

報告書No.1

厚生省生活衛生局水道環境部監修

水道用石綿セメント管 診断マニュアル

平成元年10月

財団法人 水道管路技術センター

は し が き

横浜に近代水道が創設されましたのは明治20年（1887年）であり、その後明治23年（1890年）2月には水道の市町村公営原則を明定した「水道条例」が制定公布されました。

以来100年を経て、わが国の水道普及率は昭和63年3月末現在で93.9%に達しました。しかしその普及は決して順風満帆といったものではなく、水道事業に携わった関係者のご労苦は筆舌に尽くせないものがあったと思います。

昭和20年度、終戦時のわが国の水道普及率は、計画人口ベースで34.8%でした。つまり、水道の水を現在飲んでいるか、あるいはごく近い将来に飲める可能性のある地域に住んでいる人は、その当時、国民の3人に1人という割合であったわけです。

実給水人口での水道普及率が40%を超えたのは、昭和32年度でした。その後の普及のスピードは目覚ましく、普及率が40%から80%へと2倍になったのは昭和32年度末から45年度末にかけての僅か13年間のことでした。

またこの間の給水人口の伸びを見てみますと、実に年率6.6%という高いものでした。

このような高い伸び率で水道が普及したのは、都市部の水道の普及もさることながら、簡易水道に対する国庫補助の制度が昭和27年度に創設され、農山漁村の生活改善に対する意欲の高さとあいまったことも大きな要因と考えられます。

同時に、価格が安く、取り扱いが便利な石綿セメント管が利用されたことも、その一翼を担ったものとして忘れてはならないと思います。

石綿セメント管の使用量を日本水道協会の検査実績から見てみますと、昭和32年度から45年度までの間に、3千6百万本の石綿セメント管が検査されております。昭和26年度から製造中止となる昭和60年度までの総検査実績が4千9百万本ですから、この間に全体の75%が使用されたといつて差し支えないでしょう。

しかし石綿セメント管は、法定耐用年数も25年であり、また破損率も他の管種より高いこともあつて、徐々に入れ換えが行われております。

それでも現在、全国の管路総延長50万キロメートルのうち約8万キロメートルが石綿セメント管であるとの推計がされております。

石綿セメント管は経年により強度が低下するということが定性的にいわれており、また口径や管内水のpH値、土壌の含水比などにより強度に影響があることは予測されているところですが、全国的にサンプル管や管内水・土壌等を集め、大規模に統計的な解析を行い、報告された例はこれまでないようです。

当(財)水道管路技術センターは、現在まだ使用されている石綿セメント管の水道管路について、その状況を直接的、統計的あるいは計測データを基にして診断する手法を開発することにより、事故の未然防止と計画的な更新事業のお役に立てるべく、昭和63年度、当センター設立後の最初の仕事としてこれを取り上げることいたしました。

この研究・技術開発は、当センターが委嘱いたしました中央大学西沢教授を委員長とする石綿セメント管診断専門委員会のご指導を得て、センター職員が総力をあげて取り組みま

したが、貴重な統計資料やサンプル管および管内水・土壌につきましても、多くの水道事業者のご厚意によりご提供いただきました。またサンプル管の強度試験と管内水や土壌の分析等は、それぞれ専門の試験機関に委託いたしました。得られましたデータの分析、とくに単相関および重相関解析は当センターのパーソナル・コンピュータを延べ40日間もフル稼働させて行いました。さらにこの結果を現場で活用できますようマニュアルの形にとりまとめ、ここに出版できる運びとなったわけであります。

本診断手法の開発と診断マニュアルの作成は、上記の専門委員会のご指導のほか、実に多くの事業者および関係者からの暖かいご支援をいただきました。これらのご支援なくしては診断手法の開発はもとより、マニュアルの作成も全く不可能でありました。一々お名前は挙げませんが、ここに付記して御礼申しあげます。

また、各種サンプルの試験や分析をお願いしたそれぞれの専門機関におかれましては、当センターの無理な注文や予定の変更がありましたにもかかわらず、限られた期間に正確なデータを出していただきました。これまた重ねて御礼申しあげます。

本書が石綿セメント管の対策を考えておられる事業者や関係の企業のお役に立つところがありますれば、当センターにとりましてこの上ない喜びであります。

平成元年10月

(財)水道管路技術センター

専務理事 森下 忠幸

目 次

1. はじめに	1
2. 管路診断の基本的考え方	3
3. 石綿セメント管診断法の種類および適用範囲	5
3.1 危険度推定法	5
3.2 強度推定法	5
3.3 管体診断法	5
3.4 診断法の適用範囲	6
4. 診断の順序	7
5. 各診断法毎の診断区間の設定および管路情報の収集等	8
5.1 危険度推定法	8
5.2 強度推定法	9
5.3 管体診断法	14
6. 危険度推定法による診断	16
7. 強度推定法による診断	17
8. 第1次判定	19
9. 代表区間についての管体診断法による診断	20
9.1 管体強度試験	20
9.2 フェノールフタレイン溶液による中性化判定	24
9.3 比重および吸水率測定	26
9.4 γ 線による健全部管厚測定	27
10. 総合判定	30
11. 例題	32
12. 診断シートの例	45
〈付〉 管路更新が必要となった場合の新管の管種選定	55
参考資料 1	
石綿セメント管診断法開発時の試験・検討結果概要	67
1. 危険度推定法検討結果	69
1.1 事故率(件/km/年)を基にした危険度推定法	69
1.2 数量化理論II類による危険度推定法	69

1.3 経済面からの更新適正時期の推定	76
2. 強度推定法検討結果	83
2.1 試料の収集方法	83
2.2 使用条件の調査・試験方法	86
2.3 管の強度試験方法	88
2.4 調査・試験結果	88
2.5 相関解析	109
3. 管体診断法試験結果	131
3.1 管体強度試験	131
3.2 フェノールフタレイン溶液による中性化判定	134
3.3 比重および吸水率測定	135
3.4 γ 線による健全部管厚測定	137
3.5 顕微鏡検査	145
3.6 成分分析	149
3.7 pH値測定	153
3.8 超音波による健全部管厚測定	155
3.9 針入法	160
3.10 化学的方法	163
3.11 硬度測定	163

(注) ゴシックで示された項は本『診断マニュアル』に採用したものを指す。

参考資料 2

石綿セメント管に関する資料	167
1. 石綿セメント管の製造方法	169
2. 日本における石綿セメント管の製造の歴史	169
3. 日本における石綿セメント管の生産量	169
4. 石綿セメント管の規格の変遷	169
5. 石綿セメント管に係る工事・廃棄に関する法令等	198
6. 石綿セメント管に関する参考文献	203
索引	208

1. はじめに

普及率94%、管路総延長約50万km——今や、我が国の水道は、国民生活にとって最も重要な基盤のひとつとなっている。

一方、創設の古い事業体では、管路の老朽化が顕在化してきており、しかもそういう事業体が増えつつあり、全国的に、管路更新が大きな課題になってきている。

管路更新は、できるだけ早期に、かつ、必要とされるすべての範囲にわたって行うのが理想的であるが、経済的制約、技術的制約、あるいは環境上の制約等から、必ずしもそのとおりに実施できないのが実情である。

そこで、どこから、どれ位の範囲を更新して行くかという優先順位付けが必要になって来る。その前提となるもののひとつに、管路の現状把握、すなわち、管路診断がある。

このたび、(財)水道管路技術センターでは、他の管種に先立ち、石綿セメント管の診断法を開発するとともに、これを現場で具体的に使用できるようなマニュアルを作成した。各事業体等におかれては、本マニュアルを活用され、それぞれの石綿セメント管路について、的確な診断をされることを望むものである。

なお、本診断法の開発およびマニュアルの作成は当センターに設置した「石綿セメント管診断専門委員会」のご指導のもとに行った。委員会の構成は次のとおりである。

(敬称略)

委員長	西沢	紀昭	中央大学
委員	赤澤	寛	(前) 川崎市水道局
			(現) 水道機工株式会社
委員	朝倉	祝治	横浜国立大学
委員	岩松	潤吉	久保田鉄工株式会社
委員	粕谷	明博	厚生省
委員	国包	章一	国立公衆衛生院
前委員	石飛	博之	(前) 厚生省
前委員	須藤	欣一	(前) 厚生省

事務局 (財)水道管路技術センター

渡辺 滋

石橋 皓平

中島 鋭

先崎 康人

荒木美喜夫

2. 管路診断の基本的考え方

従来、水道管路の事故に対しては、その都度、部分的に、対症療法的な補修等が行われることが多かったが、ライフラインの確保という観点からは、予防的措置としての管路更新が必要である。

その際、効率的な管路更新を行うには、更新の優先順位付けが重要であり、このためには、管路診断が大きなウェイトを占めてくるとともに、他の多くの要因をも考慮する必要がある。管路更新における管路診断の位置付けを示すと図2.1のようになる。

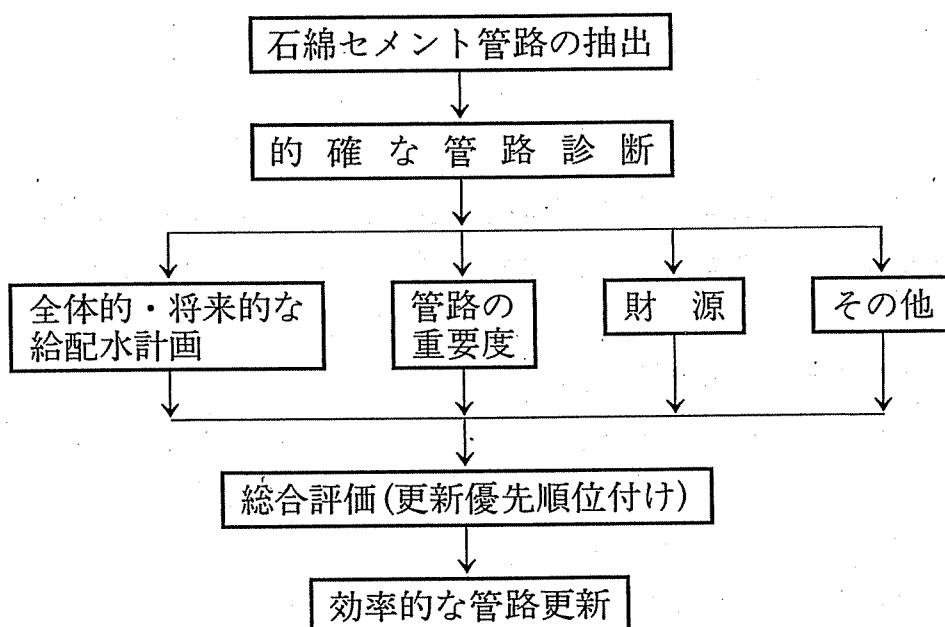


図2.1 管路診断の位置付け

図2.1の各項目についての説明は以下の通りである。

1) 石綿セメント管路の抽出

管路平面図上に表示する。

2) 的確な管路診断

本マニュアルに石綿セメント管の的確な診断法を示す。

3) 全体的・将来的な給配水計画

将来的な給水人口・給水量、それに伴う拡張計画・配水管整備計画、更に具体的に言えば、適正な管呼び径・将来の水圧等を指す。

4) 管路の重要度

幹線として位置付けられている呼び径の大きな管路は事故が生じないよう十分な配慮が必要とされるものであるし、また、小さい呼び径の管路でも、事故が生じた時、代替管路からの給水が可能かどうかによって重要度は異なるものである。重要度は事故が生じた場合に、需要者、第三者、さらには供給者に、どの程度の影響があるのかによって決められると言える。管路の重要度については、各事業体の特殊性も踏まえた総合的な検討が必要である。

5) 財源

初年度のみならず、数年先までの財源を考慮し、管路更新への配分を考える。

6) その他

例えば、下水道工事等の他企業の工事との関連、将来の交通量の変化等の管理設条件の変化、地震・軟弱地盤等の地域の特殊性等を考慮する必要がある。また、管路更新の効率も考えるべきである。

7) 総合評価（更新優先順位付け）

2) から 6) 項の結果を総合的に評価し、各事業体毎の管路の更新順位を決める。

8) 効率的な管路更新

管路更新の際の新管の管種選定について〈付〉に述べているので参照のこと。

3. 石綿セメント管診断法の種類および適用範囲

石綿セメント管の事故原因としては、①管の劣化、②外的条件の変化（交通量の増大、不同沈下、管内水圧の上昇、土被りの変化等）、③前記①および②の組み合わせ、④その他（第三者からの被害等）が考えられる。これらのうち、①～③を対象にした、次の3種類の診断法を用意した。

3.1 危険度推定法

各管路毎の過去の事故率（件/km/年）を基にして危険度を推定するものである。

3つの診断法の中で最も簡便な方法で、机上の検討のみで行うことが可能で、危険度のおおまかな推定に役立つものである。

ただし、本推定法を適用するためには各管路毎の過去の事故に関するデータの蓄積が必要である。

（詳細は6章を参照）

3.2 強度推定法

管の劣化に影響を及ぼすいくつかの使用条件から、相関関係式（強度推定式）を用いて、管の劣化度（残存強度）を推定するものである。

推定式に用いるデータの一部については新たに計測する必要があるものもあるが、それらがそろえば、あとは簡単な計算で残存強度が求まり、管路の安全性を推定できる。

推定精度は、次の管体診断法のそれには及ばないが、前の危険度推定法よりはかなり良いと考えられる。

（詳細は7章を参照）

3.3 管体診断法

管を直接調査し、劣化度を判定するものである。

診断に当たっては、管路部の掘削作業等を伴い、少し手間はかかるが、精度の高い診断が行える。

検査方法としては、①管体強度試験を採用することを原則とする。

ただし、管体強度試験を採用することが困難な場合は、②フェノールフタレイン溶液による中性化判定、③比重および吸水率測定、④ γ 線による健全部管厚測定のいずれかの方法を採用するものとする。

(詳細は9章を参照)

〔備考〕

診断法の検討に当っては、上記の方法以外に危険度推定法では、①数量化理論II類による判定、②経済面からの更新適正時期の推定を、また管体診断法では①顕微鏡検査、②成分分析、③pH値測定、④超音波による健全部管厚測定、⑤針入法、⑥化学的方法、⑦硬度測定の各方法について検討したが、本マニュアルの診断法としては採用しなかった。これらの検討内容については、後述の参考資料1を参照のこと。

3.4 診断法の適用範囲

危険度推定法の老朽度ランクおよび強度推定法の相関関係式(強度推定式)を決める根拠になったデータは呼び径50~250mmについてのものであった。

管体診断法のうち、管体強度試験の適用呼び径は試験設備の能力次第であるが、大きな呼び径はかなりの設備能力を必要とする。フェノールフタレイン溶液による中性化判定、比重および吸水率測定、 γ 線による健全部管厚測定は、特に適用呼び径の制限はない。

以上を総合して、本マニュアルの適用呼び径は50~300mm程度とする。

また、塗装石綿セメント管、鋼板巻込み石綿セメント管には適用しない(ただし、各事業者等の判断で本マニュアルのうち準拠できるところは準拠しても差し支えない)。

4. 診断の順序

原則として、図4.1のフローチャートによる。

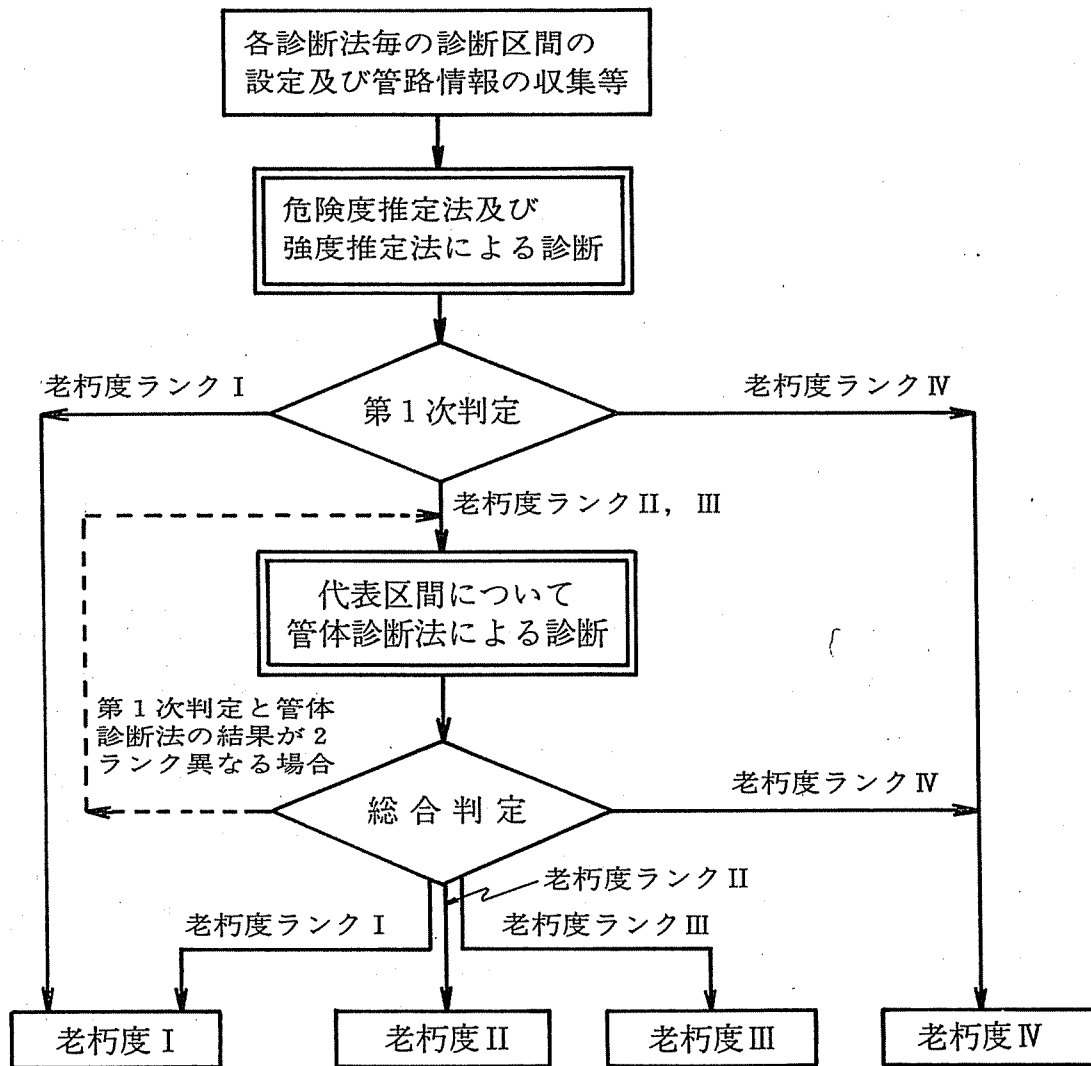


図4.1 診断順序フローチャート

ここで老朽度ランクは I、II、III、IV に区分したが、この場合、老朽化が最も進んでいるもの（老朽度が最も高いもの）を I、老朽化が最も進んでいないもの（老朽度が最も低いもの）を IV と定義する。

5. 各診断法毎の診断区間の設定および管路情報の収集等

各事業体で布設されている全石綿セメント管路（規模の大きな事業体においてはブロック単位）を、各診断法に適した区間に区分し、その区間毎に診断を行うものとする。ここで、診断区間の設定とは、1つの管路として扱う範囲（管路延長）を決めることである。これは適用する診断法により、決め方が若干異なるので、それぞれの診断法の区間設定法に従って決めるものとする。

また、それぞれの診断法により、種々のデータまたは供試体の収集が必要である。

以下、危険度推定法、強度推定法、管体診断法の順に診断区間の設定法およびデータ・供試体の収集方法について説明を加える。

5.1 危険度推定法

1) 診断区間の設定

連続している管路で、管の呼び径、種類（1種・2種等の区別、普通の管・塗装を施した管・鋼板巻き込み管の区別）布設年度がすべて同じである範囲の管路を「1診断区間」とする。

ただし、規模の異なる道路の横断、伏越部、水管橋等、全体の管路延長に比べて、極く一部の延長が他と条件が異なる場合は、同じ条件と見なし、同一診断区間内に含めてもよい。また、布設年度の差異も±2～3年以内であれば、同じ年度と見なしてよい。

以上の要領で、管路を診断区間毎に分割し、管路平面図に区間を表示する。

2) データ収集

本推定法に用いる指標は、各管路毎の事故率（件/km/年）である。これを求めるために、各管路毎の過去の事故件数、その期間および管路延長（診断区間延長）についてのデータを収集する。事故率の計算は小数点以下2ケタ目を四捨五入し、小数点以下1ケタ目まで計算する。

現在、これらに関する記録が無い場合は、将来のことを考慮して、今後、データを蓄積して行くべきである。そのための事故記録シートの

例を表5.1に示す。もちろん、この例に拘束されることなく、各事業体に適した形式、あるいは、パソコン等へ入力しやすい形式にしても良い。

表5.1 事故記録シートの例

管路名又は管路No.	A-1		呼び径・種類		100mm・1種		布設年度	S.45		管路延長	550m
事故No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
事故年月日	H1.1.8	H1.6.2	H2.1.5	H3.8.10	H4.11.15	H5.10.11					
事故の力所	管体	継手	管体	管体	継手	継手					
事故の種類	折れ	漏水	軸方向割れ	へん平化	破損	漏水					
事故原因(推定)	不同沈下	管の移動	ウォータハンマ	重交通	地震	ボルトの腐食					
現場の状態	軟弱地盤	同左	国道 ○号下	国道 ○号下		地下水 多し					
修理方法	ダクタイル管で布設替	継手締め直し	1と同じ	同左	補修金具で補修	ボルト取替え					
事故率 (件/km/年)					2.3 ※	2.2 ※※					
備考	管体診断実施										
事故の位置											

※ 5件/0.55km/4年

※※ 6件/0.55km/5年

(1診断区間につき1葉)

5.2 強度推定法

1) 診断区間の設定

連続している管路で、管の呼び径、使用年数、水道水の水質、埋戻土の土質がすべて同じである範囲の管路を「1診断区間」とする。すなわち、表5.2に示す区分がすべて同じ場合に、同一診断区間となる。

表 5.2 強度推定法の診断区間設定のための項目・区分

項目	区 分
管 呼 び 径	各呼び径毎(50mm、75mm、100mm、125mm、150mm、200mm……)
使 用 年 数	±2～3年以内の差異は同じ年数としてよい。
水道水の水質	水源・浄水場・配水系統等で区分する。
埋戻土の土質	土質(砂・シルト・粘土・ローム・その他)、地下水の有無で区分する。

以上の要領で、管路を診断区間毎に分割し、管路平面図に区間を表示する。

2) データ収集

各強度を推定するのに、1 診断区間当り 1 カ所ずつ、表 5.3 のデータを収集する必要がある。

表 5.3 強度推定法のための収集データ

管	呼び径、使用年数
水道水	pH値、ランゲリア指数、残留塩素濃度
土 壤	含水比、レドックス電位

各強度別には次の値が必要となる。

曲げ強度——呼び径、使用年数、水道水のpH値、土壤の含水比

引張強度——呼び径、使用年数、水道水のpH値、水道水のランゲリア指数、水道水の残留塩素濃度、土壤の含水比

圧壊強度——使用年数、水道水のpH値、水道水のランゲリア指数、土壤の含水比、土壤のレドックス電位

ここで曲げ強度、引張強度、圧壊強度は、図 5.1 に示す荷重、水圧に耐えられる応力をいう。

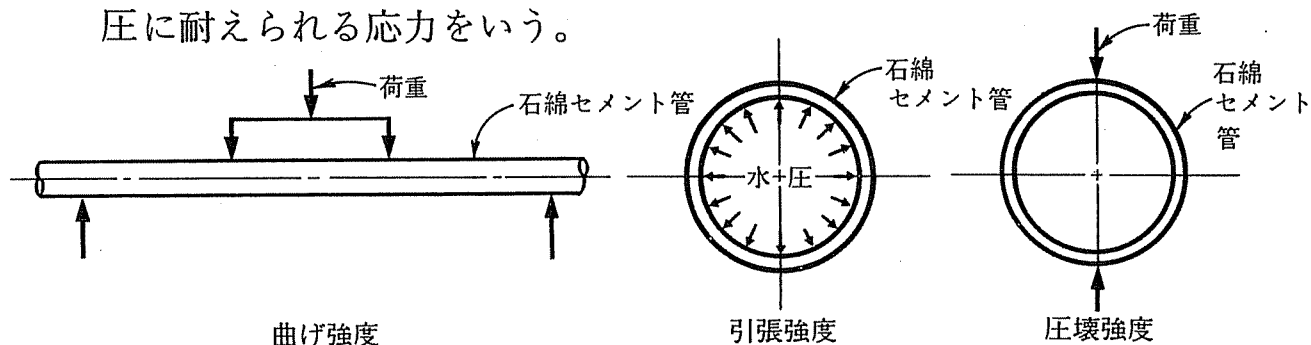


図 5.1 曲げ強度・引張強度・圧壊強度

それぞれのデータの収集方法は次の通りである。

a) 水道水のpH値

診断しようとする管路付近の水道水を用いて、「上水試験方法」（日本水道協会）に従って測定する。

b) 水道水のランゲリア指数

ランゲリア指数（飽和指数）とは、水の実際のpH値と理論的pH値（pH_s：水中の炭酸カルシウムが溶解も析出もしない平衡状態にある時のpH値）との差を言い、炭酸カルシウムの被膜の形成のされやすさの目安となる。本指数が、正の値で絶対値が大きいほど、炭酸カルシウムの析出が起りやすく、ゼロであれば平衡関係にあり、負の値では炭酸カルシウムの被膜は形成されず、その絶対値が大きくなるほど水の腐食傾向が強くなる。

本指数を求めるには、診断しようとする管路付近の水道水約1リットルを採水後、できるだけ早く、蒸発残留物、水温、カルシウム硬度および総アルカリ度を「上水試験方法」により測定し、次式により算出する。

$$\text{ランゲリア指数} = \text{水のpH値} - \text{pH}_s \quad \dots\dots\dots \text{式 5.1}$$

$$\text{pH}_s = (9.3 + \text{A値} + \text{B値}) - (\text{C値} + \text{D値})$$

A値：蒸発残留物の濃度により定まる値

B値：水温により定まる値

C値：カルシウム硬度により定まる値

D値：総アルカリ度により定まる値

（表 5.4 参照）

表5.4 pHs算定表

A 値		C 値		D 値	
蒸発残留物 (ppm)	A 値	カルシウム硬度 (ppm)	C 値	総アルカリ度 (ppm)	D 値
50 ~ 300	0.1	10 ~ 11	0.6	10 ~ 11	1.0
400 ~ 1000	0.2	12 ~ 13	0.7	12 ~ 13	1.1
B 値		14 ~ 17	0.8	14 ~ 17	1.2
水 温 (°F)	B 値	18 ~ 22	0.9	18 ~ 22	1.3
32 ~ 34	2.6	23 ~ 27	1.0	23 ~ 27	1.4
36 ~ 42	2.5	28 ~ 34	1.1	28 ~ 35	1.5
44 ~ 48	2.4	35 ~ 43	1.2	36 ~ 44	1.6
50 ~ 56	2.3	44 ~ 55	1.3	45 ~ 55	1.7
58 ~ 62	2.2	56 ~ 69	1.4	56 ~ 69	1.8
64 ~ 70	2.1	70 ~ 87	1.5	70 ~ 88	1.9
72 ~ 80	2.0	88 ~ 110	1.6	89 ~ 110	2.0
82 ~ 88	1.9	111 ~ 138	1.7	111 ~ 139	2.1
90 ~ 98	1.8	139 ~ 174	1.8	140 ~ 176	2.2
100 ~ 110	1.7	175 ~ 220	1.9	177 ~ 220	2.3
112 ~ 122	1.6	230 ~ 270	2.0	230 ~ 270	2.4
124 ~ 132	1.5	280 ~ 340	2.1	280 ~ 350	2.5
134 ~ 146	1.4	350 ~ 430	2.2	360 ~ 440	2.6
148 ~ 160	1.3	440 ~ 550	2.3	450 ~ 550	2.7
162 ~ 178	1.2	560 ~ 690	2.4	560 ~ 690	2.8
		700 ~ 870	2.5	700 ~ 880	2.9
		880 ~ 1000	2.6	890 ~ 1000	3.0

(E. Nordell : Water Treatment for Industrial and Other Uses, 223, 1951 による)

〔備考〕

ランゲリア指数は、水のpH値、カルシウムイオン量、総アルカリ度および溶解性物質質量から、次式により算出することもできる。

ランゲリア指数 = 水のpH値 - pHs 式 5.2

$$pHs = 8.313 - \log [Ca^{2+}] - \log [A] + S$$

[Ca²⁺] : me/l で示されるカルシウムイオン量であって Ca²⁺ppm/(40.1/2) で求められる。

[A] : me/l で示される総アルカリ度であって、総アルカリ度 ppm/(100/2) で求められる。

S : 補正值

$$S = \frac{2\sqrt{\mu}}{1 + \sqrt{\mu}}$$

$$\mu = 2.5 \times 10^{-5} S_d$$

S_d : 溶解性物質質量 (ppm)

式 5.2 は水温 25°C における場合であって、水温 1°C の上昇に対して約 1.5×10^{-2} 増加させる。

c) 水道水の残留塩素濃度

診断しようとする管路付近の水道水を用いて、「上水試験方法」に従って測定する。

d) 土壌の含水比

診断しようとする管路に接触している土壌（地表面付近や管から離れた位置の土壌では不適）のうち、代表的な部分、約 2 kg を採取し（土質が種々異なる時は複数カ所の土壌を採取することが望ましい）、JIS A 1203（土の含水量試験方法）により測定する。

すなわち、試料を 110°C で一定質量になるまで炉乾燥し、（通常、乾燥時間は 5 時間以上）乾燥前後の質量差から、含水比を求める。測定は土壌採取後速やかに行う。

$$\text{土壌の含水比} = \frac{\text{湿潤土中の水の質量}}{\text{炉乾燥土の質量}} \times 100 (\%) \quad \dots\dots \text{式 5.3}$$

e) 土壌のレドックス電位（酸化還元電位）

酸化還元は、溶液中のイオン間の電子の交換を伴う化学反応であり、レドックス電位（酸化還元電位）はその反応の自由エネルギーの測定値で、不活性金属電極と照合電極とを液中に浸漬した時の両極間の電位差である。レドックス電位が小さいほど腐食性が強い。

測定は、配管現場で、または、管路に接触している部分から採取した土壌約 2 kg を試験室に持ち込んでレドックス電位計により行う。

現場での測定では、レドックス電位計の電極を土壌中になるべく深くさし込み、速やかに測定すべきである。

試験室内での測定では、採取土壌約 2 kg の塊の中央部（空気に触れていない部分）から約 100 g を取り出し、50 ml のビーカーに入れ、純水により飽和させ、泥状にした後、電極を土層の中央にさし込み、測定する。試験室内での測定は土壌採取後、速やかに行う。

いずれの場合も、メータ直読値を次式により、補正する。

$$E_{\text{redox}} = E + C + E_{\text{pH}} \quad (\text{mV}) \quad \dots\dots \text{式 5.4}$$

E_{redox} : レドックス電位

E：メータ直読値
C：土の温度換算値（メータ取扱い説明書参照）
E_{pH}：pH値による補正值
pH=7のとき…0
pH<7のとき…1pHにつき-60mV
pH>7のとき…1pHにつき+60mV

5.3 管体診断法

3.3節でも述べた通り、検査方法としては、①管体強度試験を採用することを原則とする。これを採用することが困難な場合は、②フェノールフタレイン溶液による中性化判定、③比重および吸水率測定、④γ線による健全部管厚測定のいずれかを採用するものとする。

1) 診断区間の設定

強度推定法と同じ診断区間とし、その中から代表区間（9章参照）を選ぶ。管体診断法は原則として、1代表区間当り1カ所以上の割合で適用するものとする。

2) 管体強度試験を行う場合の供試管採取

診断対象管の周囲を掘削し、断水後、供試管を掘り上げる。その際、強度試験の結果に影響を及ぼすような傷が管に付かないように慎重に掘り上げ、運搬する必要がある。

供試管本数は1カ所当り1本とし、管の長さは、2m程度以上を原則とする。ただし、止むを得ず管の長さが短くなる場合は2本用意するものとする（この場合も1m以下は不可）。

また、供試管掘り上げ時に、継手部分を観察することができる場合は、継手本体、ゴム輪、ボルトを観察し、腐食、損傷、その他の異常の有無を確認することが望ましい。

3) フェノールフタレイン溶液により、中性化を判定する場合のコア（穿孔片）採取

管の周囲を掘削し、不断水穿孔機でコアを採取することにより、断水を避けることができる。

4) 比重および吸水率を測定する場合のコア採取

管の周囲を掘削し、不断水穿孔機でコアを採取することにより、断水を避けることができる。

5) γ 線により健全部管厚を測定する場合の準備

a) 管外面から測定する場合

管の周囲にセンサーをセットできるスペース (図 5.2 参照) を掘削する必要がある。

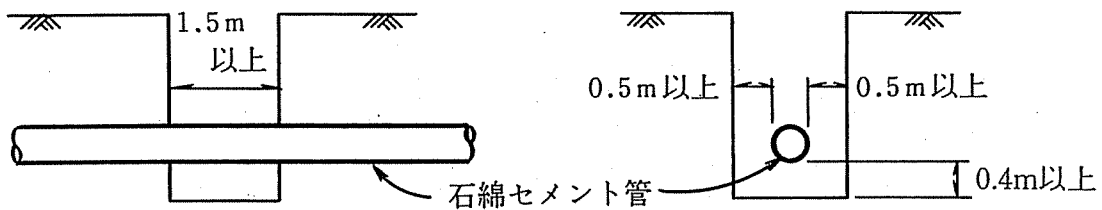


図 5.2 管外面からの γ 線による測定、作業スペース

本方法は、断水を避けることができるという大きな利点があるが、測定は掘削した部分のみに限られる。

b) 管内面から測定する場合

断水し、センサーを投入できるスペースの掘削、管の切断を行う (図 5.3 参照)。

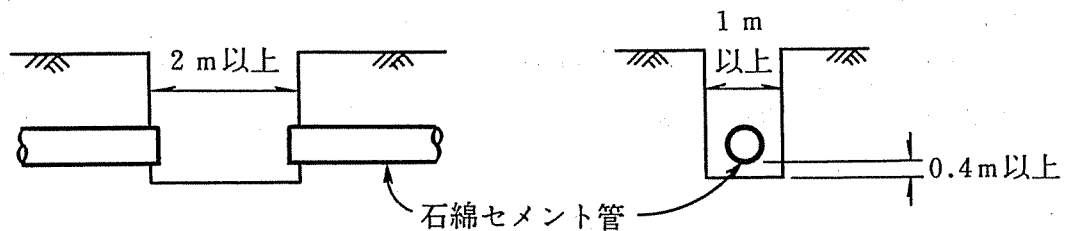


図 5.3 管内面からの γ 線による測定、センサー投入口

本方法は、断水しなければならないが、センサー投入口さえ掘削すれば、他は掘削することなしに投入口の両側合計約300m分の管路を測定できる。

6. 危険度推定法による診断

方法

診断対象管路の呼び径、過去の事故率を次の老朽度ランク区分に当てはめ、老朽度ランクを求める。

老朽度ランク区分

老朽度ランク区分を事故率（件/km/年）により、表6.1のように定めた（根拠は参考資料1を参照）。

表6.1 危険度推定法の老朽度ランク区分

老朽度 ランク	事 故 率 a (件/km/年)				
	呼び径 50mm	75mm	100mm	125・150mm	200mm以上
I	$a \geq 8.3$	$a \geq 3.7$	$a \geq 3.0$	$a \geq 1.7$	$a \geq 1.3$
II	$8.3 > a \geq 3.3$	$3.7 > a \geq 2.3$	$3.0 > a \geq 1.6$	$1.7 > a \geq 0.7$	$1.3 > a \geq 0.4$
III	$3.3 > a > 0$	$2.3 > a > 0$	$1.6 > a > 0$	$0.7 > a > 0$	$0.4 > a > 0$
IV	0	0	0	0	0

留意点

事故率を算出する場合の留意点は次の通りである。

1) 事故件数

管体の事故か、継手の事故かを問わず、また事故の種類を問わずあらゆる事故の件数を求める。ただし、第三者から加えられた被害は除く。

2) 調査期間

短期間での事故率の計算では、偶発性が大きなウェイトを占める可能性があるためできるだけ長期間のデータを基に算出すべきである。少なくとも3年、できれば5年以上の事故データから事故率を計算することが望ましい。

7. 強度推定法による診断

方法

強度推定式から石綿セメント管の残存強度を計算により求める。なお、強度は小数点以下1ケタ目を四捨五入し、1の位まで求める。各強度推定式は次の通りである（これらの式の根拠については参考資料1を参照）。

