850	1.9968	0.5450	0.5466	1.7225	1.7347	15.22	15.11
		3	0.00	2.0740	2.0740	0.5560	0.5564	1.8153	1.8153	14.25	14.25
		4	7.13	1.9740	2.0186	0.5460	0.5539	1.7074	1.7521	15.61	15.22
		平均	4.31	1.9950	2.0219	0.5500	0.5545	1.7286	1.7553	15.42	15.19
	28	1	1.97	2.0130	2.0250	0.5500	0.5524	1.7491	1.7614	15.07	14.96
		2	0.97	2.1060	2.1120	0.5560	0.5574	1.8532	1.8596	13.62	13.58
		3	1.63	2.0410	2.0513	0.5630	0.5644	1.7682	1.7786	15.42	15.34
		4	2.13	2.0420	2.0556	0.5540	0.5566	1.7794	1.7931	14.75	14.64
		平均	1.67	2.0500	2.0610	0.5560	0.5577	1.7875	1.7982	14.70	14.62
	29	1	2.47	2.1000	2.1158	0.5630	0.5653	1.8383	1.8546	14.21	14.08
		2	0.47	2.0710	2.0741	0.5580	0.5590	1.8094	1.8124	14.47	14.44
		3	2.63	2.0250	2.0414	0.5610	0.5634	1.7513	1.7680	15.61	15.46
		4	2.63	2.0320	2.0487	0.5500	0.5531	1.7722	1.7890	14.66	14.52
		平均	2.05	2.0570	2.0700	0.5580	0.5602	1.7928	1.8060	14.73	14.62
	30	1	26.13	1.9120	2.0816	0.5270	0.5541	1.6573	1.8271	15.39	13.93
		2	4.47	2.1210	2.1512	0.5320	0.5365	1.9012	1.9315	11.58	11.37
		3	1.63	2.1620	2.1733	0.5340	0.5353	1.9480	1.9592	11.00	10.92
		4	3.13	2.0500	2.0701	0.5460	0.5497	1.7984	1.8187	13.99	13.83
		平均	8.84	2.0610	2.1191	0.5350	0.5439	1.8262	1.8841	12.88	12.47
	31	1	0.97	2.0440	2.0506	0.5480	0.5494	1.7895	1.7957	14.25	14.20
		2	0.97	2.0940	2.1008	0.5430	0.5437	1.8561	1.8625	12.84	12.79
		3	11.47	1.9790	2.0522	0.5320	0.5437	1.7309	1.8044	14.33	13.73
		4	7.97	1.9870	2.0373	0.5460	0.5548	1.7228	1.7733	15.32	14.89
		平均	5.34	2.0260	2.0602	0.5420	0.5479	1.7748	1.8090	14.16	13.89
	32	1	0.97	2.0900	2.0958	0.5650	0.5659	1.8238	1.8301	14.57	14.52
		2	7.30	2.0430	2.0908	0.5450	0.5522	1.7927	1.8404	13.98	13.60
		3	1.47	2.0420	2.0513	0.5430	0.5442	1.7933	1.8027	13.86	13.79
		4	0.63	2.0470	2.0510	0.5650	0.5655	1.7729	1.7769	15.46	15.43
		平均	2.59	2.0550	2.0722	0.5540	0.5570	1.7957	1.8125	14.47	14.33
	33	1	2.80	2.0230	2.0408	0.5610	0.5635	1.7493	1.7670	15.65	15.49
		2	3.97	2.0330	2.0580	0.5520	0.5565	1.7706	1.7960	14.80	14.59
		3	1.30	1.9940	2.0022	0.5630	0.5641	1.7122	1.7203	16.46	16.39
		4	0.97	2.0210	2.0267	0.5610	0.5616	1.7465	1.7525	15.70	15.65
		平均	2.26	2.0180	2.0319	0.5590	0.5614	1.7447	1.7590	15.64	15.52
	34	1	3.47	1.9870	2.0083	0.5650	0.5686	1.7007	1.7222	16.81	16.62
		2	9.47	1.9540	2.0134	0.5540	0.5644	1.6744	1.7333	16.71	16.16
		3	0.63	2.0710	2.0754	0.5690	0.5700	1.7967	1.8007	15.29	15.25
		4	1.47	2.0980	2.1071	0.5610	0.5621	1.8384	1.8481	14.09	14.02
		平均	3.76	2.0270	2.0511	0.5620	0.5663	1.7526	1.7761	15.68	15.48
	35	1	2.47	2.1040	2.1201	0.4850	0.4877	1.9359	1.9526	8.68	8.58
		2	17.63	1.9860	2.1010	0.5170	0.5350	1.7566	1.8732	13.05	12.16
		3	1.97	2.0760	2.0886	0.5500	0.5524	1.8248	1.8376	13.76	13.66
		4	3.63	2.1100	2.1339	0.5300	0.5339	1.8893	1.9138	11.67	11.50
		平均	6.43	2.0690	2.1109	0.5210	0.5273	1.8516	1.8943	11.73	11.43
	36	1	0.63	2.0160	2.0199	0.5520	0.5530	1.7506	1.7546	15.15	15.12
		2	16.47	1.9270	2.0306	0.5540	0.5721	1.6414	1.7447	17.37	16.39
		3	0.00	2.0120	2.0120	0.5630	0.5627	1.7336	1.7336	16.06	16.06
		4	0.63	2.0520	2.0561	0.5450	0.5452	1.8032	1.8073	13.80	13.77
		平均	4.43	2.0020	2.0296	0.5540	0.5583	1.7322	1.7600	15.55	15.32

表－3.11(a)　固定式の測定値(Hゾーン:4/5)

ゾーン	測点番号	測定回	クリアランス ΔL(mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m³)		等価含水量 ρ_m^* (t/m³)		乾燥密度 ρ_d (t/m³)		含水比 w (%)	
				不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
H	37	1	2.47	2.0310	2.0467	0.5410	0.5434	1.7824	1.7982	13.94	13.82
		2	2.13	2.0190	2.0323	0.5520	0.5546	1.7541	1.7676	15.09	14.98
		3	0.13	2.0720	2.0725	0.5350	0.5356	1.8375	1.8384	12.74	12.73
		4	5.47	1.9860	2.0199	0.5270	0.5324	1.7448	1.7793	13.80	13.52
		平均	2.55	2.0270	2.0428	0.5390	0.5415	1.7797	1.7959	13.88	13.75
	38	1	0.30	2.0370	2.0389	0.5560	0.5567	1.7710	1.7729	15.02	15.00
		2	5.13	2.0340	2.0669	0.5430	0.5480	1.7837	1.8169	14.03	13.76
		3	2.30	2.0580	2.0728	0.5430	0.5451	1.8125	1.8274	13.54	13.43
		4	1.30	2.0360	2.0441	0.5450	0.5459	1.7838	1.7921	14.13	14.06
		平均	2.26	2.0410	2.0557	0.5470	0.5489	1.7877	1.8023	14.18	14.06
	39	1	0.30	2.0500	2.0515	0.5410	0.5412	1.8046	1.8065	13.57	13.56
		2	1.63	2.0700	2.0802	0.5410	0.5425	1.8287	1.8394	13.18	13.10
		3	0.00	2.0900	2.0895	0.5520	0.5524	1.8387	1.8387	13.64	13.64
		4	2.80	1.9700	1.9871	0.5340	0.5365	1.7178	1.7351	14.67	14.52
		平均	1.18	2.0450	2.0521	0.5420	0.5432	1.7975	1.8049	13.75	13.69
	40	1	1.13	2.0910	2.0986	0.5650	0.5661	1.8257	1.8331	14.54	14.48
		2	10.47	1.9500	2.0151	0.5580	0.5697	1.6639	1.7290	17.16	16.55
		3	4.80	1.9930	2.0233	0.5650	0.5700	1.7084	1.7384	16.66	16.39
		4	1.63	2.0760	2.0862	0.5580	0.5602	1.8148	1.8254	14.37	14.29
		平均	4.51	2.0270	2.0558	0.5620	0.5665	1.7532	1.7815	15.64	15.40
	41	1	2.47	2.0620	2.0777	0.5520	0.5549	1.8055	1.8214	14.19	14.07
		2	9.47	1.9630	2.0230	0.5220	0.5314	1.7242	1.7842	13.87	13.39
		3	3.63	2.0050	2.0280	0.5480	0.5522	1.7424	1.7653	15.08	14.88
		4	5.80	1.9650	2.0008	0.5560	0.5625	1.6846	1.7204	16.63	16.30
		平均	5.34	1.9990	2.0324	0.5450	0.5503	1.7392	1.7728	14.93	14.64
	42	1	1.63	2.1410	2.1520	0.5540	0.5561	1.8980	1.9090	12.81	12.73
		2	2.63	2.0600	2.0768	0.5580	0.5613	1.7958	1.8128	14.70	14.56
		3	4.63	1.9820	2.0107	0.5560	0.5613	1.7050	1.7338	16.23	15.97
		4	12.47	1.9820	2.0619	0.5610	0.5740	1.7003	1.7798	16.57	15.85
		平均	5.34	2.0410	2.0754	0.5570	0.5632	1.7748	1.8089	15.01	14.73
	43	1	7.63	2.0300	2.0792	0.5340	0.5415	1.7897	1.8394	13.42	13.04
		2	7.63	1.9400	1.9873	0.5370	0.5451	1.6781	1.7252	15.61	15.19
		3	5.97	2.0920	2.1312	0.5270	0.5329	1.8717	1.9118	11.75	11.47
		4	2.97	2.1580	2.1779	0.5200	0.5233	1.9586	1.9791	10.17	10.04
		平均	6.05	2.0550	2.0939	0.5300	0.5357	1.8245	1.8639	12.62	12.34
	44	1	4.30	2.0540	2.0814	0.5560	0.5609	1.7908	1.8187	14.67	14.44
		2	4.47	1.9750	2.0027	0.5160	0.5201	1.7454	1.7734	13.15	12.93
		3	0.13	2.0380	2.0384	0.5690	0.5695	1.7562	1.7571	16.02	16.01
		4	4.30	2.0060	2.0327	0.5670	0.5717	1.7206	1.7476	16.56	16.31
		平均	3.30	2.0180	2.0388	0.5520	0.5555	1.7533	1.7742	15.09	14.91
	45	1	3.63	1.9720	1.9941	0.5160	0.5199	1.7407	1.7634	13.26	13.08
		2	5.97	2.0310	2.0698	0.5240	0.5302	1.8027	1.8415	12.68	12.39
		3	0.00	2.1030	2.1027	0.5440	0.5437	1.8648	1.8648	12.75	12.75
		4	8.47	2.0370	2.0916	0.5360	0.5450	1.7946	1.8501	13.49	13.06
		平均	4.52	2.0360	2.0645	0.5300	0.5347	1.8007	1.8300	13.04	12.82
	46	1	1.80	2.0760	2.0876	0.5710	0.5726	1.8005	1.8122	15.29	15.20
		2	2.13	2.0160	2.0293	0.5580	0.5598	1.7444	1.7578	15.56	15.44
		3	5.97	1.9390	1.9756	0.5600	0.5660	1.6498	1.6861	17.52	17.17
		4	6.30	1.9490	1.9878	0.5620	0.5685	1.6592	1.6978	17.46	17.09
		平均	4.05	1.9950	2.0201	0.5620	0.5667	1.7135	1.7385	16.42	16.20
	47	1	0.47	2.0070	2.0100	0.5550	0.5560	1.7364	1.7393	15.59	15.56
		2	3.97	1.9940	2.0193	0.5730	0.5773	1.7002	1.7249	17.30	17.07
		3	4.13	1.9710	1.9968	0.5580	0.5619	1.6909	1.7164	16.57	16.34
		4	4.13	1.9670	1.9923	0.5460	0.5498	1.6999	1.7255	15.69	15.47
		平均	3.17	1.9850	2.0046	0.5580	0.5612	1.7069	1.7265	16.28	16.11
	48	1	1.63	2.1060	2.1166	0.5490	0.5511	1.8617	1.8725	13.11	13.03
		2	1.63	2.0920	2.1031	0.5550	0.5572	1.8385	1.8492	13.81	13.73
		3	2.80	2.0170	2.0351	0.5730	0.5760	1.7278	1.7454	16.76	16.60
		4	2.97	2.0630	2.0826	0.5580	0.5607	1.8012	1.8205	14.55	14.40
		平均	2.26	2.0700	2.0844	0.5590	0.5612	1.8073	1.8219	14.52	14.41

表－3.11(a)　固定式の測定値(Hゾーン:5/5)

ゾーン	測点番号	測定回	クリアランス ΔL(mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m^3)		等価含水量 ρ_m^* (t/m^3)		乾燥密度 ρ_d (t/m^3)		含水比 w (%)	
				不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
H	49	1	0.97	2.0690	2.0748	0.5640	0.5650	1.7998	1.8060	14.93	14.88
		2	0.00	2.0790	2.0794	0.5660	0.5661	1.8101	1.8101	14.88	14.88
		3	1.47	2.0680	2.0772	0.5710	0.5722	1.7908	1.8002	15.47	15.39
		4	8.47	2.0290	2.0837	0.5710	0.5799	1.7442	1.7988	16.32	15.84
		平均	2.73	2.0610	2.0788	0.5680	0.5708	1.7862	1.8038	15.39	15.24
	50	1	1.13	2.1270	2.1350	0.5400	0.5411	1.8990	1.9066	12.03	11.98
		2	0.00	2.0970	2.0967	0.5620	0.5618	1.8361	1.8361	14.20	14.20
		3	0.47	2.1090	2.1119	0.5240	0.5248	1.8953	1.8985	11.26	11.24
		4	3.30	2.1180	2.1402	0.5400	0.5433	1.8879	1.9101	12.20	12.04
		平均	1.22	2.1130	2.1210	0.5410	0.5427	1.8796	1.8878	12.41	12.35
	51	1	2.63	2.0560	2.0727	0.5640	0.5667	1.7844	1.8014	15.20	15.06
		2	2.63	1.9700	1.9864	0.5680	0.5712	1.6768	1.6928	17.50	17.34
		3	2.47	2.0530	2.0693	0.5600	0.5622	1.7869	1.8027	14.92	14.79
		4	1.63	2.0580	2.0688	0.5640	0.5657	1.7875	1.7980	15.15	15.06
		平均	2.34	2.0340	2.0493	0.5640	0.5665	1.7589	1.7737	15.66	15.54
	52	1	0.47	2.0520	2.0551	0.5750	0.5758	1.7665	1.7695	16.17	16.14
		2	4.30	2.0190	2.0464	0.5680	0.5730	1.7352	1.7624	16.36	16.11
		3	1.13	2.0490	2.0563	0.5830	0.5838	1.7541	1.7613	16.81	16.75
		4	1.80	2.0590	2.0705	0.5780	0.5796	1.7718	1.7833	16.21	16.10
		平均	1.92	2.0450	2.0571	0.5760	0.5781	1.7569	1.7691	16.38	16.28
	53	1	1.80	2.0860	2.0973	0.5530	0.5553	1.8326	1.8444	13.80	13.71
		2	0.13	2.1420	2.1428	0.5440	0.5438	1.9118	1.9127	12.04	12.03
		3	0.97	2.1060	2.1124	0.5280	0.5286	1.8881	1.8946	11.54	11.50
		4	7.13	2.0000	2.0459	0.5440	0.5510	1.7426	1.7881	14.80	14.42
		平均	2.51	2.0840	2.0996	0.5420	0.5447	1.8438	1.8599	13.00	12.88
	54	1	1.30	2.0450	2.0531	0.5550	0.5568	1.7815	1.7898	14.78	14.71
		2	1.13	2.0320	2.0387	0.5660	0.5673	1.7528	1.7600	15.90	15.84
		3	0.00	2.1380	2.1379	0.5600	0.5596	1.8879	1.8879	13.24	13.24
		4	4.80	2.0860	2.1176	0.5750	0.5805	1.8070	1.8386	15.44	15.18
		平均	1.81	2.0750	2.0868	0.5640	0.5661	1.8073	1.8191	14.81	14.72
	55	1	1.97	2.0410	2.0538	0.5440	0.5457	1.7913	1.8039	13.95	13.85
		2	7.63	2.0350	2.0845	0.5470	0.5555	1.7793	1.8290	14.37	13.97
		3	1.47	2.1640	2.1741	0.5710	0.5722	1.9062	1.9162	13.54	13.46
		4	6.30	2.1250	2.1679	0.5490	0.5560	1.8851	1.9281	12.75	12.44
		平均	4.34	2.0910	2.1201	0.5530	0.5573	1.8405	1.8693	13.64	13.42
	56	1	1.97	2.1120	2.1247	0.5440	0.5457	1.8756	1.8887	12.59	12.49
		2	0.63	2.1220	2.1262	0.5580	0.5582	1.8714	1.8756	13.39	13.36
		3	1.47	2.0700	2.0798	0.5580	0.5591	1.8095	1.8190	14.41	14.34
		4	8.80	2.0330	2.0899	0.5310	0.5400	1.7963	1.8540	13.16	12.72
		平均	3.22	2.0840	2.1051	0.5470	0.5507	1.8382	1.8593	13.38	13.22
	57	1	5.13	1.9990	2.0315	0.5800	0.5858	1.6974	1.7294	17.78	17.47
		2	4.30	2.0540	2.0819	0.5780	0.5824	1.7660	1.7937	16.31	16.07
		3	1.47	2.0630	2.0720	0.5680	0.5699	1.7873	1.7967	15.40	15.32
		4	0.63	2.0520	2.0564	0.5730	0.5736	1.7697	1.7737	15.98	15.94
		平均	2.88	2.0420	2.0605	0.5750	0.5779	1.7551	1.7734	16.35	16.19
	58	1	4.97	2.0100	2.0419	0.5800	0.5856	1.7108	1.7420	17.51	17.22
		2	1.30	2.1200	2.1286	0.5530	0.5548	1.8739	1.8826	13.13	13.07
		3	6.30	2.0680	2.1088	0.5380	0.5446	1.8294	1.8711	13.01	12.70
		4	5.13	2.0060	2.0388	0.5680	0.5739	1.7200	1.7523	16.64	16.35
		平均	4.43	2.0510	2.0796	0.5600	0.5647	1.7835	1.8120	15.00	14.76
	59	1	2.80	2.0990	2.1178	0.5470	0.5504	1.8563	1.8749	13.09	12.96
		2	2.13	2.0870	2.1014	0.5710	0.5729	1.8144	1.8283	15.05	14.94
		3	2.13	2.0960	2.1103	0.5750	0.5776	1.8193	1.8333	15.22	15.11
		4	2.47	2.0140	2.0291	0.5660	0.5688	1.7313	1.7468	16.30	16.16
		平均	2.38	2.0740	2.0896	0.5650	0.5674	1.8053	1.8208	14.89	14.76
	60	1	2.63	2.0830	2.1001	0.5580	0.5603	1.8246	1.8418	14.16	14.02
		2	1.13	2.0970	2.1039	0.5710	0.5719	1.8252	1.8326	14.86	14.80
		3	2.13	2.0840	2.0980	0.5640	0.5662	1.8184	1.8323	14.61	14.50
		4	1.47	2.0590	2.0680	0.5680	0.5699	1.7825	1.7919	15.49	15.41
		平均	1.84	2.0810	2.0925	0.5650	0.5671	1.8127	1.8247	14.78	14.68

表－3.11(b)　固定式の測定値(Mゾーン)

ゾーン	測点番号	測定回	クリアランス ΔL (mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m^3)		等価含水量 ρ_m^* (t/m^3)		乾燥密度 ρ_d (t/m^3)		含水比 w (%)	
				不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
M	1	1	0.63	2.0760	2.0799	0.5670	0.5681	1.8043	1.8083	15.05	15.02
		2	2.47	2.0280	2.0434	0.5700	0.5724	1.7440	1.7596	16.27	16.13
		3	4.63	2.0560	2.0859	0.5610	0.5658	1.7883	1.8183	14.96	14.71
		4	0.80	2.0840	2.0891	0.5790	0.5800	1.7999	1.8051	15.78	15.73
		平均	2.13	2.0610	2.0746	0.5690	0.5716	1.7841	1.7978	15.51	15.39
	2	1	6.97	2.0500	2.0954	0.5340	0.5407	1.8139	1.8598	13.02	12.67
		2	2.63	2.0960	2.1133	0.5270	0.5293	1.8772	1.8947	11.66	11.54
		3	8.30	2.0610	2.1157	0.5410	0.5494	1.8185	1.8736	13.34	12.92
		4	20.63	1.9050	2.0361	0.5270	0.5479	1.6492	1.7801	15.54	14.38
		平均	9.63	2.0280	2.0901	0.5320	0.5418	1.7897	1.8520	13.32	12.86
	3	1	0.00	2.1170	2.1167	0.5570	0.5566	1.8662	1.8662	13.43	13.43
		2	2.47	2.0710	2.0874	0.5770	0.5794	1.7879	1.8038	15.86	15.72
		3	6.30	2.0500	2.0912	0.5630	0.5697	1.7790	1.8199	15.25	14.91
		4	0.63	2.0500	2.0537	0.5720	0.5727	1.7675	1.7716	15.96	15.93
		平均	2.35	2.0720	2.0873	0.5670	0.5696	1.8001	1.8154	15.10	14.98
	4	1	2.63	2.1000	2.1171	0.5300	0.5327	1.8776	1.8951	11.83	11.71
		2	5.13	2.0710	2.1043	0.5590	0.5641	1.8087	1.8424	14.49	14.22
		3	1.63	2.1110	2.1215	0.5630	0.5647	1.8514	1.8622	14.01	13.93
		4	2.63	2.0280	2.0444	0.5520	0.5552	1.7646	1.7814	14.91	14.77
		平均	3.01	2.0770	2.0968	0.5510	0.5542	1.8256	1.8453	13.79	13.63
	5	1	2.97	2.0050	2.0241	0.5450	0.5477	1.7474	1.7661	14.77	14.61
		2	1.63	2.0030	2.0128	0.5390	0.5406	1.7507	1.7610	14.39	14.30
		3	12.13	2.0010	2.0793	0.5450	0.5573	1.7419	1.8205	14.87	14.21
		4	2.13	2.0050	2.0188	0.5430	0.5449	1.7496	1.7631	14.62	14.51
		平均	4.72	2.0040	2.0338	0.5430	0.5476	1.7474	1.7777	14.66	14.41
	6	1	33.63	1.8800	2.0992	0.5430	0.5793	1.5992	1.8181	17.54	15.47
		2	2.47	2.0650	2.0809	0.5610	0.5634	1.7992	1.8152	14.77	14.64
		3	2.13	2.0900	2.1041	0.5650	0.5675	1.8241	1.8380	14.59	14.47
		4	4.13	2.0640	2.0912	0.5450	0.5489	1.8178	1.8448	13.56	13.35
		平均	10.59	2.0250	2.0938	0.5530	0.5648	1.7601	1.8290	15.04	14.48

表－3.11(c)　固定式の測定値（Lゾーン：1/5）

ゾーン	測点番号	測定回	クリアランス ΔL (mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m³)		等価含水量 ρ_m^* (t/m³)		乾燥密度 ρ_d (t/m³)		含水比 w (%)	
				不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
L	1	1	3.30	1.9700	1.9906	0.5220	0.5257	1.7317	1.7522	13.77	13.60
		2	1.63	1.9990	2.0088	0.5180	0.5193	1.7714	1.7817	12.83	12.75
		3	14.13	1.9250	2.0137	0.4870	0.5005	1.7201	1.8101	11.92	11.25
		4	0.47	1.9630	1.9656	0.4800	0.4803	1.7737	1.7767	10.65	10.63
		平均	4.88	1.9640	1.9947	0.5020	0.5065	1.7492	1.7802	12.29	12.05
	2	1	4.30	2.0120	2.0393	0.5150	0.5188	1.7911	1.8187	12.33	12.13
		2	0.00	2.1350	2.1352	0.5020	0.5016	1.9541	1.9541	9.27	9.27
		3	8.63	1.9710	2.0255	0.5130	0.5216	1.7440	1.7989	13.02	12.60
		4	2.13	1.8990	1.9118	0.5060	0.5079	1.6666	1.6794	13.95	13.84
		平均	3.77	2.0040	2.0280	0.5090	0.5125	1.7890	1.8128	12.04	11.87
	3	1	4.97	1.9730	2.0041	0.5430	0.5483	1.7105	1.7414	15.36	15.09
		2	4.63	2.0130	2.0423	0.5400	0.5443	1.7624	1.7919	14.21	13.97
		3	6.30	1.9200	1.9581	0.5290	0.5354	1.6636	1.7019	15.40	15.06
		4	7.30	1.8810	1.9247	0.5310	0.5381	1.6151	1.6586	16.46	16.04
		平均	5.80	1.9470	1.9823	0.5360	0.5415	1.6879	1.7235	15.33	15.02
	4	1	6.97	1.9420	1.9854	0.5310	0.5378	1.6886	1.7317	15.03	14.66
		2	3.47	1.9210	1.9417	0.5410	0.5449	1.6500	1.6708	16.41	16.21
		3	8.30	1.9340	1.9854	0.5340	0.5426	1.6746	1.7258	15.50	15.04
		4	8.30	1.8720	1.9213	0.5400	0.5481	1.5936	1.6427	17.46	16.96
		平均	6.76	1.9170	1.9584	0.5360	0.5433	1.6517	1.6927	16.08	15.70
	5	1	4.13	2.0050	2.0315	0.5180	0.5218	1.7795	1.8059	12.69	12.49
		2	10.13	1.9120	1.9741	0.5090	0.5186	1.6784	1.7410	13.91	13.39
		3	5.80	1.8410	1.8750	0.5030	0.5085	1.6006	1.6345	15.03	14.71
		4	3.13	1.9870	2.0068	0.5150	0.5177	1.7615	1.7812	12.82	12.66
		平均	5.80	1.9360	1.9718	0.5110	0.5167	1.7050	1.7406	13.57	13.28
	6	1	5.30	2.0550	2.0899	0.5570	0.5625	1.7925	1.8270	14.67	14.39
		2	8.63	1.9640	2.0179	0.5380	0.5466	1.7058	1.7600	15.12	14.66
		3	7.80	1.9300	1.9777	0.5320	0.5404	1.6714	1.7193	15.46	15.03
		4	3.97	1.9720	1.9961	0.5430	0.5473	1.7085	1.7331	15.39	15.18
		平均	6.43	1.9800	2.0204	0.5430	0.5492	1.7196	1.7598	15.15	14.81
	7	1	10.30	1.8820	1.9445	0.5430	0.5539	1.6017	1.6634	17.51	16.90
		2	1.30	1.9720	1.9803	0.5720	0.5735	1.6749	1.6828	17.75	17.68
		3	9.80	1.9000	1.9596	0.5510	0.5612	1.6136	1.6727	17.74	17.15
		4	12.97	2.0370	2.1226	0.5550	0.5687	1.7729	1.8587	14.90	14.20
		平均	8.59	1.9480	2.0017	0.5550	0.5643	1.6658	1.7194	16.93	16.42
	8	1	5.63	2.0350	2.0715	0.5060	0.5112	1.8295	1.8664	11.25	10.99
		2	6.13	2.0540	2.0942	0.5190	0.5253	1.8361	1.8767	11.88	11.59
		3	12.63	1.9060	1.9843	0.5130	0.5256	1.6665	1.7448	14.39	13.72
		4	4.80	1.9430	1.9729	0.5060	0.5104	1.7196	1.7493	13.01	12.78
		平均	7.30	1.9850	2.0307	0.5110	0.5182	1.7629	1.8093	12.59	12.24
	9	1	2.97	1.9440	1.9625	0.5420	0.5451	1.6774	1.6955	15.91	15.75
		2	7.30	1.8710	1.9143	0.5330	0.5406	1.6002	1.6433	16.92	16.49
		3	13.13	1.8540	1.9332	0.5580	0.5717	1.5510	1.6285	19.55	18.70
		4	3.30	1.9450	1.9653	0.5580	0.5611	1.6598	1.6797	17.19	17.00
		平均	6.68	1.9040	1.9438	0.5480	0.5546	1.6221	1.6618	17.36	16.97
	10	1	5.30	1.8750	1.9067	0.5420	0.5475	1.5948	1.6259	17.59	17.27
		2	11.30	1.9020	1.9713	0.5560	0.5676	1.6106	1.6790	18.09	17.40
		3	10.13	1.8760	1.9367	0.5300	0.5400	1.6100	1.6707	16.50	15.92
		4	4.47	1.9540	1.9820	0.5330	0.5377	1.7002	1.7277	14.96	14.72
		平均	7.80	1.9020	1.9492	0.5400	0.5482	1.6289	1.6758	16.76	16.31
	11	1	2.47	1.9920	2.0077	0.5280	0.5305	1.7515	1.7670	13.75	13.62
		2	4.80	2.0780	2.1098	0.5400	0.5451	1.8399	1.8717	12.96	12.73
		3	5.30	2.0040	2.0380	0.5520	0.5571	1.7378	1.7714	15.34	15.05
		4	8.63	1.9790	2.0337	0.5080	0.5163	1.7597	1.8150	12.47	12.05
		平均	5.30	2.0140	2.0473	0.5320	0.5373	1.7722	1.8063	13.62	13.34
	12	1	9.13	2.0940	2.1555	0.5560	0.5652	1.8406	1.9023	13.78	13.31
		2	2.30	2.0540	2.0692	0.5230	0.5254	1.8316	1.8466	12.16	12.05
		3	8.80	2.0210	2.0778	0.5370	0.5457	1.7755	1.8327	13.82	13.37
		4	8.13	2.0550	2.1085	0.5500	0.5581	1.8009	1.8545	14.12	13.70
		平均	7.09	2.0560	2.1027	0.5410	0.5486	1.8122	1.8590	13.47	13.11

表－3.11(c)　固定式の測定値（Lゾーン：2/5）

ゾーン	測点番号	測定回	クリアランス ΔL (mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m^3)		等価含水量 ρ_m^* (t/m^3)		乾燥密度 ρ_d (t/m^3)		含水比 w (%)	
				不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
L	13	1	5.80	2.0050	2.0413	0.5090	0.5150	1.7884	1.8258	12.08	11.81
		2	6.47	1.9900	2.0304	0.5220	0.5280	1.7560	1.7972	13.30	12.98
		3	14.30	1.9350	2.0253	0.5300	0.5444	1.6813	1.7715	15.11	14.33
		4	5.30	1.9590	1.9915	0.5280	0.5334	1.7113	1.7442	14.46	14.18
		平均	7.97	1.9720	2.0222	0.5220	0.5302	1.7342	1.7847	13.71	13.31
	14	1	6.63	1.8520	1.8908	0.5540	0.5605	1.5530	1.5913	19.24	18.82
		2	8.97	1.8790	1.9327	0.5350	0.5440	1.6075	1.6610	16.87	16.35
		3	7.13	1.9740	2.0191	0.5640	0.5715	1.6872	1.7316	17.02	16.61
		4	7.97	1.9540	2.0040	0.5580	0.5660	1.6708	1.7200	16.97	16.51
		平均	7.68	1.9150	1.9617	0.5520	0.5605	1.6296	1.6760	17.50	17.05
	15	1	3.63	1.9830	2.0053	0.5560	0.5594	1.7071	1.7296	16.14	15.94
		2	5.13	1.9360	1.9674	0.5500	0.5549	1.6584	1.6895	16.74	16.45
		3	0.47	2.0770	2.0803	0.5580	0.5581	1.8179	1.8209	14.27	14.25
		4	8.47	1.9390	1.9915	0.5350	0.5435	1.6796	1.7320	15.45	14.98
		平均	4.43	1.9840	2.0111	0.5490	0.5540	1.7157	1.7430	15.62	15.38
	16	1	1.97	1.9180	1.9301	0.5400	0.5422	1.6484	1.6602	16.37	16.26
		2	8.97	1.8830	1.9373	0.5460	0.5551	1.5998	1.6533	17.71	17.18
		3	3.63	2.0000	2.0224	0.5520	0.5553	1.7321	1.7549	15.44	15.25
		4	4.80	2.0170	2.0478	0.5350	0.5397	1.7732	1.8039	13.76	13.52
		平均	4.84	1.9550	1.9844	0.5430	0.5481	1.6884	1.7181	15.77	15.50
	17	1	5.97	2.0040	2.0418	0.5460	0.5527	1.7434	1.7813	14.94	14.63
		2	10.13	1.9580	2.0217	0.5560	0.5670	1.6768	1.7401	16.77	16.19
		3	25.13	1.8670	2.0255	0.5560	0.5838	1.5681	1.7245	19.07	17.45
		4	6.63	1.9580	1.9996	0.5430	0.5496	1.6933	1.7345	15.65	15.29
		平均	11.97	1.9470	2.0222	0.5500	0.5633	1.6704	1.7451	16.55	15.88
	18	1	6.63	1.9940	2.0363	0.5070	0.5136	1.7788	1.8214	12.11	11.80
		2	1.97	2.0290	2.0413	0.5160	0.5180	1.8096	1.8222	12.12	12.02
		3	7.47	1.9980	2.0453	0.5160	0.5234	1.7725	1.8205	12.71	12.35
		4	6.13	2.0820	2.1228	0.5120	0.5175	1.8788	1.9201	10.83	10.55
		平均	5.55	2.0260	2.0614	0.5130	0.5181	1.8099	1.8461	11.93	11.67
	19	1	2.97	2.0150	2.0339	0.5070	0.5101	1.8037	1.8227	11.72	11.58
		2	8.47	1.9030	1.9548	0.5180	0.5259	1.6576	1.7092	14.82	14.37
		3	20.30	1.8880	2.0148	0.5390	0.5605	1.6130	1.7396	17.02	15.82
		4	7.80	1.9020	1.9489	0.5240	0.5316	1.6480	1.6953	15.39	14.96
		平均	9.88	1.9270	1.9881	0.5220	0.5320	1.6806	1.7417	14.66	14.15
	20	1	8.47	1.9250	1.9771	0.5020	0.5097	1.7026	1.7552	13.06	12.64
		2	3.30	1.9290	1.9491	0.5150	0.5177	1.6921	1.7121	14.01	13.84
		3	8.13	2.0340	2.0867	0.5180	0.5256	1.8138	1.8674	12.13	11.75
		4	6.97	1.9690	2.0129	0.5250	0.5324	1.7270	1.7709	14.03	13.67
		平均	6.72	1.9640	2.0064	0.5150	0.5214	1.7339	1.7764	13.29	12.95
	21	1	2.80	1.9730	1.9902	0.5290	0.5315	1.7274	1.7448	14.21	14.07
		2	4.47	1.9350	1.9626	0.5070	0.5115	1.7083	1.7357	13.29	13.07
		3	5.97	1.9550	1.9919	0.5240	0.5298	1.7119	1.7490	14.20	13.89
		4	7.80	1.9330	1.9808	0.5240	0.5316	1.6853	1.7335	14.68	14.27
		平均	5.26	1.9490	1.9814	0.5210	0.5261	1.7082	1.7407	14.09	13.82
	22	1	3.30	1.9700	1.9902	0.5210	0.5239	1.7333	1.7539	13.64	13.47
		2	5.63	1.9680	2.0026	0.5410	0.5467	1.7065	1.7416	15.30	14.99
		3	1.63	2.0150	2.0250	0.5190	0.5207	1.7890	1.7993	12.62	12.54
		4	6.63	1.9690	2.0103	0.5190	0.5257	1.7341	1.7758	13.54	13.20
		平均	4.30	1.9800	2.0070	0.5250	0.5292	1.7407	1.7677	13.76	13.54
	23	1	10.97	1.8490	1.9139	0.5030	0.5136	1.6096	1.6751	14.85	14.26
		2	4.97	1.9180	1.9482	0.5030	0.5077	1.6927	1.7230	13.32	13.07
		3	4.13	2.0170	2.0436	0.4990	0.5028	1.8163	1.8430	11.07	10.88
		4	5.30	1.9670	1.9999	0.5120	0.5167	1.7409	1.7741	12.99	12.72
		平均	6.34	1.9380	1.9764	0.5040	0.5102	1.7149	1.7538	13.00	12.69
	24	1	8.63	1.9860	2.0405	0.5320	0.5409	1.7387	1.7938	14.20	13.75
		2	13.63	1.9050	1.9895	0.5290	0.5427	1.6464	1.7306	15.72	14.96
		3	9.97	1.9330	1.9945	0.5000	0.5098	1.7134	1.7759	12.80	12.31
		4	4.97	2.0240	2.0562	0.5300	0.5354	1.7871	1.8191	13.28	13.03
		平均	9.30	1.9620	2.0202	0.5230	0.5322	1.7214	1.7799	13.98	13.50

表－3.11(c)　固定式の測定値（Lゾーン：3/5）

ゾーン	測点番号	測定回	クリアランス ΔL (mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m³)		等価含水量 ρ_m^* (t/m³)		乾燥密度 ρ_d (t/m³)		含水比 w (%)	
				不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
L	25	1	7.30	1.9570	2.0023	0.5190	0.5263	1.7198	1.7655	13.79	13.41
		2	4.13	1.9750	2.0012	0.5090	0.5126	1.7546	1.7806	12.59	12.39
		3	3.63	1.9640	1.9868	0.5190	0.5227	1.7287	1.7513	13.63	13.45
		4	7.80	1.9830	2.0320	0.5160	0.5237	1.7544	1.8042	13.01	12.63
		平均	5.72	1.9700	2.0056	0.5160	0.5213	1.7394	1.7754	13.25	12.96
	26	1	3.13	2.0270	2.0468	0.5540	0.5575	1.7616	1.7815	15.06	14.89
		2	5.47	1.9940	2.0281	0.5300	0.5359	1.7502	1.7849	13.91	13.63
		3	17.47	1.9190	2.0292	0.5500	0.5690	1.6372	1.7467	17.21	16.17
		4	3.80	2.0080	2.0318	0.5500	0.5542	1.7434	1.7674	15.16	14.96
		平均	7.47	1.9870	2.0340	0.5460	0.5542	1.7231	1.7701	15.30	14.91
	27	1	4.63	2.0730	2.1031	0.5070	0.5117	1.8728	1.9037	10.68	10.48
		2	5.13	1.9930	2.0249	0.5070	0.5122	1.7767	1.8095	12.15	11.90
		3	9.80	1.9460	2.0067	0.5240	0.5337	1.7006	1.7620	14.40	13.89
		4	11.13	1.9030	1.9710	0.5160	0.5271	1.6587	1.7272	14.71	14.12
		平均	7.68	1.9780	2.0264	0.5140	0.5211	1.7522	1.8006	12.91	12.54
	28	1	1.97	1.9650	1.9775	0.5450	0.5466	1.6995	1.7116	15.64	15.54
		2	10.47	1.9430	2.0083	0.5190	0.5295	1.7031	1.7688	14.08	13.54
		3	12.47	1.9920	2.0727	0.5290	0.5414	1.7507	1.8317	13.80	13.16
		4	5.97	2.0730	2.1123	0.5430	0.5489	1.8306	1.8701	13.25	12.95
		平均	7.72	1.9930	2.0427	0.5340	0.5416	1.7460	1.7955	14.17	13.76
	29	1	6.13	1.9410	1.9790	0.4860	0.4914	1.7411	1.7795	11.50	11.21
		2	15.13	1.8970	1.9905	0.5100	0.5249	1.6590	1.7532	14.34	13.54
		3	14.63	1.8670	1.9557	0.5100	0.5244	1.6230	1.7122	15.02	14.23
		4	1.80	1.9300	1.9407	0.5110	0.5131	1.6967	1.7076	13.74	13.65
		平均	9.43	1.9090	1.9665	0.5040	0.5134	1.6799	1.7381	13.62	13.14
	30	1	9.80	1.9640	2.0257	0.5390	0.5494	1.7041	1.7659	15.25	14.71
		2	7.47	1.9520	1.9982	0.5360	0.5433	1.6939	1.7403	15.22	14.82
		3	12.63	1.8950	1.9728	0.5340	0.5469	1.6284	1.7056	16.39	15.67
		4	6.97	1.9630	2.0060	0.5340	0.5410	1.7089	1.7524	14.85	14.47
		平均	9.22	1.9430	2.0007	0.5360	0.5452	1.6838	1.7410	15.42	14.91
	31	1	9.97	1.9540	2.0162	0.4930	0.5027	1.7469	1.8104	11.84	11.37
		2	2.47	2.1150	2.1316	0.4830	0.4855	1.9522	1.9690	8.35	8.26
		3	20.47	1.9760	2.1105	0.5130	0.5334	1.7503	1.8864	12.90	11.88
		4	15.30	1.9190	2.0150	0.5250	0.5410	1.6670	1.7631	15.12	14.29
		平均	12.05	1.9910	2.0683	0.5040	0.5157	1.7791	1.8572	11.91	11.37
	32	1	1.97	1.9590	1.9709	0.5060	0.5075	1.7384	1.7505	12.68	12.59
		2	3.63	1.9370	1.9587	0.5100	0.5134	1.7065	1.7287	13.48	13.30
		3	1.63	1.9770	1.9867	0.5320	0.5338	1.7278	1.7379	14.40	14.32
		4	9.13	1.9550	2.0125	0.5100	0.5188	1.7290	1.7867	13.09	12.64
		平均	4.09	1.9570	1.9822	0.5140	0.5184	1.7254	1.7510	13.41	13.21
	33	1	9.30	1.9130	1.9696	0.5010	0.5103	1.6881	1.7456	13.30	12.83
		2	3.30	1.9830	2.0031	0.4930	0.4964	1.7814	1.8023	11.29	11.14
		3	7.13	1.9300	1.9740	0.4890	0.4961	1.7233	1.7678	12.00	11.66
		4	11.13	1.8660	1.9330	0.4810	0.4911	1.6570	1.7248	12.62	12.07
		平均	7.72	1.9230	1.9699	0.4910	0.4985	1.7125	1.7601	12.29	11.92
	34	1	20.80	1.9030	2.0350	0.4950	0.5148	1.6851	1.8185	12.95	11.91
		2	2.80	1.9660	1.9828	0.4800	0.4822	1.7773	1.7950	10.59	10.46
		3	5.47	1.9680	2.0017	0.4800	0.4846	1.7799	1.8146	10.55	10.31
		4	2.97	1.9820	2.0004	0.4780	0.4812	1.7984	1.8173	10.21	10.08
		平均	8.01	1.9550	2.0050	0.4830	0.4907	1.7602	1.8113	11.05	10.69
	35	1	7.97	1.9330	1.9826	0.5340	0.5421	1.6741	1.7231	15.49	15.06
		2	8.13	1.9790	2.0302	0.5160	0.5240	1.7498	1.8017	13.09	12.68
		3	6.63	2.0310	2.0742	0.5340	0.5407	1.7912	1.8343	13.41	13.08
		4	14.47	1.8500	1.9373	0.5270	0.5419	1.5825	1.6692	16.91	16.06
		平均	9.30	1.9480	2.0061	0.5280	0.5371	1.6994	1.7571	14.65	14.17
	36	1	3.63	2.0790	2.1026	0.5110	0.5149	1.8749	1.8991	10.88	10.71
		2	3.80	1.9950	2.0187	0.5170	0.5212	1.7671	1.7912	12.88	12.70
		3	16.30	1.9500	2.0537	0.5080	0.5245	1.7239	1.8292	13.10	12.28
		4	9.80	1.9390	2.0004	0.5080	0.5180	1.7117	1.7732	13.31	12.81
		平均	8.38	1.9910	2.0438	0.5110	0.5197	1.7694	1.8232	12.51	12.10

表－3.11(c)　固定式の測定値（Lゾーン：4/5）

ゾーン	測点番号	測定回	クリアランス ΔL (mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m³)		等価含水量 ρ_m^* (t/m³)		乾燥密度 ρ_d (t/m³)		含水比 w (%)	
				不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
L	37	1	7.63	2.0170	2.0656	0.4820	0.4891	1.8355	1.8858	9.86	9.53
		2	9.47	1.9880	2.0479	0.4690	0.4779	1.8161	1.8780	9.45	9.05
		3	21.30	1.8050	1.9335	0.4920	0.5125	1.5710	1.6997	14.92	13.75
		4	3.47	1.9050	1.9262	0.5040	0.5075	1.6761	1.6970	13.68	13.50
		平均	10.47	1.9290	1.9933	0.4870	0.4967	1.7247	1.7901	11.83	11.35
	38	1	7.47	1.9360	1.9818	0.5210	0.5280	1.6928	1.7390	14.36	13.96
		2	5.80	2.0630	2.1014	0.5080	0.5141	1.8600	1.8987	10.94	10.68
		3	13.63	1.9650	2.0519	0.5030	0.5160	1.7490	1.8373	12.35	11.69
		4	3.97	1.9650	1.9895	0.5190	0.5229	1.7295	1.7542	13.61	13.41
		平均	7.72	1.9820	2.0312	0.5130	0.5203	1.7578	1.8073	12.77	12.39
	39	1	3.13	2.0020	2.0218	0.5130	0.5159	1.7813	1.8012	12.39	12.24
		2	11.30	1.8980	1.9669	0.5210	0.5319	1.6473	1.7164	15.21	14.59
		3	6.63	1.8670	1.9060	0.5240	0.5305	1.6063	1.6454	16.21	15.84
		4	11.97	1.9610	2.0372	0.5190	0.5310	1.7253	1.8017	13.68	13.07
		平均	8.26	1.9320	1.9830	0.5190	0.5273	1.6901	1.7412	14.32	13.89
	40	1	8.47	1.9350	1.9871	0.4960	0.5040	1.7211	1.7741	12.42	12.01
		2	9.13	1.9130	1.9693	0.5210	0.5297	1.6659	1.7219	14.85	14.36
		3	13.97	1.9890	2.0797	0.5370	0.5520	1.7367	1.8274	14.55	13.81
		4	3.63	2.0150	2.0385	0.5220	0.5258	1.7862	1.8094	12.84	12.66
		平均	8.80	1.9630	2.0186	0.5190	0.5279	1.7275	1.7832	13.65	13.20
	41	1	10.97	1.8310	1.8958	0.4720	0.4815	1.6263	1.6918	12.60	12.06
		2	9.13	1.9000	1.9559	0.4830	0.4917	1.6951	1.7514	12.11	11.67
		3	32.80	1.9050	2.1209	0.5040	0.5373	1.6751	1.8943	13.70	11.96
		4	19.47	1.9070	2.0296	0.5000	0.5190	1.6827	1.8069	13.32	12.32
		平均	18.09	1.8860	2.0006	0.4900	0.5074	1.6698	1.7861	12.93	12.01
	42	1	6.47	1.9640	2.0043	0.5300	0.5370	1.7147	1.7551	14.54	14.20
		2	5.97	1.9680	2.0057	0.5290	0.5348	1.7221	1.7594	14.31	14.00
		3	8.13	1.9280	1.9780	0.5010	0.5092	1.7064	1.7570	12.98	12.58
		4	8.97	1.8630	1.9167	0.5100	0.5187	1.6188	1.6723	15.10	14.62
		平均	7.38	1.9310	1.9762	0.5180	0.5249	1.6905	1.7359	14.22	13.84
	43	1	5.47	2.0210	2.0556	0.5130	0.5182	1.8035	1.8389	12.04	11.78
		2	9.63	1.9830	2.0445	0.4870	0.4959	1.7898	1.8524	10.81	10.37
		3	0.00	1.9570	1.9570	0.4970	0.4973	1.7461	1.7461	12.08	12.08
		4	5.30	1.9490	1.9819	0.5000	0.5050	1.7335	1.7665	12.44	12.19
		平均	5.10	1.9780	2.0097	0.4990	0.5041	1.7682	1.8010	11.84	11.59
	44	1	4.47	1.9420	1.9692	0.5210	0.5250	1.7000	1.7275	14.22	13.99
		2	10.13	1.9400	2.0031	0.5340	0.5443	1.6819	1.7450	15.35	14.79
		3	7.63	1.9470	1.9939	0.5300	0.5382	1.6939	1.7413	14.92	14.51
		4	9.30	1.9700	2.0288	0.5070	0.5160	1.7502	1.8096	12.57	12.12
		平均	7.88	1.9500	1.9988	0.5230	0.5309	1.7065	1.7558	14.25	13.84
	45	1	0.00	2.0110	2.0106	0.5380	0.5383	1.7610	1.7610	14.17	14.17
		2	11.47	1.9270	1.9985	0.4950	0.5059	1.7132	1.7854	12.49	11.94
		3	5.13	2.0090	2.0417	0.5060	0.5110	1.7979	1.8310	11.75	11.51
		4	4.30	1.8840	1.9094	0.5200	0.5239	1.6318	1.6573	15.45	15.21
		平均	5.23	1.9580	1.9901	0.5150	0.5198	1.7260	1.7587	13.43	13.16
	46	1	3.63	1.9390	1.9612	0.5230	0.5265	1.6940	1.7162	14.47	14.28
		2	9.13	2.0090	2.0680	0.5210	0.5304	1.7798	1.8392	12.89	12.44
		3	6.63	1.9390	1.9799	0.5250	0.5312	1.6920	1.7329	14.60	14.25
		4	3.97	1.9880	2.0130	0.5230	0.5268	1.7527	1.7777	13.43	13.24
		平均	5.84	1.9690	2.0055	0.5230	0.5287	1.7296	1.7665	13.83	13.53
	47	1	4.97	1.9000	1.9293	0.5090	0.5138	1.6633	1.6932	14.20	13.94
		2	13.63	1.9140	1.9985	0.5090	0.5224	1.6804	1.7657	13.89	13.18
		3	10.13	1.9180	1.9805	0.5150	0.5250	1.6783	1.7410	14.29	13.76
		4	2.13	1.9170	1.9296	0.5030	0.5053	1.6909	1.7038	13.36	13.26
		平均	7.72	1.9120	1.9595	0.5090	0.5166	1.6782	1.7259	13.93	13.53
	48	1	7.63	2.0120	2.0605	0.5250	0.5322	1.7787	1.8281	13.09	12.71
		2	2.97	2.0170	2.0355	0.5230	0.5258	1.7869	1.8058	12.86	12.72
		3	12.97	1.9830	2.0665	0.5100	0.5232	1.7616	1.8461	12.58	11.94
		4	6.47	1.9870	2.0274	0.5100	0.5168	1.7657	1.8070	12.51	12.20
		平均	7.51	2.0000	2.0475	0.5170	0.5245	1.7732	1.8218	12.76	12.39

表－3.11(c)　固定式の測定値（Lゾーン:5/5）

ゾーン	測点番号	測定回	クリアランス ΔL (mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m^3)		等価含水量 ρ_m^* (t/m^3)		乾燥密度 ρ_d (t/m^3)		含水比 w (%)	
				不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
L	49	1	8.97	1.8860	1.9398	0.4980	0.5062	1.6603	1.7148	13.58	13.12
		2	9.47	1.9020	1.9600	0.5050	0.5138	1.6718	1.7299	13.79	13.30
		3	2.63	1.9200	1.9357	0.4850	0.4872	1.7167	1.7327	11.84	11.72
		4	5.30	1.8820	1.9133	0.4920	0.4973	1.6619	1.6937	13.23	12.96
		平均	6.59	1.8970	1.9372	0.4950	0.5011	1.6777	1.7178	13.10	12.77
	50	1	4.30	1.9540	1.9808	0.5200	0.5239	1.7160	1.7427	13.88	13.66
		2	13.30	1.9270	2.0101	0.5090	0.5221	1.6961	1.7800	13.61	12.93
		3	14.63	1.9710	2.0654	0.5250	0.5394	1.7307	1.8254	13.91	13.15
		4	9.13	1.8930	1.9486	0.5020	0.5106	1.6643	1.7200	13.75	13.29
		平均	10.34	1.9360	2.0012	0.5140	0.5240	1.7018	1.7670	13.79	13.25
	51	1	7.63	1.9850	2.0334	0.5120	0.5194	1.7622	1.8110	12.65	12.28
		2	7.47	1.9710	2.0183	0.5280	0.5354	1.7267	1.7738	14.17	13.78
		3	25.47	1.9230	2.0885	0.5300	0.5562	1.6669	1.8329	15.37	13.94
		4	11.47	2.0000	2.0738	0.5200	0.5311	1.7705	1.8453	12.95	12.38
		平均	13.01	1.9700	2.0535	0.5220	0.5355	1.7316	1.8158	13.76	13.09
	52	1	2.80	2.0010	2.0189	0.5170	0.5193	1.7760	1.7938	12.68	12.55
		2	9.80	1.9170	1.9777	0.5120	0.5216	1.6812	1.7418	14.05	13.55
		3	2.30	2.0190	2.0332	0.5000	0.5026	1.8160	1.8308	11.16	11.05
		4	4.63	1.9590	1.9881	0.5000	0.5048	1.7452	1.7742	12.28	12.05
		平均	4.88	1.9740	2.0045	0.5070	0.5121	1.7546	1.7851	12.52	12.29
	53	1	3.97	1.9770	2.0018	0.5030	0.5070	1.7630	1.7880	12.14	11.96
		2	12.13	1.9300	2.0053	0.5100	0.5224	1.6975	1.7738	13.67	13.05
		3	3.97	1.9700	1.9948	0.4990	0.5028	1.7597	1.7847	11.96	11.77
		4	5.63	1.9730	2.0078	0.5170	0.5221	1.7417	1.7772	13.26	12.98
		平均	6.43	1.9620	2.0024	0.5070	0.5136	1.7405	1.7809	12.75	12.44
	54	1	10.30	1.9300	1.9939	0.5120	0.5221	1.6962	1.7605	13.78	13.25
		2	7.13	1.9030	1.9463	0.5000	0.5072	1.6778	1.7214	13.43	13.07
		3	3.47	1.9530	1.9745	0.5060	0.5094	1.7310	1.7525	12.84	12.67
		4	4.13	1.9430	1.9685	0.4920	0.4962	1.7354	1.7611	11.97	11.78
		平均	6.26	1.9320	1.9708	0.5030	0.5087	1.7101	1.7489	13.00	12.69
	55	1	6.97	1.9570	2.0004	0.5210	0.5282	1.7174	1.7610	13.95	13.59
		2	3.97	1.9710	1.9953	0.5000	0.5042	1.7586	1.7836	12.06	11.87
		3	3.63	1.9960	2.0188	0.5030	0.5067	1.7856	1.8087	11.78	11.61
		4	14.13	1.8650	1.9508	0.5250	0.5389	1.6034	1.6889	16.31	15.51
		平均	7.18	1.9470	1.9913	0.5120	0.5195	1.7163	1.7606	13.45	13.11
	56	1	8.30	1.8750	1.9251	0.5120	0.5201	1.6309	1.6806	14.99	14.55
		2	4.47	1.9820	2.0099	0.5500	0.5543	1.7133	1.7411	15.68	15.44
		3	9.63	1.9470	2.0069	0.5200	0.5293	1.7070	1.7675	14.04	13.55
		4	15.80	1.8780	1.9753	0.5060	0.5216	1.6413	1.7389	14.43	13.59
		平均	9.55	1.9210	1.9793	0.5220	0.5313	1.6731	1.7320	14.79	14.28
	57	1	8.13	1.9020	1.9515	0.5350	0.5431	1.6356	1.6848	16.29	15.83
		2	9.97	1.8970	1.9575	0.5280	0.5379	1.6375	1.6980	15.84	15.28
		3	20.63	1.9190	2.0507	0.5210	0.5423	1.6720	1.8042	14.78	13.66
		4	4.13	2.0110	2.0367	0.5380	0.5426	1.7610	1.7873	14.17	13.96
		平均	10.72	1.9320	1.9991	0.5310	0.5415	1.6765	1.7436	15.25	14.65
	58	1	8.80	1.9970	2.0528	0.5420	0.5511	1.7399	1.7962	14.75	14.28
		2	9.80	2.0450	2.1097	0.5330	0.5430	1.8091	1.8741	13.06	12.57
		3	11.80	2.0170	2.0941	0.5310	0.5433	1.7775	1.8551	13.49	12.89
		4	6.30	2.0650	2.1065	0.5230	0.5292	1.8449	1.8868	11.94	11.65
		平均	9.18	2.0310	2.0908	0.5320	0.5417	1.7929	1.8530	13.29	12.83
	59	1	5.63	1.9720	2.0068	0.5350	0.5405	1.7187	1.7539	14.71	14.42
		2	11.63	1.9600	2.0331	0.5330	0.5449	1.7064	1.7802	14.83	14.21
		3	6.47	1.8670	1.9048	0.5000	0.5066	1.6341	1.6725	14.23	13.89
		4	10.47	1.9580	2.0238	0.5400	0.5510	1.6959	1.7617	15.45	14.88
		平均	8.55	1.9390	1.9921	0.5270	0.5358	1.6888	1.7421	14.81	14.35
	60	1	9.63	1.9040	1.9630	0.5000	0.5097	1.6791	1.7384	13.40	12.92
		2	7.97	2.0280	2.0797	0.5100	0.5182	1.8155	1.8678	11.72	11.35
		3	28.63	1.8140	1.9912	0.5030	0.5319	1.5678	1.7456	15.70	14.07
		4	17.47	1.8560	1.9631	0.5030	0.5203	1.6187	1.7258	14.69	13.75
		平均	15.93	1.9010	1.9993	0.5040	0.5200	1.6703	1.7694	13.80	12.99

表－3.11(d)　固定式の測定値（Ｌａゾーン：1/3）

ｿﾞｰﾝ	測点番号	測定回	ｸﾘｱﾗﾝｽ ΔL(mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m³)		等価含水量 ρ_m^* (t/m³)		乾燥密度 ρ_d (t/m³)		含水比 w (%)	
				不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
La	1	1	1.80	1.6730	1.6827	0.6650	0.6675	1.2339	1.2426	35.61	35.41
		2	12.80	1.7050	1.7758	0.6520	0.6684	1.2886	1.3555	32.32	31.01
		3	3.63	1.6460	1.6652	0.6610	0.6653	1.2064	1.2239	36.47	36.06
		4	3.97	1.6590	1.6798	0.6370	0.6415	1.2513	1.2709	32.59	32.18
		平均	5.55	1.6710	1.7009	0.6540	0.6607	1.2451	1.2732	34.21	33.59
	2	1	7.13	1.7250	1.7646	0.6610	0.6697	1.3032	1.3401	32.40	31.68
		2	1.97	1.6980	1.7081	0.6650	0.6677	1.2637	1.2735	34.34	34.13
		3	5.80	1.6650	1.6960	0.6400	0.6475	1.2545	1.2833	32.75	32.16
		4	0.30	1.7990	1.8007	0.6520	0.6527	1.4036	1.4052	28.17	28.14
		平均	3.80	1.7220	1.7424	0.6550	0.6594	1.3063	1.3255	31.82	31.45
	3	1	6.80	1.6480	1.6831	0.6440	0.6526	1.2280	1.2613	34.17	33.44
		2	5.80	1.6580	1.6880	0.6260	0.6330	1.2624	1.2912	31.30	30.73
		3	6.13	1.7410	1.7754	0.6370	0.6442	1.3522	1.3845	28.79	28.23
		4	6.47	1.8270	1.8646	0.5960	0.6030	1.5072	1.5441	21.22	20.75
		平均	6.30	1.7180	1.7528	0.6260	0.6332	1.3374	1.3703	28.48	27.91
	4	1	5.80	1.6120	1.6412	0.6160	0.6224	1.2191	1.2470	32.19	31.61
		2	7.47	1.5760	1.6131	0.5790	0.5877	1.2194	1.2552	29.22	28.52
		3	2.97	1.5640	1.5786	0.6220	0.6256	1.1530	1.1665	35.65	35.33
		4	1.80	1.6240	1.6329	0.5980	0.5997	1.2559	1.2646	29.29	29.13
		平均	4.51	1.5940	1.6165	0.6040	0.6088	1.2118	1.2333	31.52	31.06
	5	1	2.97	1.7020	1.7181	0.6090	0.6128	1.3377	1.3529	27.25	26.99
		2	3.13	1.5390	1.5539	0.6060	0.6099	1.1412	1.1553	34.83	34.49
		3	23.30	1.5480	1.6694	0.6060	0.6341	1.1530	1.2671	34.29	31.75
		4	2.47	1.7970	1.8112	0.5750	0.5773	1.4966	1.5103	20.09	19.92
		平均	7.97	1.6470	1.6881	0.5990	0.6085	1.2821	1.3214	28.43	27.75
	6	1	4.80	1.6640	1.6896	0.6360	0.6418	1.2587	1.2825	32.23	31.75
		2	6.63	1.6830	1.7185	0.6160	0.6233	1.3066	1.3405	28.81	28.20
		3	12.13	1.6820	1.7476	0.6400	0.6547	1.2753	1.3377	31.87	30.64
		4	3.97	1.7060	1.7273	0.6560	0.6607	1.2855	1.3055	32.71	32.31
		平均	6.88	1.6840	1.7208	0.6370	0.6451	1.2815	1.3166	31.39	30.70
	7	1	1.63	1.6660	1.6742	0.6640	0.6665	1.2255	1.2334	35.92	35.74
		2	9.97	1.6390	1.6911	0.6360	0.6482	1.2272	1.2765	33.53	32.48
		3	3.97	1.6610	1.6816	0.6190	0.6234	1.2754	1.2951	30.21	29.84
		4	3.80	1.7280	1.7487	0.6400	0.6444	1.3320	1.3517	29.73	29.37
		平均	4.84	1.6730	1.6989	0.6400	0.6456	1.2650	1.2892	32.27	31.78
	8	1	4.80	1.7180	1.7441	0.5950	0.6004	1.3747	1.4000	24.98	24.58
		2	1.30	2.0510	2.0595	0.5370	0.5387	1.8529	1.8615	10.70	10.64
		3	3.80	1.6500	1.6696	0.6030	0.6078	1.2809	1.2997	28.81	28.46
		4	12.47	1.5940	1.6587	0.6440	0.6590	1.1638	1.2236	37.00	35.56
		平均	5.59	1.7530	1.7830	0.5950	0.6015	1.4181	1.4462	23.65	23.29
	9	1	5.63	1.6310	1.6603	0.6400	0.6466	1.2136	1.2408	34.42	33.81
		2	7.80	1.5590	1.5980	0.6290	0.6382	1.1387	1.1747	36.93	36.03
		3	9.30	1.6440	1.6934	0.6320	0.6437	1.2387	1.2849	32.75	31.80
		4	4.30	1.8550	1.8805	0.6190	0.6238	1.5136	1.5382	22.58	22.26
		平均	6.76	1.6730	1.7081	0.6300	0.6381	1.2761	1.3096	31.06	30.42
	10	1	4.47	1.6020	1.6241	0.6010	0.6056	1.2253	1.2467	30.71	30.28
		2	3.47	1.5970	1.6149	0.6120	0.6164	1.2057	1.2220	32.50	32.14
		3	2.47	1.6230	1.6356	0.6320	0.6354	1.2125	1.2243	33.86	33.60
		4	4.13	1.5630	1.5829	0.6160	0.6204	1.1591	1.1781	34.81	34.36
		平均	3.63	1.5960	1.6144	0.6150	0.6195	1.2006	1.2178	32.94	32.57
	11	1	1.97	1.5830	1.5930	0.6160	0.6179	1.1845	1.1936	33.67	33.46
		2	0.63	1.5040	1.5070	0.6030	0.6041	1.1023	1.1051	36.44	36.37
		3	1.80	1.6390	1.6484	0.6290	0.6310	1.2365	1.2452	32.56	32.37
		4	7.30	1.5050	1.5398	0.5840	0.5925	1.1267	1.1595	33.57	32.80
		平均	2.93	1.5580	1.5721	0.6080	0.6114	1.1625	1.1759	34.01	33.69
	12	1	4.30	1.5140	1.5345	0.6360	0.6412	1.0746	1.0933	40.89	40.35
		2	7.80	1.5120	1.5499	0.6090	0.6184	1.1051	1.1401	36.84	35.95
		3	12.30	1.4940	1.5531	0.6220	0.6368	1.0668	1.1215	40.01	38.48
		4	1.47	1.5640	1.5710	0.6290	0.6306	1.1444	1.1510	36.65	36.49
		平均	6.47	1.5210	1.5521	0.6240	0.6318	1.0977	1.1265	38.55	37.78

表－3.11(d)　固定式の測定値（Ｌａゾーン:2/3）

ゾーン	測点番号	測定回	クリアランス ΔL (mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m³)		等価含水量 ρ_m^* (t/m³)		乾燥密度 ρ_d (t/m³)		含水比 w (%)	
				不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
Ｌａ	13	1	6.80	1.7280	1.7655	0.6320	0.6406	1.3412	1.3769	28.85	28.22
		2	6.47	1.5820	1.6146	0.6360	0.6439	1.1580	1.1882	36.63	35.89
		3	3.13	1.6100	1.6254	0.6600	0.6640	1.1621	1.1767	38.50	38.12
		4	2.97	1.8140	1.8311	0.6520	0.6552	1.4230	1.4392	27.49	27.23
		平均	4.84	1.6840	1.7091	0.6450	0.6509	1.2711	1.2953	32.45	31.95
	14	1	0.80	1.6400	1.6436	0.6290	0.6298	1.2370	1.2409	32.54	32.46
		2	4.30	1.5960	1.6172	0.6320	0.6376	1.1789	1.1991	35.34	34.87
		3	2.80	1.7010	1.7162	0.6520	0.6550	1.2848	1.2989	32.41	32.13
		4	3.80	1.5760	1.5948	0.6290	0.6334	1.1592	1.1767	35.95	35.53
		平均	2.93	1.6280	1.6430	0.6350	0.6390	1.2150	1.2289	34.00	33.69
	15	1	2.47	1.5520	1.5640	0.6290	0.6318	1.1299	1.1410	37.36	37.07
		2	2.80	1.6890	1.7040	0.6360	0.6394	1.2890	1.3031	31.04	30.77
		3	0.80	1.8990	1.9035	0.6030	0.6043	1.5855	1.5902	19.76	19.70
		4	5.30	1.5520	1.5785	0.6290	0.6352	1.1305	1.1546	37.33	36.72
		平均	2.84	1.6730	1.6875	0.6240	0.6277	1.2837	1.2972	30.33	30.09
	16	1	2.13	1.6390	1.6499	0.6840	0.6868	1.1689	1.1789	40.22	39.96
		2	0.00	1.7000	1.6995	0.6790	0.6789	1.2492	1.2492	36.05	36.05
		3	3.63	1.6130	1.6311	0.6790	0.6836	1.1428	1.1597	41.11	40.65
		4	5.30	1.6710	1.6989	0.6840	0.6909	1.2080	1.2338	38.33	37.70
		平均	2.77	1.6560	1.6699	0.6810	0.6851	1.1922	1.2054	38.86	38.53
	17	1	2.63	1.7490	1.7633	0.6400	0.6432	1.3572	1.3710	28.86	28.61
		2	1.30	1.6820	1.6889	0.6560	0.6576	1.2559	1.2622	33.93	33.80
		3	5.63	1.6530	1.6821	0.6690	0.6765	1.2036	1.2309	37.31	36.66
		4	1.47	1.6580	1.6652	0.6520	0.6536	1.2310	1.2381	34.65	34.49
		平均	2.76	1.6850	1.6999	0.6540	0.6577	1.2619	1.2756	33.55	33.26
	18	1	0.00	1.6330	1.6333	0.6400	0.6400	1.2158	1.2158	34.34	34.34
		2	7.47	1.6650	1.7045	0.6330	0.6417	1.2635	1.3009	31.77	31.02
		3	0.80	1.6750	1.6793	0.6440	0.6448	1.2623	1.2662	32.71	32.62
		4	0.00	1.6750	1.6748	0.6520	0.6518	1.2521	1.2521	33.76	33.76
		平均	2.07	1.6620	1.6730	0.6420	0.6446	1.2484	1.2588	33.13	32.91
	19	1	4.47	1.6180	1.6407	0.6290	0.6344	1.2103	1.2316	33.68	33.21
		2	1.80	1.7110	1.7204	0.6260	0.6278	1.3281	1.3373	28.81	28.64
		3	1.63	1.6350	1.6432	0.6330	0.6346	1.2267	1.2345	33.27	33.11
		4	5.63	1.6330	1.6622	0.6130	0.6192	1.2490	1.2766	30.75	30.20
		平均	3.38	1.6490	1.6666	0.6250	0.6290	1.2535	1.2700	31.56	31.23
	20	1	1.47	1.7020	1.7097	0.6650	0.6666	1.2696	1.2769	34.06	33.90
		2	2.47	1.7230	1.7366	0.6400	0.6430	1.3260	1.3386	29.97	29.73
		3	8.47	1.6690	1.7138	0.6130	0.6226	1.2925	1.3356	29.10	28.31
		4	3.63	1.6450	1.6636	0.6330	0.6370	1.2389	1.2566	32.77	32.39
		平均	4.01	1.6850	1.7059	0.6380	0.6423	1.2817	1.3019	31.44	31.03
	21	1	3.47	1.5770	1.5937	0.6360	0.6405	1.1509	1.1668	36.99	36.59
		2	0.47	1.6930	1.6955	0.6600	0.6609	1.2641	1.2664	33.94	33.89
		3	0.80	1.6230	1.6270	0.6400	0.6410	1.2031	1.2068	34.90	34.81
		4	1.63	1.5840	1.5923	0.6400	0.6420	1.1557	1.1632	37.08	36.89
		平均	1.59	1.6190	1.6271	0.6440	0.6461	1.1934	1.2008	35.67	35.50
	22	1	0.00	1.6670	1.6672	0.6260	0.6257	1.2749	1.2749	30.78	30.78
		2	5.63	1.6450	1.6744	0.5980	0.6043	1.2817	1.3098	28.35	27.84
		3	1.30	1.5370	1.5436	0.6130	0.6142	1.1319	1.1377	35.83	35.69
		4	2.97	1.6500	1.6656	0.6100	0.6130	1.2737	1.2883	29.56	29.28
		平均	2.48	1.6250	1.6377	0.6110	0.6143	1.2405	1.2527	30.99	30.74
	23	1	8.30	1.6860	1.7305	0.6290	0.6391	1.2934	1.3358	30.34	29.54
		2	4.97	1.5230	1.5472	0.6040	0.6093	1.1257	1.1480	35.33	34.78
		3	9.63	1.6210	1.6711	0.6040	0.6148	1.2453	1.2929	30.18	29.25
		4	0.97	1.6070	1.6123	0.6160	0.6169	1.2138	1.2183	32.43	32.34
		平均	5.97	1.6090	1.6403	0.6130	0.6200	1.2195	1.2488	31.97	31.35
	24	1	0.30	1.6500	1.6511	0.6600	0.6607	1.2108	1.2122	36.23	36.20
		2	8.47	1.6240	1.6684	0.6440	0.6542	1.2002	1.2413	35.34	34.41
		3	4.47	1.7530	1.7776	0.6290	0.6344	1.3755	1.3992	27.44	27.04
		4	3.13	1.7910	1.8084	0.6290	0.6328	1.4218	1.4388	25.95	25.68
		平均	4.09	1.7040	1.7263	0.6410	0.6455	1.3021	1.3229	30.90	30.50

表－3.11(d)　固定式の測定値（Ｌａゾーン:3/3）

ｿﾞｰﾝ	測点番号	測定回	ｸﾘｱﾗﾝｽ ΔL(mm)	湿潤密度 ρ_t (t/m^3)		等価含水量 ρ_m^* (t/m^3)		乾燥密度 ρ_d (t/m^3)		含水比 w (%)	
				不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有	不陸補正無	不陸補正有
La	25	1	6.13	1.7480	1.7822	0.5770	0.5839	1.4333	1.4667	21.97	21.51
		2	3.97	1.6170	1.6377	0.6130	0.6173	1.2299	1.2490	31.51	31.12
		3	6.80	1.6830	1.7189	0.5870	0.5948	1.3407	1.3759	25.50	24.93
		4	13.13	1.8160	1.8933	0.5380	0.5512	1.5647	1.6427	16.06	15.26
		平均	7.51	1.7160	1.7580	0.5790	0.5868	1.3921	1.4336	23.27	22.63
	26	1	1.30	1.6430	1.6500	0.6690	0.6709	1.1923	1.1984	37.84	37.69
		2	2.63	1.6650	1.6788	0.6650	0.6680	1.2244	1.2372	35.99	35.70
		3	4.30	1.6460	1.6681	0.6690	0.6748	1.1953	1.2159	37.70	37.20
		4	4.13	1.6380	1.6595	0.6480	0.6528	1.2123	1.2322	35.14	34.68
		平均	3.09	1.6480	1.6641	0.6630	0.6666	1.2060	1.2209	36.65	36.30
	27	1	4.80	1.8030	1.8304	0.6360	0.6421	1.4281	1.4545	26.25	25.84
		2	3.30	1.6950	1.7121	0.6360	0.6403	1.2953	1.3119	30.82	30.50
		3	6.13	1.6480	1.6804	0.6290	0.6365	1.2476	1.2778	32.13	31.51
		4	3.13	1.7440	1.7615	0.6220	0.6260	1.3734	1.3899	27.01	26.74
		平均	4.34	1.7230	1.7461	0.6310	0.6362	1.3361	1.3585	28.93	28.53
	28	1	1.97	1.6140	1.6235	0.6560	0.6584	1.1721	1.1813	37.67	37.44
		2	2.97	1.5900	1.6050	0.6440	0.6474	1.1584	1.1721	37.28	36.94
		3	3.30	1.5760	1.5925	0.6740	0.6782	1.1041	1.1190	42.75	42.31
		4	7.63	1.7070	1.7487	0.6690	0.6790	1.2704	1.3093	34.38	33.56
		平均	3.97	1.6220	1.6424	0.6610	0.6658	1.1763	1.1954	37.88	37.40
	29	1	1.63	1.6890	1.6977	0.6480	0.6498	1.2745	1.2826	32.53	32.36
		2	1.47	1.7010	1.7089	0.6560	0.6578	1.2792	1.2865	32.98	32.83
		3	3.63	1.8660	1.8876	0.5850	0.5887	1.5687	1.5899	18.97	18.73
		4	6.30	1.6450	1.6783	0.6330	0.6402	1.2397	1.2706	32.73	32.09
		平均	3.26	1.7250	1.7431	0.6300	0.6341	1.3405	1.3574	28.72	28.42
	30	1	2.30	1.6770	1.6886	0.6740	0.6770	1.2271	1.2383	36.63	36.37
		2	3.30	1.6340	1.6513	0.6650	0.6689	1.1869	1.2025	37.71	37.32
		3	1.30	1.6690	1.6758	0.6600	0.6619	1.2347	1.2410	35.18	35.04
		4	5.47	1.6320	1.6601	0.6790	0.6860	1.1663	1.1922	39.91	39.24
		平均	3.09	1.6530	1.6690	0.6690	0.6734	1.2037	1.2185	37.32	36.97

3.3.3 クリアランスの分布

図－3.18 にSRIDと固定式を対比する形でクリアランスの分布状況を示す。プロットは各測点でのクリアランスの平均値を表している。すなわち、SRIDの場合は 5 回走査の平均クリアランス、固定式の場合は 4 方向測定の平均クリアランスである。また、**図－3.19～3.21** はSRIDと固定式のクリアランスをヒストグラムで表したものである。**図－3.19** は 4 ゾーンをまとめた総合分布を、**図－3.20**(SRID)と**図－3.21**(固定式)は各ゾーン別の分布を示している。Mゾーンは測点数が 6 点しかなく、Hゾーンと物性値がほとんどかわらないのでHゾーンのデータに含めた。クリアランスの分布状況を要約すると次のとおりである。

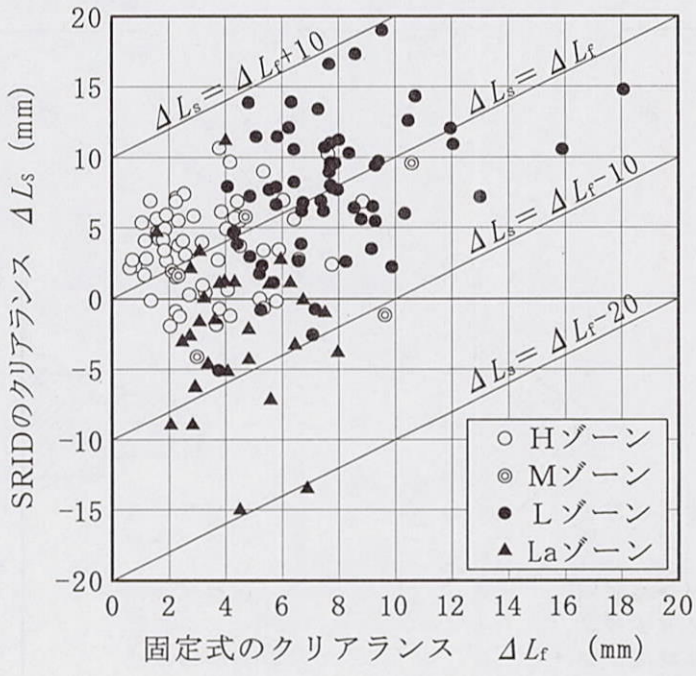
① SRIDのクリアランスの分布幅は固定式よりも約 2 倍広い。

② H、MおよびLの 3 ゾーンでは、SRIDのクリアランス ΔL_s は固定式のクリアランス ΔL_f に対して、$\Delta L_s = \Delta L_f \pm 10$(mm)の範囲内にほぼ均等に分布している。

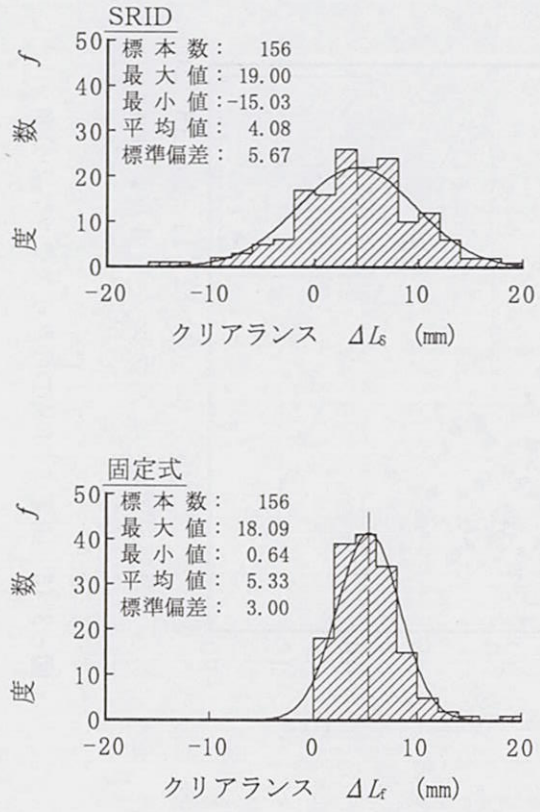
③ Laゾーンでは、ΔL_s はほとんどが $\Delta L_s = \Delta L_f \sim (L_f - 20)$(mm)の範囲に分布しているが(例外 2 点)、$\Delta L_s = \Delta L_f \sim (L_f - 10)$(mm)の範囲内に比較的集中している。

④ SRIDのクリアランスは凹凸があるけれどもほぼ正規分布とみなすことができる。固定式の場合はゼロ以下の値は存在しないので、分布に偏りがでている。

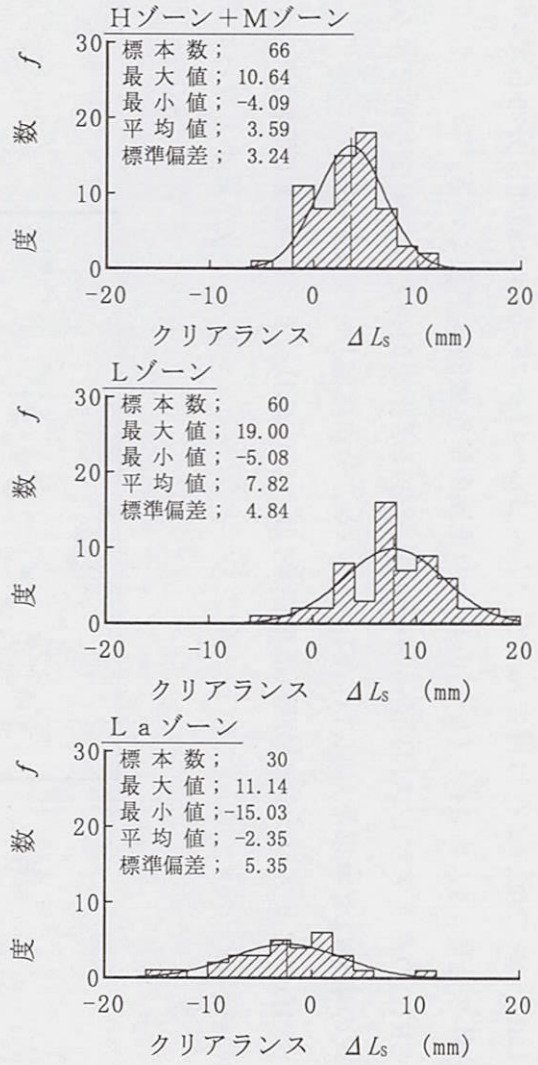
⑤ SRIDのクリアランスの分散(標準偏差)は、(H＋M)＜L＜Laの順で低密度・高含水比の材料ほど大きくなっている。固定式の場合はLaゾーンの分散が最小となっている。



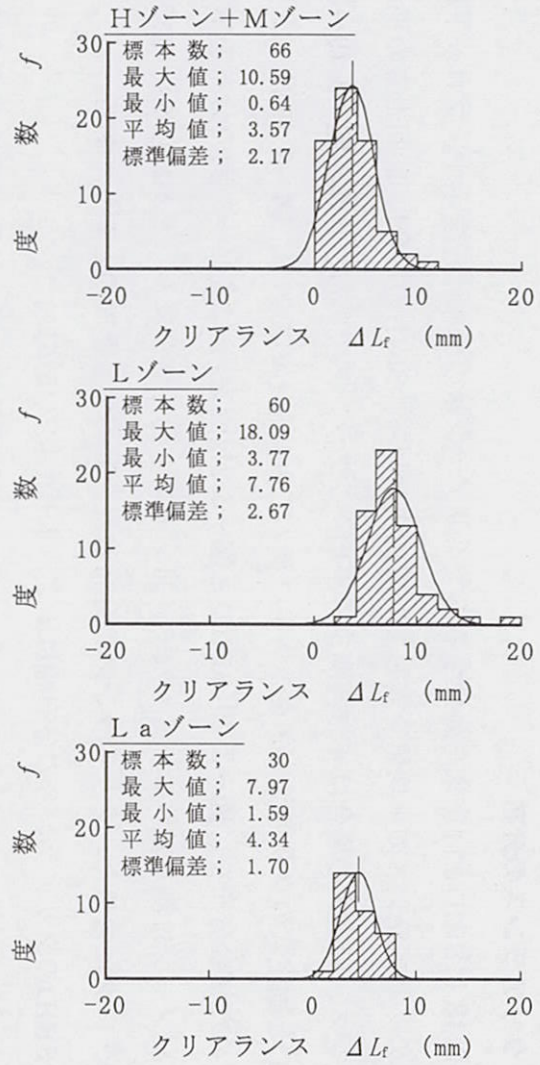
図－3.18 固定式とSRIDのクリアランスの分布



図—3.19 クリアランスの分布(全ゾーン)



図—3.20 クリアランスの分布(SRID：ゾーン別)



図—3.21 クリアランスの分布(固定式：ゾーン別)

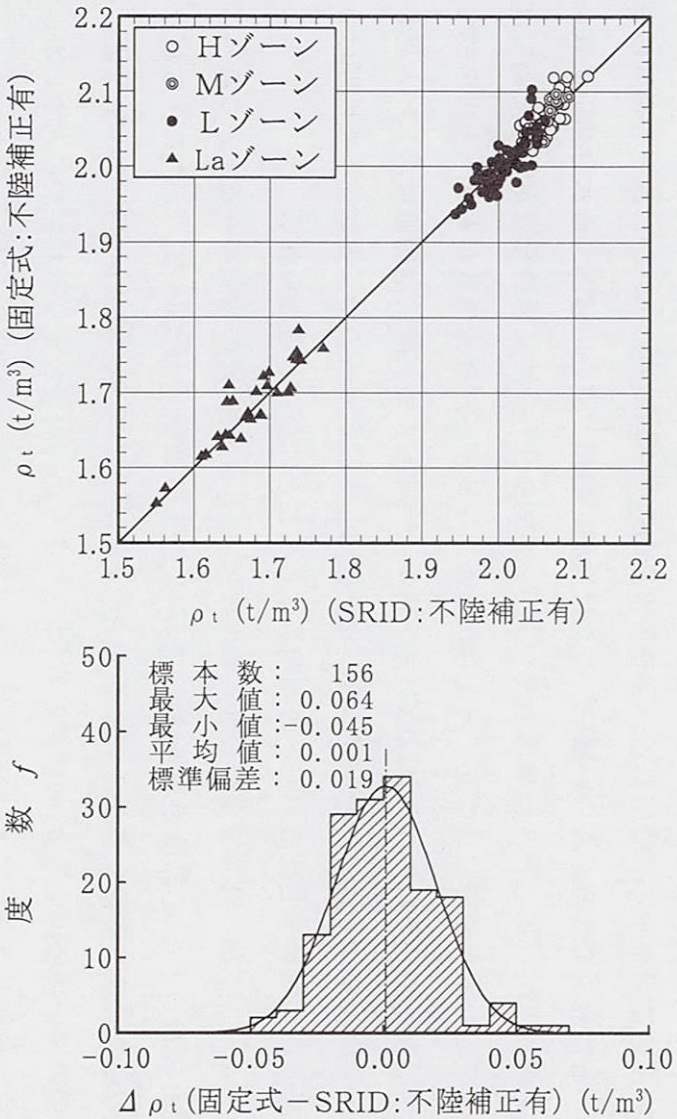
3.3.4 SRIDと固定式の測定値の比較

先にも述べたように、ここでの現地試験によると、測定地盤面の整形は一切行っておらず、SRIDだけでなく固定式についても不陸補正を行っている。RI測定結果としては不陸補正後のデータだけが意味をもっているが、ここでは不陸の影響がどのように測定結果に反映されているかをみるために、不陸補正をしていないデータについてもSRIDと固定式の比較を行った。なお、不陸補正法はSRIDの不陸に関する影響試験の結果から求められたものであるが、基本構造が同じであることから固定式にもあてはまるものと仮定し、両者で同じ補正係数を用いた。

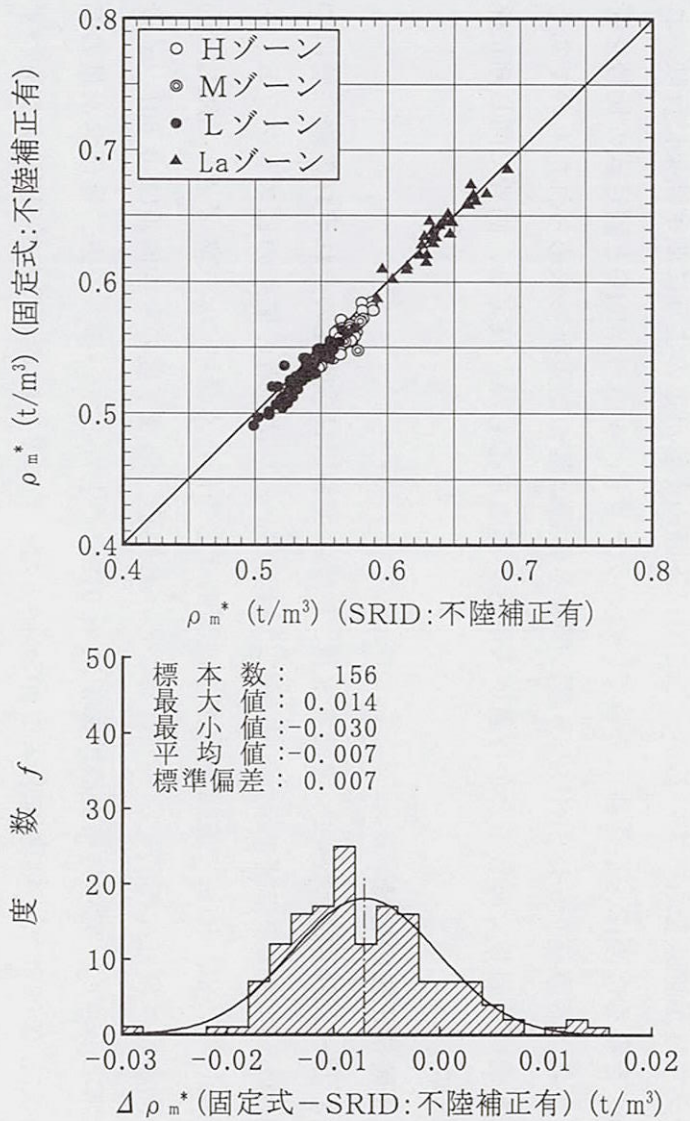
（1）不陸補正後の比較

図－3.22～3.25 に湿潤密度、等価含水量、乾燥密度および含水比のそれぞれの物性値についてSRIDと固定式の相関を示す。各図には相関図とともに両者の偏差のヒストグラムもあわせて示している。RI法で直接測定する湿潤密度と等価含水量についてみると、SRIDと固定式の測定値は良好な相関を示していることがわかる。湿潤密度の平均偏差は 0.001t/m^3 以下で非常に小さく、偏差分布の標準偏差は 0.019t/m^3 となっている。一方、等価含水量の偏差平均値は-0.007t/m^3、標準偏差は 0.007t/m^3 となっており、固定式の方がSRIDよりもわずかに小さめになっている。SRIDと固定式の最も重要な差異は測定容積の大きさの違いにある。先にも述べたようにSRIDは固定式に比べて 12 倍以上の測定容積をもっており（測定深度は同じ）、相関図にみられるばらつき（ヒストグラムに記した標準偏差）の大部分は両者の測定容積の違いに由来するものである。等価含水量の偏差平均の値は小さいけれども密度の場合に比べれば無視できるともいい難い。これには測定容積の違いに起因する水分補正係数α値の差を無視していることや、先に述べたようにSRIDの不陸補正係数を固定式にもあてはめていることなどが影響したことが考えられるが、α値や不陸補正係数がもともと近似的な処法を前提としているため、これ以上あまり細かく吟味しても実際的な価値は乏しいと思われる。とくにα値はそれぞれの土質に合わせて確認して設定するので、先に述べた問題はαの中に繰り込んで処理すれば実務上の問題が生じることはないと考えられる。

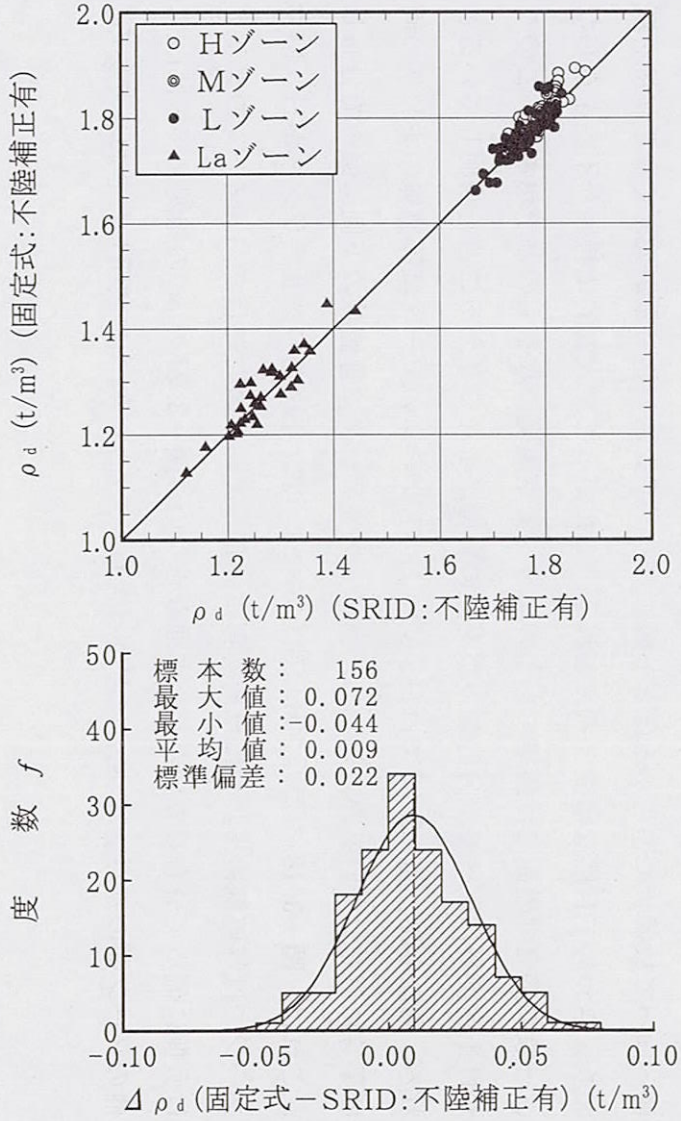
次に、ρ_tとρ_m^*から計算で求められる乾燥密度ρ_dと含水比 w の相関をみると、これらについてもSRIDと固定式は良好な相関を示すことが確認されている。ρ_m^*にみられた-0.007t/m^{3}の偏差が影響してρ_dには0.009t/m^3、wには-0.6%の平均偏差が生じている。また、測定容積の違いに起因するρ_dの標準偏差（ばらつき）はρ_tの場合よりもわずかに大きいが、ほとんど同程度とみなしてよい。同様にwの標準偏差は約0.7%となっている。



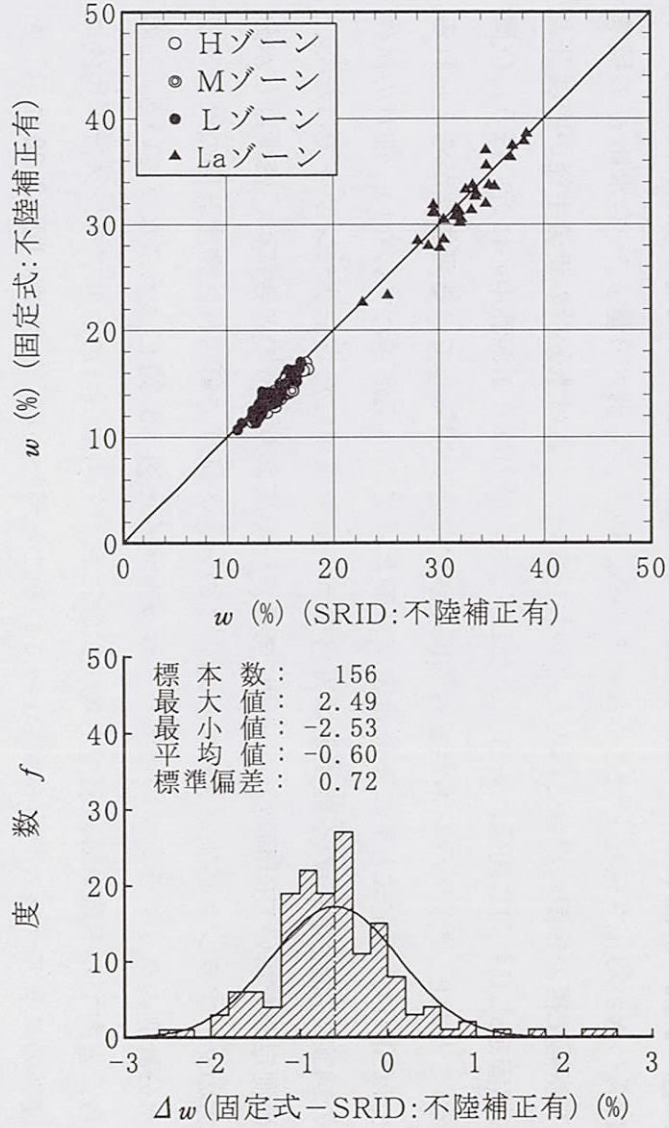
図－3.22 SRIDと固定式の比較(湿潤密度：不陸補正有)



図－3.23 SRIDと固定式の比較(等価含水量：不陸補正有)



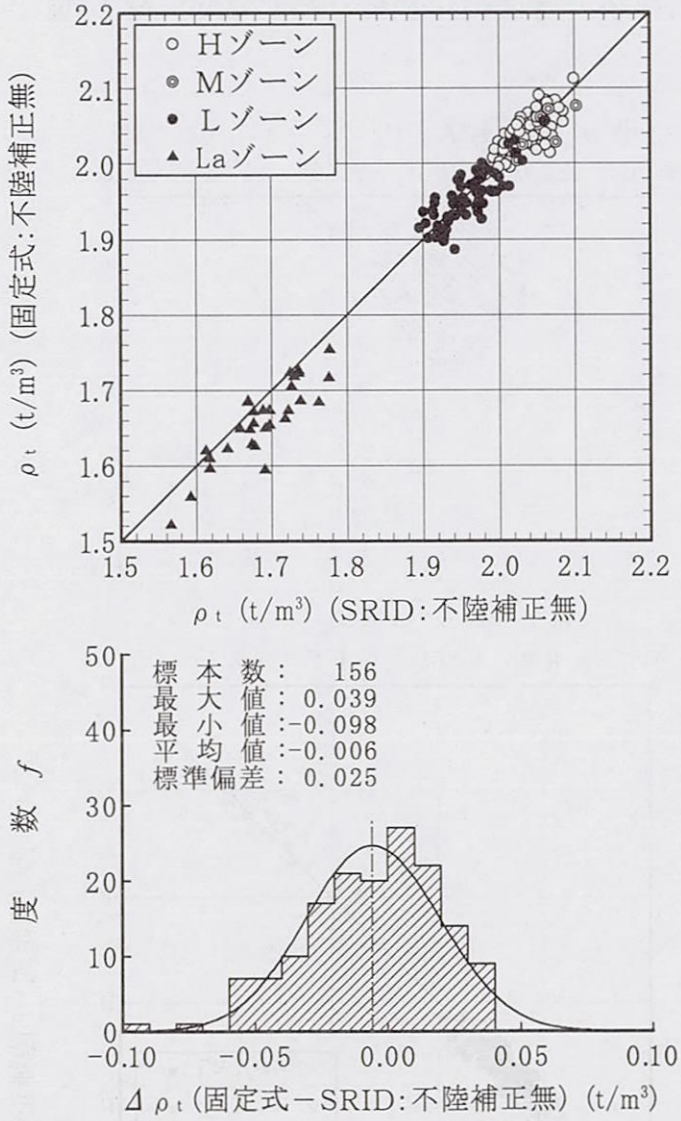
図−3.24 SRIDと固定式の比較(乾燥密度：不陸補正有)



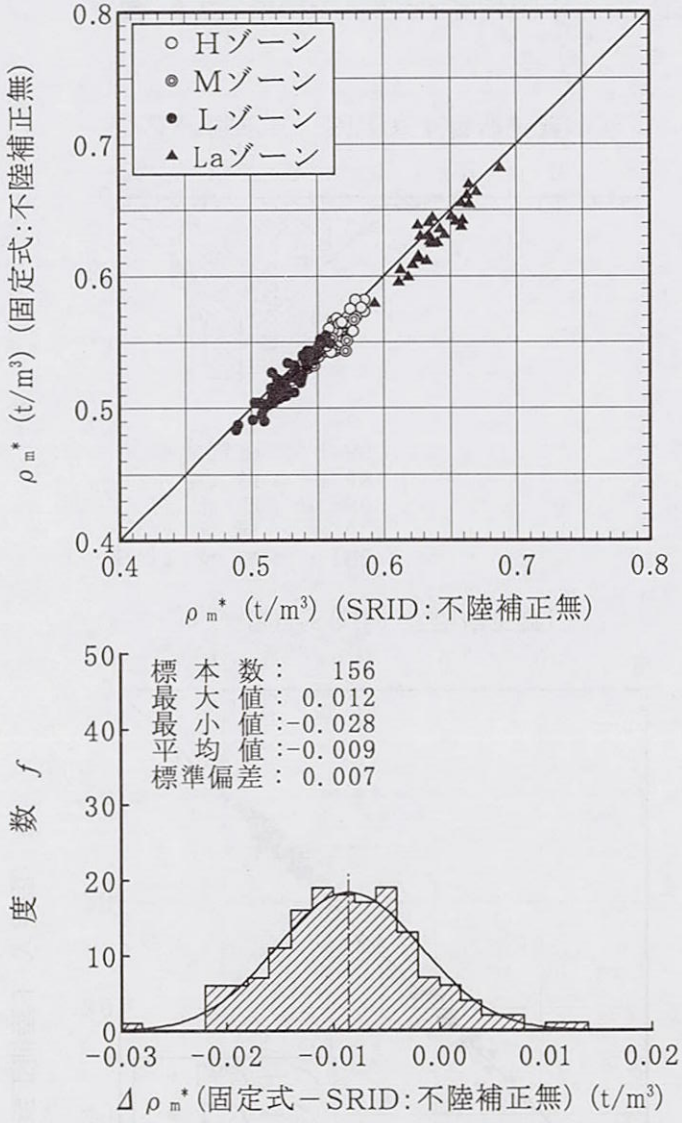
図−3.25 SRIDと固定式の比較(含水比：不陸補正有)

（2）不陸補正をしない場合

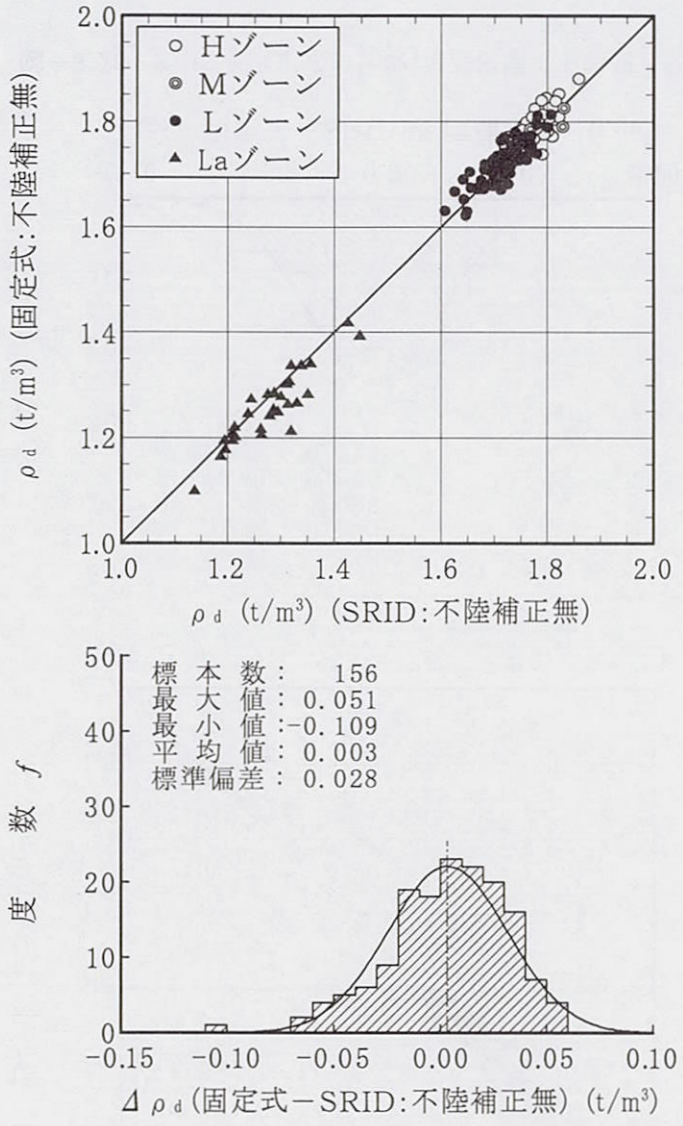
不陸補正をしない場合のSRIDと固定式の相関および偏差のヒストグラムを物性値ごとにそれぞれ**図－3.26～3.29**に示す。湿潤密度ρ_tや乾燥密度ρ_dは、不陸補正後の相関に比べて偏差のばらつきが約1.3倍ほど大きくなっている。他方、等価水分量ρ_m^*や含水比wの標準偏差は不陸補正後の相関の場合とほとんどかわらない。これは水分計の走査半径が密度計より小さい(固定式でも同じ関係にある。すなわち、水分計のほうが線源中心に近いほうに位置している)ことから、クリアランスが相対的に小さいことが関係している可能性が考えられる。本試験ではSRID、固定式ともに不陸は密度計側だけでしか測定されていない。前章の試作実験器の試験では、SRIDの不陸測定は実用モデル器で採用したレーザセンサーではなく、機械式の測定器を用いてRI測定とは別個にモニターしており、このときには、密度計と水分計の両方のクリアランスが測定されている。このときの試験で得られた密度計側のクリアランスと水分計側のクリアランスの相関をプロットすると**図－3.30**のようになっている。この結果から、室内での不陸影響試験でも現地試験においても水分計のクリアランスは平均的にみて密度計のクリアランスの約60%になっていることがわかる。これは、**図－3.30**に示したSRIDの基本構造図から、それぞれの透過中心線が地表面を通るポイント(ここでクリアランスを測定している)と線源中心間の水平距離の比がほぼ60%になっていることと符合していることは明らかである。このことは、線源中心(ここではもちろんクリアランスはゼロである)から外側へ向って放射状に遠ざかるほど一般にクリアランスの絶対量が大きくなる状況を反映しており、きわめて自然な傾向と考えられる。したがって、人為的に特殊な不陸を造らない限り、一般の盛立地盤面では何処でもこのような測定環境になるものと予想され、このことがみかけ上密度計に比べて水分計の方が不陸の影響が少なく見えることを説明していると考えられる。ちなみに、**図－3.26**ではH、MおよびLゾーンのデータは等値線のまわりの両側にほぼ平等に分布しているのに対して、Laゾーンのデータは等値線の下側に偏って分布している。これは、**図－3.18**を対照すれば明らかなように、SRIDのクリアランスがH、MおよびLゾーンでは等値線のまわりにほぼ均等に分布しているのに対して、Laゾーンのクリアランスは負側に偏って分布していたからに他ならない。**図－3.27**のρ_m^*の相関図からはLaゾーンと他のゾーン間の差がρ_tの場合ほどはっきりみえないのは上に説明したとおりである。



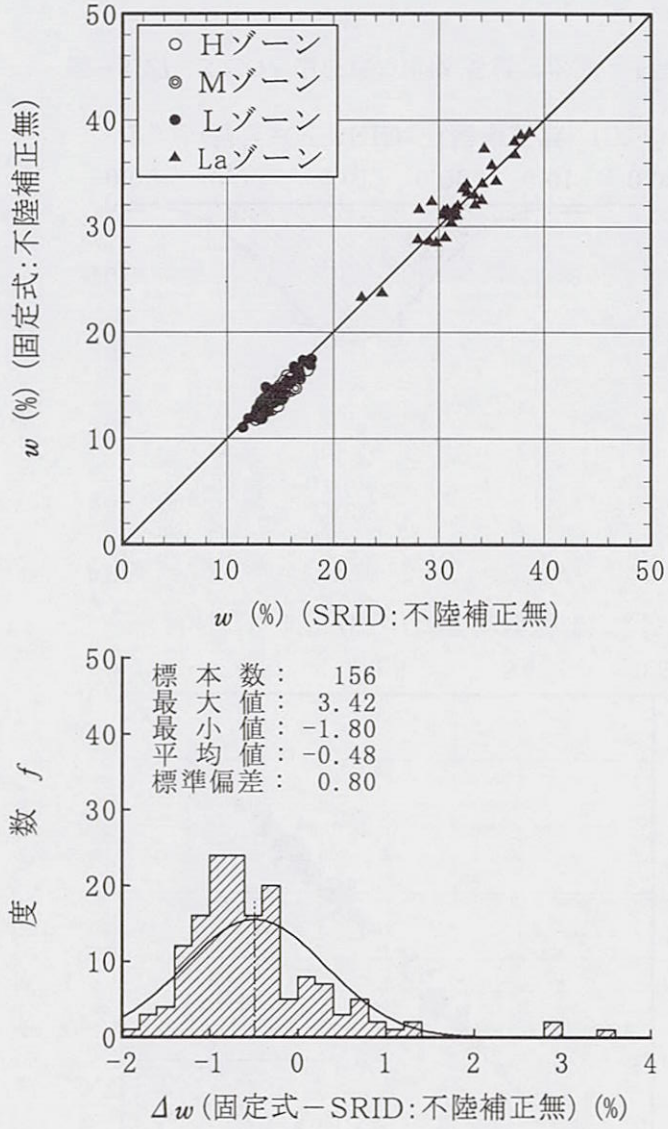
図−3.26 SRIDと固定式の比較(湿潤密度：不陸補正無)



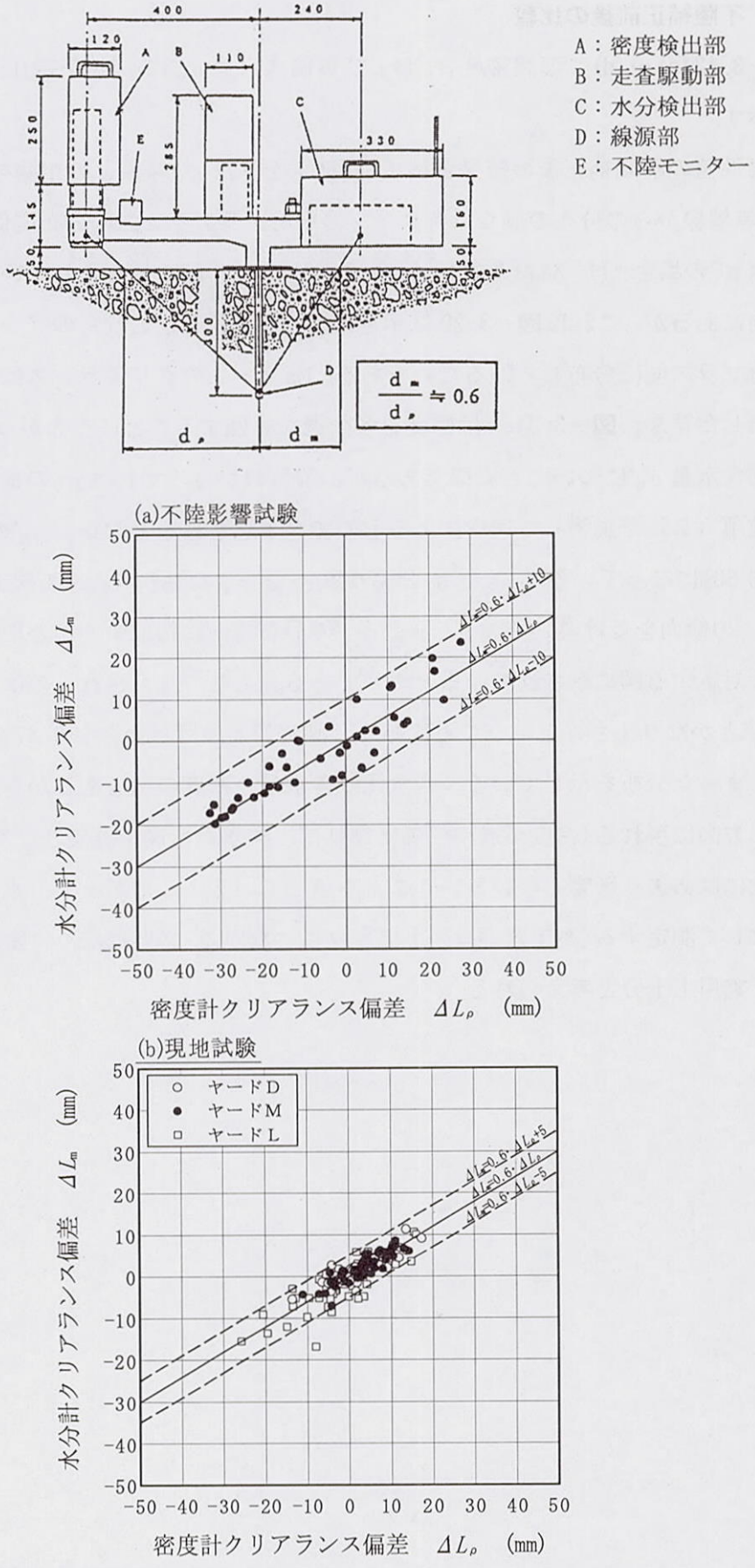
図−3.27 SRIDと固定式の比較(等価含水量：不陸補正無)



図−3.28 SRIDと固定式の比較(乾燥密度：不陸補正無)



図−3.29 SRIDと固定式の比較(含水比：不陸補正無)



図－3.30 密度計クリアランスと水分計クリアランスの関係(SRID試作実験器)

3.3.5 不陸補正前後の比較

表－3.12(a)～(d)に湿潤密度ρ_tおよび等価含水量ρ_m^*についてSRIDの不陸補正量をまとめて示す。

各物性値の不陸補正後の結果と補正前(補正をしない)結果との相関を**図－3.31～3.34** に示す。等値線からの分布の偏りは各ゾーンの平均クリアランスの分布関係と1:1に対応する。例えばρ_tの場合、H、MおよびLゾーンのデータは不陸の補正をしないと密度を過小評価する傾向にあるが、これは**図－3.20**に示されているように、これらのゾーンのクリアランスが大部分プラス側に分布しているためである。Laゾーンのクリアランスはマイナス側にやや多く分布した結果、**図－3.31**では密度を多少過大評価することにつながっている。

等価含水量ρ_m^*についても同様であるが、等値線からのずれはρ_tの場合よりも少ない。これは前項（2）で説明した理由によるもので、予想されるとおり、ρ_m^*の偏り度はρ_tの偏り度の約60%になっている。ρ_dとwの偏りはρ_tとρ_m^*の偏りによって決まるから、ρ_dは主としてρ_tの傾向を受け継いでおり、wはρ_m^*の分布傾向に類似することになり、これらはそれぞれの対応する図に示されているとおりである。ここで注目されるのは、wの平均的な偏りが0.2%とかなり小さいということである。測定ごとのばらつきも0.37～0.38%と小さく、よくまとまった分布を示している。含水比は含水量と密度の比であるから、両者の不陸の影響が同じ方向に現れる(密度が過小評価になれば、含水量も過小評価となり、逆も真)ため、両者の比にはあまり影響しないということを示している。したがって、水分計の不陸については独立して測定する(測定器のコストアップにつながる)必要はなく、密度計の不陸を用いることで実用上十分と考えられる。

表－3.12(a)　ＳＲＩＤの不陸補正値(Hゾーン)

ゾーン	測点番号	ｸﾘｱﾗﾝｽ ΔL (mm)	湿潤密度の偏差 $\Delta \rho_t$ (t/m^3)	湿潤密度の相対偏差 (%)	等価水分量の偏差 $\Delta \rho_m^*$ (t/m^3)	等価水分量の相対偏差 (%)
	1	5.38	−0.0347	−1.6732	−0.0058	−1.0114
	2	2.68	−0.0170	−0.8322	−0.0030	−0.5031
	3	6.91	−0.0441	−2.1496	−0.0075	−1.2995
	4	4.68	−0.0294	−1.4549	−0.0049	−0.8795
	5	2.32	−0.0148	−0.7215	−0.0025	−0.4362
	6	5.62	−0.0359	−1.7478	−0.0060	−1.0566
	7	2.15	−0.0138	−0.6680	−0.0023	−0.4038
	8	2.71	−0.0172	−0.8434	−0.0029	−0.5099
	9	1.67	−0.0106	−0.5187	−0.0018	−0.3136
	10	10.64	−0.0690	−3.3103	−0.0115	−2.0011
	11	9.68	−0.0621	−3.0111	−0.0103	−1.8202
	12	3.76	−0.0242	−1.1706	−0.0040	−0.7076
	13	6.15	−0.0389	−1.9120	−0.0063	−1.1558
	14	3.42	−0.0216	−1.0642	−0.0036	−0.6433
	15	−0.01	0.0001	0.0025	0.0000	0.0015
	16	−0.74	0.0048	0.2308	0.0008	0.1395
	17	−1.23	0.0079	0.3825	0.0013	0.2312
	18	−0.12	0.0008	0.0386	0.0001	0.0233
	19	−1.86	0.0118	0.5791	0.0020	0.3501
	20	10.24	−0.0665	−3.1840	−0.0105	−1.9247
	21	2.41	−0.0155	−0.7501	−0.0026	−0.4535
	22	−0.18	0.0012	0.0566	0.0002	0.0342
	23	2.77	−0.0175	−0.8621	−0.0031	−0.5211
	24	0.64	−0.0041	−0.1997	−0.0007	−0.1207
	25	4.91	−0.0319	−1.5270	−0.0053	−0.9231
	26	1.55	−0.0100	−0.4814	−0.0017	−0.2910
	27	4.76	−0.0303	−1.4791	−0.0051	−0.8941
	28	4.19	−0.0270	−1.3031	−0.0045	−0.7877
	29	−1.96	0.0125	0.6096	0.0021	0.3685
H	30	6.86	−0.0442	−2.1341	−0.0070	−1.2901
	31	8.97	−0.0576	−2.7903	−0.0094	−1.6867
	32	3.07	−0.0198	−0.9554	−0.0032	−0.5775
	33	7.07	−0.0451	−2.1988	−0.0077	−1.3292
	34	2.72	−0.0173	−0.8459	−0.0029	−0.5114
	35	5.59	−0.0363	−1.7385	−0.0056	−1.0509
	36	5.82	−0.0369	−1.8113	−0.0063	−1.0949
	37	7.38	−0.0472	−2.2952	−0.0078	−1.3874
	38	6.85	−0.0441	−2.1297	−0.0073	−1.2874
	39	4.06	−0.0259	−1.2627	−0.0042	−0.7633
	40	3.71	−0.0238	−1.1538	−0.0040	−0.6975
	41	3.37	−0.0213	−1.0474	−0.0036	−0.6332
	42	−0.67	0.0043	0.2071	0.0007	0.1252
	43	6.96	−0.0449	−2.1658	−0.0072	−1.3092
	44	0.45	−0.0029	−0.1400	−0.0005	−0.0846
	45	5.50	−0.0356	−1.7111	−0.0057	−1.0344
	46	4.90	−0.0309	−1.5233	−0.0053	−0.9208
	47	3.96	−0.0247	−1.2303	−0.0042	−0.7437
	48	−0.92	0.0060	0.2867	0.0010	0.1733
	49	0.26	−0.0017	−0.0809	−0.0003	−0.0489
	50	2.78	−0.0183	−0.8633	−0.0029	−0.5219
	51	5.51	−0.0355	−1.7136	−0.0059	−1.0359
	52	5.92	−0.0379	−1.8424	−0.0066	−1.1137
	53	4.09	−0.0266	−1.2726	−0.0043	−0.7693
	54	4.13	−0.0267	−1.2838	−0.0045	−0.7761
	55	5.71	−0.0371	−1.7758	−0.0061	−1.0735
	56	0.94	−0.0061	−0.2917	−0.0010	−0.1763
	57	5.84	−0.0375	−1.8175	−0.0064	−1.0987
	58	6.87	−0.0442	−2.1353	−0.0073	−1.2908
	59	−1.25	0.0081	0.3888	0.0013	0.2350
	60	3.40	−0.0221	−1.0580	−0.0037	−0.6396

表－3.12(b)　ＳＲＩＤの不陸補正値(Mゾーン)

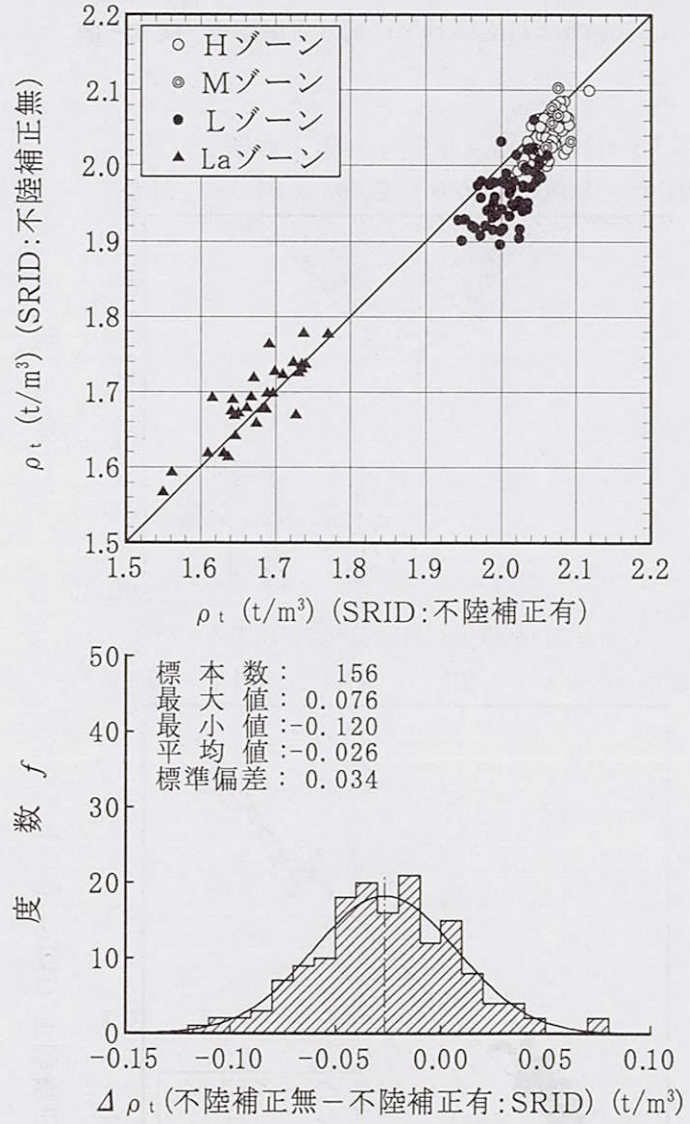
ゾーン	測点番号	ｸﾘｱﾗﾝｽ ΔL (mm)	湿潤密度の偏差 $\Delta \rho_t$ (t/m^3)	湿潤密度の相対偏差 (%)	等価水分量の偏差 $\Delta \rho_m^*$ (t/m^3)	等価水分量の相対偏差 (%)
M	1	1.92	-0.0123	-0.5965	-0.0021	-0.3606
	2	-1.17	0.0075	0.3645	0.0012	0.2203
	3	1.62	-0.0105	-0.5051	-0.0018	-0.3053
	4	-4.09	0.0264	1.2726	0.0044	0.7693
	5	5.79	-0.0371	-1.8013	-0.0063	-1.0889
	6	9.58	-0.0624	-2.9788	-0.0103	-1.8007

表－3.12(c)　ＳＲＩＤの不陸補正値（Ｌゾーン）

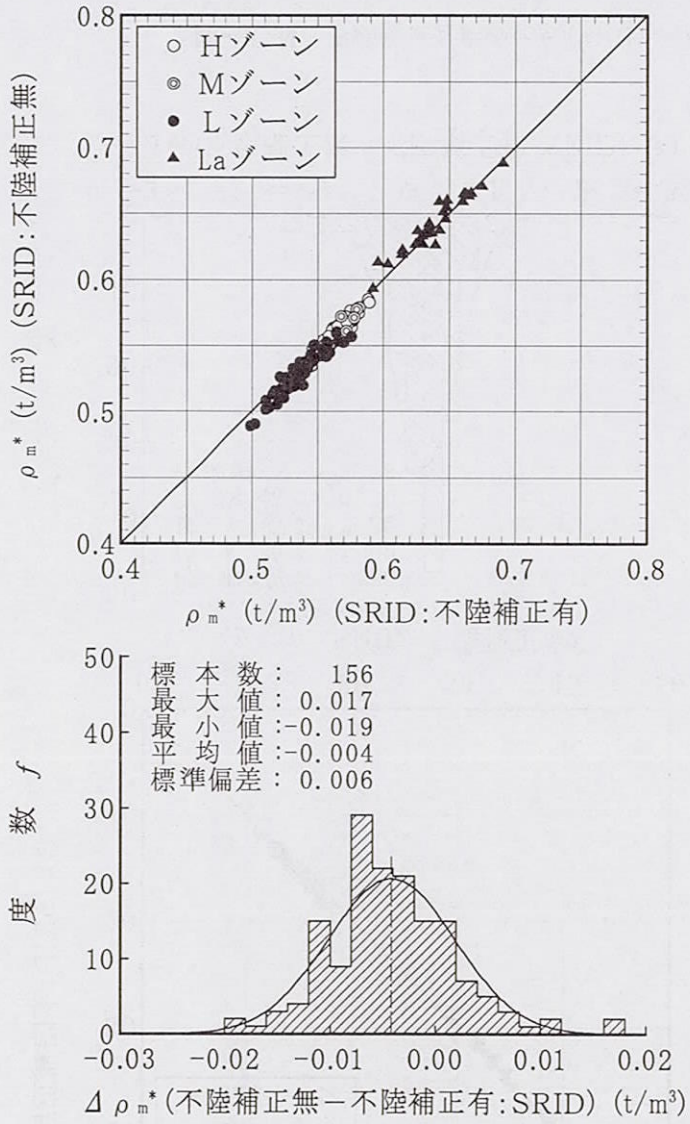
ゾーン	測点番号	ｸﾘｱﾗﾝｽ ΔL (mm)	湿潤密度の偏差 $\Delta \rho_t$ (t/m³)	湿潤密度の相対偏差 (%)	等価水分量の偏差 $\Delta \rho_m^*$ (t/m³)	等価水分量の相対偏差 (%)
L	1	2.96	−0.0185	−0.9199	−0.0029	−0.5561
	2	−5.08	0.0316	1.5799	0.0050	0.9550
	3	6.63	−0.0409	−2.0619	−0.0068	−1.2464
	4	6.78	−0.0414	−2.1098	−0.0071	−1.2754
	5	7.86	−0.0476	−2.4451	−0.0078	−1.4781
	6	10.54	−0.0661	−3.2792	−0.0110	−1.9823
	7	17.33	−0.1092	−5.3909	−0.0188	−3.2588
	8	13.42	−0.0850	−4.1742	−0.0134	−2.5233
	9	3.85	−0.0234	−1.1980	−0.0040	−0.7242
	10	7.80	−0.0477	−2.4264	−0.0080	−1.4668
	11	2.32	−0.0147	−0.7228	−0.0024	−0.4369
	12	−2.57	0.0163	0.7999	0.0026	0.4835
	13	7.69	−0.0481	−2.3903	−0.0079	−1.4450
	14	16.63	−0.1034	−5.1707	−0.0178	−3.1257
	15	3.83	−0.0238	−1.1911	−0.0041	−0.7200
	16	13.85	−0.0862	−4.3061	−0.0146	−2.6030
	17	12.07	−0.0760	−3.7525	−0.0128	−2.2684
	18	7.67	−0.0492	−2.3854	−0.0077	−1.4420
	19	2.20	−0.0137	−0.6854	−0.0022	−0.4144
	20	6.19	−0.0389	−1.9263	−0.0062	−1.1645
	21	−0.83	0.0051	0.2569	0.0008	0.1553
	22	4.64	−0.0290	−1.4437	−0.0047	−0.8727
	23	13.90	−0.0864	−4.3241	−0.0136	−2.6140
	24	9.38	−0.0592	−2.9178	−0.0096	−1.7638
	25	1.14	−0.0072	−0.3558	−0.0011	−0.2151
	26	6.20	−0.0393	−1.9294	−0.0065	−1.1664
	27	8.95	−0.0565	−2.7828	−0.0090	−1.6822
	28	11.00	−0.0703	−3.4216	−0.0111	−2.0684
	29	9.69	−0.0597	−3.0142	−0.0096	−1.8221
	30	6.50	−0.0407	−2.0221	−0.0068	−1.2224
	31	10.92	−0.0693	−3.3961	−0.0108	−2.0530
	32	7.90	−0.0488	−2.4569	−0.0078	−1.4852
	33	9.60	−0.0595	−2.9868	−0.0092	−1.8056
	34	11.24	−0.0708	−3.4969	−0.0106	−2.1139
	35	5.47	−0.0339	−1.6999	−0.0055	−1.0276
	36	10.30	−0.0658	−3.2045	−0.0102	−1.9372
	37	12.61	−0.0789	−3.9205	−0.0119	−2.3699
	38	7.99	−0.0510	−2.4861	−0.0080	−1.5029
	39	2.59	−0.0159	−0.8055	−0.0026	−0.4869
	40	5.60	−0.0354	−1.7422	−0.0056	−1.0532
	41	14.75	−0.0934	−4.5885	−0.0146	−2.7738
	42	6.89	−0.0425	−2.1415	−0.0068	−1.2946
	43	11.45	−0.0719	−3.5610	−0.0112	−2.1526
	44	9.58	−0.0596	−2.9794	−0.0097	−1.8010
	45	1.78	−0.0110	−0.5530	−0.0017	−0.3343
	46	11.46	−0.0721	−3.5634	−0.0116	−2.1541
	47	9.33	−0.0577	−2.9029	−0.0092	−1.7548
	48	10.70	−0.0681	−3.3289	−0.0108	−2.0124
	49	2.63	−0.0159	−0.8173	−0.0025	−0.4941
	50	6.01	−0.0376	−1.8691	−0.0060	−1.1299
	51	7.18	−0.0458	−2.2342	−0.0073	−1.3506
	52	7.22	−0.0452	−2.2460	−0.0072	−1.3577
	53	8.23	−0.0524	−2.5608	−0.0081	−1.5480
	54	12.10	−0.0749	−3.7631	−0.0119	−2.2748
	55	−0.79	0.0048	0.2451	0.0008	0.1481
	56	19.00	−0.1196	−5.9102	−0.0193	−3.5728
	57	14.30	−0.0903	−4.4479	−0.0150	−2.6888
	58	3.48	−0.0221	−1.0829	−0.0035	−0.6546
	59	6.42	−0.0397	−1.9960	−0.0063	−1.2066
	60	10.55	−0.0647	−3.2804	−0.0102	−1.9830

表－3.12(d)　ＳＲＩＤの不陸補正値（Ｌａゾーン）

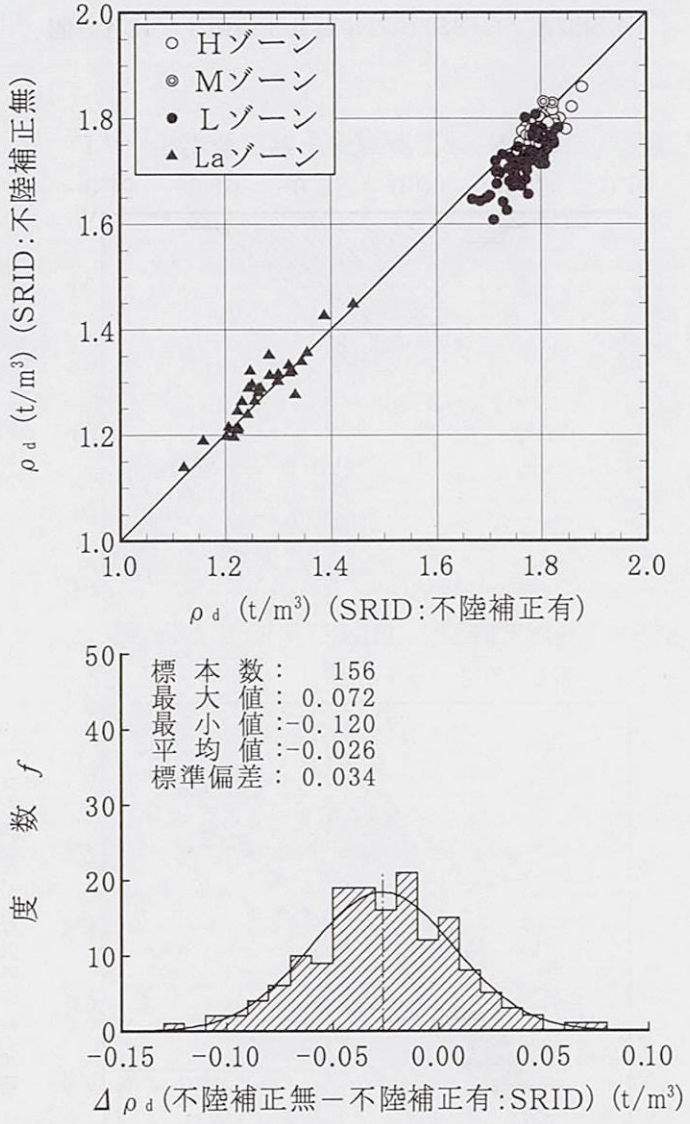
ゾーン	測点番号	ｸﾘｱﾗﾝｽ ΔL (mm)	湿潤密度の偏差 $\Delta \rho_t$ (t/m³)	湿潤密度の相対偏差 (%)	等価水分量の偏差 $\Delta \rho_m^*$ (t/m³)	等価水分量の相対偏差 (%)
La	1	1.01	−0.0053	−0.3154	−0.0013	−0.1906
	2	1.03	−0.0056	−0.3203	−0.0013	−0.1936
	3	1.10	−0.0059	−0.3421	−0.0013	−0.2068
	4	−15.04	0.0756	4.6774	0.0169	2.8275
	5	−3.84	0.0197	1.1936	0.0044	0.7215
	6	−13.48	0.0709	4.1917	0.0163	2.5339
	7	−2.23	0.0119	0.6948	0.0027	0.4200
	8	−7.19	0.0388	2.2355	0.0082	1.3513
	9	−0.14	0.0007	0.0442	0.0002	0.0267
	10	−1.54	0.0077	0.4802	0.0018	0.2903
	11	−6.32	0.0307	1.9661	0.0073	1.1885
	12	−3.32	0.0160	1.0319	0.0039	0.6238
	13	−4.33	0.0222	1.3473	0.0053	0.8144
	14	−6.29	0.0321	1.9549	0.0075	1.1818
	15	−8.98	0.0459	2.7940	0.0106	1.6890
	16	2.07	−0.0109	−0.6438	−0.0027	−0.3892
	17	−2.67	0.0143	0.8291	0.0033	0.5012
	18	−8.97	0.0466	2.7884	0.0109	1.6856
	19	−4.66	0.0242	1.4499	0.0056	0.8765
	20	11.13	−0.0598	−3.4621	−0.0134	−2.0928
	21	4.66	−0.0237	−1.4493	−0.0056	−0.8761
	22	−3.09	0.0159	0.9597	0.0037	0.5802
	23	2.69	−0.0137	−0.8372	−0.0032	−0.5061
	24	−5.19	0.0274	1.6128	0.0063	0.9750
	25	−1.06	0.0058	0.3290	0.0012	0.1989
	26	3.31	−0.0172	−1.0300	−0.0042	−0.6227
	27	1.13	−0.0061	−0.3502	−0.0014	−0.2117
	28	1.18	−0.0060	−0.3657	−0.0015	−0.2211
	29	0.00	0.0000	0.0012	0.0000	0.0008
	30	−1.67	0.0087	0.5181	0.0021	0.3132



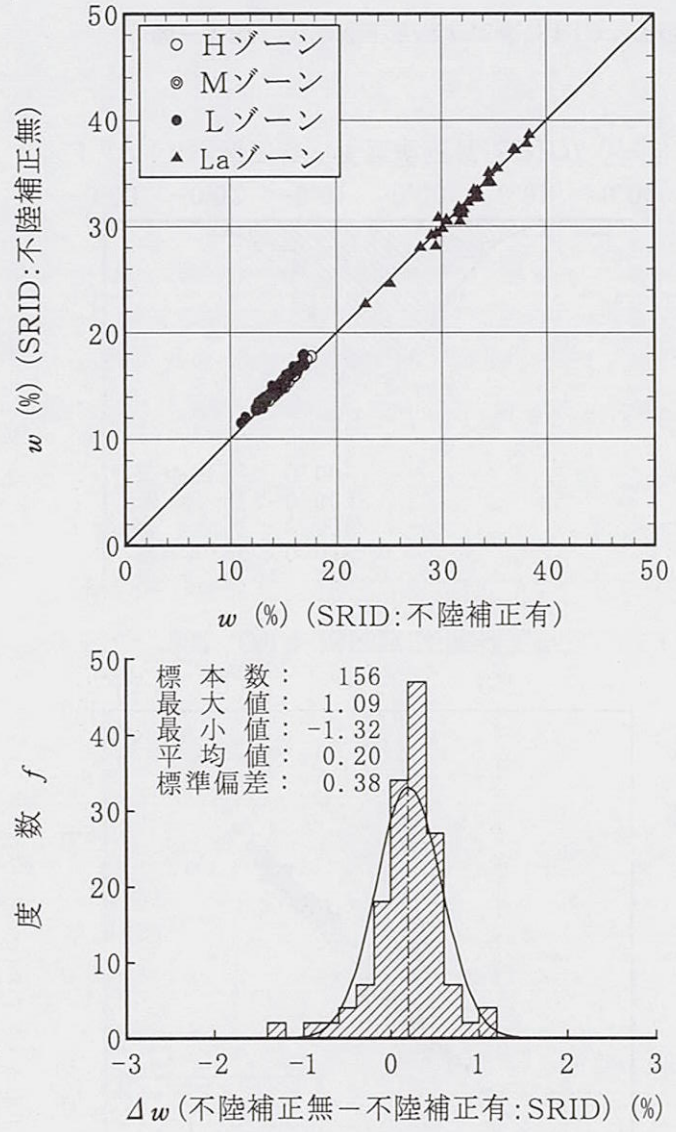
図－3.31 不陸補正有無の比較(SRID：湿潤密度)



図－3.32 不陸補正有無の比較(SRID：等価含水量)



図－3.33 不陸補正有無の比較(SRID：乾燥密度)



図－3.34 不陸補正有無の比較(SRID：含水比)

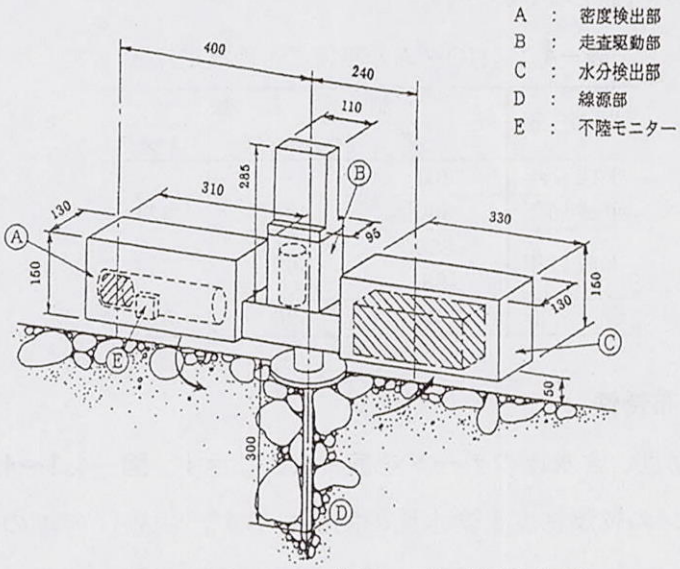
3.4　実用モデル器の改良

SRID実用モデル器は試作実験器に比べ軽量で大幅に操作性が向上しているが、実際に現場で使用されるうちに次に掲げる点が問題点として指摘されるようになった。

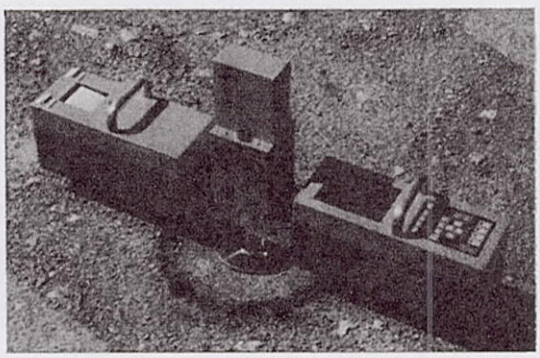
①　かなり少なくなったとはいえ、無線通信エラーがたまに生じる。

②　密度検出部と水分検出部の外観形状が異なり、重量、回転バランスがやや良くない。

このため、現行の実用モデル器では無線通信方式をとりやめ、SRID本体に操作パネル、液晶表示部および出力部(プリンタ)を取り付けた一体方式に改められている。また、密度検出器の配置を縦置きから横置きに改め、密度、水分両検出部の外観をほぼ同形とし、重量および回転バランスが改善されている。その他の仕様は当初設計とかわるところはない。改良されたSRID実用モデル器の外観を**図－3.35、写真－3.2**に示す。