〔曲げ強度〕

$$y_1 = 0.43x_1 - 1.93x_2 + 14.21x_3 - 0.67x_6 + 81.9 \quad \dots\dots\dots \text{式 7.1}$$

y_1 : 曲げ強度 (kgf/cm²)

x_1 : 呼び径 (mm)

x_2 : 使用年数 (年)

x_3 : 水道水のpH値

x_6 : 土壌の含水比 (%)

〔引張強度〕

$$y_2 = 0.62x_1 - 4.57x_2 + 23.09x_3 - 15.05x_4 + 10.65x_5 - 0.18x_6 + 50.5 \quad \dots\dots\dots \text{式 7.2}$$

y_2 : 引張強度 (kgf/cm²)

x_1 : 呼び径 (mm)

x_2 : 使用年数 (年)

x_3 : 水道水のpH値

x_4 : 水道水のランゲリア指数

x_5 : 水道水の残留塩素濃度 (mg/l)

x_6 : 土壌の含水比 (%)

〔圧壊強度〕

$$y_3 = -9.75x_2 + 67.96x_3 - 34.00x_4 - 0.74x_6 - 0.21x_7 + 326.4 \quad \dots\dots\dots \text{式 7.3}$$

y_3 : 圧壊強度 (kgf/cm²)

x_2 : 使用年数 (年)

x_3 : 水道水のpH値

x_4 : 水道水のランゲリア指数

x_6 : 土壌の含水比 (%)

x_7 : 土壌のレドックス電位 (mV)

式7.1～7.3を用いて求めた3つの強度を次の老朽度ランク区分に当てはめる。それから求められた3つの老朽度ランクのうち、老朽度が最も高いランクをその区間の老朽度ランクとする。

老朽度ランク区分

表7.1 強度推定法の老朽度ランク区分

老朽度 ランク	曲げ強度 y_1 (kgf/cm ²)	引張強度 y_2 (kgf/cm ²)	圧壊強度 y_3 (kgf/cm ²)
I	$125 > y_1$	$115 > y_2$	$250 > y_3$
II	$190 > y_1 \geq 125$	$170 > y_2 \geq 115$	$375 > y_3 \geq 250$
III	$250 > y_1 \geq 190$	$225 > y_2 \geq 170$	$500 > y_3 \geq 375$
IV	$y_1 \geq 250$	$y_2 \geq 225$	$y_3 \geq 500$

(老朽度ランクの境界値は、それぞれ、規格値、およそ規格値× $\frac{3}{4}$ 、およそ規格値× $\frac{1}{2}$ とした。)

留意点

1) データの計測

強度推定式に代入するデータを収集する必要があるが、これらは推定値ではなくて、診断対象管路付近の水道水、土壌について実測することを原則とする。

2) 強度推定計算

式7.1～7.3に代入するデータの単位を間違えないように注意する必要がある。(例、呼び径はmm…○、cm…×、レドックス電位はmV…○、V…×)

3) 強度

JIS規格では曲げ試験の適用範囲は呼び径50～200mm、環片圧壊試験は呼び径250mm以上に限って規定されているが、本マニュアルでは3種類の強度とも、本マニュアルの適用呼び径〔50～300mm程度(3.4節参照)〕すべてに適用するものとする。

4) 式7.1～7.3の強度推定式において使用年数として将来の値を用いれば、5年先、10年先等の強度の予測ができることになる。

8. 第1次判定

1) 診断区間のとり方

第1次判定は、危険度推定法の診断区間と強度推定法の診断区間のうち、短い方の診断区間毎に行うものとする。

例えば、図8.1のように同一管路について、危険度推定法と強度推定法の診断区間を設定したところ、危険度推定法ではA、B、C、強度推定法では a_1 、 a_2 、 b_1 、 b_2 、 b_3 、 c と異なる診断区間に分かれた場合、 a_1 、 a_2 、 b_1 、 b_2 、 b_3 、 c を第1次判定のための区間として扱う。

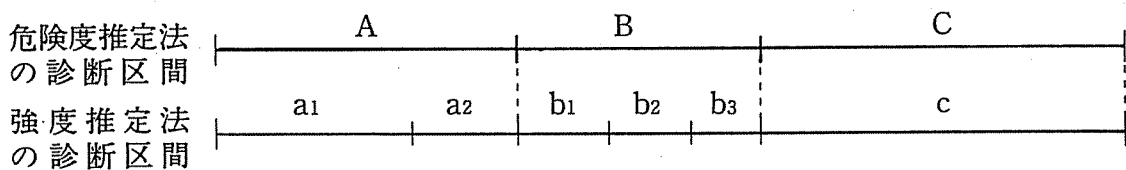


図8.1 第1次判定時の診断区間のとり方

2) 判定方法

6章の危険度推定法による診断結果と7章の強度推定法による診断結果のうち、老朽度が高いと診断された方の結果を採用する。その結果、老朽度ランクがI、IVになった場合は、ここで診断作業は終了し、最終的に、それぞれ老朽度I、IVと判定する。老朽度ランクがII、IIIの場合は、9章の管体診断法による診断に進む（4章の図4.1のフローチャートを参照）。

なお老朽度ランクはIが老朽化が最も進んでおり（老朽度が最も高い）、IVが老朽化が最も進んでいない（老朽度が最も低い）ものである。

9. 代表区間についての管体診断法による診断

本診断は第1次判定で老朽度ランクがII、IIIと判定された区間について行う。

第1次判定で老朽度ランクII、IIIと判定された区間の全数についてまず、老朽度ランクII、IIIの2つのグループ（大グループ）に分ける。次にそのグループを更に、類似の中グループに分ける（例えば、呼び径や地域、布設年度等各事業体の判断で分類する）。そして各中グループの中でおよそ5～10区間程度の小グループ（全体のバランスを考えて決める）当り1区間を代表区間に選び、代表区間についてはそのすべてから5.3節に示した方法によりサンプルを採取し管体診断法を適用する。

9.1 管体強度試験

方法

次の3つの試験ともJIS A 5301（水道用石綿セメント管）の試験方法に準ずる。供試管が2 m程度以上の場合、そのままの長さでまず曲げ試験を行い、曲げ試験で折れた長い方の管で水圧破裂試験を、また短い方の管から長さ300mmの環片を切取り環片圧壊試験をする。

供試管が2 m程度より短い場合は管を2本用意し、それぞれ曲げ試験、水圧破裂試験に用いる。曲げ試験で折れた管から長さ300mmの環片を切取り、環片圧壊試験に供する。なお、いずれの試験も、供試管を48時間水中浸漬後、湿潤状態でテストする。

1) 曲げ試験

a) 試験要領

供試管を幅50mm、120°開きのV形の堅固な支持用木製ブロック2個の上に置いて、その上部に幅25mm、120°開きのV形の堅固な加圧用木製ブロックを載せ、管と木製ブロックの間に柔らかいフェルトまたはゴム板を挟み、10～15kgf/secの速さで破壊するまで荷重(W)を加える。支持、載荷状態は図9.1の通り。

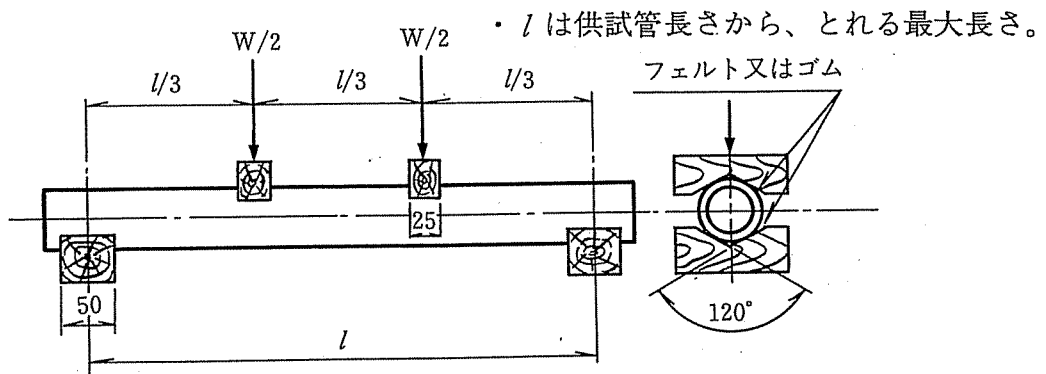


図 9.1 曲げ試験要領

b) 測定項目

破壊荷重、支持スパン

破壊面について、内径、外径 (いずれも上下、左右)

c) 曲げ強度の計算

$$y_1 = M/Z = (Wl/6) \times (32/\pi) \times D_2 / (D_2^4 - D_1^4) \dots\dots\dots \text{式 9.1}$$

y_1 : 曲げ強度 (kgf/cm²)

M : 曲げモーメント (kgf-cm)

Z : 断面係数 (cm³)

W : 破壊荷重 (kgf)

l : 支持スパン (cm)

D_2 : 管 外 径 (cm)

D_1 : 管 内 径 (cm)

強度は小数点以下1ケタ目を四捨五入し、1の位まで求める (以下同じ)。

2) 水圧破裂試験

a) 試験要領

管に外圧がかからない状態で、図 9.2 の要領で水圧を徐々に加え、管を破裂させる。

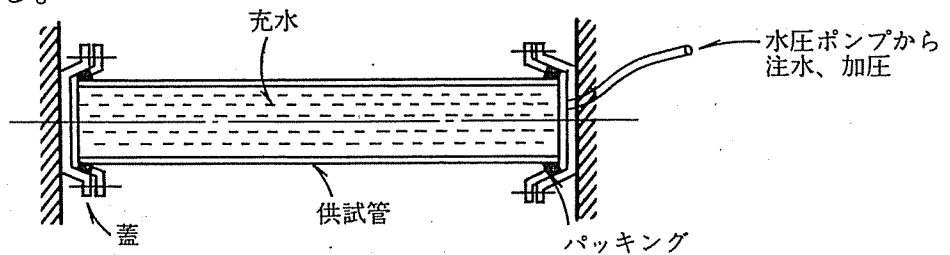


図 9.2 水圧破裂試験要領

b) 測定項目

破裂水圧

内径（上下、左右、いずれも両端面について）

破裂面について最小管厚

c) 引張強度の計算

$$y_2 = PD_1 / 2t \dots\dots\dots \text{式 9.2}$$

y_2 : 引張強度 (kgf/cm²)

P : 破裂水圧 (kgf/cm²)

D_1 : 管内径 (cm)

t : 最小管厚 (cm)

3) 環片圧壊試験

a) 試験要領

図9.3の通り、堅固な木製台の上に、長さ300mmの環片を置き、上部、下部に良質のゴム板（厚さ10mm）を当て、上部には幅約100mmの堅木の角材を載せ、管長全体に平均に荷重がかかるようにして、鉛直に10~15kgf/secの速さで、管が破壊するまで荷重（W）を加える。

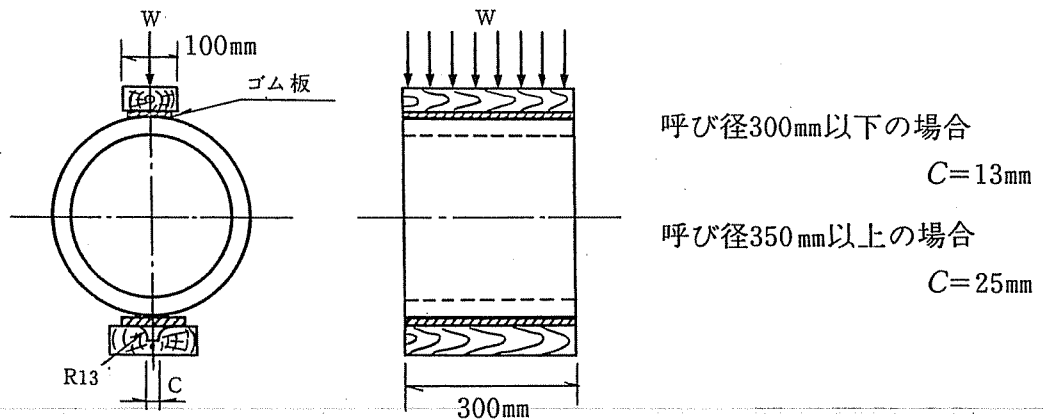


図9.3 環片圧壊試験要領

b) 測定項目

圧壊荷重

内径（上下、左右）

管厚（上、下、左、右、いずれも両端面について）

環片長さ（上、下、左、右）

破壊面について最小管厚

c) 圧壊強度の計算

$$y_3 = 0.955 W(D_1 + T) / (t^2 B) \dots\dots\dots \text{式 9.3}$$

y_3 : 圧壊強度 (kgf/cm²)

W : 圧壊荷重 (kgf)

D_1 : 管内径 (cm)

T : 平均管厚 (cm)

t : 破壊面の最小管厚 (cm)

B : 環片長さ (cm)

以上の試験から求めた3つの強度を次の老朽度ランク区分に当てはめる。それから求められた3つの老朽度ランクのうち、老朽度が最も高いランクをその区間の老朽度ランクとする。

老朽度ランク区分

表 9.1 管体強度試験の老朽度ランク区分

老朽度 ランク	曲げ強度 y_1 (kgf/cm ²)	引張強度 y_2 (kgf/cm ²)	圧壊強度 y_3 (kgf/cm ²)
I	$125 > y_1$	$115 > y_2$	$250 > y_3$
II	$190 > y_1 \geq 125$	$170 > y_2 \geq 115$	$375 > y_3 \geq 250$
III	$250 > y_1 \geq 190$	$225 > y_2 \geq 170$	$500 > y_3 \geq 375$
IV	$y_1 \geq 250$	$y_2 \geq 225$	$y_3 \geq 500$

留意点

1) 供試管採取場所

診断対象管路区間のうちで、できるだけ土壌の種類、地下水の有無等の使用条件がその区間を代表している所から供試管を採取することが望ましい。

2) 供試管の取扱い

管を掘り上げる時に、強度試験に影響するような傷がつかないように注意すべきである。また管掘り上げ現場から、試験所まで運搬する

場合も、老朽管は折れ易いので、そえ木を付ける等、丁寧に取扱う必要がある。

また強度試験の前にも、結果に影響する傷がないことを確認する。

3) 強度試験

JIS規格では、曲げ試験の適用範囲は呼び径50~200mm、環片圧壊試験は呼び径250mm以上に限って規定されているが、本マニュアルでは3種類の強度試験とも、本マニュアルの適用呼び径〔50~300mm程度(3.4節参照)〕すべてに適用するものとする。

4) 中性化の判定、比重および吸水率の測定

管体強度試験終了後、フェノールフタレイン溶液により破壊面の中性化の程度を観察しておくことが望ましい。また、残片を使って比重および吸水率を測定しておくことは有益なことである。それぞれの検査の方法は9.2節、9.3節を参照すること。

9.2 フェノールフタレイン溶液による中性化判定

方法

不断水穿孔によるコア(穿孔片)、または9.1節の管体強度試験をしたあとの管を用いて次の手順により判定する。

- 1) コアあるいは管を管軸直角方向または管軸方向にバンドソー(電動鋸)等で切断する(長時間露出した表面は、空気に触れて中性化が進んでしまうので、新しい面を作り出す)。
- 2) 直ちに、フェノールフタレイン溶液をスプレーまたは刷毛にて切断面に塗布する。フェノールフタレイン溶液はJIS K 8001(試薬試験方法通則)に規定されている1%溶液(95%エタノール90mlにフェノールフタレインを1.0g溶解した後、純水を加えて100mlとする)を用いる。
- 3) 塗布された面のうち、無色部分が中性化部、紅色に変色した部分が健全部である。それぞれの範囲をスケッチする(トレーシングペーパーに写しとる)ほか、写真を撮影する。

〔備考〕 紅色、無色とpH値の関係

・ JIS K 8001 (試薬試験方法通則)

pH値 \geq 10.0 紅色

pH値 \leq 7.8 無色

・ 「コンクリート構造物の耐久性シリーズ、中性化」(技報堂出版)

pH値 \geq 8.2~10.0 紅色

4) 中性化率を算出する。中性化率は小数点以下1ケタ目を四捨五入し1の位まで求める。

$$\text{中性化率} = \frac{\text{中性化厚さ}}{\text{管厚}} \times 100 (\%) \quad \dots\dots \text{式 9.4}$$

5) 中性化率を次の老朽度ランク区分に当てはめ、老朽度ランクを決める。

老朽度ランク区分

表 9.2 中性化の老朽度ランク区分

老朽度ランク	中性化率 x (%)
I	$x \geq 50$
II	$50 > x \geq 25$
III	$25 > x \geq 10$
IV	$10 > x$

(注) 中性化率は複数の測定値の平均値を用いる。

留意点

- 1) コアあるいは管を切断する時、労働省令「特定化学物質等障害予防規則」を遵守する。主な項目は参考資料2を参照のこと。
- 2) 中性化は1本の管でも場所により、バラツキがあるので、できるだけ管軸直角方向および管軸方向の広い範囲を検査する。コアの場合はできれば管1本につき2カ所以上採取、検査することが望ましい。この場合、老朽度ランクは、老朽度が最も高い場所のランクを採用する。

9.3 比重および吸水率測定

方法

不断水穿孔によるコア（穿孔片）、または9.1節の管体強度試験をしたあとの管を用いる。コアはそのまま全体を、また、管からは長さ約50mmの環片を切り出し試験に供する。手順はJIS A 1110（粗骨材の比重及び吸水率試験方法）に準じて行う。

- 1) 0.5gまたはそれよりよい感度のはかりを用意する。
- 2) コア又は供試環片を水で洗い、表面についているごみ等の異物を取り除き、 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ の水中で24時間吸水させる。
- 3) 水から取り出したコアまたは環片の水を切り、吸水性の布の上でころがして、目で見える水膜をぬぐい去る。
- 4) 上記のコアまたは環片の重量 W_s を0.5gまで量る。
- 5) コアまたは環片を $20 \pm 2^\circ\text{C}$ の清水中につけ、表面の気泡を除去して、水中重量 W_w を0.5gまで量る。
- 6) 水中から取り出したコアまたは環片を $100 \sim 110^\circ\text{C}$ で定重量となるまで（50mmの長さの環片でおよそ72時間以上）乾燥し、室温まで冷やし、その重量 W_D を0.5gまで量る。
- 7) 次式により計算する。比重は小数点以下2ケタ目を四捨五入し、小数点以下1ケタ目まで、吸水率は小数点以下1ケタ目を四捨五入し、1の位まで求める。

$$\text{表乾比重 } D_s = \frac{W_s}{W_s - W_w} \quad \dots\dots\dots \text{式 9.5} \quad ($$

$$\text{絶乾比重 } D_D = \frac{W_D}{W_s - W_w} \quad \dots\dots\dots \text{式 9.6}$$

$$\text{吸水率 } Q = \frac{W_s - W_D}{W_D} \times 100 (\%) \quad \dots\dots\dots \text{式 9.7}$$

- 8) 式9.5～9.7から求められた値を次の老朽度ランク区分に当てはめる。それから求められた3つの老朽度ランクのうち、老朽度が最も高いランクをその区間の老朽度ランクとする。

老朽度ランク区分

表 9.3 比重および吸水率の老朽度ランク区分

老朽度ランク	表乾比重 D_s	絶乾比重 D_D	吸水率 Q (%)
I	$1.8 > D_s$	$1.3 > D_D$	$Q \geq 40$
II	$1.9 > D_s \geq 1.8$	$1.5 > D_D \geq 1.3$	$40 > Q \geq 30$
III	$2.0 > D_s \geq 1.9$	$1.7 > D_D \geq 1.5$	$30 > Q \geq 20$
IV	$D_s \geq 2.0$	$D_D \geq 1.7$	$20 > Q$

(老朽度ランクの境界値は、それぞれ、健全な管が示す値、およそ規格値× $\frac{3}{4}$ の強度まで劣化した管が示す値、およそ規格値× $\frac{1}{2}$ の強度まで劣化した管が示す値である。)

留意点

- 1) 場所による老朽度のバラツキを考慮して、できれば管1本につき2カ所以上採取、検査することが望ましい。この場合、老朽度ランクは、老朽度が最も高い場所のランクを採用する。
- 2) 比重および吸水率の試験片の大きさは、厳密に決める必要はない。

9.4 γ 線による健全部管厚測定

方法

本検査は管を掘り上げずに、埋設されたままの状態、石綿セメント管の劣化部を除いた健全部管厚を測定するものである。

測定の実理は次の通りである。

一般に、放射 γ 線が物体を通過する時、その一部は物体内の電子に衝突して後方に散乱されることが知られている(コンプトン散乱)。この散乱される γ 線の数は、物体の種類、厚さ、比重等によって変化することから、あらかじめ厚さと散乱 γ 線の数との関係(特性曲線)を求めておけば、測定した γ 線の数から未知の厚さを求めることができる。

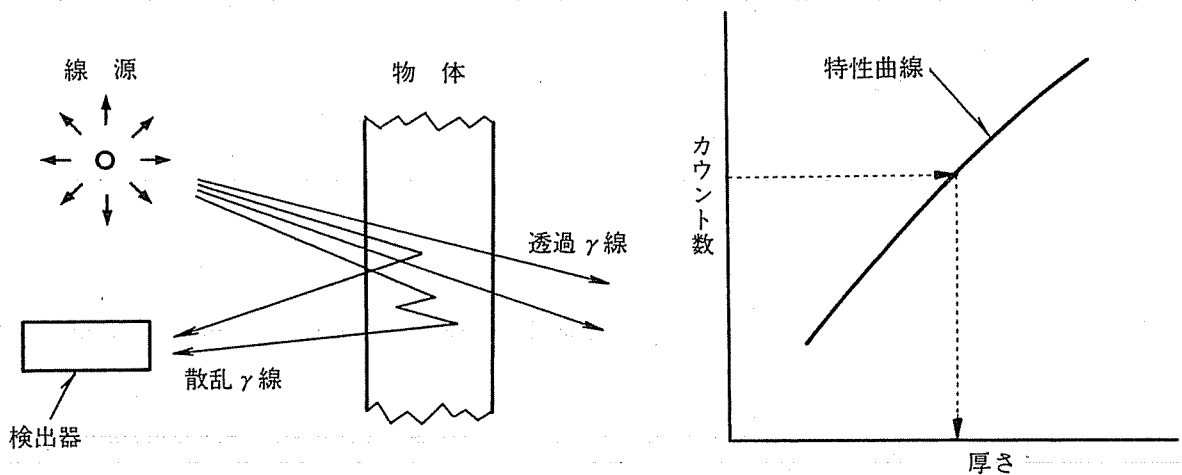


図 9.4 γ 線による管厚測定原理

具体的方法は、管外面から測定する場合は、管外面に手で γ 線センサーをセットし測定する。管内面から測定する場合は、図 9.5 の要領で、センサー搭載台車にセンサーを載せ、管内に運び込み、セットする。

いずれの場合も、管円周方向位置、管軸方向位置の複数カ所を測定すべきである。

測定された健全全部管厚の平均値、または代表健全全部厚さ（全測定値を単純に平均するのではなく、ある意図の基に抜粋したデータ—例えば劣化が激しい箇所のみを選ぶ等—の平均値）を次の老朽度ランク区分に当てはめ、老朽度ランクを決定する。健全全部管厚／規格管厚の値は、小数点以下 3 ケタ目を四捨五入し、小数点以下 2 ケタ目まで求める。

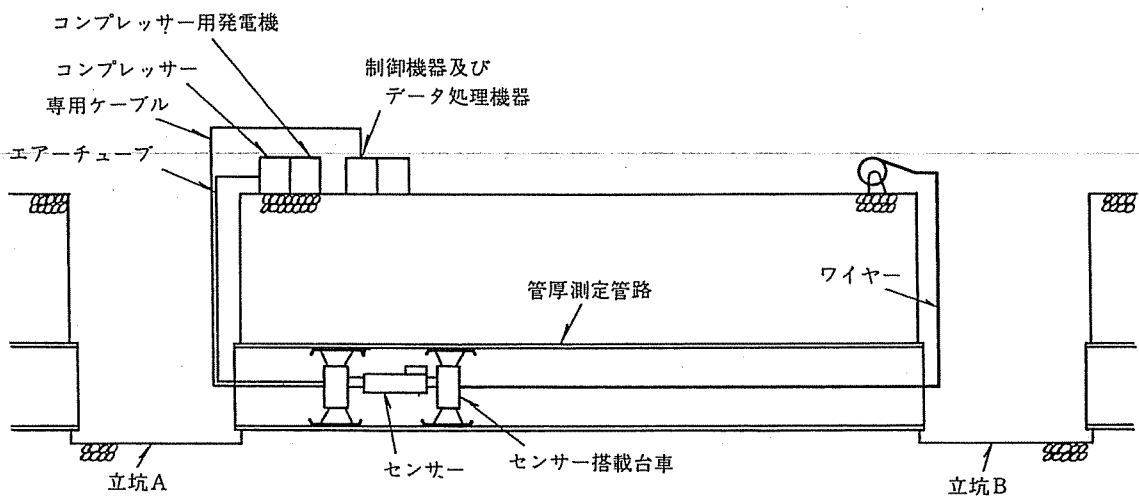


図 9.5 管内面から γ 線により健全全部管厚測定する場合の例

老朽度ランク区分

表 9.4 γ 線による健全部管厚測定のお朽度ランク区分

老朽度ランク	健全部管厚/規格管厚 t
I	$0.50 > t$
II	$0.75 > t \geq 0.50$
III	$0.90 > t \geq 0.75$
IV	$t \geq 0.90$

留意点

γ 線センサーの線源は法規制対象以下 ($100 \mu\text{Ci} = 3.7 \times 10^6 \text{Bq}$ 以下) の小さい容量のものを用いるのが良い。その場合は、取扱い資格者、使用許可手続き、管理区域の設置は不要である。

10. 総合判定

第1次判定と管体診断法の結果を総合して判定する。診断精度を考慮して原則として管体診断法の結果を重視する。詳細は次の通りである。

1) 第1次判定と管体診断法の老朽度ランクが一致した場合

管体診断法を適用した代表区間が属する小グループ（およそ5～10区間程度）（9章参照）内の管路のすべてを、その老朽度ランクとする。

2) 第1次判定と管体診断法の老朽度ランクが1ランクだけ異なる場合
管体診断法の老朽度ランクを採用し、もとの小グループ内の管路のすべてにそれを適用する。

3) 第1次判定と管体診断法の老朽度ランクが2ランク異なる場合

a) 管体診断法を適用した代表区間の老朽度ランクは管体診断法の結果を採用する。

b) 小グループ内の残りの区間については図4.1の破線のように、別の代表区間を選び、管体診断法を適用する。

(i) その結果と第1次判定の老朽度ランクが一致した場合

小グループ内の残りの管路のすべてを、その老朽度ランクとする。

(ii) 2回目の管体診断法と第1次判定の老朽度ランクが1ランクだけ異なる場合

2回目の管体診断法の老朽度ランクを採用し、もとの小グループ内の残りの管路のすべてに、それを適用する。

(iii) 2回目の管体診断法と第1次判定の老朽度ランクが2ランク異なる場合

もとの小グループ内の管路のすべてに管体診断法の結果を適用する。

なお1)～3)項をフローチャートで示すと図10.1のようになる。

4) 以上の要領で各診断区間毎の老朽度ランクが決まれば、そのランクを診断区間設定時に用意した管路平面図に記入する。

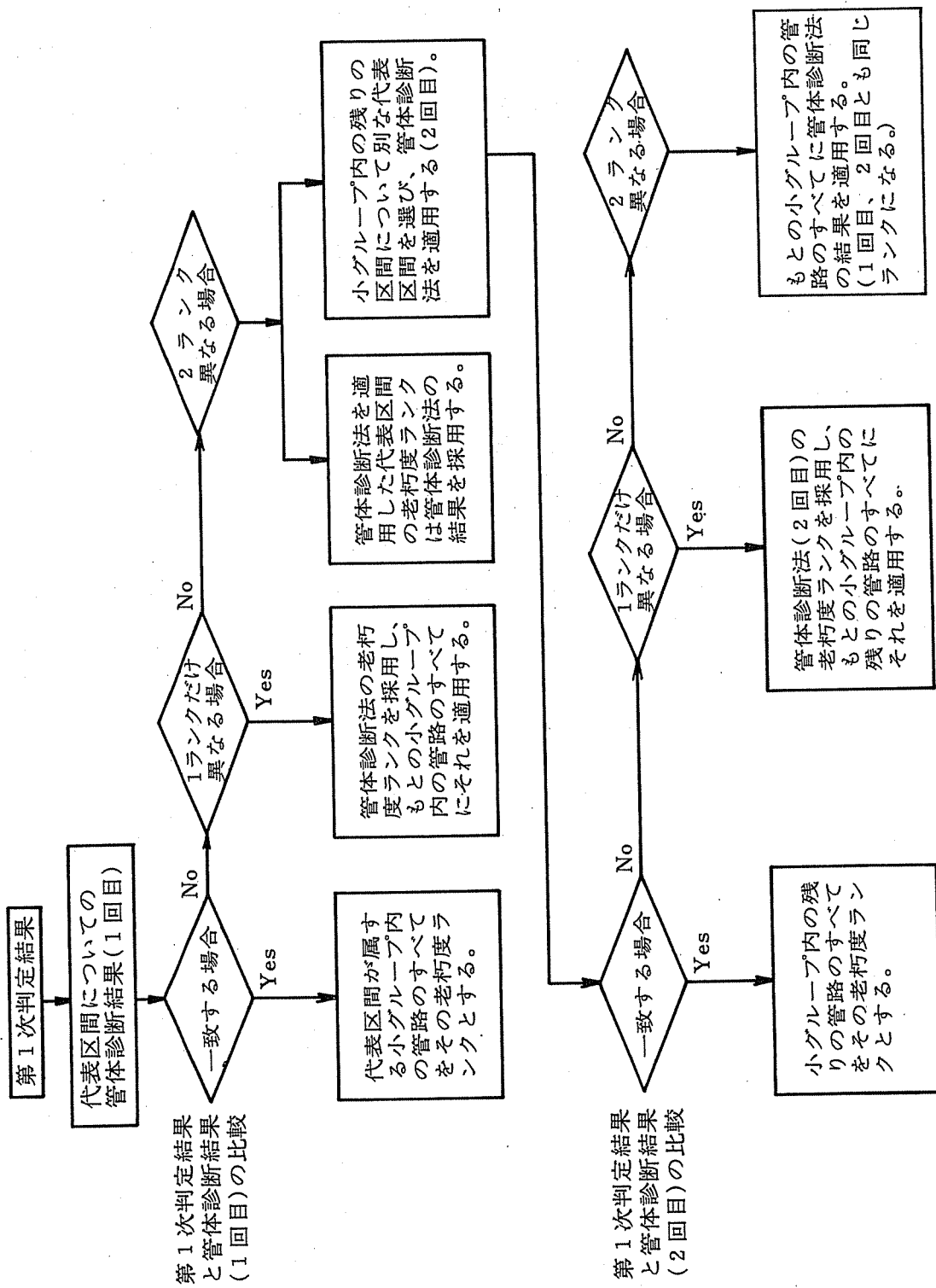


図10.1 総合判定フローチャート

11. 例題

本マニュアルに沿った石綿セメント管の診断例を手順を追って示す。

- 1) 全管路図（またはブロック単位の管路図）を用意。
- 2) 全管路図またはブロック単位の管路図から石綿セメント管路を抽出。
- 3) 石綿セメント管路について診断区間設定のためのデータ収集

5.1節に示すように危険度推定法では、管の呼び径、種類、布設年度を調査する。また5.2節、5.3節に示すように強度推定法、管体診断法では、管の呼び径、使用年数（布設年度）、水道水の水質（水源・浄水場・配水系統等で区分）、埋戻し土の土質（地下水の有無を含む）を調査する。

- 4) 診断区間の設定

管路図上に診断区間を表示する。

- 1) ~ 4) 項の例を図11.1に示す。

以下、管路の診断に入るが、ここでは例題として、図11.1の中の診断区間（管路名）④~⑥のみをとり上げ、例示する。

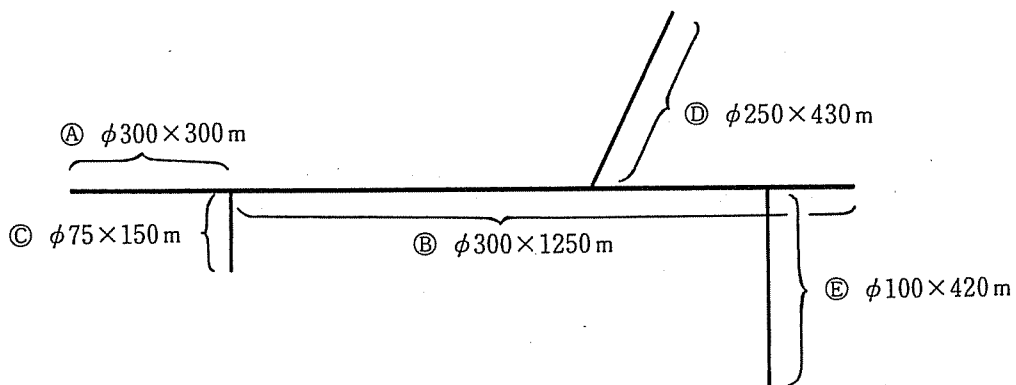


図11.2 例題の管路図

表11.1 診断区間設定のためのデータ

診断区間(管路名)	Ⓐ	Ⓑ	Ⓒ	Ⓓ	Ⓔ
管種	石綿セメント管(1種)	同左	同左	同左	同左
呼び径	300mm	300mm	75mm	250mm	100mm
布設年度	昭和34年度	同左	同左	昭和44年度	同左
水道水の水質	Ⓐ~Ⓔ すべて同じ				
埋戻土の土質	砂・地下水あり	砂・地下水なし	同左	同左	同左

5) 危険度推定法による診断

a) 事故率 (件/km/年) を求めるためのデータ収集

5.1節、6章の要領でデータを収集し、表11.2のように事故率を計算する。

表11.2 事故率

管路名 又は管路No.	呼び径 mm	管路延長 km	調査期間 年	事故件数 件	事故率 件/km/年
Ⓐ+Ⓑ	300	1.55	7	1	0.1
Ⓒ	75	0.15	7	3	2.9
Ⓓ	250	0.43	7	3	1.0
Ⓔ	100	0.42	7	2	0.7

b) 老朽度ランク区分

6章に示した通り。

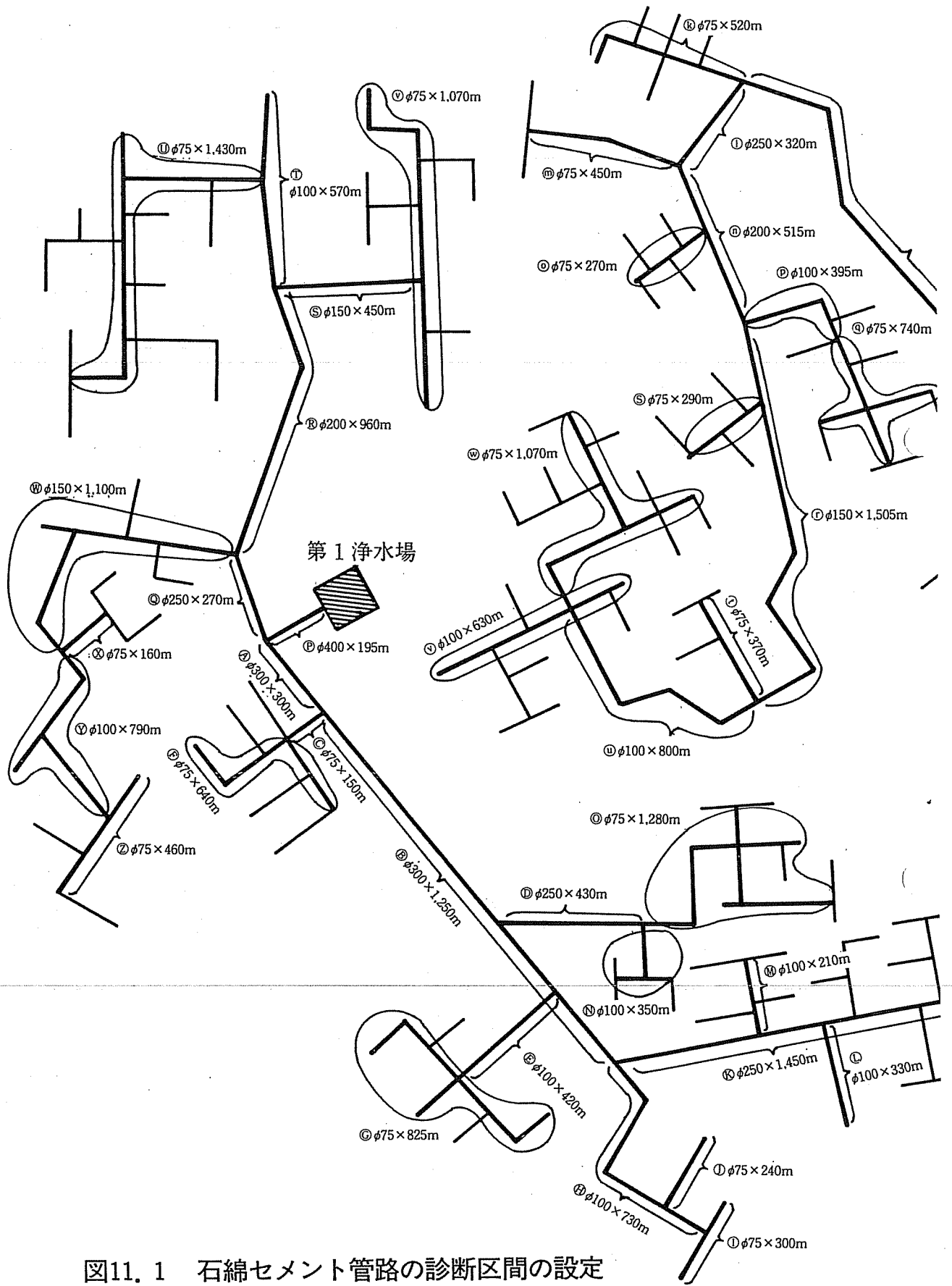


図11. 1 石綿セメント管路の診断区間の設定

{ ——— 石綿セメント管路
 { ——— 他管種の管路

①~⑦, ①~⑦ 強度推定法と管体診断法の
 診断区間

①+②, ①+②…危険度推定法の診断区間(例)
 (1 診断区間) (1 診断区間)

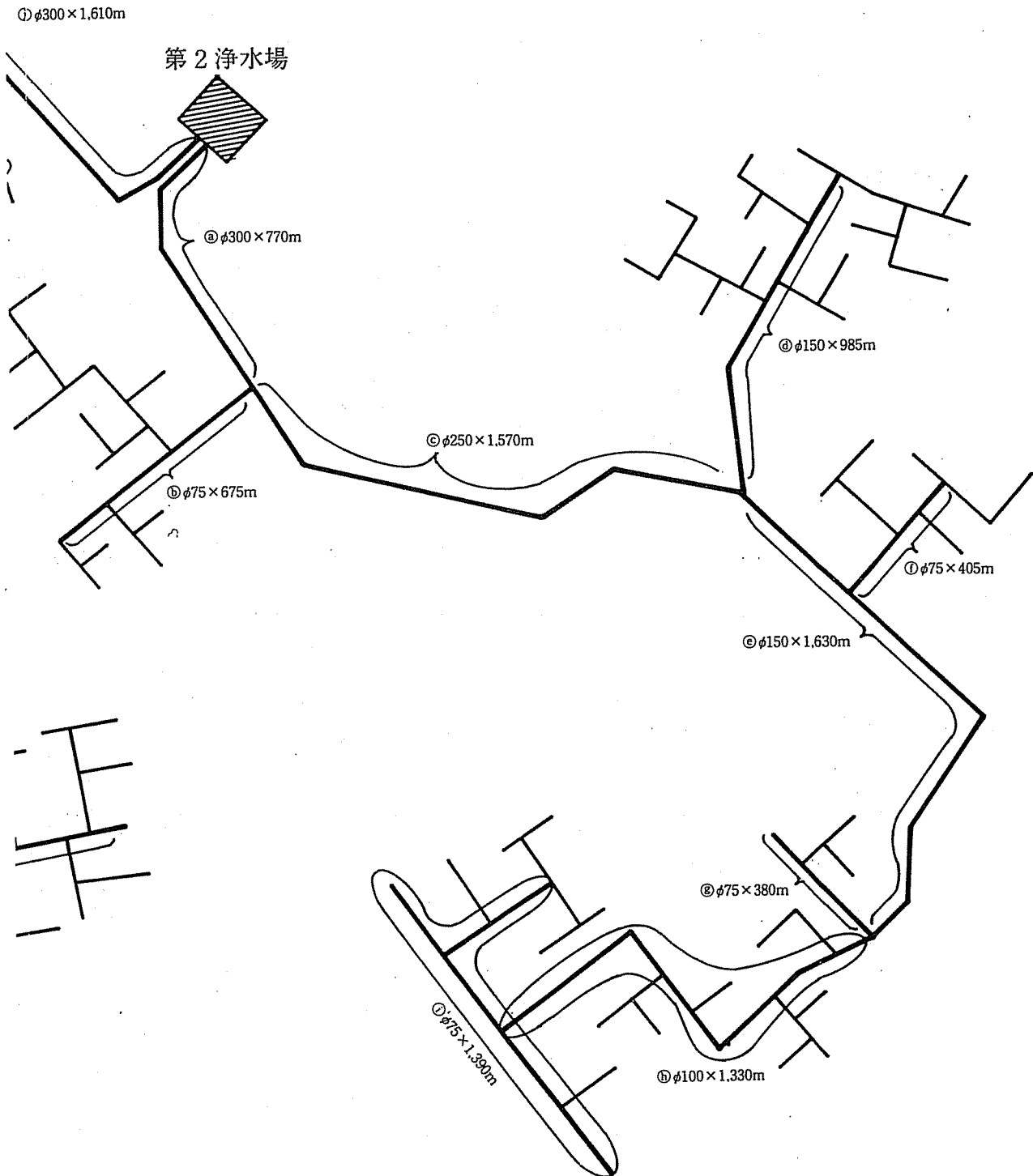


表11.3 危険度推定法の老朽度ランク区分

老朽度 ランク	事故率 a (件/km/年)				
	呼び径 50mm	75mm	100mm	125・150mm	200mm以上
I	$a \geq 8.3$	$a \geq 3.7$	$a \geq 3.0$	$a \geq 1.7$	$a \geq 1.3$
II	$8.3 > a \geq 3.3$	$3.7 > a \geq 2.3$	$3.0 > a \geq 1.6$	$1.7 > a \geq 0.7$	$1.3 > a \geq 0.4$
III	$3.3 > a > 0$	$2.3 > a > 0$	$1.6 > a > 0$	$0.7 > a > 0$	$0.4 > a > 0$
IV	0	0	0	0	0

c) 老朽度ランク

表11.2の事故率を表11.3に当てはめると次のようになる。

表11.4 診断結果

管路名または管路No.	老朽度ランク
Ⓐ+Ⓑ	III
Ⓒ	II
Ⓓ	II
Ⓔ	III

6) 強度推定法による診断

a) データ収集

5.2節に示した要領で、1診断区間当り、1カ所ずつ表11.5のようにデータを収集する。

表11.5 強度推定法のための収集データ

管路名 または 管路 No.	呼び径 (mm)	使用 年数 (年)	水道水 の pH値	水道水の ランゲリ ア 指 数	水道水の 残留塩素 (mg/l)	土壌の 含水比 (%)	土壌のレド ックス電位 (mV)
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
Ⓐ	300	29	6.0	0.50	0.2	51	101
Ⓑ	300	29	6.0	0.50	0.2	45	451
Ⓒ	75	29	6.0	0.50	0.2	69	591
Ⓓ	250	19	6.0	0.50	0.2	58	470
Ⓔ	100	19	6.0	0.50	0.2	20	495

b) 強度推定式

7章に示した通り。

[曲げ強度]

$$y_1 = 0.43x_1 - 1.93x_2 + 14.21x_3 - 0.67x_6 + 81.9 \dots\dots\dots \text{式 7.1}$$

y_1 : 曲げ強度 (kgf/cm²)

x_1 : 呼 び 径 (mm)

x_2 : 使用年数 (年)

x_3 : 水道水のpH値

x_6 : 土壌の含水比 (%)

[引張強度]

$$y_2 = 0.62x_1 - 4.57x_2 + 23.09x_3 - 15.05x_4 + 10.65x_5 - 0.18x_6 + 50.5 \dots\dots\dots \text{式 7.2}$$

y_2 : 引張強度 (kgf/cm²)

x_1 : 呼 び 径 (mm)

x_2 : 使用年数 (年)

x_3 : 水道水のpH値

x_4 : 水道水のランゲリア指数

x_5 : 水道水の残留塩素濃度 (mg/l)

x_6 : 土壌の含水比 (%)

〔圧壊強度〕

$$y_3 = -9.75x_2 + 67.96x_3 - 34.00x_4 - 0.74x_6 - 0.21x_7 + 326.4$$

..... 式 7.3

y_3 : 圧壊強度 (kgf/cm²)

x_2 : 使用年数 (年)

x_3 : 水道水のpH値

x_4 : 水道水のランゲリア指数

x_6 : 土壌の含水比 (%)

x_7 : 土壌のレドックス電位 (mV)

c) 老朽度ランク区分

7章に示した通り。

表11.6 強度推定法の老朽度ランク区分

老朽度 ランク	曲げ強度 y_1 (kgf/cm ²)	引張強度 y_2 (kgf/cm ²)	圧壊強度 y_3 (kgf/cm ²)
I	$125 > y_1$	$115 > y_2$	$250 > y_3$
II	$190 > y_1 \geq 125$	$170 > y_2 \geq 115$	$375 > y_3 \geq 250$
III	$250 > y_1 \geq 190$	$225 > y_2 \geq 170$	$500 > y_3 \geq 375$
IV	$y_1 \geq 250$	$y_2 \geq 225$	$y_3 \geq 500$

d) 老朽度ランク

表11.5の収集データを式7.1~7.3に代入し、曲げ強度、引張強度、圧壊強度を算出する。そして、その値を表11.6に当てはめ、老朽度ランクを求める。管路の老朽度ランクは曲げ、引張、圧壊の老朽度ランクのうち、老朽度が最も高いランクを選ぶ。

表11.7 診断結果

管路名又は 管路 No.	曲げ強度		引張強度		圧壊強度		管路の 老朽度ランク
	y_1 kgf/cm ²	老朽度ランク	y_2 kgf/cm ²	老朽度ランク	y_3 kgf/cm ²	老朽度ランク	
Ⓐ	206	III	228	IV	375	III	III
Ⓑ	210	III	229	IV	306	II	II
Ⓒ	97	I	85	I	259	II	I
Ⓓ	199	III	241	IV	390	III	III
Ⓔ	160	II	155	II	413	III	II

7) 第1次判定

危険度推定法と強度推定法の診断結果、すなわち表11.4と表11.7のうち、老朽度の高い方の老朽度ランクを採用し、第1次判定とする。

表11.8 第1次判定

管路名又は管路No.	第1次判定の老朽度ランク
Ⓐ	III
Ⓑ	II
Ⓒ	I
Ⓓ	II
Ⓔ	II

管路Ⓒは老朽度ランク I と判定されたので、8章で述べた通り、ここで診断を終了する。

8) 代表区間についての管体診断法による診断 (管体強度試験)

第1次判定により、管路Ⓐが老朽度ランクIII、管路Ⓑ①②が老朽度ランクIIと判定されたので、これらに管体診断法を適用する。

管体診断法は、第1次判定の老朽度ランクII、IIIの2グループを、さらに類似の中グループに分け、その中グループの中で、およそ5～10区間程度の小グループ当たり1区間を代表区間を選び、適用するものであるが、ここでは例題のため、管路数が少ないので老朽度ランクIIのグループから選んだ管路①と老朽度ランクIIIの管路Ⓐについて管体強度試験を行った。試験の要領は9.1節に示した。

a) 曲げ試験結果

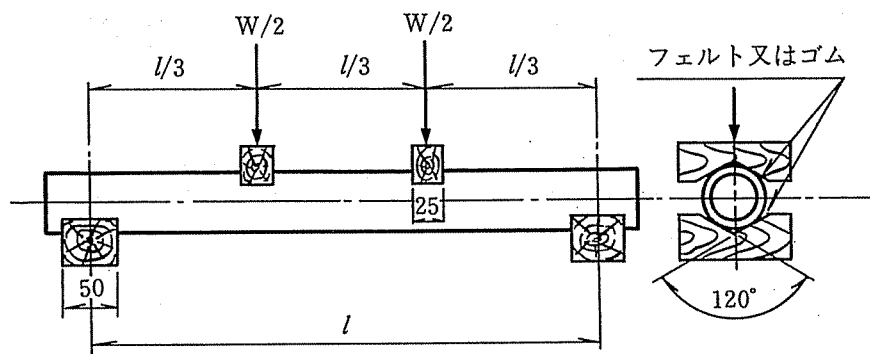


図11.3 曲げ試験要領

表11.9 曲げ試験結果

管路名	Ⓐ			Ⓓ		
破壊荷重 W	8,580kgf			10,590kgf		
支持スパン l	210cm			180cm		
破壊面の内径 D_1	上下 30.10	左右 30.08	平均 30.09cm	上下 25.20	左右 25.16	平均 25.18cm
破壊面の外径 D_2	35.57	35.50	35.54cm	29.85	29.70	29.78cm
曲げ強度 y_1	140kgf/cm ²			251kgf/cm ²		

・曲げ強度の計算

$$y_1 = M/Z = (Wl/6) \times (32/\pi) \times D_2 / (D_2^4 - D_1^4)$$

y_1 : 曲げ強度 (kgf/cm²)

M : 曲げモーメント (kgf-cm)

Z : 断面係数 (cm³)

W : 破壊荷重 (kgf)

l : 支持スパン (cm)

D_2 : 管外径 (cm)

D_1 : 管内径 (cm)

b) 水圧破裂試験結果

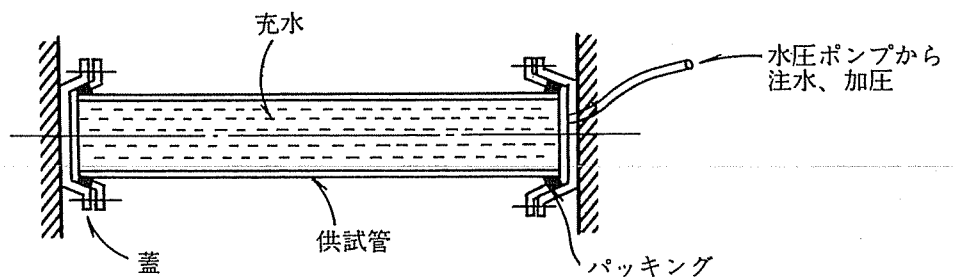


図11.4 水圧破裂試験要領

表11.10 水圧破裂試験結果

管 路 名	Ⓐ				Ⓓ		
破 裂 水 圧 P	24.5 kgf/cm ²				44.0 kgf/cm ²		
端面の内径D ₁	1	上下 30.11	左右 30.10	平均 30.07cm	上下 25.15	左右 25.20	平均 25.22cm
	2	30.02	30.05		25.25	25.27	
破裂面の最小管厚 t	2.72 cm				2.35 cm		
引 張 強 度 y ₂	135 kgf/cm ²				236 kgf/cm ²		

・引張強度の計算

$$y_2 = PD_1 / 2t$$

y₂ : 引張強度 (kgf/cm²)

P : 破裂水圧 (kgf/cm²)

D₁ : 管 内 径 (cm)

t : 最小管厚 (cm)

c) 環片圧壊試験結果

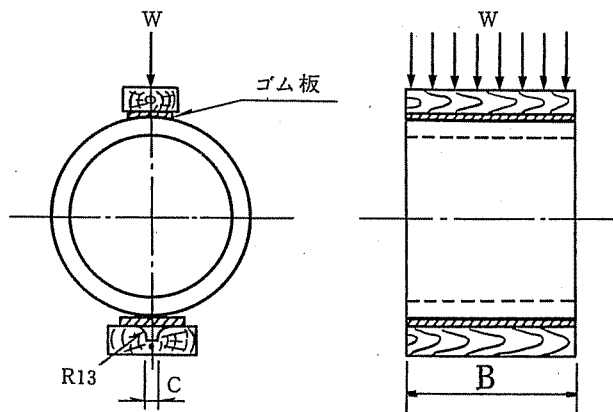


図11.5 環片圧壊試験要領

表11.11 環片圧壊試験結果

管 路 名	Ⓐ					Ⓓ					
圧 壊 荷 重 W	2,610 kgf					3,480 kgf					
内 径 D ₁	上下 30.12	左右 30.11	平均 30.12cm			上下 25.12	左右 25.16	平均 25.14cm			
管 厚 T	1	上2.77	右2.75	下2.70	左2.73	平均 2.71cm	上2.35	右2.40	下2.37	左2.38	平均 2.39cm
	2	2.69	2.70	2.68	2.66		2.40	2.39	2.41	2.44	
環 片 長 さ B	30.2	30.1	30.0	30.1	30.1cm	30.1	30.1	30.0	30.0	30.1cm	
破壊面の最小管厚 t	2.66 cm					2.35 cm					
圧 壊 強 度 y ₃	384 kgf/cm ²					550 kgf/cm ²					

・ 圧壊強度の計算

$$y_3 = 0.955 W(D_1 + T) / (t^2 B)$$

y_3 : 圧壊強度 (kgf/cm²)

W : 圧壊荷重 (kgf)

D_1 : 管内径 (cm)

T : 平均管厚 (cm)

t : 破壊面の最小管厚 (cm)

B : 環片長さ (cm)

d) 老朽度ランク区分

9.1節に示した通り。

表11.12 管体強度試験の老朽度ランク区分

老朽度 ランク	曲げ強度 y_1 (kgf/cm ²)	引張強度 y_2 (kgf/cm ²)	圧壊強度 y_3 (kgf/cm ²)
I	$125 > y_1$	$115 > y_2$	$250 > y_3$
II	$190 > y_1 \geq 125$	$170 > y_2 \geq 115$	$375 > y_3 \geq 250$
III	$250 > y_1 \geq 190$	$225 > y_2 \geq 170$	$500 > y_3 \geq 375$
IV	$y_1 \geq 250$	$y_2 \geq 225$	$y_3 \geq 500$

e) 老朽度ランク

表11.9～表11.11の強度を表11.12に当てはめ、老朽度ランクを求める。管路としての老朽度ランクは、曲げ、引張、圧壊の老朽度ランクのうち、老朽度が最も高いランクを選ぶ。

表11.13 診断結果

管路名または 管路 No.	老 朽 度 ラ ン ク			
	曲げ強度	引張強度	圧壊強度	管 路 の 老朽度ランク
Ⓐ	II	II	III	II
Ⓓ	IV	IV	IV	IV

9) 総合判定

第1次判定と管体診断法の結果、すなわち表11.8と表11.13を見ると、管路④は第1次判定が老朽度ランクⅢ、管体診断法が老朽度ランクⅡとなっているので、管体診断法の結果を採用し、老朽度ランクⅡとなる。

一方、管路⑤は第1次判定は老朽度ランクⅡ、管体診断法ではⅣとなり、両者に2ランクの開きがある。従って、10章に示すようにもう一度、別の区間、ここでは管路⑥を選び、管体診断法を適用する。

その結果を表11.14～表11.16に示す。

表11.14 曲げ試験（2回目）結果

管 路 名	⑥		
破 壊 荷 重 W	710 kgf		
支 持 ス パ ン l	190 cm		
破 壊 面 の 内 径 D ₁	上下 10.10	左右 10.05	平均 10.08cm
破 壊 面 の 外 径 D ₂	12.50	12.49	12.50cm
曲 げ 強 度 y ₁	203 kgf/cm ²		

表11.15 水圧破裂試験（2回目）結果

管 路 名	⑥			
破 裂 水 圧 P	43.0 kgf/cm ²			
端 面 の 内 径 D ₁	1	上下 10.10	左右 10.11	平均 10.10cm
	2	10.08	10.12	
破 裂 面 の 最 小 管 厚 t	1.24cm			
引 張 強 度 y ₂	175 kgf/cm ²			

表11.16 環片圧壊試験（2回目）結果

管 路 名	⑥					
圧 壊 荷 重 W	2,110 kgf					
内 径 D ₁	上下 10.12		左右 10.11		平均 10.12cm	
管 厚 T	1	上 1.22	右 1.25	下 1.26	左 1.24	平均 1.24cm
	2	1.20	1.25	1.23	1.24	
環 片 長 さ B	30.1	30.1	30.2	30.1	30.1 cm	
破 壊 面 の 最 小 管 厚 t	1.22cm					
圧 壊 強 度 y ₃	511 kgf/cm ²					

これから管路⑤の老朽度は表11.17のようになる。

表11.17 診断結果

管路名または 管路 No.	老 朽 度 ラ ン ク			管 路 の 老朽度ランク
	曲げ強度	引張強度	圧壊強度	
⑤	III	III	IV	III

この結果と第1次判定から管路⑤の老朽度ランクは管体診断法の結果を採用してIIIとなる。

以上をまとめると最終の老朽度ランクは次のようになる。

表11.18 最終の老朽度ランク

管路名	老朽度ランク
①	II
②	III
③	I
④	IV
⑤	III

12. 診断シートの例

参考のために各診断法毎の診断シートのスタイルの例を示す。もちろん、各事業体毎に独自のものを作成することは自由である。また関連する資料を添付して保存することも有効である。

危険度推定法による石綿セメント管診断シート

1. 事故率 (件/km/年)

各管路毎の過去の事故率は次の通りである。

表1 事故率

管路名または 管路 No.	呼び径 (mm)	管路延長 (km)	調査期間 (年)	事故件数 (件)	事故率 (件/km/年)
1					
2					
⋮					

2. 老朽度ランク区分

表2 老朽度ランク区分

老朽度 ランク	事故率 a (件/km/年)				
	呼び径 50mm	75mm	100mm	125・150mm	200mm以上
I	$a \geq 8.3$	$a \geq 3.7$	$a \geq 3.0$	$a \geq 1.7$	$a \geq 1.3$
II	$8.3 > a \geq 3.3$	$3.7 > a \geq 2.3$	$3.0 > a \geq 1.6$	$1.7 > a \geq 0.7$	$1.3 > a \geq 0.4$
III	$3.3 > a > 0$	$2.3 > a > 0$	$1.6 > a > 0$	$0.7 > a > 0$	$0.4 > a > 0$
IV	0	0	0	0	0

3. 老朽度ランク

表1の事故率を表2に当てはめると次のようになる。

表3 診断結果

管路名または管路No.	老朽度ランク
1	
2	
⋮	

以上

強度推定法による石綿セメント管診断シート

1. 使用条件

表1 使用条件

管路名 又は 管路 No.	呼び径 (mm)	使用年数 (年)	水道水の pH値	水道水の ランゲリア 指 数	水道水の 残留塩素 (mg/l)	土壌の 含水比 (%)	土壌のレド ックス電位 (mV)
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7
1							
2							
⋮							

2. 強度推定式

(財)水道管路技術センター「水道用石綿セメント管診断マニュアル」の式を用いる。

〔曲げ強度〕

$$y_1 = 0.43x_1 - 1.93x_2 + 14.21x_3 - 0.67x_6 + 81.9 \quad \dots\dots\dots \text{式 1}$$

- y_1 : 曲げ強度 (kgf/cm²)
- x_1 : 呼び径 (mm)
- x_2 : 使用年数 (年)
- x_3 : 水道水のpH値
- x_6 : 土壌の含水比 (%)

〔引張強度〕

$$y_2 = 0.62x_1 - 4.57x_2 + 23.09x_3 - 15.05x_4 + 10.65x_5 - 0.18x_6 + 50.5 \quad \dots\dots\dots \text{式 2}$$

- y_2 : 引張強度 (kgf/cm²)
- x_1 : 呼び径 (mm)
- x_2 : 使用年数 (年)
- x_3 : 水道水のpH値
- x_4 : 水道水のランゲリア指数
- x_5 : 水道水の残留塩素濃度 (mg/l)
- x_6 : 土壌の含水比 (%)

〔圧壊強度〕

$$y_3 = -9.75x_2 + 67.96x_3 - 34.00x_4 - 0.74x_6 - 0.21x_7 + 326.4$$

..... 式 3

- y_3 : 圧壊強度 (kgf/cm²)
- x_2 : 使用年数 (年)
- x_3 : 水道水のpH値
- x_4 : 水道水のランゲリア指数
- x_6 : 土壌の含水比 (%)
- x_7 : 土壌のレドックス電位 (mV)

3. 老朽度ランク区分

表2 老朽度ランク区分

老朽度 ランク	曲げ強度 y_1 (kgf/cm ²)	引張強度 y_2 (kgf/cm ²)	圧壊強度 y_3 (kgf/cm ²)
I	$125 > y_1$	$115 > y_2$	$250 > y_3$
II	$190 > y_1 \geq 125$	$170 > y_2 \geq 115$	$375 > y_3 \geq 250$
III	$250 > y_1 \geq 190$	$225 > y_2 \geq 170$	$500 > y_3 \geq 375$
IV	$y_1 \geq 250$	$y_2 \geq 225$	$y_3 \geq 500$

4. 老朽度ランク

表3 診断結果

管路名 または 管路 No.	曲げ強度		引張強度		圧壊強度		管路の 老朽度 ランク
	y_1 (kgf/cm ²)	老朽度 ランク	y_2 (kgf/cm ²)	老朽度 ランク	y_3 (kgf/cm ²)	老朽度 ランク	
1							
2							
3							
4							
⋮							

以上

管体強度試験による石綿セメント管診断シート

1. 管路名または管路No.

2. 曲げ試験結果

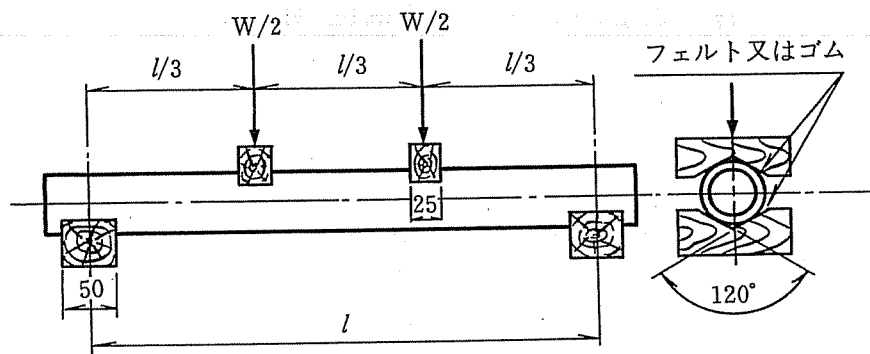


表1 曲げ試験結果

破壊荷重 W				kgf
支持スパン l				cm
破壊面の内径 D ₁	上下	左右	平均	cm
破壊面の外径 D ₂				cm
曲げ強度 y ₁				kgf/cm ²

・ 曲げ強度の計算

$$y_1 = M/Z = (Wl/6) \times (32/\pi) \times D_2 / (D_2^4 - D_1^4)$$

y₁: 曲げ強度 (kgf/cm²)

M: 曲げモーメント (kgf-cm)

Z: 断面係数 (cm³)

W: 破壊荷重 (kgf)

l: 支持スパン (cm)

D₂: 管外径 (cm)

D₁: 管内径 (cm)

3. 水圧破裂試験結果

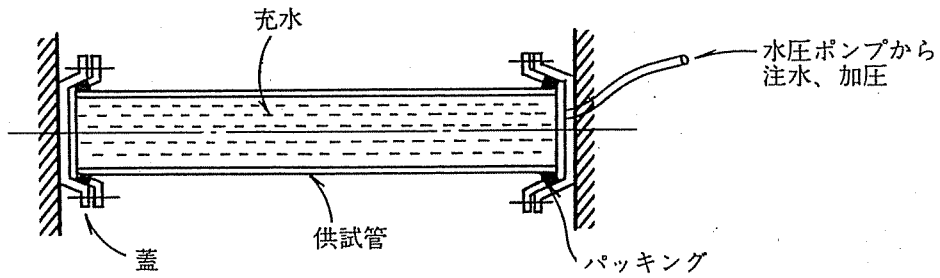


表2 水圧破裂試験結果

破 裂 水 圧 P		kgf/cm ²		
端面の内径 D ₁	1	上下	左右	平均
	2			
破裂面の最小管厚 t		cm		
引 張 強 度 y ₂		kgf/cm ²		

・ 引張強度の計算

$$y_2 = PD_1 / 2t$$

y₂ : 引張強度 (kgf/cm²)

P : 破裂水圧 (kgf/cm²)

D₁ : 管 内 径 (cm)

t : 最小管厚 (cm)

4. 環片圧壊試験結果

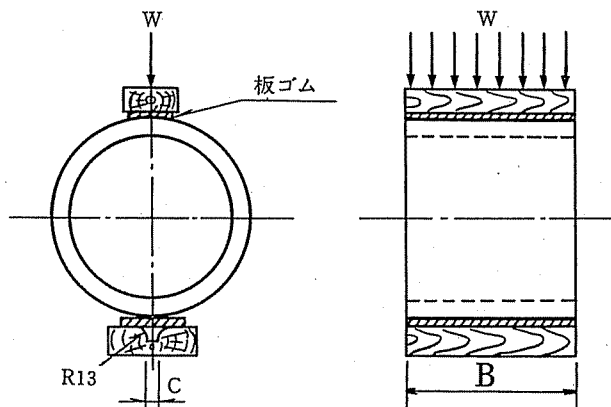


表3 環片圧壊試験結果

圧壊荷重 W							kgf
内径 D ₁	上下		左右		平均		cm
管厚 T	1	上	右	下	左	平均	cm
	2						
環片長さ B							cm
破壊面の最小管厚 t							cm
圧壊強度 y ₃							kgf/cm ²

・圧壊強度の計算

$$y_3 = 0.955 W(D_1 + T) / (t^2 B)$$

y₃ : 圧壊強度 (kgf/cm²)

W : 圧壊荷重 (kgf)

D₁ : 管内径 (cm)

T : 平均管厚 (cm)

t : 破壊面の最小管厚 (cm)

B : 環片長さ (cm)

5. 老朽度ランク区分

表4 老朽度ランク区分

老朽度 ランク	曲げ強度 y ₁ (kgf/cm ²)	引張強度 y ₂ (kgf/cm ²)	圧壊強度 y ₃ (kgf/cm ²)
I	125 > y ₁	115 > y ₂	250 > y ₃
II	190 > y ₁ ≥ 125	170 > y ₂ ≥ 115	375 > y ₃ ≥ 250
III	250 > y ₁ ≥ 190	225 > y ₂ ≥ 170	500 > y ₃ ≥ 375
IV	y ₁ ≥ 250	y ₂ ≥ 225	y ₃ ≥ 500

6. 老朽度ランク

表5 診断結果

管路名または 管路 No.	老朽度ランク			
	曲げ強度	引張強度	圧壊強度	管路の 老朽度ランク

以上

フェノールフタレイン溶液による石綿セメント管診断シート

1. 管路名または管路No.

2. フェノールフタレイン溶液による中性化判定

1) 中性化判定断面のスケッチ



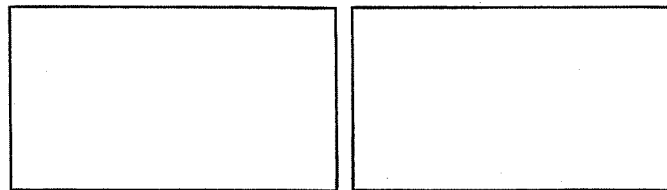
[現尺 (縮尺1/1) 表示
が良い。]



平均中性化率

%

2) 写真



3. 老朽度ランク区分

表1 老朽度ランク区分

老朽度ランク	中性化率 x (%)
I	$x \geq 50$
II	$50 > x \geq 25$
III	$25 > x \geq 10$
IV	$10 > x$

4. 老朽度ランク

表2 診断結果

管路名または管路No.	老朽度ランク
<input type="text"/>	<input type="text"/>

以上

比重および吸水率による石綿セメント管診断シート

1. 管路名または管路No.

2. 比重および吸水率の測定結果

表1 測定結果

試料の重量	W_s	g
試料の水中重量	W_w	g
乾燥後の試料の重量	W_D	g
表乾比重	D_s	
絶乾比重	D_D	
吸水率	Q	%

$$\text{表乾比重} : D_s = \frac{W_s}{W_s - W_w}$$

$$\text{絶乾比重} : D_D = \frac{W_D}{W_s - W_w}$$

$$\text{吸水率} : Q = \frac{W_s - W_D}{W_D} \times 100 (\%)$$

3. 老朽度ランク区分

表2 老朽度ランク区分

老朽度ランク	表乾比重 D_s	絶乾比重 D_D	吸水率 Q (%)
I	$1.8 > D_s$	$1.3 > D_D$	$Q \geq 40$
II	$1.9 > D_s \geq 1.8$	$1.5 > D_D \geq 1.3$	$40 > Q \geq 30$
III	$2.0 > D_s \geq 1.9$	$1.7 > D_D \geq 1.5$	$30 > Q \geq 20$
IV	$D_s \geq 2.0$	$D_D \geq 1.7$	$20 > Q$

4. 老朽度ランク

表3 診断結果

管路名または 管路 No.	老 朽 度 ラ ン ク			
	表乾比重	絶乾比重	吸水率	管 路 の 老朽度ランク

以上

γ線による石綿セメント管診断シート

1. 管路名または管路No.