図－3.35　SRID実用モデル器(改良型)



写真－3.2　SRID実用モデル器(改良型)の概観図

4. SRIDの現場への適用

ここでは、SRIDを用いて締固め密度の多点数測定を行った実績例として、4つのダムについて述べる。

4.1 HOダムの例

HOダムでは、平成9年から平成 11 年にかけて、盛立ゾーンにおいてSRIDによる集中測定を行い、**表−4.1** に示すような締固め密度に関する多点数データを収集した。なお、平成11年度はコアゾーンで実際の盛立施工にしたがって施工ロットごとの測定を行っており、**表−4.1** の括弧をつけた数量がそのロット数を示す。1ロットの測定点数は原則として15点であるが、施工の都合上この測定点数を確保できていないロットが存在するので測定点数は必ずしもロット数の15倍とはなっていない。

表−4.1 HOダムの年度ごとの測定点数

測定年	測定点数		
	コア	フィルター	ロック
平成9年	301	−	−
平成10年	300	300	321
平成11年	820 (58)	390	353
合計	1421	690	674

4.1.1 締固め密度の分布特性

SRIDによる締固め密度、含水比のデータを**表−4.2** に示す。**図−4.1〜4.3** にコア、フィルター、ロックの各ゾーンの乾燥密度と含水比の関係を示す。平成11年度のコアゾーンのデータについては、全体のばらつきに加え、ロット内およびロット間のばらつきについても検討を加えた。

これらの図表から、締固め密度、含水比の分布特性について次のことが考えられる。

① コアゾーンの乾燥密度 ρ_d〜含水比 w 関係は、測定年度ごとにみるといずれも細長い帯状に分布しており、締固め密度が施工含水比に強く依存していることを示している。また、含水比が低下するにしたがって飽和度も緩やかに低下する傾向が認められる。測定年度間の比較では、平成9年度が全体的に最も飽和度が高く、平成10年度は全体的に密度が大きく、含水比が低い。また、平成11年度は密度が低く、含水比が高いが飽和度が低くなっており、施工年度によって材料特性が異なっていることを示唆している(**図−4.1**)。

表－4.2　測定値の基本統計量

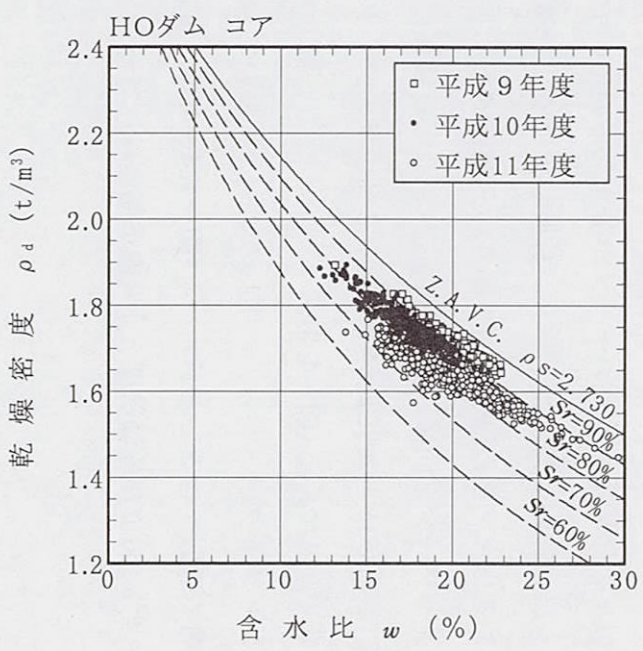
盛立ゾーン		コア			フィルター			ロック		
測定項目		湿潤密度 ρ_t (t/m³)	乾燥密度 ρ_d (t/m³)	含水比 w (%)	湿潤密度 ρ_t (t/m³)	乾燥密度 ρ_d (t/m³)	含水比 w (%)	湿潤密度 ρ_t (t/m³)	乾燥密度 ρ_d (t/m³)	含水比 w (%)
平成９年	測定点数	301	301	301	－	－	－	－	－	－
	最大値	2.144	1.895	22.83	－	－	－	－	－	－
	最小値	1.994	1.632	13.18	－	－	－	－	－	－
	平均値	2.054	1.713	19.95	－	－	－	－	－	－
	標準偏差	0.025	0.038	1.41	－	－	－	－	－	－
	変動係数	0.012	0.022	0.071	－	－	－	－	－	－
平成10年	測定点数	300	300	300	300	300	300	321	321	321
	最大値	2.156	1.894	21.74	2.351	2.228	11.91	2.479	2.437	10.5
	最小値	1.992	1.654	12.32	2.088	1.928	4.54	2.113	1.956	0.58
	平均値	2.060	1.754	17.45	2.235	2.079	7.54	2.285	2.150	6.34
	標準偏差	0.030	0.047	1.66	0.048	0.055	1.30	0.070	0.089	1.89
	変動係数	0.015	0.027	0.095	0.021	0.026	0.172	0.031	0.041	0.298
平成11年	測定点数	820	820	820	390	390	390	353	353	353
	最大値	2.048	1.778	29.68	2.290	2.157	11.93	2.443	2.434	10.34
	最小値	1.853	1.447	13.80	2.003	1.841	2.62	2.009	1.947	0.02
	平均値	1.966	1.638	20.03	2.160	2.021	6.89	2.259	2.151	5.12
	標準偏差	0.028	0.047	2.09	0.050	0.059	1.71	0.055	0.077	2.15
	変動係数	0.014	0.029	0.104	0.023	0.029	0.248	0.024	0.036	0.420
全体	測定点数	1421	1421	1421	690	690	690	674	674	674
	最大値	2.156	1.895	29.68	2.351	2.228	11.93	2.479	2.437	10.50
	最小値	1.853	1.447	12.32	2.003	1.841	2.62	2.009	1.947	0.02
	平均値	2.004	1.679	19.47	2.193	2.046	7.17	2.272	2.150	5.70
	標準偏差	0.053	0.067	2.15	0.062	0.064	1.58	0.064	0.083	2.12
	変動係数	0.026	0.040	0.110	0.028	0.031	0.220	0.028	0.039	0.372

注）変動係数の単位は無次元

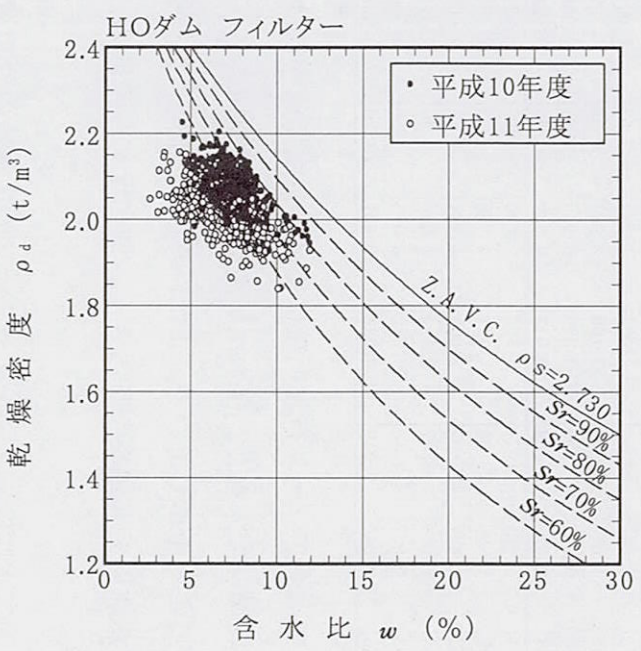
② フィルターゾーンではコアゾーンほど明確に密度の含水比依存性は現れていないが、弱いながらも密度は乾燥側で大きく、含水比が高くなるにつれてゼロ空気間隙曲線Z.A.V.C.に沿って減少することを示している。また、平成11年度のデータは平成10年度に比べて乾燥密度、含水比の分布幅がやや大きく、飽和度もやや低めになっている(**図－4.2**)。

③ ロックゾーンの施工含水比は、フィルターゾーンの含水比の分布領域とオーバーラップしているが、５％以下の領域にも多くのデータが分布しているので、全体としてはフィルターゾーンよりも広い範囲に帯状にデータが分散している。岩塊や巨礫の含有率が多い含水比の低いところほど密度は高く、右下がりの分布傾向を示していることから、コアゾーンやフィルターゾーンと同様、乾燥密度 ρ_d～含水比 w 関係に相関があることがわかる。平成11年度は平成10年度に比べ含水比が３％以下のデータが多く、その分平均的な飽和度も少し低くなっている(**図－4.3**)。

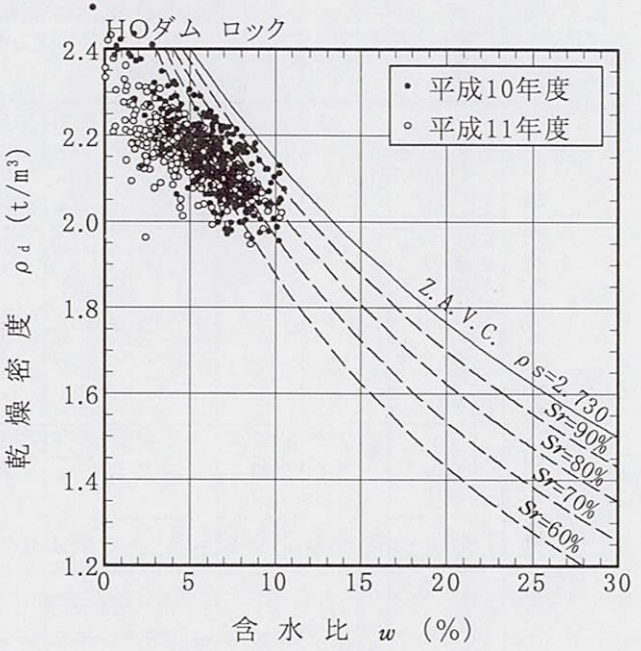
④ 密度および含水比のヒストグラムから、いずれのゾーンにおいても各年度ともこれらの値の分布は正規分布で近似できることがわかる(**図－4.4～4.6**)。また、平成10、11年度とも、密度(湿潤密度 ρ_t および乾燥密度 ρ_d)の標準偏差はコア→フィルター→ロック



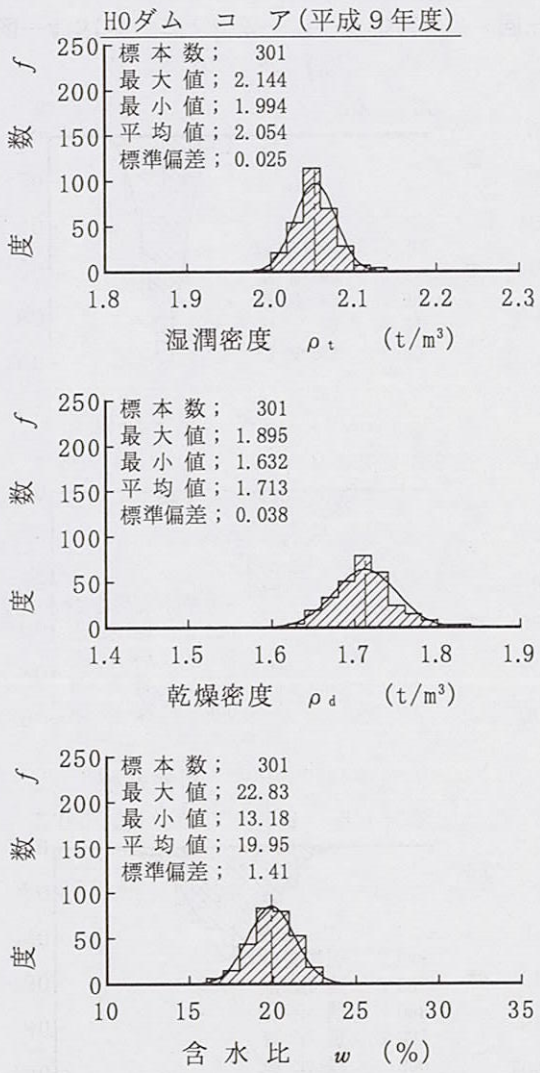
図－4.1 コアゾーンの ρ_d～w 関係



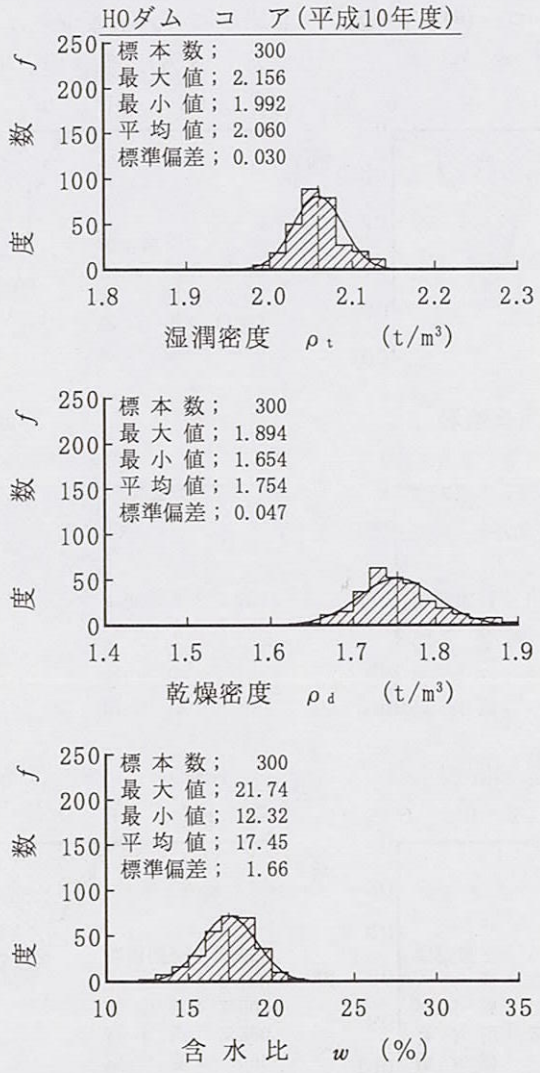
図－4.2 フィルターゾーンの ρ_d～w 関係



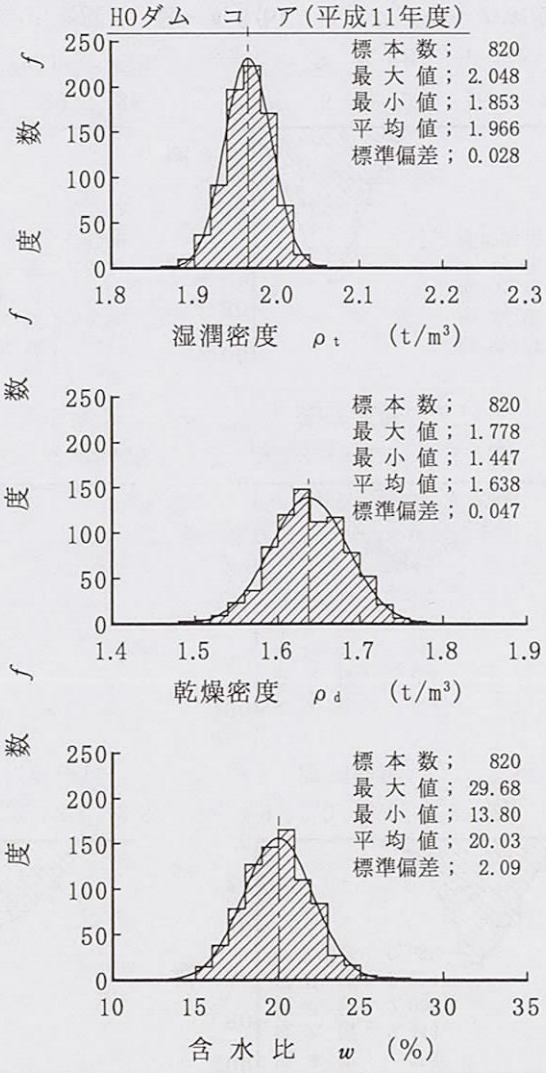
図－4.3 ロックゾーンの ρ_d～w 関係



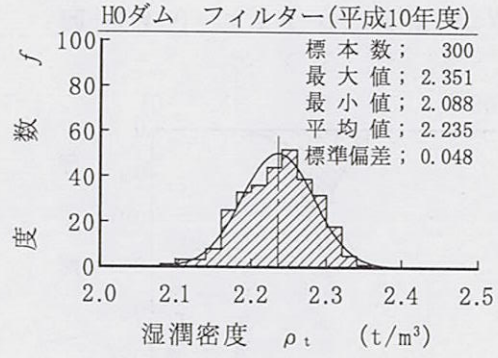
図－4.4(a)　コアゾーンの密度、含水比の分布
(平成９年度)

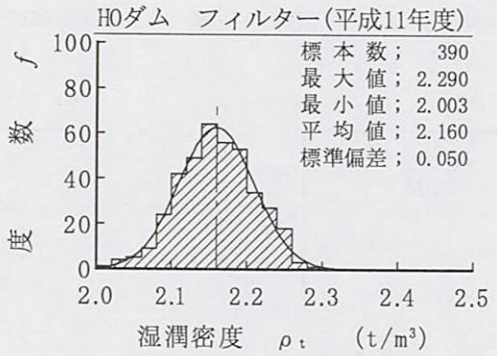


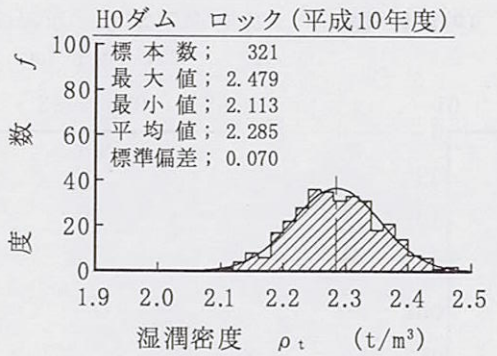
図－4.4(b)　コアゾーンの密度、含水比の分布
(平成 10 年度)

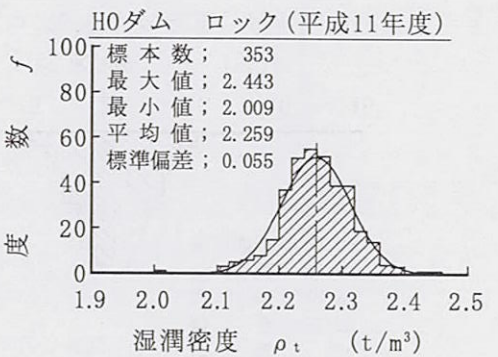


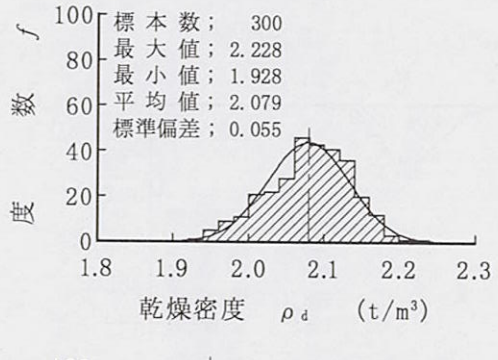
図－4.4(c)　コアゾーンの密度、含水比の分布
(平成 11 年度)

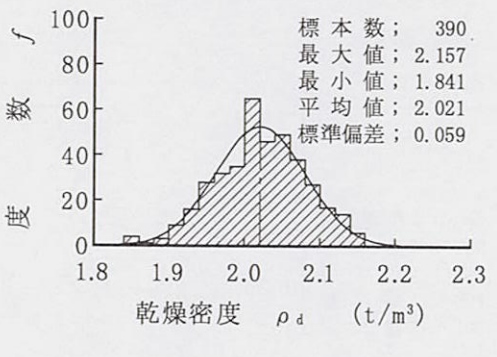


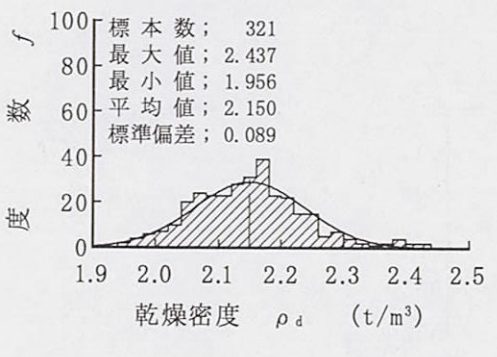


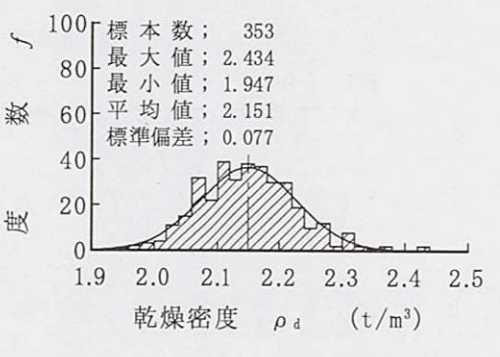


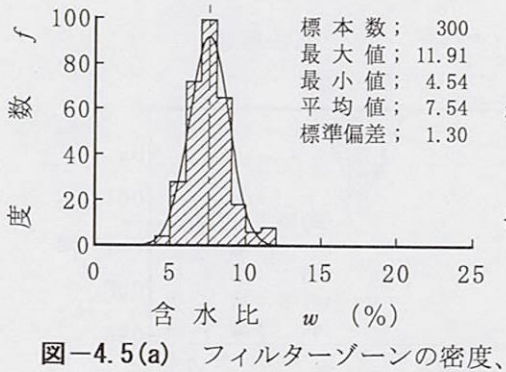


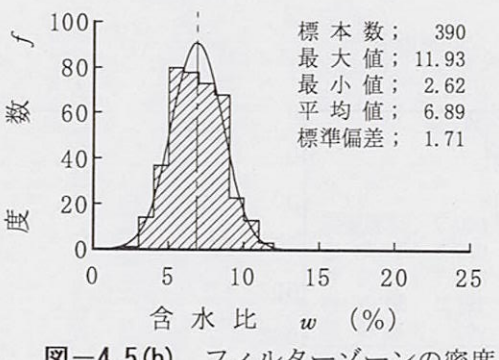


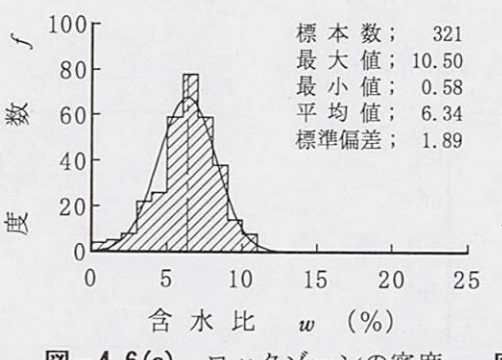


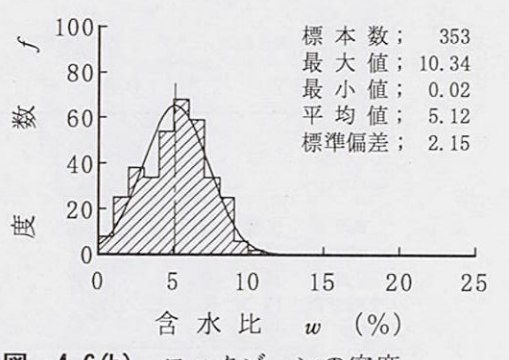












図－4.5(a)　フィルターゾーンの密度、含水比の分布（平成 10 年度）

図－4.5(b)　フィルターゾーンの密度、含水比の分布（平成 11 年度）

図－4.6(a)　ロックゾーンの密度、含水比の分布（平成 10 年度）

図－4.6(b)　ロックゾーンの密度、含水比の分布（平成 11 年度）

の順で大きくなっており、これは粒径の違いを反映しているものと考えられる。すなわち、最大粒径が大きくなるほど密度の標準偏差も大きくなることを示している。密度の変動係数はρ_tでは標準偏差と同様コア→フィルター→ロックの順で大きくなっているが、ρ_dでは両年度ともコアゾーンとフィルターゾーンとではほとんど同じで、ロックゾーンでやや大きいという特徴がある(**表－4.2**)。

⑤　含水比の標準偏差は平成10、11年度とも、フィルターゾーンで最小となっている。しかし、変動係数でみるとコア→フィルター→ロックの順で粒径が大きくなるにつれて急激に大きくなっている(**表－4.2**)。

⑥　全データのヒストグラムをみると、コアゾーンの湿潤密度の分布は2つのピークを示している。左側のピークは主として平成11年度、右側のピークは主として平成9～10年度のデータであり、これは①でも述べたように年度によって材料特性が異なることを明確に示している。フィルターゾーンやロックゾーンではこれらのヒストグラムからは年度による材料特性の違いは明確には現れていない(**図－4.7～4.9**)。

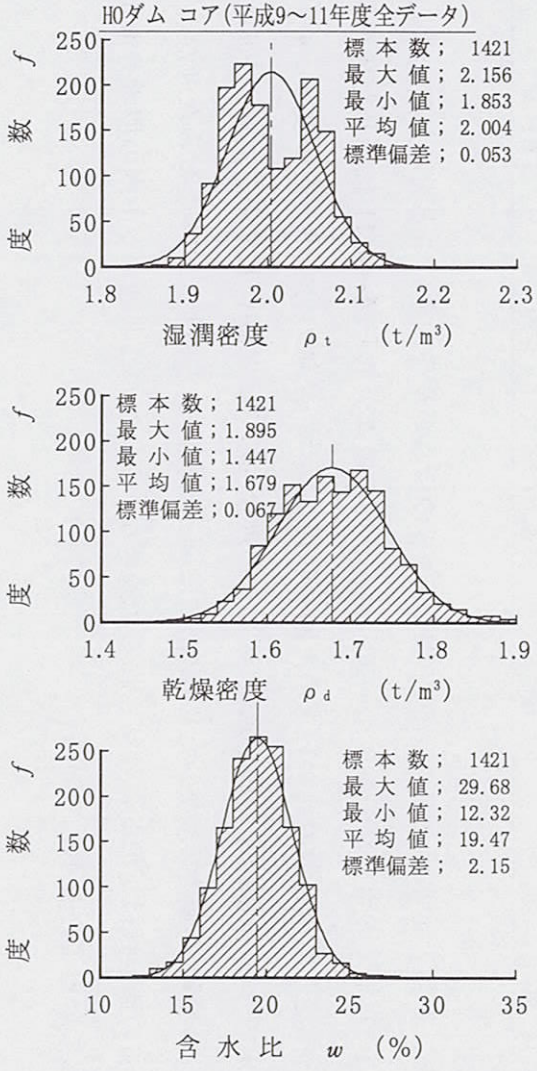
⑦　平成11年度のコアゾーンのデータについては、**図－4.10**に示すロット内平均値のヒストグラム(ロット間のばらつきを表す)および**図－4.11**に示すロット内各データのロット内平均値からの偏差のヒストグラム(ロット内のばらつきを表す)から、ロット間のばらつきをσ_1、ロット内のばらつきをσ_2とすると、**表－4.3**に示すとおりである。

表－4.3　ロット間およびロット内分散寄与率

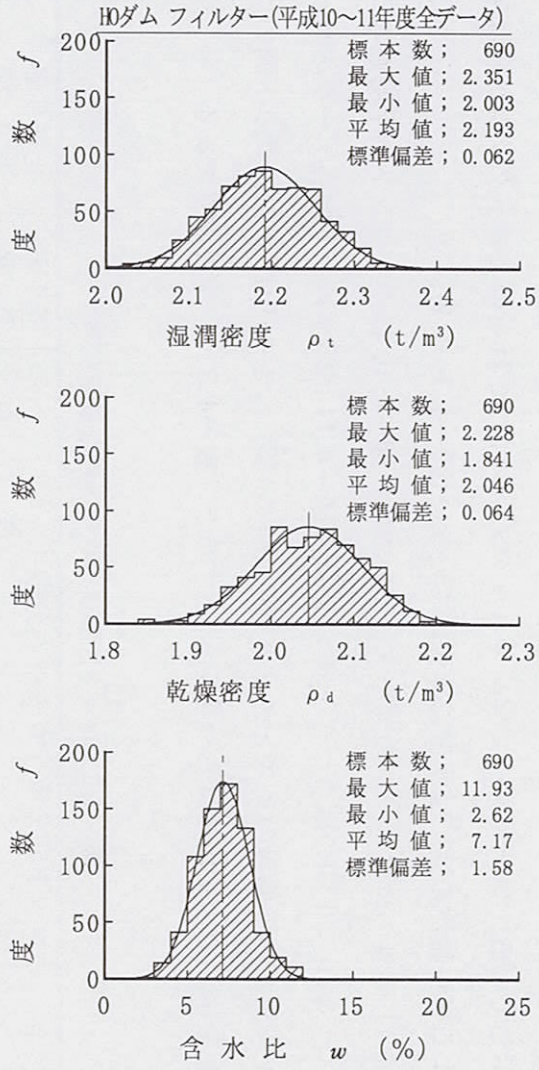
	ロット間分散 ①σ_{d1}^2	ロット内分散 ②σ_{d2}^2	③＝①＋②	寄与率 ①／③	寄与率 ②／③
湿潤密度ρ_t	0.016^2	0.024^2	8.32×10^{-4}	31	69
乾燥密度ρ_d	0.029^2	0.037^2	2.21×10^{-3}	38	62
含水比w	1.31^2	1.63^2	4.373	39	61

すなわち、密度、含水比ともロット内のばらつきのほうがやや大きいことを示している。

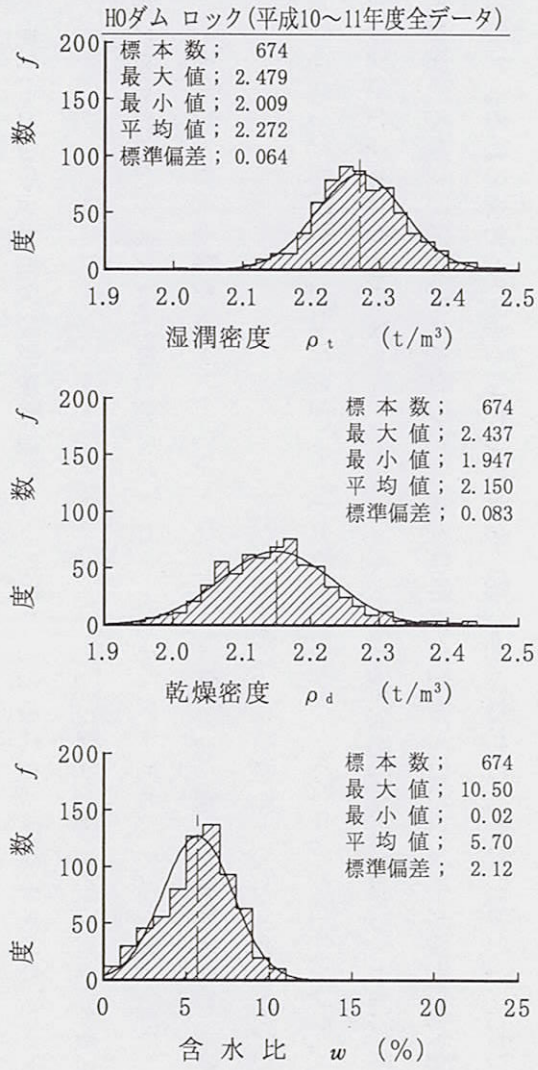
⑧　平成11年度のコアゾーンについて、ロット内の標本分散と**図－4.11**に示した標準偏差から推定した母分散の比から求めた**図－4.12**に示すχ^2値の分布は、自由度$\phi=n-1=14$(n：1ロットあたりの測定点数)の場合の理論曲線とよく適合している。ロット間では材料の変動が無視できないため(厳密には同一母集団からのサンプルとはみなせない)、χ^2分布の適合性は近似的に期待されるに過ぎないが、このことはロット内の標本分散が安定していることを示している。



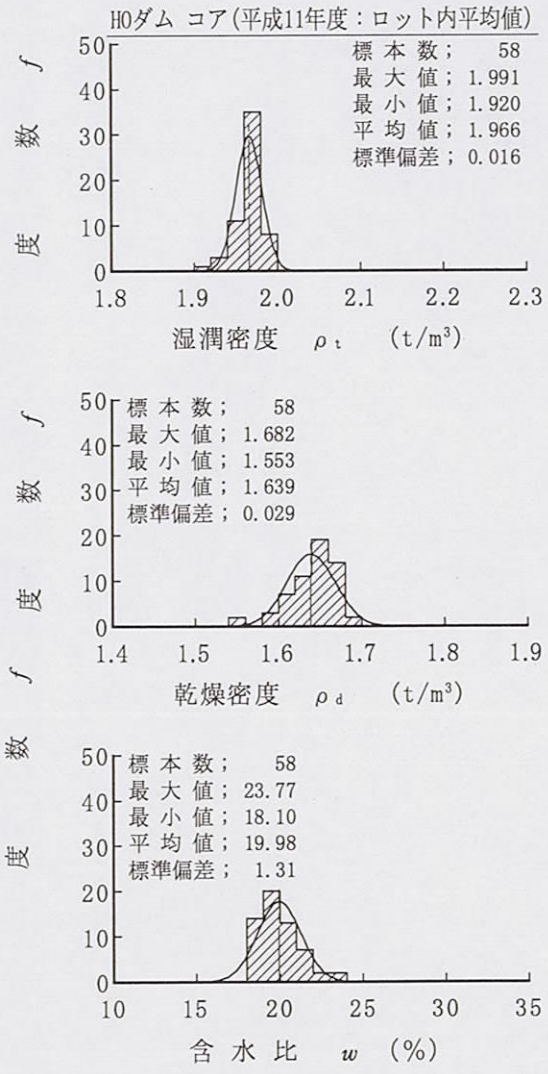
図－4.7 コアゾーンの密度、含水比の分布
(全データ)



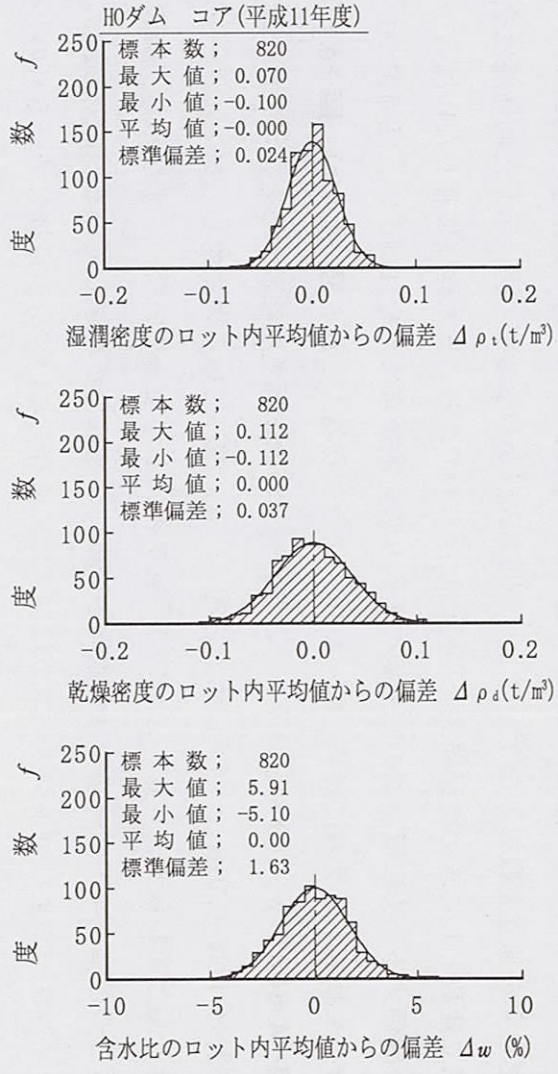
図－4.8 フィルターゾーンの密度、含水比の分布
(全データ)



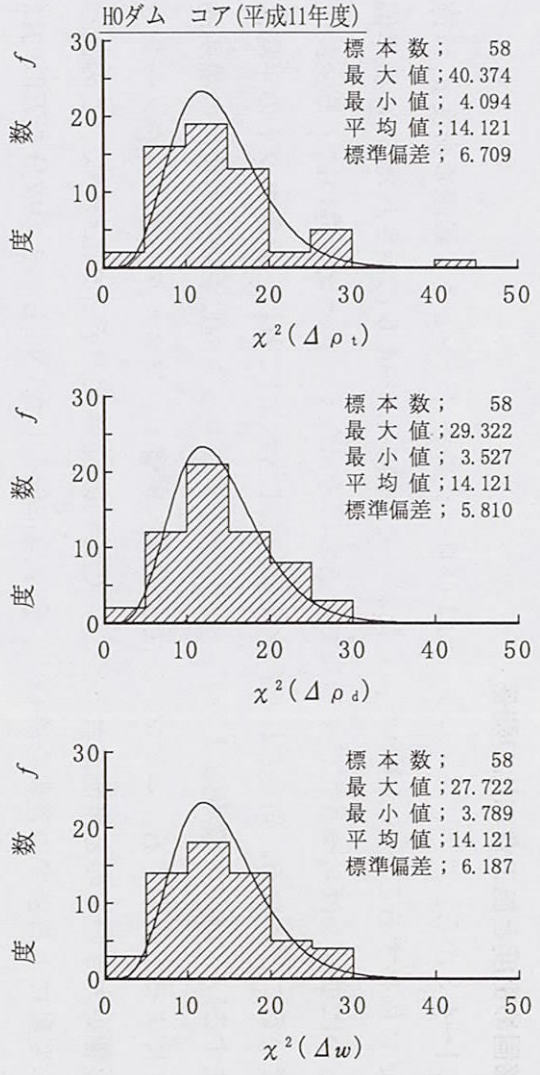
図－4.9 ロックゾーンの密度、含水比の分布
(全データ)



図－4.10 コアゾーンの密度、含水比のロット内平均値分布(平成 11 年度)



図－4.11 コアゾーンの密度、含水比のロット内平均値からの偏差の分布(平成 11 年度)

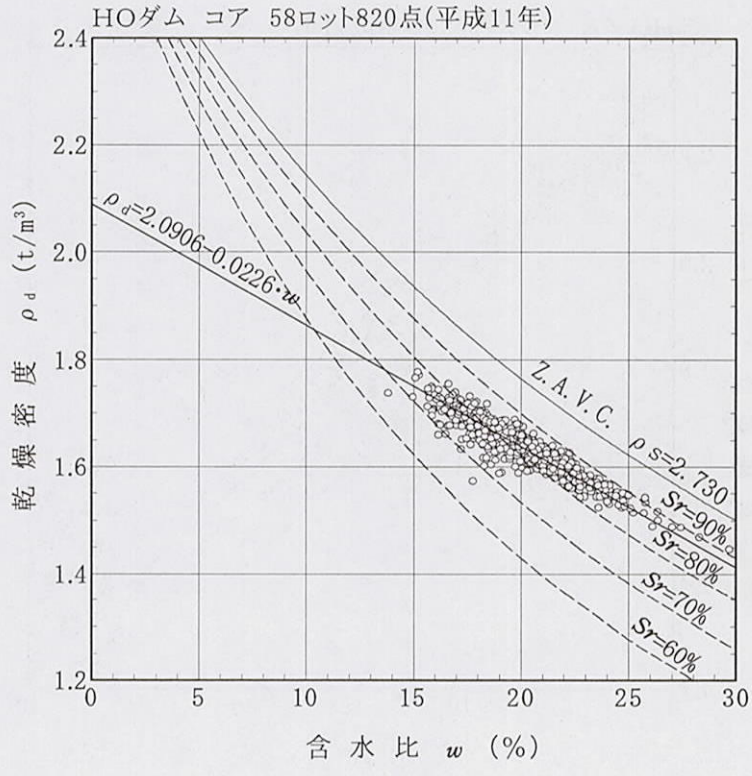


図－4.12 コアゾーンの密度、含水比の分散比(χ^2値)の分布(平成 11 年度)

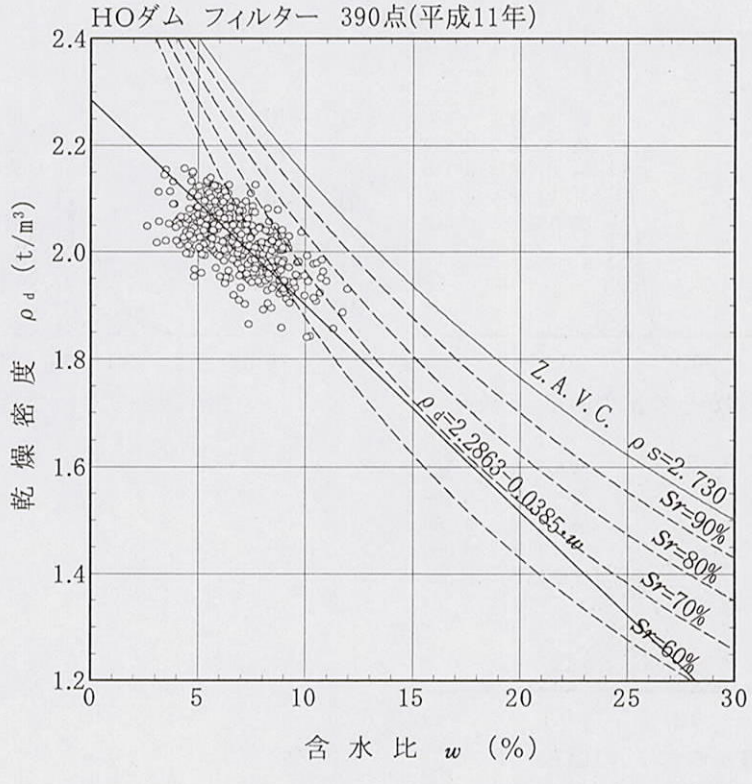
4.1.2 締固め密度と施工含水比の関係

図－4.1～4.3から、コア、フィルターおよびロックの各ゾーンとも、締固め密度ρ_dは施工含水比wに依存することが示された。したがって、**図－4.4～4.6**に示されたρ_dの標準偏差は、明らかに単純なばらつきだけを示しているわけではなく、含水比の違いによる変動成分を含んでいることになる。測定される含水比は、施工含水比(これは、対象ロットの平均含水比を意味する)そのものの変化によって、また、同じ施工ロット内においても粒度の場所的なばらつきによって変動する。コアゾーンでは前者の影響が、フィルターやロックゾーンでは後者の影響が大きいものと推測される。ここでは平成11年度のデータについて、このような含水比の変動による密度の差異を除いて、含水比に依存しないばらつきの成分を近似的に評価した。

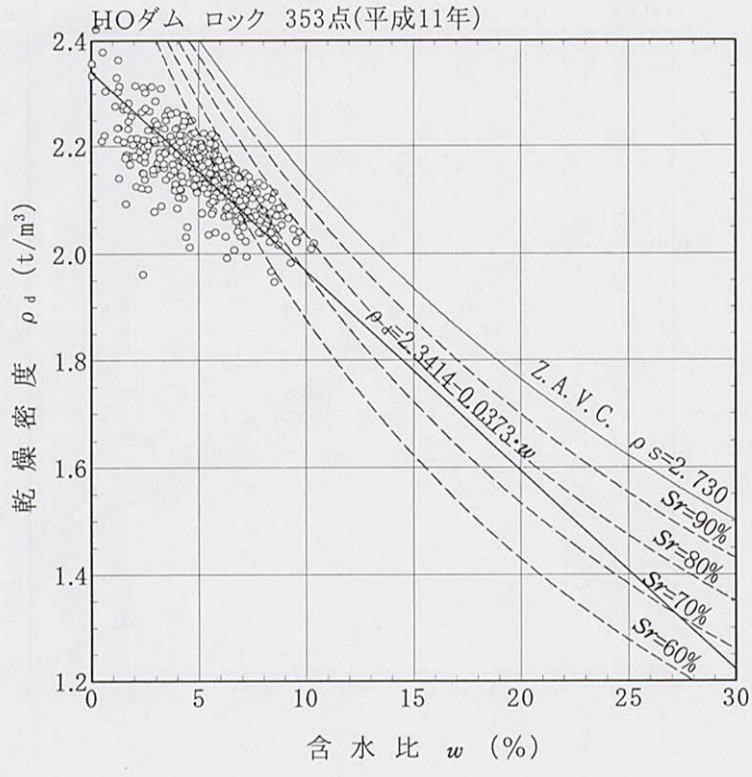
図－4.13～4.15に各ゾーンの平成11年度のρ_d～w関係をその回帰直線とともに示す。ρ_dとwのどちらを独立変数とみなすかによって回帰式がかわるので、図に示した回帰線はそれぞれを独立変数として求めた回帰式を平均化したものである。含水比に依存しないばらつきの成分を評価するためには、この回帰線のまわりの分散を求めてやればよい。回帰線からの偏差の分布をヒストグラムに表すと**図－4.16**のようになる。これを**図－4.4(c)**、**図－4.5(b)**および**図－4.6(b)**のρ_dの分布と対照して、各ゾーンの標準偏差を比較すると、コアゾーンでは約4割弱(分散比 $0.018^2/0.047^2$ にすると約 15%)に減っているのに対し、フィルターゾーンではほとんど変わらず、ロックゾーンでは約7割にしかなっていない。すなわち、締固め密度のばらつきは、コアゾーンでは含水比の変動による成分が卓越しているのに対し、より粗粒のフィルターおよびロックゾーンでは含水比に依存しない成分が卓越しているものと解釈できる。



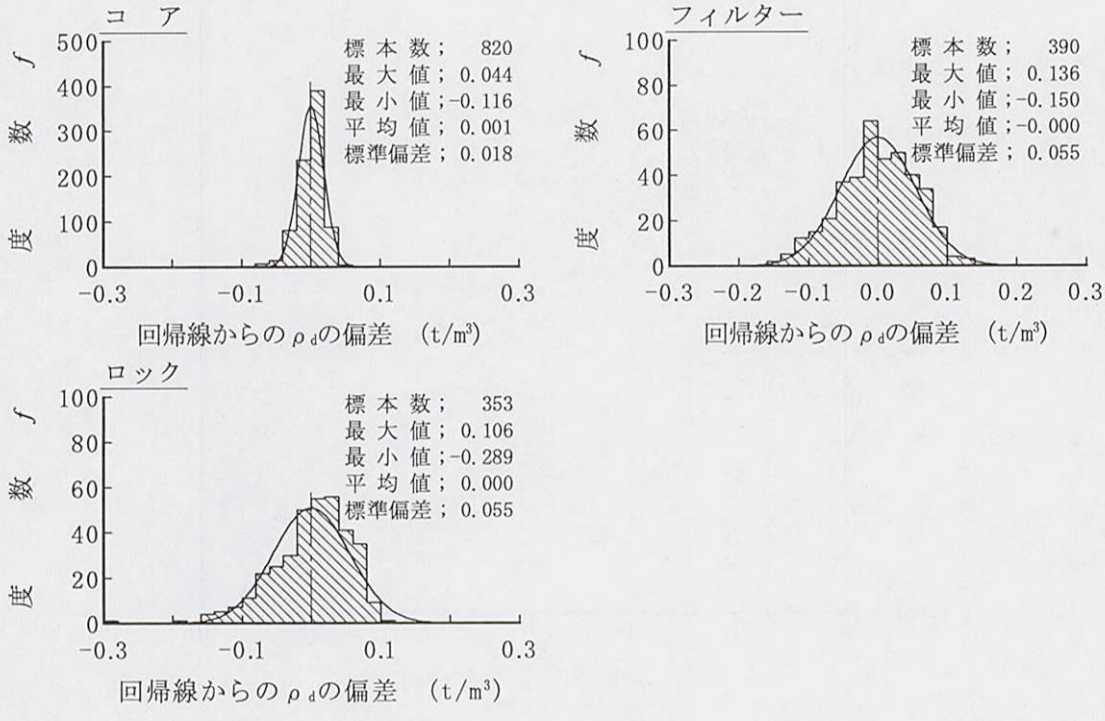
図－4.13 コアゾーンの ρ_d～w 関係とその回帰線(平成 11 年)



図－4.14 フィルターゾーンの ρ_d～w 関係とその回帰線(平成 11 年)



図－4.15 ロックゾーンの ρ_d～w 関係とその回帰線(平成 11 年)



図－4.16 乾燥密度の回帰線からの偏差の分布

4.2　ＨＡダムの例

HAダムでは、平成11年3月から約1年間にわたって、実施工に沿って施工ロットごとにSRIDによる測定を行った。得られたデータの数量はコアゾーンで334ロット3340測定点、フィルターゾーンで20ロット294測定点、そしてロックゾーンが23ロット343測定点である。1ロットあたりの測定点数は原則としてコアゾーンで10点、フィルターおよびロックゾーンでは15点であるが、フィルターおよびロックゾーンでは施工上等の都合でこの点数が確保されていないロットも存在する。ここでは得られたデータの統計的分析だけではなく、コアゾーンについては、従来の置換法をベースにした締固め管理方法に代わる、SRIDを用いた締固め密度の統計的特徴を考慮した新しい管理手法の提案についても論じる。

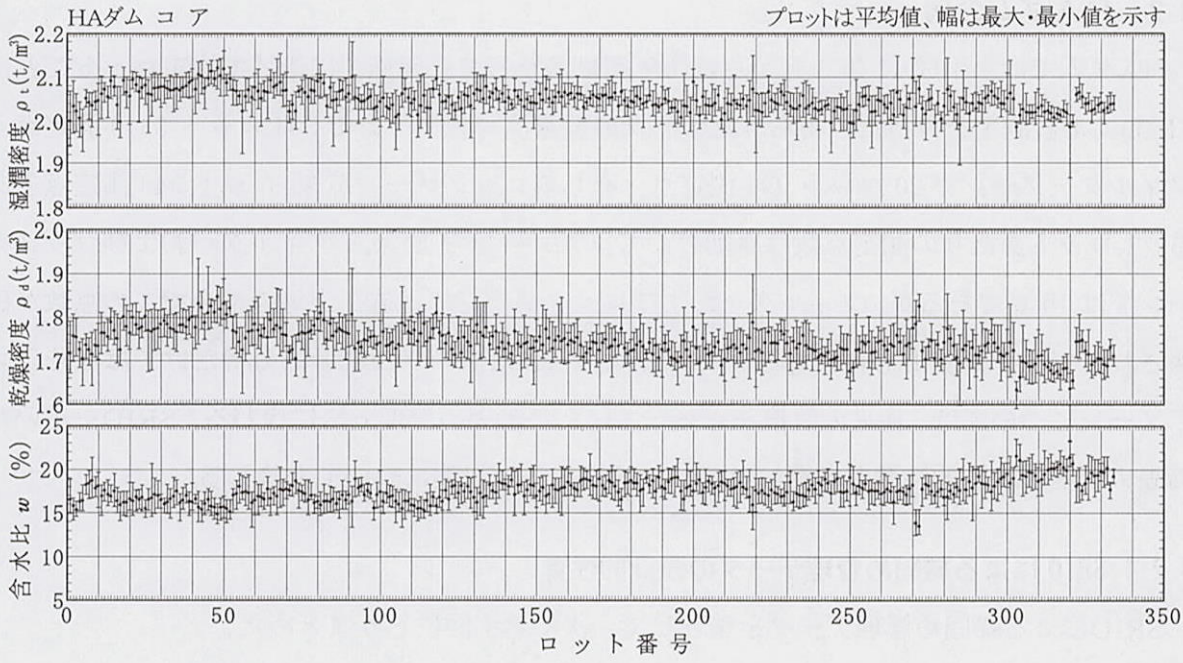
4.2.1 SRIDによる締固め管理データの統計的性質

SRIDによる締固め管理データを整理して、次に示す図にとりまとめた。

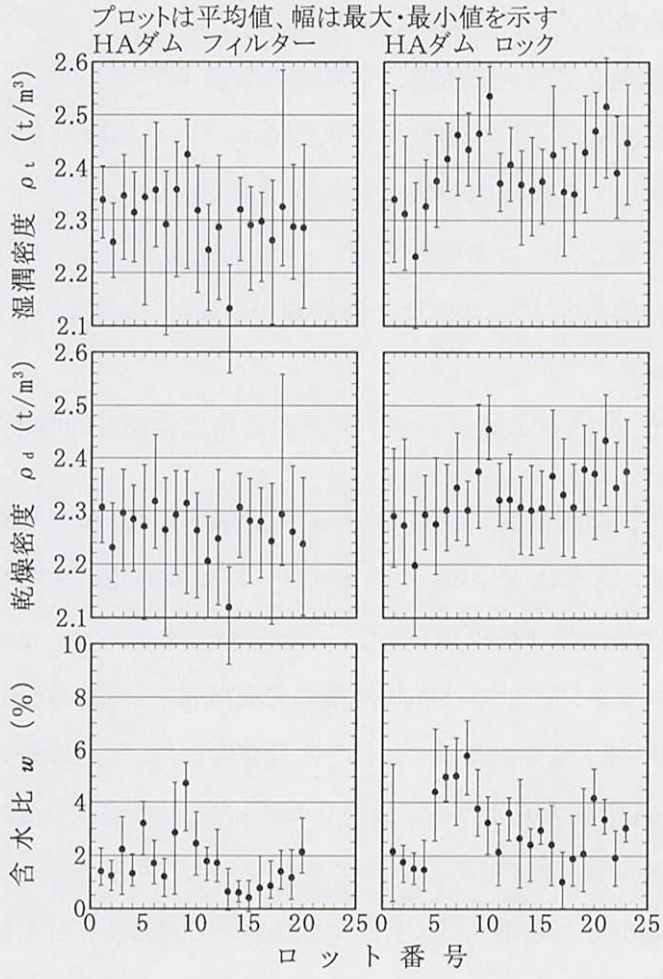
図－4.17～4.18　各盛立ゾーン(材料)の密度、含水比のロット間変動
図－4.19～4.21　各盛立ゾーンの密度、含水比のヒストグラム(全データ)
図－4.22～4.24　各盛立ゾーンの密度、含水比のヒストグラム(ロット内平均値)
図－4.25～4.27　各盛立ゾーンの密度、含水比のロット内平均値からの偏差のヒストグラム
図－4.28　密度、含水比の分散比(χ^2値)の分布(コアゾーン)
図－4.29～4.31　各盛立ゾーンの乾燥密度ρ_d～含水比w関係
図－4.32　乾燥密度ρ_d～含水比w回帰線からのρ_dの偏差のヒストグラム(コアゾーン)

これらの図に基いて、HAダム盛立ゾーンの締固め密度の統計的特徴を要約する。

① コアゾーンでは、湿潤密度ρ_tがおよそρ_t=1.98～2.12t/m^3、乾燥密度ρ_dがおよそρ_d=1.63～1.85t/m^3、含水比wがおよそw=13～22%の範囲に分布している。また、フィルターゾーンではρ_t=2.13～2.42t/m^3、ρ_d=2.12～2.32t/m^3、w=1.2～4.7%の範囲に分布しており、ロックゾーンでは各物性値の分布域はρ_t=2.23～2.54t/m^3、ρ_d=2.20～2.46t/m^3、w=1.0～5.8%である。ロット内の分布幅(ロット内の最大値と最小値の差)は、コアゾーンではρ_tで最大0.16t/m^3、最小0.02t/m^3、ρ_dで最大0.20t/m^3、最小0.02t/m^3、wで最大6%、最小1%程度である。フィルターおよびロックゾーンではρ_t、ρ_dのロット内の分布幅は最小でも0.1t/m^{3}以上、大きいものでは0.3t/m^{3}を超えているものもみられる(**図－4.17～4.18**)。



図－4.17 密度および含水比のロット間変動(コアゾーン)



図－4.18 密度および含水比のロット間変動(フィルターおよびロックゾーン)

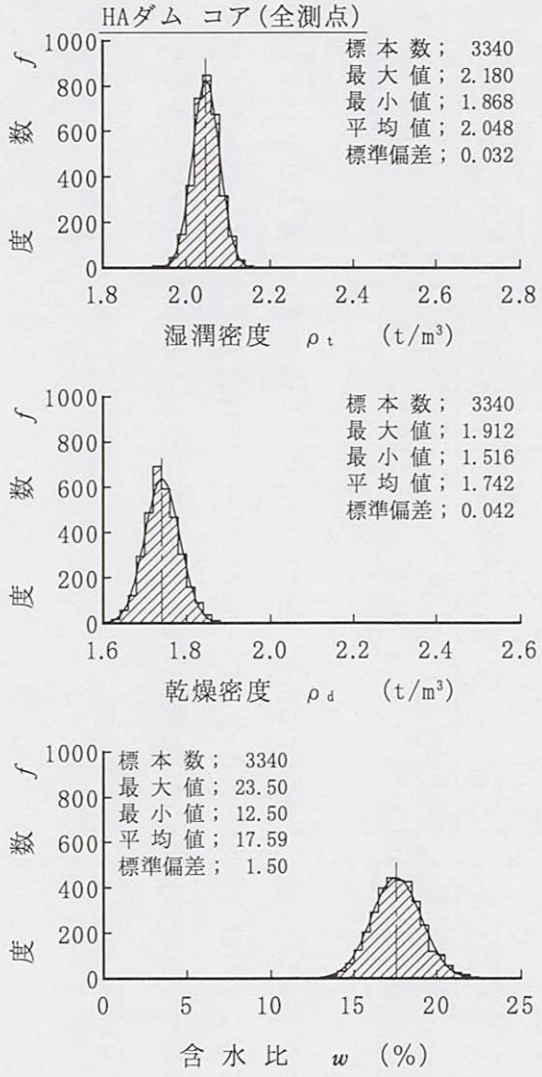
② **図－4.19～4.21** の全データのヒストグラムから、コアゾーンでは湿潤および乾燥密度（ρ_tおよびρ_d）および含水比wの分布は近似的に正規分布とみなすことができる。一方、フィルターゾーンおよびロックゾーンでは、ρ_tの分布は近似的に正規分布とみなすことができるが、ρ_dの分布は正規分布から少し崩れた形となっており、フィルターゾーンでは右側が、ロックゾーンでは左側がやや切り立った形となっている。また、ρ_t、ρ_dの標準偏差はそれぞれロックゾーンがフィルターゾーンに比べ0.001 t/m³大きいだけで両材料でほとんど差がない結果となっており、両材料の粒径の違いによる影響はほとんど現れていない。しかし、これらの標準偏差はコアゾーンに比べると大きく、コアゾーンとの比較では粒径の違いを反映したものとなっている。フィルターゾーンおよびロックゾーンの含水比は多くが5%以下で、その分布は対数正規分布に近いものとなっている（**図－4.20**および**図－4.21**の含水比のヒストグラムには対数正規分布の理論曲線を表示している）。

③ 各物性値のロット平均値のヒストグラム（**図－4.22～図－4.24**, ロット間のばらつき）およびロット内各データのロット平均値からの偏差のヒストグラム（**図－4.25～図－4.27**, ロット内のばらつき）から、ロット間のばらつきをσ_1、ロット内のばらつきをσ_2とすると、**表－4.4** に示すとおりになる。

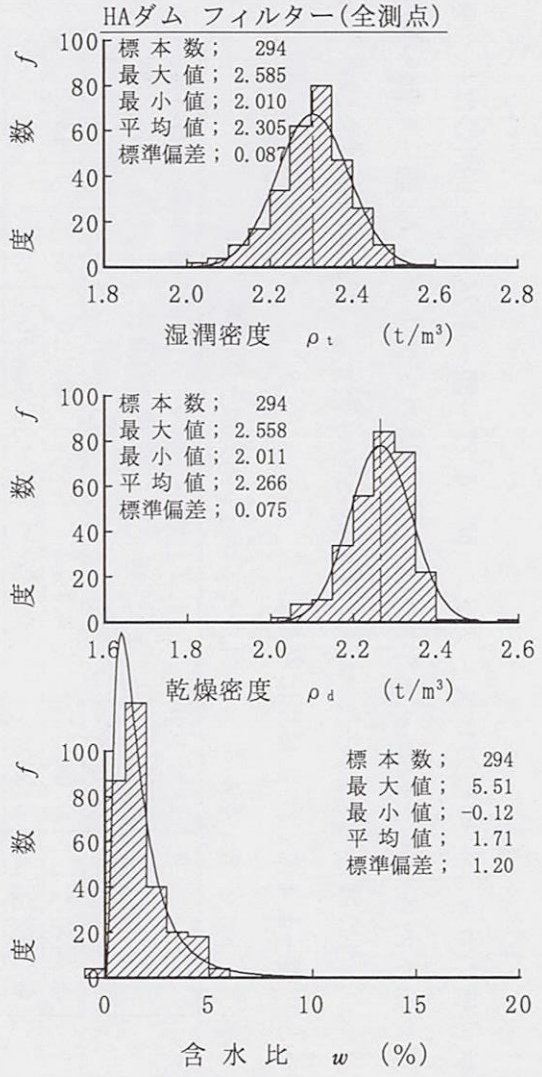
表－4.4 ロット間およびロット内分散と寄与率

		ロット間分散 ①σ_{d1}^2	ロット内分散 ②σ_{d2}^2	③＝①＋②	寄与率 ①／③	寄与率 ②／③
コア	湿潤密度ρ_t	0.024^2	0.021^2	1.02×10^{-3}	57	43
	乾燥密度ρ_d	0.033^2	0.026^2	1.77×10^{-3}	62	38
	含水比w	1.19^2	0.92^2	2.26	63	37
フィルター	湿潤密度ρ_t	0.058^2	0.066^2	7.72×10^{-3}	44	56
	乾燥密度ρ_d	0.046^2	0.060^2	5.72×10^{-3}	37	63
	含水比w	1.04^2	0.62^2	1.47	74	26
ロック	湿潤密度ρ_t	0.063^2	0.057^2	7.22×10^{-3}	55	45
	乾燥密度ρ_d	0.055^2	0.053^2	5.83×10^{-3}	52	48
	含水比w	1.26^2	0.70^2	2.08	76	24

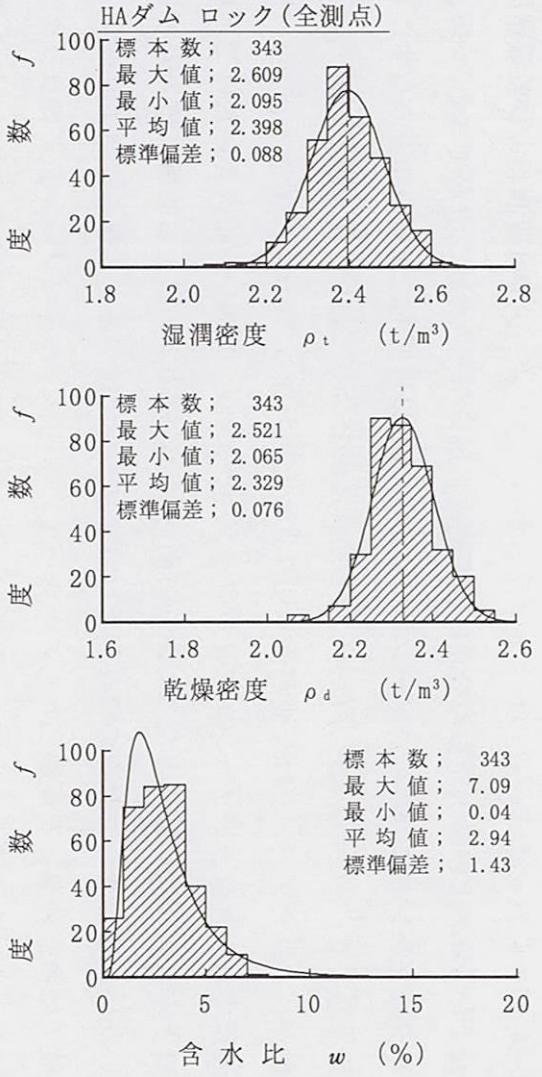
コアおよびロックゾーンでは密度、含水比ともロット内のばらつきよりもロット間のばらつきのほうがやや大きく、フィルターゾーンでは含水比はコア、ロックゾーンと同様ロット間のばらつきが卓越し、密度では逆にロット内のばらつきが大きくなっている。



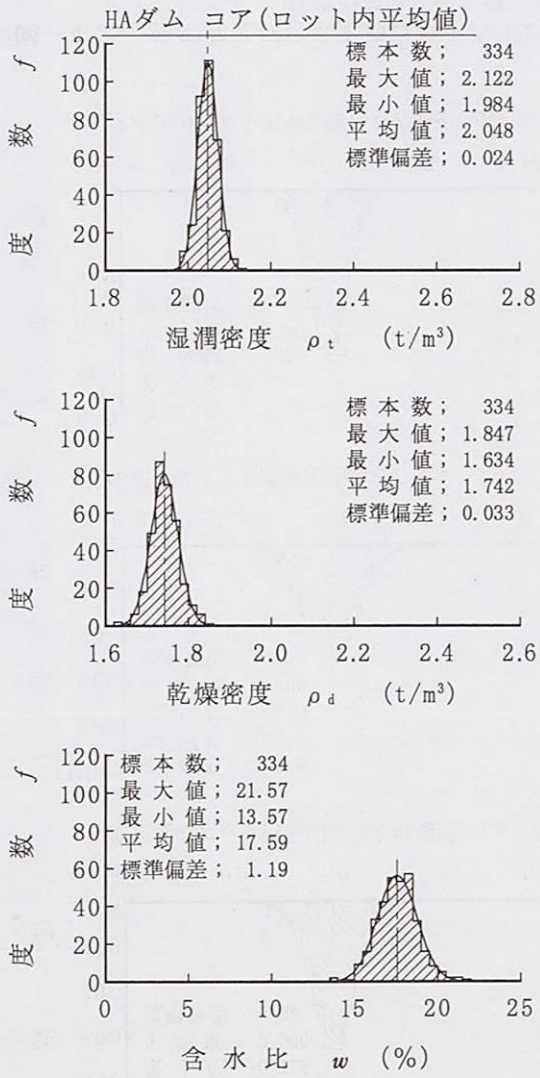
図－4.19 密度および含水比の分布
(コアゾーン:全データ)



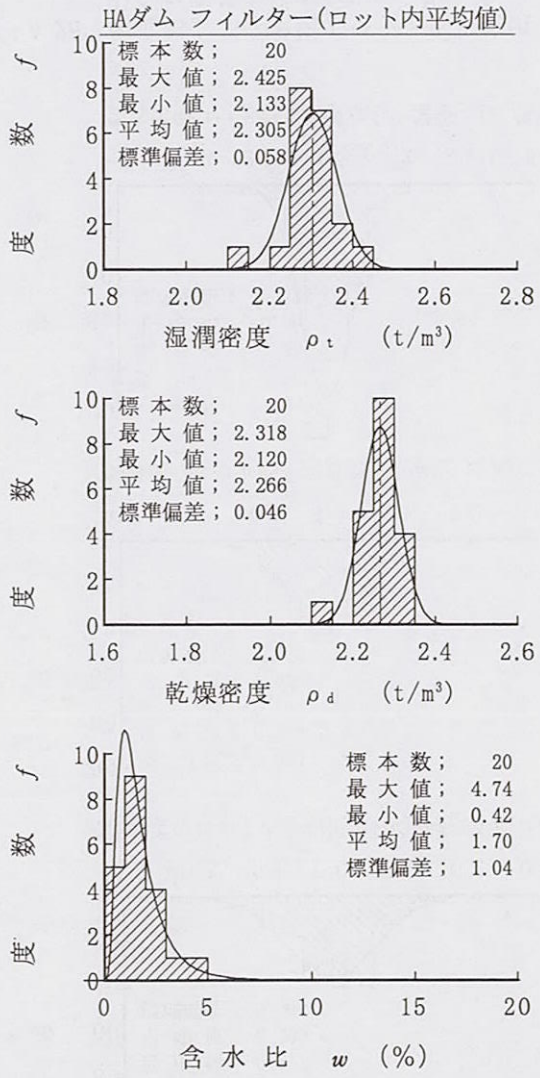
図－4.20 密度および含水比の分布
(フィルターゾーン:全データ)



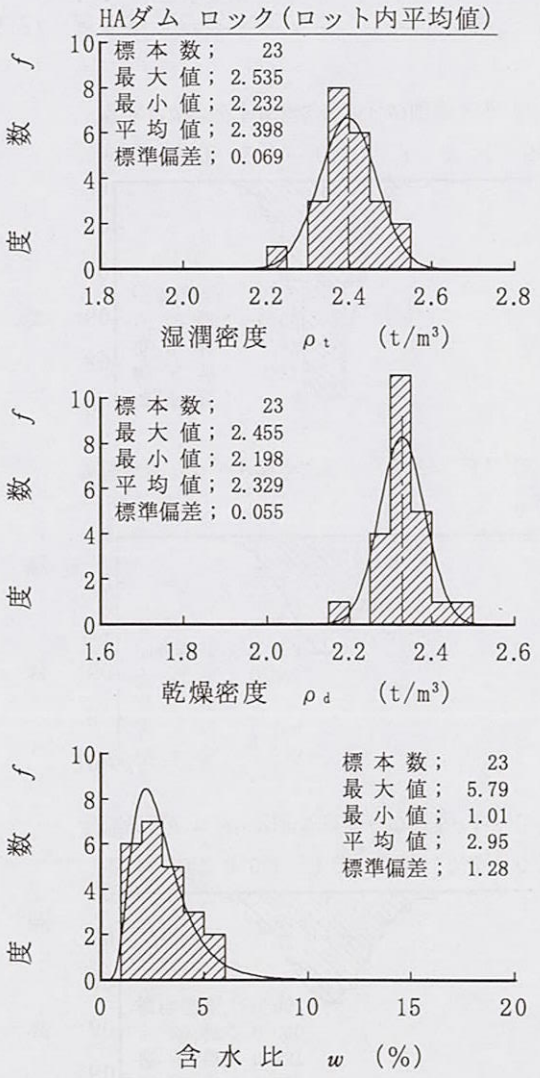
図－4.21 密度および含水比の分布
(ロックゾーン:全データ)



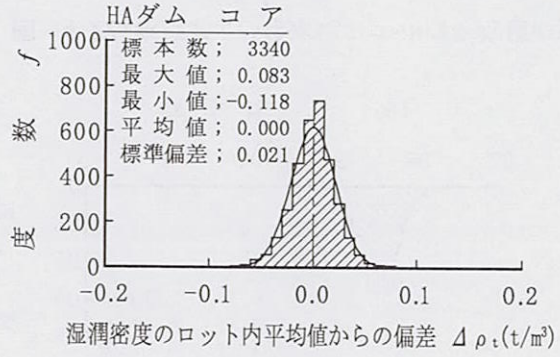
図－4.22 密度および含水比のロット内平均値の分布
(コアゾーン)



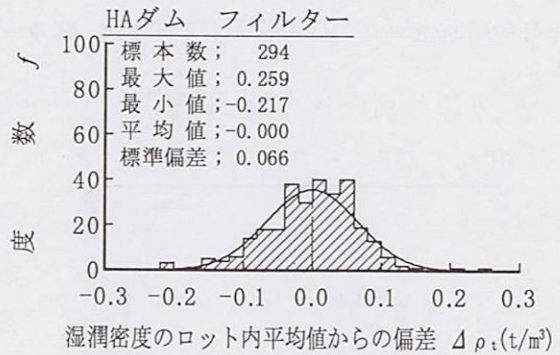
図－4.23 密度および含水比のロット内平均値の分布
(フィルターゾーン)



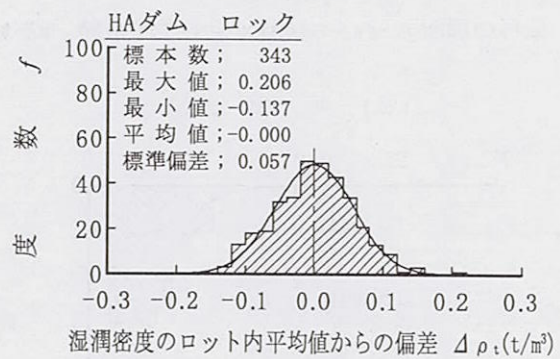
図－4.24 密度および含水比のロット内平均値の分布
(ロックゾーン)



図－4.25　密度および含水比のロット内平均値からの偏差の分布(コアゾーン)



図－4.26　密度および含水比のロット内平均値からの偏差の分布(フィルターゾーン)

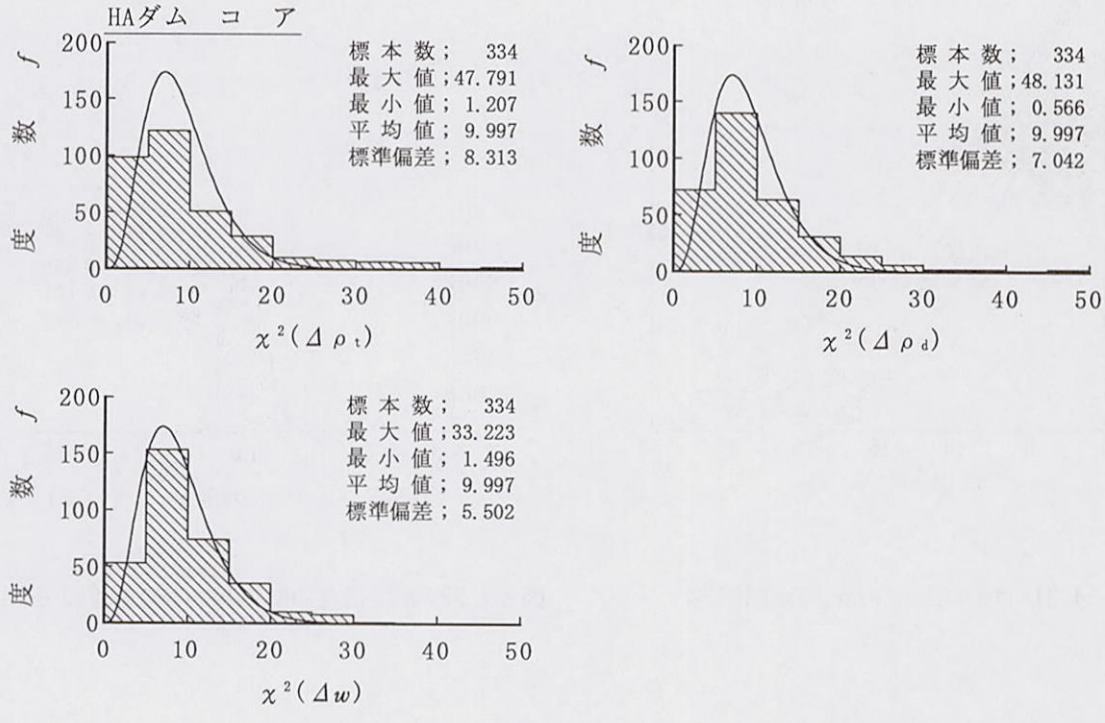


図－4.27　密度および含水比のロット内平均値からの偏差の分布(ロックゾーン)

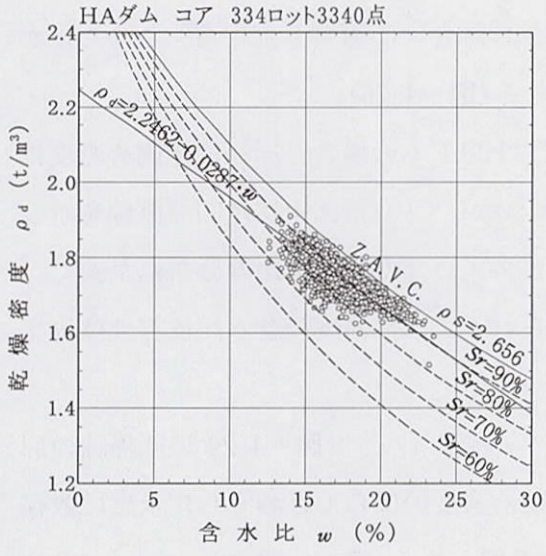
④　コアゾーンについてHOダムの場合と同様にして求めたχ^2値の分布は、自由度$\phi=n-1=9$(n：1ロットあたりの測定点数)の場合の理論曲線とよく適合している。このことからロット内の標本分散は安定していると判断される(**図－4.28**)。

⑤　乾燥密度ρ_d～含水比w図から、コアゾーンではHOダムの場合と同様に締固め密度には含水比依存性がみられ、細長い帯状の分布傾向を示している(図中には回帰直線を示している)。しかし、RI法によるフィルターやロックゾーンでは含水比の分布幅が狭く、コアゾーンやHOダムのフィルター、ロックにみられるような密度の含水比依存性はみえていない(**図－4.29** および**図－4.31**)。

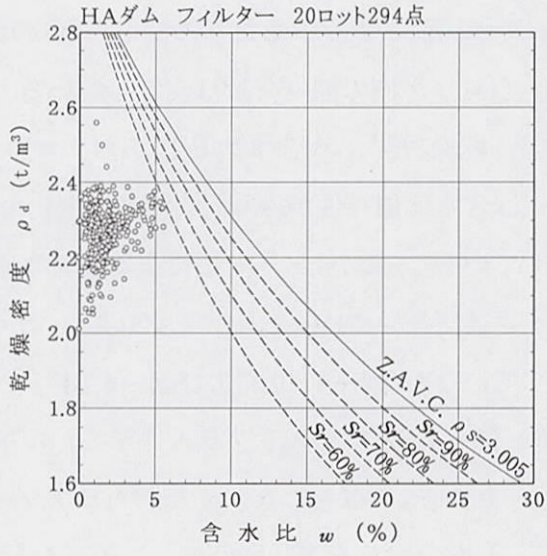
⑥　**図－4.32** のヒストグラムに示した標準偏差($\sigma=0.027$ t/m³)は**図－4.29** の回帰線の周りのρ_dのばらつき、すなわちコアゾーンの締固め密度のばらつきのうち含水比に依存しない成分を表している。このばらつきは全体のばらつき(**図－4.19** のρ_d：$\sigma=0.042$ t/m³)に対し分散比で約4割程度($0.027^2/0.042^2\fallingdotseq0.41$)である。いいかえれば、締固め密度のばらつきのうち含水比によるものが約6割を占めているといえる。



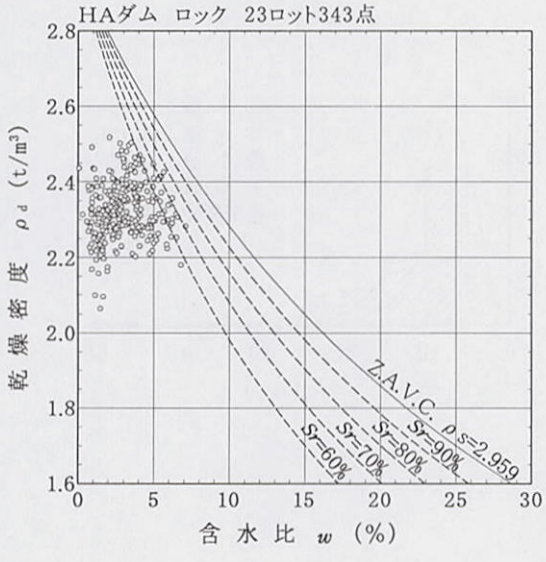
図－4.28　コアゾーンの密度、含水比の分散比(χ^2値)の分布



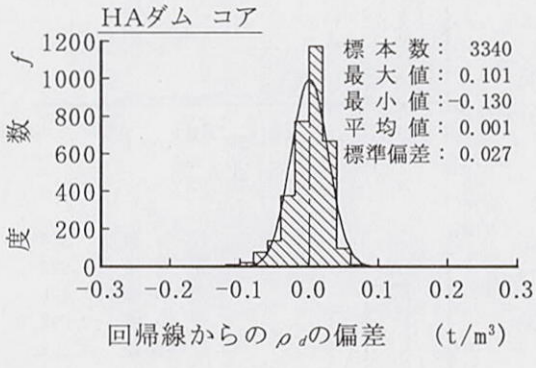
図－4.29 コアゾーンの ρ_d～w 関係(全データ)



図－4.30 フィルターゾーンの ρ_d～w 関係(全データ)



図－4.31 ロックゾーンの ρ_d～w 関係(全データ)



図－4.32 乾燥密度の回帰線からの偏差の分布

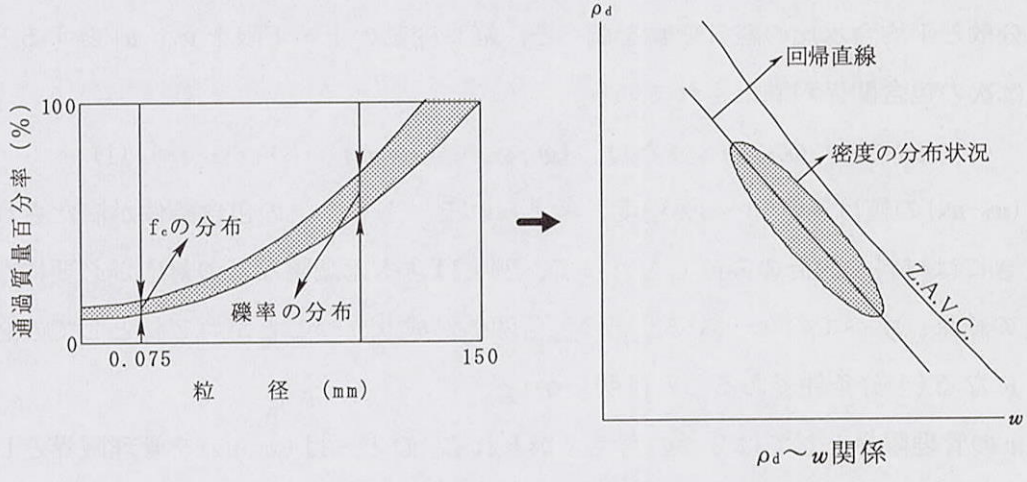
4.2.2 SRIDによるコアゾーンの統計的締固め管理の提案

前節までの検討等より、フィルダムのコア盛土は次のような基本的な性質をもつと考えられる。

① マクロ的にみれば基本的に同一の材料である(母岩の種類、粒子形状、風化度などの材質や性状が同じである)が、ロット間の変動は無視できない。

② しかし、粒度的にはかなりローカルなばらつきをもっている(粗粒材料、大型機械化施工、大量土工などに由来する)。

③ 粒度のばらつきによって、締固め特性が変化する。しかし、乾燥密度 ρ_d と含水比 w の間には密接な関係があり、両者の関係はほぼ直線で近似できる(**図－4.33**)。



図－4.33 粒度のばらつきと締固め特性との関係

④ 施工含水比 w にローカルなばらつきをもたらす第一の要因は、粒度のばらつきであると考えられる。したがって、上記②より、この含水比のばらつきは自然なものであるとみなさなければならない。先にも述べたように w は近似的に正規分布するとみなすことができる。

ここでは、HAダムを例にとって、以上の事柄を考慮したSRIDによるコア材の締固め品質の統計的管理手法の提案を述べる。この提案では、まず含水比の管理限界を決め、次にそれに依存する乾燥密度の管理限界を定めている。

(1) 含水比の管理限界

(a) 考慮すべき基本的要件

① 設計条件の確保

a. 遮水性(透水係数 k：w_{min} を規制)
b. 施工性(w_{max} を規制)
c. 強　度(粘着力 c、内部摩擦角 ϕ)

② 含水比の分布特性(正規性、分散の大きさ)

③ 経日変動(平均含水比)

④ 自然含水比施工(不可であれば含水比調整または材料のみ直しが必要である)

(b) 管理限界の考え方

① 盛立試験を実施して設計条件を満たす含水比レンジ(w_1～w_2)を明らかにする。施工含水比 w は常に $w_1 < w < w_2$ でなければならない。この意味で(w_1, w_2)を絶対限界と呼ぶ。

② 初期施工の段階で1ヶ月間の多点数(1ロット10点以上)のデータを収集して、含水比の分散と平均含水比の経日変動を調べる。経日変動の上・下限を w_a、w_b とすると、一般には次の包含関係が満たされている。

$$w_1 < w_a < w_b < w_2 \quad \text{または、} (w_a, w_b) \subset (w_1, w_2) \qquad \cdots\cdots\cdots (1)$$

($w_b - w_a$)の値は通常 3～5%程度と考えられる。もし、上の包含条件が満たされないときには材料や設計のみ直しを行って、例えば含水比調整などの対応が必要になる。その結果、すべてのケースで上記の包含関係が成り立つことがコア材としての必要条件になる(十分条件であることは明らか)。

③ w の管理限界としては2つの考え方がとれる。ひとつは(w_1, w_2)を管理限界として採用することである。設計上はこれで問題はないはずである。しかし、レンジ(w_a, w_b)が余裕をもって(w_1, w_2)に包含される場合には、(w_a, w_b)をベースにして管理限界を決める方がより自然な場合がある。例えば管理限界 w_A、w_B を次のように設定する。

$$w_A = w_a - \alpha \cdot \sigma_w / \sqrt{n}$$
$$w_B = w_b + \alpha \cdot \sigma_w / \sqrt{n} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (2)$$

ここで、σ_w は w のデータ分散(標準偏差)、n は管理点数、α は信頼度を保証するための係数である。信頼度は 95%($\alpha = 1.96$)もしくは 99%($\alpha = 2.58$)のどちらかにすればよい。$n \geqq 10$ の管理ではどちらを用いてもあまり差のない結果になる(丸めや余裕しろのため)。(w_A, w_B)を(w_1, w_2)と対比して仮に管理限界と呼ぶ。管理限界のメリットは次の2つの点にある。

a)絶対限界を決めるのは一般に困難である。

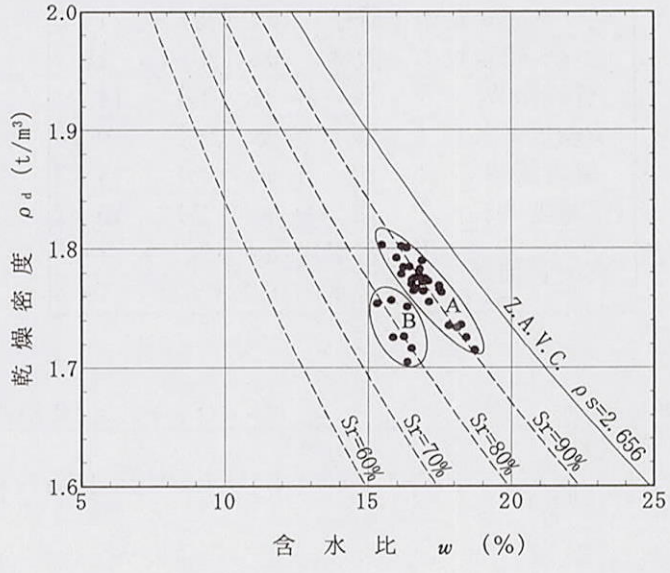
b)絶対限界との差が大きいときには品質の経時変動に注意が喚起され易くなるという

意味でより厳しい管理になり、ダムの均質性を高める効果が期待できる。

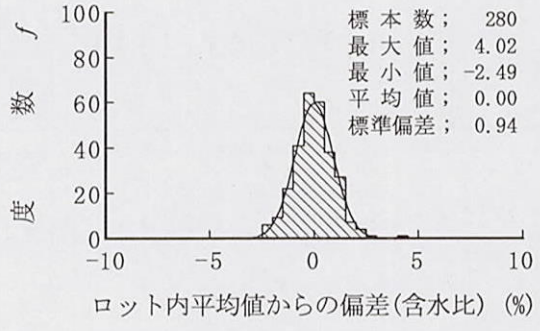
しかし、管理限界をはずれたとしても、即、品質不良と断じて排除しなくてもよく、絶対限界に入っていればその原因やその後の変動を追跡することによって許容してかまわない。この意味で、ある程度のフレキシビリティをもつ管理限界であるともいえる。

(C) ＨＡダムの事例

HAダムで得られたコアゾーンのSRIDによる管理データ 334 ロットのうち、最初の約１ヶ月間のロット(ロット No. 35 まで)平均データを ρ_d～w 図上にプロットすると、**図－4.34** に示すように２つのグループに分かれる。両者の飽和度 Sr には明らかな差があり、これは材料が異なっていることを示唆している。そこで、大多数を占めているＡグループのデータ(28 ロット 280 点)を用いて含水比 w の管理限界を決める。



図－4.34　ρ_d～w 図(ロット内平均値：ロット No. 35 まで)



図－4.35　母分散の推定(Ａグループ)

① w の平均値は日ごとに変動するが、日内(ロット内)の分散は変わらないと仮定する。**図－4.35** は個々の含水比のロット内平均値からの偏差、全 280 点分のヒストグラムである。図からロット内の標準偏差すなわち母標準偏差は σ_w＝0.94%であることがわかる。

② **図－4.36** からロット内平均値の最小値は w_a＝15.5%、同最大値は w_b＝18.7%となっており、日間変動のレンジは 3.2%となっている。

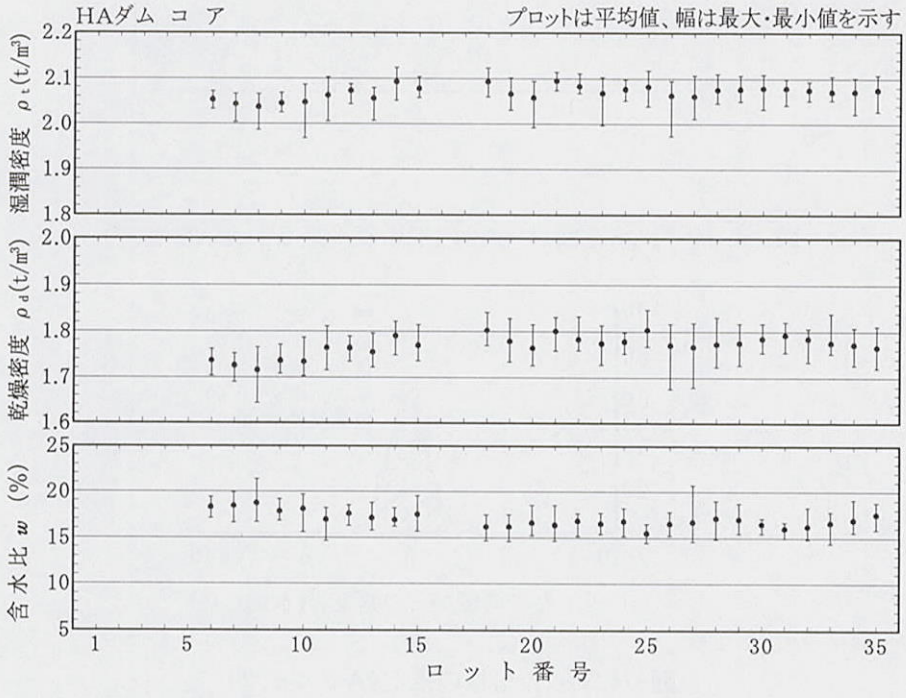
③ これらを用いて式(2)から w_A と w_B を求める(ただし、管理点数はロット内変動の大きさや、管理のスピードアップと施工との調和などを考慮して n＝10 とした)。

④ 0.5%ピッチで丸めを行うと w の管理限界は(w_1, w_2)＝(14.5%, 19.5%)となる。 上下限差は 5%である。

以上の結果を**表－4.5** にまとめた。

表－4.5 含水比管理限界の試算例(n＝10 のとき)

含水比の母標準偏差	σ_w (%)	0.94
ロット間変動の下限値	w_a (%)	15.5
ロット間変動の上限値	w_b (%)	18.7
管理限界(信頼度95%)	下限界 w_A (%)	14.92
	上限界 w_B (%)	19.28
管理限界(信頼度99%)	下限界 w_A (%)	14.73
	上限界 w_B (%)	19.47
実用管理値	下限含水比 w_A^* (%)	14.5
	上限含水比 w_B^* (%)	19.5



図－4.36 コア材の密度、含水比のロット間変動(Aグループ)

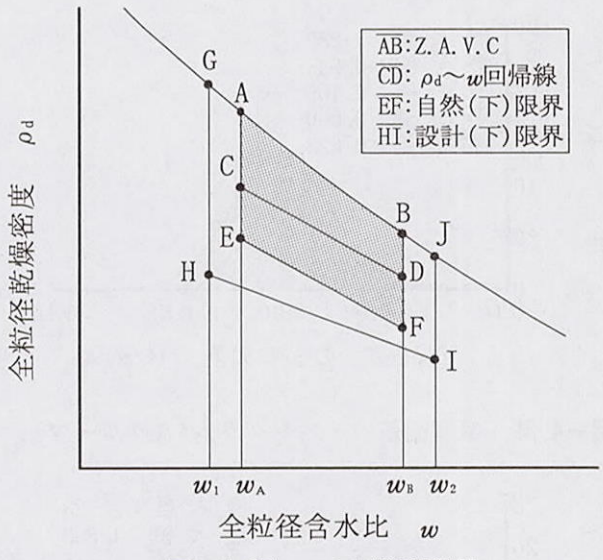
（2）乾燥密度の管理限界

(a) 管理限界の考え方

含水比 w の場合と同様に、乾燥密度 ρ_d に関しても自然なばらつきが存在する。その他に、ρ_d は w に強く依存するという事実を考慮する必要がある。したがって、ρ_d の母分散は単にロット内の ρ_d の分散から求めるのではなく、ρ_d〜w 関係の偏差分散を用いるのが自然である。

図－4.37 に密度の管理限界を概念的に示す。図のAEFBが管理限界、GHIJは設計限界である。EFとHI が交差するときには設計のみ直しが必要である。逆に両者の開きが大きすぎる場合も設計を見直す必要がある。多少の余裕をもって、EFとHI が接近しているのが最も望ましい条件といえる。いわゆる最適設計と考えられる。

なお、w の場合と同様に（あるいはそれ以上に）ρ_d の絶対限界を求める作業は経済的な面で制約が大きく、大変な困難を伴うことが予想される。逆に管理限界を少し拡大した点で所要の品質が確保できることをチェックする方が現実的である。

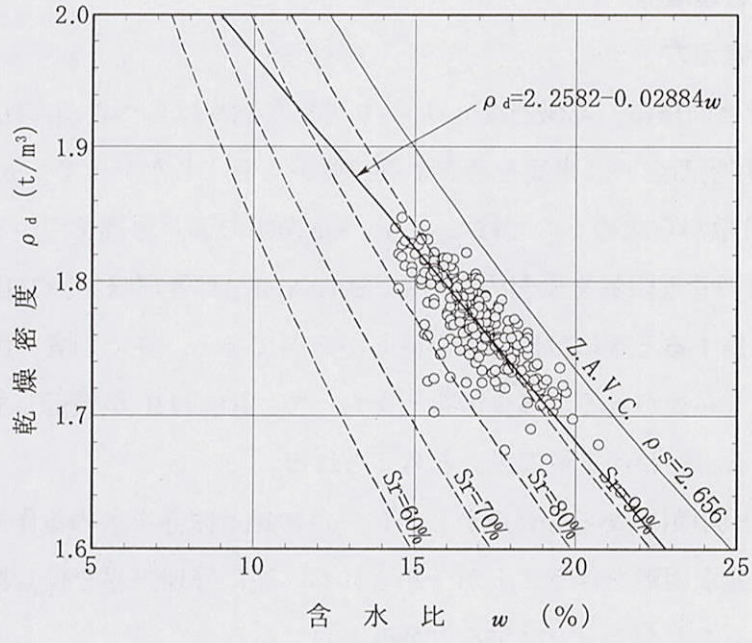


図－4.37 ρ_d の管理限界

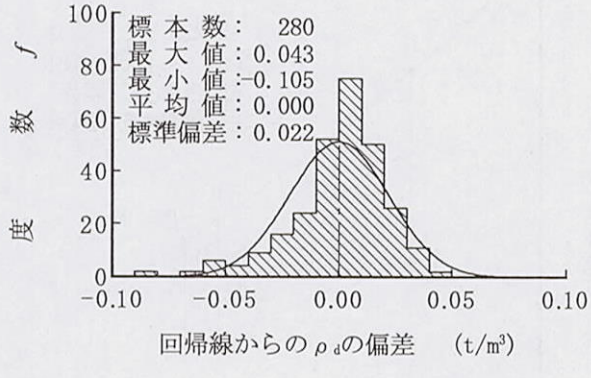
(b) ＨＡダムの事例

図－4.38 にAグループの全データの乾燥密度 ρ_d〜含水比 w 関係を示す。これより求められる回帰線からの密度偏差のヒストグラムを描くと**図－4.39** のようになる。また、Aグループの ρ_d のロット平均値の分布を**図－4.40** に示す。回帰線とEF線（管理下限線）の距離（密度差：$\Delta\rho_d$）は回帰線からの ρ_d の偏差のばらつきとロット間の ρ_d のばらつきを考慮して次の式から求める。

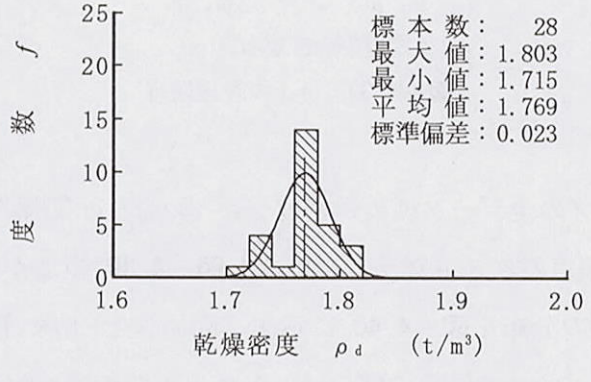
$$\Delta\rho_d = \rho_d(C) - \rho_d(E) = \rho_d(D) - \rho_d(F) = \alpha_1 \cdot \sigma_1 / \sqrt{n} + \alpha_2 \cdot \sigma_2 \quad \cdots\cdots(3)$$



図－4.38　ρ_d～w 関係（Aグループ全データ）



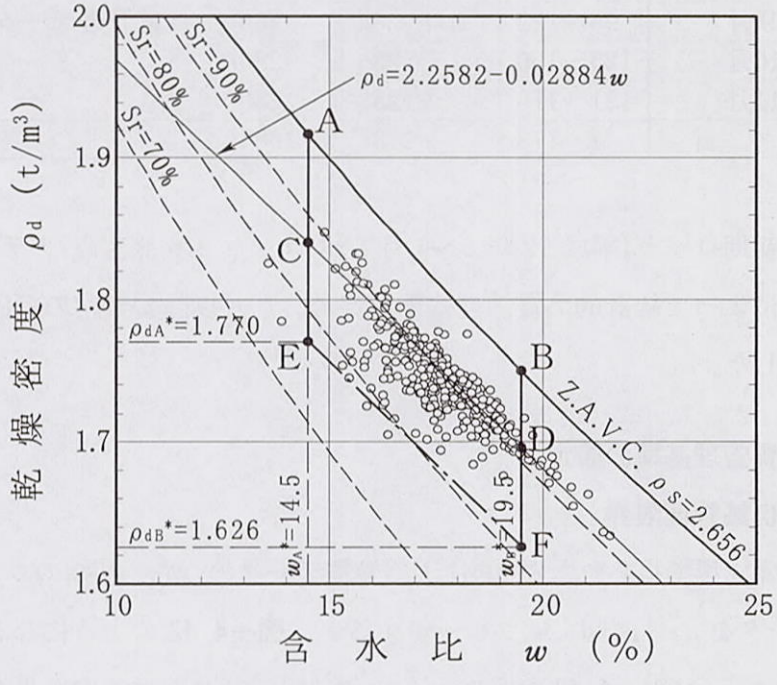
図－4.39　密度偏差のヒストグラム（Aグループ）



図－4.40　乾燥密度（ロット内平均値）のヒストグラム（Aグループ）

ここに、α_1、α_2は信頼度を保証するための係数、σ_1はρ_dの回帰線からの偏差のばらつき(**図－4.39** に示した標準偏差)、σ_2はロット平均値のばらつき(**図－4.40** に示した標準偏差)である。ここでは$\alpha_1=\alpha_2=2.33$(片側99%)とした。

含水比とあわせて得られた管理限界を**図－4.41** に示す。図には、あわせてロット平均値全334 ロット分をプロットしている。含水比の上限値を超えているものがやや多く出現している。これらのデータの大部分は**図－4.17** からわかるように、ロット No.300 以降のものであり、このあたりから材料特性が変化していることを示している。



図－4.41　管理限界と締固め密度の分布

4.3 ＳＵダムの例

SUダムでは、平成12年5月から11月まで、コアゾーンで実施工に沿って施工ロットごとにSRIDによる測定を行った。得られたデータの数量を**表－4.6**に示す。1ロットあたりの測定点は原則10点であるが、施工上等の理由で10点に満たないロットも存在する。

表－4.6 ＳＵダムコアゾーンSRID測定数量

測定時期	ロットNo.	ロット数	測点数	検討項目
平成12年５～６月	1～ 28	28	216	統計的品質管理基準の設定
平成12年７月	29～ 58	30	268	日常管理データの分析
平成12年８月	59～ 94	36	360	
平成12年９月	95～122	28	280	
平成12年10月	123～150	28	280	
平成12年11月	151～178	28	280	
合　　計	1～178	178	1684	

このダムでは初期ロット(平成12年5～6月：28ロット216測定点)のデータから、**4.2.2**で説明した手法によって統計的品質管理基準を定め、7月以降の日常の締固め管理データにこの基準を適用した。

4.3.1 統計的品質管理基準の設定

（1）含水比の自然管理限界

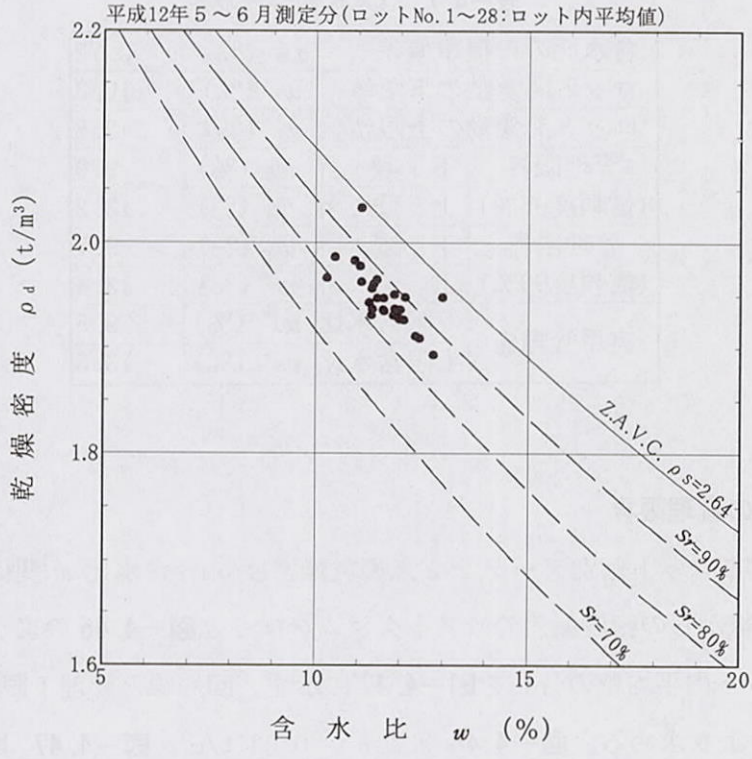
ＳＵダムコア盛立場で得られたSRIDによる管理データのうち、初期のロット(ロットNo.1～28)内平均データをρ_d～w図上にプロットすると、**図－4.42**のようになる。これより、全28ロット中2ロット分(**図－4.49**参照ロットNo.4および21)だけ傾向が異なっていることがわかる。したがって、以降の検討はこれらのロットを除いた26ロット202点のデータを用いて行った。傾向が異なる2ロット分のデータについてはその原因について推定される事項を後に述べる。

① **図－4.43**は、含水比wのロットごとの平均値の分布を示している。これより、最小値w_a＝10.3%、最大値w_b＝12.8%となっており、日間変動のレンジは2.5%となっている。

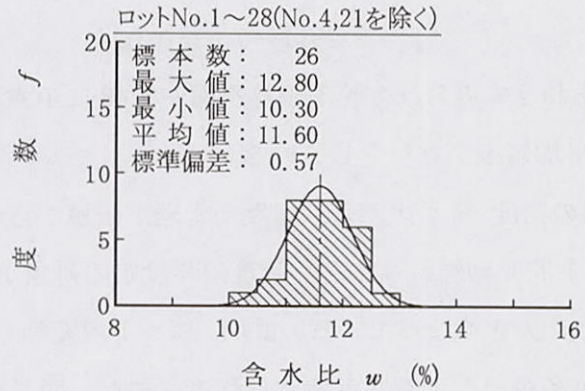
② **図－4.44**は、個々の含水比のロット内平均値からの偏差、全202点分の分布を示している。図からロット内の標準偏差はσ_w＝0.72%である。

③ これらを用いて式(2)からw_Aとw_Bを求め、0.5%ピッチで丸めを行うとwの管理限界は(w_A, w_B)＝(9.5%, 13.5%)となる。上下限差は4%である。

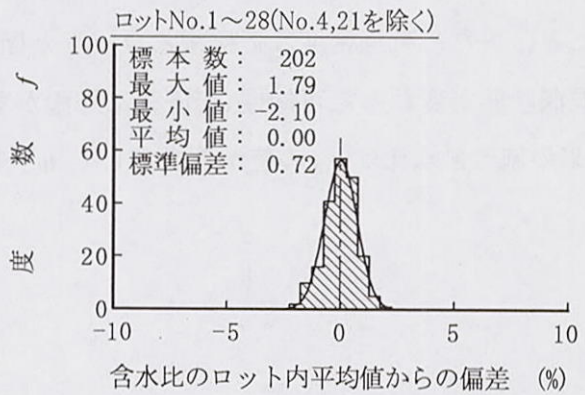
以上の結果を**表－4.7**にまとめて示す。



図－4.42　初期ロット分の ρ_d～w 関係(ロット内平均値)



図－4.43　含水比(ロット平均値)のヒストグラム



図－4.44　含水比のロット内平均値からの偏差の分布

表－4.7　含水比の管理限界

含水比の母標準偏差　σ_w（%）		0.72
ロット間変動の下限値　w_a（%）		10.3
ロット間変動の上限値　w_b（%）		12.8
管理限界（信頼度95%）	下　限　界 w_A（%）	9.9
	上　限　界 w_B（%）	13.2
管理限界（信頼度99%）	下　限　界 w_A（%）	9.7
	上　限　界 w_B（%）	13.4
実用管理値	下限含水比 w_A^*（%）	9.5
	上限含水比 w_B^*（%）	13.5

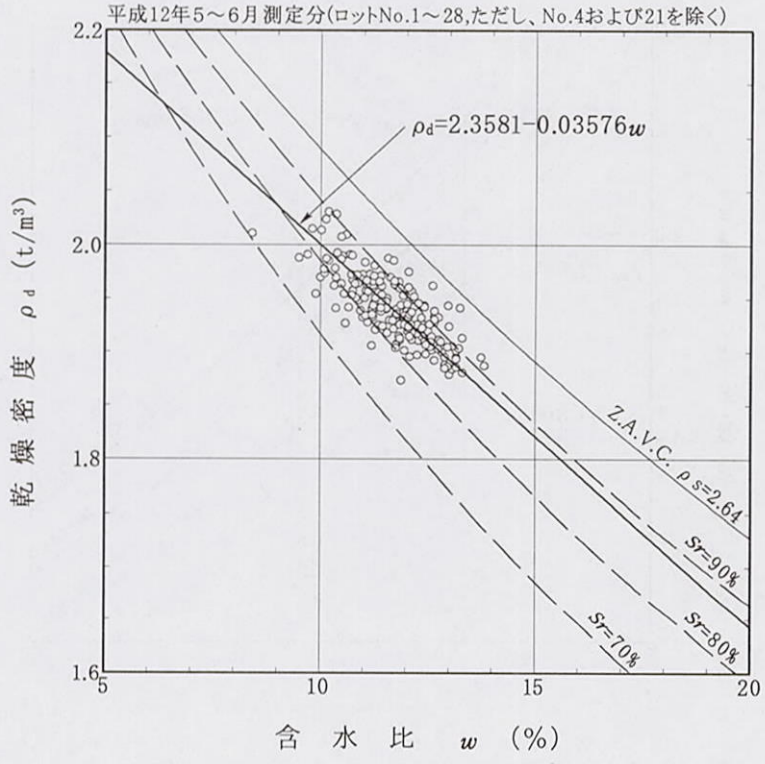
（2）乾燥密度の管理限界

図－4.45 に初期ロット個別データ 202 点の乾燥密度 ρ_d～含水比 w 関係を示す。これより求められる回帰線からの密度偏差のヒストグラムを描くと**図－4.46** のようになる。また、これらの ρ_d のロット内平均値の分布を**図－4.47** に示す。回帰線と管理下限線の距離(密度差：$\Delta\rho_d$)は、式(3)より求める。**図－4.46** より $\sigma_1=0.021$t/m^3、**図－4.47** より $\sigma_2=0.022$ t/m^3 である。したがって、$\Delta\rho_d=0.067$ t/m^3 となり、ρ_d の管理下限界 ρ_{dmin} は、

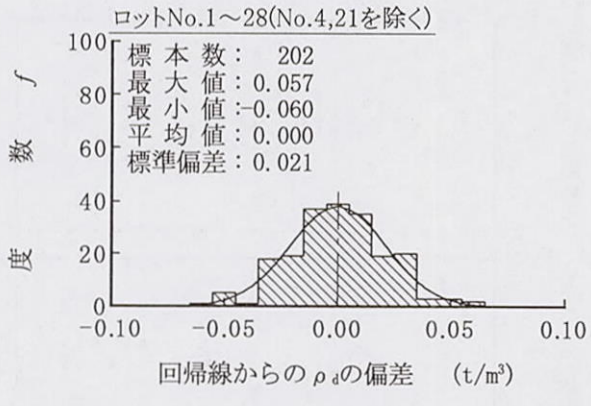
$$\rho_{dmin}=2.2911-0.03576\cdot w$$

と表される。含水比とあわせて得られた管理限界を**図－4.48** に示す。図には、あわせて初期 28 ロット分のロット内平均値をプロットしている。

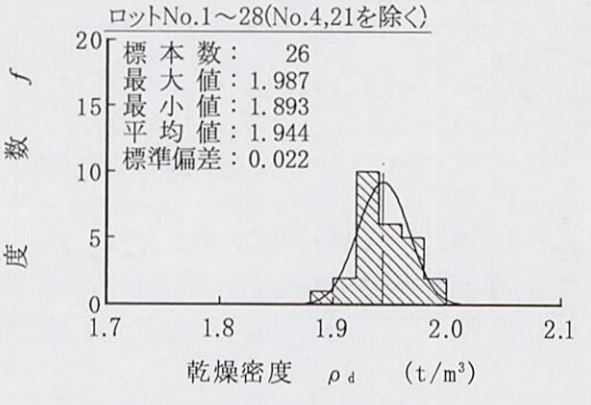
また、初期 28 ロットの密度、含水比および密度の管理下限値からの偏差のロット間変動を**図－4.49** に示す。ロット間変動図をみると、管理限界設定の対象からはずしたロット No.4 では他に比べ密度が著しく大きくなっている。また、ロット内変動も大きいことから、このロットは他に比べ粗粒分が多かった可能性が考えられる。また、同じく検討対象外としたロット No.21 では、近接するロットに対し含水比が大きくなっている。このロットでは含水比のロット内変動が小さいこと、また、乾燥密度は近接するロットと極端に差がないことから、転圧時と密度測定時で湿潤状態が変わった可能性(転圧後に降雨がありその直後に密度測定した等)が考えられ、本来の施工含水比は ρ_d の値から推定して $w=11$～12%程度であったと推定される。



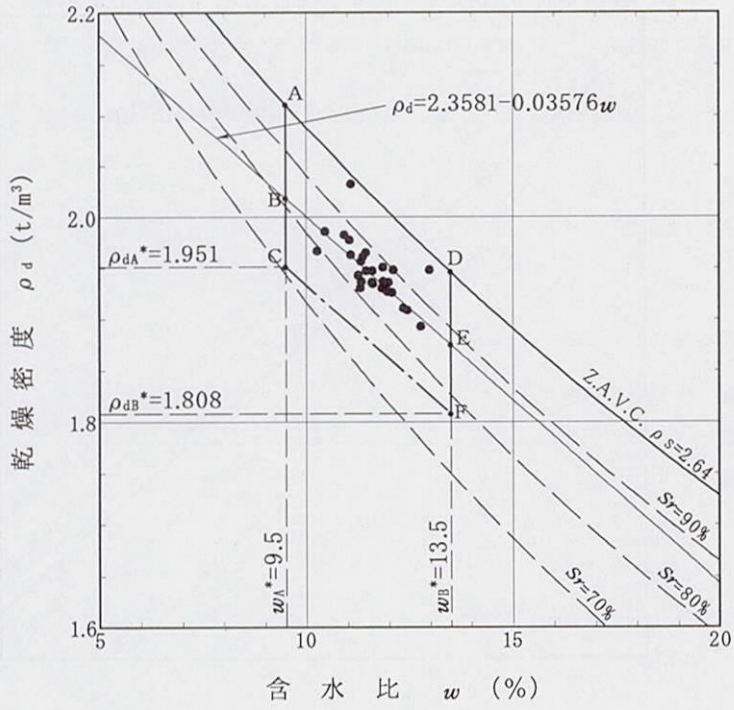
図－4.45 初期ロット分の ρ_d～w 関係



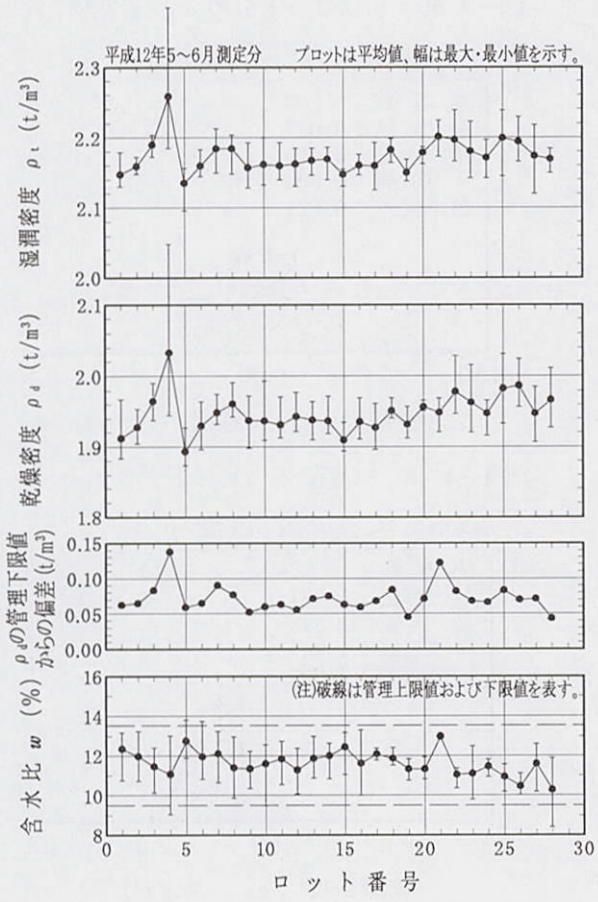
図－4.46 密度偏差のヒストグラム



図－4.47 乾燥密度(ロット内平均値)のヒストグラム



図－4.48　管理限界と初期ロット分の ρ_d～w 関係



図－4.49　密度および含水比のロット間変動(ロット No. 1～28)

4.3.2 日常管理データの整理

日常管理として平成 12 年7月～11 月に収集された締固め密度データ(ロット No.29～178 の 150 ロット 1468 測点)を対象として、これらのデータを1箇月ごとに以下の図にとりまとめた。

図－4.50(a)～(e)：管理限界と乾燥密度 ρ_d～含水比 w 関係

図－4.51(a)～(e)：密度、含水比のロット間変動

また、初期ロットも含め全178 ロットの ρ_d～w 関係を**図－4.52** に、ヒストグラムを**図－4.53** に示す。これらの結果から指摘される事項を要約すると次のことが言える。

① 平成 12 年7月測定分のデータには、含水比が他に比べ際立って低いロットが2点あり、そのうちの1点(ロット No.47)は含水比の管理下限値を下回っている。しかし、下限値との差はわずかであり、先にも述べたように管理限界は設計限界に対し若干の余裕があるため、設計限界まで外れたと考えるのは不自然である。また、ロット間変動図からこれに近接するロットは管理限界値から十分な余裕がある。したがって、このロットは一時的に含水比が低下しただけで品質は十分許容できるものと判断される。

② 平成 12 年8月測定分には、密度、含水比とも管理下限値に近いデータが3ロットあり、これらのロットは連続したものとなっている(ロット No.79～81)。このことから、これらのロットは一時的に何らかの原因で他と材料特性がやや異なってしまったものと推測される。ρ_dの管理下限値からの余裕は7月までのデータに比べると全体的に小さくなっている。とくに期間の後半は多くのデータが 0.05 t/m^3 程度かもしくはそれ以下の値を示している。

③ 平成 12 年9月測定分は、ρ_d～w 関係が細長い帯状を示しており、ρ_dの w 依存性が最もよく現れたデータとなっている。ρ_dの管理下限値からの余裕値はロット間変動が他の期間に比べて小さく、一部を除いて 0.05 t/m^3 前後の値を示し、この期間の盛土品質が安定していることを示している。

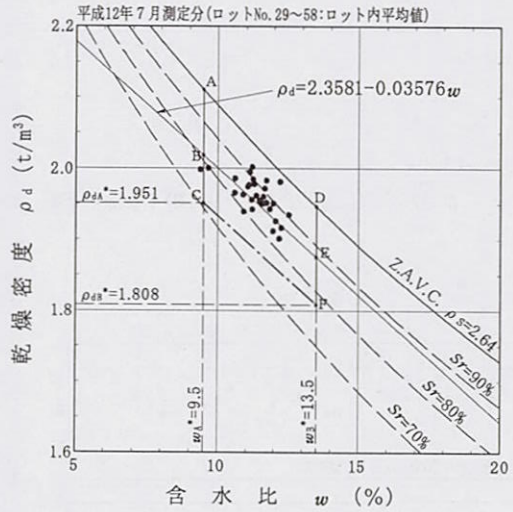
④ 平成 12 年 10 月の ρ_d～w 関係は管理限界内の中央部に密集した形となっている。このことは、この期間の盛土品質が安定し、しかも均質性が高いことを示している。ρ_d は管理下限値から 0.05t/m^3 以上の余裕をもつデータが多くなっている。

⑤ 平成 12 年 11 月測定分では、ρ_d～w 関係をみると当初の回帰線よりもやや下側に帯状分布している。ρ_dの管理下限値からの余裕は後半で 0.05t/m^3 を下回るものが多くなっているが、十分な余裕を有している。含水比も上限、下限とも十分に余裕があり、この期

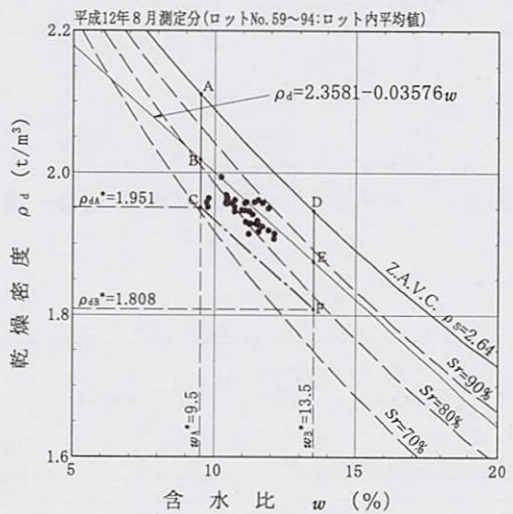
間の盛土品質も安定しているものと判断される。

⑥ 全ロットのρ_d～w関係は一部を除いて帯状に分布しており、ρ_dのw依存性が再確認できる。また、密度および含水比のヒストグラムから、これらのデータの分布の正規性も再確認できる。

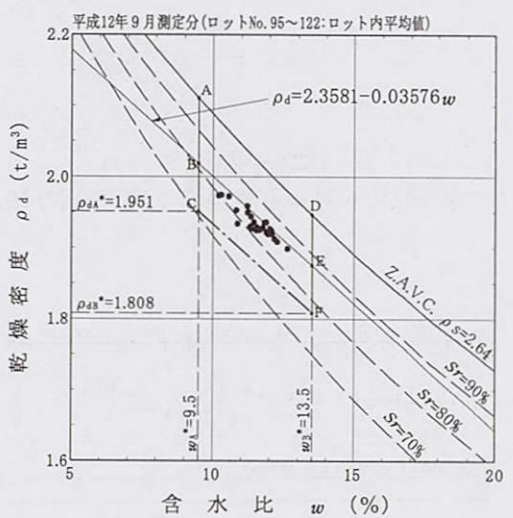
⑦ 以上の考察から、ＳＵダムのコア盛土はこれまで安定した品質を保っていると判断して差し支えないものと考えられる。管理限界からわずかに外れるロットが１点だけあったが、一時的な現象であり、また絶対限界内には収まっていると考えられる。



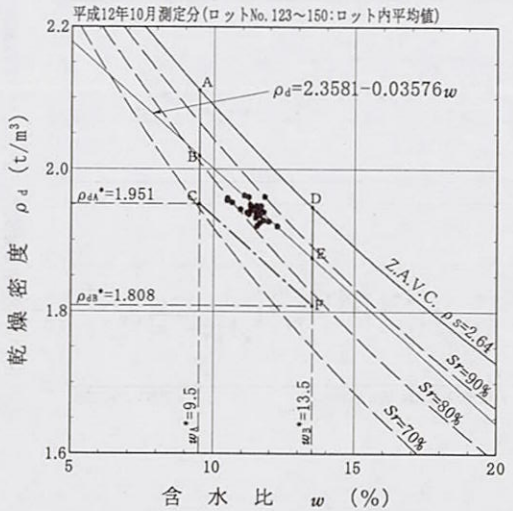
図－4.50(a) 管理限界と ρ_d～w 関係（ロット No. 29～58）



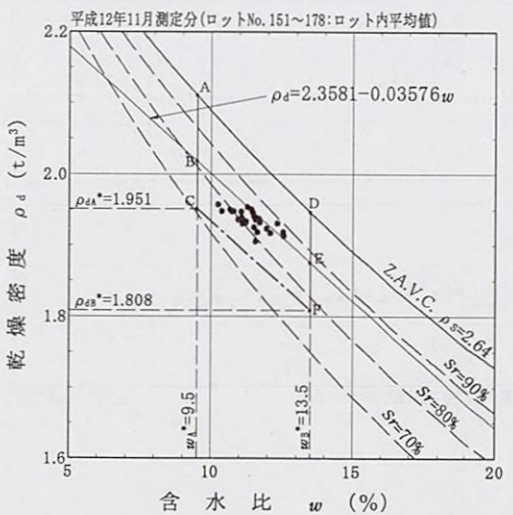
図－4.50(b) 管理限界と ρ_d～w 関係（ロット No. 59～94）



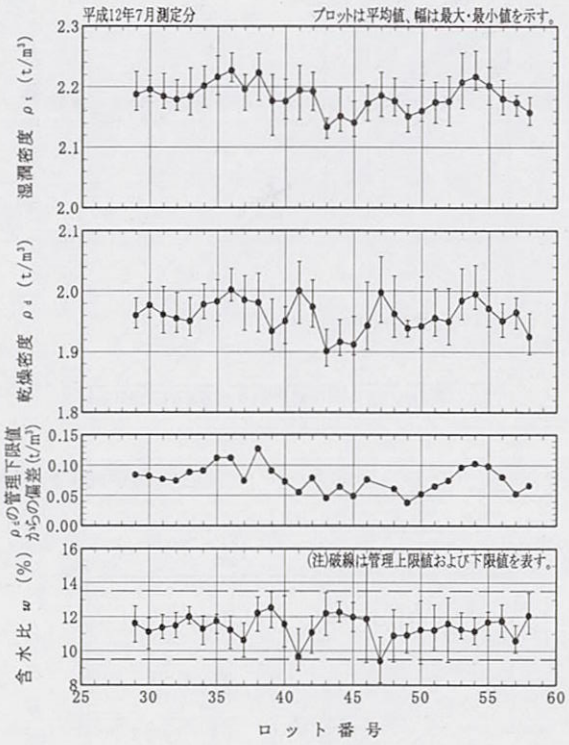
図－4.50(c) 管理限界と ρ_d～w 関係（ロット No. 95～122）



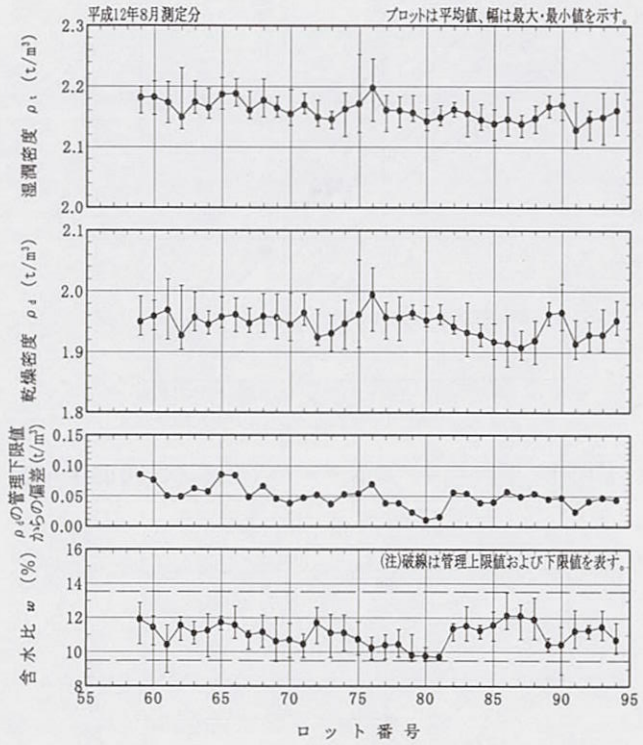
図－4.50(d) 管理限界と ρ_d～w 関係（ロット No. 123～150）



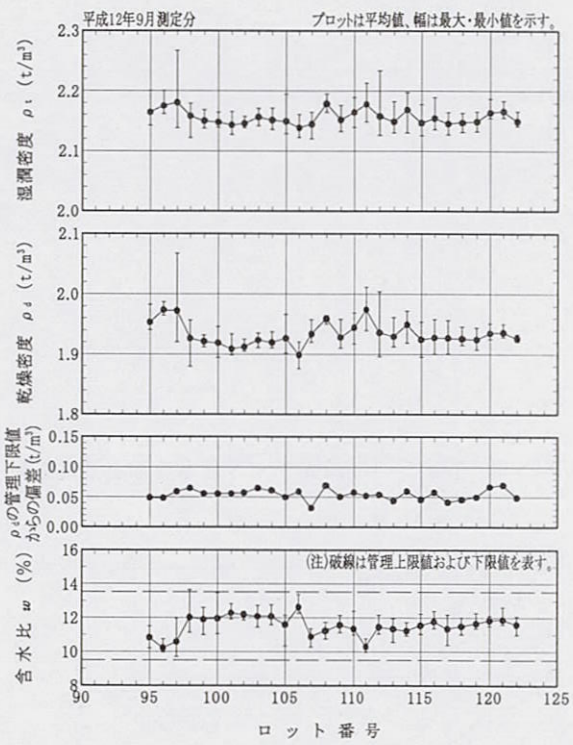
図－4.50(e) 管理限界と ρ_d～w 関係（ロット No. 151～178）



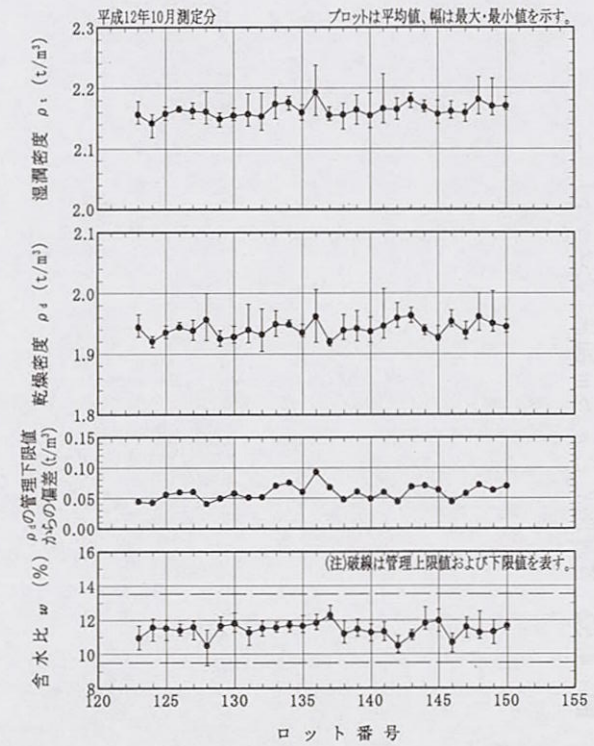
図－4.51(a) 密度および含水比のロット間変動
(ロット No.29～58)



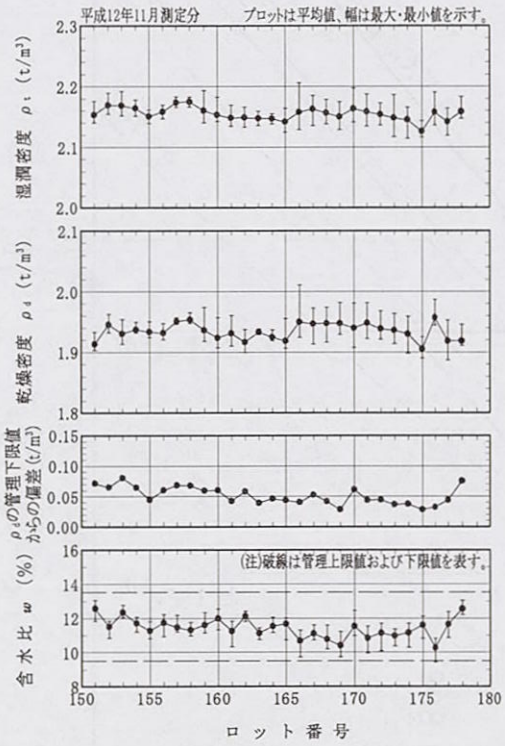
図－4.51(b) 密度および含水比のロット間変動
(ロット No.59～94)



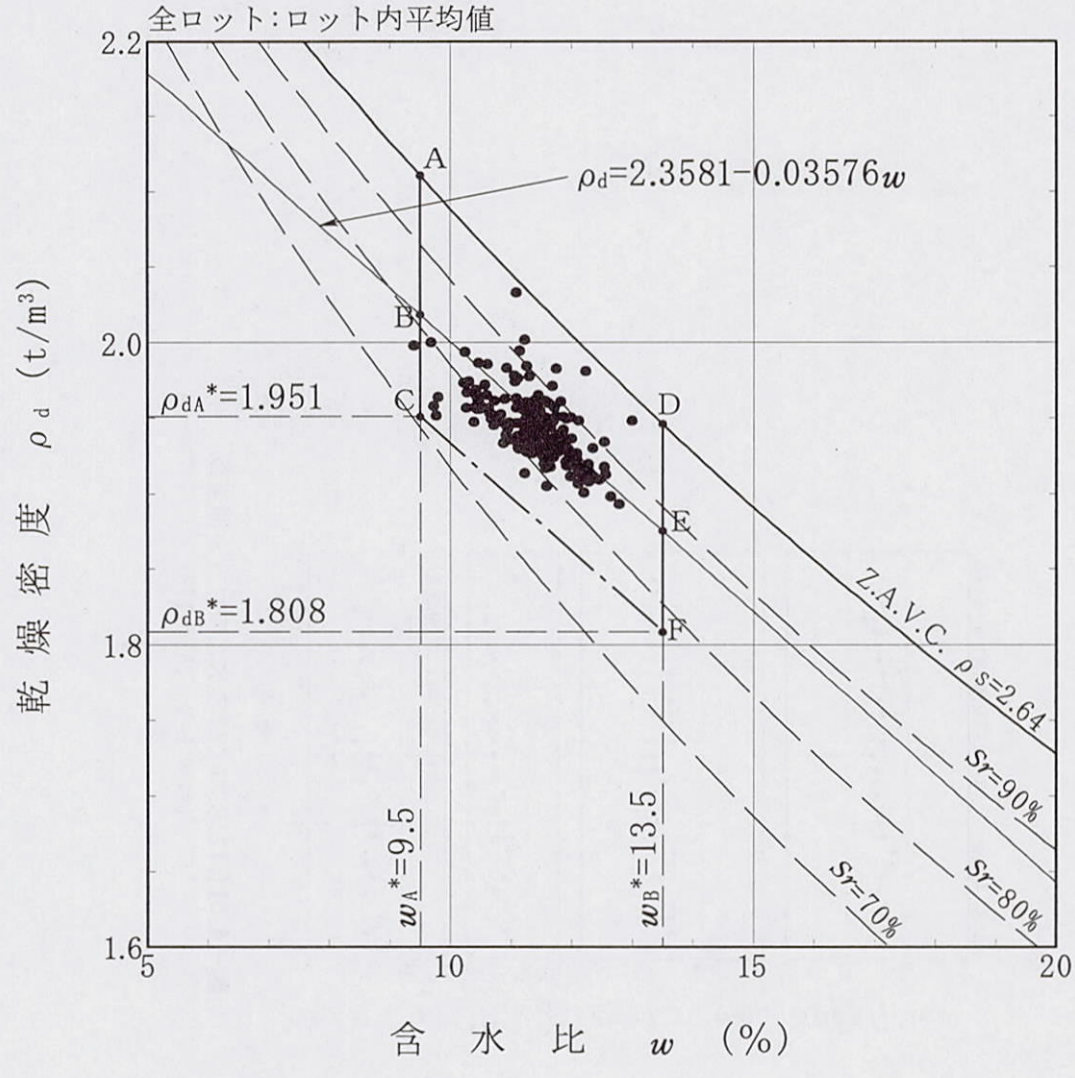
図－4.51(c) 密度および含水比のロット間変動
(ロット No.95～122)



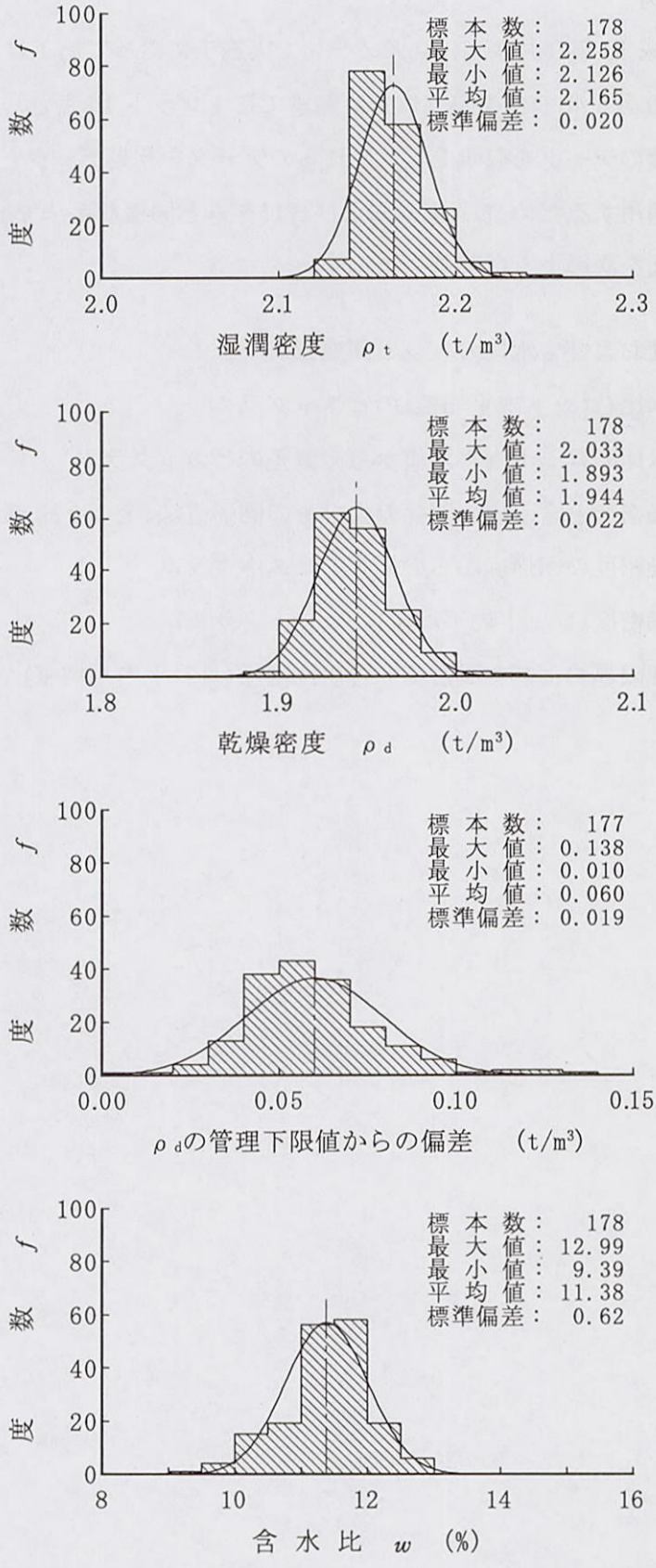
図－4.51(d) 密度および含水比のロット間変動
（ロットNo.123～150）



図－4.51(e) 密度および含水比のロット間変動
（ロットNo.151～178）



図−4.52 管理限界と ρ_d〜w 関係(全ロット)



図－4.53 密度および含水比の分布(ロット内平均値：全ロット)

4.4　ＣＹダムの例

CYダムでは、平成12年9月から、コアゾーンで実施工に沿って施工ロットごとにSRIDによる測定を行い、10月下旬の冬季盛立休止直前までに1ロット10点として36ロット360測定点分の締固め密度のデータを収集した。これらのデータを初期データとして、平成13年以降の締固め管理に適用するため、HAダムおよびＳＵダムと同様な手法で統計的品質管理基準を設定した。関連図を次のように整理して示す。