2. 健全部管厚測定結果等

表1 健全部管厚

(単位: mm)

	軸方向位置①	②	③	④	⑤	⑥
円周方向位置 1						
" 2						
" 3						
" 4						

平均又は代表健全部管厚 mm

(代表健全部管厚とは全測定値を単純に平均するのではなく、ある意図の基に抜粋したデータ (例えば劣化が激しいカ所のみ選ぶ等) の平均値をいう。)

$$t = \frac{\text{平均又は代表健全部管厚} \quad \boxed{} \text{ mm}}{\text{規格管厚} \quad \boxed{} \text{ mm}} = \boxed{}$$

3. 老朽度ランク区分

表2 老朽度ランク区分

老朽度ランク	健全部管厚/規格管厚 t
I	$0.50 > t$
II	$0.75 > t \geq 0.50$
III	$0.90 > t \geq 0.75$
IV	$t \geq 0.90$

4. 老朽度ランク

表3 診断結果

管路名または管路No.	老朽度ランク

以上

〈付〉 管路更新が必要となった場合の新管の管種選定

最終的に総合評価で更新優先順位が高いと判定された管路は新管による管路更新が必要となる。

1) 新管の管種

石綿セメント管の布設替えのための新管の管種としては一般にはダクタイル管、硬質塩化ビニル管、および鋼管が挙げられる。

このうち、どの管種を選ぶかの明確な基準のようなものはないが、少なくとも、次の項目を十分検討すべきである。

a) 各管種の基本的性能、特性、過去の事故率等

主なデータを2) 項以降に示す。

b) 付加価値の向上

単に石綿セメント管の取り替えというだけでなく、より耐震性を向上させるとか、より軟弱地盤に耐えられるとか、あるいは各事業体または各管路毎に要求される新機能を考慮し、付加価値が高まる管路として計画することが望ましい。

c) 経済性

建設費のみならず、耐用年数〔6) 項参照〕、維持管理費を含めて検討すべきである。

2) 各管種の基本的性能

付表1に示す通りである。

付表1 各管種の基本的性能

	ダクタイル管		硬質塩化ビニル管		鋼管	
主な規格	JIS G 5526 ダクタイル鑄鉄管 JIS G 5527 ダクタイル鑄鉄異形管 JWWA G 113 水道用ダクタイル鑄鉄管 JWWA G 114 水道用ダクタイル鑄鉄異形管		JIS K 6742 水道用硬質塩化ビニル管 JIS K 6743 水道用硬質塩化ビニル管継手 JWWA K 127 水道用ゴム輪形硬質塩化ビニル管 JWWA K 128 水道用ゴム輪形硬質塩化ビニル管継手 JWWA K 118 水道用耐衝撃性硬質塩化ビニル管 JWWA K 119 水道用耐衝撃性硬質塩化ビニル管継手 JWWA K 129 水道用ゴム輪形耐衝撃性硬質塩化ビニル管 JWWA K 130 水道用ゴム輪形耐衝撃性硬質塩化ビニル管継手		JIS G 3443 水輸送用塗覆装鋼管 JIS G 3451 水輸送用塗覆装鋼管の異形管 JIS G 3469 ポリエチレン被覆鋼管 JWWA G 117 水道用塗覆装鋼管 JWWA G 118 水道用塗覆装鋼管の異形管 JWWA K 116 水道用硬質塩化ビニルライニング鋼管 JWWA K 132 水道用ポリエチレン粉体ライニング鋼管 JWWA K 133 水道用エポキシ樹脂粉体内外面コーティング鋼管	
引張強さ (kgf/mm ²)	JIS G 5526	42以上	JIS K 6742	5以上(15°C)	JIS G 3443	種類により 30~41以上
降伏点または耐力 (kgf/mm ²)	ISO 2531	30以上		-	"	種類により 22~23以上
伸び (%)	JIS G 5526	10以上		50~150	"	種類により 18~30以上
弾性係数 (kgf/mm ²)		1.6~1.7×10 ⁴		2.8~3.2×10 ²		2.1×10 ⁴
衝撃値 (kgf·m/cm ²)		アイゾット 6以上		シャルピー 0.07~0.1		シャルピー 15
ポアソン比		0.28~0.29		0.37		0.3
比重		7.15		1.43		7.85
硬さ		ブリネル 230以下		ロックウェルR 115		ブリネル 140
熱膨張係数 (1/°C)		1.0×10 ⁻⁵		6~8×10 ⁻⁵		1.1×10 ⁻⁵
継手の種類	JIS G 5526	A形、K形 T形、S II形 等	JIS K 6743 JWWA K 127	接着形 ゴム輪形		溶接 ねじ 等
継手限界伸縮代 (mm/継手1ヶ所)		A形、T形 φ75...31~38 φ150...33~38		ゴム輪形 φ75...65 φ150...72		溶接継手、 ねじ継手共 伸縮代なし
継手許容曲げ角度 (継手1ヶ所当り)		A形、T形 φ75...5° φ150...5°	JWWA K 127-128	ゴム輪形 φ75...4° φ150...4°		溶接継手、 ねじ継手共 曲がらない

3) 各管種の特性

付表2 各管種の長所・短所

材質別	長所	短所
ダクタイル 鑄鉄管	<ul style="list-style-type: none"> (1) 強度が大であり、耐久性がある。 (2) 強じん性に富み、衝撃に強い。 (3) 継手に伸縮可とう性があり、管が地盤の変動に追従できる。 (4) 施工性が良い。 (5) 継手の種類が豊富。 	<ul style="list-style-type: none"> (1) 重量が比較的重い。 (2) 継手の種類によっては、異形管防護を必要とする。 (3) 内外面の防食が損傷を受けると腐食しやすい。
硬質塩化 ビニル管	<ul style="list-style-type: none"> (1) 耐食性に優れている。 (2) 重量が軽く施工性がよい。 (3) 加工性がよい。 (4) 内面粗度に変化しない。 	<ul style="list-style-type: none"> (1) 低温時において耐衝撃性が低下する。 (2) 特定の有機溶剤および熱、紫外線に弱い。 (3) 長期的強度、疲労強度、クリープ強度に留意を要する。 (4) 表面に傷がつくと強度が低下する。 (5) 異形管防護を必要とする。 (6) 接着継手は、強度、水密性に注意を要する。
鋼管	<ul style="list-style-type: none"> (1) 強度が大であり、耐久性がある。 (2) 強じん性に富み、衝撃に強い。 (3) 溶接継手により、一体化ができ、地盤の変動には長大なラインとして追従できる。 (4) 加工性がよい。 (5) ライニングの種類が豊富。 	<ul style="list-style-type: none"> (1) 溶接継手は熟練工や特殊な工具を必要とする。 (2) 電食に対する配慮が必要である。 (3) 内外面の防食が損傷を受けると腐食しやすい。

ウォーター・リサーチ・センター（イギリス）「管種選定マニュアル」

付表3 各管種の長所・短所

管種	長所	短所	応性	
			適当	不適
ダクタイル管 〔・ポリエチレン管を被せる。・モルタルライニング〕	<p>(1) 機械的強度およびじん性大。 (2) 疲労強度大。 (3) 接合が容易。 (4) 継手は可とう性があり、変動を吸収する。 (5) ガス・有機汚染物質を浸透させない。 (6) 埋設管探知が容易。 (7) 漏水探知が容易。 (8) 補修方法が確立している。</p>	<p>(1) 内外面の防食が傷ついた時、腐食しやすい。 (2) 軟水の場合、pH値が高くなる可能性がある。 (3) 測量していない場合異形管まわりの配管工事が手間取ることがある。</p>	<p>(1) ポンプ圧送幹線 (2) 重交通道路下 (3) 地盤変動・沈下のあつる所 を含めて、ほとんどの所で使える。</p>	<p>(1) 腐食性が強い土壌。 (2) 腐食性が強い水。</p>
硬質塩化ビニル管	<p>(1) 耐食性大。 (2) 軽量である。 (3) 接合が容易。</p>	<p>(1) 衝撃に弱い。 (2) 不十分な配管工事の場合、その影響を受けやすい。 (3) 管の剛性によっては堅固な支持地盤での使用に限定される。 (4) 長期間、日光にさらされていると、紫外線劣化が生じる。</p>	<p>内圧、外圧による応力が小さい所に使える。</p>	<p>(1) ポンプ圧送幹線／ウォーターハンマが生じる管路。 (2) 重交通道路下。 (3) 地盤変動・沈下のあつる所。 (4) 汚染された地盤。</p>

<p>硬質塩化 ビニル管 (続き)</p>	<p>(5) ある種の有機汚染物質により浸透・劣化を受けやすい。 (6) 埋設管探知がむずかしい。 (7) 漏水探知が煩雑である。</p>	<p>(1) 溶接接合は技術・特別の装置が必要。 (2) 防食システムが損傷を受けた場合、腐食しやすい。 (3) 現場溶接部の防食措置が必要。 (4) 陰極防食は日頃の監視、メンテナンスが必要。 (5) 軟水の場合、pH値が高くなる可能性がある。 (6) 管の剛性によっては堅固な支持地盤での使用に限定される。</p>	<p>(1) ポンプ圧送幹線／ウォータハンマが生じる管路 (2) 重交道路下 (3) 有機溶剤等で汚染された地盤を含めて、ほとんどの所で使える。</p>	<p>(1) ある種の腐食性の強い水。 (2) 地盤変動・沈下が生じる場所で、低剛性の管を使うこと。</p>
<p>鋼 管 〔 ・陰極防食 ・重防食 ・モルタル ライニング 〕 グ</p>	<p>(1) 機械的強度および強じん性大。 (2) 疲労強度大。 (3) 可とう性大。 (4) 1本の管長が長いものが入手できる。 (5) 不平均力に対して、溶接構造で耐えられる。 (6) 埋設管探知が容易。 (7) ガス・有機汚染物質を浸透させない。 (8) 漏水探知が容易。</p>	<p>(1) 溶接接合は技術・特別の装置が必要。 (2) 防食システムが損傷を受けた場合、腐食しやすい。 (3) 現場溶接部の防食措置が必要。 (4) 陰極防食は日頃の監視、メンテナンスが必要。 (5) 軟水の場合、pH値が高くなる可能性がある。 (6) 管の剛性によっては堅固な支持地盤での使用に限定される。</p>	<p>(1) ポンプ圧送幹線／ウォータハンマが生じる管路 (2) 重交道路下 (3) 有機溶剤等で汚染された地盤を含めて、ほとんどの所で使える。</p>	<p>(1) ある種の腐食性の強い水。 (2) 地盤変動・沈下が生じる場所で、低剛性の管を使うこと。</p>

4) 各管種の平常時事故率

a) 厚生省：水道管路更新システム開発調査報告書

付表4 各管種の平常時事故率（昭和58～60年度、全国20事業体の集計）

管種	継手		管路数	延長 (km)	事故数 (件) (3年間)	事故率 (件/km) (3年間)	事故の種類別事故数					管種別 事故率 (件/km) (3年間)	管種別事故率 (件/km/年)	
							継手のゆるみ			亀裂	腐食			
							(1)	(2)	(3)					
石綿 セメント管	直管	異形管	283	39.62	37	0.934	1	1		35	0	1.21	0.40	
	CA	G												
	CS	CS	14	1.49	3	2.013	0	0		3	0			
	CS	G	1	0.07	0	0	0	0		0	0			
	G	G	515	80.33	107	1.332	24	2		81	0			
鑄鉄管	SO		2,701	439.22	416	0.947				62	338	16	0.74	0.25
	M		1,280	200.09	54	0.270				3	47	4		
ダクタイル管	SO		6	1.07	0	0				0	0	0	0.05	0.02
	M		5,026	740.06	37	0.050				4	32	1		
鋼管	SO		57	10.32	15	1.453				1	1	13	0.83	0.28
	W		79	11.67	0	0				0	0	0		
	SC		164	12.29	14	1.067				2	6	6		
硬質塩化 ビニル管	TS		184	30.75	45	1.463				40	5	0	1.48	0.49
	RR		3	0.36	1	2.777				0	1	0		

(注1) 継手の記号

管種	継手
石綿セメント管	CA 石綿セメント継手
	CS 鋼板製継手
	G 鑄鉄製継手(ギボルト)
鑄鉄管	SO ソケット継手(印ろう)
	M メカニカル継手
ダクタイル鑄鉄管	SO ソケット継手(印ろう)
	M メカニカル継手
鋼管	SO ソケット継手(印ろう)
	W 溶接継手
	SC ネジ込み式継手
硬質塩化ビニル管	TS 接着継手
	RR ゴム輪型継手

(注2) 継手のゆるみ

- (1)：石綿セメント管直管部
- (2)：石綿セメント管異形管部
- (3)：石綿セメント管以外

b) 川北和徳：配水管破損事故における季節変動の実態とその分析、水道協会雑誌、S.61.5

付表5 各管種の平常時事故率（東京都水道局の例）

（単位：件/km/年）

事故内容		年度		S56		S57		S58		3カ年平均	
		事故率		件数	事故率	件数	事故率	件数	事故率	件数	事故率
自然損・腐食・継手	鑄鉄管			1,101	0.0874	933	0.0730	1,207	0.0934	1,080.4	0.0846
	FCC			1,058	0.2067	896	0.1842	1,165	0.2544	1,039.7	0.2142
	FCM										
	FCD										
	鋼管			43	0.0057	37	0.0047	42	0.0050	40.7	0.0051
石綿管			63	0.2704	53	0.2284	50	0.2174	55.3	0.2387	
			188	0.3118	146	0.2561	165	0.3107	166.3	0.2928	
小計				1,352	0.1006	1,132	0.0834	1,422	0.1039	1,302.0	0.0959
その他	弁類・消火栓等			2,636	0.1961	2,199	0.1620	1,861	0.1360	2,232.0	0.1645
	他企業関連事故等			712	(0.0530)	639	(0.0471)	548	(0.0400)	633.0	(0.0467)
合計				4,700	(0.3497)	3,970	(0.2924)	3,831	(0.2799)	4,167.0	(0.3071)

（注1）事故率については、それぞれの年度末管路延長で計算した。他企業関連事故はそのときの他企業の工事量、東京という都市の特殊性によるところが多いため、関連するものを（ ）内に参考値として示した。

（注2）FCC：ソケット継手鑄鉄管

FCM：メカニカル継手鑄鉄管

FCD：ダクティル鑄鉄管（メカニカル継手及びT形継手）

c) 細井由彦 他：徳島市水道における配水管の破損特性に関する研究、
水道協会雑誌、S.63.8

付表6 各管種の平常時事故率（徳島市水道局の例）

（昭和57～61年度）（単位：件、件/km/年）

地 区	鑄 鉄 管		ダクタイル鑄鉄管		石 綿 管		ビニル管		鋼 管		合 計	
	件数	発生率	件数	発生率	件数	発生率	件数	発生率	件数	発生率	件数	発生率
1. 内 町	34	0.297	1	0.043	4	0.971	0	0.0	0	0.0	39	0.274
2. 昭 和	22	0.870	2	0.166	21	7.071	16	2.703	0	0.0	61	1.320
3. 東富田	31	0.398	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	31	0.265
4. 西富田	9	0.236	0	0.0	0	0.0	2	6.154	0	0.0	11	0.248
5. 新 町	14	0.349	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	14	0.275
6. 佐 古	14	0.340	1	0.043	0	0.0	0	0.0	0	0.0	15	0.213
7. 加 茂	1	0.121	1	0.012	0	0.0	7	0.613	0	0.0	9	0.088
8. 渭 北	23	0.389	0	0.0	0	0.0	13	2.359	0	0.0	36	0.290
9. 渭 東	10	0.152	0	0.0	0	0.0	14	1.274	0	0.0	24	0.239
10. 沖 州	5	0.393	1	0.013	0	0.0	16	1.540	0	0.0	22	0.224
11. 津 田	5	0.131	1	0.019	5	4.032	9	1.041	0	0.0	20	0.198
12. 八 万	4	0.300	2	0.016	6	2.290	13	1.224	1	0.257	26	0.164
13. 加茂名	1	0.041	1	0.013	1	1.399	10	1.337	0	0.0	13	0.115
14. 不 動	0	0.0	0	0.0	8	1.167	5	0.489	0	0.0	13	0.270
15. 応 神	0	0.0	1	0.013	37	0.337	5	0.778	0	0.0	43	0.222
16. 川 内	2	8.889	2	0.016	16	0.137	60	0.347	0	0.0	80	0.189
17. 勝 占	0	0.0	0	0.0	2	0.576	26	1.521	1	0.552	29	0.343
18. 多家良	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
19. 上八万	2	0.425	1	0.063	0	0.0	5	0.181	1	0.151	9	0.124
20. 入 田	3	28.04	0	0.0	5	0.354	3	0.045	0	0.0	11	0.125
21. 国 府	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
22. 南井上	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
23. 北井上	1	0.597	0	0.0	0	0.0	4	0.389	0	0.0	5	0.382
合 計	181	0.227	14	0.015	105	0.234	208	0.505	3	0.059	511	0.195

(注) 破損事故発生率は地区ごとの配水管布設延長で除した値である。

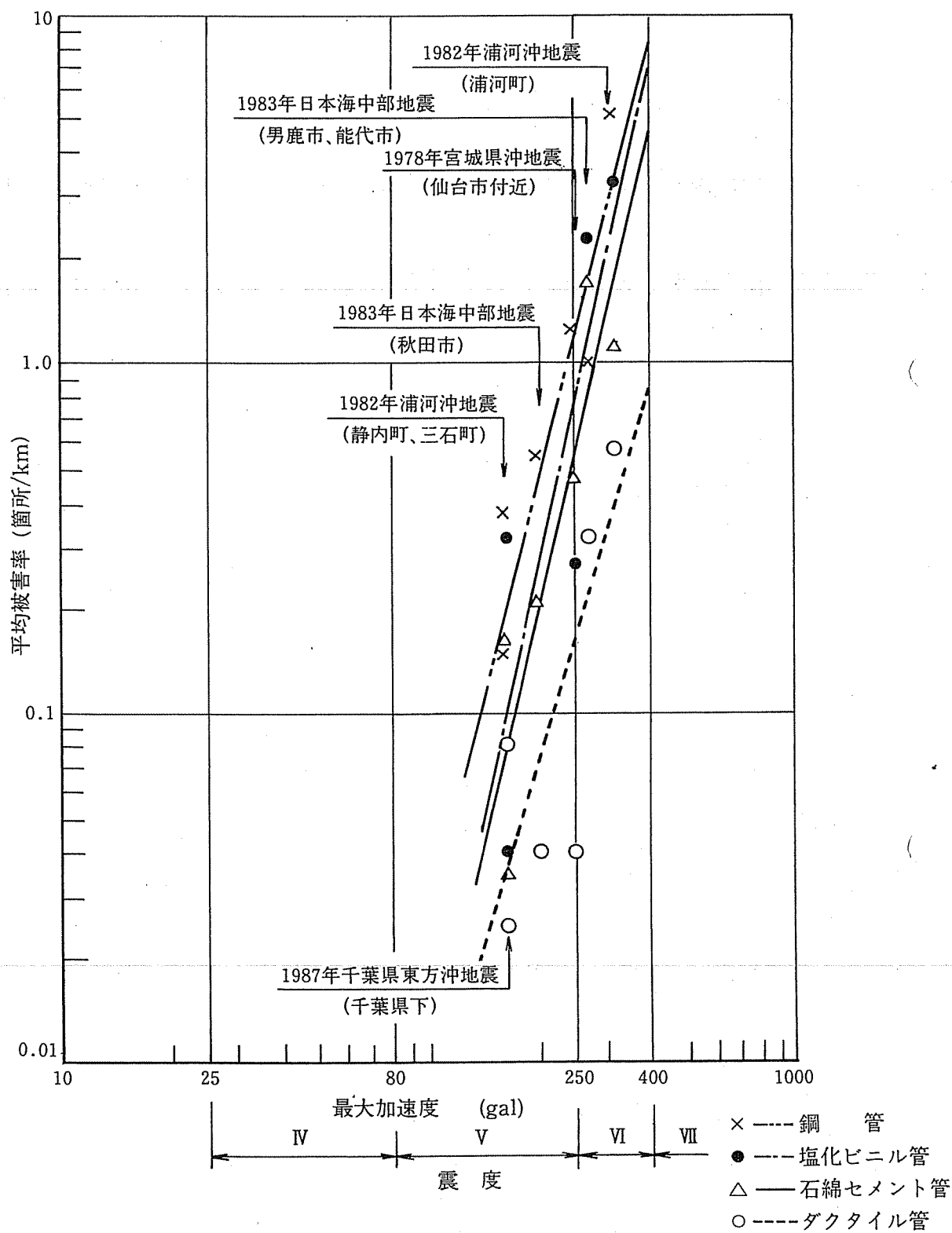
d) 細井由彦 他：配水管の破損特性に関する一考察、水道協会雑誌、
H.1.5

付表7 各管種の平常時事故率（全国の事業体の資料から抜粋）
（件/km/年）

地 区	鑄鉄管（鑄鉄管＋ ダクタイル鑄鉄管）	石 綿 管	ビ ニ ル 管
北海道	0.0621 (1)	0.6211 (1)	0.0351 (1)
東 北	0.0770 (3)	0.5002 (4)	0.8708 (2)
関 東	0.0350 (2)	0.3016 (3)	0.2391 (3)
中 部	0.0605 (1)	0.3488 (2)	0.1373 (1)
北 陸	0.0368 (3)	0.3868 (3)	0.2836 (2)
関 西	0.0607 (7)	0.4237 (7)	0.5509 (4)
中 国	0.1450 (2)	0.6860 (2)	0.2341 (2)
四 国	0.0460 (2)	0.1584 (2)	0.6467 (2)
九 州	0.1376 (2)	— (0)	— (0)
計	0.07026 (23)	0.4183 (24)	0.4214 (17)

(注) () 内はデータを得ることができた事業体数

5) 各管種の地震時事故率



付図1 地震動の大きさと各管種の平均被害率の関係

回 帰 式

$$\begin{aligned} \text{鋼} \quad \text{管} : y &= 1.7203 \times 10^{-10} \times A^{4.105} \\ & \quad (r=0.929) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{塩化ビニル管} : y &= 1.2386 \times 10^{-12} \times A^{4.915} \\ & \quad (r=0.844) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{石綿セメント管} : y &= 8.0921 \times 10^{-12} \times A^{4.516} \\ & \quad (r=0.899) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ダクタイル管} : y &= 4.2721 \times 10^{-11} \times A^{3.957} \\ & \quad (r=0.802) \end{aligned}$$

ここで、 y : 平均被害率 (箇所/km)

A : 最大加速度 (gal)

出典

鈴木 繁 (元宮城県衛生部環境衛生課技術補佐) : 1978年宮城県沖地震による水道施設の被害と教訓、水道協会雑誌、第542号、昭和54年11月。

黒地政美 (日本ダクタイル鉄管協会北海道支部長) : 1982年浦河沖地震による水道管路被害調査、ダクタイル鉄管協会誌、第33号、昭和57年10月。

土木学会東北支部 : 日本海中部地震報告、土木学会誌、1983年9月。

土質工学会関西支部 : 第1回斜面・ライフライン・地盤の被害 (1983年日本海中部地震)、昭和58年度講話会テキスト、昭和58年10月29日。

鎌田三郎 (秋田県環境衛生課課長補佐) : 日本海中部地震による水道施設の被害状況等について、ダクタイル鉄管協会誌、第35号、昭和58年10月。

千葉県企画部水政課 : 千葉県東方沖地震による水道施設の被害、ダクタイル鉄管協会誌、第44号、昭和63年5月。

6) 耐用年数

法定耐用年数は地方公営企業法施行規則に次のように定められている。

○地方公営企業法施行規則

(固定資産の減価償却の方法)

第七条 地方公営企業の有形固定資産の減価償却は、別表第二号に定める種類の区分ごとに定額法又は定率法によって行うものとし、無形固定資産の減価償却は、定額法によって行うものとする。

付表8 耐用年数

別表第二号 (第七条及び第八条関係)

有形固定資産の耐用年数

種類	構造又は用途	細目	耐用年数(年)
構築物	水道用又は工業用水道用のもの	取水設備	40
		導水設備	50
		浄水設備	60
		配水設備	60
		橋りょう	
		鉄筋コンクリート造のもの	60
		鉄骨造のもの	48
		木造のもの	18
		配水管	
		鋳鉄製のもの	40
		その他のもの	25
		配水管附属設備	30
		えん堤	
		鉄筋コンクリート造又はコンクリート造のもの	80
れんが造又は石造のもの	50		
土造のもの	40		
貯水池	30		
高架水そう			
鉄筋コンクリート造のもの	40		
金属造のもの	20		

これから法定耐用年数はダクタイル管の場合40年、硬質塩化ビニル管、鋼管の場合25年である。

参考資料 1

石綿セメント管診断法開発時の

試験・検討結果概要

1. 危険度推定法検討結果

1.1 事故率 (件/km/年) を基にした危険度推定法

「水道管路更新システム開発調査」(昭和58~60年度、厚生省)において行われた全国20事業体を対象としたアンケートの中の石綿セメント管についての事故率(参考図1.1)を基に、老朽度ランクを区分した。

データは事故件数が1件の管路が多く、2件以上の管路は比較的少なかった。事故件数1件の管路から算出される事故率は、かなりの偶発性も含まれた値と考える必要がある(管路長が2倍であったら事故は2件起きていたとは限らない)が、それについては考慮していない。

参考図1.1の・印が1つの管路を示す。図から、小口径管ほど事故率が高く、大口径になるに従い事故率は低くなる傾向が見られる。

この図の中の各呼び径毎のデータ数(管路数)を3等分すると図中の実線のようになる。

これから老朽度ランクを決めると参考表1.1のようになる。

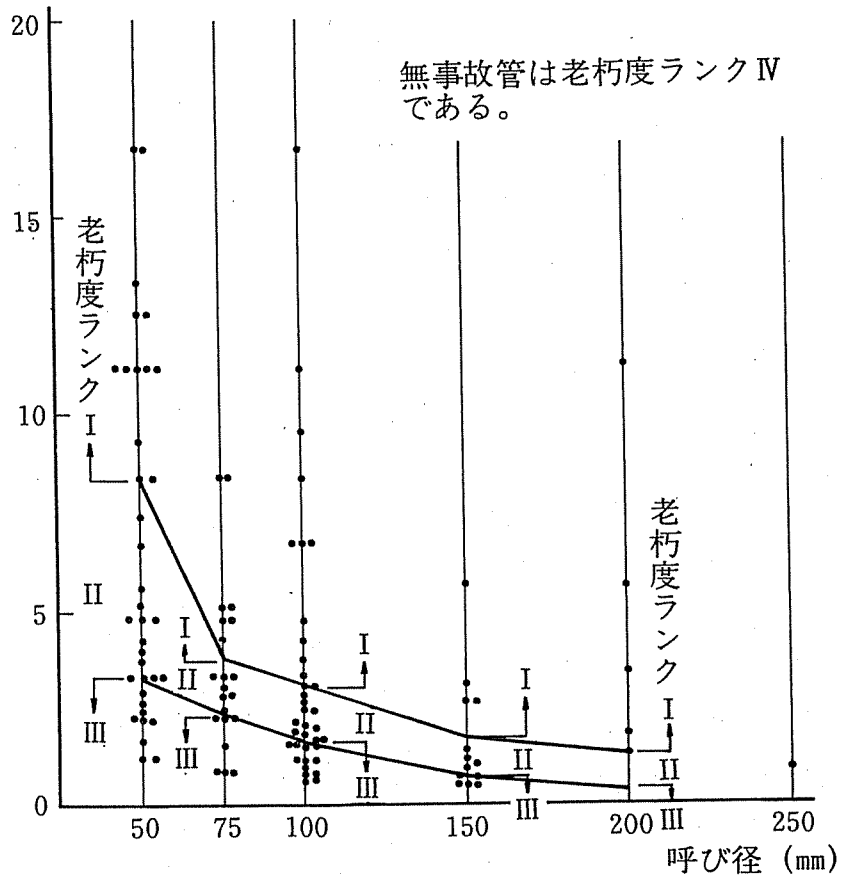
1.2 数量化理論II類による危険度推定法

「水道管路更新システム開発調査」(昭和58~60年度、厚生省)において作成された数量化理論II類による石綿セメント管評価モデルについて、ケース・スタディを行った。

1) 石綿セメント管評価モデル

数量化理論II類により作成された評価モデル、危険度ランクは参考表1.2の通りである。

事故率 (件/km/年)



参考図 1.1 事故率の分布 (石綿セメント管について)

参考表 1.1 老朽度ランク

老朽度 ランク	事 故 率 a (件/km/年)				
	呼び径 50mm	75mm	100mm	125・150mm	200mm以上
I	$a \geq 8.3$	$a \geq 3.7$	$a \geq 3.0$	$a \geq 1.7$	$a \geq 1.3$
II	$8.3 > a \geq 3.3$	$3.7 > a \geq 2.3$	$3.0 > a \geq 1.6$	$1.7 > a \geq 0.7$	$1.3 > a \geq 0.4$
III	$3.3 > a > 0$	$2.3 > a > 0$	$1.6 > a > 0$	$0.7 > a > 0$	$0.4 > a > 0$
IV	0	0	0	0	0

参考表 1.2 石綿セメント管評価モデル

アイテム	カテゴリー	スコア	レンジ	(事故あり)					(事故なし)						
				-2.0	-1.5	-1.0	-0.5	0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5		
口径 (mm)	50	-0.8665	2.2475												
	75	-0.8648													
	100~150	0.4229													
	200以上	1.3810													
地質	砂質土	-0.0614	2.0550												
	シルト	0.9788													
	粘性土	-0.2506													
	その他	-1.0762													
土被り (m)	0.9以下	-0.1876	0.2214												
	1.0以上	0.0338													
大型車 交通量	なし	0.1127	1.8130												
	軽交通	-0.1676													
	重交通	-1.7003													
最高水圧 (kgf/cm ²)	0~2.0	0.9793	2.5377												
	2.1~6.0	0.0498													
	6.1以上	-1.5584													
経過年	30年以上	-1.0511	1.6717												
	20~29年	-0.0750													
	10~19年	0.6206													

危険度ランク	サンプルスコア	事故発生確率 (%)
1	-1.9702未満	42.1
2	-1.9702~	31.6
3	-1.0263~	15.2
4	0.3163~	8.3
5	0.9292以上	7.0

参考表 1. 2 で事故発生確率とは次式で表わされる値である。

$$\text{事故発生確率} = \frac{A}{B} \times 100 (\%)$$

A : 該当するサンプルスコアの範囲で、実際に事故があった管路数

B : 該当するサンプルスコアの範囲にある管路数

参考表 1. 2 を使って行う診断手順は次の通り。

- a) 全アイテムのデータを収集する。
- b) 各アイテムの反応するカテゴリーのスコアを合計する。
- c) スコアの合計値 (サンプルスコア) から危険度ランクを判定する。
- d) 上位の危険度にランクされた管路から更新の対象とする。

2) ケース・スタディ

a) データの収集

次の 4 都市からデータの提供を受けた。

	給水人口	石綿管延長	石綿管 / 全管路
(i) 千葉県 K 市	26 万人	283 km	37%
(ii) // N 市	7	74	56
(iii) 埼玉県 F 市	9	134	74
(iv) // S 市	5	103	60

ケーススタディの対象管路は、次のすべてに該当する管路を選んだ。

- (i) 延長がある程度長い (100m 以上) 石綿セメント管路
- (ii) 過去の事故履歴が明確なもの
- (iii) 使用条件 (各アイテムのカテゴリー) が明確なもの
- (iv) 口径、地質、土被り、大型車交通量、最高水圧、経過年数のいずれもが同じ管路を 1 つの管路とし、どれかが異なる毎に別の管路とする。

事故件数については明らかに第三者に起因する事故は除き、管体、継手に生じた折損、縦割れ、漏水、腐食等を過去 5 ~ 10 年 (都市により異なる) にわたって調査した。

収集したデータ数は次の通り。

	調査管路総延長	管路数	事故管路数	事故件数
K市	22,690m	37	26	56
N市	3,340	10	3	3
F市	14,600	20	17	29
S市	9,520	10	10	15
計	50,150	77	56	103

77管路の事故件数の内訳は次のようであった。

事故件数 0件……21管路 1件……27管路 2件……20管路
 3件……6管路 4, 6, 8件……各1管路

b) サンプルスコアの計算

収集データを参考表1.2に当てはめ、サンプルスコアを計算した。
 また、1km当りの事故率も計算した。結果を参考図1.2に示す。また各
 サンプルスコア毎の平均事故率を参考図1.3に示す。

c) 検証

(i) 事故発生確率

危険度ランク毎の事故発生確率を収集データについて求めると参考表1.
 3のようになる。

参考表1.3 検証結果

危険度 ランク	サンプルスコア	事故発生 確率(%)	データ数
1	-1.9702 未満	75.0	4
2	-1.9702 ~	93.8	16
3	-1.0263 ~	72.2	36
4	0.3163 ~	83.3	6
5	0.9292 以上	46.7	15

参考表1.3から、危険度ランクが上位であるほど事故発生確率が高いと
 いうことは言えない。また参考表1.3の事故発生確率は参考表1.2の事故
 発生確率とかなり異なっている。

この理由はデータの収集方法に起因していると考えられる。

すなわち、今回のデータ収集はa)項に示した管路を対象に、データがそ
 ろっているものを選んだため、一定地域内の全管路を選ぶということになつ

ていない。

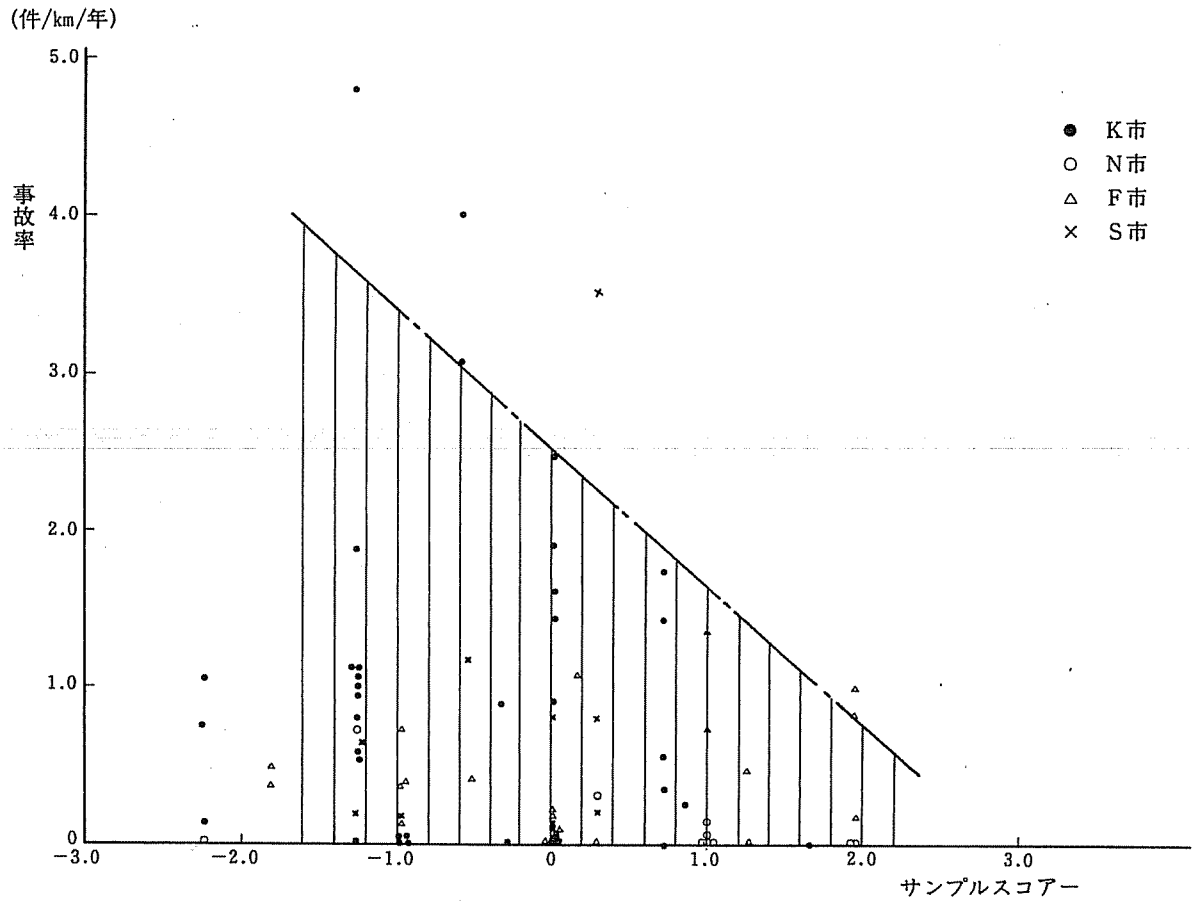
結果として事故管路数の比率が大きかった ($56/77=73\%$)。無事故管路のデータをもっと追加すれば参考表 1.3 の事故発生確率は下がって来ることになる。

(ii) 事故率 (件/km/年)

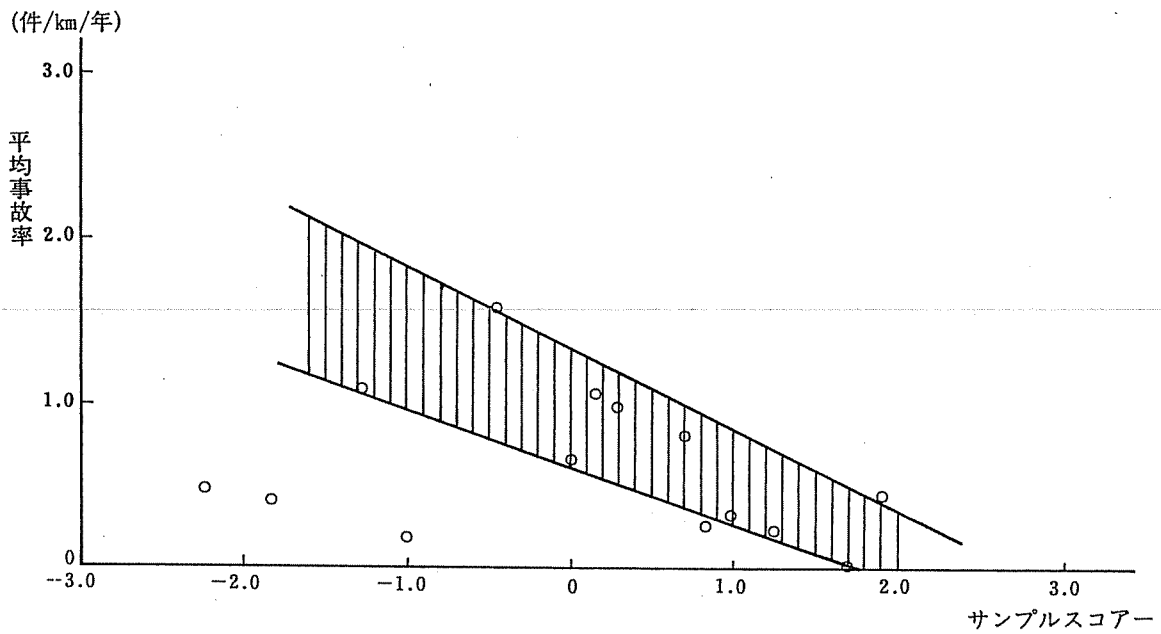
参考図 1.2 からサンプルスコアと事故率 (件/km/年) は一義的な関係は見出せず、ある範囲内で分布していると言える。参考図 1.2 および参考図 1.3 を見ると一部の特異データを除いておよそ図中のハッチングの範囲に分布している。すなわちサンプルスコアが小さくなるほど事故率 (件/km/年) が大きな範囲まで分布すると言える。

3) まとめ

以上のように、「水道管路更新システム開発調査報告書」に示されている事故発生確率を直接検証することはできなかったが、危険度ランクが上位であるほど 1 km 当り 1 年当りの事故率が大きな範囲まで分布することを確認できた。



参考図 1.2 事故率—サンプルスコア—の関係



参考図 1.3 平均事故率—サンプルスコア—の関係

1.3 経済面からの更新適正時期の推定

石綿セメント管の事故率・維持管理費と更新費用の比較から、更新適正時期を推定できないか検討した。

1) 更新適正時期の推定式

a) 基本式

Thomas M. Walski, "Replacement Rules for Water Mains", Journal AWWA Nov. 1987に示されている式を基にする。最終的な式は次の通りである。

$$5280rC_r = C_b J_0 \exp(bT) + C_w Q_0 \exp(aT) + C_d + C_v V_0 \exp(vT) \quad \dots\dots\dots \text{参考式 1.1}$$

5280：換算係数 1マイル=5,280フィート

r ：借入金の利率（割合/年）

C_r ：管路更新費用（\$/フィート）

C_b ：老朽管補修費用（\$/破損1カ所）

J_0 ：初年度の老朽管の破損率（破損カ所数/マイル/年）

b ：老朽管の年間破損増加率（割合/年）

T ：管路更新までの最適経過年数（年）

C_w ：漏水の損失費用（\$/100万ガロン）

Q_0 ：初年度の漏水量（100万ガロン/マイル/年）

a ：漏水の年間増加率（割合/年）

C_d ：漏水調査・補修費用（\$/マイル/年）

C_v ：老朽バルブ交換費用（\$/破損1個）

V_0 ：初年度の老朽バルブ破損率（破損個数/マイル/年）

v ：老朽バルブの年間破損増加率（割合/年）

b) 簡略式

参考式1.1に於て、漏水損失に関する費用、バルブに関するデータは把握が困難と思われるため一定の推定値とし、また補修費用、漏水調査費用以外の維持管理費（間接費、管理費等）を加える。管路長さはm、金額は円単位とする。

$$rC_r = C_b J_0 \exp(bT) + C_d + C_{wv} + C_m \quad \dots\dots\dots \text{参考式 1.2}$$