図－4.54　密度および含水比のロット間変動

図－4.55　含水比(ロット内平均値)のヒストグラム

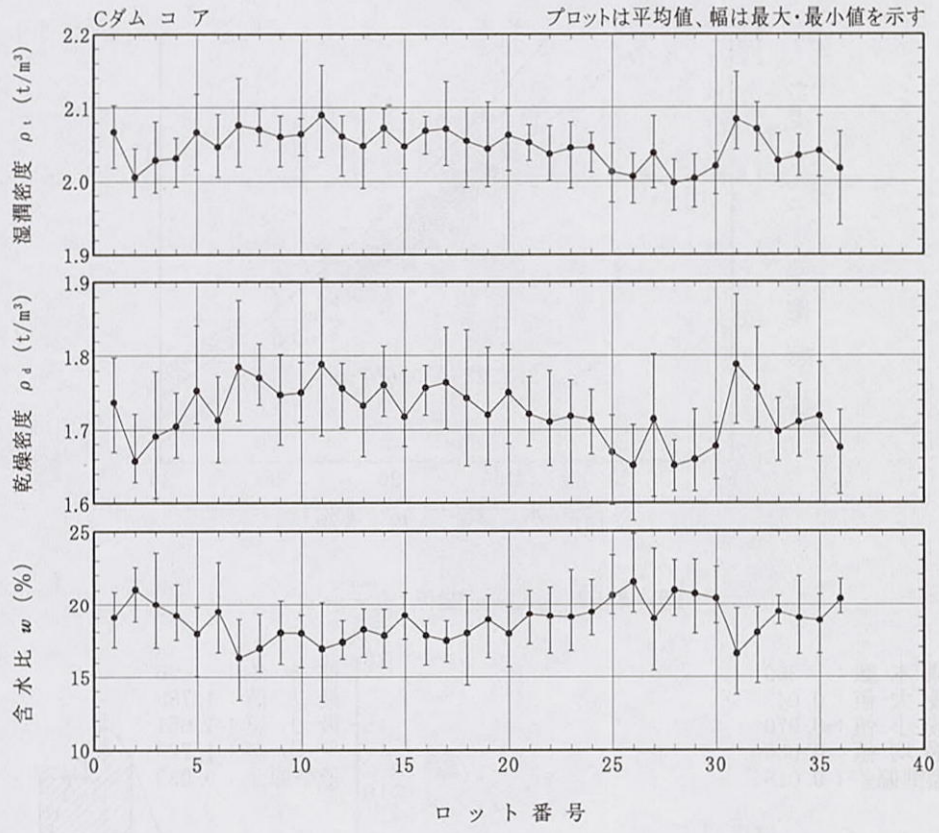
図－4.56　含水比のロット内平均値からの偏差のヒストグラム

図－4.57　乾燥密度と含水比の関係およびその回帰直線(全360測定点)

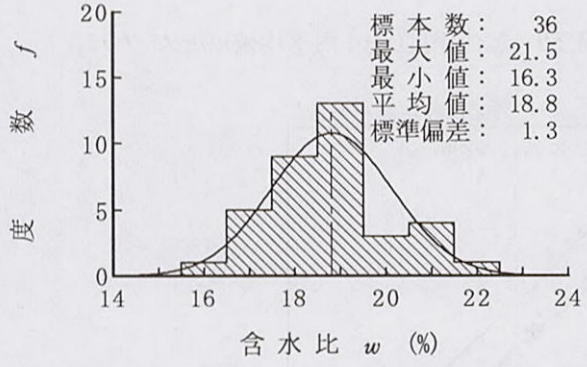
図－4.58　乾燥密度の回帰線からの偏差のヒストグラム

図－4.59　乾燥密度(ロット内平均値)のヒストグラム

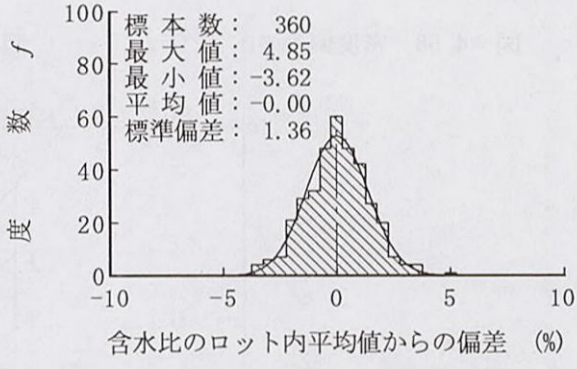
図－4.60　管理限界および乾燥密度～含水比関係(ロット内平均値)



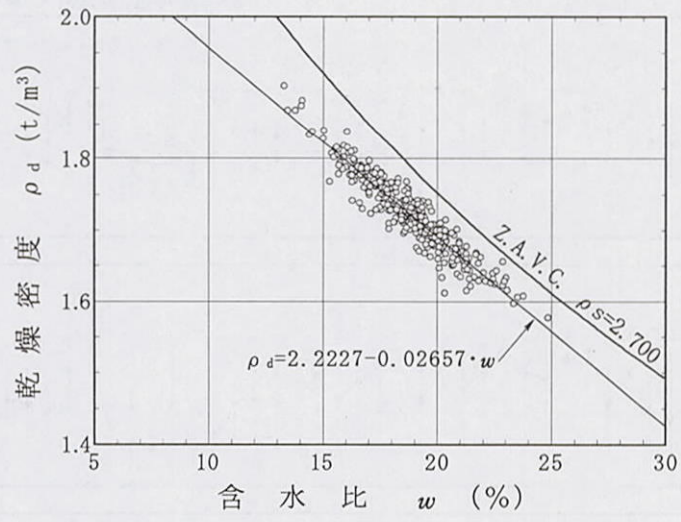
図－4.54 密度および含水比のロット間変動



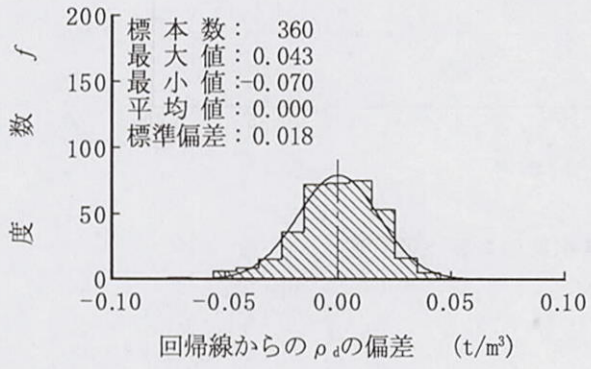
図－4.55 含水比(ロット内平均値)のヒストグラム



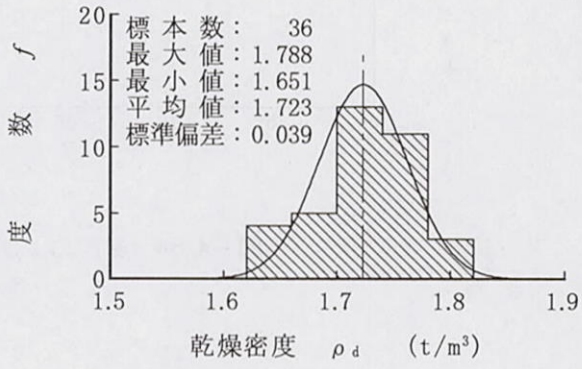
図－4.56 含水比のロット内平均値からの偏差の分布



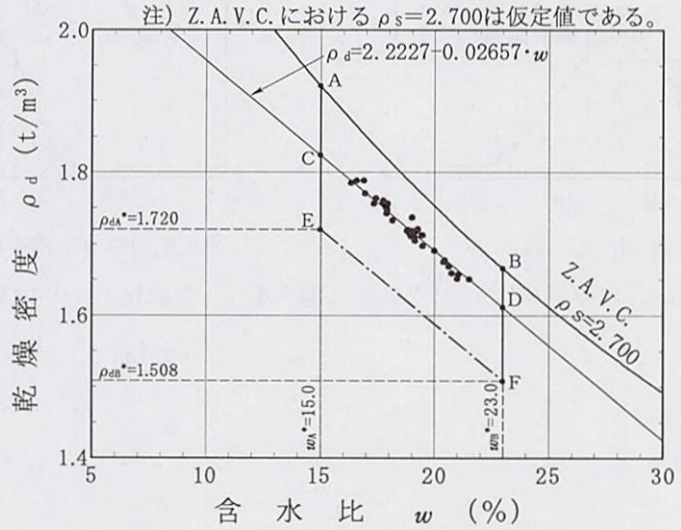
図－4.57　ρ_d～w 関係(全データ)



図－4.58　密度偏差のヒストグラム



図－4.59　乾燥密度(ロット内平均値)のヒストグラム



図－4.60　コア材の管理限界と ρ_d～w 関係(ロット内平均値)

5. まとめ

自動走査式RI密度計SRIDの特徴、較正曲線など、さらにはSRIDを用いて現場での適用事例について検討した結果をまとめると次のことが言える。

（1）SRIDの特徴および較正曲線など

① SRIDは、測定容積、測定時間の短縮および省力化などの問題を解決した新しい表面型RI密度計である。測定面積を可能な限り拡大するために、RI検出器を一定速度で回転させながら密度および含水比を同時に測定する「自動走査式」を採用している。

② 測定時間の短縮と省力化の面でネックになっていた、測定地盤面の整形(平滑処理)を回避するために、RI測定時に走査円上の不陸分布を同時にモニターして、その影響をソフト的に補正する方法を取り入れた。これによって現場測定作業は大幅に省力化され、多点数のデータが短時間で得られるようになった。

③ SRIDの密度および含水量の較正曲線は指数回帰式で表すことができる。その決定係数は0.99以上となっている。

④ 従来の固定式RI密度計と比較すると、SRIDの測定面積(容積)は約10倍以上大きいことが示された。また、SRIDの密度検出器の走査直径が80cmであることから、置換法(転圧厚さ30cmの場合は置換孔の直径は30～40cmが一般的)に比べても、SRIDの測定容積は数倍大きい。

（2）フィル材料の現場締固め特性の実態

HOダム、HAダムでSRIDを用いてフィル材料の現場締固め特性を把握した結果、主に次のことが言える。

① コア、フィルター、ロック材料の密度や含水比の分布をヒストグラムで示すと正規分布で近似できる。

② コア材料の乾燥密度は含水比に強く依存しており、両者の関係は直線近似で表すことができる。転圧効果の比較や品質管理基準の設定においては、これらの事実を十分に考慮する必要がある。

（3）コア材料の統計的品質管理手法

コア材料において、分布特性、含水比依存性を考慮し、統計的手法によるコア材料の品質管理手法の提案と試行事例の結果は次のとおりである。

① コア材料の統計的品質管理手法の概要

・ 全粒径管理法である。

・ 多点数データを用いて、施工含水比と締固め密度を統計的に管理する。

・ 現場施工データを重視し、盛立試験または初期施工段階のデータから、密度および含水比の分布特性を分析して管理基準を設定する。

・ コア材料の現場締固め特性と整合した管理法である。

②HA ダム、SU ダム、CY ダムにおいて初期の施工データをもとに管理限界値を設け、その後の管理データを追跡して適用性を検討した。いずれのダムでも、ほとんどのデータが管理限界値内に入っており、設定した管理限界が妥当なものであることを実証できた。

6. 対外発表論文

SRIDを用いて次のような対外発表論文を作成した。

(1)豊田光雄、中村　昭、延山政之：自動走査式RI密度計(SRID)の開発と適用に関する検討、第23回土木学会関東支部技術研究発表会概要集 pp. 704～705、1996. 3

(2)豊田光雄、中村　昭、延山政之：粗粒材料に適用できる自動走査式RI密度計(SRID)の開発、第31回地盤工学研究発表会講演集 pp. 2381～2382、1996. 7

(3)豊田光雄：自動走査式RI密度計によるフィル材料の現場密度計測技術、土木技術資料38-8 pp. 8～9、1996. 8

(4)豊田光雄、中村　昭、延山政之：自動走査式RI密度計における測定地盤面の不陸の影響、第51回土木学会年次学術講演会概要集3 pp. 728～729、1996. 9

(5)豊田光雄：フィルダム盛立材料の現場密度測定に関する研究、ダム技術 No. 125　pp. 23～24、1997. 2

(6)豊田光雄、吉田　等、延山政之：自動走査式RI密度計(SRID)の開発とフィルダムへの適用、ダム工学 Vol. 7 No. 2 pp. 98～113、1997. 6

(7)豊田光雄：自動走査式RI密度計(SRID)の較正曲線と測定容積、第32回地盤工学研究発表会講演集 pp. 2187～2188、1997. 7

(8)豊田光雄：変わる土木　回って測る締固め地盤の密度、土木技術資料39-8 p. 14、1997. 8

(9)豊田光雄、吉田　等：自動走査式RI密度計(SRID)を用いた現場密度測定、ダム技術 No. 140 pp. 17～26、1998. 5

(10)豊田光雄、吉田　等：振動タンピングローラによる現場締固め特性、第33回地盤工学研究発表会講演集 pp. 2049～2050、1998. 7

(11)豊田光雄、延山政之：走査式(SRID)および固定式RIによるフィルダムコア材の締固め密度に関する考察、第33回地盤工学研究発表会講演集 pp. 2045～2046、1998. 7

(12)江幡一男、豊田光雄、山本重樹、楠　貞則：新方式のRI密度計を用いたコア材料の現場締固め特性の評価、平成10年度土木学会北海道支部論文報告集 第55号-A pp. 638～643、1999. 2

(13)豊田光雄：フィル材料の現場締固めを評価する新しい技術、平成10年度土木学会西部支部技術発表会 pp. 36～41、1999. 2

(14)豊田光雄、山本重樹：現場密度測定に関する一考察、平成10年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集 pp. 592～593、1999. 3

(15)豊田光雄、橘村　潔、瀬戸楠美、村瀬俊彦：転圧厚さを増大させたフィルダム・コア材料の締固め・透水特性、平成 10 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集 pp. 594～595、1999. 3

(16)豊田光雄、延山政之：フィル材料の現場締固めを評価する新しいRI法、土と基礎 Vol. 47 No. 3 pp. 9～12、1999. 3

(17)豊田光雄、山本重樹、富永靖章：RI法によるフィル材料の締固め密度管理データに関する考察、平成 10 年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集 pp. 348～349、1999. 3

(18)豊田光雄・野村　孝：自動走査式 RI 密度計（ＳＲＩＤ）の測定容積と精度、第 34 回地盤工学研究発表会講演集　pp. 1859～1860、1999. 7

(19)豊田光雄：コア盛立材料の品質管理手法に関する一提案、第 34 回地盤工学研究発表会講演集　pp. 1861～1862、1999. 7

(20)豊田光雄・山本重樹：含水比をかえた粗粒材料の盛立試験による現場締固め特性、第 34 回地盤工学研究発表会講演集　pp. 1865～1866、1999. 7

(21)豊田光雄・楠　貞則：粗粒材料における密度と沈下量に関する考察、第 34 回地盤工学研究発表会講演集　pp. 1867～1868、1999. 7

(22)M. Toyoda・Y. Imai：Application of Newly Developed RI Methods to the In-situ Evaluation of the Compaction Density of Embankment、Second China-Japan Joint Symposium on Recent Development of Theory and Practice in Geotechnology　pp. 413～420、1999. 12

(23)豊田光雄・有銘伸予：フィルダム・コア材料の転圧厚さの増大に関する実験的検討、土木技術資料　Vol. 42 No. 2 pp. 38～43、2000. 2

(24)豊田光雄・有銘伸予：フィルダム・コア材料の現場締固め特性、第 27 回関東支部技術研究発表会講演概要集　pp. 438～439、2000. 3

(25)豊田光雄・延山政之：現場締固め特性に着目した統計的品質管理の方法、土と基礎　pp. 5～8、2000. 4

(26)豊田光雄：新しいＲＩ法による盛土地盤の密度測定技術、検査技術　pp. 49～55、2000. 4

(27)豊田光雄：ＲＩ法によるコア盛立材料の品質管理、第 35 回地盤工学研究発表会講演集　pp. 1583～1584、2000. 6

(28)豊田光雄・角田裕志：ＳＲＩＤによるフィル材料の締固め密度の分布特性、第 35 回地盤工学研究発表会講演集　pp. 1581～1584、2000. 6

(29)豊田光雄・野村孝：自動走査式ＲＩ密度計(ＳＲＩＤ)の水分補正係数、第35回地盤工学研究発表会講演集　pp.1579～1580、2000.6

(30)有銘伸予・豊田光雄：フィルダム・コア材料の現場締固め密度・透水特性、第39回土木研究所研究発表会　pp.61～64、2000.12

(31)豊田光雄：現場締固め特性に着目したコア材料の統計的品質管理、ダム技術　No.175 pp.27～40、2001.4

(32)豊田光雄：フィルダム・コア材料のリアルタイム品質管理システムの開発、土木学会第57回年次学術講演会講演概要集、Ⅵ－250　pp.499～500、2002.10

(33)町田宗久、豊田光雄、金子裕司：リアルタイム品質管理システムの施工事例、土木学会第57回年次学術講演会講演概要集、Ⅵ－251　pp.501～502、2002.10

(34)豊田光雄：フィルダム・コア材料のリアルタイム品質管理システムの試み、ダム技術 No.195　pp.1～13、2002.12

自動走査式フレーム型 RI 密度計(FRID)

もくじ

1. 自動走査式フレーム型 RI 密度計の開発 1

1.1 従来の導管埋設型 RI 密度計(２孔式 RI 密度計) 1

1.2 自動走査式フレーム型ＲＩ密度計（FRID） 3

2. FRID の較正試験 7

2.1 試験条件と数量 7

2.2 試験材料 7

2.3 試験手順 8

2.4 較正係数 11

3. FRID の現場への適用 24

3.1 HA ダムの盛立試験 24

3.1.1 コア材料 24

3.1.2 フィルター材料 30

3.1.3 ロック材料 36

3.2 SU ダム盛立試験 41

3.2.1 コア材料 42

3.2.2 フィルター材料の盛立試験 45

3.3 MD ダムのロック材料 48

3.4 積層効果とそれにおける導管フレームの影響 53

3.4.1 試験方法 54

3.4.2 試験数量 57

3.4.3 試験状況 57

3.4.4 測定結果 63

４．まとめ 76

５．対外発表論文 78

1. 自動走査式フレーム型 RI 密度計の開発

1.1 従来の導管埋設型 RI 密度計（２孔式 RI 密度計）

フィルダム材料の締固め密度の測定法としては、置換法による現場密度試験が一般的に行われてきている。置換法は転圧面を掘削した部分の容積と掘削土の質量から密度を測定する方法である。しかしながら、ロック材料のような大塊を含む材料では、その置換容積は一般に１m^3を超え、置換孔を掘削するには非常な労力を要するとともに、置換孔径および試験点数などの試験条件、測定頻度など精度上の問題を有している。これに代わる方法として、ラジオアイソトープ（RI）を利用して間接的に密度測定を行う方法、すなわち RI 法が提案されている。RI 法において、その簡便性、迅速性から表面型RI密度計による測定法が最も一般的である。しかし、表面型RI法では、測定深度は最大でも地表面から 30cm であり、とくにロック材料では、その最大粒径に相当する１～1.5m 程度の層厚で盛立てられることが多いため、深度方向の測定領域をカバーすることができない。そこで、１組の鋼管を平行に保持するために両端部ではりを渡して固定したもの(以下、導管フレームとよぶ)を測定地盤に埋設し、それぞれの導管内にガンマ線源と検出器を挿入して密度を測定する新しい方法が水資源開発公団(現水資源機構)によって開発された。この測定装置が水公団式導管埋設型RI密度計である[注]。その仕様および基本構成を**表－1.1**および**図－1.1**に示す。

導管埋設型RI密度計の導管フレームは、**図－1.1** に示すようにホルダーで端部を固定して２本のフレームが平行に保たれる構造とし、盛立材料をまき出すときに転圧層内に埋設したまま転圧を行うことが可能となっている。

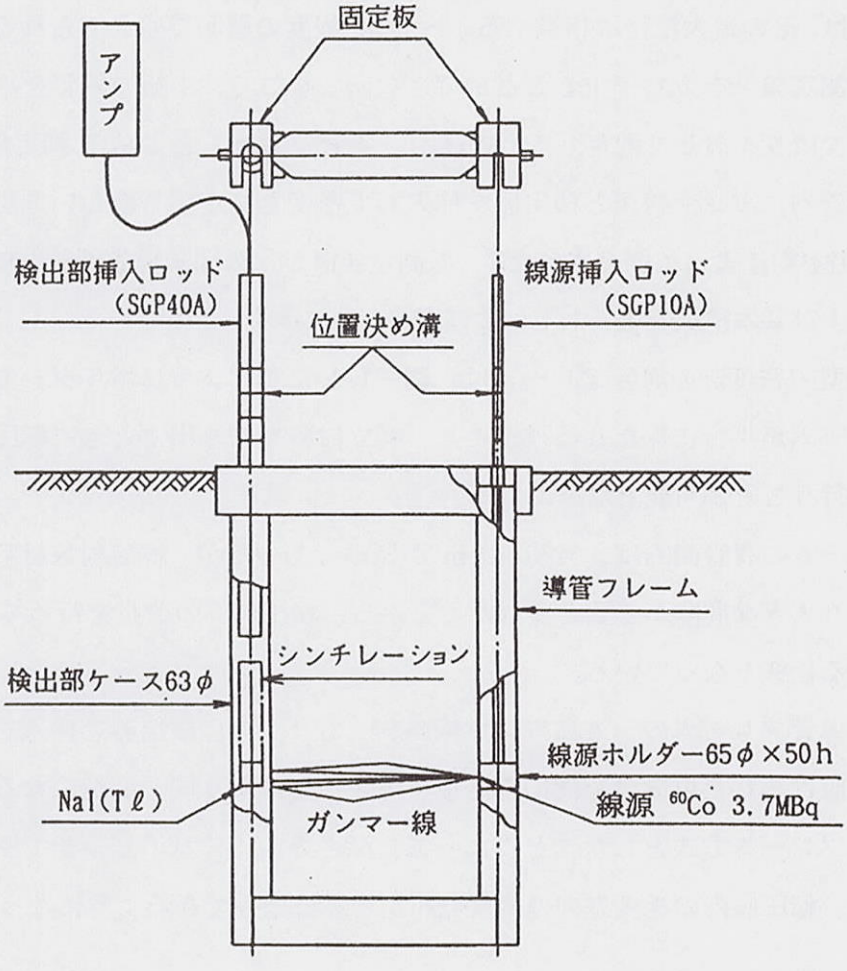
導管フレームの導管間隔は、当初 50cm が標準であったが、測定対象材料の最大粒径との比較で、より大きな間隔が必要とされたことから、検出部等の改良を行って、最大 75cm まで対応できる仕様となっている。

測定は、導管フレームの一方にガンマ線源を、もう一方に検出器を挿入し、それぞれの挿入ロッドに設けられた位置決め溝に固定板を差すことにより同一深度になるように固定して行う。導管フレーム方式としたことによって、深さ方向に任意のピッチで密度測定が行えるようになり、転圧層内の深度方向の密度分布が容易に把握できるようになった。

注） 瀬古育二、大本家正、柏木　順、青木美樹：ロックフィルダムの粗粒材料の盛立密度測定方法、土と基礎、Vol.37、No.7、pp.11～16、1989.7

表－1.1　水公団式導管埋設型ＲＩ密度計の仕様

測定方式	ガンマ線透過型
線源	^{60}Co3.7 メガベクレル（半減期 5.263 年）
検出器	NaI(Tl)シンチレーション検出器(φ2 インチ×L4 インチ)
測定ピッチ	任意(深さ方向に 5cm ピッチで測定可能)
透過距離	50cm および 75cm
測定深度	約１m(導管フレームの継足しにより延長可能)
導管フレーム	鋼管 STM-C55-83(外径 83mm×肉厚 3mm)



図－1.1　水公団式導管埋設型RI密度計の概要図

1.2　自動走査式フレーム型ＲＩ密度計（FRID）

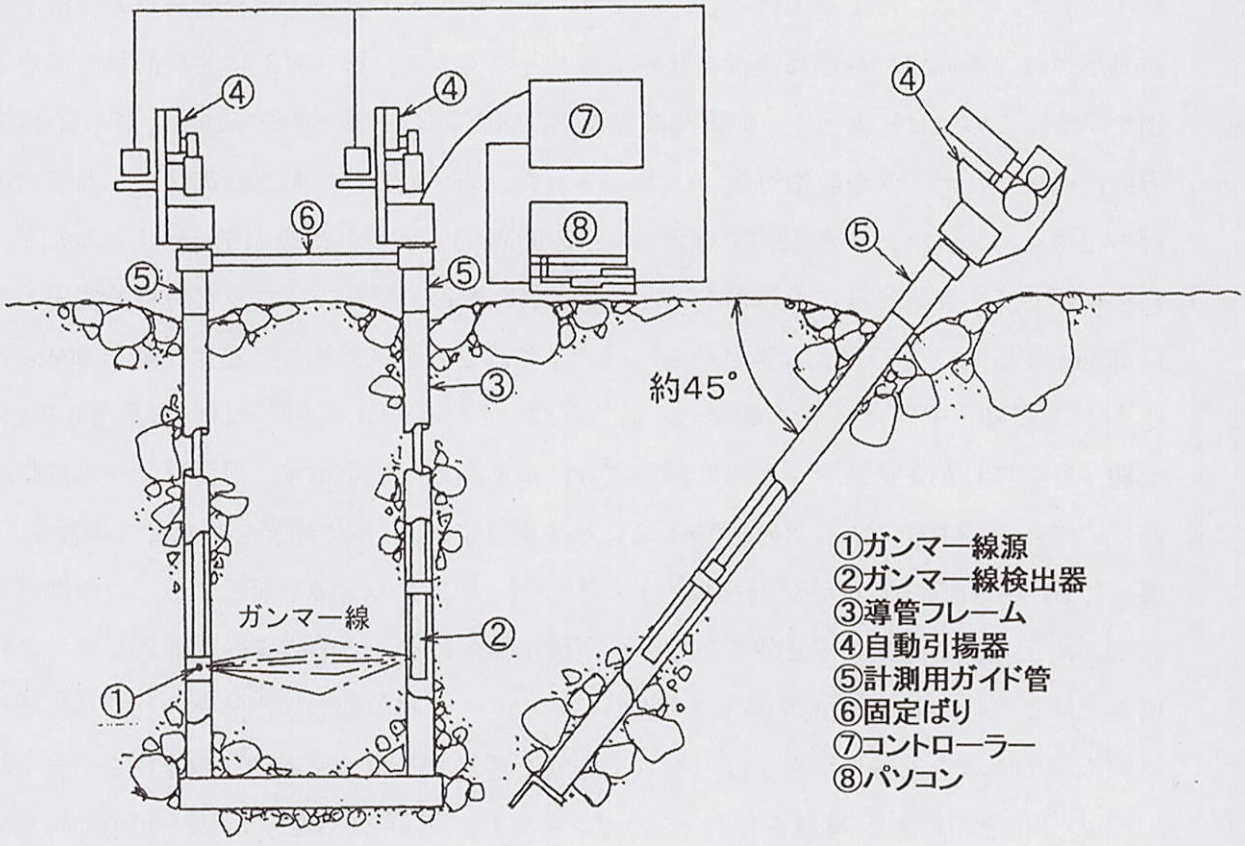
導管埋設型RI密度計を用いることによって転圧層内部の密度分布が測定できるようになったが、前項の水公団式の計器では導管方向の所定の位置(例えば測定ピッチ 5cm)に線源部と検出部を固定して表面型RI計器と同じように１分間測定を繰り返していた。このために、測定深度を変えるごとに煩雑な手作業を必要としていた。そこで、RI法の利点である簡便性と迅速性をより効果的に発揮させるため、測定作業を自動化し、転圧断面内を連続走査できるように自動走査式に改良した。改良後のフレーム型 RI 密度計では、**図－1.2** に示すように２本の導管の上端部に小型のシンクロモータを取付け、一定速度で線源部と検出部を同時に引き上げながら導管フレーム間の密度を連続的に測定する方式となっている。データ収録を回線を通じてパソコンによって行うことにより、測定中にモニター上に密度分布の状況が直ちに表示され、その場で締固め状況を判断することができる。**図－1.3** に改良前後の測定概念図を示す。この改良によって、測定時間の大幅な短縮およびデータの高密度・高品質化(深度方向に連続したデータが収集可能)がもたらされた。**表－1.2** に自動走査式フレーム型RI密度計の仕様を示す。なお、透過距離(導管フレーム間隔)は、改良前は最大 75cm であったが、これを短縮しても測定精度に支障がないと判断されたため、現在ではロック材料測定用のものは 60cm としている(以降、大型と呼ぶ)。また、これをさらに短縮して透過距離を 50cm としたタイプ(以降、中型と呼ぶ)も開発し、こちらはコア材料やフィルター材料に適用している。

図－1.4 に自動走査式フレーム型RI密度計による測定手順を示す。導管フレームは転圧の妨げにならないようにするため、**図－1.2** に示すように約 45 度の傾斜をもたせて埋設する(**写真－1.1**)。現地測定では自然放射線(バックグラウンド:BG)の影響を補正するための測定とRI密度の測定の２回の走査が必要である。まず検出器だけを一方の導管内に挿入して、これを引き上げながら地盤内のBGの分布を測定する。ついで、線源部と検出部をそれぞれの導管内に挿入して両者を同時に引き上げながら、地盤を透過するガンマ線の計数率(BGが含まれている)の分布を測定する(**写真－1.2**)。このガンマ線計数率からBGを差し引いた計数率(実効計数率とよぶ)を用いて、次章に示す較正曲線から湿潤密度を求める。なお、地表面から深度約 20cm までの領域では、導管フレームの固定梁および地表境界が測定値に影響を及ぼすため、この区間の密度は必要に応じて SRID 等の表面型計器によって補うことになる。

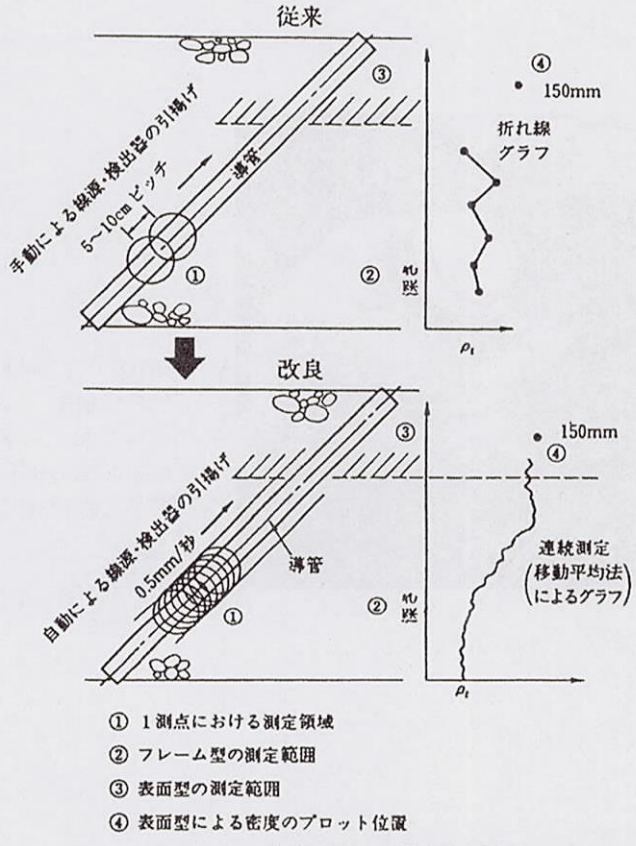
以降、自動走査式フレーム型RI密度計の英語表記は Automated Frame type Radio Isotopic Densimeter としているので、略して FRID と呼ぶことにする。

表－1.2　自動走査式フレーム型RI密度計（FRID）の仕様

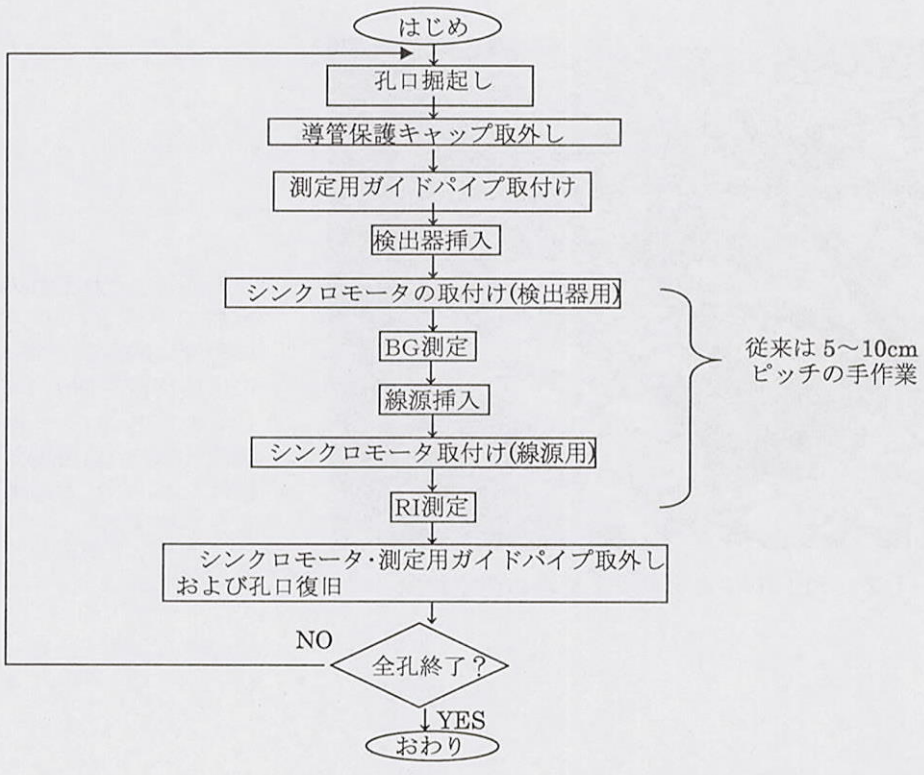
測定器	大型	中型
測定方式	ガンマ線透過型	
線源	^{60}Co 3.7メガベクレル	
検出器	NaI(Tl)シンチレーション検出器	
走査方式	シンクロモータ制御	
走査速度	10cm/3分(標準)	
透過距離（導管軸距離）	60cm	50cm
導管フレーム	STPG370 外径76.3mm肉厚4.5mm	STKM13A 外径65mm肉厚4mm



図－1.2　自動走査式フレーム型RI密度計（FRID）の概要図



図－1.3　改良前後の測定概念図



図－1.4　測定フロー



FRID では、材料をまき出して敷均すときに導管フレームを転圧層内に埋設しておく必要がある。導管フレームは転圧方向に対して、およそ 45° 傾けて設置する。

写真－1.1　導管フレームの埋設状況



転圧後、それぞれの導管の上端に測定用のガイドパイプを接続して一方の導管に線源部を挿入し、他方の導管には検出器を挿入する。これらを同期させたパルスモーターを用いて一定速度（0.5～1mm/秒）で自動的に引き揚げながら 2 本の導管の間の密度分布を走査する。

写真－1.2　FRIDによるロック材料の測定状況

2. FRIDの較正試験

2.1 試験条件と数量

較正試験の試験条件と数量を**表－2.1**に示す。

表－2.1 試験条件と数量

要　因	ケース	摘　　要
材　料	3	山砂、まさ土、砕石
密　度	5～9	緩詰～密詰

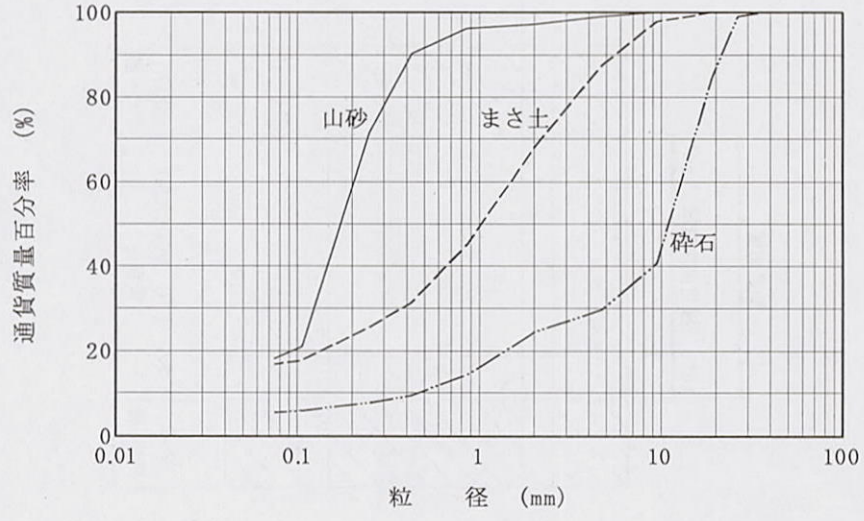
(供試体総数、大型22、中型19)

2.2 試験材料

較正試験では**表－2.1**に示した山砂、まさ土、砕石を用いた。各材料の粒度を**表－2.2**および**図－2.1**に示す。

表－2.2 3材料の通過重量百分率

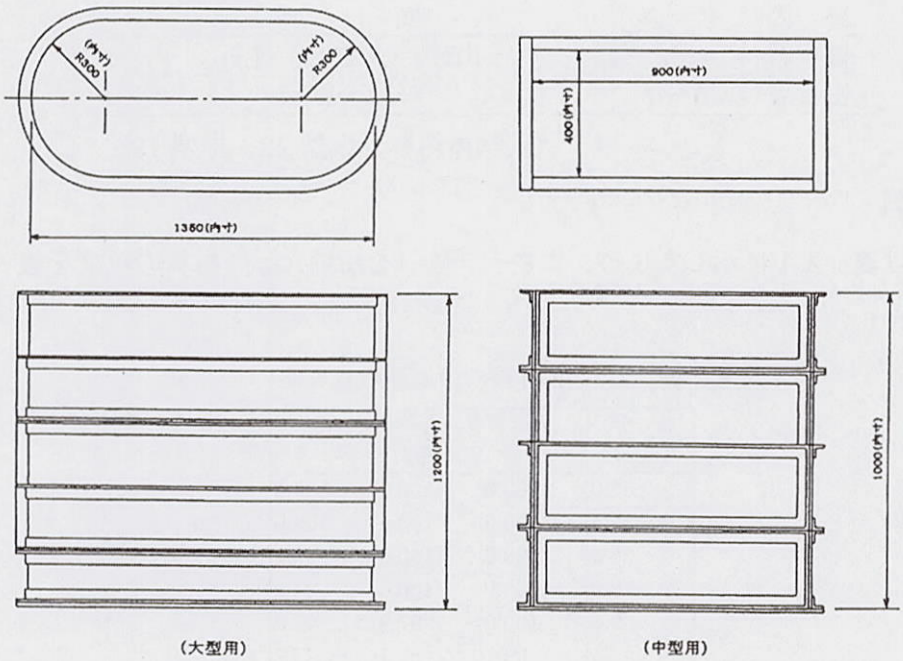
粒　径 (mm)	通過質量百分率　(%) 山　砂	まさ土	砕　石
53.0	100.0	100.0	100.0
37.5	100.0	100.0	100.0
26.5	100.0	100.0	99.1
19.0	100.0	100.0	84.5
9.5	100.0	97.9	40.8
4.75	99.1	87.7	29.7
2.00	97.1	68.0	24.4
0.85	96.2	45.1	14.3
0.425	90.4	31.5	9.4
0.250	71.6	25.7	7.7
0.106	21.0	17.8	5.8
0.075	18.3	16.8	5.5



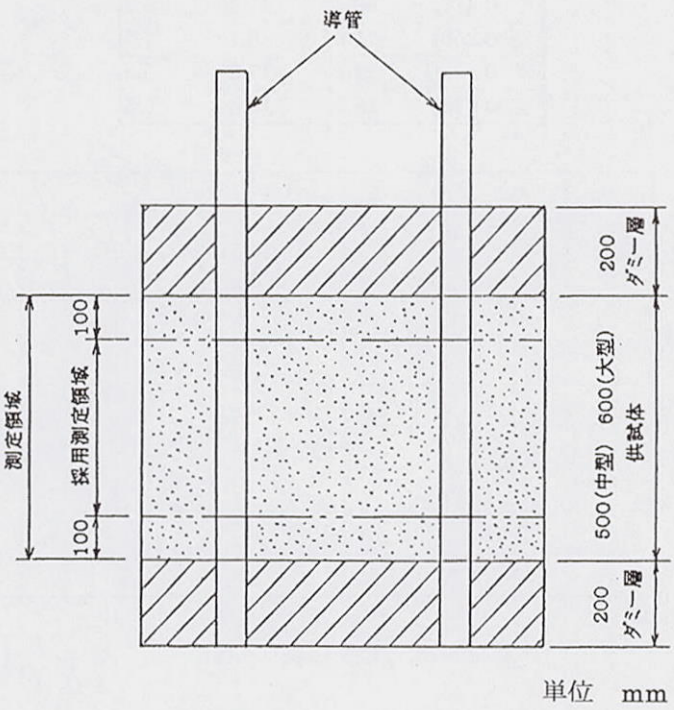
図－2.1 3材料の粒度分布

2.3 試験手順

所定の密度が得られるような含水比に調整してよく撹拌混合した材料を**図—2.2** に示すモールド（鋼製土槽）内に締固めて供試体を作製し、試験を行った。供試体は上下端および鉄部の影響範囲を考慮している。**図—2.3** に供試体寸法と測定領域を示す。



図—2.2 試験モールド



図—2.3 供試体と測定領域

試験の手順を以下に要約するとともに、試験フローを**図－2.4**に示す。なお、大型、中型とも試験方法は同じである。

① 試料調整

締固めたときに所定の密度が得られるように含水比を調整する。

② 導管立込みと下部ダミー層作製

導管をモールド底部から立ち上げて、厚さ 20cm の下部ダミー層を作製する(**写真-2.1**)。

③ 供試体の作製

モールド内に試料をまき出し、目標とする密度に達するまでランマーまたは電気ハンマーを用いて締固める。試料のまき出しと締固めは５層（中型）または６層（大型）に分けて行う。締固め厚さは大型、中型とも１層 10cm を目標とする(**写真-2.2**)。

④ 供試体の寸法測定

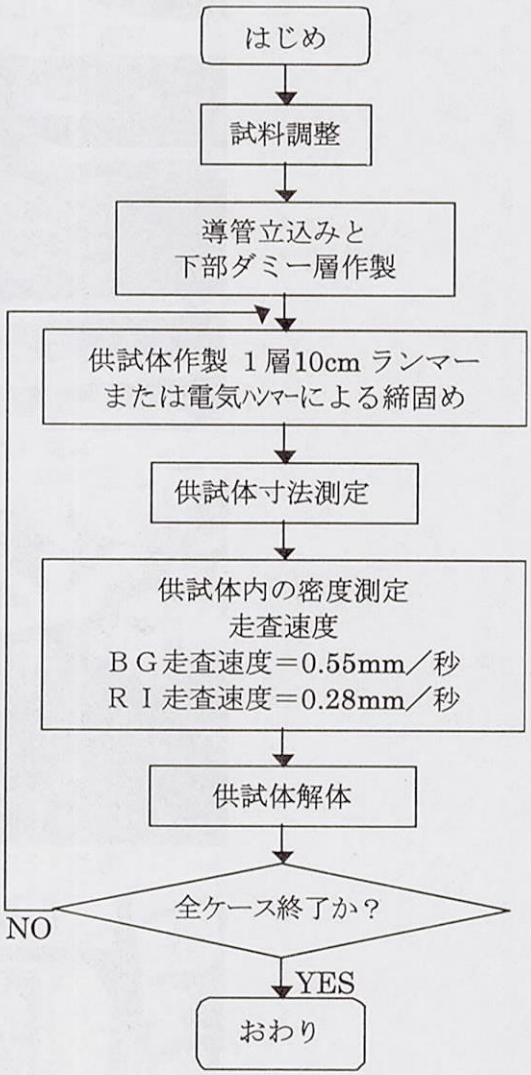
作製した供試体の密度を算出するため、締固め１層ごとに寸法測定を行う(**写真-2.3**)。

⑤ RI 測定

走査速度は、RI測定（線源を装着した測定）では、0.28mm/秒、BG測定（バックグラウンドの測定）では、0.55mm/秒とした(**写真-2.4**)。

⑥ 供試体の解体

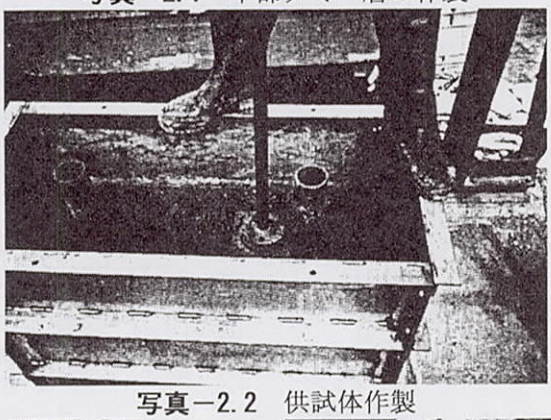
RI 測定の終了後、下層ダミー層と導管を残して供試体を解体する。



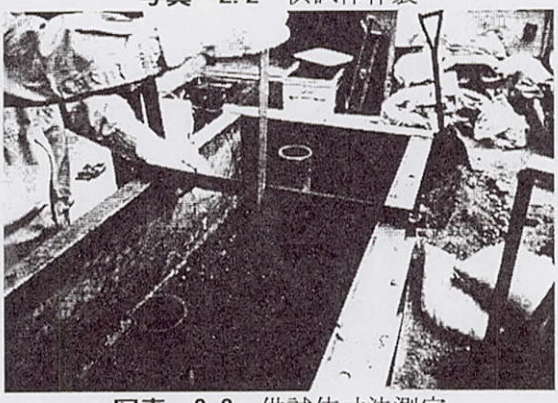
図－2.4 試験のフロー



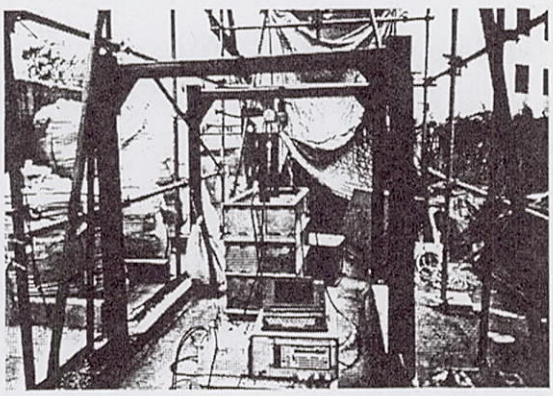
写真－2.1　下部ダミー層の作製



写真－2.2　供試体作製



写真－2.3　供試体寸法測定



写真－2.4　ＲＩ測定状況

2.4 較正係数

表－2.3 に試験値をとりまとめて示す。供試体の湿潤密度は **2.3 項**で述べたとおり締固め１層ごとに供試体の寸法を測定して投入質量から算出し、大型では全６層、中型では全５層の平均値を採用した。

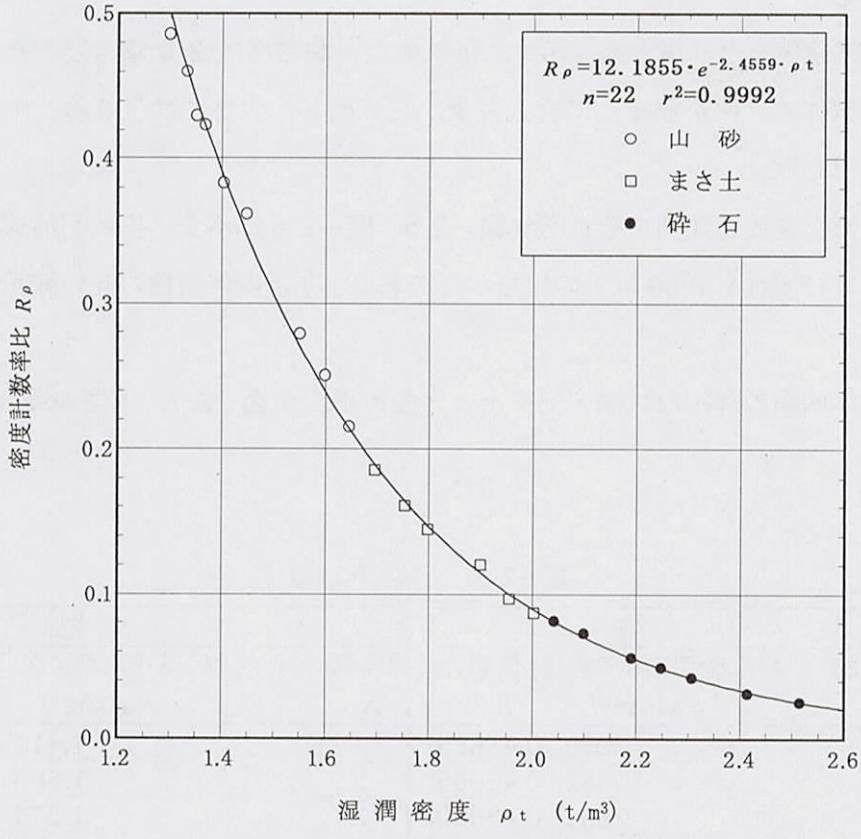
大型、中型の密度較正曲線をそれぞれ**図－2.5**、**図－2.6** に示す。指数回帰式で表した較正式の決定係数はいずれも 0.99 以上の値を示しており、非常に信頼性の高い較正曲線が求められた。

また、供試体個別の詳細な試験データを、大型の場合を**図－2.7**、中型の場合を**図－2.8** に示す。

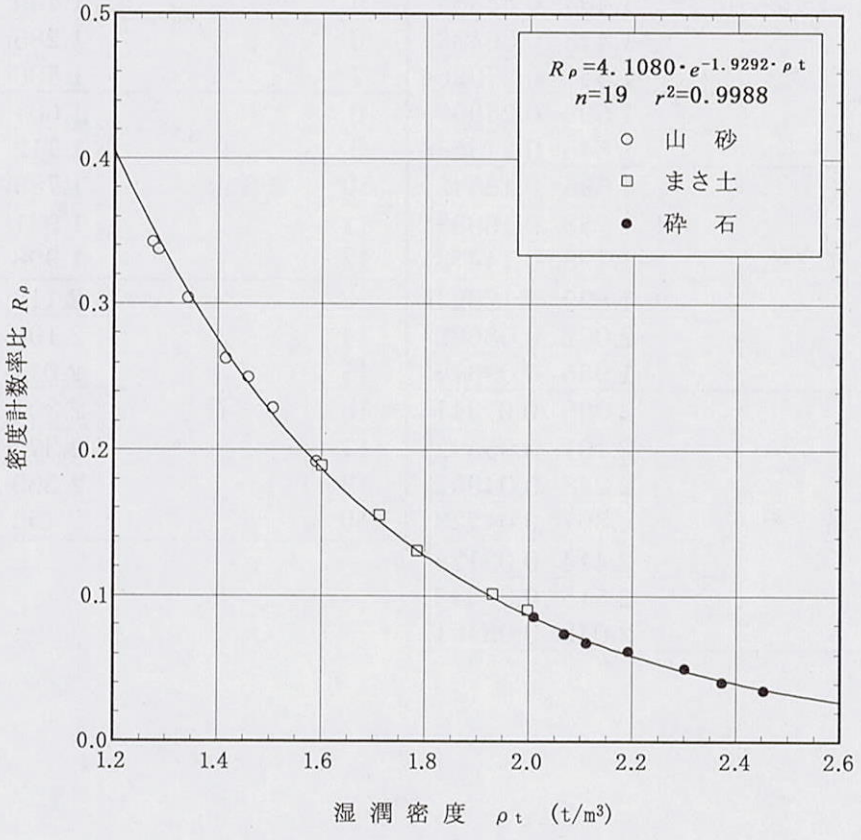
表－2.3　較正試験値

大型			
供試体 No.	材料	基準湿潤密度 ρ_{t0}(t/m³)	計数率比 R_ρ
1	山砂	1.299	0.48625
2		1.332	0.46065
3		1.351	0.43050
4		1.368	0.42411
5		1.403	0.38385
6		1.448	0.36186
7		1.551	0.27926
8		1.599	0.25066
9		1.645	0.21558
10	まさ土	1.695	0.18542
11		1.753	0.16088
12		1.798	0.14473
13		1.899	0.12024
14		2.002	0.08682
15		1.955	0.09679
16	砕石	2.099	0.07311
17		2.191	0.05592
18		2.248	0.04952
19		2.307	0.04223
20		2.414	0.03128
21		2.515	0.02548
22		2.042	0.08151

中型			
供試体 No.	材料	基準湿潤密度 ρ_{t0}(t/m³)	計数率比 R_ρ
1	山砂	1.415	0.26325
2		1.506	0.22924
3		1.274	0.34265
4		1.342	0.30396
5		1.459	0.25016
6		1.285	0.33725
7		1.590	0.19216
8	まさ土	1.601	0.18935
9		1.712	0.15517
10		1.785	0.13092
11		1.931	0.10141
12		1.998	0.09039
13	砕石	2.112	0.06783
14		2.193	0.06215
15		2.011	0.08550
16		2.301	0.05004
17		2.373	0.04051
18		2.069	0.07374
19		2.453	0.03486



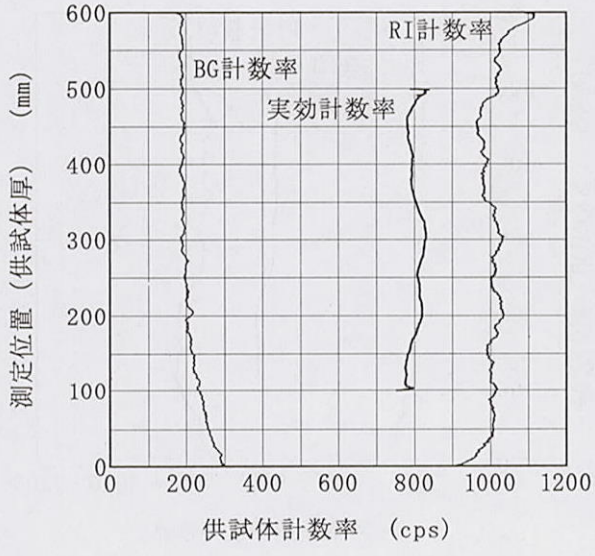
図－2.5　密度較正曲線(大型)

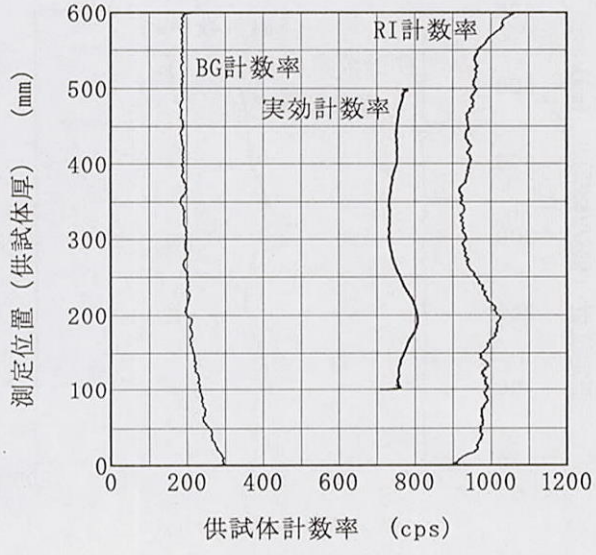


図－2.6　密度較正曲線(中型)

供試体番号	1
材料名	山砂
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	1.299
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	98994
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	48136
実効密度計数率比：R_ρ	0.48625

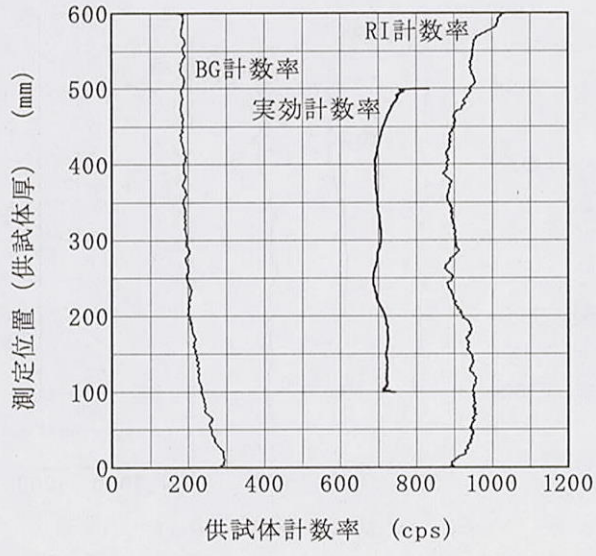
供試体番号	2
材料名	山砂
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	1.332
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	98887
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	45552
実効密度計数率比：R_ρ	0.46065

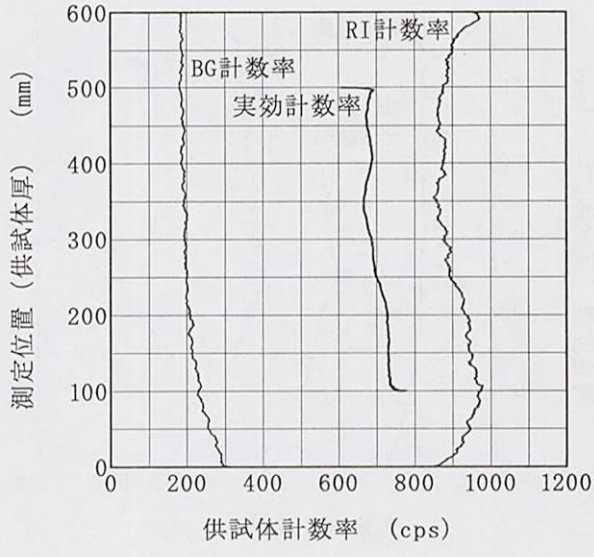




供試体番号	3
材料名	山砂
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	1.351
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	98816
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	42540
実効密度計数率比：R_ρ	0.43050

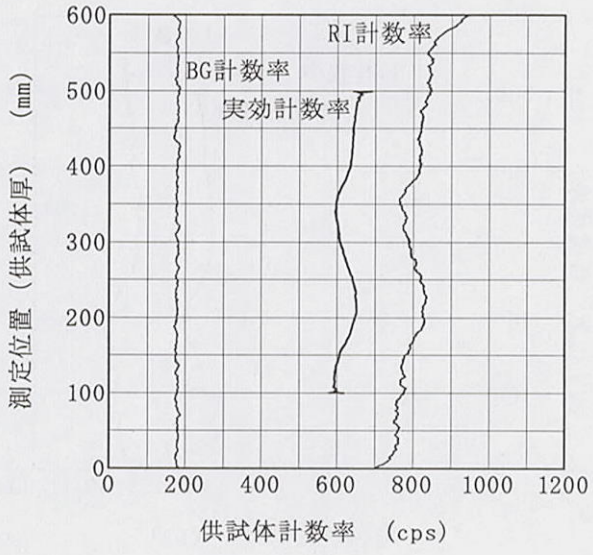
供試体番号	4
材料名	山砂
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	1.368
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	98780
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	41894
実効密度計数率比：R_ρ	0.42411



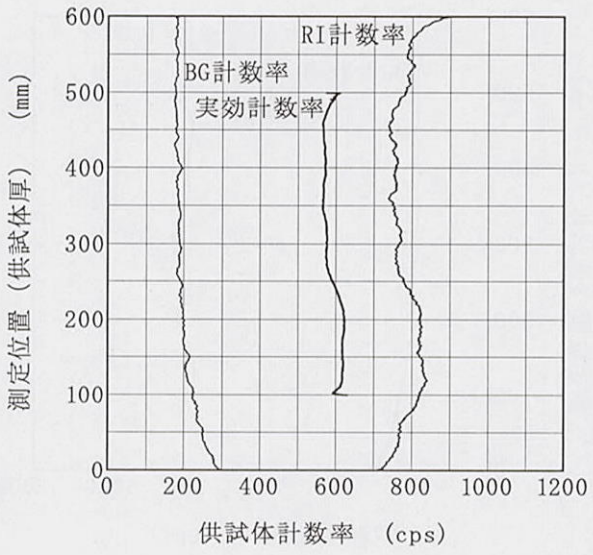


図－2.7 供試体ごとの計数率(大型)

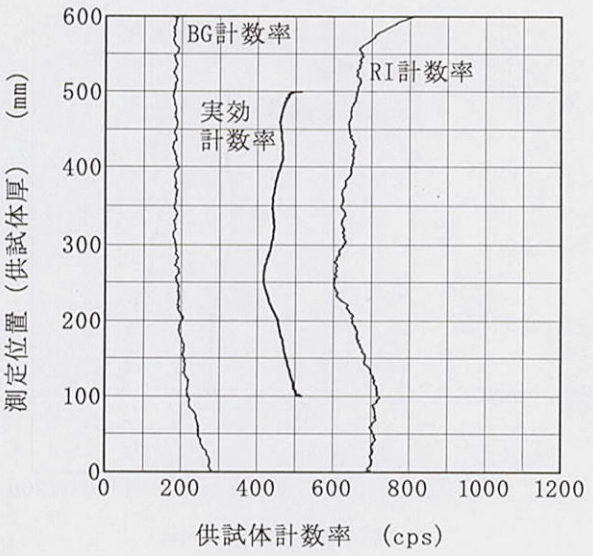
供試体番号	5
材料名	山砂
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	1.403
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	97787
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	37536
実効密度計数率比：R_ρ	0.38385



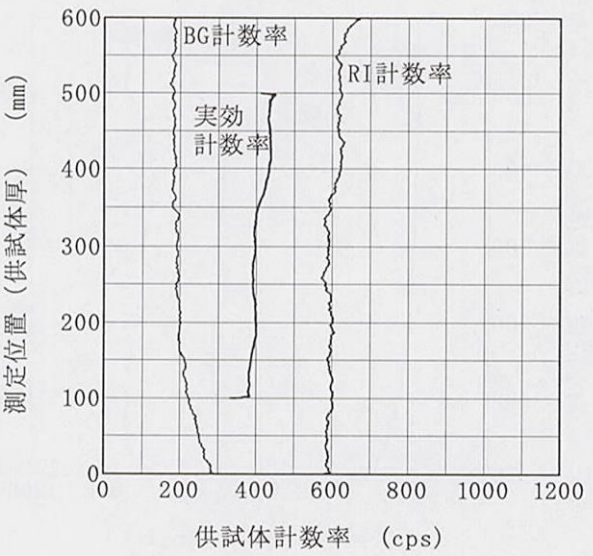
供試体番号	6
材料名	山砂
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	1.448
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	97751
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	35372
実効密度計数率比：R_ρ	0.36186



供試体番号	7
材料名	山砂
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	1.551
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	97645
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	27268
実効密度計数率比：R_ρ	0.27926

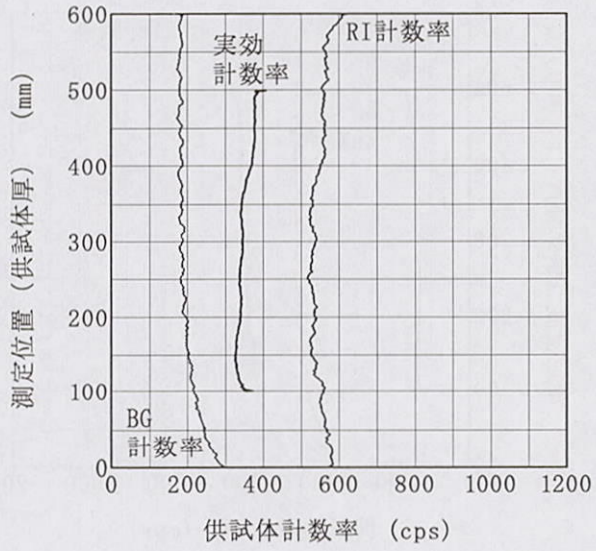


供試体番号	8
材料名	山砂
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	1.599
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	97610
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	24467
実効密度計数率比：R_ρ	0.25066

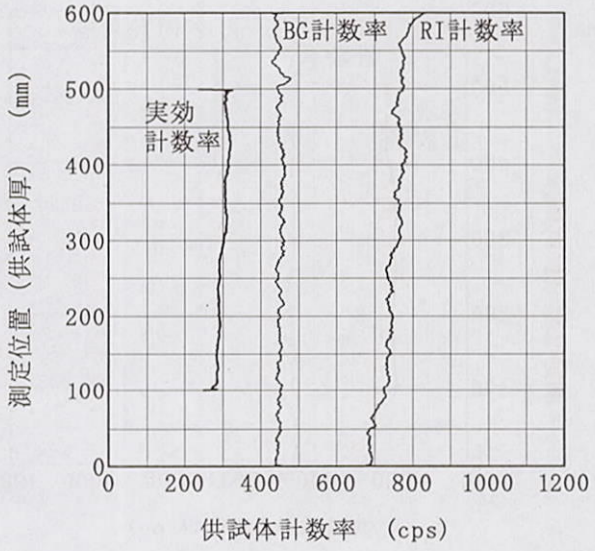


図－2.7 供試体ごとの計数率(大型)

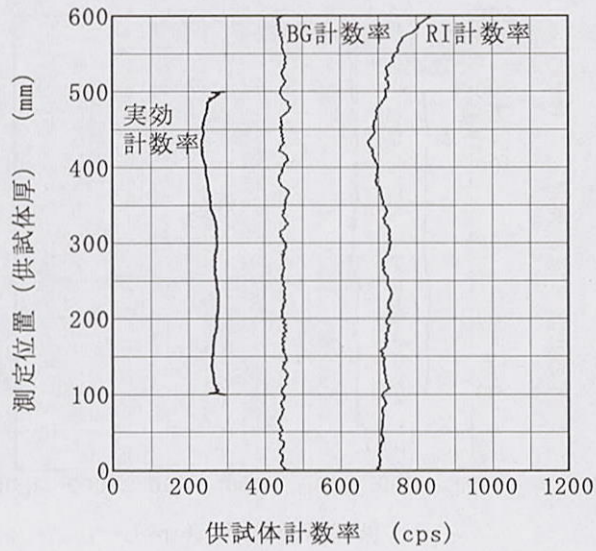
供試体番号	9
材料名	山砂
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	1.645
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	97575
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	21035
実効密度計数率比：R_ρ	0.21558



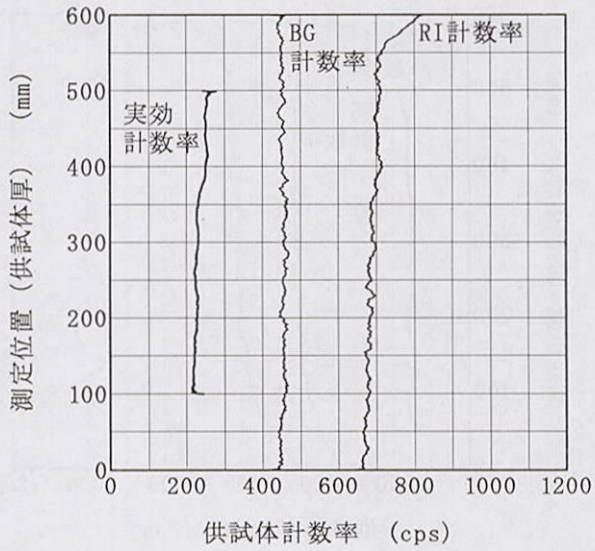
供試体番号	10
材料名	マサ土
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	1.695
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	97364
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	18053
実効密度計数率比：R_ρ	0.18542



供試体番号	11
材料名	マサ土
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	1.753
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	97294
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	15653
実効密度計数率比：R_ρ	0.16088

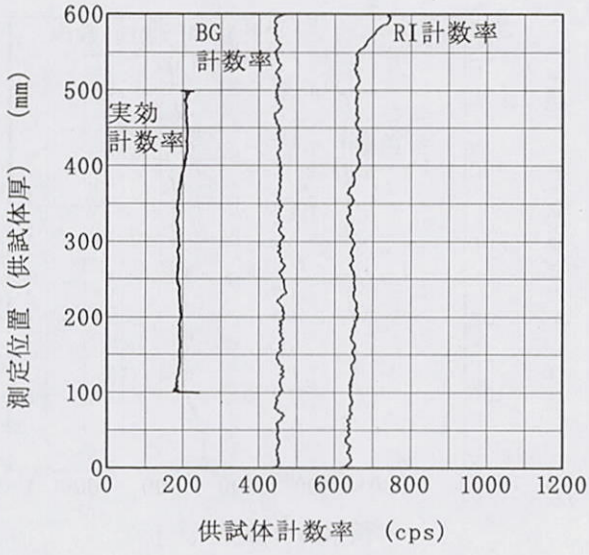


供試体番号	12
材料名	マサ土
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	1.798
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	97153
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	14061
実効密度計数率比：R_ρ	0.14473

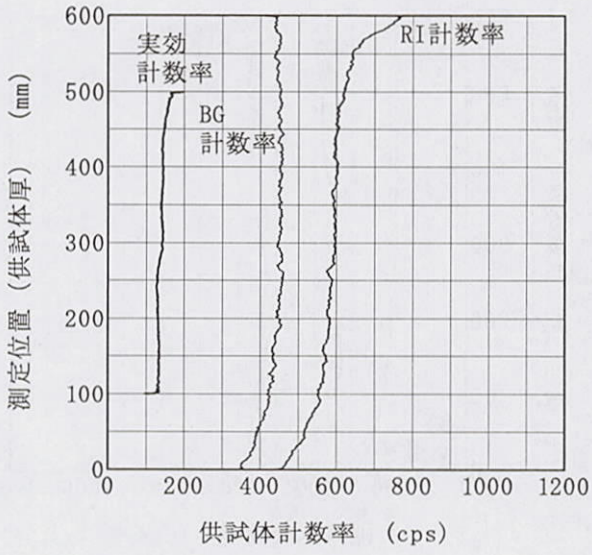


図－2.7 供試体ごとの計数率(大型)

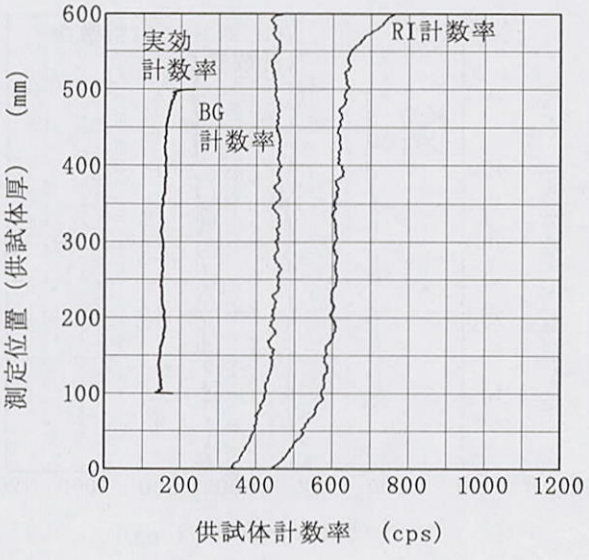
供試体番号	13
材料名	マサ土
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	1.899
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	97083
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	11673
実効密度計数率比：R_ρ	0.12024