C_{wv} ：漏水損失費用+バルブ交換費用（円/m/年）

C_m ：補修費用，漏水調査費用以外の老朽管の
維持管理費用（円/m/年）

2) データの収集

参考式 1.2 に適用すべき数値を得るべく、4 事業者からデータの提供を受けた。

a) 管路更新費用 (Cr)

参考図 1.4 に取得データを示す。後述の試算では図中の代表値を用いる。

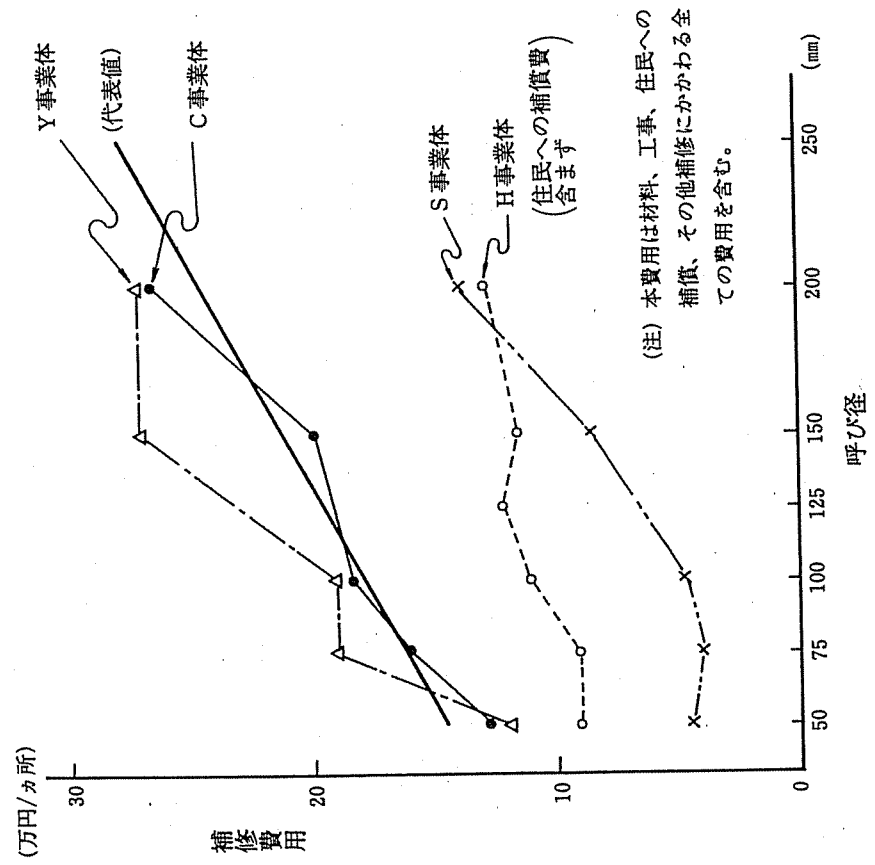
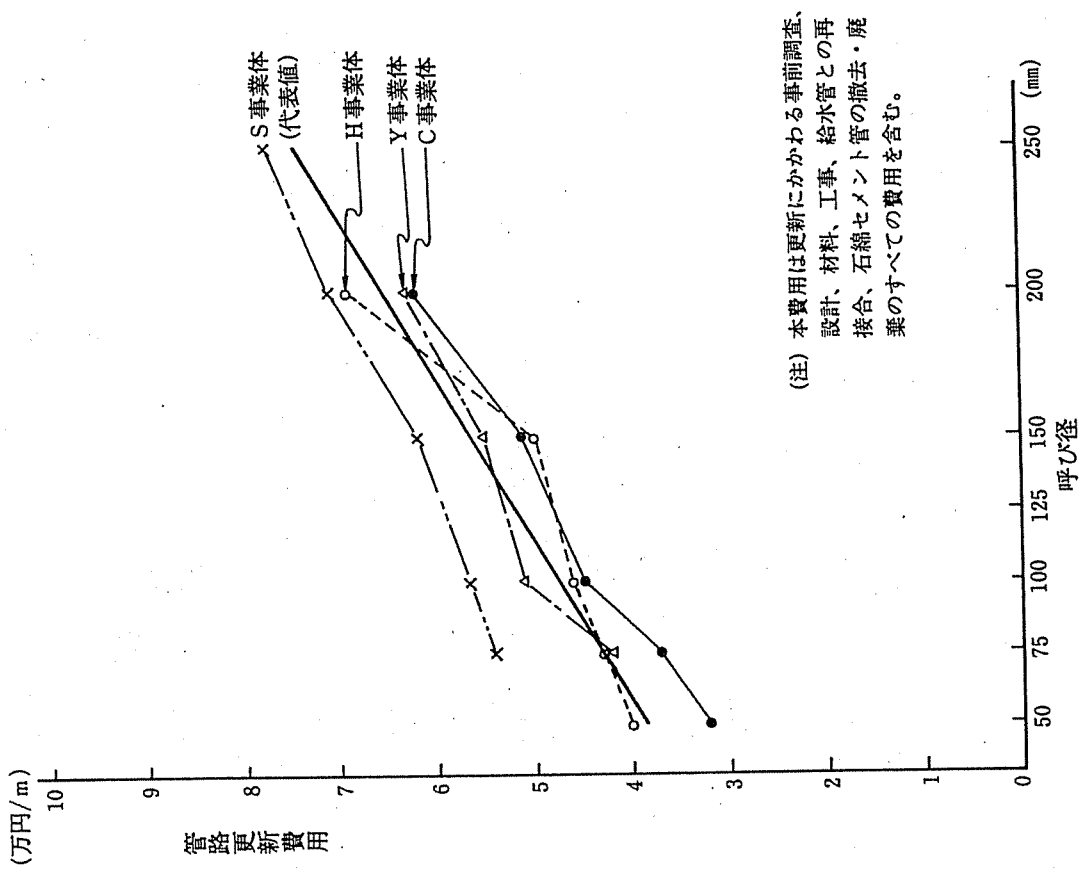
b) 石綿セメント管の補修費用 (Cb)

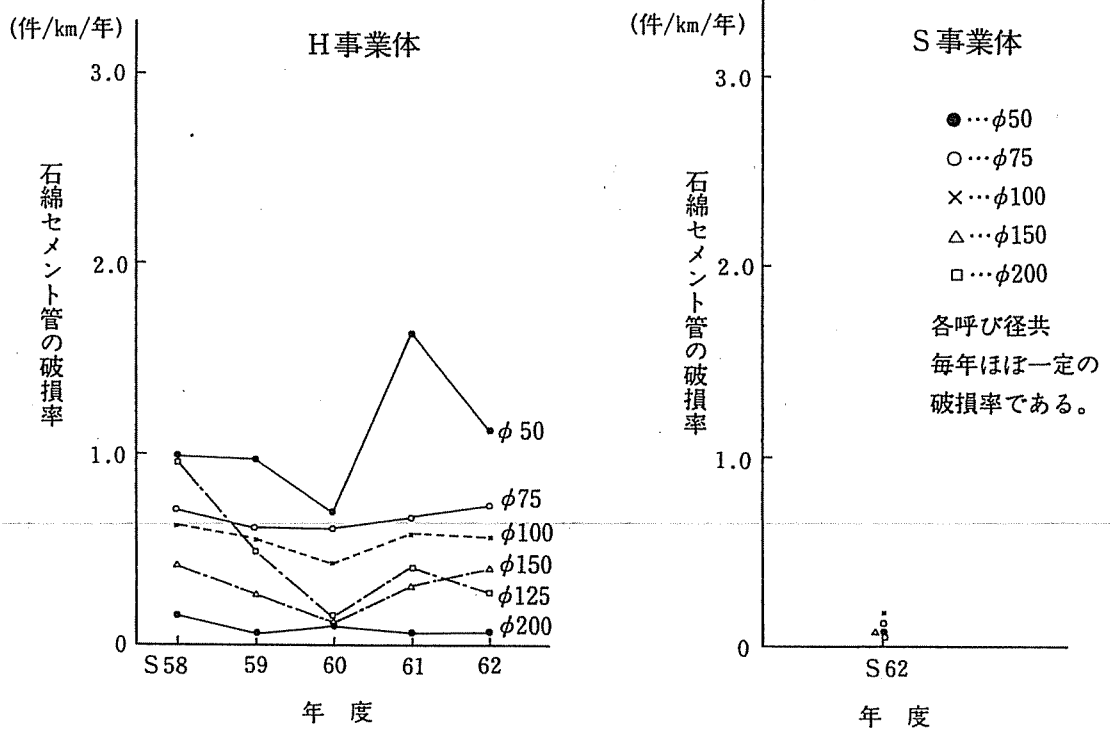
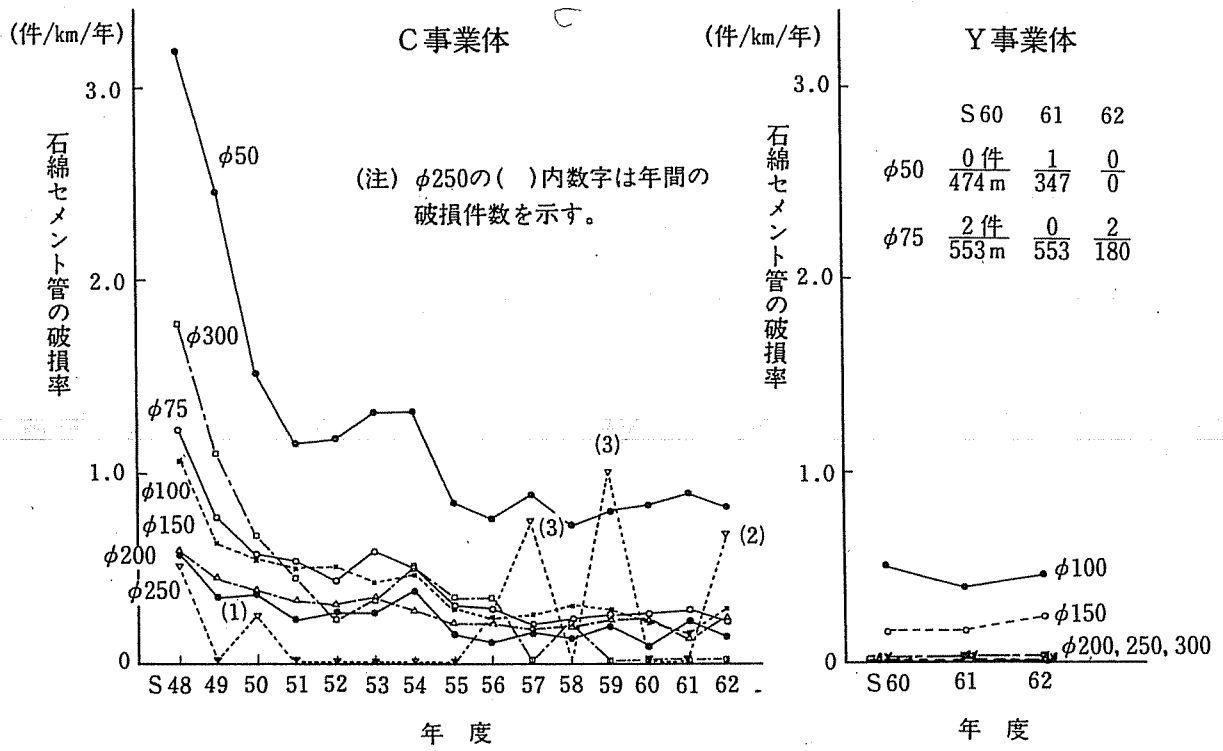
参考図 1.5 に取得データを示す。小さな補修も大きな補修もまとめて平均したため事業者によりバラツキが生じた。後述の試算では図中の代表値を用いる。

c) 石綿セメント管の破損率 (Jo)

参考図 1.6 に取得データを示す。図から各事業者、呼び径毎に破損率をまとめると参考表 1.4 のようになる。同表には、「水道管路更新システム開発調査」での 20 都市を対象とした調査結果も併記した。

後述の試算は厚生省の調査結果およびその 5 倍（事故が起きた管のみの平均破損率は無事故管を含めた平均破損率のおよそ 5 倍位というデータがある）、10 倍について行う。





参考図 1.6 石綿セメント管の破損率

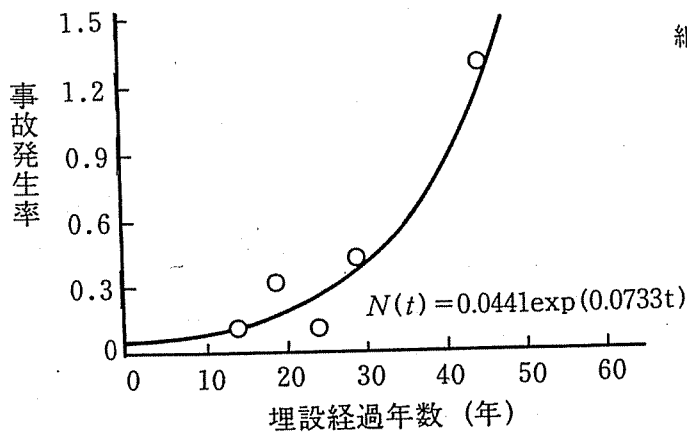
参考表 1.4 石綿セメント管の破損率 (件/km/年)

呼び径	C事業体	Y事業体	H事業体	S事業体	厚生省 (20都市調査)
φ 50	0.85	—	1.05	0.07	1.19
φ 75	0.27	—	0.70	0.12	0.41
φ 100	0.27	0.45	0.55	0.17	0.28
φ 125	—	—	0.35	—	0.28
φ 150	0.22	0.20	0.30	0.08	0.28
φ 200	0.16	0	0.06	0.06	0.20
φ 250	0	0	—	—	0.20

d) 石綿セメント管の年間破損増加率 (b)

- (i) 参考図 1.6 を見ると、4 事業体とも近年の破損率は低位で一定になっているが、これは、これらの事業体が石綿セメント管の更新を精力的に進めて来た結果であると考えられる。
- (ii) 他方、参考図 1.7 のようなデータも発表されている。

(件/km/年)



細井由彦他：「徳島市水道における配水管の破損特性に関する研究」水道協会雑誌 S63.8より

参考図 1.7 埋設経過年数と事故発生率 (石綿セメント管)

以上のことから、未だ石綿セメント管の更新が行われていない事業体、まだ緒についたばかりの事業体、あるいは更新が不十分な事業体を対象に考え年間破損増加率を 2~10% として試算する。

e) 漏水調査・補修費用、その他の維持管理費 (Cd+Cm)

参考表 1.5 に取得データを示す。後述の試算では 250 円/m/年を代表

値として用いる。

参考表 1.5 漏水調査・補修費用、その他の維持管理費

事業体	漏水調査・補修費用	その他の維持管理費	合計
C	56	36	92
Y	77	110	187
H	218	29	247
S	351	0	351

f) 漏水損失費用、バルブ交換費用 (C_{wv})

根拠となるべき確かな数字が無いので、ここでは e) 項と同じ 250円/m/年と仮定する。

g) 利率 (r)

起債年利率を参考にして $r = 0.048$ とする。

3) 試算

初年度の破損率を厚生省調査結果（無事故管を含めた平均事故率）を用いた場合、厚生省調査結果の 5 倍とした場合（これは、およそ事故管のみの平均事故率に相当する）、厚生省調査結果の 10 倍とした場合（前項の 2 倍）について試算した。

結果は参考表 1.6 ~ 1.8 の通りである。

参考表 1.6 初年度破損率に厚生省調査結果を用いた場合の更新適正時期

呼び径	更新適正時期 (T年後)				
	破損増加率 2%	4%	6%	8%	10%
φ 50	103年後	51	34	26	21
φ 75	158	79	53	40	32
φ 100	179	89	60	45	36
φ 125	180	90	60	45	36
φ 150	181	90	60	45	36
φ 200	199	100	66	50	40
φ 250	200	100	67	50	40

参考表 1.7 初年度破損率を厚生省調査結果の
5倍とした場合の更新適正時期

呼び径	更新適正時期 (T年後)				
	破損増加率 2%	4%	6%	8%	10%
φ 50	22年後	11	7	6	4
φ 75	78	39	26	19	16
φ 100	98	49	33	25	20
φ 125	99	50	33	25	20
φ 150	100	50	33	25	20
φ 200	119	59	40	30	24
φ 250	120	60	40	30	24

参考表 1.8 初年度破損率を厚生省調査結果の
10倍とした場合の更新適正時期

呼び径	更新適正時期 (T年後)				
	破損増加率 2%	4%	6%	8%	10%
φ 50	0年後	0	0	0	0
φ 75	43	22	14	11	9
φ 100	64	32	21	16	13
φ 125	65	32	22	16	13
φ 150	65	33	22	16	13
φ 200	84	42	28	21	17
φ 250	85	42	28	21	17

2. 強度推定法検討結果

2.1 試料の収集方法

参考表 2.1 に示す128事業体の協力を得、218本の供試管を収集した。

1) 供試管

供試管収集時の条件は次の通りであった。

- a) 管の呼び径は特に指定しない（結果的に50～250mmが集まった）。
- b) 管種（管厚）は特に指定しない。
- c) 塗装管は試験対象とし、鋼板巻き込み石綿セメント管は対象外とした（ただし、後述のように、塗装管は相関解析の対象からは除いた）。
- d) 曲げ試験の関係で管長は2 m以上を原則とした。
- e) 管掘り上げの時、埋設時の「管頂」の位置をペンキ等で管体に明示した。（強度試験の時、「管頂」が上になるように管をセットした。）
- f) 強度試験に影響するような傷のある管は除外した。
- g) 可能な場合、継手、継手付属品（ゴム輪、ボルト）も一緒に収集した。
- h) 1事業体複数本の場合は、1現場につき1本とし、同じ条件の現場から複数本は採らないようにした。

参考表 2.1 試料提供事業体、提供本数

No.	事業体名	本数	No.	事業体名	本数	No.	事業体名	本数	No.	事業体名	本数	事業体名	本数
1	天塩町	1	17	白河市	1	33	湖北企業団	1	49	草加市	2	事業体名	本数
2	北檜山町	1	18	水戸市	3	34	新利根村	1	50	春日部市	2		
3	釧路町	1	19	日立市	3	35	土浦市	1	51	飯能市	1		
4	青森市	1	20	下館市	1	36	石橋町	1	52	所沢市	2		
5	弘前市	3	21	結城市	2	37	高根沢町	1	53	埼玉県南企業団	2		
6	八戸圏域企業団	1	22	那珂湊市	1	38	南那須町	1	54	東松山市	4		
7	岩崎村	1	23	常陸太田市	2	39	馬頭町	1	55	桶川・北本企業団	1		
8	三厩村	1	24	勝田市	2	40	宇都宮市	2	56	久喜市	3		
9	秋田市	4	25	茨城町	1	41	塩谷町	1	57	江南町	1		
10	山形市	2	26	美野里町	1	42	壬王町	1	58	深谷市	1		
11	榎引町	1	27	友部町	1	43	栃木市	1	59	熊谷市	3		
12	米沢市	1	28	石下町	1	44	足利市	2	60	千葉県	30		
13	いわき市	1	29	大子町	1	45	新田町	1	61	柏市	3		
14	福島市	2	30	常北町	1	46	妙義町	1	62	八千代市	3		
15	郡山市	1	31	茨城県南企業団	1	47	嬬恋村	1	63	長生郡市広域	1		
16	須賀川市	1	32	関城町	1	48	川口市	4	64	大多喜町	4		

No.	事業体名	本数	No.	事業体名	本数	No.	事業体名	本数	No.	事業体名	本数	No.	事業体名	本数
65	館山	1	81	上田	1	97	新城	1	113	福岡	2			
66	松戸	1	82	伊那	1	98	大津	1	114	大牟田	1			
67	君津	2	83	須坂	1	99	高島	1	115	久留米	1			
68	我孫子	2	84	静岡	1	100	湖北	1	116	大野城	1			
69	流山	1	85	清水	2	101	温泉	1	117	宗像	1			
70	調布	3	86	富士	2	102	倉吉	1	118	直方	1			
71	三鷹	3	87	藤枝	1	103	日南	1	119	熊本	2			
72	新潟	3	88	焼津	2	104	会見	1	120	本渡	1			
73	長岡	2	89	名古屋	2	105	岸本	1	121	荒尾	1			
74	村上	2	90	春日井	1	106	米子	1	122	阿蘇	1			
75	上越	1	91	瀬戸	1	107	岡山	1	123	松橋	1			
76	新発田	1	92	半田	1	108	倉敷	1	124	長洲	2			
77	六日町	2	93	豊田	3	109	笠岡	1	125	大矢野	1			
78	珠洲	2	94	岡崎	1	110	高松	1	126	河内	1			
79	吉野谷村	1	95	豊橋	1	111	丸亀	1	127	大津菊陽企業団	1			
80	松本	1	96	豊川	1	112	坂出	1	128	宮崎	4			

2) 管内水、地下水

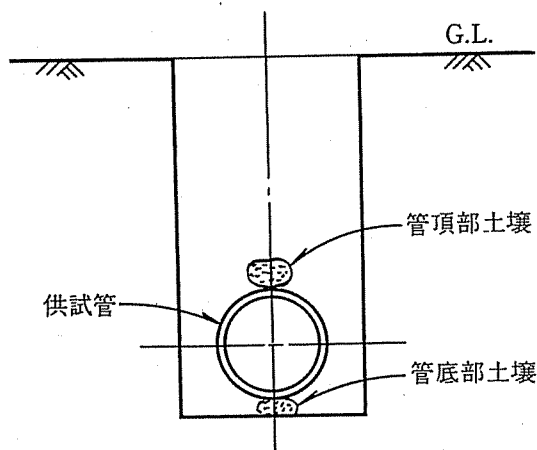
供試管付近の管内水、地下水を広口びんに泡が立たないように注ぎ、満水にし、空気が全く入らないようにして完全に密封した。水の量は1リットル以上、採水後3日以内に試験機関に到着するようにした。

ただし、供試管に影響すると思われる地下水が無い場合は、これを省略した。

3) 土壌

参考図2.1のように、供試管の管頂、管底に接触している部分の土壌を採取した。

土壌は、管頂部、管底部別々に2kg以上広口びんに入れ、密栓し、採取後1週間以内に試験機関に到着するようにした。(広口びんでなく、ポリエチレンシートに包んで送られて来たものもあった。)ただし、管頂部、管底部の土壌が(地下水の有無を含めて)目視でほとんど同じ場合は、どちらか1カ所からのみの採取とした。



参考図2.1 土壌の採取

2.2 使用条件の調査・試験方法

1) 事業体での調査

管呼び径、布設年、土被り、路面荷重、静水圧、衝水圧、管内水のpH値、管内水の残留塩素濃度、地下水のpH値、周囲の土質、継手の種類、継手の異常の有無をサンプル提供事業体で調査した。

2) 管内水・地下水の腐食性調査方法

a) 遊離炭酸濃度

上水試験方法により測定した。

b) ランゲリア指数

蒸発残留物、水温、カルシウム硬度、総アルカリ度を上水試験方法により測定し、次式により算出した。

ランゲリア指数 = 水のpH値 - pHs 参考式 2.1

$$\text{pHs} = (9.3 + \text{A値} + \text{B値}) - (\text{C値} + \text{D値})$$

A値：蒸発残留物の濃度により定まる値

B値：水温により定まる値

C値：カルシウム硬度により定まる値

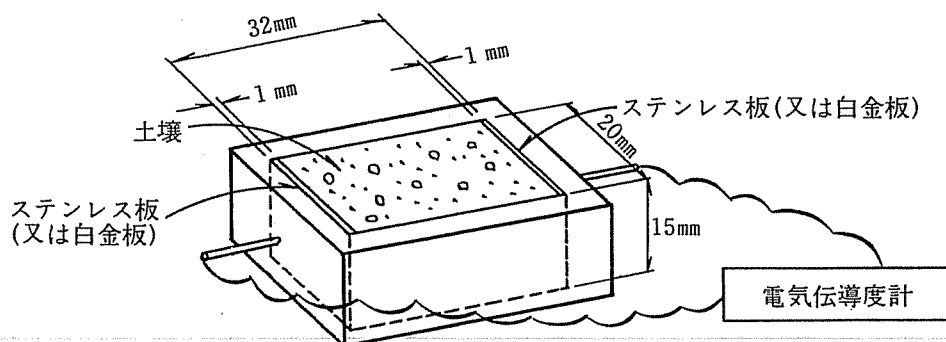
D値：総アルカリ度により定まる値

3) 土壌の腐食性調査方法

比抵抗、pH値、レドックス（酸化還元）電位、含水比、硫化物の有無を試験機関にて測定した。

a) 比抵抗

ソイルボックス（土壌抵抗箱）法により、①送付されたままの状態、②雨水あるいは地下水が浸透した場合を想定し、土壌を純水で飽和させた状態について電気伝導度計を用いて測定した。そして①②の比抵抗のうち、小さい方の値を採用した。



参考図 2.2 ソイルボックス

b) pH値

土壌を風乾した後、重量比 1 : 2.5 の割合で純水に浸漬し、30分以上、3時間以内放置し、その状態でpHメータを用いて測定した。

c) レドックス（酸化還元）電位

飽和塩化銀複合電極とレドックスメータ（電位差計）を用いて測定し、

メータ直読値を水素標準電極電位に換算した。

$$E_{redox} = E + C + E_{pH} \text{ (mV)} \quad \dots\dots\text{参考式 2.2}$$

E_{redox} : レドックス電位

E : メータ直読値

C : 温度換算値 (メータ取扱説明書による)

E_{pH} : pH値による補正值

d) 含水比

JIS A 1203 (土の含水量試験方法) により測定した。

すなわち、土壌を乾燥炉に入れ、110°C、5時間以上乾燥し、乾燥前後の重量差から含水比を求めた。

e) 硫化物の有無

試験管に土壌を入れ、ナトリウムアジドよう素液を注いだ。そして窒素ガス (小さな気泡) の発生状況により定性的に硫化物の有無を確認した。

2.3 管の強度試験方法

全供試験管についてJIS A 5301 (水道用石綿セメント管) の試験要領に準じて、曲げ試験、水圧破裂試験、環片圧壊試験を行った。なお、試験は使用条件下に近づけるため供試験管を48時間水中浸漬後、湿潤状態で行った。

また、強度試験後の残管を用いて、比重および吸水率の測定も行った。測定方法はJIS A 1110 (粗骨材の比重および吸水率試験方法) に準じた。

2.4 調査・試験結果

参考表 2.2 に全データを示す。同表に関し以下に補足説明する。

a) 地下水

現地で、地下水のpH値が測定されたにもかかわらず、地下水が送付されなかったものが6件あった。これを含め「地下水あり」は全部で34件であった (218件のうち)。

b) 土壌

土壌 1カ所分だけ送付された時は、参考表 2.2 の「管頂部土壌」、「管底部土壌」の項に同じデータを記入した。

管頂部、管底部の土壌の性状が異なる場合、解析にはそれらの平均値を用いた。

c) 強度の規格値

参考表 2.3 強度の規格値

単位kgf/cm²

規格・年 強度	水道協会規格 (S.14)	JIS 制定 (S.25)	JIS 第1回改正 (S.28)	JIS 第2回改正 (S.34)	JIS 第3回改正 (S.40)	JIS 第4回改正 (S.46)
曲げ強度	—	—	—	破壊強度 (250) 保証強度 (200)	保証強度 (230)	保証強度 250
引張強度	破壊強度 170	破壊強度 1種 140 2種 110	破壊強度 200	保証強度 (225)	保証強度 (225)	保証強度 225
圧壊強度	—	—	—	—	保証強度 (450)	保証強度 500

(注) () 内数字は計算による推定値、裸数字は規格またはその解説に明記されている値である。参考表 2.2 と参考表 2.3 の数値を比較すると、劣化度が判ることになる。

d) 未使用管の強度試験

規格値と実物の強度を比較するために、未使用管（備蓄管）4本のテストも行った。結果を参考表 2.2 の末尾に示す。

	供試管 No.219	No.220 (S.54年製)	No.221	No.222 (S.58年製)	規格値
曲げ強度……………	281kgf/cm ²	250	257	<u>221</u>	250
引張強度……………	270kgf/cm ²	<u>84</u>	<u>146</u>	241	225
圧壊強度……………	553kgf/cm ²	500	<u>474</u>	573	500

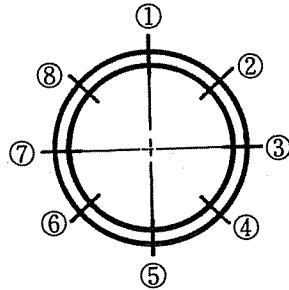
- ・実線のアンダーラインは規格値を大幅に下まわっているもの。供試管に傷等の異常の存在が疑われる。
- ・破線のアンダーラインは規格値をわずかに下まわるもの。
- ・他は、全て規格値を満たしている。
- ・4本の供試管とも、ほとんど中性化していない。

以上から、5～10年備蓄した未使用管の強度は、一部を除いて、まずまず規格値を満たしている。

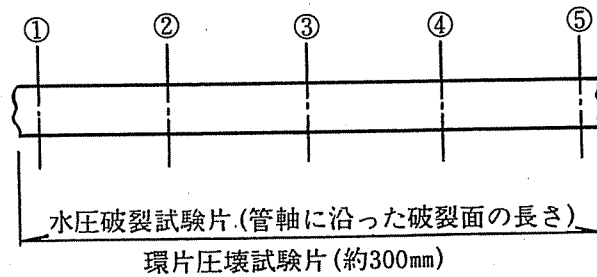
e) 中性化率 $\left(\frac{\text{中性化厚さ}}{\text{管厚}} \times 100\% \right)$

曲げ試験時の中性化率は、参考図 2.3 のように破壊面の円周 8カ所の平均値、水圧破裂試験・環片圧壊試験の中性化率は参考図 2.4 のように、

破壊面の管軸方向5等分点の平均値を参考表2.2に記載した。



参考図2.3 中性化率測定点 (曲げ試験)



参考図2.4 中性化率測定点 (水圧破裂試験、環片圧壊試験)

f) 塗装石綿セメント管

塗装管は4本集まった。強度、中性化率は次の通り。

	供試管No.141	No.175	No.177	No.197	規格値
曲げ強度	139kgf/cm ²	241	219	273	200~250
引張強度	198kgf/cm ²	329	297	253	225
圧壊強度	588kgf/cm ²	621	716	999	450~500
中性化率(曲げ)	21%	10	24	25	
" (引張)	27%	2	9	32	
" (圧壊)	26%	6	19	23	
(布設年)	S.37年	S.48	S.43	S.45	

以上のように、強度は無塗装管に比べて大きく、中性化率もかなり小さく、劣化の進行は無塗装管と異なるようである。従って2.5節の相関解析には、塗装管は含めないものとする。

g) ヒストグラム

各データのヒストグラムを参考図2.5に示す(ただし塗装管を除く)。

また、各データ毎の平均値、最大・最小値、標準偏差等も同図に併記してある。

参考表 2.2-1 計測データ等

No.	呼び径 (mm)	布設年 (昭和)	上被り (cm)	輪荷重	静水圧 (kgf/cm ²)	衝水圧 (kgf/cm ²)	土質	管内水				地下水			管頂部		
								遊炭 (mg/l)	ランゲ リア	pH	残塩 (mg/l)	遊炭 (mg/l)	ランゲ リア	pH	比抵抗 (Ω-cm)	pH	レドックス (mV)
1	250	43	110	無し	0.4	0.4	シルト	0.0	1.00	6.0	0.00	12.3	-1.30	5.6	3.680	4.6	153
2	100	43	150	無し	3.5	0.5	粘土	15.0	-0.40	7.2	0.20				6.780	5.7	220
3	100	32	120	軽交通	2.5	1.5	砂	7.6	-2.00	6.6	0.40	25.5	-1.80	6.7	3.870	6.1	528
4	200	28	110	軽交通	2.8	1.7	砂	3.5	0.30	8.1	0.45	40.4	-0.38	7.0	9.100	6.5	224
5	50	31	105	無し	4.0	0.0	粘土	0.4	-1.00	7.6	0.15	7.9	-2.10	6.4	5.240	5.9	237
6	100	31	120	軽交通	4.0	0.0	粘土	3.5	-1.20	7.8	0.30				7.000	7.0	265
7	100	44	110	軽交通	4.6		砂	1.8	-2.20	6.9	0.45				5.230	6.9	380
8	75	35	157	軽交通	5.0	1.0	粘土	2.6	-0.10	8.8	0.40	7.0	-0.50	7.0	4.410	6.7	427
9	150	29	110	軽交通	6.4		砂	0.8	-2.40	7.0	0.20				18.400	6.6	459
10	100	37	120	軽交通	4.9	4.0	その他	1.8	-1.50	7.7	0.25				6.700	6.7	455
11	50	45	110	無し	3.8	4.2	粘土	1.8	-1.77	7.2	0.90	0.4	-0.86	6.7	3.280	6.6	149
12	75	35	80	無し	4.6	1.0	粘土	1.8	-1.22	8.0	0.45				2.430	5.1	241
13	100	39	100	無し	3.6	1.0	砂	1.8	-2.04	7.4	0.40				8.400	6.7	487
14	150	38	150	重交通	4.5	1.5	砂	3.5	-0.90	7.9	0.15				8.400	6.7	487
15	100	38	100	無し	4.7	0.5	シルト	1.8	-0.20	7.1	0.20	8.8	-2.40	6.2	5.858	7.8	493
16	100	40	120	無し	3.0	0.5	粘土	1.8	-1.80	7.3	0.20	8.9	-0.80	6.8	5.300	7.0	304
17	200	37	126	無し	0.7	1.5	シルト	22.0	-2.70	6.0	0.10				16.310	5.3	202
18	75	40	92	軽交通	5.1	0.2	粘土	3.5	-1.60	7.2	0.30				3.080	6.0	244
19	150	36	120	軽交通	4.0	2.0	その他	1.8	-2.40	6.8	0.20				3.750	7.1	411
20	100	40	120	無し	3.5	0.0	砂	2.6	-1.60	7.1	0.20				12.300	7.2	468
21	100	36	60	軽交通	3.5	2.7	砂	3.5	-1.80	7.1	0.30				10.500	7.1	360
22	150	50	130	無し	3.5		シルト	1.8	-3.00	6.4	0.30				3.710	7.0	447
23	100	39	130	無し	3.5		粘土	3.5	-1.60	7.3	0.30				2.840	7.2	503
24	100	30	120	無し	2.0	1.0	シルト	14.4	-2.40	6.3	0.35				593	6.5	535
25	100	37	130	無し	3.0	1.0	その他	2.4	-2.20	6.8	0.20				2.650	7.0	563
26	200	46	130	軽交通	3.5	0.5	ローム	2.4	-2.30	6.9	0.20				4.990	6.9	595
27	100	38	125	無し	4.5	0.5	ローム	4.4	-1.50	7.2	0.30				6.740	7.2	564
28	100	40	210	無し	4.7	7.0	ローム	5.3	-2.00	6.9	0.25				2.180	7.0	568
29	75	37	120	無し	6.1	3.0	ローム	3.3	-1.90	7.0	0.40				1.950	7.8	588
30	75	39	125	無し	3.7	1.8	ローム	8.4	-1.80	7.0	0.50				3.050	7.7	563
31	75	32	120	軽交通	4.0	3.0	ローム	8.1	-1.50	7.1	0.20			7.0	4.120	6.7	575
32	150	40	120	軽交通	3.5	3.5	砂	3.6	-0.90	7.6	0.15				14.200	7.5	593
33	75	39	120	無し	3.5	3.5	ローム	4.0	-0.90	7.6	0.13				1.820	6.9	630
34	100	37	90	無し	4.5		ローム	0.8	0.20	8.2	0.20				1.290	7.7	630
35	100	37	120	無し	3.0	1.0	ローム	15.7	-2.20	6.8	0.15				4.040	6.9	568
36	75	42	110	無し	2.8	1.2	ローム	4.4	-2.20	6.8	0.15				2.190	6.6	545
37	150	39	120	無し	3.0	3.5	粘土	2.8	-1.70	7.2	0.40				4.440	7.3	590
38	150	39	125	重交通	3.3		ローム	5.6	-1.60	7.1	0.30				5.130	5.9	484
39	75	34	120	無し	6.5	5.5	ローム	3.6	-1.00	7.6	0.50				5.110	6.8	570
40	75	41	120	無し	4.5	2.0	砂	7.7	-1.10	7.8	0.30				8.120	6.9	373
41	150	41	120	無し	3.0	4.5	砂	17.3	-1.80	7.1	0.30			6.6	8.330	6.6	390
42	75	42	120	無し	0.6		砂	15.8	-1.00	7.2	1.00				3.590	6.4	527
43	75	32	130	軽交通	5.0	1.5	砂	15.8	-2.40	6.4	0.60				4.440	7.0	547
44	75	44	90	軽交通	2.0	4.6	砂	1.6	-1.90	7.2	1.00				6.350	6.5	577
45	75	46	95	無し	2.0	2.0	シルト	10.9	-1.60	6.8	0.50			6.8	4.580	6.7	548
46	75	42	120	無し	4.0	4.0	砂	1.6	-0.80	7.7	0.10				4.830	7.7	559
47	150	40	150	軽交通	3.5	2.0	ローム	0.0	0.40	8.9	0.20				5.280	7.3	591
48	75	31	120	無し	2.5	3.0	ローム	3.4	-1.30	7.2	0.40				3.090	6.8	556
49	150	36	120	軽交通	2.5	1.0	粘土	7.7	-1.60	6.9	0.40				980	6.4	606
50	75	49	120	無し	4.0	0.5	ローム	40.0	-0.40	7.0	0.30				4.825	7.1	470

上 壤		管 底 部 上 壤					表 乾	絶 乾	吸 水 率	中 性 化 率			強 度			備 考
含水比 (%)	硫化物	比抵抗 (Ω -cm)	pH	レドックス (mV)	含水比 (%)	硫化物	比 重	比 重	(%)	曲 げ (%)	引 張 (%)	圧 壊 (%)	曲 げ (kgf/ cm ²)	引 張 (kgf/ cm ²)	圧 壊 (kgf/ cm ²)	
46	あり	3,680	4.6	153	46	あり	2.09	1.90	10.0	13	11	16	107	210	425	
27	なし	16,500	6.2	253	27	なし	1.98	1.57	26.0	53	51	50	166	158	553	
31	なし	2,420	6.5	504	32	なし	1.95	1.60	22.1	50	53	46	173	170	570	
22	微量	8,800	6.6	150	21	微量	2.01	1.67	20.1	16	13	12	149	244	520	
40	微量	10,100	6.3	451	47	なし	1.99	1.58	25.7	48	40	15	356	213	646	
36	なし	7,000	7.0	265	36	なし	2.06	1.69	21.9	20	34	63	202	85	374	
10	微量	6,450	7.1	372	11	微量	2.07	1.79	15.5	17	23	20	148	232	745	
315	あり	3,950	7.0	425	146	あり	1.98	1.47	34.7	25	21	36	161	177	843	
10	なし	12,400	6.6	449	17	なし	2.09	1.76	19.0	36	24	24	179	151	472	
29	微量	6,700	6.7	455	29	微量	1.82	1.33	36.7	25	46	53	156	174	412	
45	微量	3,280	6.6	149	45	微量	1.97	1.58	25.0	50	60	73	194	237	593	
64	あり	2,430	5.1	241	64	あり	1.94	1.43	35.1	25	13	27	173	171	763	
6	なし	8,400	6.7	487	6	なし	1.83	1.56	17.4	34	27	21	167	104	227	
6	なし	8,400	6.7	487	6	なし	2.02	1.63	23.3	27	30	18	172	161	417	
27	なし	8,600	7.3	543	31	なし	1.87	1.63	15.3	42	43	51	209	165	557	
36	なし	5,100	6.3	252	30	なし	1.98	1.66	19.1	60	41	56	189	138	229	
50	なし	18,000	5.3	322	47	なし	2.02	1.72	17.3	33	30	32	135	228	564	
40	微量	2,430	5.4	178	68	微量	1.88	1.42	32.4	42	48	42	175	152	640	
17	微量	2,800	7.1	261	36	微量	2.14	1.89	13.1	31	41	17	194	217	727	
7	なし	8,200	7.3	444	8	なし	1.94	1.44	34.7	15	14	20	172	87	574	
13	微量	4,910	7.4	428	13	微量	1.80	1.29	39.1	25	23	27	178	133	615	
33	微量	3,280	7.3	525	35	微量	2.07	1.82	13.7	20	17	13	161	180	657	
34	あり	2,420	7.1	531	35	あり	1.82	1.31	38.5	78	66	49	113	131	418	
40	あり	860	6.4	374	36	あり	1.93	1.51	27.5	15	38	30	83	96	321	
16	なし	1,810	7.0	533	40	なし	1.93	1.54	25.7	44	36	31	174	164	495	
49	なし	3,650	7.0	565	51	なし	2.08	1.79	16.4	23	27	27	231	288	569	
47	なし	6,250	7.2	547	50	なし	1.93	1.53	26.1	40	35	36	166	126	387	
15	なし	2,180	7.0	568	15	なし	1.96	1.71	14.6	33	45	49	180	190	553	
39	なし	1,950	7.8	588	39	なし	1.98	1.59	24.4	38	32	35	172	161	428	
18	なし	3,050	7.7	563	18	なし	1.81	1.32	37.5	71	69	45	121	139	374	
43	あり	3,570	7.4	576	24	あり	1.96	1.53	28.3	51	46	69	159	84	216	
8	なし	14,200	7.5	593	8	なし	1.99	1.65	20.3	27	32	58	189	234	529	
31	微量	850	7.0	629	34	なし	1.85	1.36	36.0	74	74	100	141	158	359	
18	なし	1,290	7.7	630	18	なし	2.05	1.68	22.2	29	33	30	199	179	489	
30	なし	4,040	6.9	568	30	なし	1.90	1.48	28.1	50	49	37	157	138	356	
22	なし	2,190	6.6	545	22	なし	1.75	1.19	47.1	81	100	73	118	120	217	
54	なし	5,150	7.2	585	48	なし	1.87	1.55	20.8	27	27	26	218	289	515	
42	なし	5,130	5.9	484	42	なし	2.02	1.66	21.6	30	32	39	202	212	554	
29	微量	3,240	6.8	497	39	微量	2.04	1.64	24.4	52	42	31	190	249	569	
21	あり	5,750	7.0	479	26	あり	2.05	1.67	22.2	49	38	46	204	298	524	
50	なし	8,330	6.6	390	50	なし	1.95	1.50	29.8	29	37	24	161	186	418	
28	あり	3,590	6.4	527	28	あり	1.90	1.45	31.3	55	39	40	124	88	330	
16	なし	6,350	7.3	531	7	なし	1.92	1.48	29.5	53	35	45	133	157	301	
43	微量	6,350	6.5	577	43	微量	1.90	1.54	23.2	76	54	57	165	200	479	
19	あり	5,700	6.8	583	19	あり	1.92	1.52	26.0	61	35	42	130	178	378	
13	微量	4,830	7.7	559	13	微量	1.91	1.46	30.3	59	68	60	119	183	350	
53	なし	6,520	7.4	581	52	なし	1.94	1.57	23.3	29	36	35	164	238	511	
42	なし	3,090	6.8	556	42	なし	1.97	1.54	27.3	26	32	29	154	225	450	
34	なし	980	6.4	606	34	なし	1.98	1.67	15.7	22	28	30	234	249	312	
40	なし	4,825	7.1	470	40	なし	2.04	1.71	19.1	44	41	42	179	218	704	

参考表 2.2-2 計測データ等

No.	呼び径 (mm)	布設年 (昭和)	土被り (cm)	輪荷重	静水圧 (kgf/cm ²)	衝水圧 (kgf/cm ²)	土質	管内水				地下水			管頂部		
								遊炭 (mg/l)	ランゲリア	pH	残塩 (mg/l)	遊炭 (mg/l)	ランゲリア	pH	比抵抗 (Ω-cm)	pH	レドックス (mV)
51	200	39	120	無し	3.0	4.0	ローム	15.0	0.10	6.8	0.20				21.900	6.4	450
52	75	44	120	無し	4.0	10.0	ローム	8.8	-2.10	6.4	0.60				5.480	6.4	518
53	100	51	120	無し	7.0	4.0	粘土	7.0	0.00	6.8	0.40				6.470	6.3	532
54	100	49	130	無し	3.4		粘土	6.2	-1.70	7.3	0.50				4.340	6.0	468
55	100	33	140	無し	3.2		粘土	7.9	-1.70	7.5	0.40				5.360	6.3	490
56	100	47	110	軽交通	3.0	1.0	粘土	7.9	-1.70	6.1	0.20				3.550	5.9	500
57	75	41	110	無し	2.5	1.5	粘土	17.6	0.20	6.4	0.15				6.900	7.1	493
58	150	37	130	無し	4.0	0.1	ローム	49.0	0.80	6.4	0.30				6.750	6.2	191
59	100	43	100	無し	4.0	4.0	粘土	6.7	-1.80	6.8	0.40	24.6	-0.50	7.5	2.170	7.1	364
60	75	35	120	軽交通	3.5	4.5	粘土	6.2	-0.40	6.8	0.40				10.080	6.4	422
61	75	44	90	無し	4.2	2.5	ローム	6.2	-1.10	7.5	0.40				4.200	6.8	414
62	150	30	80	無し	2.0	3.0	粘土	2.6	-1.60	7.3	0.20	25.5	-1.50	6.3	7.300	6.1	351
63	125	34	100	軽交通	5.0	7.0	粘土	0.4	-0.80	7.2	0.20				4.660	6.8	211
64	100	41	100	軽交通	1.6	1.9	粘土	8.3	-1.30	7.1	0.70				5.060	7.6	527
65	100	33	110	軽交通	1.2	2.3	粘土	8.4	-1.60	7.1	0.70				3.700	6.5	109
66	100	33	110	軽交通	1.2	2.3	粘土	7.2	-1.20	7.1	0.70				2.770	7.2	207
67	100	42	120	軽交通	2.1	1.4	粘土	7.0	-0.70	7.3	1.00				1.500	6.9	241
68	150	45	160	軽交通	2.2	1.3	砂	6.3	-1.60	6.8	0.50				3.040	6.9	468
69	150	42	130	無し	2.4	1.1	粘土	7.4	-1.30	6.8	0.50				2.830	6.1	337
70	75	29	100	無し	3.2	0.5	粘土	8.8	-0.40	7.1	1.30				2.100	7.2	554
71	75	29	100	無し	3.2	0.5	粘土	10.6	-0.40	7.1	1.30				2.320	7.0	573
72	200	42	120	軽交通	5.0	2.0	ローム	27.0	0.20	7.1	0.80				2.690	6.7	224
73	100	45	120	無し	4.8	1.1	その他	3.7	-1.10	7.1	0.20				3.810	7.1	476
74	150	44	140	重交通	4.0	1.0	その他	4.2	-1.10	7.0	0.40				4.800	7.3	478
75	75	39	100	無し	1.2	0.3	ローム	9.7	-1.90	6.7	0.50				14.200	6.2	487
76	100	40	120	軽交通	1.2	0.3	ローム	10.6	-1.80	6.8	0.60				5.040	6.5	526
77	200	40	120	無し	5.2	7.5	ローム	11.4	-1.50	6.8	0.70				1.444	7.2	458
78	75	40	120	無し	5.2	7.5	ローム	7.9	-1.70	6.8	0.70				4.878	7.0	509
79	150	41	120	無し	5.5	7.5	ローム	7.9	-1.30	7.0	0.40				12.850	6.5	474
80	100	41	130	無し	6.2	1.0	その他	7.0	-1.10	6.8	0.50				5.070	7.5	524
81	200	43	120	軽交通	3.0	5.0	その他	3.5	-0.90	6.6	0.40	17.6	-0.60	6.0	2.582	6.2	479
82	150	43	110	無し	3.4	0.9	粘土	70.0	-0.10	7.1	2.00	166.0	0.60	6.8	2.770	7.5	321
83	75	41	120	無し	3.0	0.8	粘土	11.4	-0.90	7.1	1.30				5.020	7.2	489
84	75	38	110	軽交通	3.2	0.6	粘土	5.6	-1.70	7.2	0.60				4.630	7.1	527
85	100	43	110	無し	3.0	1.0	ローム	16.7	-1.90	6.5	0.30				11.980	6.1	480
86	125	39	100	軽交通	5.5	3.5	ローム	11.4	-1.10	7.0	0.20				8.020	5.2	433
87	75	45	120	無し	2.5	1.2	粘土	52.0	-1.50	7.2	0.50				3.880	7.2	244
88	100	41	120	無し	2.5	1.2	ローム	42.0	-1.70	7.2	0.50				2.450	6.8	253
89	75	47	100	無し	2.5	1.2	粘土	7.0	-0.70	7.2	0.40				2.580	6.6	534
90	75	45	105	無し	4.1	0.5	その他	1.8	-1.20	7.0	0.40	15.8	0.40	7.5	1.500	7.9	459
91	100	39	120	無し	3.5	1.2	砂	1.8	-1.00	7.2	0.70	20.2	-0.20	7.7	3.440	7.7	408
92	50	35	70	無し	2.3	1.6	ローム	1.8	-1.30	7.0	0.70				3.210	6.9	349
93	75	34	100	無し	2.4	1.6	粘土	0.9	-1.00	7.6	0.30				1.260	7.4	529
94	150	33	95	軽交通	3.3		シルト	5.3	-1.60	6.8	0.80				1.430	7.0	585
95	150	15	100	無し	3.5		その他	5.3	-1.70	6.8	0.60				1.440	6.7	527
96	100	41	100	無し	4.0	0.8	砂	4.4	-1.30	6.8	1.00	10.6	0.60	7.9	780	7.9	209
97	150	46	120	無し	3.9	0.5	砂	4.4	-1.30	6.8	0.80	2.6	-0.50	7.5	2.590	7.5	296
98	75	26	90	無し	2.4	0.6	ローム	5.3	-2.30	6.2	0.70				5.700	7.5	474
99	100	39	140	軽交通	1.4	1.3	ローム	5.3	-2.50	6.0	1.00				1.660	7.0	466
100	100	40	80	無し	2.1	1.2	ローム	4.4	-1.70	6.8	1.00				4.460	7.4	470

土 壤		管 底 部			土 壤		表 乾		絶 乾	吸 水 率	中 性 化 率			強 度			備 考
含水比 (%)	硫化物	比抵抗 (Ω-cm)	pH	レドックス (mV)	含水比 (%)	硫化物	比 重	比 重	(%)	曲 げ (%)	引 張 (%)	圧 壊 (%)	曲 げ (kgf/ cm ²)	引 張 (kgf/ cm ²)	圧 壊 (kgf/ cm ²)		
43	微量	14.750	6.1	463	63	微量	1.93	1.55	24.7	33	27	39	167	114	330		
23	なし	5.480	6.4	518	23	なし	1.93	1.48	29.7	57	63	66	168	173	407		
39	なし	5.140	6.7	579	41	なし	1.95	1.53	27.4	47	56	49	179	187	468		
54	なし	4.340	6.0	468	54	なし	2.14	1.83	17.0	35	20	23	248	345	971		
48	なし	5.360	6.3	490	48	なし	2.12	1.75	21.5	34	30	55	189	165	524		
20	なし	3.550	5.9	500	20	なし	2.00	1.64	21.9	29	24	32	257	228	538		
54	なし	6.900	7.1	493	54	なし	1.89	1.43	31.9	56	64	52	123	149	301		
26	微量	6.750	6.2	191	26	微量	1.98	1.54	28.5	42	59	51	125	148	376		
29	あり	2.550	7.4	180	26	あり	2.00	1.63	22.3	48	45	39	168	134	599		
23	微量	15.450	7.0	471	21	微量	1.95	1.51	29.2	70	58	38	159	183	586		
32	なし	4.200	6.8	414	32	なし	2.04	1.61	26.7	11	30	25	301	122	559		
45	なし	8.200	6.3	363	46	なし	1.94	1.53	26.0	44	62	60	148	153	359		
87	あり	7.070	6.9	233	57	微量	1.99	1.61	24.0	28	29	22	176	201	442		
39	なし	5.150	7.3	516	50	微量	1.88	1.40	33.9	57	67	49	120	112	310		
38	あり	2.040	6.5	239	39	あり	1.92	1.48	29.9	51	27	39	197	149	404		
28	あり	1.790	6.5	410	33	あり	1.85	1.35	36.8	46	25	23	151	162	378		
39	あり	2.050	6.5	126	56	あり	2.04	1.70	20.1	30	55	42	194	236	693		
27	微量	3.460	7.4	207	25	あり	2.02	1.71	18.0	21	15	18	209	265	695		
37	微量	2.520	6.3	119	32	あり	2.03	1.69	20.1	32	36	36	163	258	550		
31	微量	2.100	7.2	554	31	微量	1.75	1.23	43.2	38	63	70	140	153	345		
29	微量	2.320	7.0	573	29	微量	1.85	1.36	35.7	46	32	29	156	96	261		
30	なし	3.110	6.9	226	31	なし	2.09	1.74	20.3	14		16	181		570	データ一部欠落	
20	なし	7.370	6.6	461	48	なし	2.03	1.69	20.2	31	26	25	207	258	808		
25	なし	1.913	7.4	471	44	微量	2.02	1.67	20.9	19	36	35	174	218	573		
50	なし	14.200	6.2	487	50	なし	1.95	1.56	25.1	33	33	70	174	193	658		
43	微量	5.040	6.5	526	43	微量	1.96	1.58	24.5	40	37	34	161	217	662		
32	なし	1.945	7.0	446	47	なし	2.12	1.78	18.9	20	27	17	194	228	483		
42	なし	4.600	6.4	488	51	なし	1.95	1.52	28.0	45	52	50	116	153	377		
27	微量	8.510	6.9	491	37	なし	2.02	1.71	18.6	26	33	24	211	253	676		
28	なし	5.070	7.5	524	28	なし	2.03	1.68	21.3	48	32	33	132	184	656		
34	なし	1.424	5.9	475	51	微量	2.03	1.64	23.7	25	27	34	145	207	434		
32	なし	2.390	6.9	88	33	なし	2.04	1.73	18.1	26	28	40	195	237	621		
28	微量	6.300	7.3	499	47	微量	1.99	1.61	24.3	62	56	50	165	226	556		
40	なし	4.580	6.6	526	59	なし	1.98	1.53	29.6	48	23	54	161	140	399		
53	なし	16.100	5.8	509	51	微量	1.67	1.08	54.2	42	47	53	118	101	186		
28	なし	4.960	5.6	428	26	なし	1.96	1.55	26.5	50	49	40	161	271	615		
18	なし	4.900	7.7	251	8	なし	2.07	1.75	18.4	45	50	60	189	221	588		
30	なし	3.110	7.2	250	34	なし	1.98	1.60	23.7	51	48	48	171	217	615		
23	なし	3.360	7.3	542	18	なし	1.89	1.44	31.2	49	47	65	169	140	267		
39	あり	4.280	7.5	415	24	なし	1.98	1.68	18.0	41	32	34	111	145	561		
30	微量	3.440	7.7	408	30	微量	2.08	1.74	19.0	14	13	14	165	210	468		
106	微量	3.210	6.9	349	106	微量	1.90	1.47	29.0	21	26	17	2	142	492		
44	微量	1.260	7.4	529	44	微量	1.67	1.41	18.0	11	11	11	77	98	396		
30	あり	1.430	7.0	585	30	あり	1.99	1.61	23.0	13	10	7	166	147	440		
98	あり	1.440	6.7	527	98	あり	2.03	1.72	18.0	15	8	10	174	255	544		
42	あり	780	7.9	209	42	あり	2.01	1.71	17.0	29	31	36	120	217	622		
35	あり	2.590	7.5	296	35	あり	2.11	1.92	10.0	14	25	24	162	315	672		
36	なし	5.100	7.4	548	43	あり	1.84	1.38	33.0	33	21	27	71	59	349		
106	あり	1.940	7.1	492	99	あり	1.86	1.39	33.0	60	52	55	63	114	251		
46	微量	4.130	7.7	344	52	微量	1.92	1.58	21.0	18	20	15	95	190	498		

参考表 2.2-3 計測データ等

No.	呼び径 (mm)	布設年 (昭和)	上振り (cm)	輪荷重	静水圧 (kgf/cm ²)	衝水圧 (kgf/cm ²)	土質	管内水				地下水			管頂部		
								遊炭 (mg/l)	ランゲ リア	pH	残塩 (mg/l)	遊炭 (mg/l)	ランゲ リア	pH	比抵抗 (Ω-cm)	pH	レッド ックス (mV)
101	100	42	100	無し	3.1	1.2	砂	5.3	-1.70	6.8	1.20			6.6	2.600	7.6	332
102	50	41	100	無し	2.0	1.8	砂	3.5	-2.10	6.4	2.00				2.110	7.8	332
103	150	41	110	無し	2.5	1.9	砂	3.5	-2.10	6.4	2.00				3.010	7.4	438
104	150	42	110	無し	1.7	1.8	砂	3.5	-2.30	6.2	1.50				13.900	7.5	626
105	100	45	120	軽交通	4.0	2.0	ローム	3.5	-2.20	6.2	1.50				4.560	7.0	454
106	75	39	110	無し	3.5	1.7	砂	1.8	-2.00	6.5	1.50				1.710	7.5	514
107	150	40	120	軽交通	4.0	2.0	粘土	4.4	-1.90	6.6	0.50				1.860	7.8	292
108	50	37	30	無し	3.5	1.8	砂	4.4	-1.60	6.8	1.00				4.490	6.0	646
109	150	19	110	無し	1.7	2.6	砂	3.5	-1.80	6.6	1.00				1.900	7.3	374
110	50	33	90	無し	2.0	3.0	砂	2.6	-1.60	6.8	1.00				4.130	7.4	508
111	100	32	60	無し	1.5	2.3	粘土	3.5	-1.60	6.8	1.00				4.840	7.7	446
112	100	44	80	無し	3.5	1.5	砂	4.4	-1.70	6.8	1.50				1.520	7.7	528
113	150	35	120	無し	3.7	1.3	砂	3.5	-1.50	7.0	1.00				1.920	7.4	229
114	50	34	90	無し	3.5	1.5	砂	3.5	-1.60	6.8	1.00				8.560	7.4	540
115	150	40	120	無し	3.1	1.9	ローム	3.5	-1.50	7.0	1.00				2.040	7.9	609
116	75	39	100	軽交通	4.0	1.8	砂	2.6	-1.80	6.6	1.50				5.740	7.9	560
117	100	39	100	軽交通	4.5	1.6	砂	3.5	-1.80	6.6	1.30				3.710	7.4	549
118	150	39	110	軽交通	4.2	1.7	砂	3.5	-1.80	6.7	2.00				2.880	8.1	522
119	150	39	110	軽交通	3.9	1.8	砂	3.5	-1.70	6.8	1.50				6.790	7.9	409
120	75	40	120	軽交通	2.1	1.4	ローム	2.6	-0.50	7.6	0.20				4.110	7.4	480
121	100	47	115	無し	2.2	1.2	ローム	2.6	-0.20	8.1	0.20				10.900	7.5	506
122	200	49	120	軽交通	2.4	1.2	ローム	0.9	-0.50	7.8	0.20				5.580	6.6	482
123	75	49	130	無し	4.0	0.8	ローム	2.6	-0.40	7.7	1.00				1.970	6.7	475
124	100	40	110	無し	2.8	0.8	ローム	5.3	-0.40	8.0	0.70				4.070	6.2	275
125	100	43	120	無し	3.5	0.7	ローム	0.4	0.30	7.9	0.90				7.230	7.2	538
126	75	45	70	軽交通	3.0	5.0	砂	1.8	-0.70	7.4	0.40				6.020	7.6	482
127	75	44	160	軽交通	4.0		粘土	2.6	0.10	7.6	0.10				1.730	7.0	185
128	75	44	120	軽交通	4.0		砂	2.6	-0.70	7.6	0.10				2.580	7.5	415
129	150	48	100	無し	4.0		砂	7.0	0.60	7.8	0.10				2.270	6.8	214
130	100	31	120	軽交通	4.0		粘土	3.5	-1.30	7.6	0.10				1.920	7.7	308
131	150	42	110	軽交通	7.0		砂	1.8	-1.40	7.2	0.70			6.6	2.980	7.2	177
132	75	37	100	無し	0.4	3.8	ローム	4.4	-1.00	7.2	0.70				2.570	7.3	484
133	75	39	100	無し	4.5	4.0	砂	5.3	0.00	7.8	0.10				4.100	6.9	470
134	75	42	100	無し	5.0	4.6	砂	1.8	-0.10	8.1	0.20				7.160	7.0	416
135	150	45	110	軽交通	4.5	1.5	ローム	4.4	-0.20	7.9	0.20				9.680	7.1	492
136	75	45	100	軽交通	4.5	1.5	砂	6.2	-0.70	7.9	0.20				4.620	7.5	506
137	75	35	90	無し	2.0	5.0	ローム	3.5	-1.70	7.2	1.00				6.280	6.5	376
138	100	36	120	無し	2.0	1.5	砂	4.4	-1.00	7.2	0.50				2.300	6.6	461
139	75	35	120	無し	2.1	0.9	砂	5.3	-1.10	7.2	0.50				18.400	7.4	409
140	100	41	110	軽交通	2.2	1.3	ローム	3.5	-1.30	7.2	0.40				5.300	7.2	487
141	100	37	120	軽交通	1.8	0.7	ローム	3.5	-0.60	7.7	0.60				4.720	7.2	493
142	100	37	110	軽交通	3.7	0.5	ローム	3.5	-0.85	7.6	0.50				2.010	7.4	469
143	100	39	100	無し	3.0	0.5	ローム	3.5	-0.33	8.0	0.40				2.920	6.2	477
144	100	39	140	無し	3.0	1.5	砂	5.7	-2.40	6.8	0.60	70.6	-1.30	6.6	9.720	6.3	255
145	100	38	130	軽交通	3.8	0.8	砂	0.6	-1.70	7.5	0.30	30.9	-0.70	6.7	15.600	6.5	497
146	200	41	160	無し	5.0	0.5	砂	5.9	-2.70	6.6	0.40				15.300	6.3	364
147	100	38	100	無し	4.0	4.5	粘土	6.6	-2.10	7.0	0.40				5.000	6.4	473
148	100	32	60	無し	4.0	4.5	粘土	3.2	-1.80	7.0	4.00				4.870	6.6	535
149	100	36	100	無し	4.0	4.5	粘土	16.7	-2.90	6.7	0.20				8.130	5.7	479
150	75	36	110	無し	4.0	4.5	その他	23.4	-2.90	6.7	0.20				2.800	8.3	563

上 壤		管 底 部			上 壤		表 乾 比 重	絶 乾 比 重	吸 水 率 (%)	中 性 化 率			強 度			備 考
含 水 比 (%)	硫 化 物	比 抵 抗 (Ω -cm)	pH	レドックス (mV)	含 水 比 (%)	硫 化 物				曲 げ (%)	引 張 (%)	圧 壊 (%)	曲 げ (kgf/ cm ²)	引 張 (kgf/ cm ²)	圧 壊 (kgf/ cm ²)	
35	あり	2,460	7.6	192	58	あり	2.01	1.77	14.0	30	13	0	197	222	615	
80	微量	2,590	7.5	344	52	あり	1.79	1.33	35.0	27	31	16	3	121	398	
30	微量	4,740	7.5	454	21	微量	1.98	1.60	24.0	17	18	8	171	117	365	
12	なし	19,500	7.6	612	7	なし	2.15	1.95	11.0	18	17	18	192	268	479	
41	なし	2,470	7.2	456	57	なし	1.85	1.47	26.0	38	51	39	155	129	275	
81	あり	3,250	6.7	406	103	微量	1.91	1.46	31.0	30	27	13	62	155	458	
43	あり	750	7.8	312	61	あり	2.02	1.75	16.0	19	20	18	187	262	64	
33	なし	3,520	7.8	594	36	微量	1.76	1.20	46.0	31	28	19	1	86	286	
29	あり	920	7.3	224	30	あり	1.81	1.40	29.0	16	26	14	151	203	391	
28	微量	3,950	7.5	474	31	微量	1.96	1.57	25.0	23	27	18	3	91	406	
27	なし	4,250	7.7	446	40	なし	1.80	1.34	34.0	32	31	22	111	127	253	
19	微量	1,580	7.1	508	21	微量	1.98	1.74	14.0	27	28	40	152	243	384	
110	あり	670	5.4	179	75	あり	2.09	1.80	16.0	18	17	22	180	187	475	
30	なし	15,000	7.3	544	16	なし	1.91	1.48	29.0	24	51	32	2	92	233	
48	微量	2,510	7.9	589	62	なし	1.84	1.46	26.0	11	18	7	169	159	570	
35	なし	8,790	7.8	534	20	なし	1.97	1.57	25.0	35	30	35	116	188	526	
34	微量	4,480	7.3	563	40	微量	2.14	1.82	18.0	23	27	24	196	200	593	
27	微量	5,100	7.5	496	18	なし	2.15	1.95	10.0	8	18	9	245	249	377	
20	微量	4,690	7.7	467	29	微量	2.00	1.72	16.0	31	30	25	246	226	610	
116	微量	2,340	7.0	486	92	微量	1.97	1.59	24.0	45	56	54	89	175	562	
42	なし	2,310	7.7	486	8	微量	2.02	1.75	16.0	22	32	33	188	294	602	
93	なし	980	6.7	478	90	あり	2.06	1.90	8.0	2	13	5	194	120	558	
122	あり	3,260	6.3	459	126	あり	2.00	1.64	22.0	26	23	20	65	203	491	
82	なし	4,900	6.5	363	90	なし	2.05	1.84	11.0	4	22	23	173	187	564	
58	なし	1,060	7.6	482	24	あり	1.98	1.70	16.0	22	16	18	218	172	615	
24	微量	6,020	7.6	482	24	微量	2.02	1.79	13.0	31	22	26	107	251	766	
37	あり	1,730	7.0	185	37	あり	1.91	1.56	23.0	33	33	28	129	184	383	
39	あり	2,580	7.5	415	39	あり	1.55	1.23	25.0	32	33	15	84	140	390	
46	あり	2,270	6.8	214	46	あり	2.09	1.87	16.0	4	10	18	221	208	468	
57	あり	1,920	7.7	308	57	あり	2.01	1.63	23.0	20	30	17	105	49	340	
32	微量	1,830	7.2	77	36	あり	2.19	1.98	11.0	25	22	20	179	212	531	
110	微量	2,570	7.3	484	110	微量	1.87	1.41	32.0	33	25	28	55	134	458	
32	微量	3,100	7.1	492	32	微量	1.54	1.24	24.0	29	28	29	96	190	614	
17	微量	7,160	7.0	416	17	微量	1.98	1.61	23.0	40	39	46	146	210	416	
57	なし	9,680	7.1	492	57	なし	1.98	1.63	21.0	25	31	29	155	234	400	
23	微量	4,620	7.5	506	23	微量	1.56	1.23	27.0	57	48	48	91	166	495	
106	なし	6,280	6.5	376	106	なし	1.77	1.27	40.0	33	32	34	63	142	405	
20	微量	1,700	6.6	481	16	微量	1.94	1.62	19.6	33	25	31	192	211	548	
5	なし	12,000	7.3	493	8	なし	1.86	1.39	33.6	25	31	49	139	165	316	
9	微量	5,800	7.2	502	7	微量	1.94	1.44	35.1	28	29	28	151	224	685	
37	なし	3,540	6.8	499	22	なし	2.08	1.73	19.9	21	27	26	139	198	588	塗装管
28	微量	2,060	7.3	523	20	微量	1.98	1.58	25.5	27	32	37	172	222	644	
36	微量	4,520	6.7	467	23	微量	2.20	1.77	23.8	31	25	23	162	204	518	
24	なし	3,750	5.4	333	27	あり	1.93	1.49	29.6	50	44	56	200	257	531	
18	微量	4,010	7.1	167	39	あり	2.07	1.69	22.3	7	11	13	170	230	718	
14	あり	7,280	6.5	315	23	あり	2.49	1.99	24.9	24	15	33	217	296	527	
18	あり	7,460	7.5	565	9	あり	2.02	1.62	24.5	22	21	27	170	175	490	
30	なし	4,910	6.7	595	31	なし	2.14	1.79	19.9	33	28	24	152	198	527	
11	なし	3,060	7.0	542	24	微量	1.85	1.35	37.1	73	9	20	107	91	301	
25	微量	2,800	7.7	546	28	なし	1.92	1.46	31.7	44	74	45	154	212	536	

参考表 2.2-4 計測データ等

No.	呼び径 (mm)	布設年 (昭和)	上被り (cm)	輪荷重	静水圧 (kgf/cm ²)	衡水圧 (kgf/cm ²)	土質	管内水				地下水			管頂部		
								遊炭 (mg/l)	ランゲリア	pH	残塩 (mg/l)	遊炭 (mg/l)	ランゲリア	pH	比抵抗 (Ω-cm)	pH	レッドックス (mV)
151	100	38	120	軽交通	3.5	1.0	砂	1.3	-1.20	7.2	0.20	35.3	-1.60	6.7	23.100	6.8	485
152	75	35	80	無し	3.0	2.0	粘土	6.2	-3.40	6.5	0.20	18.7	-1.30	6.6	4.670	7.0	362
153	150	35	100	軽交通	5.0	1.0	シルト	0.3	-0.90	7.5	0.10				6.030	6.6	463
154	75	41	100	軽交通	4.4	1.0	シルト	0.9	-1.50	7.5	0.10				14.200	6.6	451
155	75	39	100	無し	4.5	5.0	シルト	3.1	-3.00	7.0	0.20				570	6.6	441
156	100	39	80	無し	4.5	5.0	シルト	3.1	-3.00	7.0	0.20				570	6.6	441
157	75	32	60	無し	3.6	1.4	その他	6.6	-2.00	7.6	0.00				4.910	8.2	534
158	200	35	100	無し	5.0	0.0	その他	0.0	-2.10	7.1	0.10				2.750	7.8	489
159	125	44	110	無し	6.5	0.0	粘土	4.0	-1.70	7.0	0.20	4.4	-1.40	5.4	4.580	8.8	505
160	125	35	120	軽交通	4.0	2.0	ローム	4.4	-2.90	7.0	0.20				9.140	7.2	474
161	100	34	100	軽交通	3.5	3.7	粘土			6.3	0.10				2.780	6.9	387
162	100	40	80	無し	1.8	2.5	シルト	7.4	-0.90	7.3	0.20				8.470	8.9	577
163	75	33	100	無し	4.0	6.0	その他	2.2	-1.60	7.1	0.30	12.8	-0.60	7.2	9.800	7.2	498
164	150	32	120	軽交通	4.0	6.0	その他	2.6	-1.30	7.0	0.30	2.2	-1.20	7.5	2.790	7.0	491
165	200	40	140	軽交通	4.3	2.1	砂	8.8	-1.30	6.8	0.35				5.330	8.1	514
166	100	36	120	軽交通	3.0	1.3	砂	1.5	-1.00	7.8	0.35				7.270	7.3	531
167	125	40	100	軽交通	4.0	0.5	粘土	6.6	-1.80	6.4	0.40	4.4	-1.00	7.2	2.690	7.3	398
168	100	41	140	軽交通	6.2		粘土	7.7	-1.30	6.5	0.20				3.200	7.0	512
169	75	31	120	軽交通	2.5		粘土	11.0	-1.70	6.5	0.40				4.640	7.4	511
170	100	31	70	無し	3.8	0.3	シルト	2.0	-2.20	7.9	0.50				10.500	7.6	527
171	75	34	80	無し	4.1	0.2	シルト	4.9	-2.30	7.0	0.70				4.000	7.7	416
172	75	34	100	無し	4.3		粘土	8.8	-2.90	6.5	0.40				4.560	6.9	563
173	100	40	120	軽交通	4.0	1.0	砂	1.8	-1.90	7.0	0.30				9.220	6.4	562
174	200	46	150	無し	3.8	2.3	砂	1.8	-1.90	6.8	0.30				1.710	7.7	137
175	200	48	120	軽交通	4.3	0.4	砂	6.2	-1.90	6.6	0.70				16.800	6.8	488
176	75	41	120	無し	4.0	0.1	砂	1.3	-2.20	7.2	0.70				3.900	6.2	451
177	100	43	120	軽交通	3.5	1.0	粘土	9.9	-2.40	6.6	0.70				5.440	5.2	468
178	150	34	100	軽交通	4.9	5.7	砂	0.4	-2.30	7.0	0.30				8.920	7.2	550
179	75	28	80	無し	4.5	5.5	砂	1.3	-2.40	7.4	0.40				4.730	8.8	589
180	75	36	100	軽交通	3.5	1.2	粘土	1.8	-2.50	7.1	0.30				4.770	7.6	542
181	100	41	120	軽交通	5.5		その他	1.8	-2.20	7.1	0.30				14.600	6.8	522
182	75	36	80	軽交通	6.0	0.0	その他	0.8	-2.10	6.9	0.30				2.310	7.1	491
183	125	38	70	無し	6.0	5.0	その他	2.7	-1.80	7.0	0.10				15.200	6.3	530
184	100	35	90	無し	4.4	1.4	粘土	46.7	-2.20	6.6	0.10				6.460	6.8	244
185	100	40	60	無し	3.2	4.3	砂	6.1	-3.00	6.8	0.20				12.100	5.7	581
186	75	37	100	無し	2.0	2.5	砂	61.7	-3.00	6.4	0.20				16.900	7.0	554
187	75	35	120	軽交通	4.2	1.3	砂	11.9	-2.30	6.5	0.30	3.1	-1.90	7.2	15.800	8.0	507
188	75	37	90	軽交通	7.0	0.0	粘土	4.0	-1.10	7.3	0.20				7.180	6.4	523
189	125	38	120	重交通	5.0	6.5	砂				1.50						
190	100	36	100	無し	6.0		粘土	5.9	-2.00	6.6	0.20	6.2	-2.70	5.6	6.170	6.9	445
191	125	33	110	無し	3.5		粘土	4.4	-2.50	6.6	0.10	146.1	-1.00	6.6	2.390	7.3	580
192	75	30	100	軽交通	3.0		シルト	4.4	-1.60	7.0	0.30	11.7	0.30	7.4	1.350	7.4	602
193	150	42	100	軽交通	3.5	0.5	砂	13.7	-1.60	6.8	0.30				5.450	7.8	572
194	100	36	100	無し	3.3		砂	27.5	-1.80	6.9	0.50				3.350	7.6	641
195	100	35	120	無し	4.0		粘土	1.6	-1.40	7.6	0.20				2.150	7.5	645
196	75	28	100	軽交通	5.0	8.0	砂	1.6	-1.60	7.1	0.70				2.380	8.1	617
197	75	45	100	無し	3.0	0.5	その他	4.4	-1.70	7.3	0.40				6.450	7.1	440
198	100	38	120	無し	4.0	1.0	砂	7.9	-1.50	7.3	0.40				10.100	5.4	308
199	75	37	75	無し	4.0	0.8	その他	3.5	-0.90	7.3	0.60				1.850	7.5	608
200	50	31	80	無し	5.3		粘土	5.3	-1.52	7.4	0.30				1.980	6.2	275