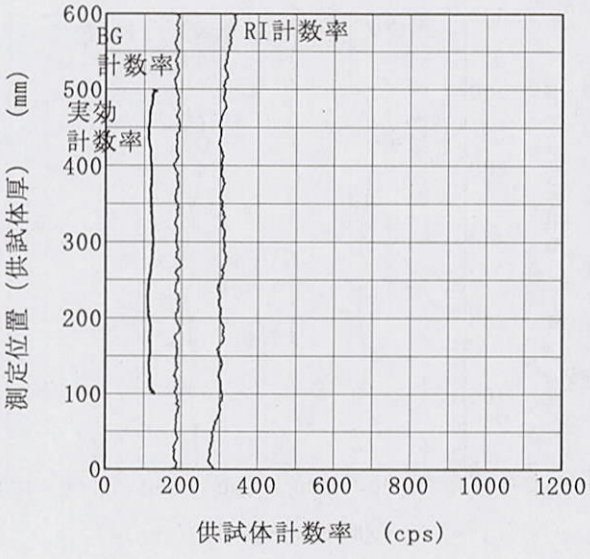
供試体番号	14
材料名	マサ土
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	2.002
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	96629
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	8389
実効密度計数率比：R_ρ	0.08682



供試体番号	15
材料名	マサ土
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	1.955
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	96594
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	9349
実効密度計数率比：R_ρ	0.09679



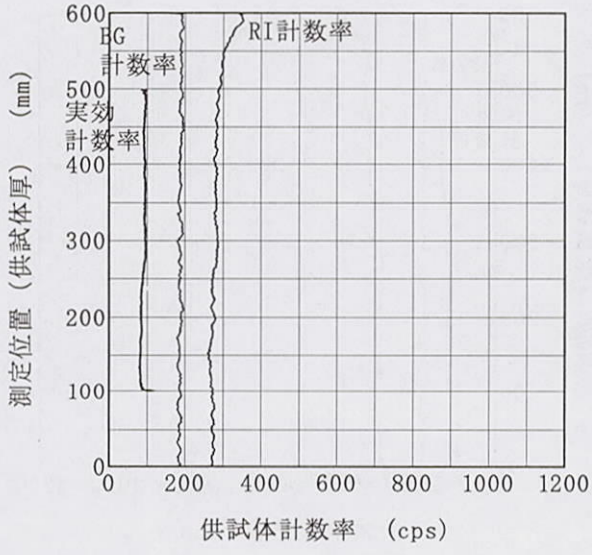
供試体番号	16
材料名	砕石
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	2.099
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	97013
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	7093
実効密度計数率比：R_ρ	0.07311

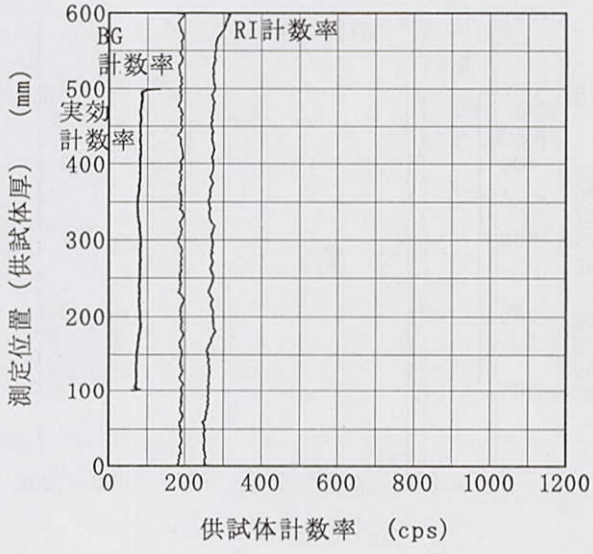


図－2.7 供試体ごとの計数率(大型)

供試体番号	17
材料名	砕石
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	2.191
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	96908
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	5419
実効密度計数率比：R_ρ	0.05592

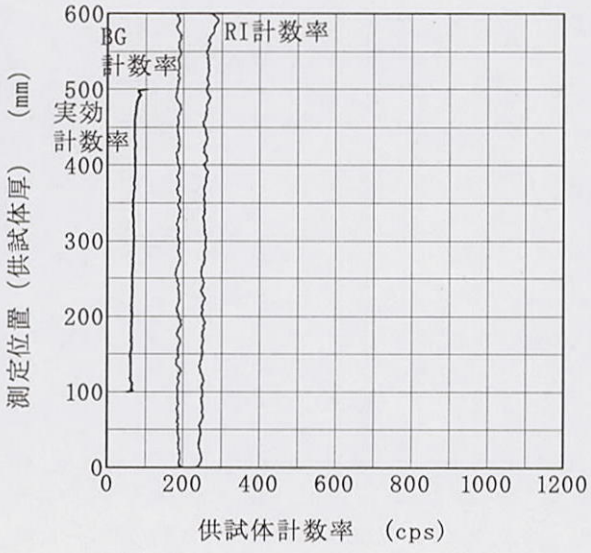
供試体番号	18
材料名	砕石
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	2.248
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	96873
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	4797
実効密度計数率比：R_ρ	0.04952

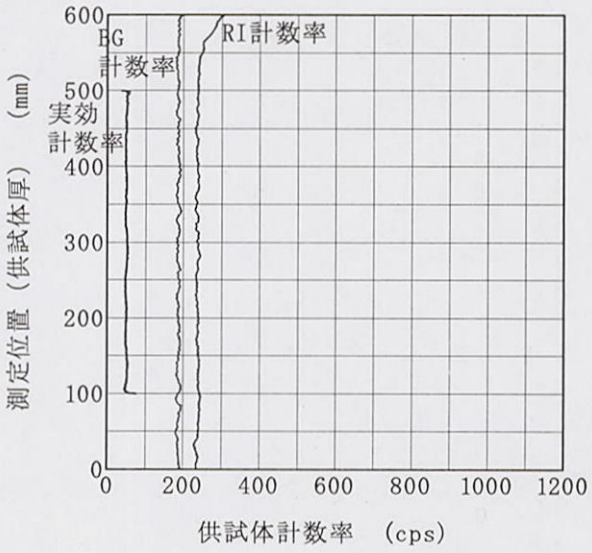




供試体番号	19
材料名	砕石
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	2.307
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	96838
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	4089
実効密度計数率比：R_ρ	0.04223

供試体番号	20
材料名	砕石
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	2.414
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	96803
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	3028
実効密度計数率比：R_ρ	0.03128

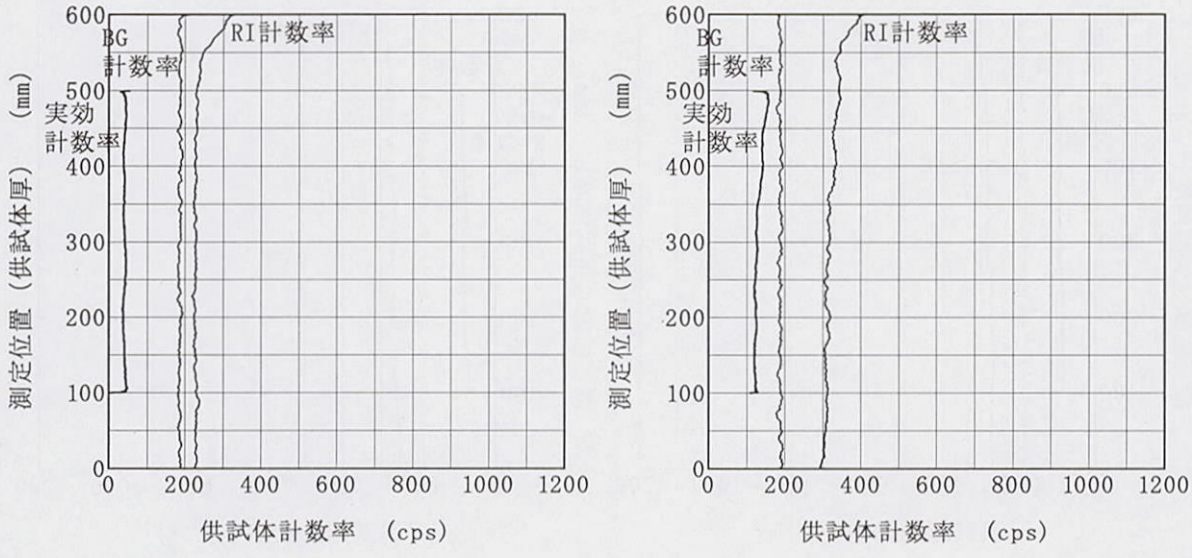




図－2.7 供試体ごとの計数率(大型)

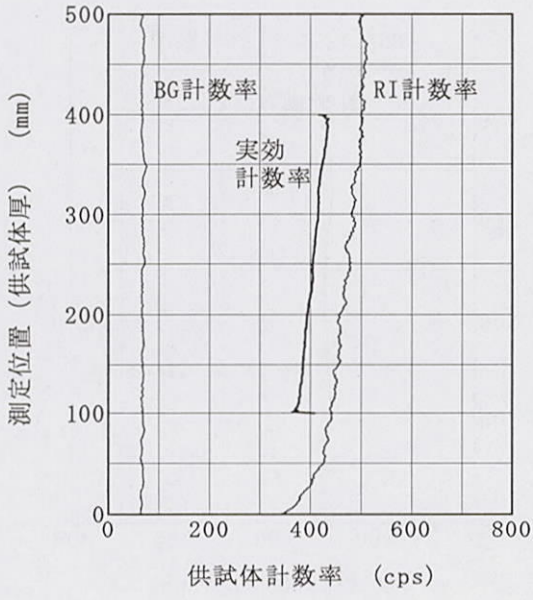
供試体番号	21
材料名	砕石
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	2.515
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	96768
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	2466
実効密度計数率比：R_ρ	0.02548

供試体番号	22
材料名	砕石
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	2.042
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	96663
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	7879
実効密度計数率比：R_ρ	0.08151

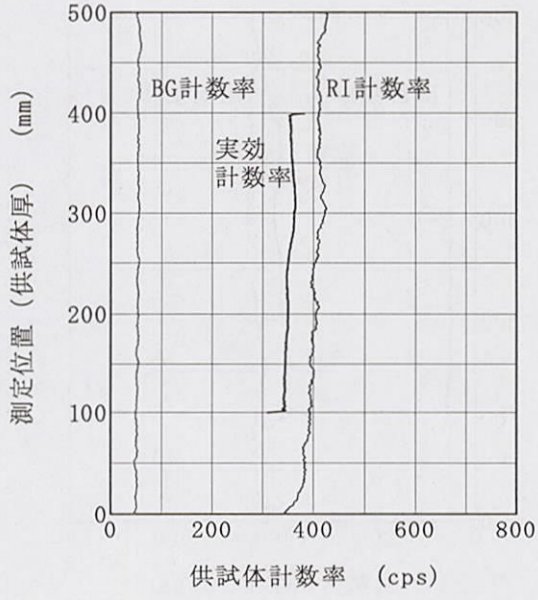


図－2.7 供試体ごとの計数率(大型)

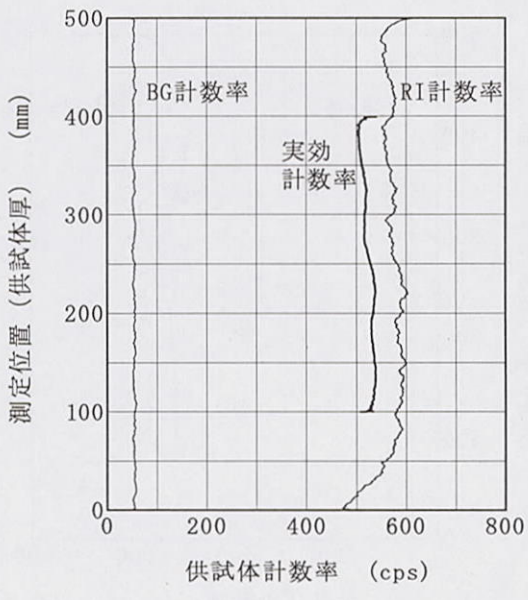
供試体番号	1
材料名	山砂
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	1.415
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	92332
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	24306
実効密度計数率比：R_ρ	0.26325



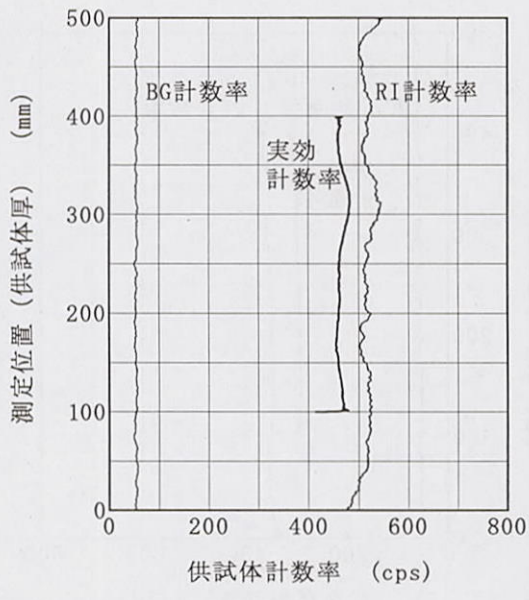
供試体番号	2
材料名	山砂
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	1.506
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	92298
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	21158
実効密度計数率比：R_ρ	0.22924



供試体番号	3
材料名	山砂
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	1.274
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	91966
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	31512
実効密度計数率比：R_ρ	0.34265

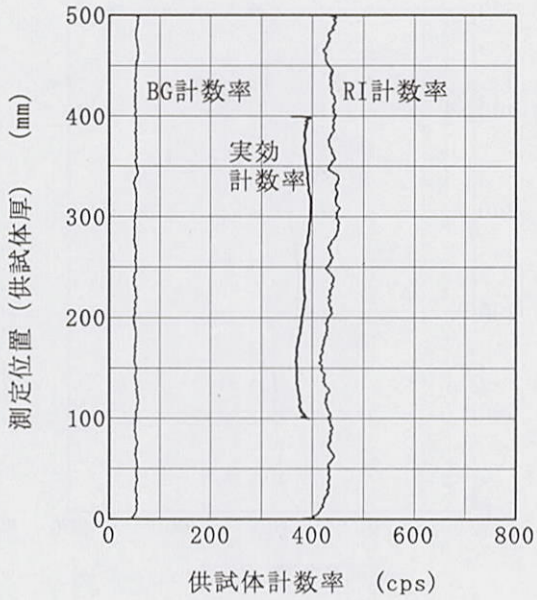


供試体番号	4
材料名	山砂
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	1.342
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	91966
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	27954
実効密度計数率比：R_ρ	0.30396

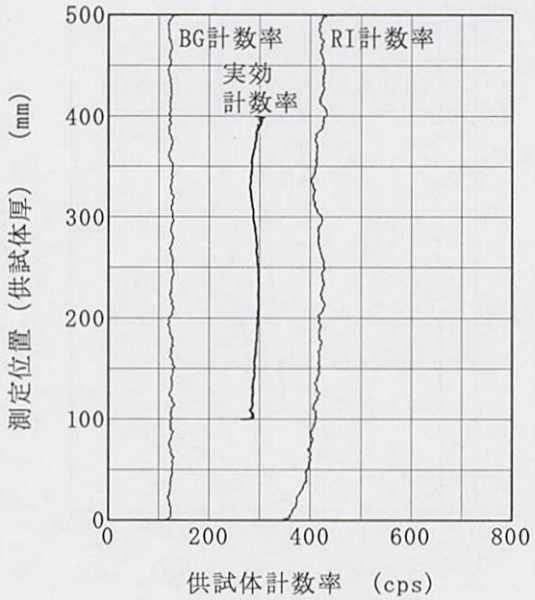


図－2.8 供試体ごとの計数率(中型)

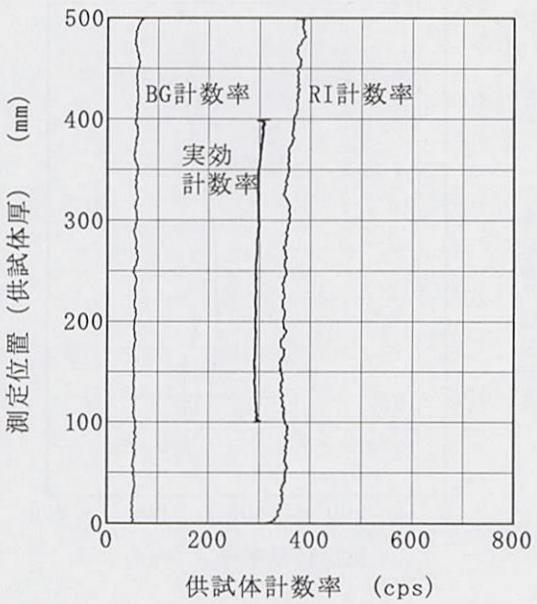
供試体番号	5
材料名	山砂
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	1.459
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	91866
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	22981
実効密度計数率比：R_ρ	0.25016



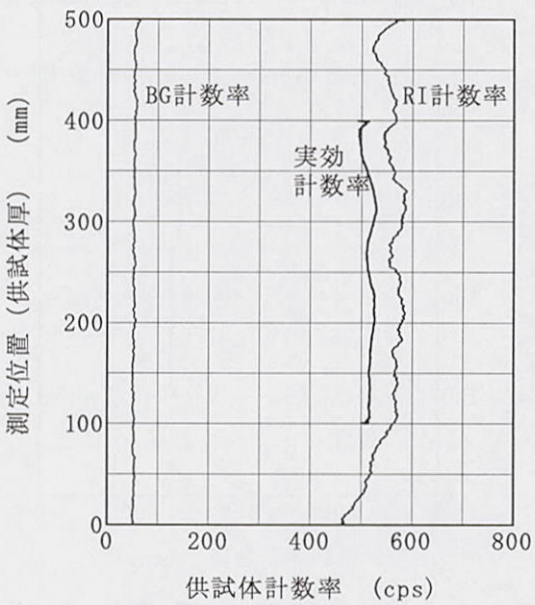
供試体番号	8
材料名	まさ土
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	1.601
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	92265
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	17470
実効密度計数率比：R_ρ	0.18935



供試体番号	7
材料名	山砂
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	1.590
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	92298
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	17736
実効密度計数率比：R_ρ	0.19216

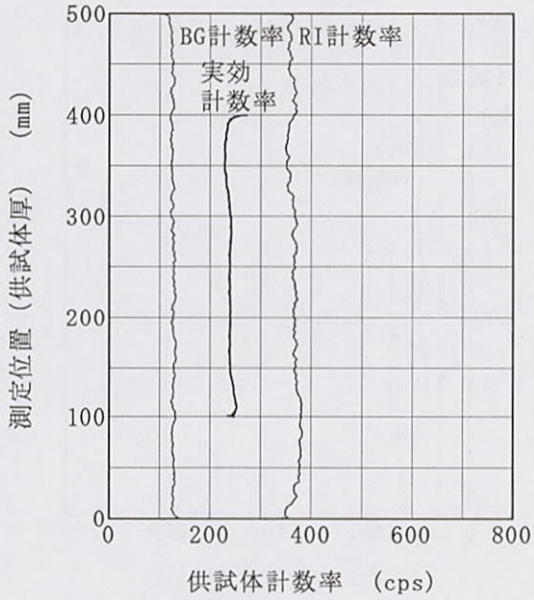


供試体番号	6
材料名	山砂
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	1.285
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	91866
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	30982
実効密度計数率比：R_ρ	0.33725

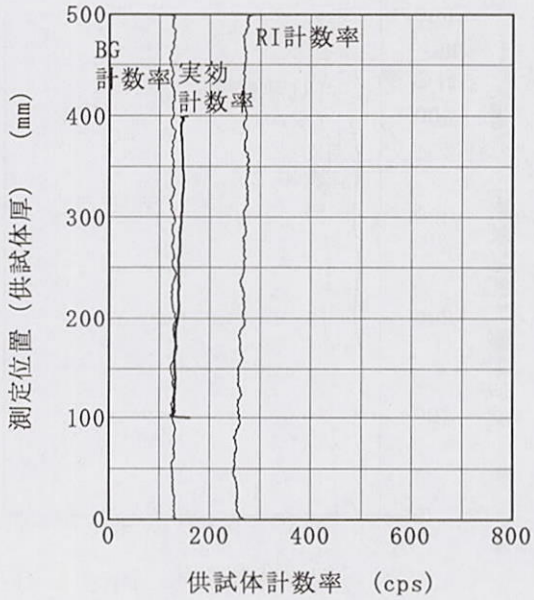


図－2.8 供試体ごとの計数率(中型)

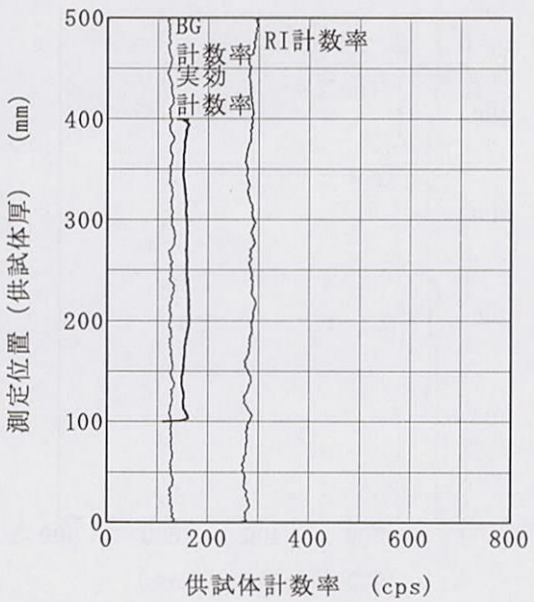
供試体番号	9
材料名	まさ土
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	1.712
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	92265
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	14317
実効密度計数率比：R_ρ	0.15517



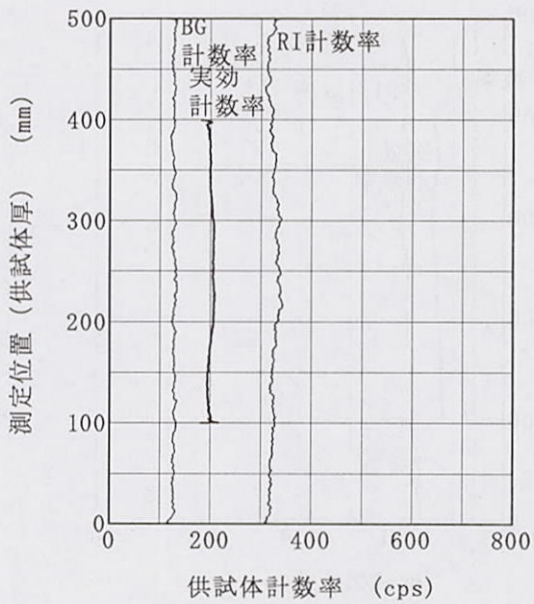
供試体番号	12
材料名	まさ土
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	1.998
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	92198
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	8334
実効密度計数率比：R_ρ	0.09039



供試体番号	11
材料名	まさ土
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	1.931
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	92198
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	9350
実効密度計数率比：R_ρ	0.10141

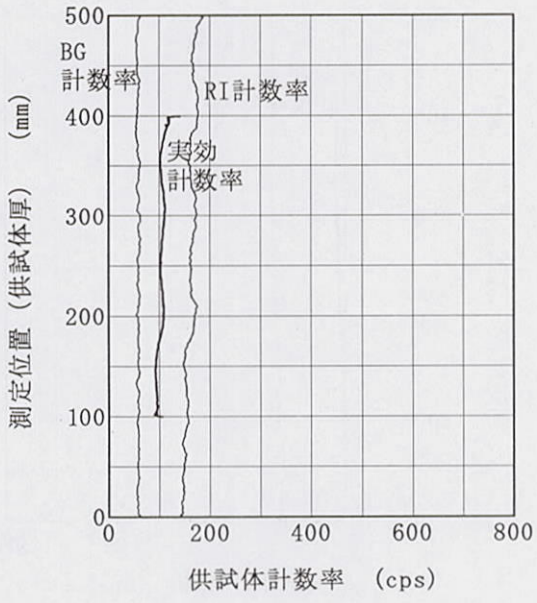


供試体番号	10
材料名	まさ土
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	1.785
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	92265
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	12079
実効密度計数率比：R_ρ	0.13092

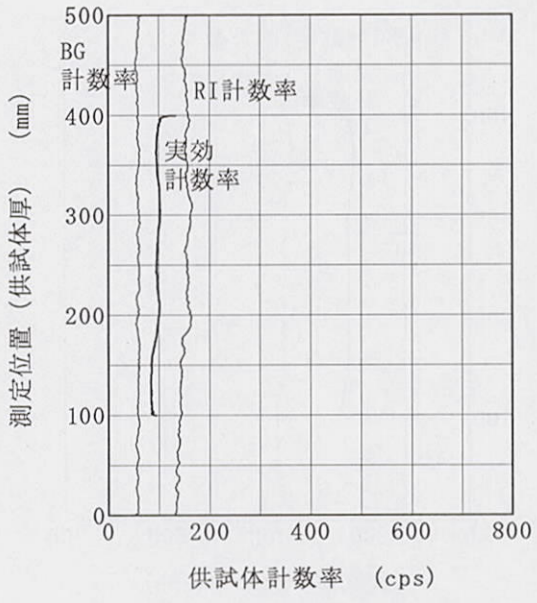


図－2.8 供試体ごとの計数率(中型)

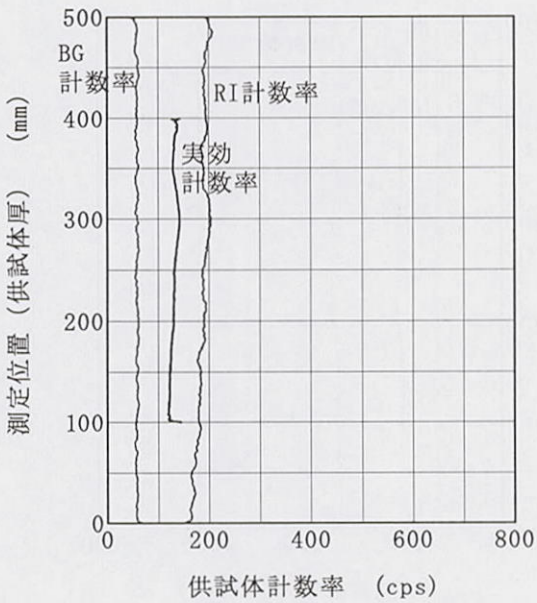
供試体番号	13
材料名	砕石
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	2.112
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	92099
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	6247
実効密度計数率比：R_ρ	0.06783



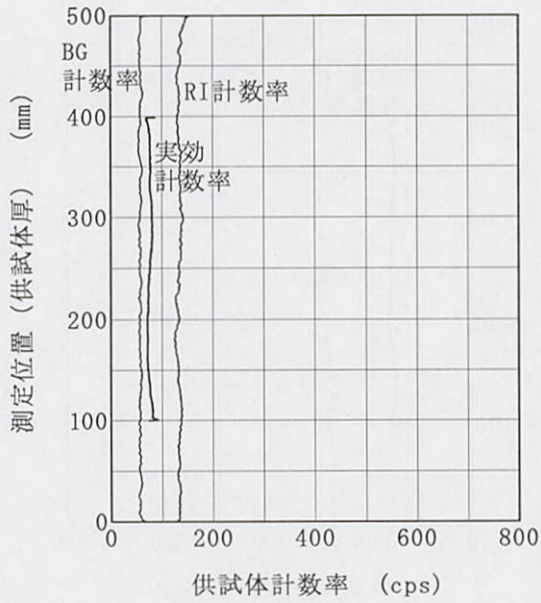
供試体番号	14
材料名	砕石
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	2.193
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	92065
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	5722
実効密度計数率比：R_ρ	0.06215



供試体番号	15
材料名	砕石
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	2.011
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	92065
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	7872
実効密度計数率比：R_ρ	0.08550

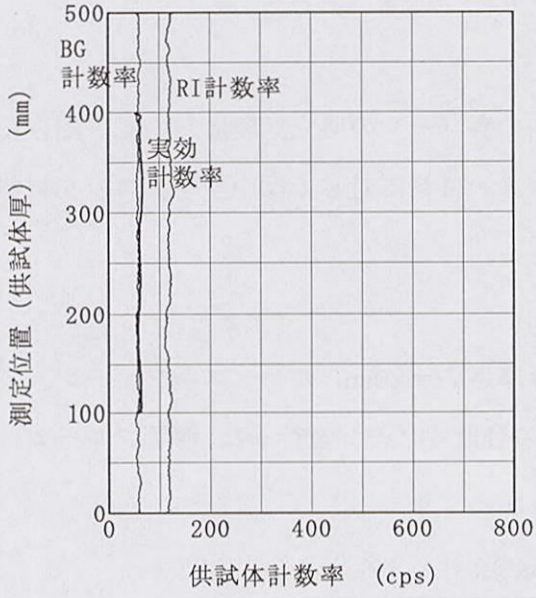


供試体番号	16
材料名	砕石
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	2.301
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	92065
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	4607
実効密度計数率比：R_ρ	0.05004

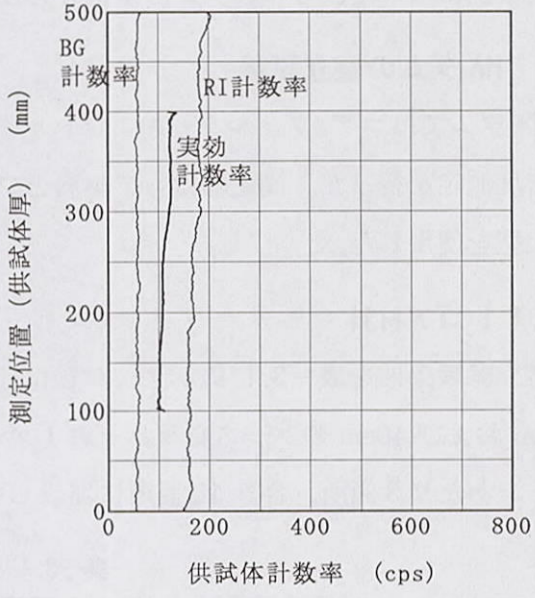


図－2.8 供試体ごとの計数率(中型)

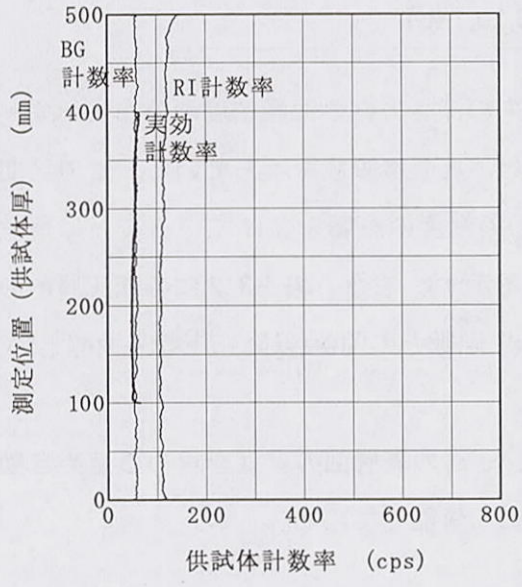
供試体番号	17
材料名	砕石
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	2.373
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	92032
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	3728
実効密度計数率比：R_ρ	0.04051



供試体番号	18
材料名	砕石
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	2.069
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	92032
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	6786
実効密度計数率比：R_ρ	0.07374



供試体番号	19
材料名	砕石
供試体湿潤密度：ρ_{t0}(t/m³)	2.453
密度標準計数率：S_ρ (cpm)	91999
実効密度計数率：N_ρ (cpm)	3207
実効密度計数率比：R_ρ	0.03486



図－2.8 供試体ごとの計数率(中型)

3. FRIDの現場への適用

FRIDは開発以来、フィルダムや道路などの建設現場の盛立試験に数多く適用されている。ここでは、数ある現場適用実績のうち、比較的実施時期が新しいフィルダムの盛立試験への適用事例について、４つのダムの事例をとりあげる。

3.1 HAダムの盛立試験

HAダムではコア、フィルターおよびロック材料の各ゾーンの盛立試験においてFRIDによる密度測定を行った。測定器はコア材料とフィルター材料に対しては中型を、ロック材料には大型を使用した。

3.1.1 コア材料

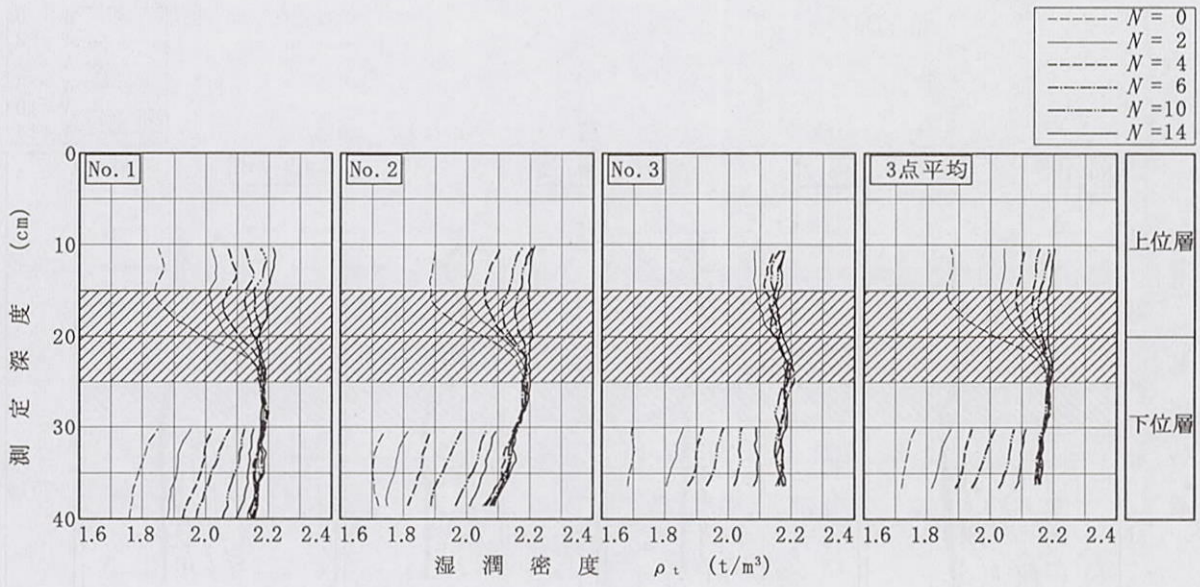
盛立試験条件を**表－3.1**に示す。試験は仕上り厚さH=20cmのケースを２ゾーン、H=30cmおよび40cmのケースをそれぞれ１ゾーンの合計４ゾーンを行った。導管フレームは１ゾーンあたり３箇所、合計12箇所に埋設した。

表－3.1 盛立試験条件

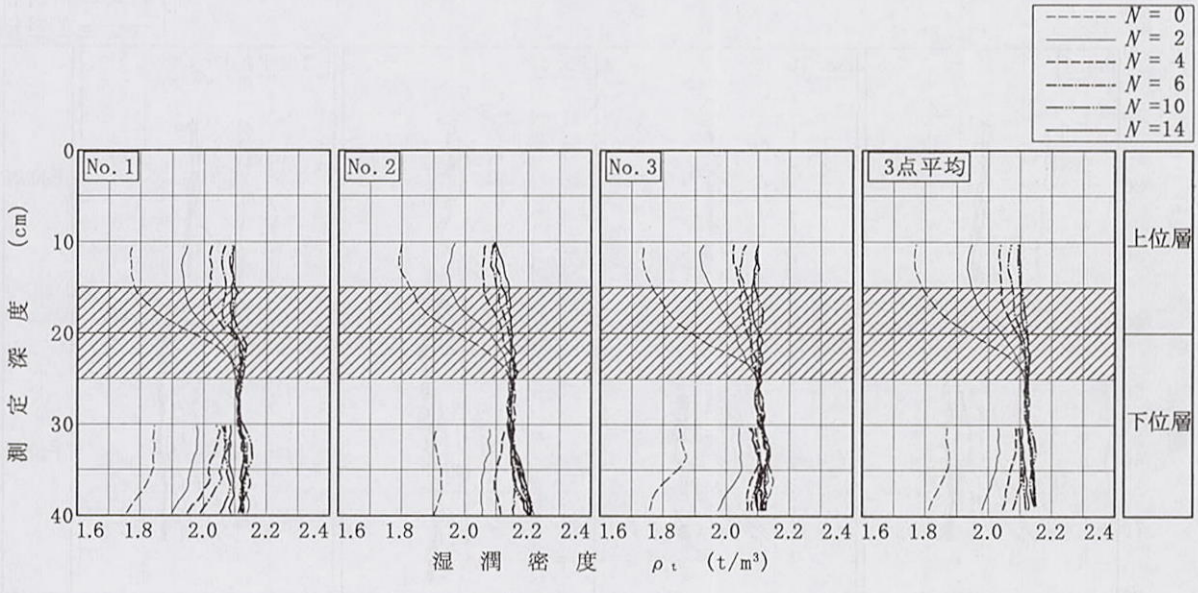
項　目	水準数	摘　要
仕上り厚	3	H=20,30,40cm
試験層数	2	1層（下位層）、2層（上位層）
転圧機種	1	振動ローラ(自重107.8kN)
転圧回数	6	N=0,2,4,6,10,14回

図－3.1に仕上り厚さ20、30、40cmの転圧層内の深さ方向の湿潤密度の分布を示す。図中のグレーのバンドは上位層と下位層の境界をまたいだ遷移領域を示している。この区間内では同一層における下部(上部)の密度は上部(下部)の密度の影響を受けていることに留意する必要がある(以降、同様な図にはすべて遷移領域を示す)。また、**表－3.2**に各転圧層内の平均密度の一覧を、**図－3.2(a)～(d)**に湿潤密度と転圧回数との関係(以降転圧効果曲線という)を示す。

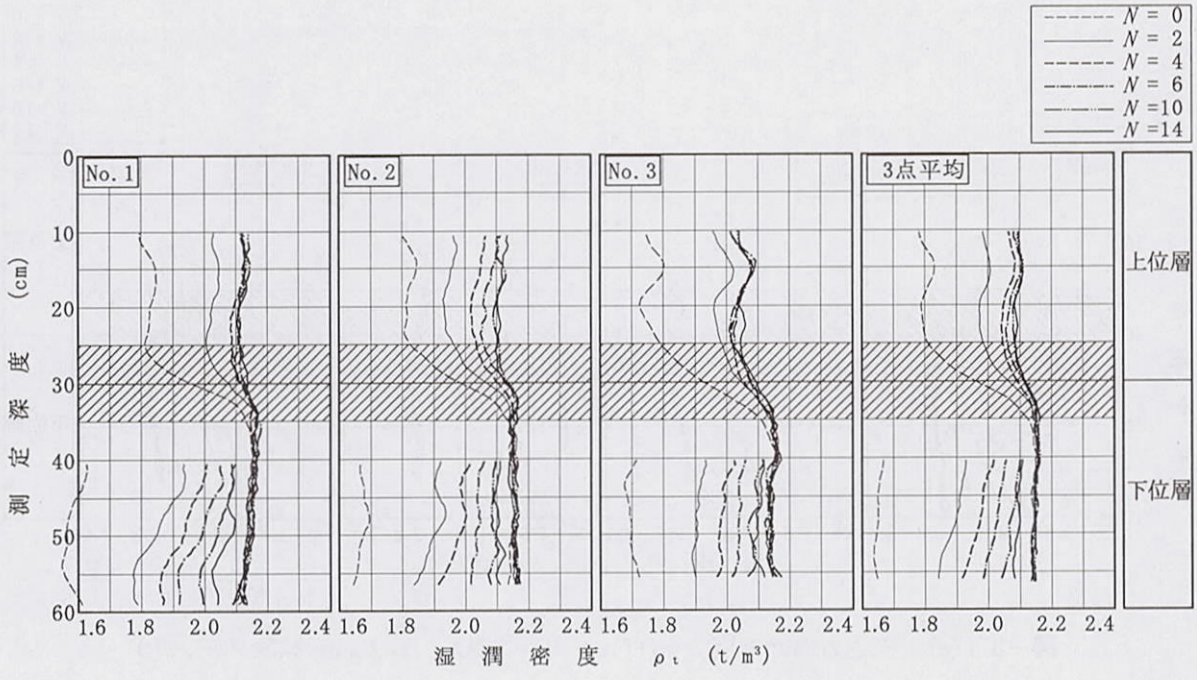
表－3.2および**図－3.2**には比較データとして転圧層の表層部の密度を求めるため自動走査式RI密度計SRIDによるデータ(10測点の平均値)も併記している。



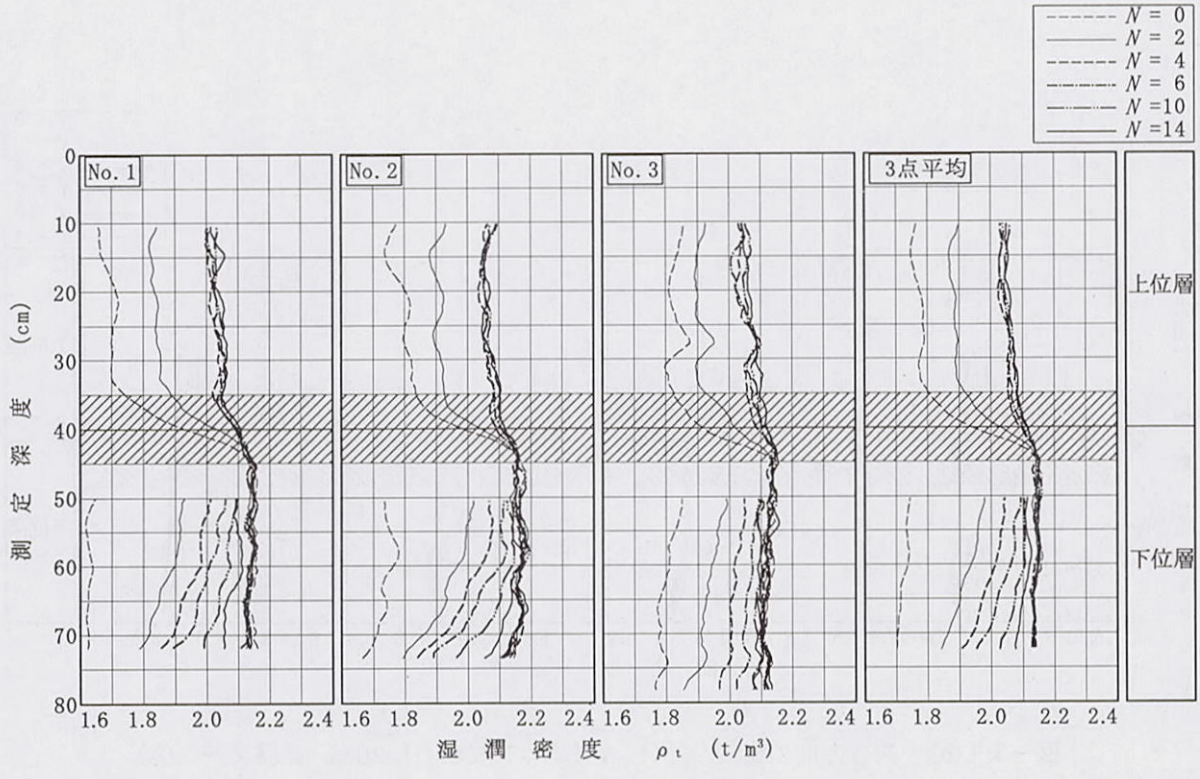
図－3.1(a)　深さ方向の密度分布(ＨＡダムコア材料 H=20cm 試験ゾーン①)



図－3.1(b)　深さ方向の密度分布(ＨＡダムコア材料 H=20cm 試験ゾーン②)



図－3.1(c)　深さ方向の密度分布(ＨＡダムコア材料 H=30cm)

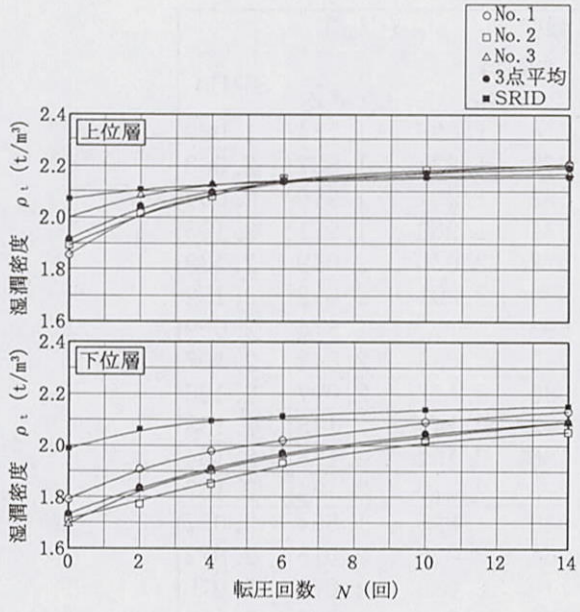


図－3.1(d)　深さ方向の密度分布(ＨＡダムコア材料 H=40cm)

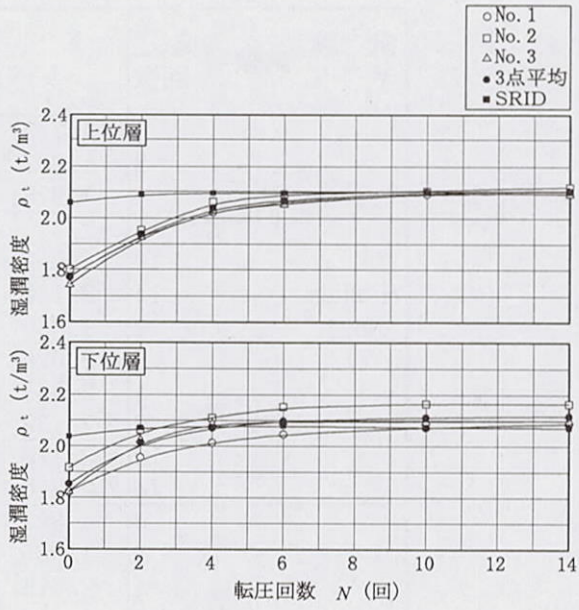
表－3.2　FRIDによる測定値(HAダムコア材)

試験ヤード	試験層	転圧回数	湿潤密度 ρ_t (t/m^3)				
			FRID				SRID
			No. 1	No. 2	No. 3	3点平均	
H=20cm No. 1	下位層	0	1.793	1.714	1.695	1.734	1.987
		2	1.907	1.773	1.831	1.837	2.063
		4	1.978	1.852	1.901	1.910	2.094
		6	2.021	1.931	1.963	1.971	2.113
		10	2.092	2.018	2.036	2.049	2.138
		14	2.132	2.054	2.091	2.092	2.152
	上位層	0	1.856	1.893	－	1.874	2.069
		2	2.026	2.015	2.084	2.042	2.107
		4	2.085	2.080	2.127	2.097	2.126
		6	2.139	2.153	2.144	2.145	2.138
		10	2.178	2.186	2.161	2.175	2.154
		14	2.210	2.203	2.170	2.194	2.157
H=20cm No. 2	下位層	0	1.822	1.916	1.825	1.854	2.037
		2	1.955	2.064	2.026	2.015	2.072
		4	2.015	2.110	2.088	2.071	2.076
		6	2.048	2.153	2.094	2.098	2.079
		10	2.074	2.165	2.096	2.112	2.073
		14	2.088	2.165	2.100	2.118	2.073
	上位層	0	1.773	1.800	1.744	1.772	2.056
		2	1.936	1.954	1.927	1.939	2.086
		4	2.023	2.060	2.029	2.037	2.093
		6	2.064	2.089	2.051	2.068	2.095
		10	2.091	2.103	2.096	2.097	2.099
		14	2.092	2.118	2.090	2.100	2.103
H=30cm	下位層	0	1.583	1.672	1.698	1.651	2.082
		2	1.848	1.899	1.908	1.885	2.102
		4	1.929	1.978	1.990	1.966	2.118
		6	1.984	2.037	2.040	2.020	2.129
		10	2.038	2.089	2.090	2.072	2.133
		14	2.066	2.105	2.103	2.091	2.139
	上位層	0	1.827	1.823	1.764	1.805	2.049
		2	2.030	1.950	1.984	1.988	2.094
		4	2.108	2.038	2.043	2.063	2.105
		6	2.123	2.076	2.044	2.081	2.119
		10	2.124	2.106	2.048	2.093	2.121
		14	2.120	2.115	2.055	2.097	2.126
H=40cm	下位層	0	1.627	1.737	1.800	1.721	2.078
		2	1.874	1.936	1.934	1.914	2.101
		4	1.952	2.002	2.015	1.990	2.116
		6	1.999	2.048	2.063	2.037	2.115
		10	2.053	2.098	2.093	2.081	2.120
		14	2.085	2.132	2.093	2.103	2.122
	上位層	0	1.698	1.793	1.831	1.774	2.088
		2	1.842	1.908	1.909	1.887	2.109
		4	2.021	2.055	2.050	2.042	2.126
		6	2.031	2.062	2.048	2.047	2.135
		10	2.042	2.071	2.070	2.061	2.134
		14	2.047	2.068	2.072	2.062	2.131

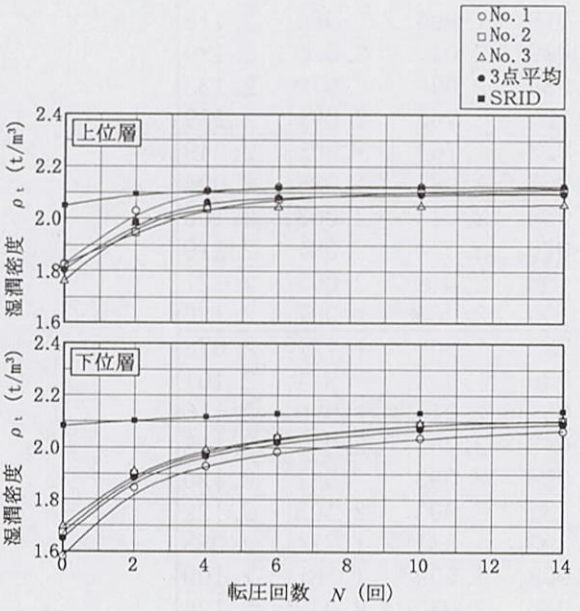
注）H=20cmNo. 1ゾーンNo. 3測点の上位層N=0時は欠測。したがって平均値は２点の平均である。



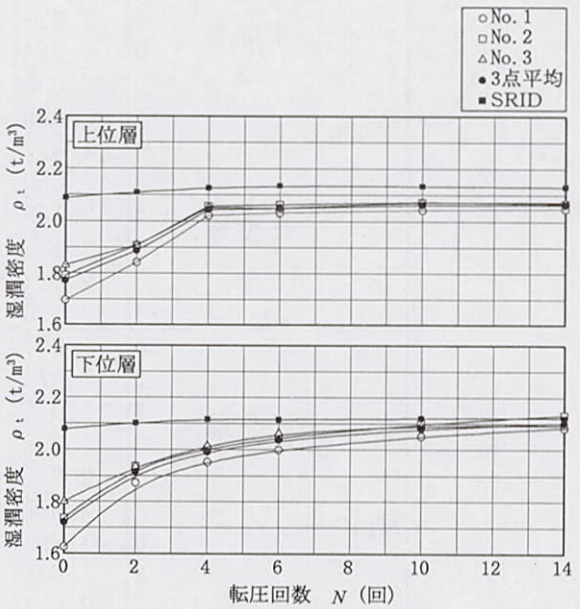
図－3.2(a) 転圧回数と湿潤密度の関係
(HA ダムコア材料 H=20cm 試験ゾーン①)



図－3.2(b) 転圧回数と湿潤密度の関係
(HA ダムコア材料 H=20cm 試験ゾーン②)



図－3.2(c) 転圧回数と湿潤密度の関係
(HA ダムコア材料 H=30cm)



図－3.2(d) 転圧回数と湿潤密度の関係
(HA ダムコア材料 H=40cm)

コア材料に適用した測定結果をまとめると次のことが言える。

① すべてのケースで初期密度は FRID のほうが SRID より低い。両者の初期密度の差は、測定箇所によってかなり異なっている。FRIDの測定では材料のまき出しと敷均しを行い、さらに無振動で１回走行した後に、その層を掘削して導管フレームを埋設した(掘削法と呼んでいる)ことによるものである。すなわち、導管フレームの近傍は周辺部よりかなり緩い状況で仕上がっていたことを示している。このような埋設方法は実施工の状況を忠実に反映していないという点で好ましくないが、その材料が締固められる過程がみえやすくなる(例えば、どの点で収束状態に達するか)というメリットはある。

② 仕上り厚さ H=40cm のゾーンの上層の転圧効果曲線は途中の N＝４回時点で折線状になっていて少し特異な挙動を示しているが、他のケースではすべて双曲線状の滑らかな密度上昇を示しており、この傾向はSRIDの場合と同じである。

③ 同じゾーンでも、測定場所間で密度のばらつきがあり、最終転圧回数 N＝14 回において最大で約 0.1t/m^3 弱の差がみられる。一方 H=20cm の試験ゾーン②の上位層のようにほとんど差がないところもある。

④ 最終転圧時の密度(全ケースの総平均値)を比べると、SRIDで ρ_t=2.125t/m^3、FRIDは ρ_t=2.107t/m^3 であり、FRIDがSRIDに比べわずかに低い値となった。この差は主として場所的なばらつきによるものと考えられる。

⑤ 下位層の N＝14 回転圧時の密度分布と、上位層の N＝0 回転圧時の下位層の密度分布を比較すると、一部を除いて後者の密度が大きくなっている。これは上位層のまき出しによって下位層が締固められる、いわゆる積層効果といわれる現象である。

⑥ 転圧層内の深さ方向の密度分布から、H=30cm および H=40cm の場合でも、最終転圧回数において各転圧層の上部と下部でほぼ同等の密度を示しており、上部の密度が下部に比べ大きくなる、いわゆる密度勾配は明確にはでていない。このことから、HA ダムコア材料では少なくとも H=40cm までは層全体にわたって均等な転圧効果が得られ、均質な盛立が可能であると判断される。

3.1.2 フィルター材料

盛立試験条件を**表−3.3** に示す。試験は試験ゾーン 1 箇所のみで、導管フレームは 3 箇所に埋設した。

表−3.3 盛立試験条件（HA ダム材）

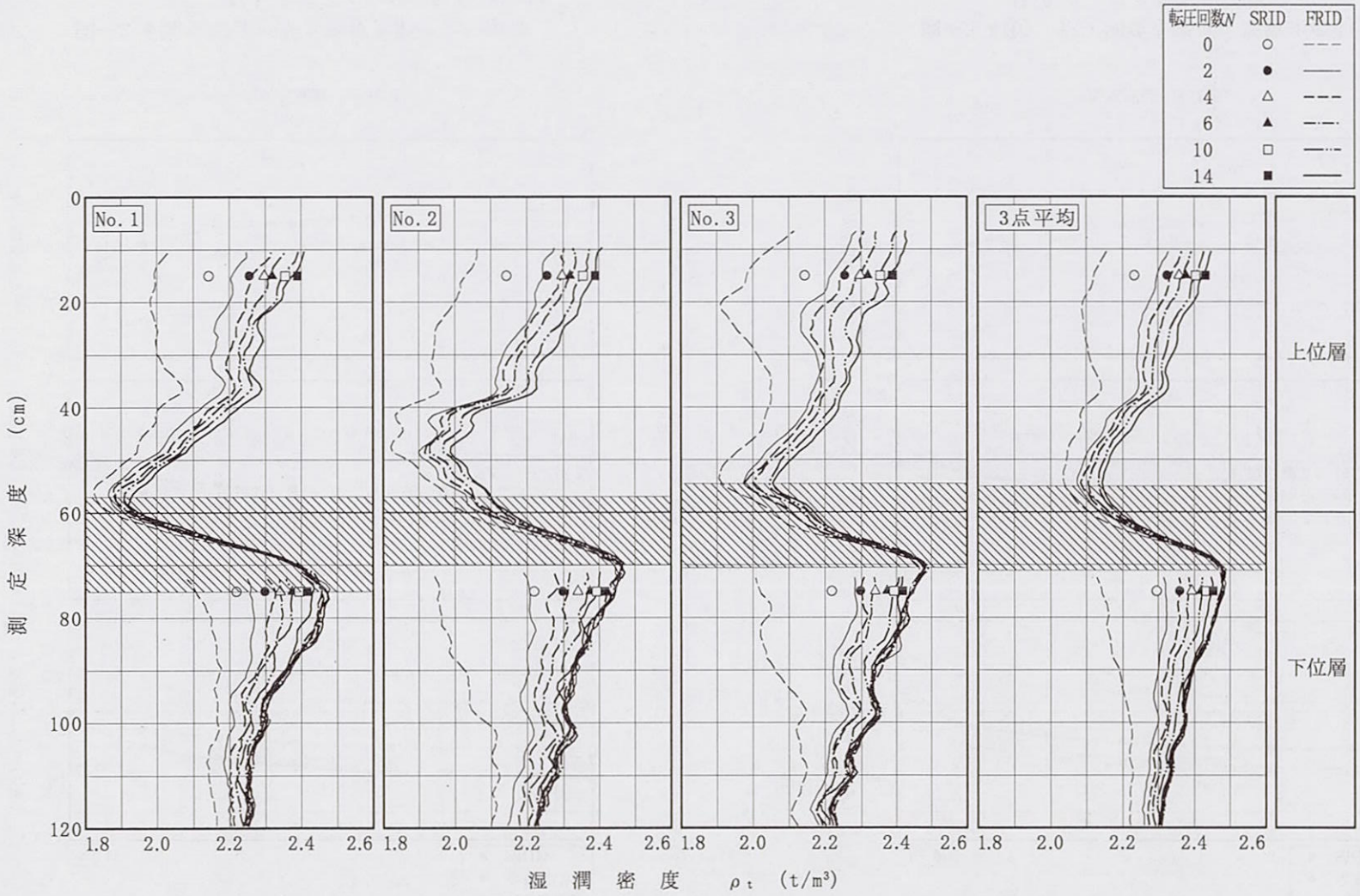
項　目	水準数	摘　　要
仕上り厚	1	H=60cm
試験層数	2	1層目（下位層）、2層目（上位層）
転圧機種	1	振動ローラ(自重107.8kN)
転圧回数	6	N=0,2,4,6,10,14回
含 水 比	1	仮置状態

表−3.4 に測定結果を深度 30cm 区間毎の平均値として示す。表には乾燥密度 ρ_d、間隙比 e_b＊もあわせて示している。なお、ρ_d、e_b の算出には、同時に測定を行った SRID による含水比(w)の総平均値および室内試験による絶乾比重 G_b を用いている。**図−3.3** に湿潤密度 ρ_t の深度分布を、**図−3.4** には深度区間 30cm 毎の転圧効果曲線を示す。

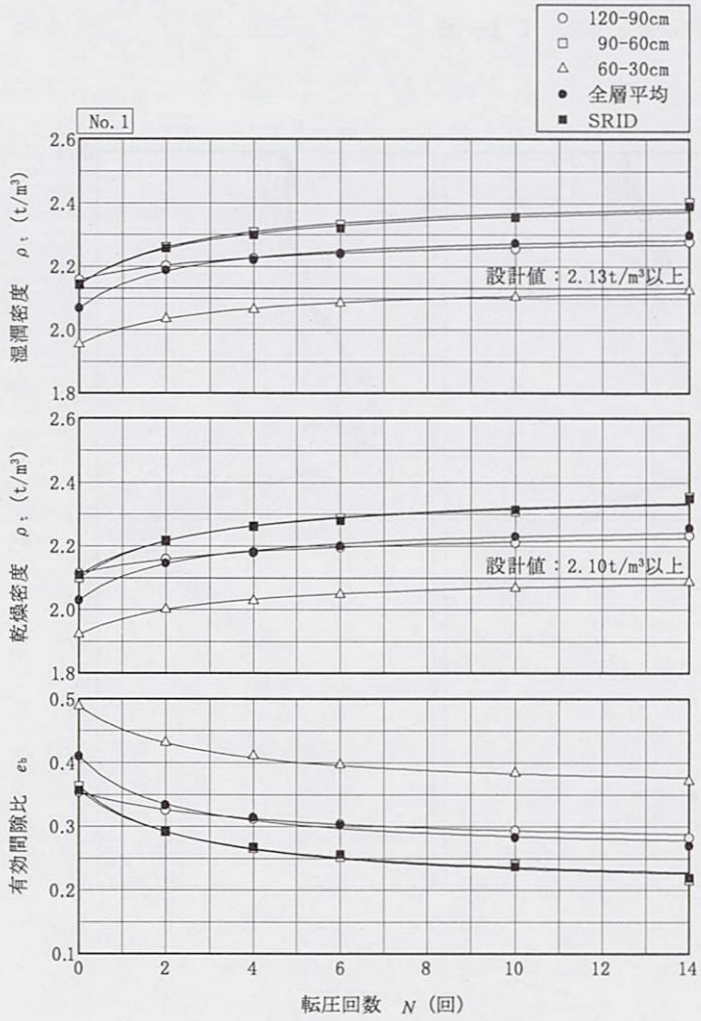
表−3.4　FRID による測定区間ごとの密度(HA ダム材)

転圧回数	測　点	深度区間(cm)								
		120−90			90−60			60−30		
		下位層						上位層		
		湿潤密度 ρ_t (t/m³)	乾燥密度 ρ_d (t/m³)	間隙比 e_b	湿潤密度 ρ_t (t/m³)	乾燥密度 ρ_d (t/m³)	間隙比 e_b	湿潤密度 ρ_t (t/m³)	乾燥密度 ρ_d (t/m³)	間隙比 e_b
0	No. 1	2. 158	2. 114	0. 354	2. 142	2. 099	0. 363	1. 955	1. 922	0. 489
	No. 2	2. 089	2. 047	0. 398	1. 973	1. 933	0. 480	1. 909	1. 876	0. 526
	No. 3	2. 124	2. 081	0. 375	2. 032	1. 991	0. 437	2. 000	1. 966	0. 456
	平均	2. 123	2. 081	0. 375	2. 049	2. 008	0. 425	1. 955	1. 921	0. 490
2	No. 1	2. 203	2. 159	0. 326	2. 261	2. 216	0. 292	2. 035	2. 000	0. 431
	No. 2	2. 184	2. 140	0. 337	2. 208	2. 164	0. 323	2. 011	1. 976	0. 448
	No. 3	2. 213	2. 168	0. 320	2. 264	2. 219	0. 290	2. 093	2. 057	0. 391
	平均	2. 200	2. 156	0. 328	2. 244	2. 199	0. 301	2. 046	2. 011	0. 423
4	No. 1	2. 225	2. 180	0. 313	2. 308	2. 262	0. 265	2. 064	2. 028	0. 411
	No. 2	2. 215	2. 170	0. 319	2. 263	2. 218	0. 290	2. 031	1. 996	0. 434
	No. 3	2. 234	2. 189	0. 307	2. 292	2. 246	0. 274	2. 109	2. 073	0. 381
	平均	2. 224	2. 180	0. 313	2. 288	2. 242	0. 277	2. 068	2. 033	0. 408
6	No. 1	2. 240	2. 195	0. 304	2. 333	2. 286	0. 252	2. 084	2. 048	0. 397
	No. 2	2. 241	2. 196	0. 303	2. 298	2. 252	0. 271	2. 049	2. 014	0. 421
	No. 3	2. 241	2. 196	0. 303	2. 314	2. 268	0. 262	2. 132	2. 095	0. 366
	平均	2. 241	2. 196	0. 303	2. 315	2. 269	0. 262	2. 088	2. 053	0. 394
10	No. 1	2. 256	2. 211	0. 294	2. 355	2. 308	0. 240	2. 104	2. 068	0. 384
	No. 2	2. 268	2. 222	0. 288	2. 341	2. 294	0. 248	2. 086	2. 050	0. 396
	No. 3	2. 269	2. 223	0. 287	2. 369	2. 322	0. 233	2. 163	2. 126	0. 346
	平均	2. 264	2. 219	0. 290	2. 355	2. 308	0. 240	2. 118	2. 081	0. 375
14	No. 1	2. 278	2. 232	0. 282	2. 403	2. 354	0. 216	2. 124	2. 087	0. 371
	No. 2	2. 275	2. 230	0. 284	2. 364	2. 317	0. 235	2. 105	2. 069	0. 383
	No. 3	2. 285	2. 239	0. 278	2. 390	2. 342	0. 222	2. 180	2. 143	0. 336
	平均	2. 279	2. 233	0. 281	2. 386	2. 338	0. 224	2. 136	2. 100	0. 363

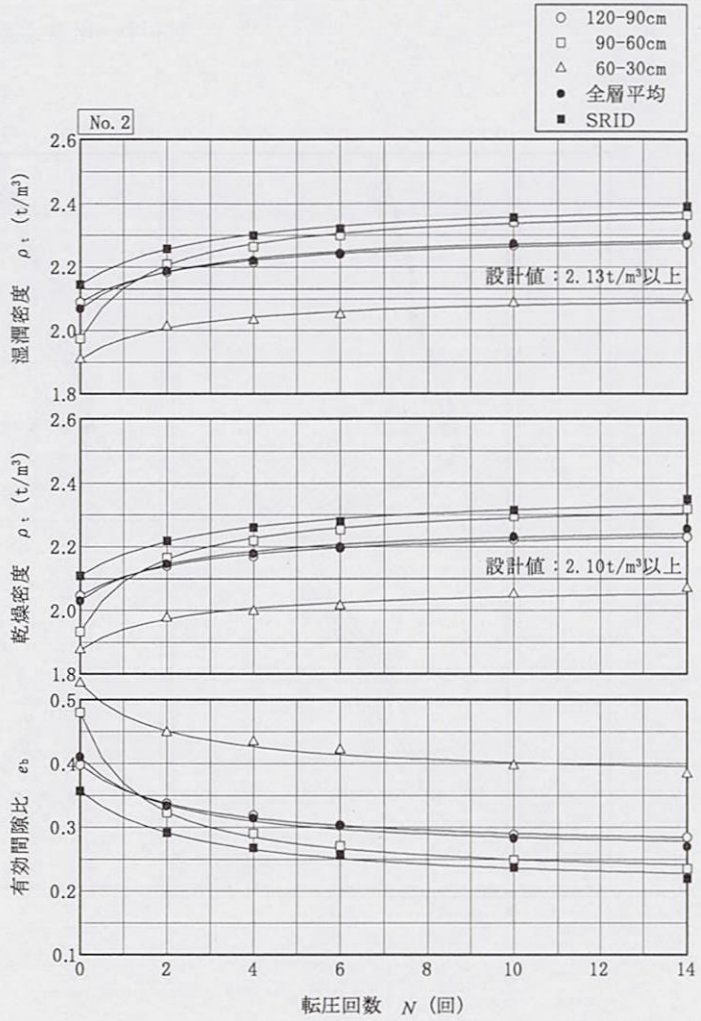
*)間隙比 $e_b=\dfrac{\rho_w \cdot Gb}{\rho d}-1$　　乾燥密度 $\rho_d=\rho_t/(1+\dfrac{w}{100})$　　ρ_x：水の密度



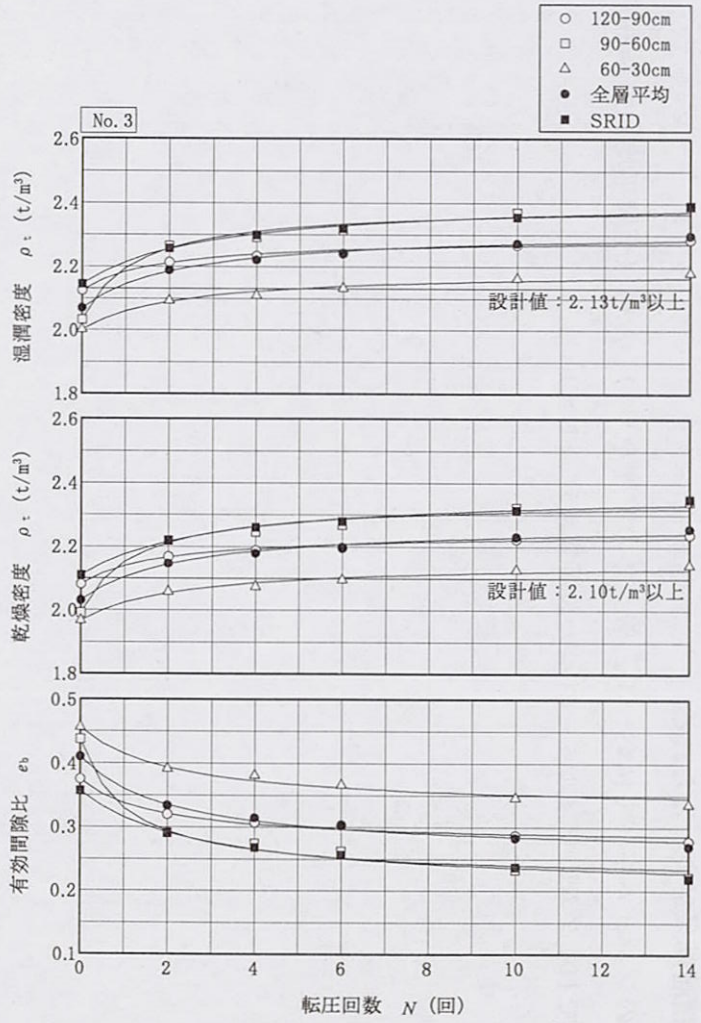
図－3.3 深さ方向の湿潤密度分布(HA ダムフィルター材料)



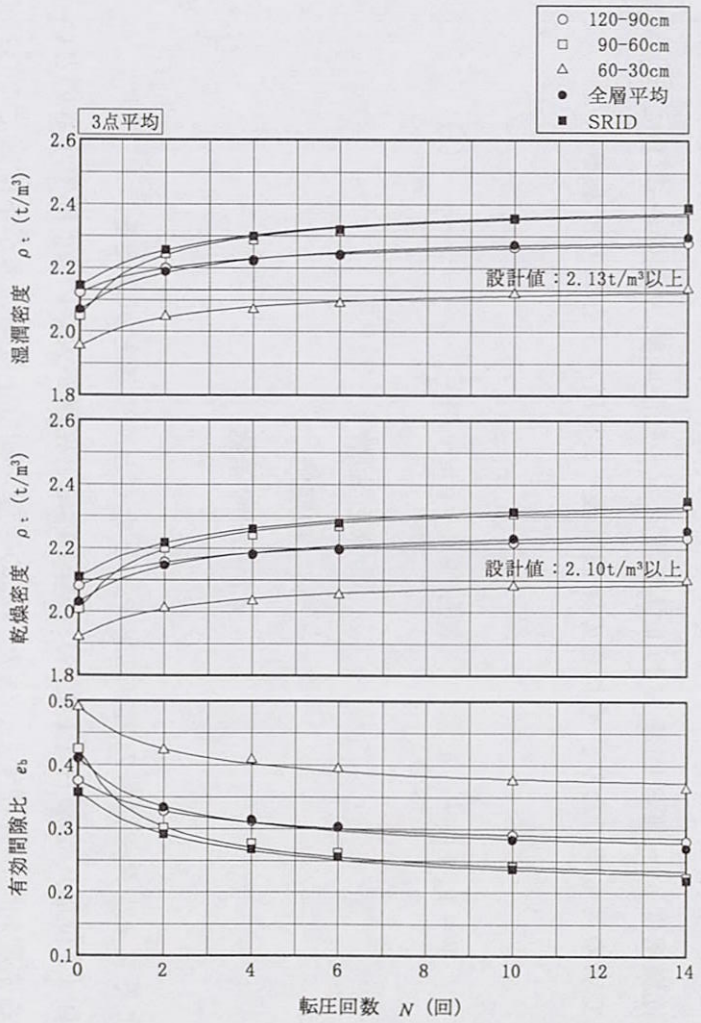
図－3.4(a) 転圧回数と密度、間隙比の関係
(HA ダムフィルター材料 No.1)



図－3.4(b) 転圧回数と密度、間隙比の関係
(HA ダムフィルター材料 No.2)



図－3.4(c) 転圧回数と密度、間隙比の関係
(HA ダムフィルター材料 No.3)



図－3.4(d) 転圧回数と密度、間隙比の関係
(HA ダムフィルター材料 3 点平均)

これらの図にはSRIDの結果もあわせて示している。**図－3.4**に示す曲線は湿潤密度ρ_t～転圧回数N、乾燥密度ρ_d～転圧回数Nおよび間隙比e_b～転圧回数N関係を式(1)に示す双曲線回帰を行って求めたものであり、それらの係数は**表－3.5**に示すとおりである。

$$y = y_0 + \frac{N}{a + bN} \qquad \text{極限値} \quad y = y_0 + \frac{1}{b} \qquad \text{(1)}$$

N：転圧回数

y_0：初期値

a,b：回帰係数

FRIDによるフィルター材料の測定結果をまとめると次のことが言える。

① 1層目（下位層）、2層目（上位層）とも上部ほど密度が大きい、下部で小さいという、いわゆる密度勾配が存在する。また、この密度勾配は上位層の方が下位層にくらべてやや大きい。

② 全体的に上位層は下位層に比べて密度が小さい。これはSRIDの測定結果とも整合している。

③ 下位層の上部(深さ85cm付近以浅)では、上位層をまき出したことによる密度増加、いわゆる積層効果が少しみられる。

④ 3つのフレームすべてにおいて、層全体の密度を平均した値（全層平均）でみると、N=2回でHAダムのフィルター材料の設計密度に達している。

表－3.5　深度区間ごとの双曲線回帰係数（HA ダムフィルター材）

測点	試験層	深度区間 (cm)	初期値 y_0	回帰係数 a	回帰係数 b	決定係数 r^2	極限値
No. 1	下位層 1層目	120-90	2.158	30.9811	6.7936	0.9965	2.305
			2.114	31.6162	6.9328	0.9965	2.259
			0.354	-49.3918	-11.5695	0.9965	0.267
		90-60	2.142	10.0322	3.4603	0.9922	2.431
			2.099	10.2379	3.5313	0.9922	2.382
			0.363	-15.7624	-6.1703	0.9922	0.201
	上位層 2層目	60-30	1.955	14.8760	5.1711	0.9958	2.149
			1.922	15.1363	5.2616	0.9958	2.112
			0.489	-19.5282	-7.4596	0.9958	0.355
		30-0	1.998	4.8865	2.6612	0.9982	2.373
			1.963	4.9720	2.7078	0.9982	2.333
			0.458	-6.6962	-4.3328	0.9982	0.227
No. 2	下位層 1層目	120-90	2.089	12.1866	4.5320	0.9953	2.309
			2.047	12.4364	4.6249	0.9953	2.263
			0.398	-18.2045	-7.4851	0.9953	0.265
		90-60	1.973	3.9086	2.3604	0.9929	2.397
			1.933	3.9887	2.4088	0.9929	2.349
			0.480	-5.2098	-3.8218	0.9929	0.219
	上位層 2層目	60-30	1.909	10.6614	4.8372	0.9609	2.115
			1.876	10.8479	4.9218	0.9609	2.079
			0.526	-13.3359	-6.7060	0.9609	0.377
		30-0	2.000	3.8998	2.7924	0.9694	2.358
			1.966	3.9681	2.8413	0.9694	2.318
			0.456	-5.3582	-4.5235	0.9694	0.235
No. 3	下位層 1層目	120-90	2.124	11.0256	5.9813	0.9653	2.291
			2.081	11.2516	6.1039	0.9653	2.245
			0.375	-17.0257	-9.9635	0.9653	0.275
		90-60	2.032	3.3955	2.7553	0.9370	2.395
			1.991	3.4651	2.8118	0.9370	2.347
			0.437	-4.8019	-4.5924	0.9370	0.219
	上位層 2層目	60-30	2.000	11.9233	5.2571	0.9555	2.191
			1.966	12.1319	5.3491	0.9555	2.153
			0.456	-16.3851	-7.9113	0.9555	0.329
		30-0	1.991	4.7993	2.5821	0.9585	2.378
			1.956	4.8833	2.6273	0.9585	2.337
			0.463	-6.5301	-4.1968	0.9585	0.225
平均	下位層 1層目	120-90	2.123	15.1666	5.6958	0.9918	2.299
			2.081	15.4776	5.8125	0.9918	2.253
			0.375	-23.4146	-9.5203	0.9918	0.270
		90-60	2.049	4.8147	2.8151	0.9832	2.404
			2.008	4.9134	2.8728	0.9832	2.356
			0.425	-6.9222	-4.7490	0.9832	0.215
	上位層 2層目	60-30	1.955	12.2890	5.0920	0.9760	2.151
			1.921	12.5041	5.1811	0.9760	2.114
			0.490	-16.1246	-7.3525	0.9760	0.354
		30-0	1.988	4.4805	2.6578	0.9810	2.365
			1.954	4.5590	2.7043	0.9810	2.324
			0.464	-6.0837	-4.2916	0.9810	0.231

上段；湿潤密度
中段；乾燥密度
下段；間隙比

3.1.3 ロック材料

盛立試験条件を**表－3.6** に示す。試験は試験ゾーン 1 箇所における層のみである。導管フレームは 3 箇所に埋設した。

表－3.6 盛立試験条件（HA ダム）

項　目	水準数	摘　要
仕上り厚	1	H=120cm
試験層数	1	
転圧機種	1	振動ローラ(自重107.8kN)
転圧回数	6	N=0,2,4,6,10,14回
含 水 比	1	仮置状態

表－3.7 に FRID による測定結果を深度 30cm 区間ごとに平均値として示す。**表－3.7** にはフィルター材料同様、乾燥密度 ρ_d、間隙比 e_b も合わせて示している。なお、ρ_d、e_b の算出法はフィルター材料の場合と同じである。

表－3.7　深度区間ごとの測定値(HA ダムロック材)

転圧回数	測　点	深度区間(cm)								
		120-90			90-60			60-30		
		湿潤密度 ρ_t (t/m^3)	乾燥密度 ρ_d (t/m^3)	間隙比 e_b	湿潤密度 ρ_t (t/m^3)	乾燥密度 ρ_d (t/m^3)	間隙比 e_b	湿潤密度 ρ_t (t/m^3)	乾燥密度 ρ_d (t/m^3)	間隙比 e_b
0	No. 1	1. 972	1. 943	0. 470	2. 024	1. 994	0. 432	1. 994	1. 964	0. 454
	No. 2	2. 012	1. 983	0. 441	1. 917	1. 888	0. 512	1. 904	1. 876	0. 523
	No. 3	2. 019	1. 989	0. 436	1. 981	1. 952	0. 463	2. 017	1. 987	0. 438
	平均	2. 001	1. 971	0. 449	1. 974	1. 945	0. 469	1. 971	1. 942	0. 470
2	No. 1	2. 031	2. 001	0. 427	2. 108	2. 077	0. 375	2. 143	2. 112	0. 353
	No. 2	2. 051	2. 021	0. 413	1. 974	1. 944	0. 469	2. 006	1. 977	0. 445
	No. 3	2. 058	2. 028	0. 408	2. 046	2. 016	0. 417	2. 095	2. 064	0. 384
	平均	2. 047	2. 017	0. 416	2. 043	2. 012	0. 419	2. 082	2. 051	0. 393
4	No. 1	2. 052	2. 022	0. 413	2. 131	2. 100	0. 360	2. 170	2. 137	0. 336
	No. 2	2. 073	2. 042	0. 398	2. 002	1. 973	0. 448	2. 042	2. 012	0. 420
	No. 3	2. 079	2. 048	0. 395	2. 078	2. 048	0. 395	2. 140	2. 108	0. 355
	平均	2. 068	2. 037	0. 402	2. 071	2. 040	0. 400	2. 117	2. 086	0. 369
6	No. 1	2. 061	2. 030	0. 407	2. 147	2. 115	0. 350	2. 196	2. 164	0. 320
	No. 2	2. 086	2. 056	0. 389	2. 026	1. 996	0. 431	2. 073	2. 043	0. 398
	No. 3	2. 091	2. 061	0. 386	2. 096	2. 065	0. 383	2. 159	2. 127	0. 343
	平均	2. 079	2. 049	0. 394	2. 090	2. 059	0. 387	2. 143	2. 111	0. 353
10	No. 1	2. 079	2. 048	0. 395	2. 167	2. 135	0. 337	2. 223	2. 190	0. 304
	No. 2	2. 104	2. 073	0. 378	2. 051	2. 021	0. 413	2. 100	2. 069	0. 380
	No. 3	2. 103	2. 072	0. 378	2. 113	2. 082	0. 372	2. 191	2. 158	0. 323
	平均	2. 095	2. 064	0. 383	2. 111	2. 079	0. 373	2. 171	2. 139	0. 335
14	No. 1	2. 084	2. 053	0. 391	2. 179	2. 147	0. 330	2. 245	2. 212	0. 291
	No. 2	2. 111	2. 079	0. 373	2. 062	2. 032	0. 406	2. 111	2. 080	0. 373
	No. 3	2. 107	2. 076	0. 376	2. 132	2. 100	0. 360	2. 221	2. 188	0. 305
	平均	2. 101	2. 070	0. 380	2. 124	2. 093	0. 365	2. 192	2. 160	0. 322

図－3.5 に測定場所ごとの湿潤密度 ρ_t の深さ方向の分布を示す。

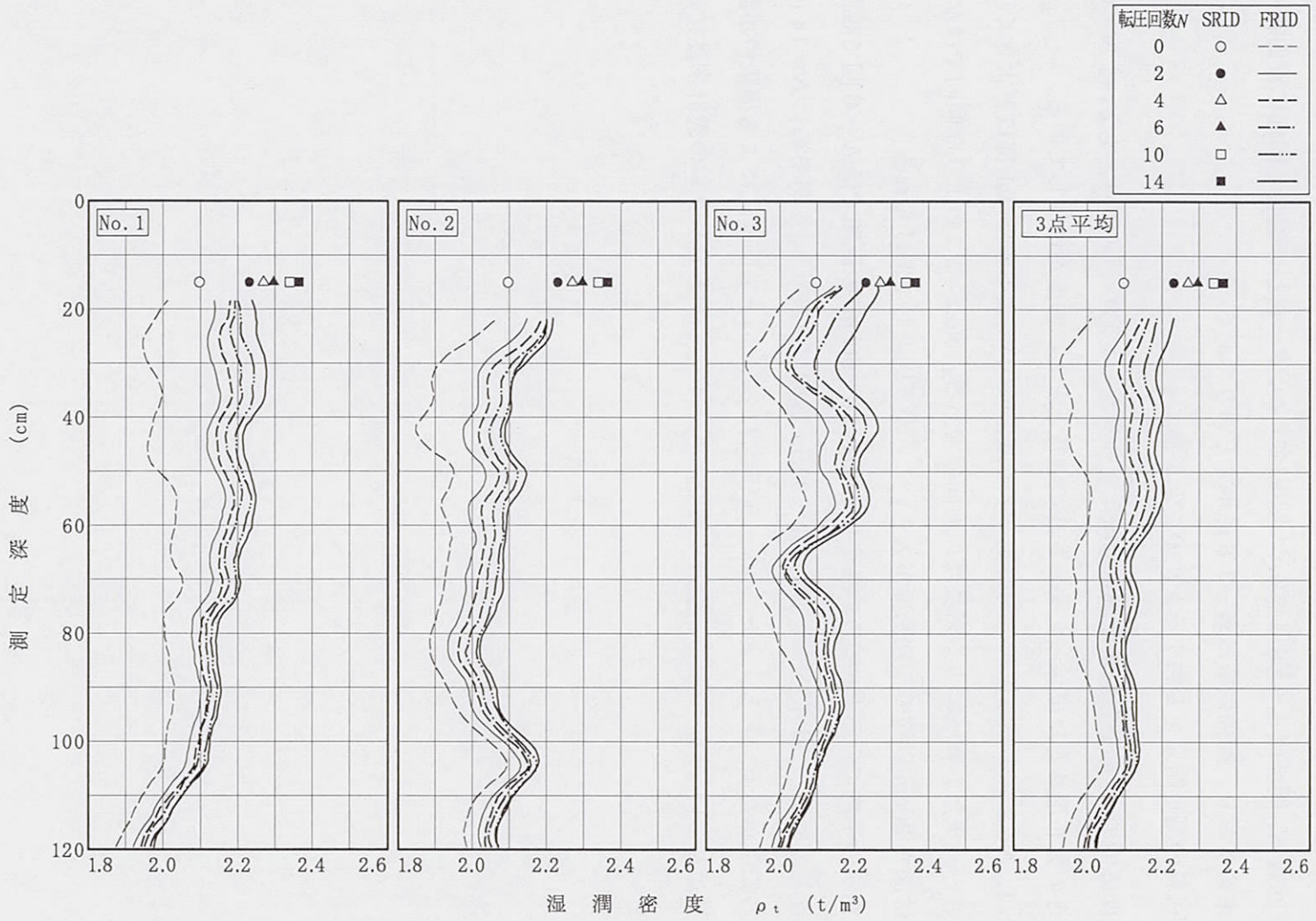
また、**図－3.6** に深度 30cm 区間ごとの転圧効果曲線を示す。これらの図には同時に実施したSRIDの測定結果も示している。**図－3.6** に示している湿潤密度 ρ_t～転圧回数 N、乾燥密度 ρ_d～転圧回数 N、間隙比 e_b～転圧回数 Nの関係はフィルター材料の場合と同様に双曲線回帰を行って求めており、回帰係数は**表－3.8** に示すとおりである。

ロック材料の測定結果を要約すると次のことが言える。

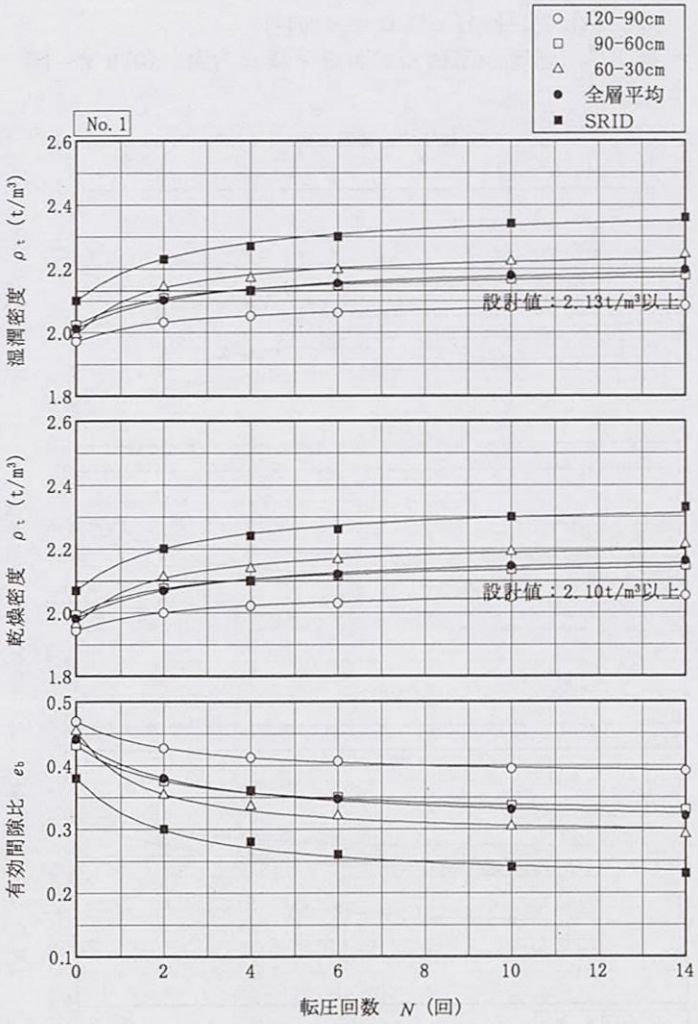
① 深度方向の ρ_t の分布形状は測定場所により異なっており、各測点とも ρ_t は $N=0$ 回のときの分布形状をほぼ保ったまま転圧の進行とともに密度が増加している。

② No.1、No.3 および3箇所平均のケースでは、FRIDによる密度は上部ほど大きく下部で小さい。また、転圧による密度増加も同様である。No.2 はこのような傾向ではない。これは深さ 90cm 以深の初期密度が大きいことが要因としてあげられる。

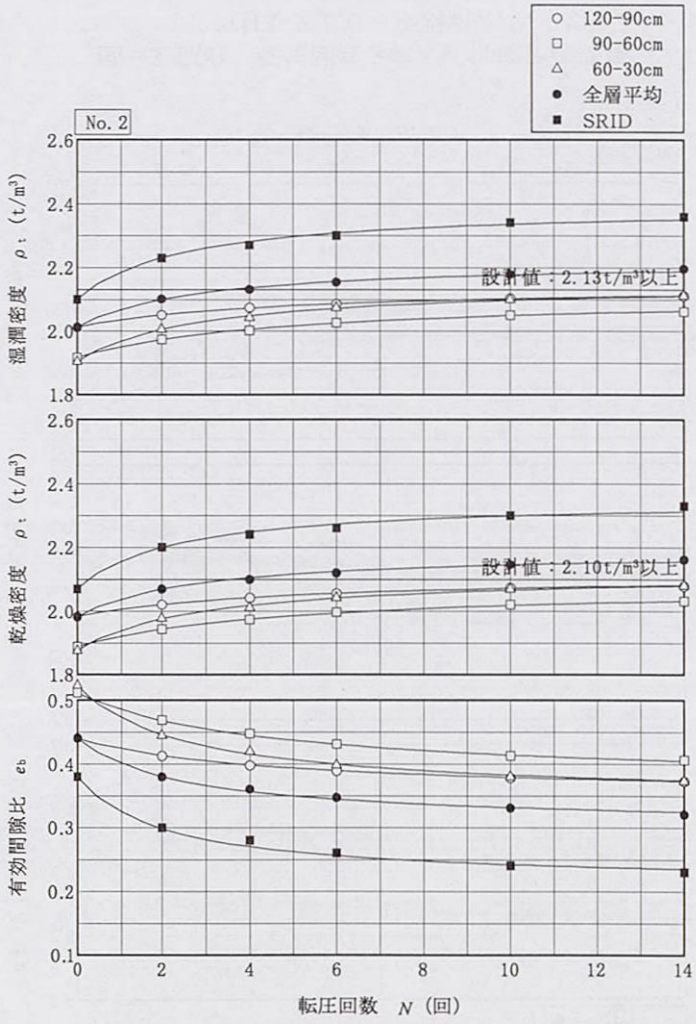
③ 3箇所の平均でみるとFRIDで測定した深度 30～60cm の区間では $N=6$ 回で設計密度に達している。これに対し、深さ 60～90cm 区間では設計 ρ_d を得るのに $N=14$ 回を上回る転圧が必要である。また、90cm 以深では ρ_t、ρ_d とも回帰式による極限値が設計値を満足していない。しかし、全層平均では $N=4$ 回でほぼ HA ダムの設計密度に達している。



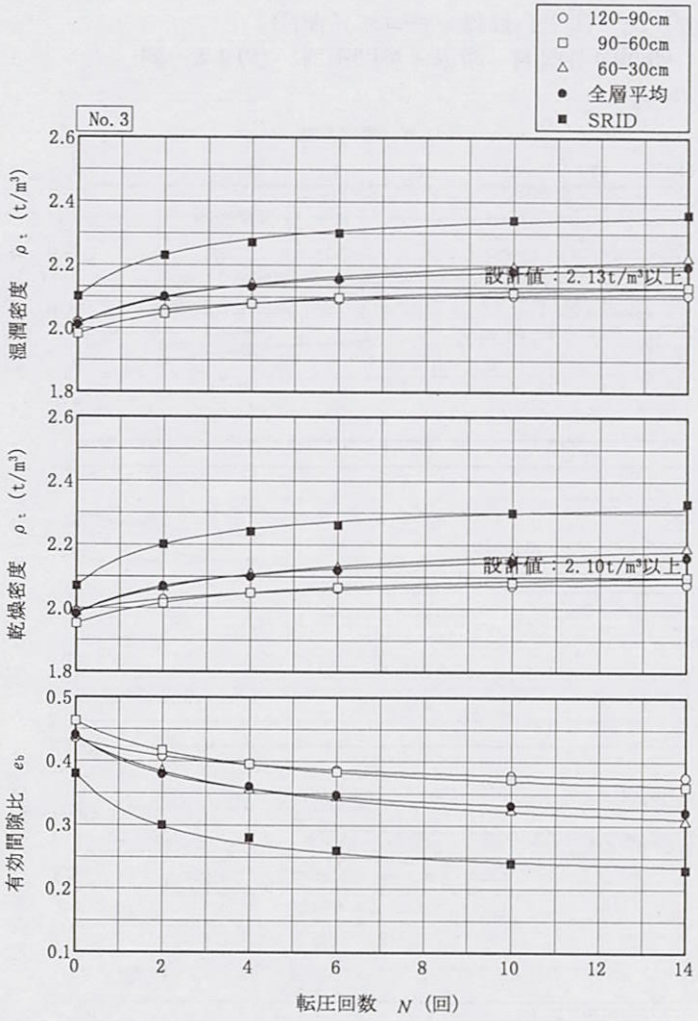
図－3.5 深さ方向の密度分布(HA ダムロック材料)



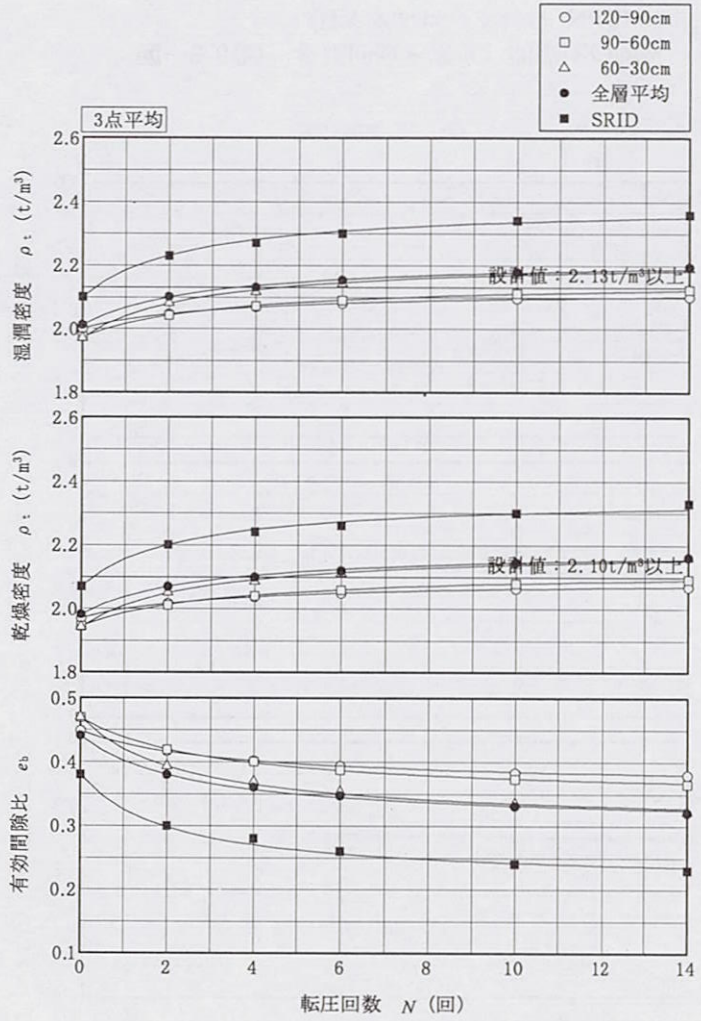
図－3.6(a) 転圧回数と密度、間隙比の関係
(HA ダムロック材料 No.1)



図－3.6(b) 転圧回数と密度、間隙比の関係
(HA ダムロック材料 No.2)



図－3.6(c)　転圧回数と密度、間隙比の関係
(HA ダムロック材料 No.3)



図－3.6(d)　転圧回数と密度、間隙比の関係
(HA ダムロック材料 3 点平均)

表－3.8　ERIDの測定値から求めた双曲線回帰係数（HAダムロック材）

測点	深度区間 (cm)	初期値 y_0	回帰係数 a	回帰係数 b	決定係数 r^2	極限値
No. 1	120-90	1.972	18.5511	7.7879	0.9962	2.101
		1.943	18.8294	7.9048	0.9962	2.070
		0.470	-24.8937	-11.1310	0.9962	0.380
	90-60	2.024	12.5593	5.8035	0.9926	2.196
		1.994	12.7476	5.8906	0.9926	2.164
		0.432	-17.7433	-8.8971	0.9926	0.320
	60-30	1.994	6.1257	3.7930	0.9743	2.257
		1.964	6.2175	3.8499	0.9743	2.224
		0.454	-8.3984	-5.8880	0.9743	0.284
	30-0	1.970	6.0181	3.3810	0.9784	2.265
		1.940	6.1083	3.4317	0.9784	2.232
		0.472	-8.0530	-5.2036	0.9784	0.280
No. 2	120-90	2.012	36.3018	7.4508	0.9999	2.147
		1.983	36.8463	7.5626	0.9999	2.115
		0.441	-50.7135	-11.1030	0.9999	0.350
	90-60	1.917	25.3212	5.0409	0.9990	2.115
		1.888	25.7011	5.1165	0.9990	2.084
		0.512	-32.0918	-7.0499	0.9990	0.371
	60-30	1.904	11.7166	4.0154	0.9966	2.153
		1.876	11.8924	4.0756	0.9966	2.121
		0.523	-14.6508	-5.6777	0.9966	0.346
	30-0	1.997	9.9659	4.2718	0.9959	2.231
		1.967	10.1154	4.3359	0.9959	2.198
		0.452	-13.7070	-6.5643	0.9959	0.299
No. 3	120-90	2.019	32.8269	8.5453	0.9990	2.136
		1.989	33.3193	8.6735	0.9990	2.104
		0.436	-46.1397	-12.7071	0.9990	0.357
	90-60	1.981	19.8864	5.3686	0.9993	2.167
		1.952	20.1847	5.4492	0.9993	2.135
		0.463	-26.9223	-7.9515	0.9993	0.338
	60-30	2.017	17.7965	3.8289	0.9981	2.278
		1.987	18.0634	3.8864	0.9981	2.244
		0.438	-24.9656	-6.0670	0.9981	0.273
	30-0	1.979	20.1839	4.0294	0.9582	2.227
		1.950	20.4867	4.0898	0.9582	2.195
		0.465	-27.2761	-6.1280	0.9582	0.301
平均	120-90	2.001	27.5021	8.0354	0.9997	2.126
		1.971	27.9147	8.1560	0.9997	2.094
		0.449	-37.9897	-11.7899	0.9997	0.364
	90-60	1.974	18.3361	5.5017	0.9986	2.156
		1.945	18.6111	5.5842	0.9986	2.124
		0.469	-24.6435	-8.0751	0.9986	0.345
	60-30	1.971	10.4499	3.9838	0.9947	2.222
		1.942	10.6067	4.0435	0.9947	2.190
		0.470	-14.0093	-6.0207	0.9947	0.304
	30-0	1.968	10.2169	3.7666	0.9835	2.234
		1.939	10.3701	3.8231	0.9835	2.201
		0.473	-13.6517	-5.7118	0.9835	0.298

上段；湿潤密度
中段；乾燥密度
下段；間隙比

3.2 SU ダム盛立試験

SU ダムではコアおよびフィルターゾーンの厚層化施工を目的とした盛立試験においてFRID による密度測定も行った。測定器はコア材料、フィルター材料ともに中型を使用した。

3.2.1 コア材料

盛立試験は実施工で使用するために既にストックパイルされている材料を用いて実施した。FRID の測定は仕上り厚さHをかえた２つのゾーンを造成して行い、測点数は１ゾーンあたり３箇所である。試験条件は**表－3.9** のとおりである。

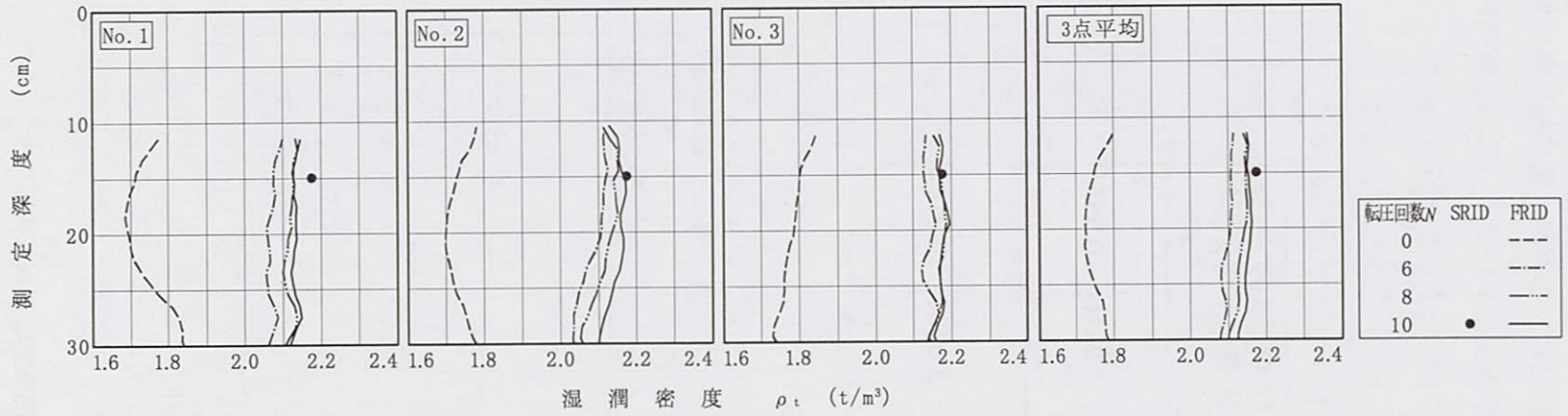
表－3.9 盛立試験条件（SU ダムコア材料）

項　目	水準数	摘　　要
仕上り厚	2	H=30,40cm
試験層数	1	試験層は2層であるがFRIDの測定は上位層の1層のみ
転圧機種	1	振動ローラ(自重107.8kN)
転圧回数	4または5	N=0,6,8,10回(H=30cm) N=0,4,8,10,12回(H=40cm)
含 水 比	1	w_{opt}+1.5%

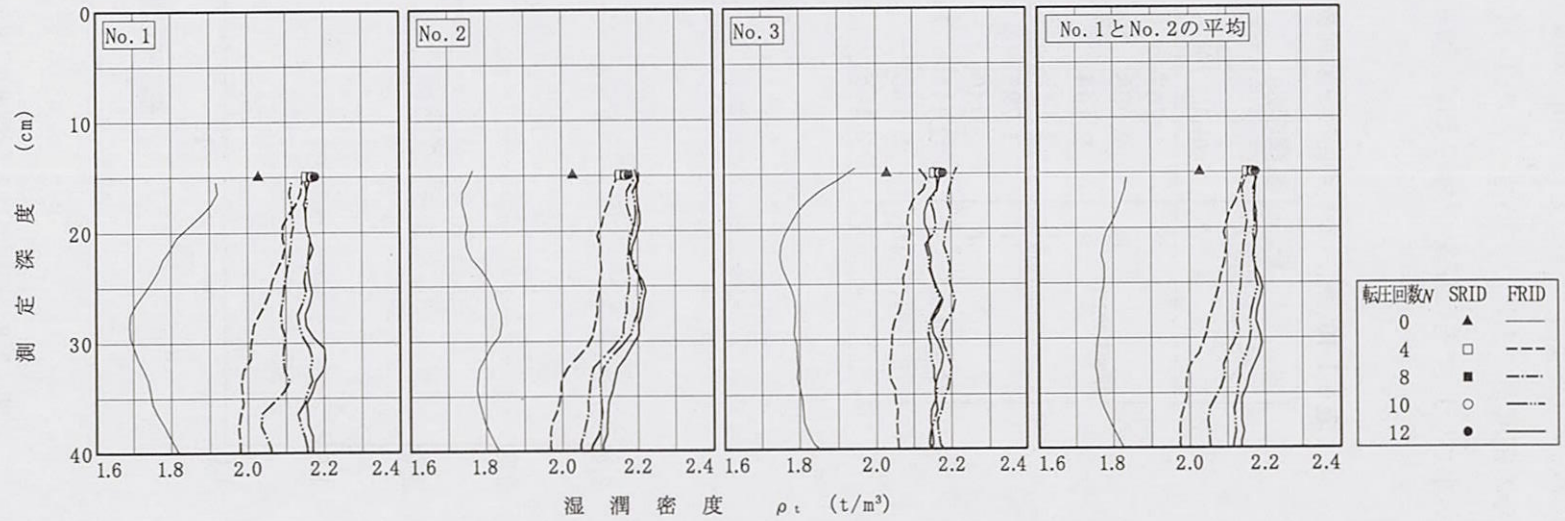
各転圧回数における層内部の密度分布を**図－3.7** に示す。また、仕上り厚さ H=30cm ゾーンにおいては 10 回転圧時に、H=40cm ゾーンにおいては転圧回数ごとに同時に行われたSRIDの測定結果（平均値）も合わせて示す。なお、H=40cm ゾーンの No.3 測点においては、8 回転圧時の密度より 10 回，12 回転圧時の密度の方が低くなっている。これは降雨によるゾーン内の含水比の上昇を防ぐためシート等で養生を行ったものの、No.3 測点では雨水が導管フレームを伝ってゾーン内に侵入（導管の内部にも侵入したが測定時は除去した）したため、他の地点と含水状態が異なったためだと考えられる。なお、導管フレーム撤去直後の状態を見るとNo.3 測点の導管フレームのみ、他の地点では見られなかった含水比の高い土が付着（泥状になって付着した状態）していた。よって、**図－3.7(b)** における H=40cm ゾーンの平均値にはNo.3 測点の値を除外した。**図－3.7** に示された平均値をみると、H=30cm ゾーンでは上部から下部まで転圧回数による密度の差は小さいが、H=40cm ゾーンでは深くなると密度の差がみられる。

次に、各転圧回数における層内部の密度分布の平均値を**表－3.10** に示す。転圧回数と湿潤密度の関係は、先の例と同様な双曲線回帰を行っており、それらの回帰係数も表に示している。湿潤密度と転圧回数の関係を、それらの回帰双曲線とともに**図－3.8** に示す。

図－3.8 より層内の転圧回数による密度分布をみると、各ゾーンとも転圧効果に大きな差異はないものと考えられる。



図－3.7(a) 深さ方向の密度分布(SU ダムコア材料 H=30cm)

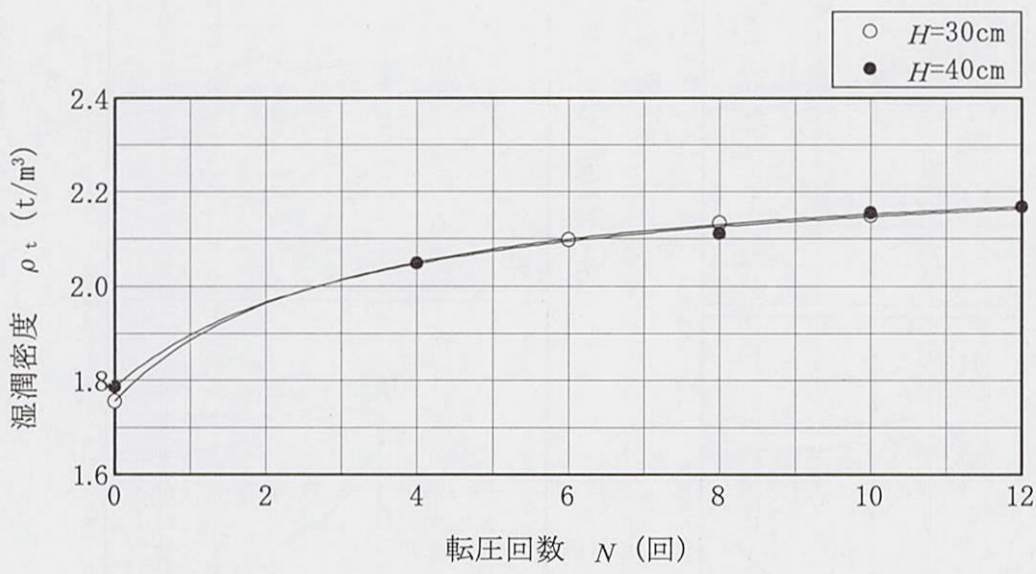


図－3.7(b) 深さ方向の密度分布(SU ダムコア材料 H=40cm)

なお、FRID の測定結果のうち、初期の密度が SRID の値と比べて低いのは、導管フレームの埋設に伴い発生する埋戻し作業が十分でなかったためだと考えられる。しかし、転圧後の密度については、転圧回数が増すごとに SRID の測定結果に近付いており、最終転圧時においてはほぼ同等の密度まで上昇している。このように、初期密度が低い場合（敷均し重機による転圧効果が小さい）でも転圧を十分行えば、所定の密度まで達することがわかった。

表－3.10 層内の平均密度と双曲線回帰係数（SU ダムコア材料）

ゾーン	転圧回数 N	湿潤密度 ρ_t (t/m³)	双曲線回帰		
			回帰係数		決定係数
			a	b	r^2
H=30cm	0	1.757	5.8248	1.9516	0.9855
	6	2.098			
	8	2.134			
	10	2.149			
H=40cm	0	1.787	7.0746	2.0738	0.9742
	4	2.049			
	8	2.111			
	10	2.155			
	12	2.168			



図—3.8 転圧回数と湿潤密度(平均値)の関係(SU ダムコア材料)

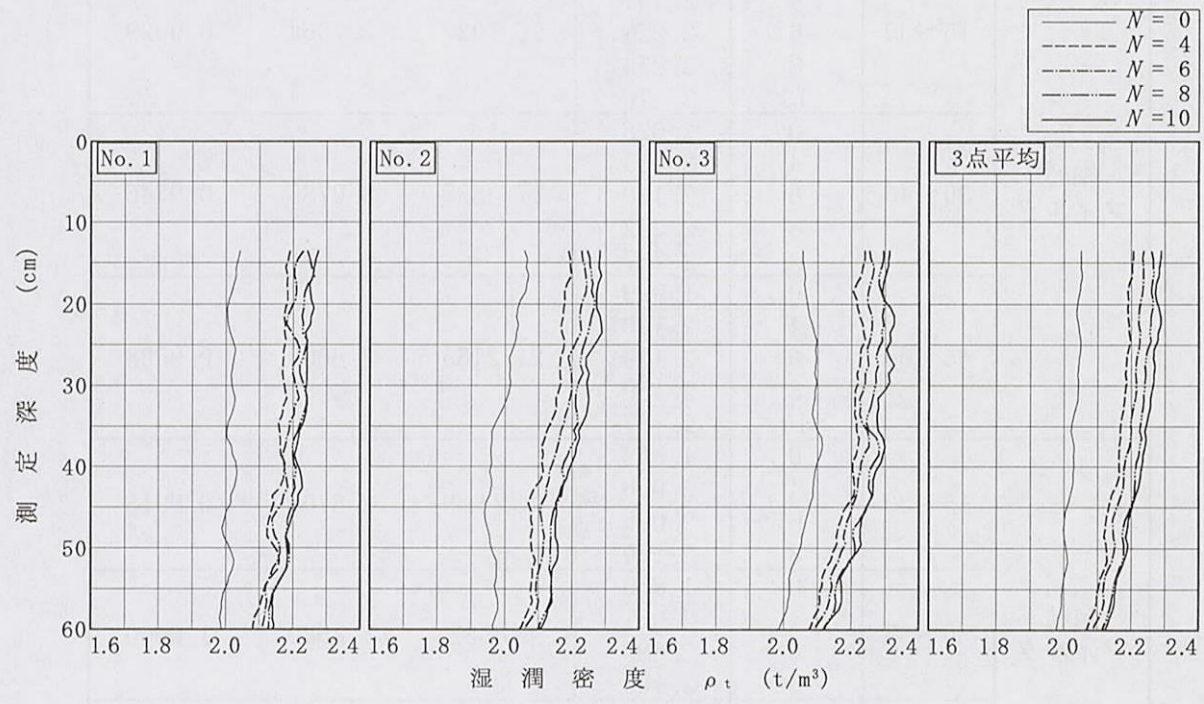
3.2.2 フィルター材料の盛立試験

盛立試験における FRID の測定は細粒材、粗粒材の２種類の材料を用いてそれぞれのゾーンを１ゾーンづつ造成して実施した。測点数は１ゾーンあたり３箇所である。また、仕上り厚さが厚いため、転圧にはコア材料の試験時に比べてより大型の振動ローラ(自重 176.4kN)を使用した。試験条件は**表－3.11** のとおりである。

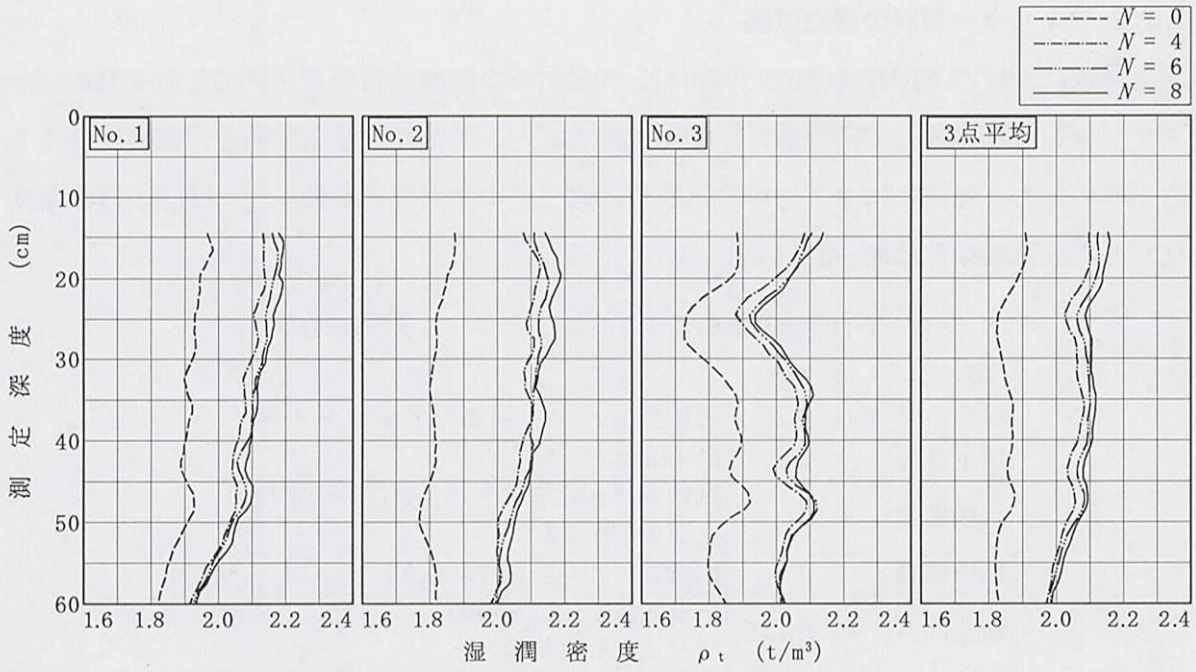
表－3.11　盛立試験条件（SUダムのフィルター材料）

項　目	水準数	摘　　要
材　　料	2	細粒フィルターおよび粗粒フィルター
仕上り厚	1	H=60cm
試験層数	1	試験層は2層であるがFRIDの測定は 上層の1層のみ
転圧機種	1	振動ローラ(自重176.4kN)
転圧回数	4または5	N=0,4,6,8,10回(細粒) N=0,4,6,8回(粗粒)
含 水 比	1	w_{opt}以下(細粒)、w_n(粗粒)

各転圧回数における層内部の密度分布を**図－3.9** に示す。また、測定深度 15cm 区間の平均密度の湿潤密度 ρ_t～転圧回数 Nとの関係の双曲線回帰係数を**表－3.12** に示し、これらの ρ_t～N関係および回帰双曲線を**図－3.10** に示す。



図－3.9(a)　深さ方向の湿潤密度分布(SU ダム細粒フィルター材料)



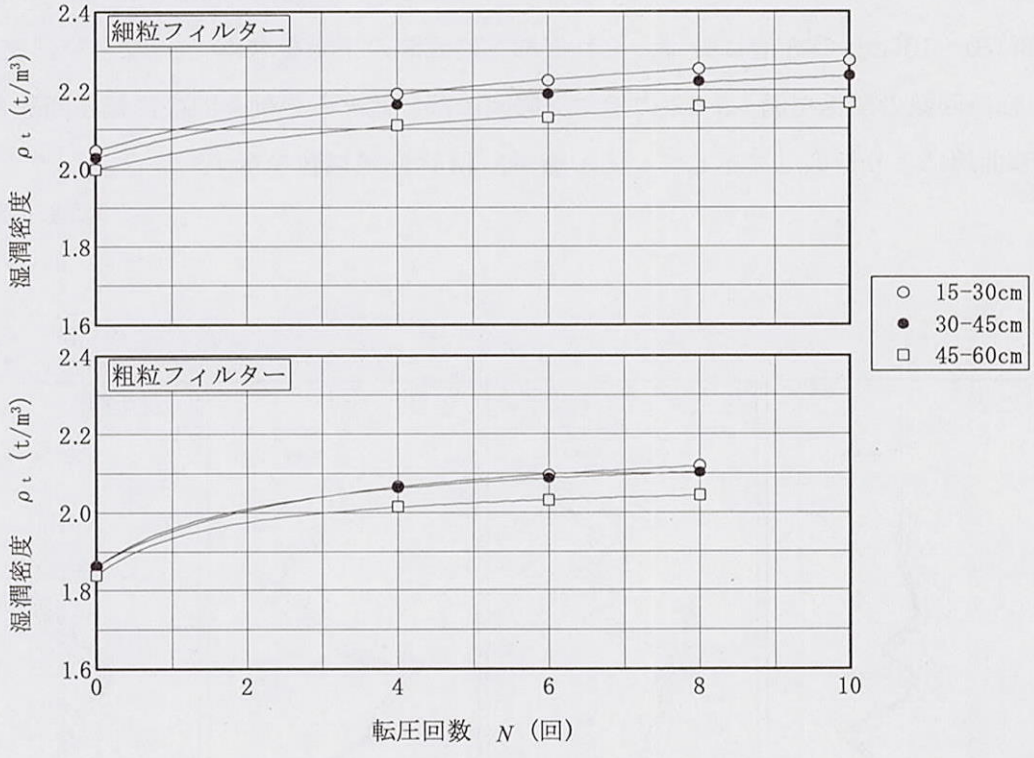
図－3.9 (b)　深さ方向の湿潤密度分布(SU ダム粗粒フィルター材料)

表－3.12　深度別の湿潤密度の平均値と双曲線回帰係数（SU ダムフィルター材）

材料名	深度区間 (cm)	転圧回数 N	湿潤密度 ρ_t (t/m³)	双曲線回帰 回帰係数 a	双曲線回帰 回帰係数 b	決定係数 r^2
細粒フィルタ	15～30	0	2.045	16.7032	2.7064	0.9929
		4	2.191			
		6	2.224			
		8	2.254			
		10	2.276			
	30～45	0	2.028	17.3838	3.0780	0.9746
		4	2.164			
		6	2.190			
		8	2.222			
		10	2.237			
	45～60	0	1.999	21.2165	3.8000	0.9508
		4	2.110			
		6	2.129			
		8	2.159			
		10	2.167			
粗粒フィルタ	15～30	0	1.862	8.2419	2.8706	0.9918
		4	2.066			
		6	2.096			
		8	2.120			
	30～45	0	1.860	6.8582	3.2589	1.0000
		4	2.061			
		6	2.088			
		8	2.103			
	45～60	0	1.838	6.3185	4.1196	0.9892
		4	2.014			
		6	2.030			
		8	2.043			

細粒フィルター材料の場合、深度方向に対する密度分布は深部になるにつれて密度の上昇具合は少なくなっているために、層内で密度勾配が生じている。また、測定深度を 15cm 区間で平均して各深度における結果を見ると、深度 15cm～30cm 及び 30cm～45cm 区間は、ほぼ同等に密度上昇(密度増分が)するのに対し、深度 45cm～60cm 区間の平均値は密度増分が少ない。

粗粒フィルター材料では、深度方向に対する密度勾配はみうけられるものの細粒フィルター材料に比べて小さい。また、転圧による密度増分をみると、初期密度がある一定値以上ある場合においては、転圧に伴う密度増分はほぼ同じであることが判明した。



図－3.10 転圧回数と湿潤密度（平均値）の関係(SU ダムフィルター材料)

3.3 MD ダムのロック材料

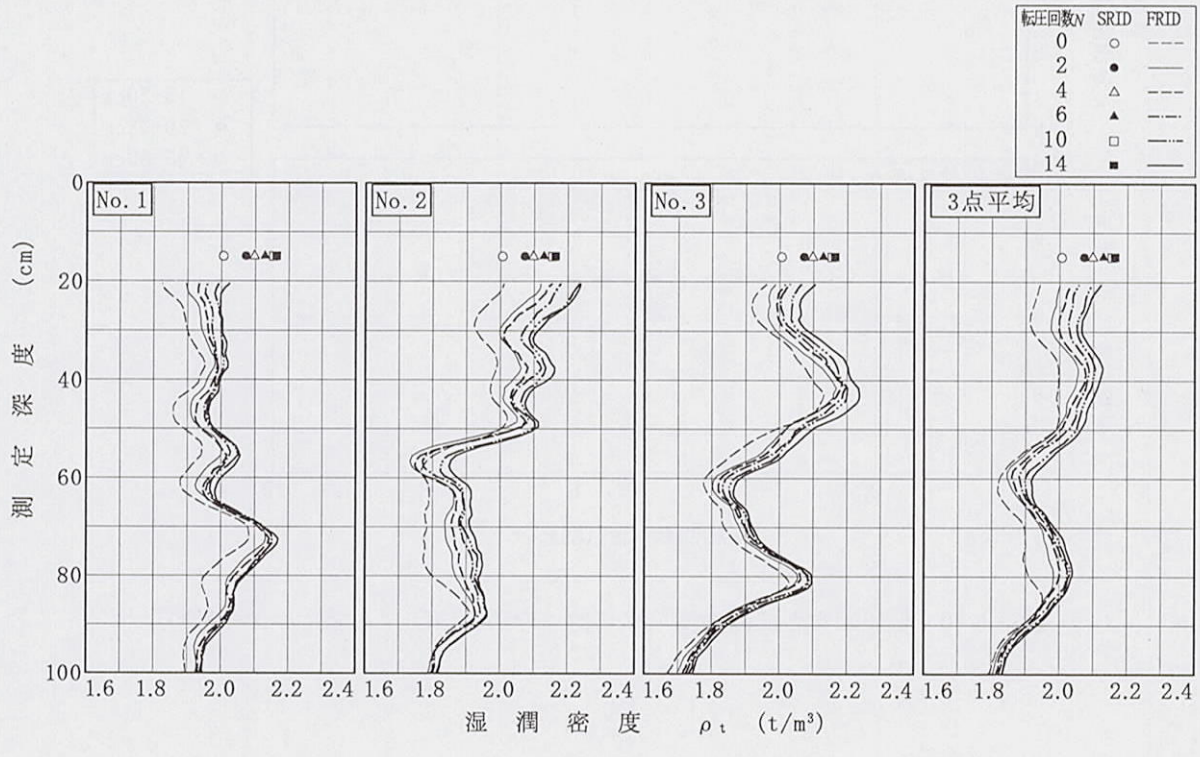
MD ダムでは、補助ダムの上流法面補修工事においてロック材料（岩種：石灰岩）の盛立試験を行い、FRIDの大型による密度測定を行った。測点数は３箇所である。試験条件を**表－3.13** に示す。

表－3.13 盛立試験条件（MD ダムロック材料）

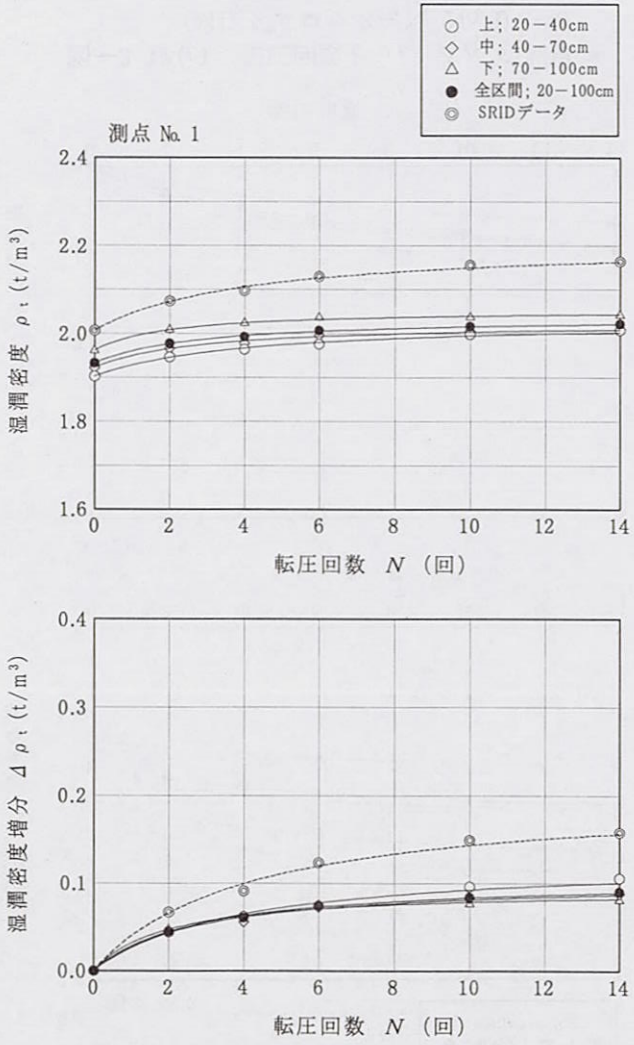
項　目	水準数	摘　　要
仕上り厚	1	H=100cm
試験層数	1	
転圧機種	1	振動ローラ(自重107.8kN)
転圧回数	6	N=0,2,4,6,10,14回
含 水 比	1	自然含水比

図－3.11 に深さ方向の湿潤密度 ρ_t 分布図を示す。図には、SRID の各転圧回数における平均値もプロットしている。

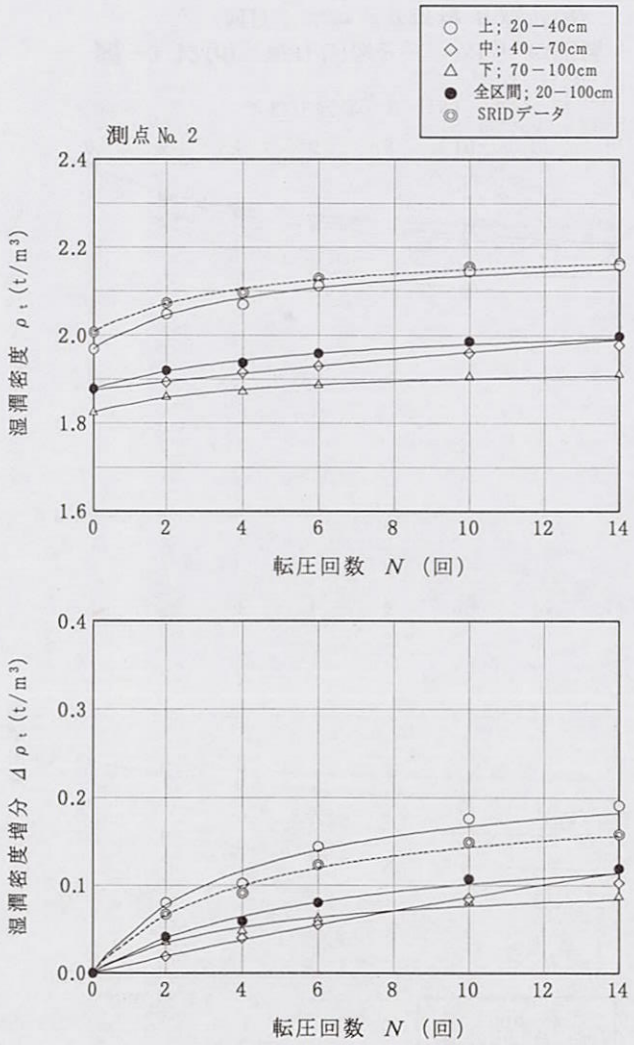
また、深さ方向の転圧効果をみるために転圧層上部 20～40cm、転圧層中部 40～70cm、転圧層下部 70～100cm の 3 層に分け、それぞれこの区間の平均を求めて ρ_t ならびに密度増分 $\Delta\rho_t$ と転圧回数の関係を**図－3.12** に示す。同図には、他ダムの例と同様に転圧回数と ρ_t の関係を双曲線により近似して示している。**表－3.14** に回帰係数を示す。



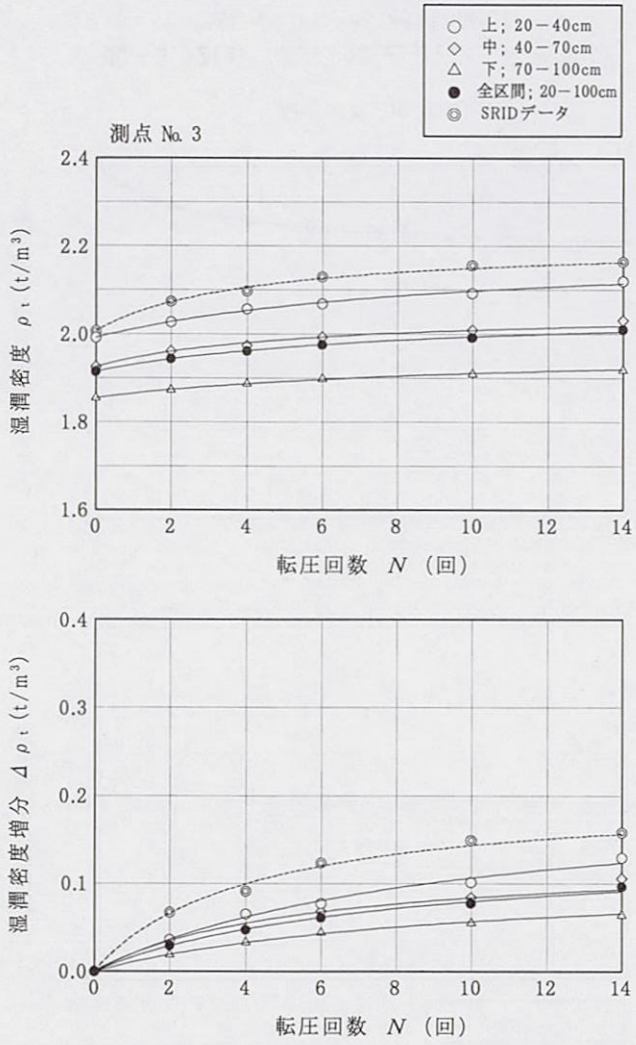
図－3.11 深さ方向の密度分布(MD ダムロック材料)



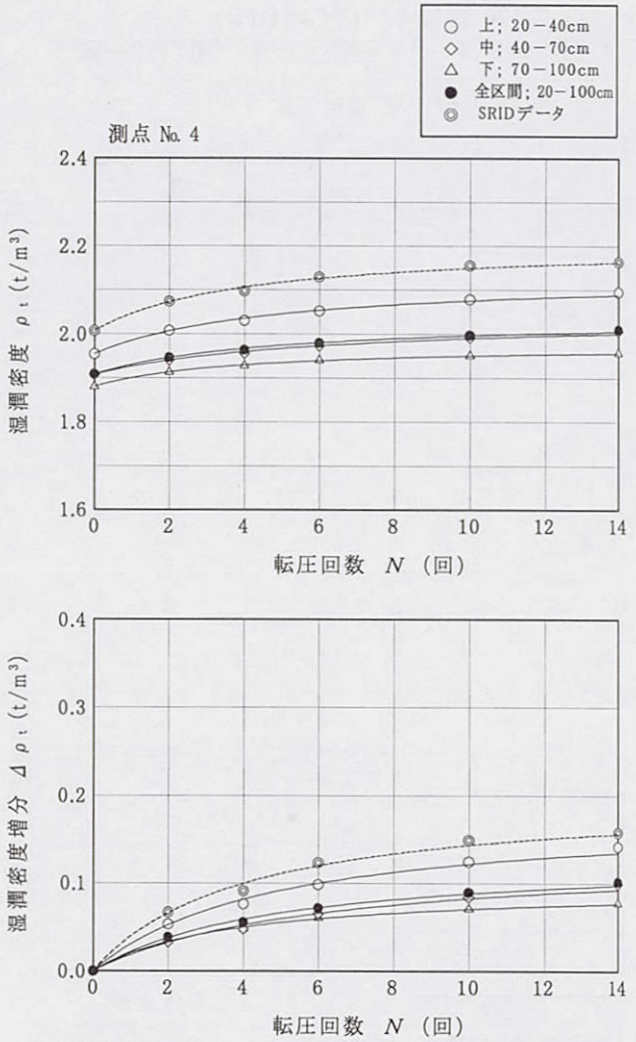
図－3.12(a) 転圧回数と ρ_t、$\Delta\rho_t$の関係
(MD ダムロック材料 No.1)



図－3.12(b) 転圧回数と ρ_t、$\Delta\rho_t$の関係
(MD ダムロック材料 No.2)



図－3.12(c) 転圧回数と ρ_t、$\Delta\rho_t$の関係
(MD ダムロック材料 No.3)



図－3.12(d) 転圧回数と ρ_t、$\Delta\rho_t$の関係
(MD ダムロック材料 3 点平均)

表－3.14　区間平均値と双曲線回帰係数(MD ダムロック材)

深度区間	転圧回数	測点 No.1				測点 No.2				測点 No.3				3点平均			
		湿潤密度	双曲線回帰			湿潤密度	双曲線回帰			湿潤密度	双曲線回帰			湿潤密度	双曲線回帰		
		ρ_t	回帰係数		決定係数	ρ_t	回帰係数		決定係数	ρ_t	回帰係数		決定係数	ρ_t	回帰係数		決定係数
		(t/m³)	a	b	r^2	(t/m³)	a	b	r^2	(t/m³)	a	b	r^2	(t/m³)	a	b	r^2
20－100cm (全区間)	0	1.932	26.1550	9.3918	0.9915	1.878	37.7059	6.1122	0.9838	1.914	55.1533	7.1089	0.9980	1.908	37.8290	7.5963	0.9914
	2	1.977				1.919				1.943				1.946			
	4	1.992				1.937				1.961				1.963			
	6	2.006				1.958				1.975				1.980			
	10	2.016				1.985				1.991				1.997			
	14	2.022				1.997				2.010				2.010			
20－40cm	0	1.902	30.7542	7.7514	0.9870	1.968	17.3683	4.2535	0.9507	1.991	45.3881	4.8831	0.9942	1.954	27.1962	5.5026	0.9890
	2	1.946				2.048				2.027				2.007			
	4	1.964				2.070				2.056				2.030			
	6	1.976				2.112				2.068				2.052			
	10	1.998				2.144				2.092				2.078			
	14	2.008				2.159				2.120				2.096			
40－70cm	0	1.922	27.1495	9.6307	0.9707	1.875	100.702	1.5427	0.9963	1.925	42.0765	7.7745	0.9574	1.907	47.0094	7.4595	0.9863
	2	1.966				1.894				1.961				1.940			
	4	1.978				1.915				1.973				1.955			
	6	1.995				1.930				1.993				1.973			
	10	2.005				1.960				2.009				1.991			
	14	2.010				1.978				2.031				2.006			
70－100cm	0	1.961	21.0691	10.6635	0.9825	1.824	40.3778	9.0878	0.9790	1.854	86.5391	9.0612	0.9987	1.880	39.3588	10.3025	0.9951
	2	2.008				1.859				1.873				1.913			
	4	2.023				1.872				1.887				1.927			
	6	2.036				1.886				1.898				1.940			
	10	2.037				1.905				1.909				1.950			
	14	2.042				1.911				1.918				1.957			

測定結果について要約すると次のとおりである。

① 全深度区間で、転圧回数を増すごとに密度上昇を確認することができた。

② 深度方向の密度分布は、導管フレームの埋戻し時の初期密度の分布に依存しており、そのばらつきは大きい。

③ 深度方向の密度分布で、転圧回数の増加に対して逆転する部分も多少あるが、これは大礫の配列が変化したものと考えられる。顕著な例として、**図－3.11** No.2 測点の深さ 50cm 以深で、$N=0$ と $N=2$ 回以降の分布が交差、著しく異なっている。これは振動転圧 2 回で $N=0$ でルーズな箇所が安定した粒子配列となり、その結果 $N=2$ 回以降の密度分布に推移したものと考えられる。言い換えれば、まき出し時点で不安定な箇所があった場合でも、振動ローラの転圧 2 回で安定した粒子配列に再配列される可能性もあることを示唆しているものと考えられる。

④ 深さ 80～90cm 以深で密度の上昇が少ない傾向がみられる。

⑤ 転圧回数と ρ_t ならびに $\Delta\rho_t$ の関係は、双曲線によって近似できる。

⑥ 3 層で分けた深度区間別の転圧効果曲線は、20～40cm の密度（および密度増分）が一番大きく、40～70cm、70～100cm の順になっている。ただし、40cm 以深の下 2 層の差は小さい。

⑦ $N=6$ 回の転圧以降より密度上昇が少なくなる傾向がみられる。

⑧ MD ダムの品質管理基準値 $\rho_d \geqq 1.87\text{t/m}^3$ を平均含水比(SRIDにより測定)$w=2\%$ と与えて湿潤密度に換算すると $\rho_t \geqq 1.907\text{t/m}^3$ となり、全層区間平均データで $N=2$ 回転圧で 3 測点ともこれを満足した結果が得られた。

3.4 積層効果とそれにおける導管フレームの影響

積層効果における導管フレームの影響に関する検討を行った。これまでのFRIDによる測定結果においていくつかにみられた積層効果、すなわち上位層のまき出し時に下位層の密度が増加する現象を確認するための試験を行った。具体的には、上位層のまき出し、敷均し施工の過程を細分化して(導管フレーム埋設、延長)、FRID(中型)により下位層の密度変化を順次きめ細かく測定し、どの時点で密度上昇(積層効果)が生じるのかを調べた。

FRIDの測定にあたっては、①導管フレームの埋設方法の違いによる影響の検討を行うこと、②積層効果によるわずかな密度変化をとらえられるように繰返し測定(精度向上)を行うこととした。これらの試験条件を**表－3.15**に示す。

表－3.15 盛立試験条件

項　　目	水準数	適　　用
まき出し機種	1	ブルドーザー(D6級、自重147kN)
転圧機種	1	振動ローラ(自重107.8kN)
仕上り厚	1	H=30cm
含 水 比	1	w_{opt}－乾燥側(w_{opt}－1～3%目標)
導管フレーム 設置方法	3	3箇所のフレーム設置において、 設置要因として3種類(表－3.16)
まき出し、 敷均し条件 (測定タイミング)	2	参照)→「3.4.1 試験方法」表－3.17　測定タイミング ①まき出し直後 ②a法)掘削後(全層測定) b法)法面整形後(全層測定)
転圧回数	2	N=0, 6回 (N=0回は無振転圧1往復とする)
試験層数	3	試験3層(＋基層1層)