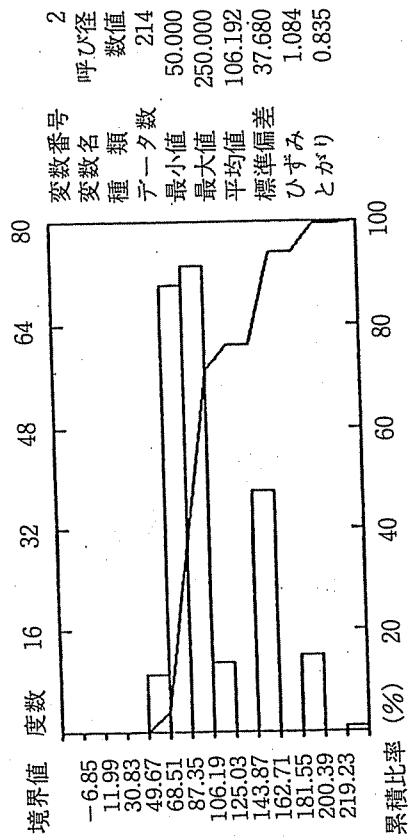
土 壤		管 底 部					土 壤		表 乾	絶 乾	吸 水 率	中 性 化 率			強 度			備 考
含水比 (%)	硫化物	比抵抗 (Ω -cm)	pH	レドックス (mV)	含水比 (%)	硫化物	比 重	比 重	(%)	曲 げ (%)	引 張 (%)	圧 壊 (%)	曲 げ (kgf/ cm ²)	引 張 (kgf/ cm ²)	圧 壊 (kgf/ cm ²)			
20	微量	2,480	7.7	271	41	あり	2.09	1.71	22.4	18	4	11	182	281	725			
28	あり	4,670	7.0	362	28	あり	1.99	1.55	28.5	26	33	51	170	197	583			
26	なし	6,030	6.6	463	26	なし	2.03	1.63	24.6	29	30	39	188	169	600			
14	あり	6,970	6.4	393	30	あり	1.95	1.58	23.3	22	34	51	149	193	609			
33	微量	570	6.6	441	33	微量	1.97	1.60	23.4	32	45	23	172	170	760			
33	微量	570	6.6	441	33	微量	2.02	1.64	23.0	40	44	30	186	288	654			
25	微量	4,910	8.2	534	25	微量	1.91	1.44	32.6	41	18	55	169	193	469			
13	なし	2,910	7.8	546	14	なし	2.00	1.55	29.3	23	30	0	159	236	318			
22	あり	3,160	9.0	416	22	あり	1.93	1.59	20.9	29	14	10	156	197	520			
28	微量	11,200	6.6	467	26	あり	2.06	1.68	22.6	18	14	19	167	263	519			
29	あり	1,590	7.0	347	33	あり	2.00	1.58	27.0	52	30	37	123	195	424	データ一部欠落		
12	なし	6,180	8.9	598	11	なし	1.88	1.57	19.6	22	27	20	184	66	437			
13	なし	3,800	6.7	545	17	なし	1.75	1.18	48.3	66	66	65	113	112	299			
20	あり	2,790	7.0	491	20	あり	1.98	1.57	26.7	30	0	17	148	185	491			
12	なし	5,330	8.1	514	12	なし	2.05	1.67	22.7	17	21	21	196	285	539			
26	微量	15,700	7.0	524	23	微量	1.99	1.58	25.8	28	8	32	157	152	560			
23	あり	2,320	7.3	504	36	あり	2.07	1.69	22.2	19	20	11	163	177	458			
15	なし	2,230	7.3	522	25	なし	1.96	1.54	27.6	64	57	42	140	211	515			
20	なし	7,000	7.6	534	20	微量	1.70	1.13	51.1	91	96	100	45	124	170			
14	なし	8,140	7.7	497	16	微量	1.82	1.32	37.9	58	0	33	150	124	420			
24	あり	4,060	7.8	477	24	微量	2.10	1.71	22.4	19	28	22	187	223	727			
19	なし	2,320	7.0	592	28	なし	1.91	1.59	20.1	27	46	10	121	178	391			
22	なし	11,200	7.1	526	20	なし	2.01	1.58	27.3	30	41	39	229	253	812			
19	あり	2,000	7.4	470	23	あり	2.77	2.36	17.6	9	11	11	178	267	645			
15	なし	16,800	6.8	488	15	なし	2.13	1.87	13.6	10	2	6	241	329	621	塗装管		
11	なし	10,600	7.0	491	10	なし	1.88	1.42	32.4	65	44	69	124	189	432			
19	なし	5,440	5.2	468	19	なし	2.07	1.77	16.7	24	9	19	219	297	716	塗装管		
8	なし	8,920	7.2	550	8	なし	2.10	1.75	19.9	16	0	0	178	162	541			
14	微量	4,730	8.8	589	14	微量	1.77	1.26	40.9	63	100	30	127	137	272			
22	あり	10,200	6.3	416	18	微量	1.80	1.29	39.3	38	17	34	74	123	261			
11	なし	14,600	6.8	522	11	なし	2.03	1.68	21.2	46	40	52	168	237	650			
14	なし	2,310	7.1	491	14	なし	1.99	1.57	26.9	43	36	40	157	182	483			
13	微量	15,300	7.2	528	11	微量	2.14	1.79	19.3	16	8	22	161	153	577			
34	あり	6,460	6.8	244	34	あり	1.94	1.62	19.7	46	65	33	89	96	280			
24	なし	10,350	5.8	602	12	なし	1.95	1.68	16.7	40	56	50	216	250	536			
12	なし	16,900	7.0	554	12	なし	1.72	1.15	49.6	30	60	48	96	109	292			
15	なし	15,800	8.0	507	15	なし	1.92	1.43	34.2	31	37	37	153	152	414			
16	なし	7,180	6.4	523	16	なし	1.88	1.56	20.4	26	27	35	169	172	554			
	なし					なし	1.85	1.34	37.4	55	68	38	144	218	251	データ一部欠落		
18	あり	6,110	7.7	498	17	あり	2.06	1.66	24.4	33	5	30	180	200	591			
21	なし	1,580	7.5	410	22	あり	2.03	1.66	22.2	21	18	15	202	225	435			
24	あり	1,580	7.6	637	27	あり	1.97	1.55	27.2	48	41	39	156	119	470			
5	なし	5,450	7.8	572	5	なし	2.09	1.82	14.7	20	21	28	227	263	569			
16	なし	3,350	7.6	641	16	なし	1.89	1.42	32.7	41	35	40	167	148	374			
10	なし	1,700	7.2	645	8	なし	1.93	1.75	10.6	63	25	47	264	287	570			
14	なし	7,520	7.6	668	15	なし	1.74	1.20	45.2	73	54	40	136	167	407			
12	なし	4,800	7.3	412	22	なし	2.05	1.72	19.0	25	32	23	273	253	999	塗装管		
22	なし	10,100	5.4	308	22	なし	1.81	1.50	21.0	33	70	61	146	134	253			
20	あり	2,950	7.6	574	12	あり	1.93	1.42	35.7	31	37	24	187	174	760			
37	微量	6,300	5.5	153	32	微量	2.00	1.60	25.3	27	18	41	304	223	659			

参考表 2.2-5 計測データ等

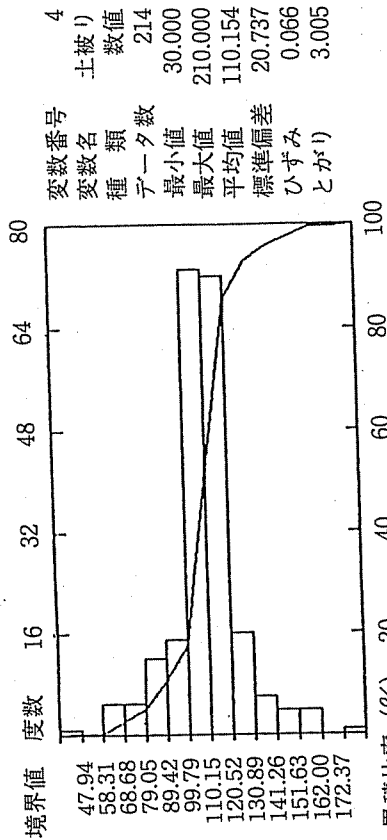
No.	呼び径 (mm)	布設年 (昭和)	土被り (cm)	輪荷重	静水圧 (kgf/cm ²)	衝水圧 (kgf/cm ²)	土質	管内水				地下水			管頂部		
								遊炭 (mg/l)	ランゲ リア	pH	残塩 (mg/l)	遊炭 (mg/l)	ランゲ リア	pH	比抵抗 (Ω-cm)	pH	レドッ クス (mV)
201	100	40	93	軽交通	5.2		粘土	2.6	-1.60	7.1	0.40				6,380	6.6	420
202	75	45	100	無し	4.0		砂	2.6	-1.40	7.1	0.40				11,200	6.9	429
203	150	34	120	無し	5.0		粘土	3.5	-1.40	7.2	0.15				3,480	7.6	521
204	150	40	120	無し	4.0	2.0	粘土	5.3	-1.40	7.1	0.20				3,350	7.6	604
205	75	41	120	無し	5.0	2.0	粘土	7.3	-1.50	7.0	0.20				2,650	6.9	621
206	125	33	120	軽交通	5.1	0.4	砂	4.4	-2.60	6.8	0.20				300	8.5	646
207	75	32	100	軽交通	3.0	2.0	砂	23.1	0.10	7.6	0.20				1,470	7.6	581
208	75	32	80	無し	4.0		砂	6.9	-1.90	6.8	0.10				9,230	6.7	566
209	100	50	120	軽交通	5.0		砂	13.3	-0.80	7.2	0.20				5,750	6.8	545
210	100	35	120	無し	3.0	0.3	砂	0.8	-0.70	7.6	0.20				10,350	7.7	574
211	75	35	120	無し	3.4	0.3	砂	2.8	-0.30	7.6	0.30				3,430	8.6	631
212	75	42	90	無し	7.4	5.0	シルト	17.0	-1.40	6.9	0.20				2,500	6.1	606
213	125	31	90	軽交通	1.0		粘土	2.8	-1.00	7.7	0.10				5,700	7.2	529
214	50	38	100	無し	4.1		ローム	6.1	-1.50	7.1	0.30				8,130	7.3	481
215	150	47	120	無し	6.5	3.0	砂	11.7	-1.90	6.8	0.40				5,380	8.0	605
216	125	35	130	軽交通	6.5	3.0	粘土	4.4	-1.70	6.9	0.30				3,580	7.0	594
217	100	42	120	無し	6.5	3.0	砂	5.6	-1.70	6.8	0.30				3,130	8.3	566
218	100	42	120	無し	6.5	3.0	シルト	8.4	-1.90	6.8	0.20				3,650	6.7	599
219	150	-															
220	200	-															
221	200	-															
222	200	-															

土 壤		管 底 部 土 壤					表 乾	絶 乾	吸 水 率	中 性 化 率			強 度			備 考
含水比 (%)	硫化物	比抵抗 (Ω -cm)	pH	レドックス (mV)	含水比 (%)	硫化物	比 重	比 重	(%)	曲 げ (%)	圧 縮 (%)	圧 壊 (%)	曲 げ (kgf/ cm ²)	引 張 (kgf/ cm ²)	圧 壊 (kgf/ cm ²)	
23	なし	6,380	6.6	420	23	なし	1.83	1.56	17.4	48	44	43	134	129	304	
24	なし	32,000	7.3	393	5	なし	2.01	1.50	34.5	27	14	33	202	248	765	
27	微量	2,850	7.7	497	18	微量	2.07	1.74	19.3	22	19	19	177	180	524	
33	なし	2,100	7.5	564	41	なし	1.94	1.62	20.1	23	24	40	180	198	499	
31	なし	2,770	7.2	589	20	なし	2.00	1.72	16.2	64	42	50	177	221	568	
14	なし	300	8.5	646	14	なし	2.11	1.77	19.1	22	22	21	175	188	479	
15	あり	880	7.8	592	20	なし	1.87	1.42	31.2	60	55	45	132	57	289	
63	なし	9,190	6.7	574	63	なし	1.93	1.47	30.8	43	52	43	156	96	309	
10	なし	4,150	7.0	540	48	なし	2.15	1.86	15.9	23	28	22	244	301	729	
3	なし	7,450	8.3	653	4	なし	2.02	1.67	20.4	34	36	36	146	149	391	
15	なし	8,600	8.5	639	15	なし	1.94	1.52	27.4	43	38	45	147	87	428	
9	なし	2,950	6.1	591	9	なし	2.01	1.68	19.8	28	36	35	202	234	609	
13	微量	5,770	7.7	567	12	なし	2.18	1.87	16.5	25	27	29	240	307	426	
54	なし	9,330	7.2	479	60	なし	2.02	1.60	26.1	51	40	45	157	225	534	
11	なし	5,880	7.9	595	14	なし	2.06	1.76	16.9	30	25	16	243	253	610	
24	あり	2,700	7.7	528	24	あり	2.09	1.74	20.3	27	25	27	170	222	620	
12	なし	4,350	8.4	646	18	なし	1.98	1.65	20.1	37	28	47	188	222	554	
19	なし	2,050	6.8	585	21	なし	2.14	1.86	14.8	27	29	16	223	231	623	
							2.05	1.88	9.0	0	0	0	281	270	553	未使用管 未使用管 昭和54年製造
							2.05	1.91	7.0	0	1	3	250	84	500	
							2.10	1.94	8.0	0	1	0	257	146	474	未使用管 未使用管
							2.06	1.85	11.0	3	0	4	221	241	573	昭和58年製造

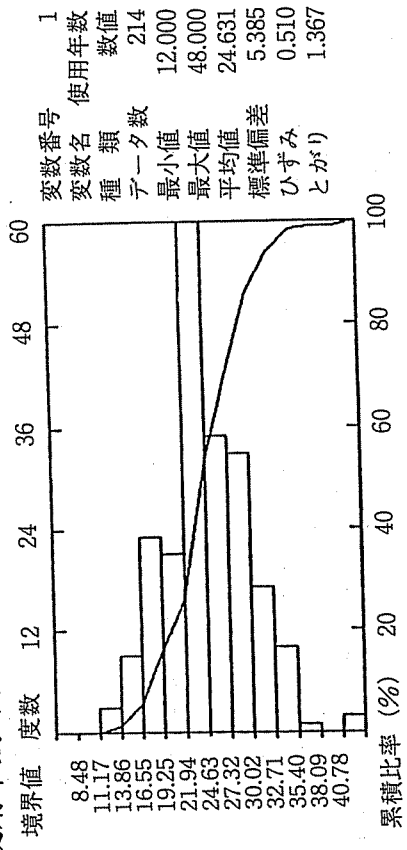
呼び径 (mm)



土被り (cm)

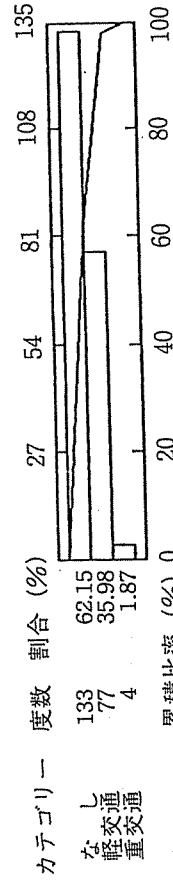


使用年数 (年)



輪荷重

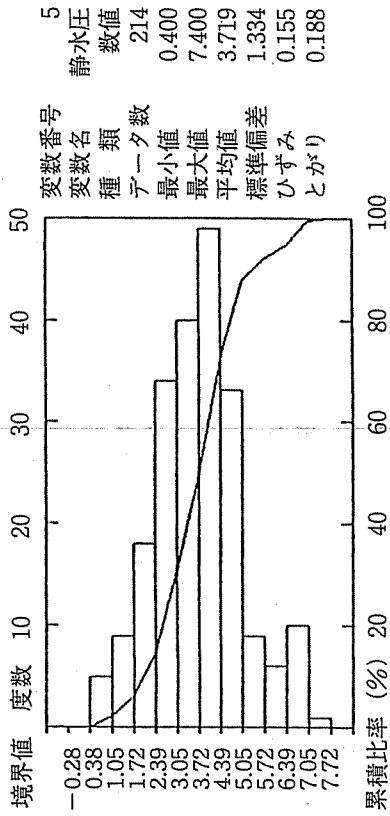
変数番号=4 変数名=輪荷重 種類=層別用変数 データ数=214



参考図 2.5-1 ヒストグラム

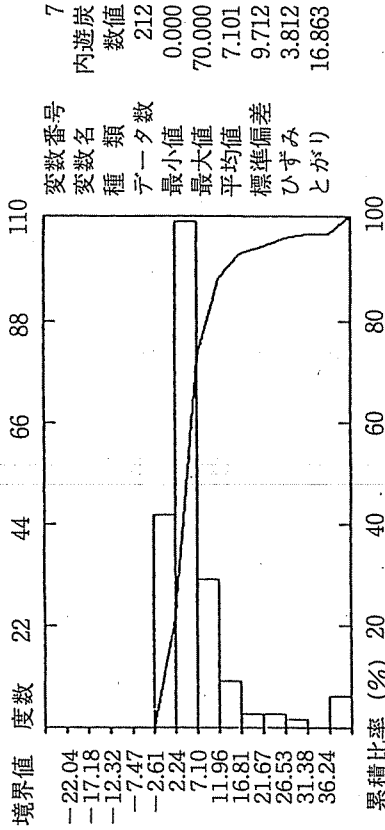
管内水

静水圧 (kgf/cm²)



変数番号 5
変数種類 静水圧
データ数 214
最小値 0.400
最大値 7.400
平均値 3.719
標準偏差 1.334
ひずみ 0.155
とがり 0.188

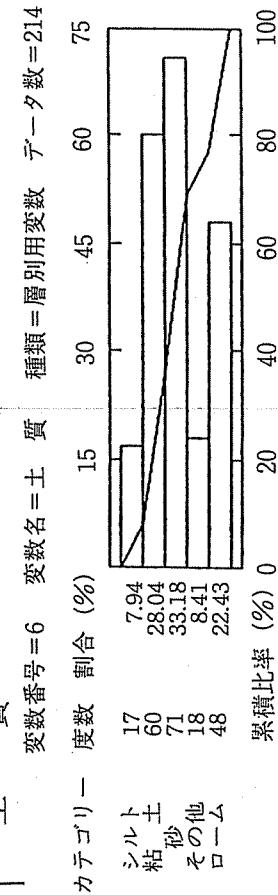
遊離炭酸濃度 (mg/l)



変数番号 7
変数種類 内遊炭
データ数 212
最小値 0.000
最大値 70.000
平均値 7.101
標準偏差 9.712
ひずみ 3.812
とがり 16.863

管内水

ランゲリア指数

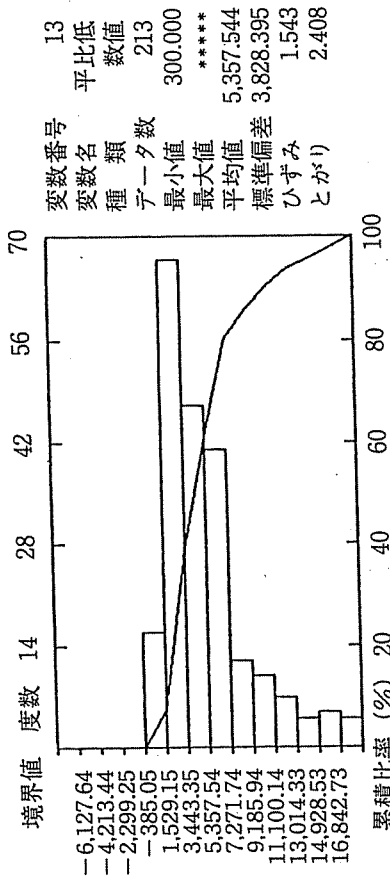


変数番号 = 6 変数名 = 土質 種類 = 層別用変数 データ数 = 214

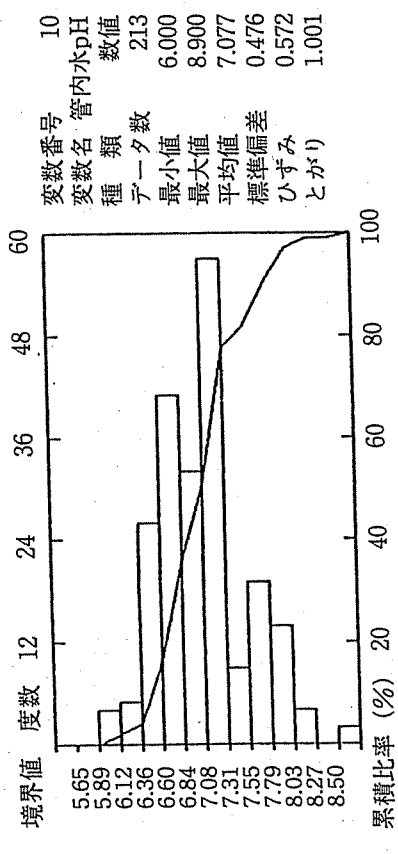
変数番号 9
変数種類 数値
データ数 212
最小値 -3.400
最大値 1.000
平均値 -1.446
標準偏差 0.797
ひずみ 0.455
とがり 0.231

参考図 2.5-2 ヒストグラム

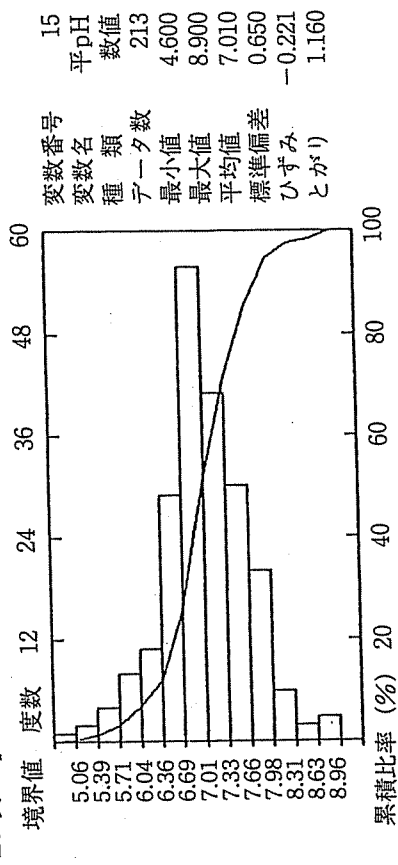
土壌の比抵抗 (Ω-cm) (管頂部と管底部の平均値)



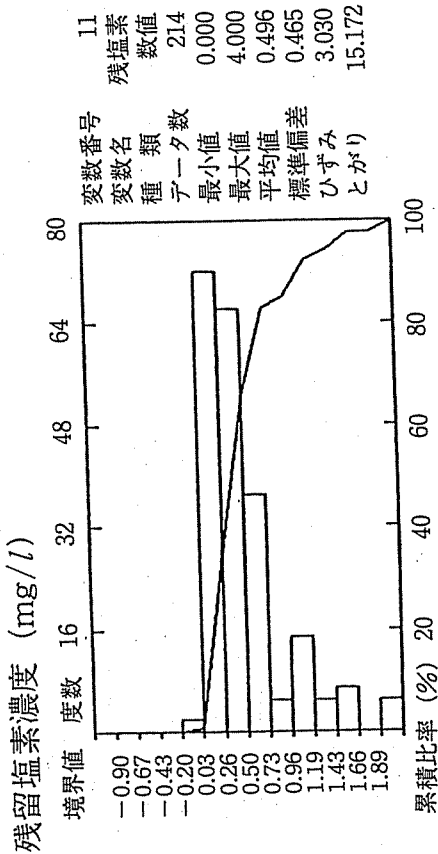
管内水のpH値

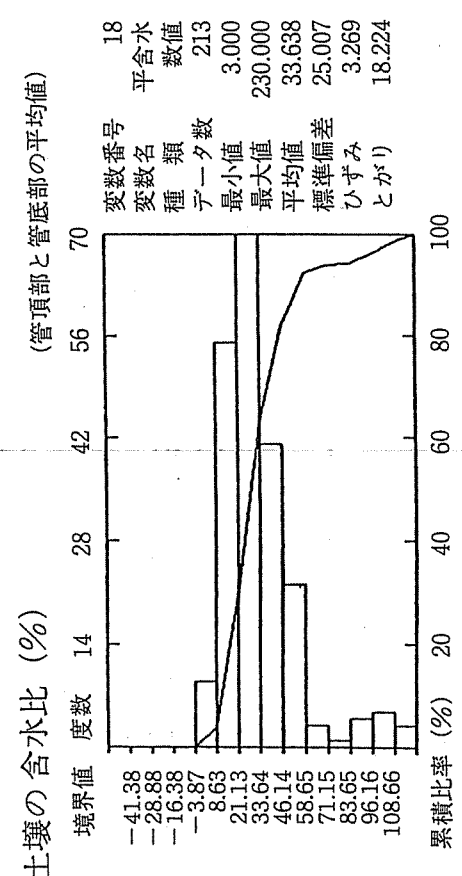
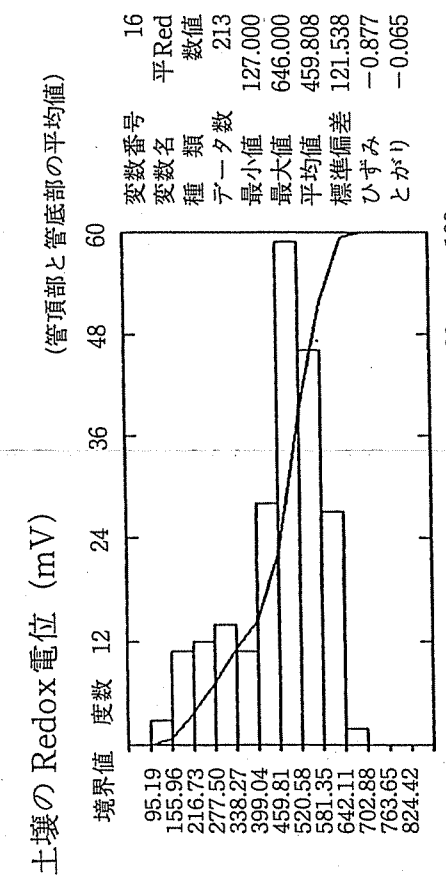
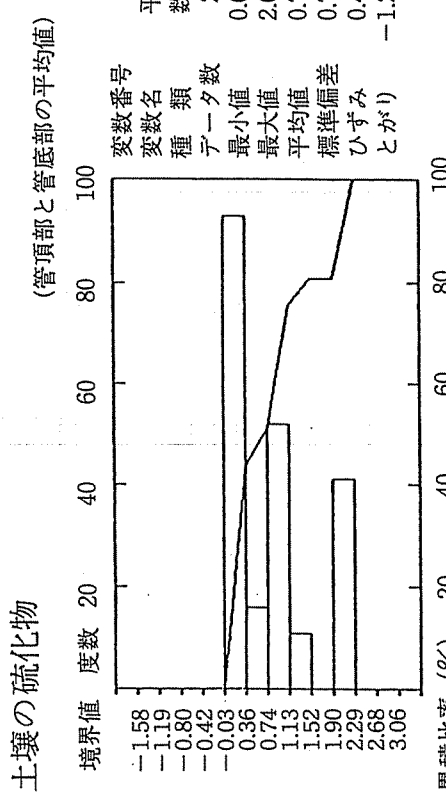


土壌のpH値 (管頂部と管底部の平均値)



管内水 残留塩素濃度 (mg/l)

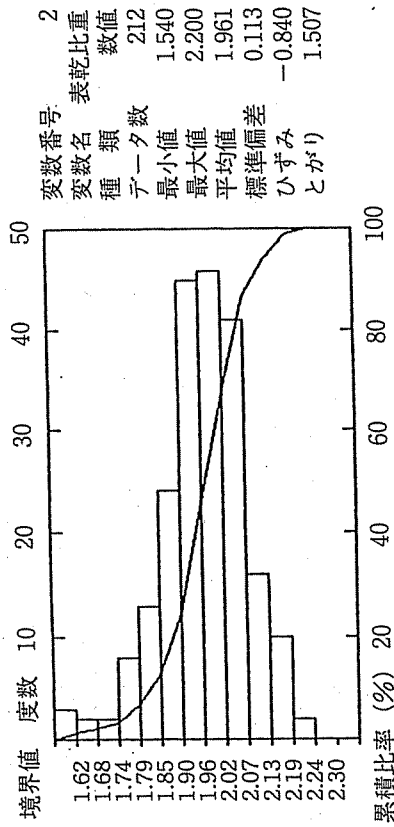




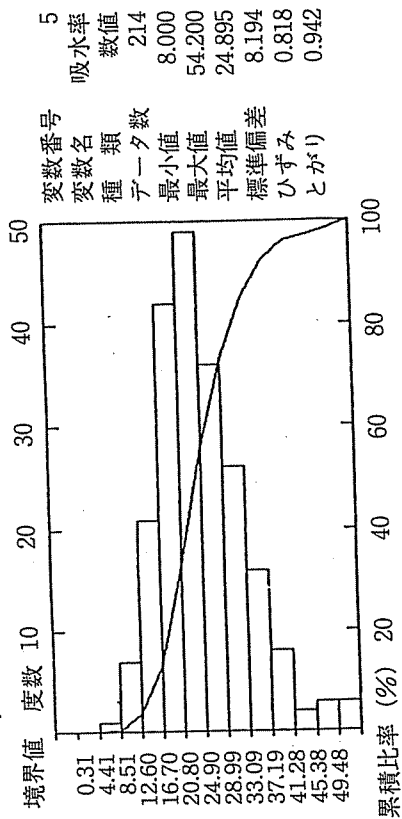
{ 硫化物
 " なし
 " 微量
 " あり
 0点
 1点
 2点
 (管頂部と管底部の平均値をとる為
 (中間値が出て来る。

参考図 2.5-4 ヒストグラム

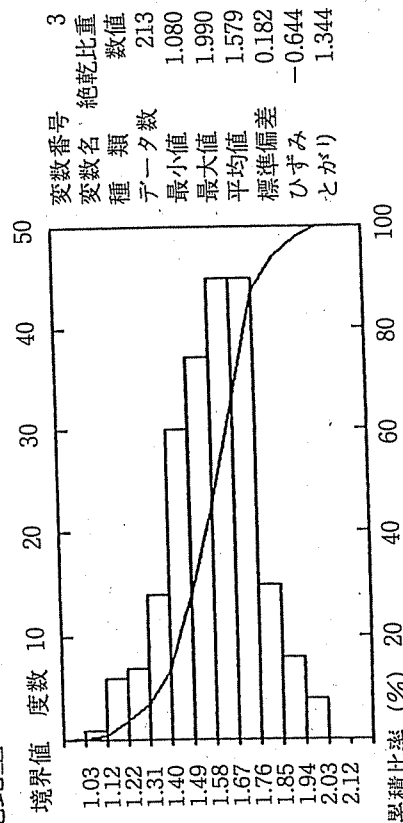
表乾比重



吸水率 (%)

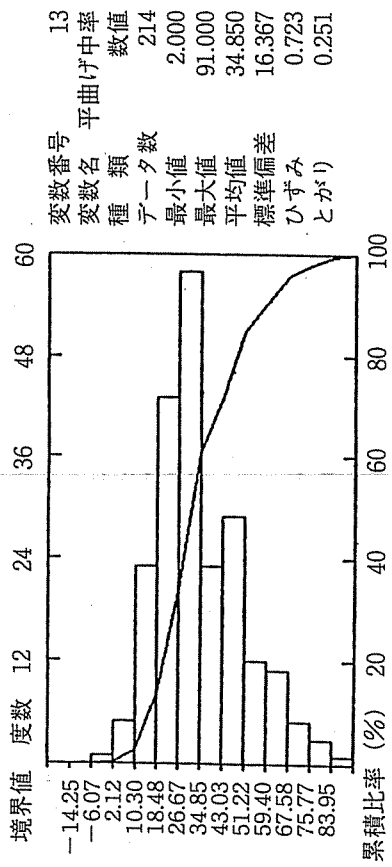


絶乾比重

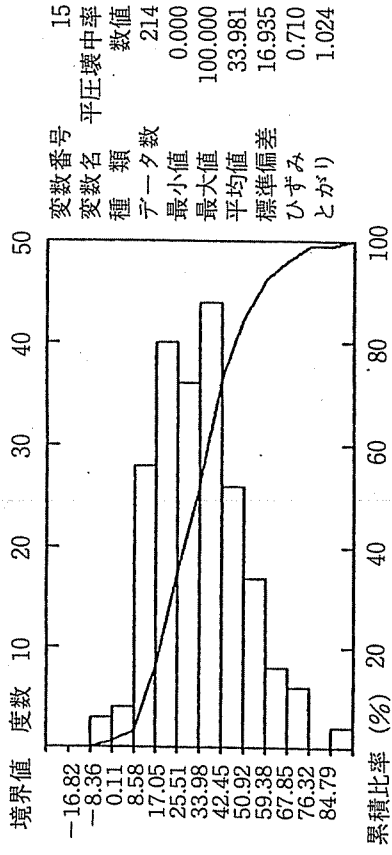


参考図 2.5-5 ヒストグラム

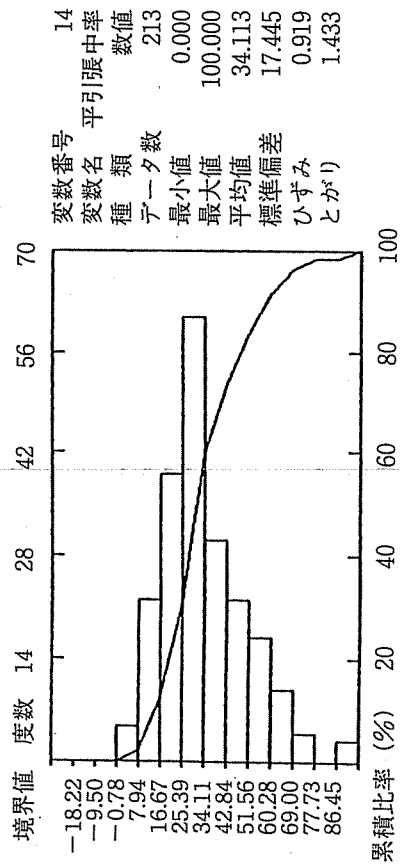
中性化率(曲げ試験) (%)