表－3.16 3箇所の導管フレームの設置方法

(a)掘削法(→略記a法)

フレームNo.	掘削幅	埋戻し土量
a-1	2.5 m	全量埋戻し
a-2	1.0 m	全量埋戻し

(b)法面設置法(→略記b法)

フレームNo.	導管フレームの設置面状況
b-1	法面部を人力により丹念に整形

3.4.1 試験方法

（1）試験材料

試験材料は、コア材料（CY材）を用い、転圧効果、積層効果が明瞭となる乾燥側の施工含水比（w_{opt}－1～3%目標）に調整した。

（2）導管フレームの埋設方法

（a）掘削法（略記；a法）

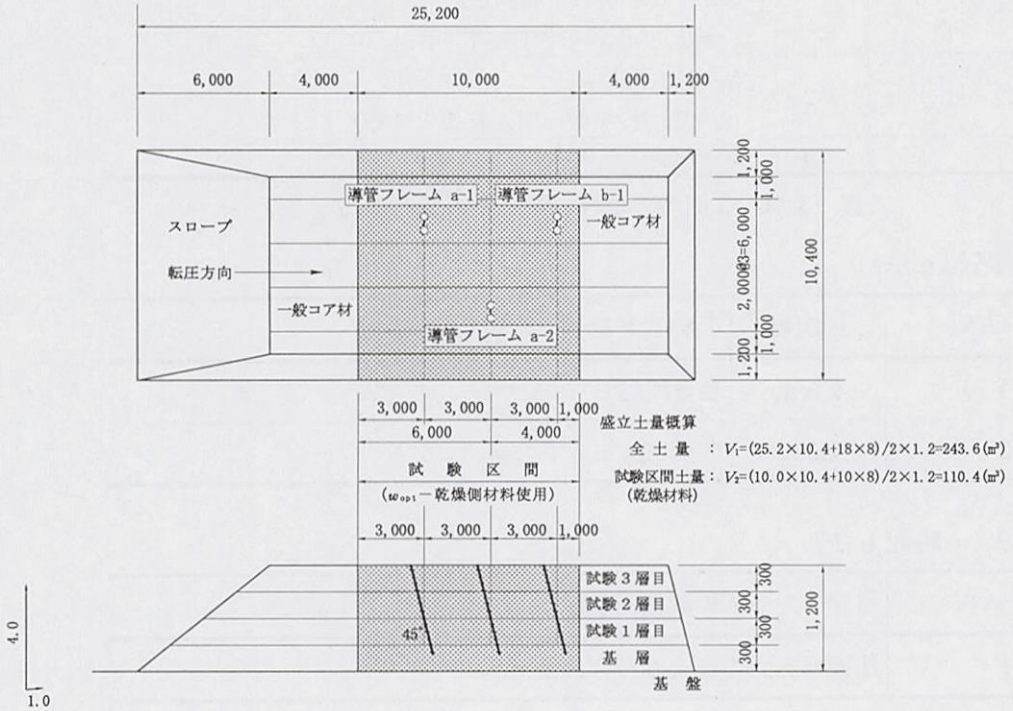
通常のまき出し、敷均し施工後に導管フレーム設置箇所をバックホウなどで掘削して、導管フレームを埋設する方法。施工作業が容易になる利点がある。

（b）法面設置法（略記；b法）

通常のまき出し、敷均し施工の過程で、導管フレーム設置箇所に法面を造成して導管フレームを設置し、通常のまき出し施工のブルドーザーワークにより材料を埋戻していく方法。導管フレーム埋設箇所がより実際に近いまき出し状況のもとで行うことを目的としている。まき出し施工作業中に導管の損傷などの危険性がある。

（3）試験ゾーンならびに試験位置

① 試験ゾーンは**図－3.13**に示すように、基層1層の上に試験層3層を造成して計4層の造成を行った。



図－3.13 試験ゾーンと導管フレームの設置位置

② 試験ゾーンのうち網掛け部分で示す試験区間には、最適含水比 w_{opt} よりも乾燥側(w_{opt} −1〜3%)の材料を使用するものとし、これ以外の部分については一般コア材料(含水比については問題にしない)を使用して試験ゾーンを造成した(全土量；243m^3、試験区間土量；110m^3←盛立換算)。

③ RI測定は3箇所／層(埋設方法；a法×2箇所、b法×1箇所)とした。

（4）測定頻度

FRIDの測定は、まき出し、敷均し過程を細分化して、**表－3.17** に示すタイミングで実施した。このとき、1測定個所において、①通常測定で2回繰返し測定(標準1回目、標準2回目と記述)と②線源、検出部を入替えて2回繰返し測定(逆転3回目、逆転4回目と記述)の4回測定／1測定個所を行った。

表－3.17　測定のタイミング

(a法)掘削法

測定対象	測定タイミング
1層目の測定	① 1層目の導管フレーム埋設後
	② 1層目の無振転圧後(1往復→N=0回)
	③ 1層目の振動転圧後(N=6回)
	④ 2層目の掘削後
1、2層目の測定	⑤ 2層目の導管フレームを延長し埋設後
	⑥ 2層目の無振転圧後(1往復→N=0回)
	⑦ 2層目の振動転圧後(N=6回)
	⑧ 3層目の掘削後
1、2、3層目の測定	⑨ 3層目の導管フレームを延長し埋設後
	⑩ 3層目の無振転圧後(1往復→N=0回)
	⑪ 3層目の振動転圧後(N=6回)

(b法)法面設置法

測定対象	測定タイミング
1層目の測定	① 1層目のブルドーザーによるまき出し後(フレーム埋設済)
	② 1層目の無振転圧後(1往復→N=0回)
	③ 1層目の振動転圧後(N=6回)
	④ 2層目の法面整形、導管フレーム延長後
1、2層目の測定	⑤ 2層目のブルドーザーによるまき出し後(フレーム埋設済)
	⑥ 2層目の無振転圧後(1往復→N=0回)
	⑦ 2層目の振動転圧後(N=6回)
	⑧ 3層目の法面整形、導管フレーム延長後
1、2、3層目の測定	⑨ 3層目のブルドーザーによるまき出し後(フレーム埋設済)
	⑩ 3層目の無振転圧後(1往復→N=0回)
	⑪ 3層目の振動転圧後(N=6回)

3.4.2 試験数量

表－3.18　試験項目と測定数量

数量／層	層　番	まき出し敷均し条　件	転圧水準	層数	測定全数
（a 法）2 箇所	1 層目	2	2	3 層	33 回
	2 層目	2	2		
	3 層目	1	2		
（b 法）1 箇所	1 層目	2	2		
	2 層目	2	2		
	3 層目	1	2		

3.4.3 試験状況

掘削法および法面設置法の試験手順を次に示す。

a．掘削法

【1 層目作業】

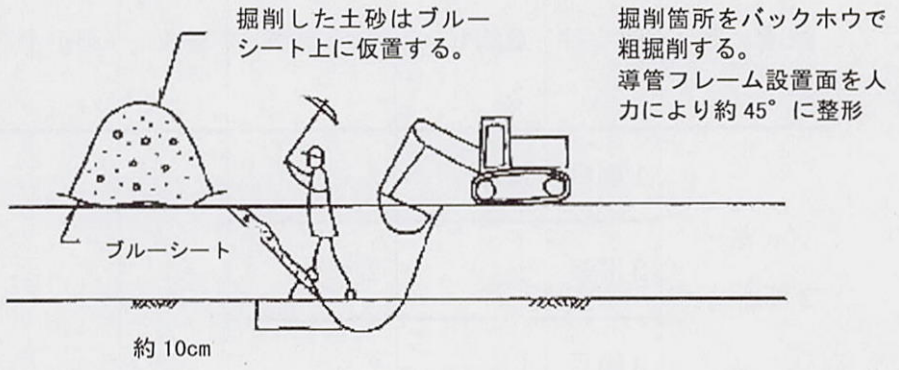
1)　通常通りのまき出しを行う。

2)　導管フレームの埋設箇所を石灰などでマーキングする。掘削孔の大きさは、ローラ転圧幅(2.15m)より少し大きい 2.5m 幅(a-1)と、小さい 1m 幅(a-2)の 2 通りとする。



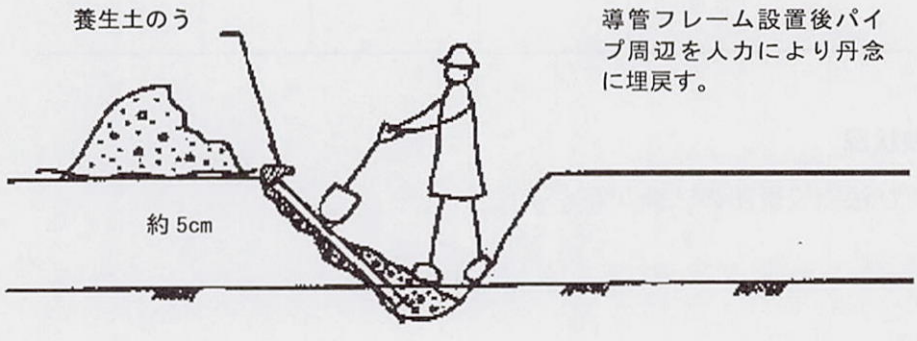
3) 設置場所をバックホウにより粗掘削する。掘削した土砂は後から全量埋戻しできるようにブルーシート上に仮置する。

フレーム設置面を人力により約 45～47°に整形する。

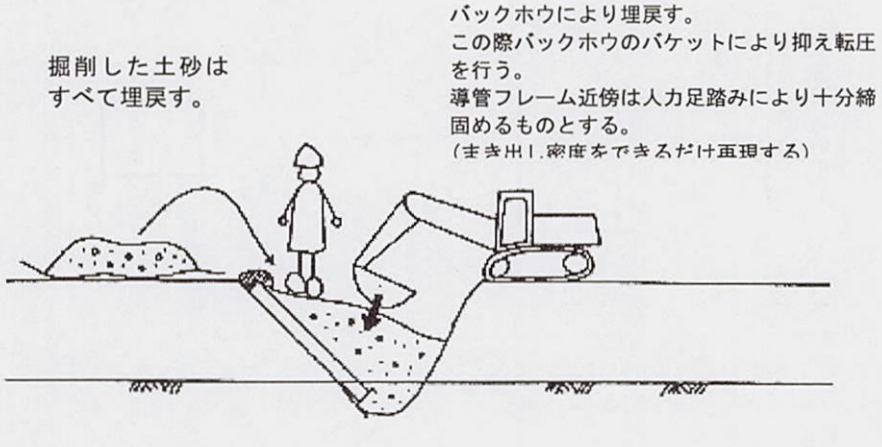


4) 導管フレームを設置する。導管フレーム傾斜角は転圧時の傾きも生じるので約 45～47°とする。

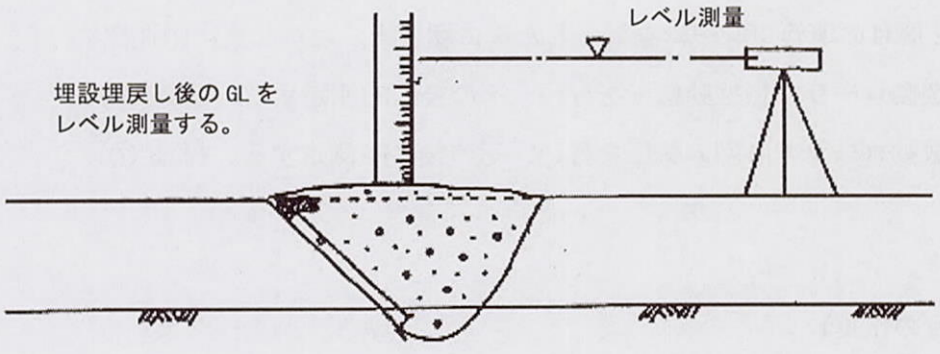
導管フレームと設置面は導管と隙間が開いているので、この隙間を充填するように人力により丹念に埋戻す。



5) さらにバックホウにより埋戻す。まき出し状況をできるだけ再現するために、バックホウバケットにより押さえ込む。フレーム近傍は人力足踏み、ハンマーなどにより締固める。掘削した土砂は全て埋戻す。



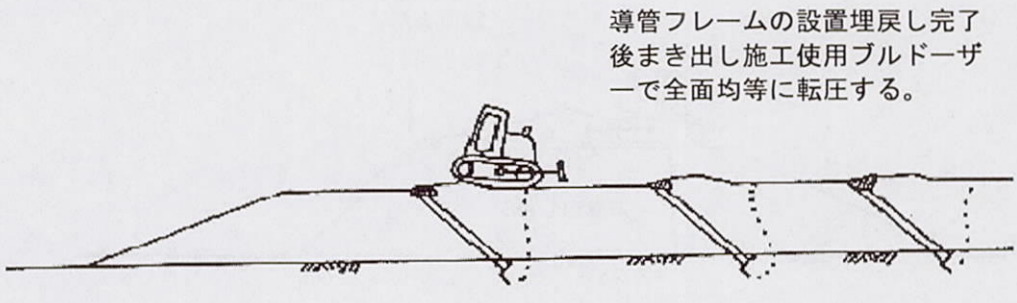
6) 埋戻し後の地盤面 GL をレベル測量する。できるだけ掘削前の GL に近い高さになるようにバックホウバケットで押さえて仕上げる。



7) 導管フレーム埋設完了後、再度、まき出し厚さをバックホウによりまき出し厚さH=30cm＋5cm にする。

8) RI測定を行う。(測定①)

9) まき出し厚さを確認後、敷均しブルドーザーで全面を均等に転圧する。導管フレームの頭部は土のうで保護する。敷均し(ブルドーザー)時間は約 10 分間とする。



10) 振動ローラで無振動転圧を行い、その後にRI測定する。(測定②)

11) 振動ローラで 6 回転圧を行い、その後にRI測定をする。(測定③)

【2層目の作業】

1) 2層目において導管フレーム埋設用の穴を掘削。

2) 掘削後にRI測定を行う。(測定④)

3) 2層目の導管フレームを継足した後に埋戻す。埋戻し後にRI測定を行う。(測定⑤)

4) 振動ローラで無振動転圧を行い、その後にRI測定する。(測定⑥)

5) 振動ローラで6回の転圧を行い、その後にRI測定する。(測定⑦)

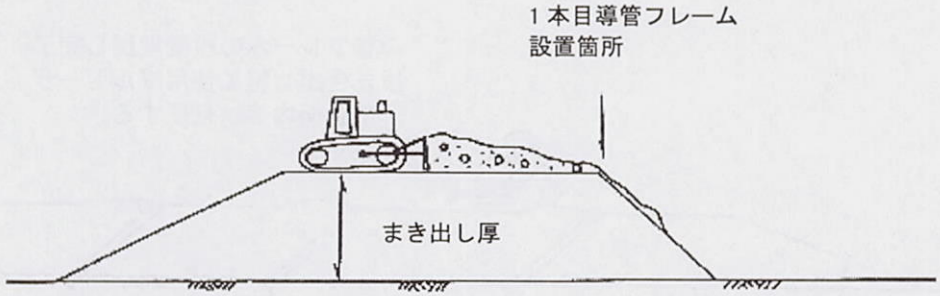
【3層目の作業】

2層目と同様に3層目をまき出した後に導管フレーム穴を掘削後、導管フレーム継足し後、無振動転圧、6回振動後にそれぞれ測定⑧、測定⑨、測定⑩、測定⑪を行う。

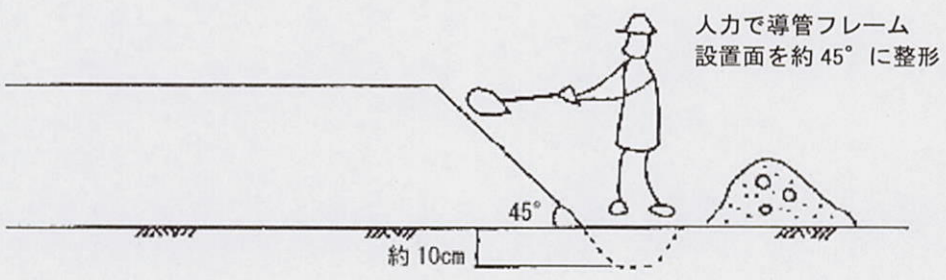
b．法面設置法

【1層目作業】

1) 導管フレーム設置箇所まで通常通りまき出しを行う。



2) 導管フレーム設置面（法面）を人力により約45～47°に整形する。

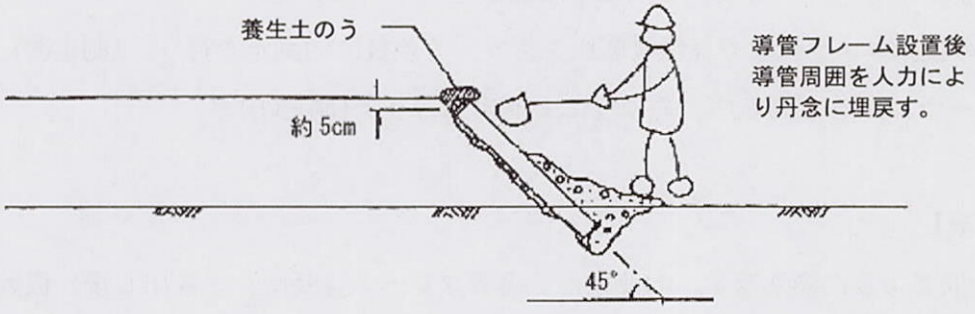


3) 導管フ

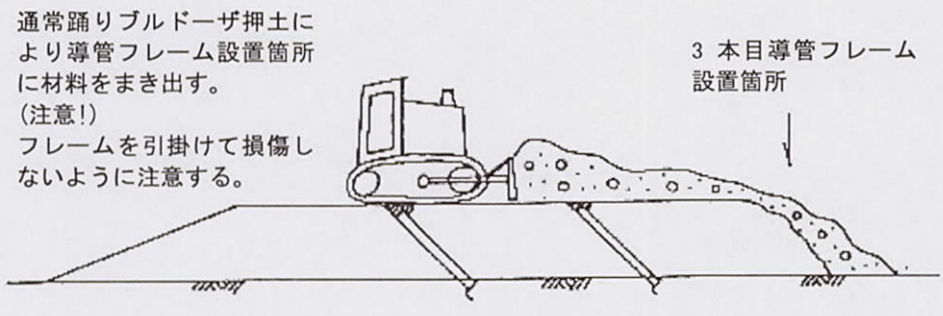
レームを法面に設置する。

フレーム傾斜角は転圧時の傾きもあるので約 45～47°になるように微調整する。

導管周辺には隙間が開いているので、この隙間を充填するように導管周囲を人力により丹念に埋戻す。



4) 通常のまき出し、敷均し施工の通りブルドーザー押土により導管フレーム設置箇所に材料をまき出す。



5) 導管フレーム埋設完了後、再度、まき出し厚さをバックホウにより微調整(H＝30＋5cm)する。

まき出し厚さを確認後、敷均しブルドーザーで全面を均等に敷均しする。導管フレームの頭部は土のうで保護する。

敷均し(ブルドーザー)時間は約 10 分間とする。

6) 敷均し後にRI測定①を行う。

7) 振動ローラにより無振動転圧を行い、その後にRI測定（測定②）を行う。

8) 振動ローラにより 6 回の転圧を行い、その後にRI測定（測定③）を行う。

【2層目以降の作業】

1) 導管フレームの設置場所まで通常通りのまき出しを行う。法面の設置面勾配は、1層目と同じ。

2) 2層目の導管フレームを延長して、RI測定を行う。(測定④)

3) 2層目をブルドーザーで敷均した後にRI測定を行う。(測定⑤)

4) 2層目の振動ローラにより無振動転圧を行う。その後にRI測定を行う。(測定⑥)

5) 振動ローラによる6回転圧。その後にRI測定を行う。(測定⑦)

【3層目の作業】

2 層目と同じように繰り返す。RI測定は、導管フレーム延長時、まき出し後、振動ローラによる無振動転圧後、6 回振動後においてそれぞれ測定⑧、測定⑨、測定⑩、測定⑪を行う。

3.4.4 測定結果

測定では、積層効果によるわずかな密度変化が捉えられるように、4回繰返し測定(標準×2回、逆転×2回)を行って、この平均値により評価検討を行った。**図－3.14(a) ～ (f)**、**図－3.15 (a) ～ (f)**、**図－3.16 (a) ～ (f)** には 4 回繰返し測定結果と測定データから算出される統計ノイズ(5cm 区間移動平均、1σ)を示す。

一般に、RI計器の測定精度は、線源の壊変揺動などによって、同じ条件で繰返し測定を行っても同じ値を示さない。計数カウントが十分大きく、その期待値が N であれば、測定値は標準偏差が $\sqrt{N}$ に等しい正規分布になることが知られている。この揺動が密度測定結果に与える影響は測定器の設計に依存しており、これを「統計ノイズ」と呼んでいる。

RI計器の統計ノイズは、測定時間の平方根に反比例して減少する。FRIDの場合は、引揚げ速度とデータ処理の過程でひとまとめとする移動平均長さ、繰返し回数により測定時間が決まる。

測定データから算出される統計ノイズ(1σ)の概略値は、1 回測定で約 0.004～0.006t/m³、4 回測定の平均でみれば 2 倍の測定精度の約 0.002～0.003t/m³ となる。また、移動平均する区間の長さにより更に平均値の信頼度は上がることとなる。

以上の測定精度を考慮した上で、次に 4 回繰返し測定の平均値データにより積層効果について整理した図が、**図－3.17 (a) ～ (c)** 各作業工程①～⑪に従った 3 層目までの密度検層図である。図中の網掛け部は各層間の密度遷移領域である。なお、**図－3.17** だけでは判りにくいので、**図－3.18** に上位層作業工程に対応する下位層の密度変化を時系列で示した。この作業工程のうち、③→④ ⑤ ⑥が 2 層目まき出し時の挙動、⑦→⑧ ⑨ ⑩が 3 層目まき出し時の挙動を表している。

以下に、測定結果を要約する。

① 一見して判るように、ここでの測定ではこれまでの積層効果の検討で測定されたようなまき出し時の下位層の密度の上昇は、3測点について明瞭に生じなかった。

② 同様に、上位層の転圧時にも、下位層の密度上昇は認められない。下位層の最終転圧(N=6回)の密度と上位層作業過程の密度との相関図を**図−3.19 (a) ～ (c)** に示す。

③ 埋設方法による違いは、a-1(掘削法、掘削幅2.5m)とa-2(掘削法、掘削幅1m)では密度分布傾向にあまり違いは認められない。a-1、a-2の掘削法とb-1の法面設置法では、b-1の方に層内で上層が高く、下層が低くなる密度勾配が3層にわたって生じている。この現象が法面設置法によるものかどうかは1箇所しか測定を行っていないので特定することはできない。

④ FRIDの結果による転圧層の密度については、1層目の密度が一番大きく、その後2層目、3層目と進むにしたがって密度が低下していく傾向となっている。

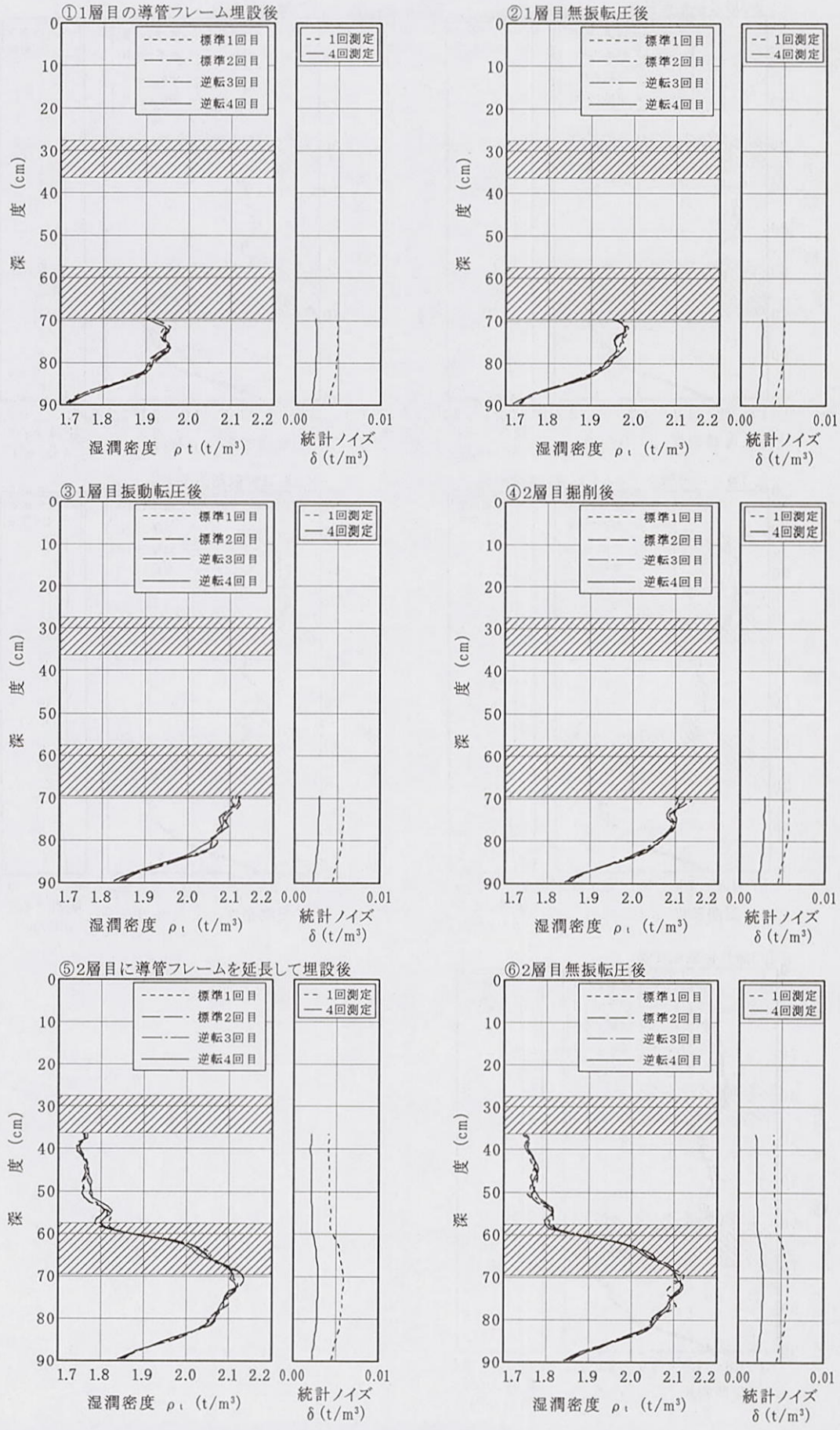
⑤ ブルドーザー敷均しとローラ無振動転圧との密度の差は、この含水比範囲(乾燥側)では小さい。

以上のとおり、本試験の検討試験では明瞭な積層効果が現れず、これまでに起こった積層効果についての疑問を説明するには残念ながら至らなかった。積層効果が現れなかった原因について、少し推察されることを以下に列挙しておく。

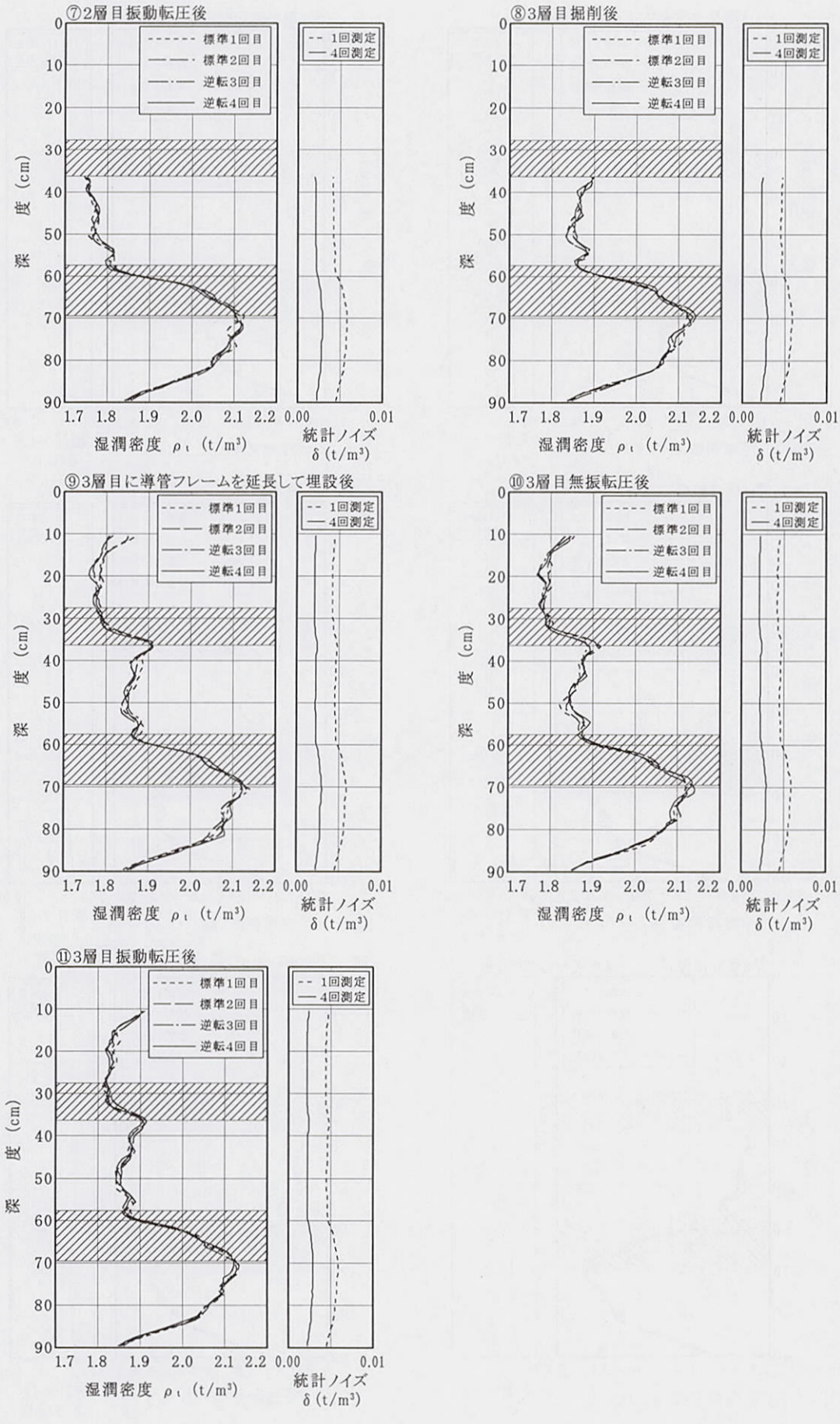
① CY材でこれまで実施した盛立試験では、他地点で生じているような積層効果は確認されていなかった。このときの試験含水比は w_{opt}～＋3%であり、軟らく締まり難い材料であったことが主な原因であると推定されたので、これより乾燥側で試験を行えば、意図する積層効果が現れるのではないかと考えられる。

② しかし、CY材で含水比をかえた盛立試験から、CY材が非常に狭い含水比の範囲で材料状態(軟硬)が鋭敏に変化しやすい性質であることがわかり、逆に硬くなりすぎて積層効果が生じにくかったのかもしれない。当然、密度の上昇は地盤の変形を伴うはずなので、硬い場合には、ある程度締固まった下位層は変形しにくいので密度が変わらなかった可能性は考えられる。

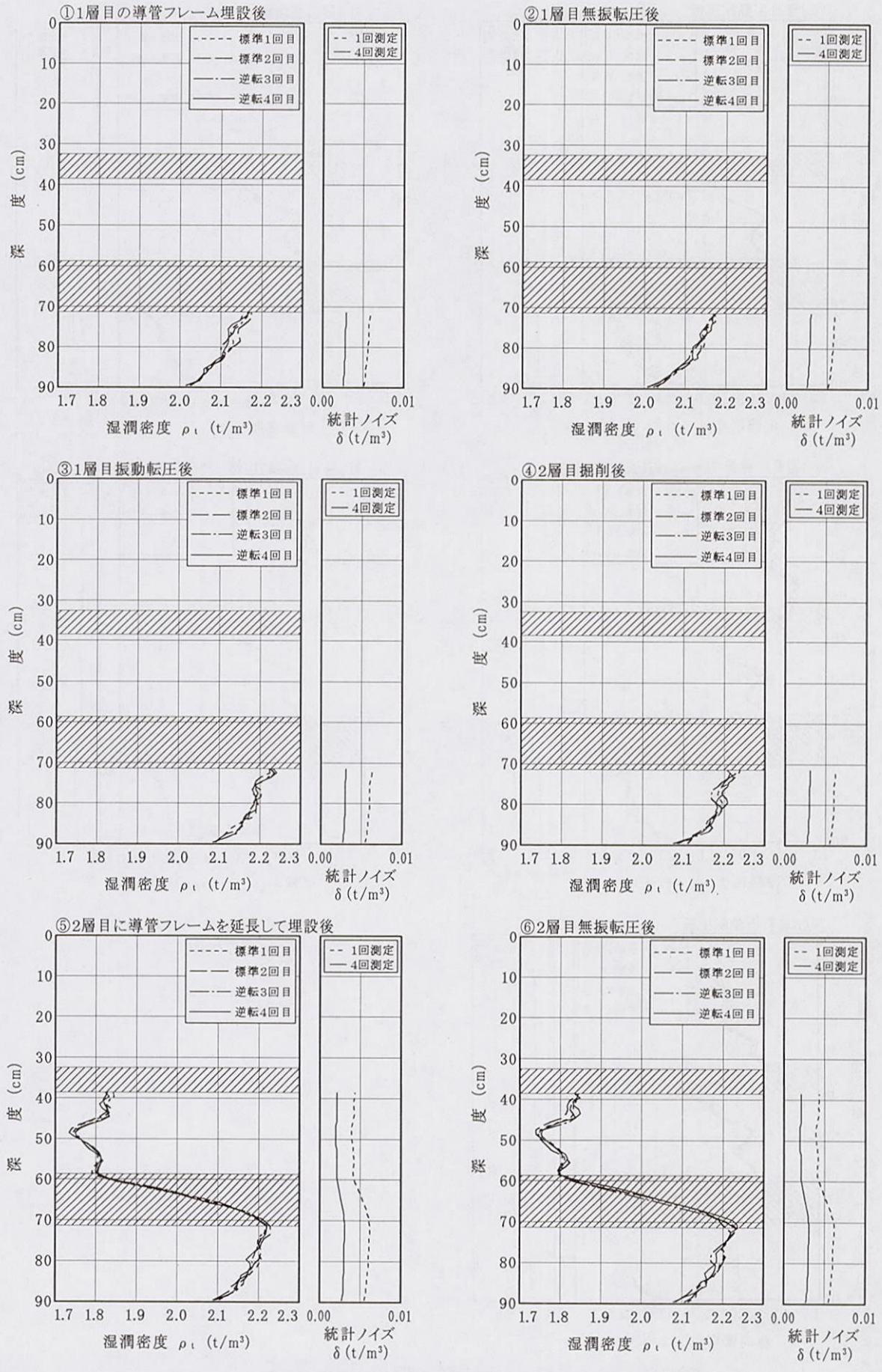
③ いいかえれば、材料自体が、湿潤側あるいは乾燥側であっても、原因は異なるが、積層効果が生じにくい材料であるのかもしれない。どのような物理特性を持つ材料が積層効果が生じにくいのか、生じやすいのかは今のところよくわからず、今後の検討課題として残った。



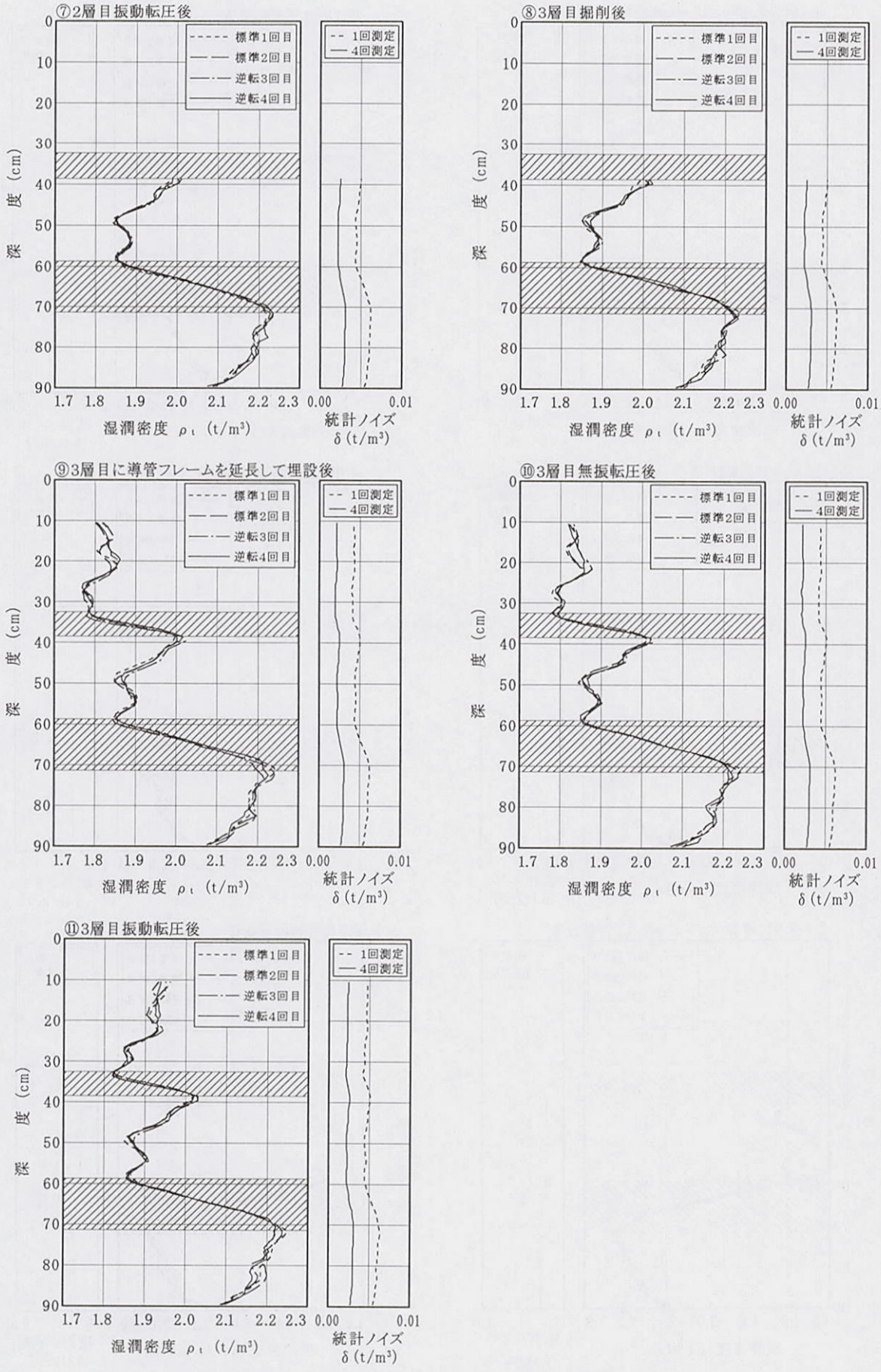
図－3.14(a)　掘削埋設法(掘削幅 2.5m)a-1 の測定結果



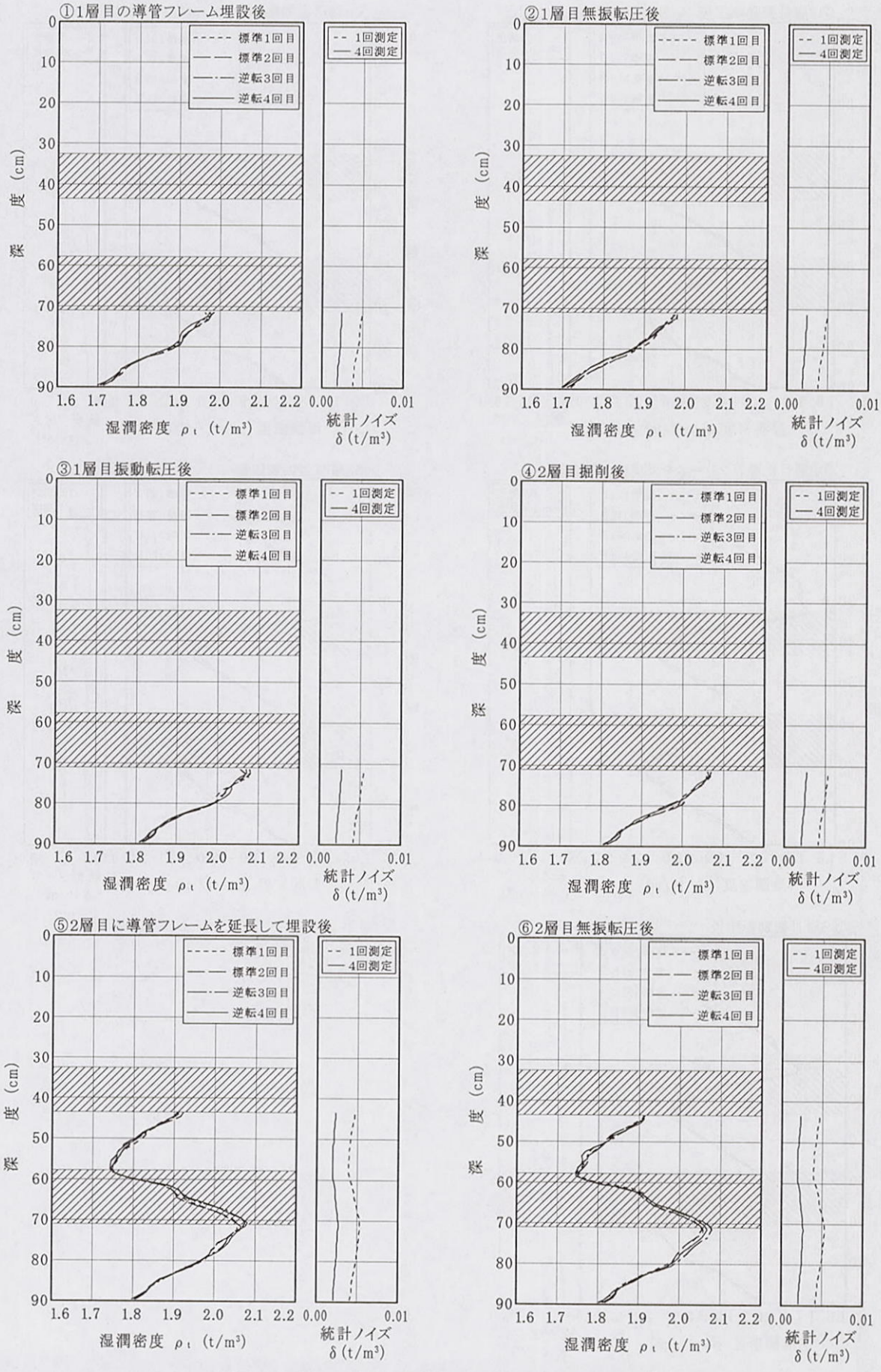
図－3.14(b)　掘削埋設法(掘削幅 2.5m)a-1 の測定結果



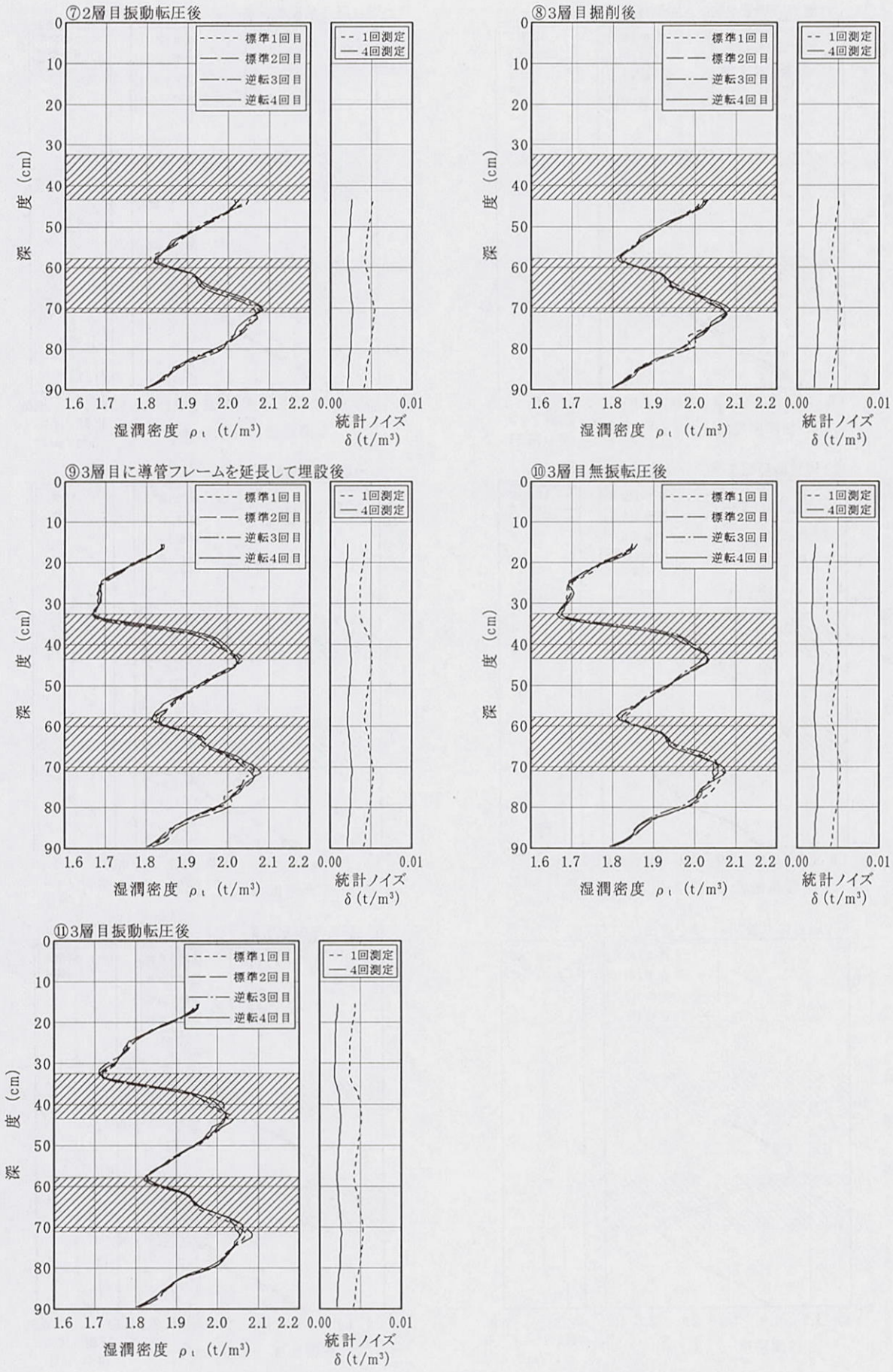
図－3.15(a)　掘削埋設法(掘削幅 1.0m)a-2 の測定結果



図－3.15(b)　掘削埋設法(掘削幅 1.0m)a-2 の測定結果



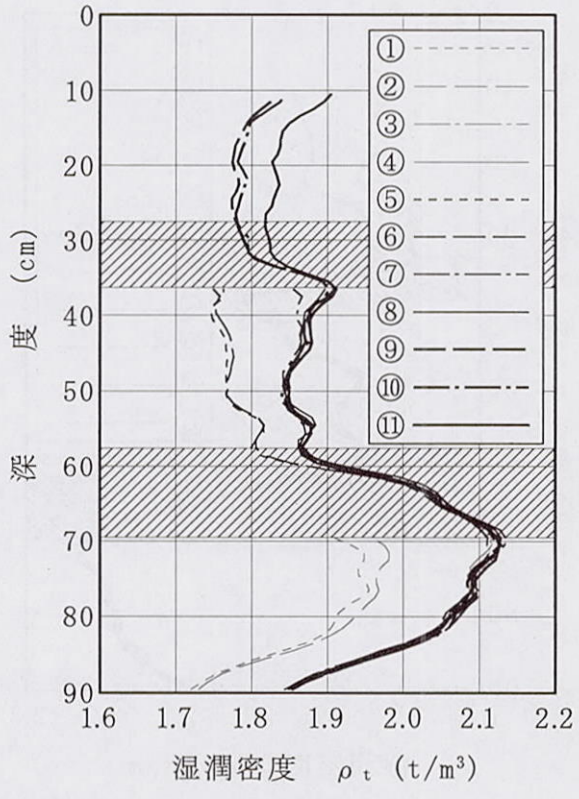
図－3.16(a)　まき出し法面設置法 b-1 の測定結果



図－3.16(b)　まき出し法面設置法 b-1 の測定結果

a－1	掘削法	2.5m 幅掘削	全量埋戻し

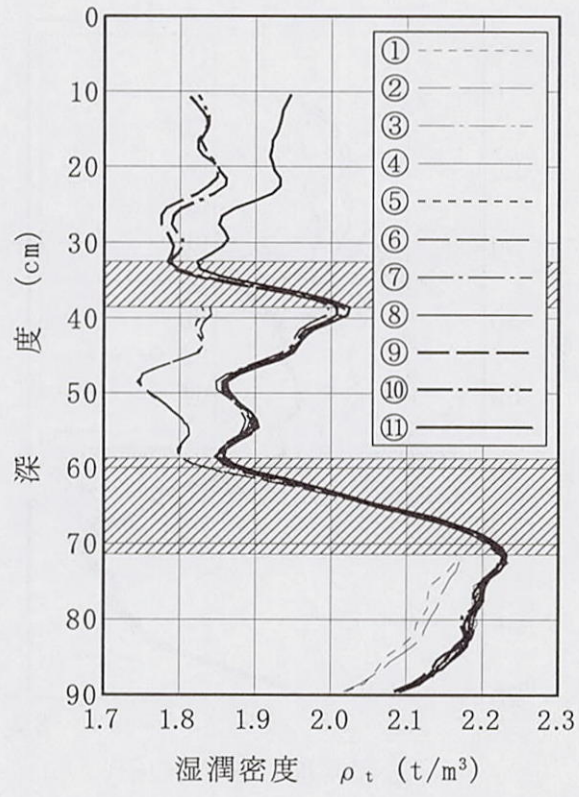
測定対象	測定タイミング
1層目の測定	① 1層目の導管フレーム埋設後
	② 1層目の無振転圧後(1往復→N=0回)
	③ 1層目の振動転圧後(N=6回)
	④ 2層目の掘削後
1、2層目の測定	⑤ 2層目の導管フレームを延長し埋設後
	⑥ 2層目の無振転圧後(1往復→N=0回)
	⑦ 2層目の振動転圧後(N=6回)
	⑧ 3層目の掘削後
1、2、3層目の測定	⑨ 3層目の導管フレームを延長し埋設後
	⑩ 3層目の無振転圧後(1往復→N=0回)
	⑪ 3層目の振動転圧後(N=6回)



図－3.17(a)　掘削法(掘削幅 2.5m)における密度分布

a－2	掘削法	1.0m 幅掘削	全量埋戻し

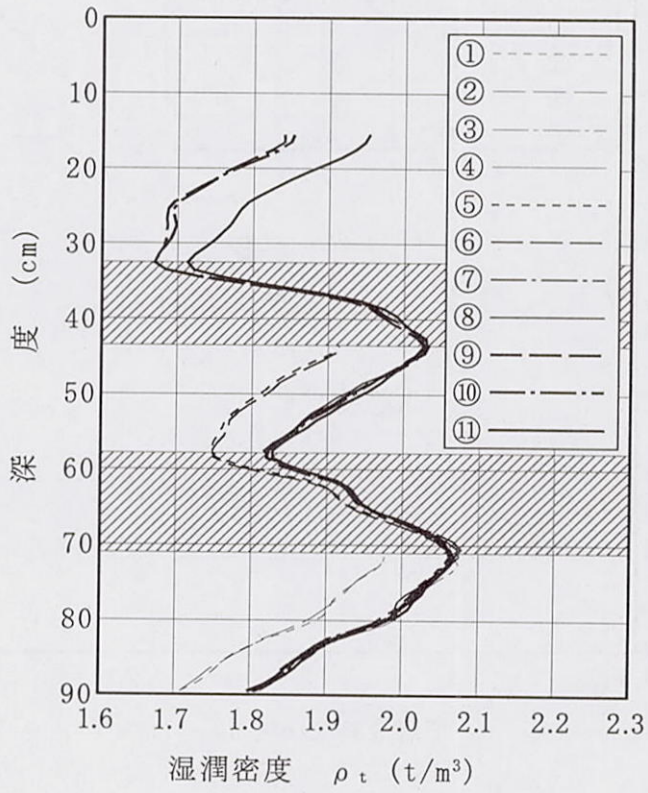
測定対象	測定タイミング
1層目の測定	① 1層目の導管フレーム埋設後
	② 1層目の無振転圧後(1往復→N＝0回)
	③ 1層目の振動転圧後(N＝6回)
	④ 2層目の掘削後
1、2層目の測定	⑤ 2層目の導管フレームを延長し埋設後
	⑥ 2層目の無振転圧後(1往復→N＝0回)
	⑦ 2層目の振動転圧後(N＝6回)
	⑧ 3層目の掘削後
1、2、3層目の測定	⑨ 3層目の導管フレームを延長し埋設後
	⑩ 3層目の無振転圧後(1往復→N＝0回)
	⑪ 3層目の振動転圧後(N＝6回)



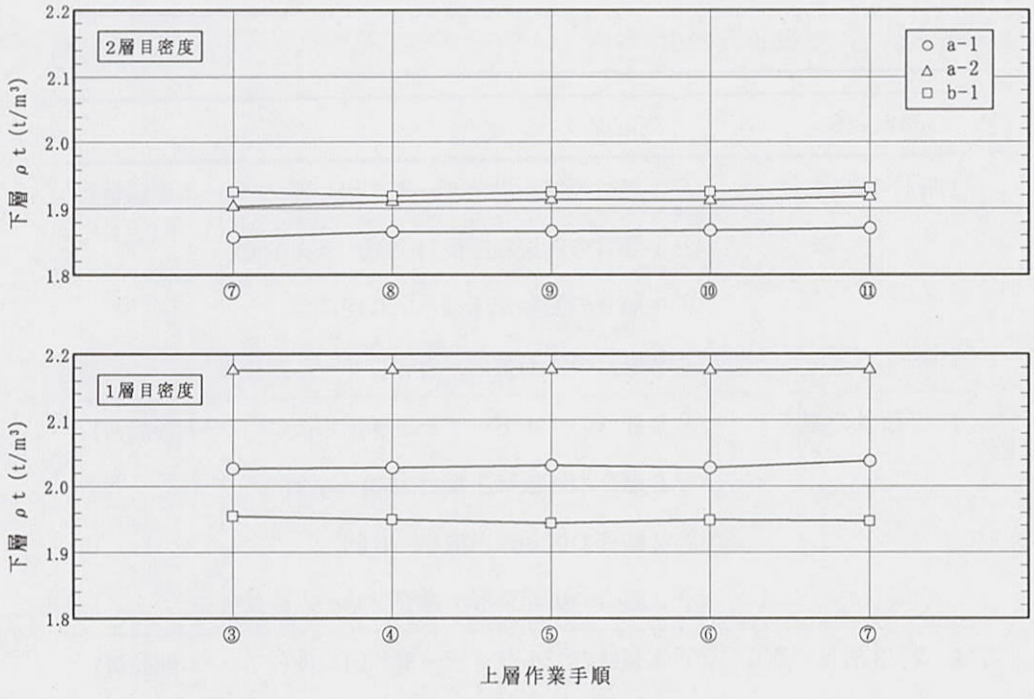
図－3.17(b)　掘削法(掘削幅 1.0m)における密度分布

b－1	法面設置法

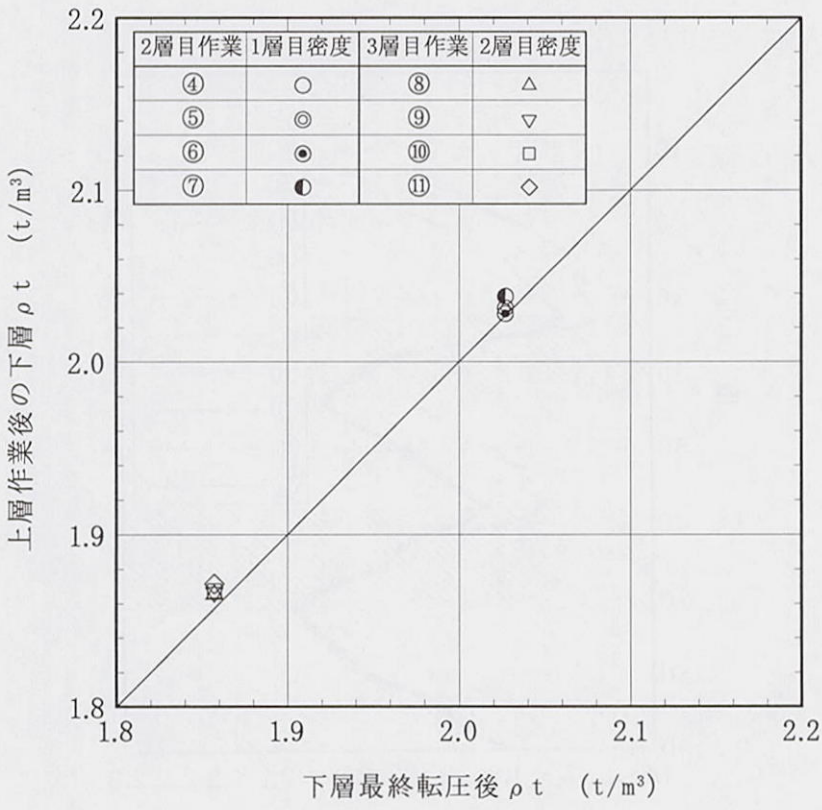
測定対象	測定タイミング
1層目の測定	① 1層目のブルドーザーまき出し後(フレーム埋設済)
	② 1層目の無振転圧後(1往復→N=0回)
	③ 1層目の振動転圧後(N=6回)
	④ 2層目の法面整形、導管フレーム延長後
1、2層目の測定	⑤ 2層目のブルドーザーまき出し後(フレーム埋設済)
	⑥ 2層目の無振転圧後(1往復→N=0回)
	⑦ 2層目の振動転圧後(N=6回)
	⑧ 3層目の法面整形、導管フレーム延長後
1、2、3層目の測定	⑨ 3層目のブルドーザーまき出し後(フレーム埋設済)
	⑩ 3層目の無振転圧後(1往復→N=0回)
	⑪ 3層目の振動転圧後(N=6回)



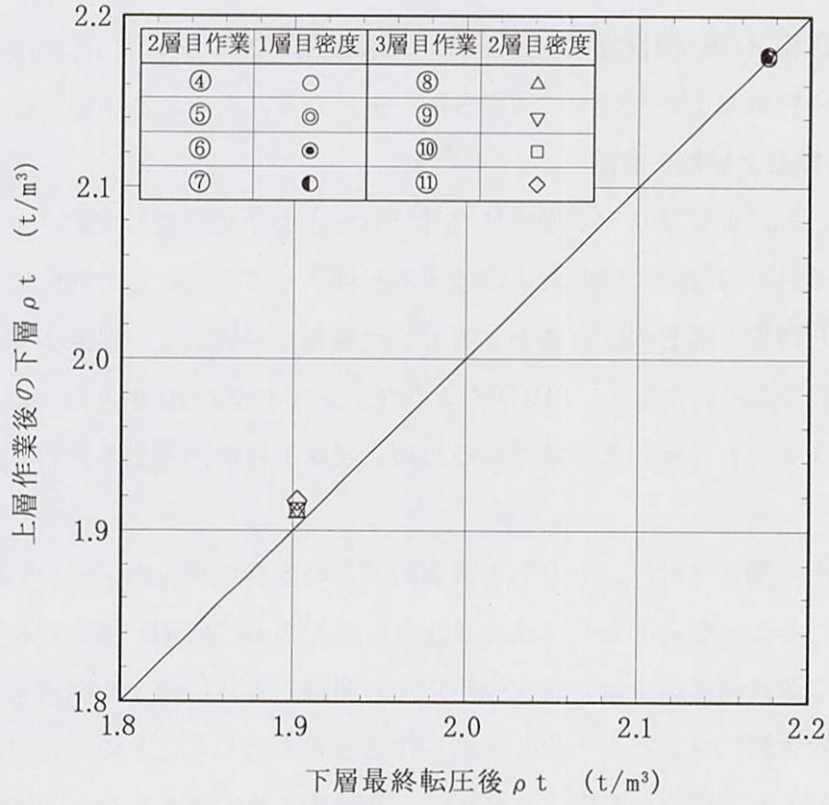
図－3.17(c) 法面設置法における密度分布



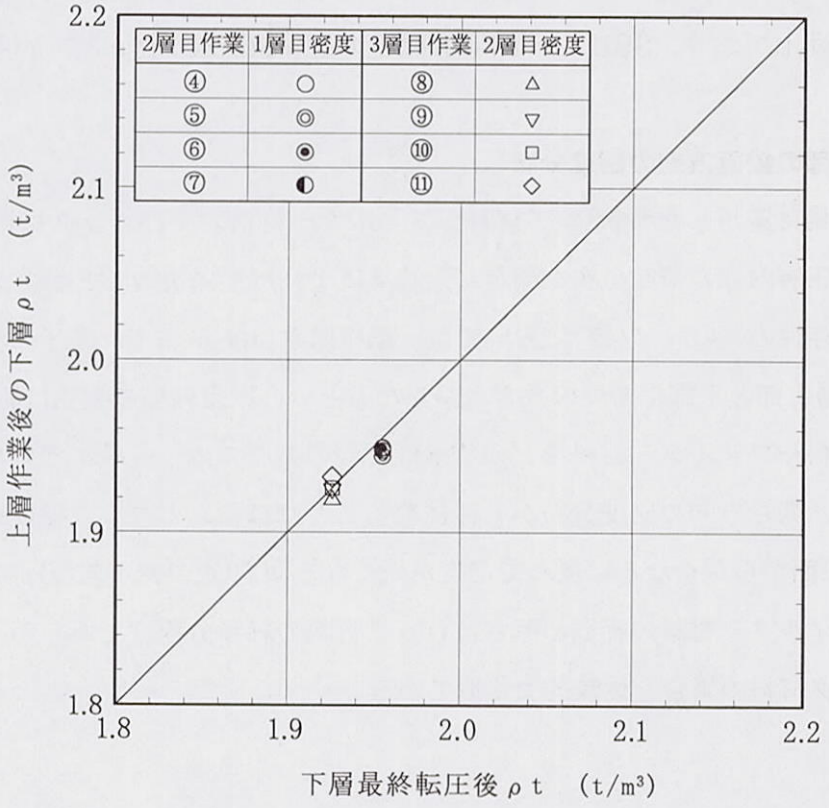
図－3.18　上層転圧による下層密度の時系列変化



図－3.19(a)　上層転圧による下層密度の変化(掘削法 掘削幅 2.5m)



図－3.19(b)　上層転圧による下層密度の変化(掘削法 掘削幅 1.0m)



図－3.19(c)　上層転圧による下層密度の変化(法面設置法)

4．まとめ

当初の導管埋設型 RI 密度計の課題を克服し、自動走査式フレーム型 RI 密度計 FRID を開発した。本装置の特徴および現場での適用事例をまとめると次のことが言える。

（1）FRID の特徴および較正曲線

① FRID は、転圧前にまき出し層内に導管フレームを予め設置しておき、転圧後に地表面からそれぞれの導管内に線源および検出器を挿入して、これらを同時に一定速度で引き上げながら導管と導管の間を透過するガンマ線量を走査して、鉛直方向の密度分布を測定するものである。ただし、FRID のようなフレーム型の RI 密度計では、透過型の水分計を装備することが極めて困難であるため、現状では湿潤密度の分布しか測定できない。

② 導管フレーム型密度計は、もともと締固め厚さの大きいロックゾーンの鉛直方向の密度分布を調べることを目的として開発されたものである。FIRD はこれを更に改良したもので、主な改良ポイントは、逐次固定式から連続走査式に変えて測定を自動化したこと、測定器を大幅にコンパクト化して測定作業を省力化したことの二点である。これらの改良によって、連続的な密度プロフィールが容易に測定できるようになった。

③ 密度の較正曲線は、指数回帰線で表すことができる。その指数回帰線の決定係数は、0.99 以上を示しており、SRID と同様に信頼性の高い較正式が得られている。

（2）転厚層内部の鉛直方向の密度分布

3ヶ所の現場に適用した事例(コア材料、フィルター材料およびロック材料の盛立試験)において、転圧層内部の密度分布を測定した結果によれば主に次のことが言える。

① 含水比依存性の高いコア材料においては、転圧厚さ 40cm まで、粒子の移動性が高いので、転圧層上部と下部で密度の大きさが異なるという密度勾配の発生は明瞭ではない。

② ロック材料やフィルター材料などの透水性材料の転圧では、一般に締固め厚さが大きいことから、深さ方向の密度分布が一様になることはほとんどなく、程度の差はあるけれども、転圧面から深くなるに従って密度が低くなる傾向(正の密度勾配)がみられることが多い。フィルター材料の締固め厚さはロック材料の約半分程度であるが、密度勾配の傾向はロック材料の場合と比較的よく似ている。

(3) 積層効果

転圧厚さの薄いコア材料では、上位層を締固めたときに下位層の密度増加が期待できるという積層効果が考えられる。この積層効果とそれに関して地盤中に埋設する導管フレームの影響を１ダム材料で実験的に検討したが、積層効果も明瞭に生じず、また導管フレームの埋設方法などの影響も問題とはならなかった。

５．対外発表論文

FRID を用いて次のような対外発表論文を作成した。

(1)藤沢侃彦、豊田光雄：RI密度計を用いた粗粒材料の現場転圧試験、ダム技術 No.73 pp.24～35、1992.10

(2)中村　昭、豊田光雄：粗粒材料用に工夫されたRI密度計を用いた現場転圧試験、大ダム No.143 pp.75～86、1993.3

(3)中村　昭、豊田光雄：粗粒材料の現場転圧試験、土木研究所資料、第 3195 号、1993.3

(4)豊田光雄、中村　昭：粗粒材料の現場締固め特性に関する実験的検討、第 29 回土質工学研究発表会講演集、pp.2073～2074、1994.6

(5)中村　昭、豊田光雄、山本裕之：フィルダム材料の現場締固め特性、土木研究所資料第 3338 号、1995.1

(6)豊田光雄、山本裕之：フィルダム・ロック材料の現場盛立試験における締固め度の評価法、土木技術資料 37-6 pp.38～43、1995.6

(7)豊田光雄、山本裕之、中村　昭：層厚の大きいロック材料の転圧層内部の締固め状況、第 30 回土質工学研究発表会講演集、pp.2057～2058、1995.7

(8)豊田光雄、中村　昭、延山政之：自動走査式フレーム型RI密度計を利用したロック材料の現場締固め特性の評価、ダム工学 No.22 pp.36～49 1996.6

(9)豊田光雄：フィルダムに適用できるRI密度・水分計の概要と機種、ダム技術 No.122 pp.69～70、1997.2

(10)豊田光雄：フィルダム盛立材料の現場密度測定に関する研究、ダム技術 No.125　pp.23～24、1997.2

(11)豊田光雄、堀田洋一：フィルダム・コア材料の転圧厚さに関する実験的検討、平成 8 年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要 pp.320～321、1997.3

(12)豊田光雄、米田哲哉、間瀬勝則：コア材料の転圧層内部の密度分布と積層効果に関する実験的検討、第 32 回土質工学研究発表会講演集、pp.2191～2192、1997.7

(13)豊田光雄、川口昌尚、稲葉修一、堀田洋一：フィルダム盛立材料としての円礫材の現場締固め特性、第 32 回土質工学研究発表会講演集、pp.2195～2196、1997.7

(14)豊田光雄、吉田　等、堀田洋一、橋本忠助：RI法によるコア材料の盛立試験と転圧厚さに関する実験的検討、ダム技術 No.135 pp.17～28、1997.12

(15)豊田光雄、吉田　等：振動タンピングローラによる現場締固め特性、第 33 回地盤工学研

究発表会講演集 pp.2049～2050、1998.7

(16)江幡一男、豊田光雄、山本重樹、楠　貞則：新方式のRI密度計を用いたコア材料の現場締固め特性の評価、平成 10 年度土木学会北海道支部論文報告集 第 55 号-A pp.638～643、1999.2

(17)豊田光雄：フィル材料の現場締固めを評価する新しい技術、平成 10 年度土木学会西部支部技術発表会 pp.36～41、1999.2

(18)豊田光雄、橋村　潔、瀬戸楠美、村瀬俊彦：転圧厚さを増大させたフィルダム・コア材料の締固め・透水特性、平成 10 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集 pp.594～595、1999.3

(19)豊田光雄、延山政之：フィル材料の現場締固めを評価する新しいRI法、土と基礎 Vol.47 No.3 pp.9～12、1999.3

(20)豊田光雄・角田裕志：コア材料の現場締固めにおける積層効果、第 34 回地盤工学研究発表会講演集　pp.1863～1864、1999.7

(21)豊田光雄・楠　貞則：CSG の転圧厚さと転圧層内の密度分布、土木学会第 54 回年次学術講演会講演概要集　pp.674～675、1999.9

(22)豊田光雄・有銘伸予：フィルダム・コア材料の転圧厚さの増大に関する実験的検討、土木技術資料　Vol.42 No.2 pp.38～43、2000.2

(23)豊田光雄：新しいＲＩ法による盛土地盤の密度測定技術、検査技術　pp.49～55、2000.4