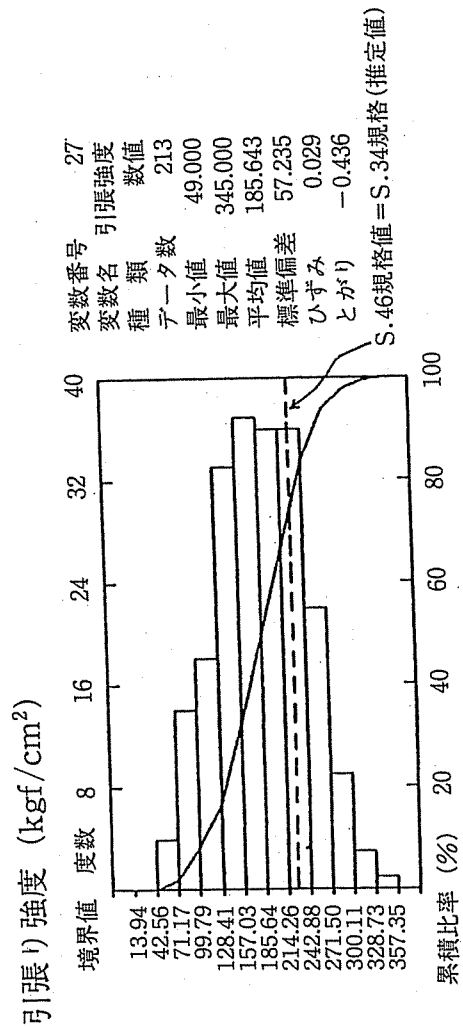
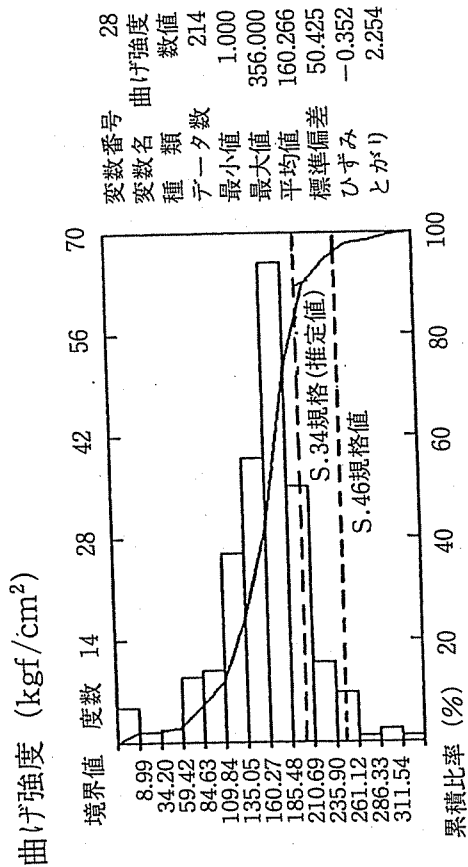
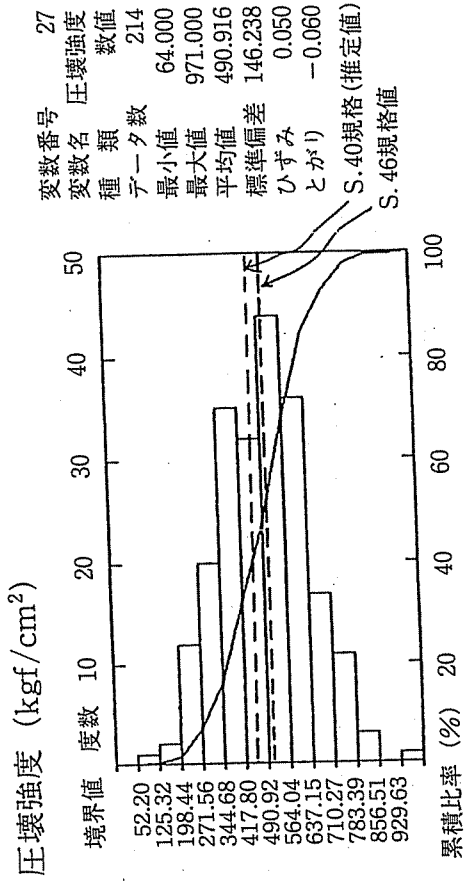
中性化率(圧壊試験) (%)



中性化率(水圧試験) (%)



参考図 2.5-6 ヒストグラム



参考図 2.5-7 ヒストグラム

2.5 相関解析

1) 単回帰分析

a) 強度と使用条件の単相関関係

参考図 2.6 に各強度と主な使用条件の単相関関係を示す。

なお、計測データのうち、異常値と思われるものは除いて解析した（以下同じ）。相関係数の大きなものは次の通りである。

曲げ強度～呼び径……………	相関係数	0.431
〃 ～使用年数……………	〃	-0.409
〃 ～土壌の含水比…	〃	-0.314
引張強度～呼び径……………	〃	0.467
〃 ～使用年数……………	〃	-0.476
圧壊強度～使用年数……………	〃	-0.435

これから、いずれも相関係数は小さく、強度に、単独で、絶対的な影響を及ぼす使用条件はないと言える。

b) 強度と中性化率の関係

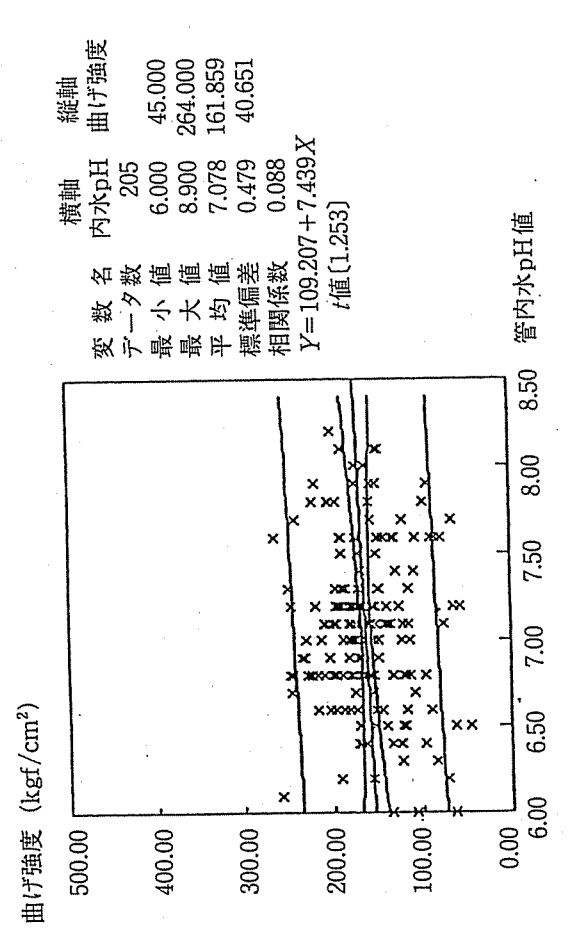
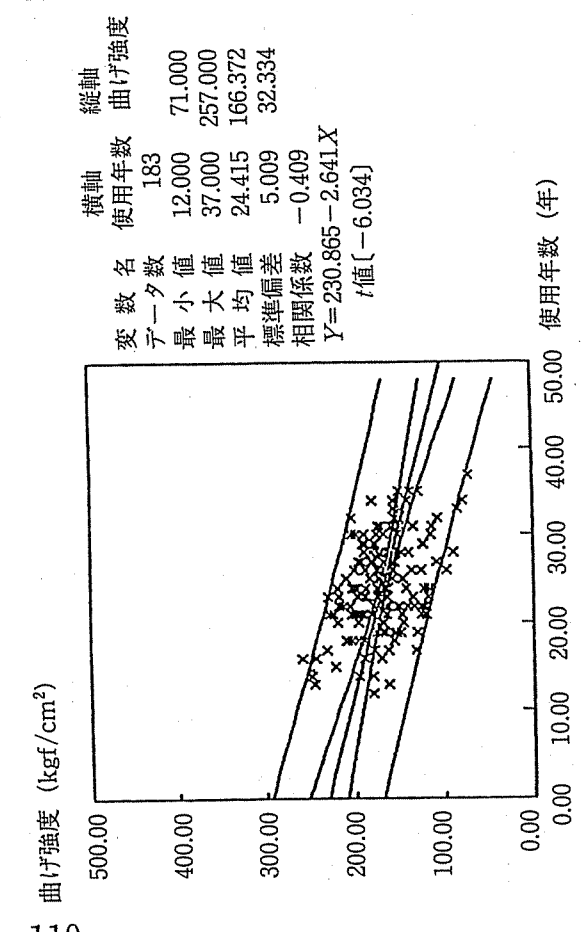
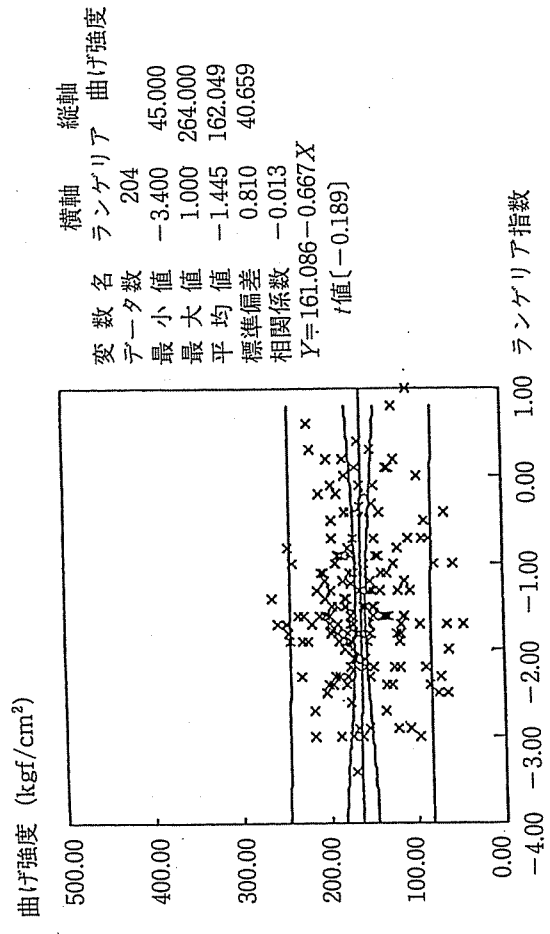
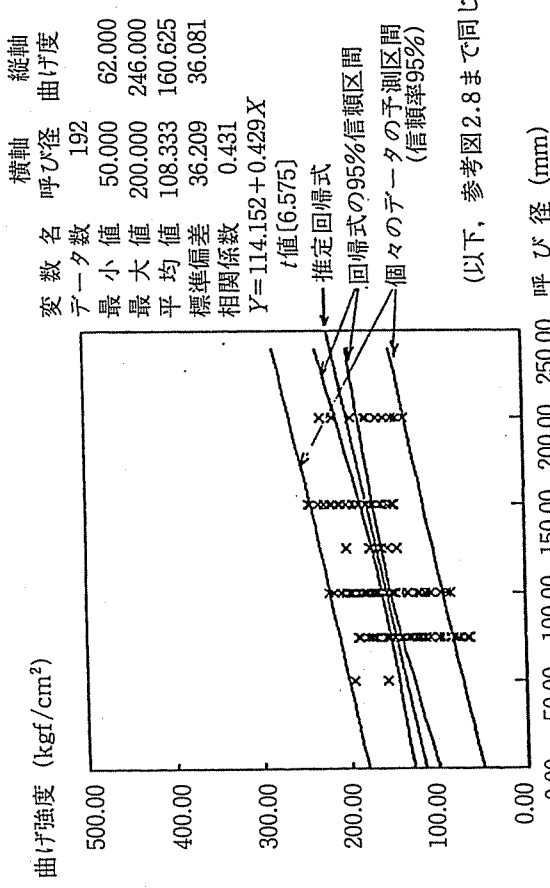
参考図 2.7 に各強度と中性化率の関係を示す。相関係数は曲げ強度の場合-0.526、引張強度の場合-0.357、圧壊強度の場合-0.331となっており、曲げ強度の場合が最も相関が高い。

これから、管体診断法の1つとして中性化率を測ることは有効と考えられ、また、管内面測の中性化の程度を知ることは、セメント分の溶出等を考える上でも重要である。

ただし、中性化率のみから、強度を推定するには誤差があることに注意する必要がある。

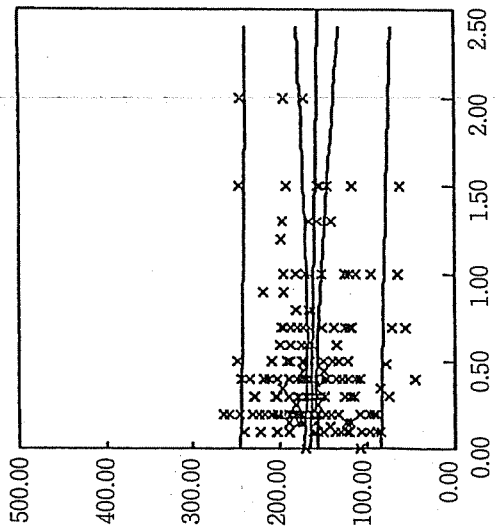
c) 強度と比重・吸水率の関係

参考図 2.8 に各強度と表乾比重、絶乾比重、吸水率の関係を示す。相関係数の絶対値は、0.604～0.685とかなり高い値を示している。従って管体診断法の1つとして、これらを測ることは有効である。ただし、比重・吸水率のみから強度を推定するには誤差があることに注意する必要がある。



参考図 2.6-1 曲げ強度～主な使用条件の単相関係係

曲げ強度 (kgf/cm²)



変数名 残塩素
データ数 206
最小値 0.000
最大値 4.000
平均値 0.484
標準偏差 0.457
相関係数 -0.041
 $Y=163.531-3.638X$
 t 値[-0.586]

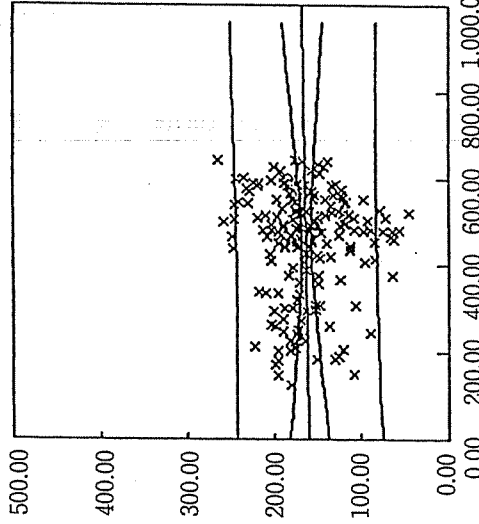
縦軸 曲げ強度

横軸 残塩素

管内水の

残留塩素濃度 (mg/l)

曲げ強度 (kgf/cm²)



変数名 平Red
データ数 205
最小値 127.000
最大値 646.000
平均値 461.595
標準偏差 121.156
相関係数 0.026
 $Y=157.903+0.009X$
 t 値[0.364]

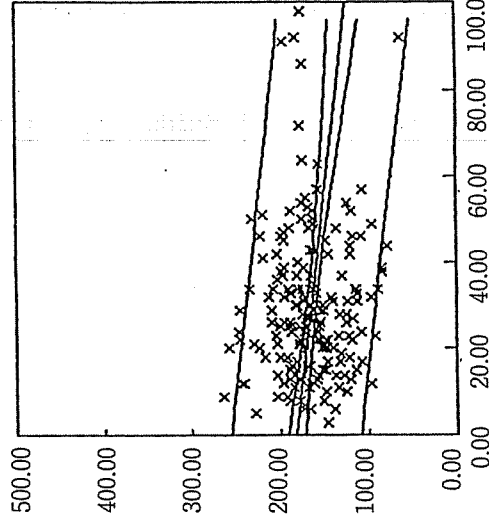
縦軸 曲げ強度

横軸 平Red

土壌の

Redox 電位 (mV)
(管頂部と管底部の平均値)

曲げ強度 (kgf/cm²)



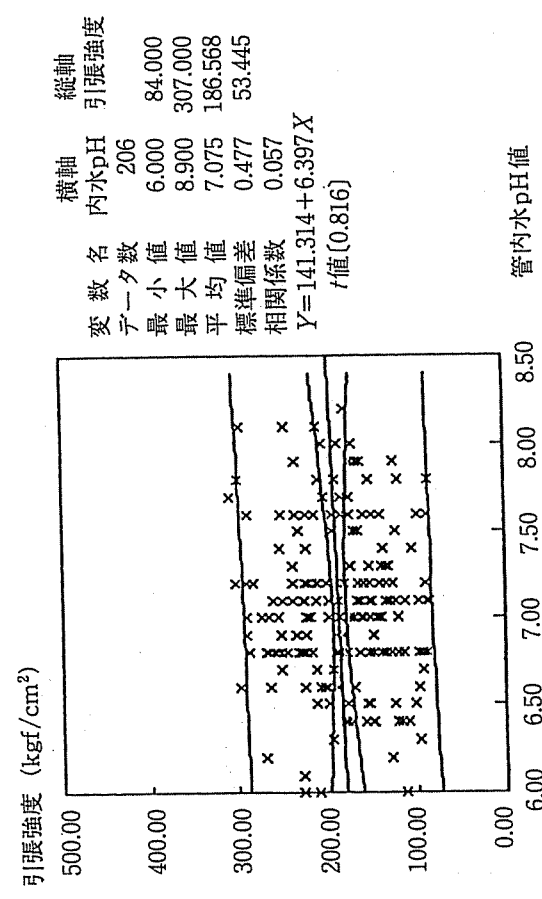
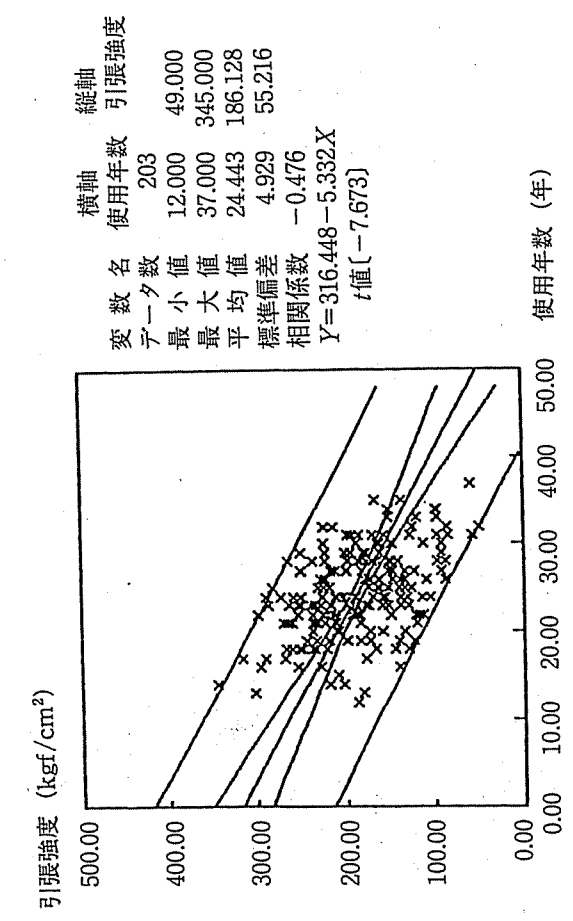
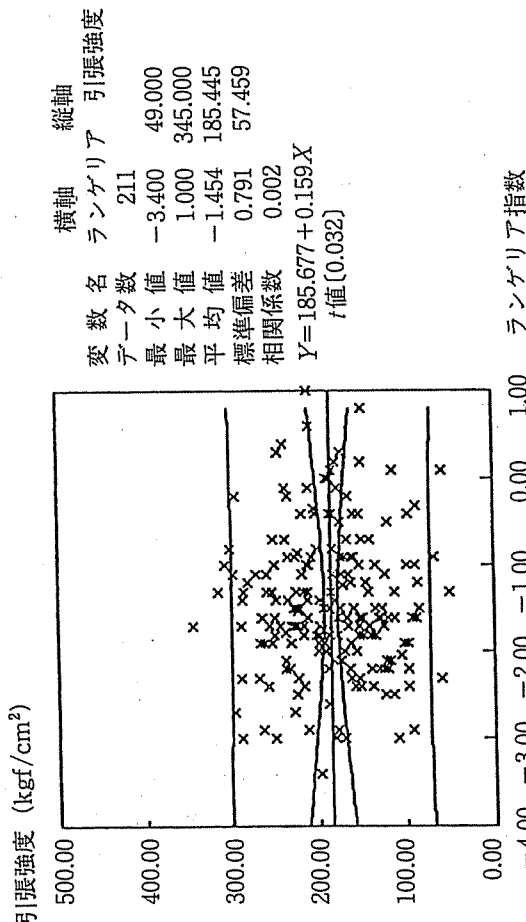
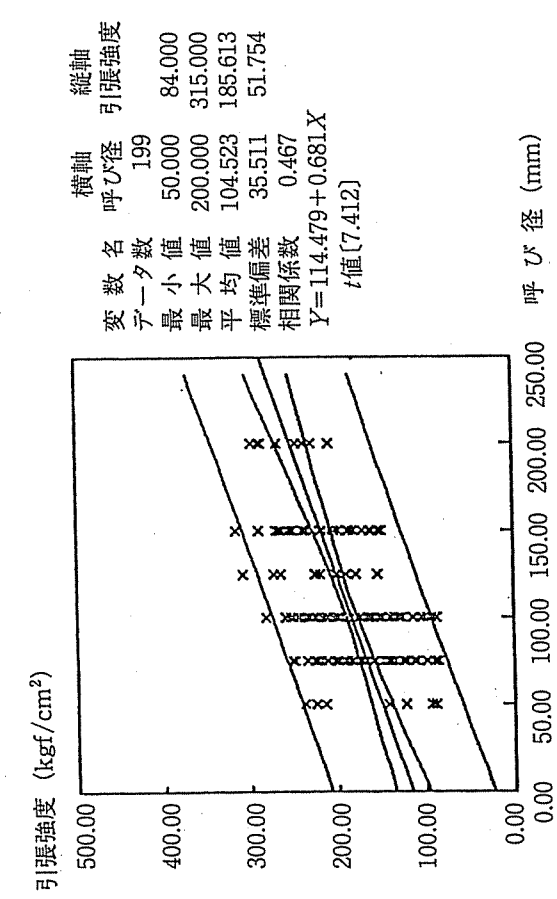
変数名 平含水
データ数 200
最小値 3.000
最大値 124.000
平均値 32.175
標準偏差 20.821
相関係数 -0.314
 $Y=181.727-0.585X$
 t 値[-4.649]

縦軸 曲げ強度

横軸 平含水

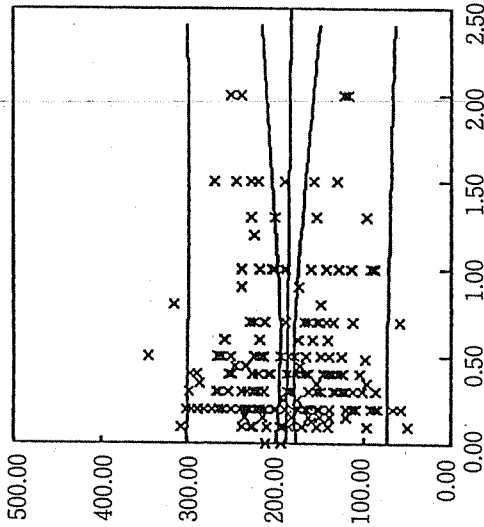
土壌の含水比 (%)
(管頂部と管底部の平均値)

参考図 2.6-2 曲げ強度～主な使用条件の単相関係係



参考図 2.6-3 引張強度～主な使用条件の単相関係係

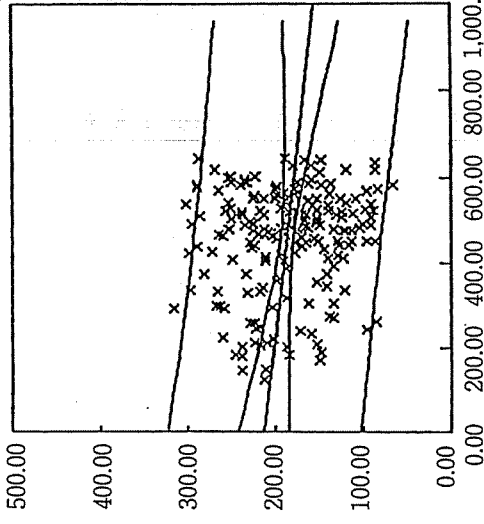
引張強度 (kgf/cm²)



横軸
残塩素
縦軸
引張強度

変数名 213
データ数 0.000
最小値 4.000
最大値 345.000
平均値 0.495
標準偏差 185.643
相関係数 0.466
Y=186.845-2.430X
t値 [-0.287]

引張強度 (kgf/cm²)



横軸
平Red
縦軸
引張強度

変数名 207
データ数 127.000
最小値 66.000
最大値 315.000
平均値 460.353
標準偏差 186.024
相関係数 -0.126
Y=211.918-0.056X
t値 [-1.820]

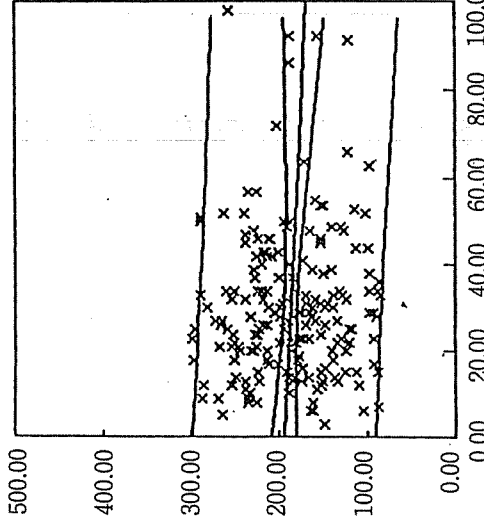
管内水の

残留塩素濃度 (mg/l)

土壌の

Redox 電位 (mV)
(管頂部と管底部)
の平均値

引張強度 (kgf/cm²)



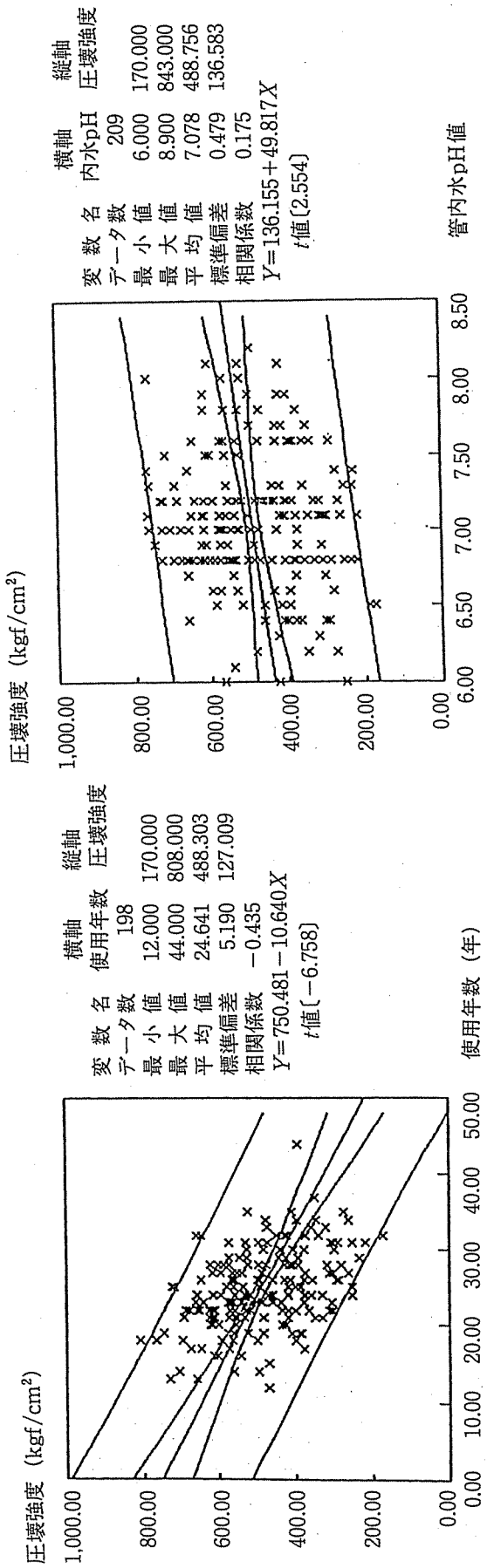
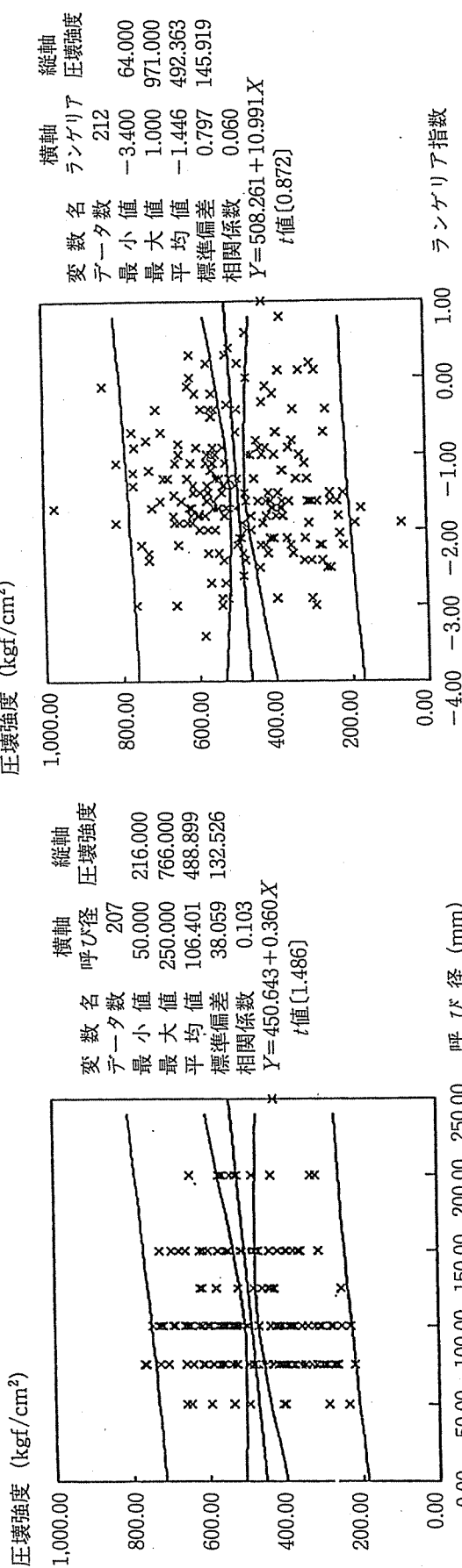
横軸
平含水
縦軸
引張強度

変数名 203
データ数 3.000
最小値 84.000
最大値 298.000
平均値 32.764
標準偏差 185.458
相関係数 -0.101
Y=193.604-0.249X
t値 [-1.436]

土壌の
含水比 (%)

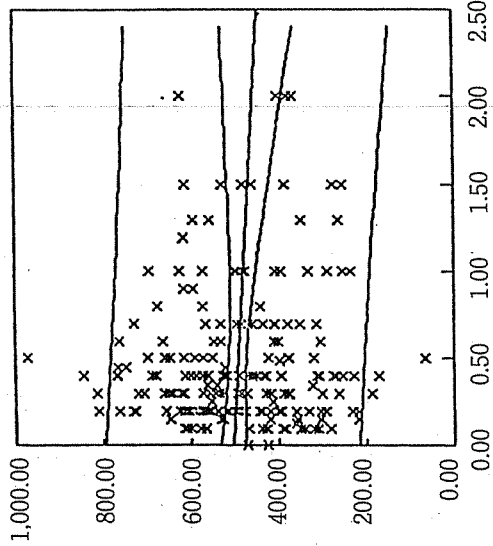
(管頂部と管底部)
の平均値

参考図 2.6-4 引張強度～主な使用条件の単相関係



参考図 2.6-5 圧壊強度～主な使用条件の単相関係

圧壊強度 (kgf/cm²)

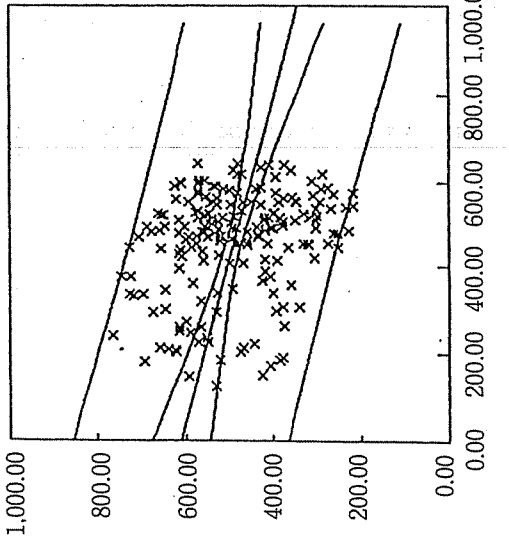


変数名 残塩素
データ数 214
最小値 0.000
最大値 4.000
平均値 0.496
標準偏差 0.465
相関係数 -0.077
 $Y=502.889-24.134X$
t値 [-1.121]

縦軸 圧壊強度

横軸 残塩素

圧壊強度 (kgf/cm²)



変数名 Red
データ数 198
最小値 127.000
最大値 646.000
平均値 461.707
標準偏差 122.633
相関係数 -0.263
 $Y=609.752-0.266X$
t値 [-3.813]

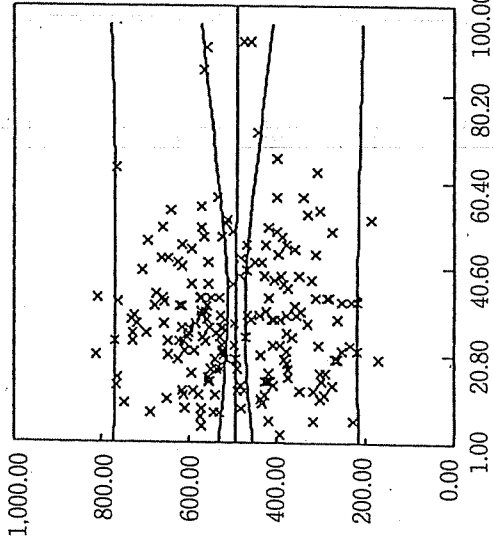
縦軸 圧壊強度

横軸 Red

管内水の
残留塩素濃度 (mg/l)

土壌の
Redox電位 (mV)
(管頂部と管底部
の平均値)

圧壊強度 (kgf/cm²)



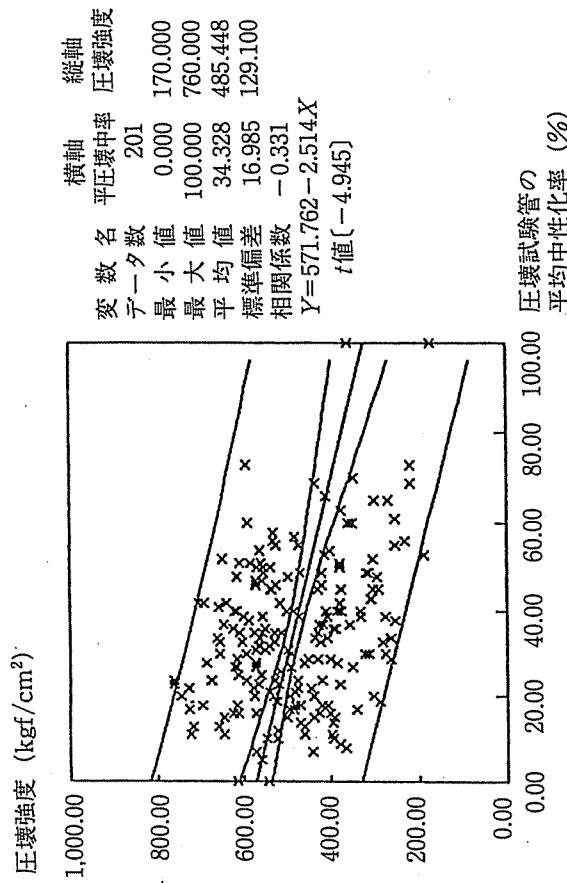
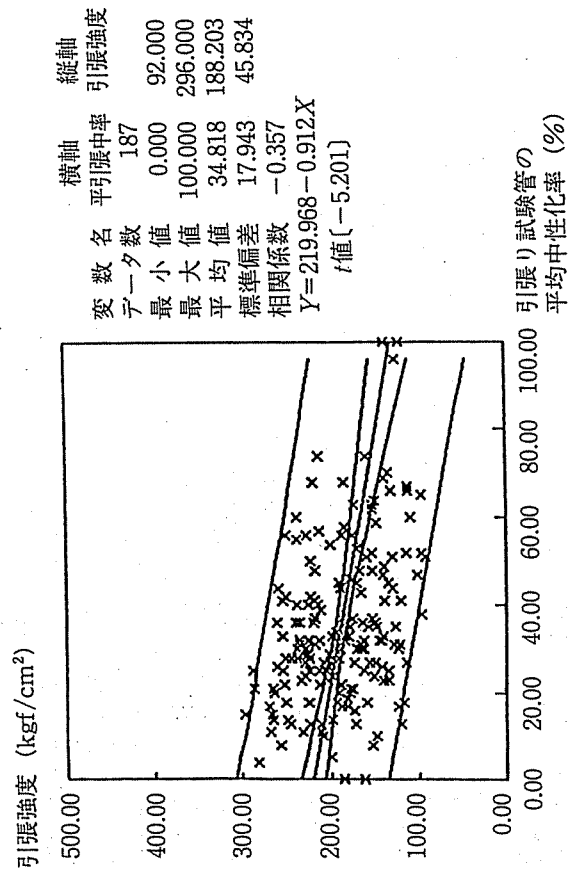
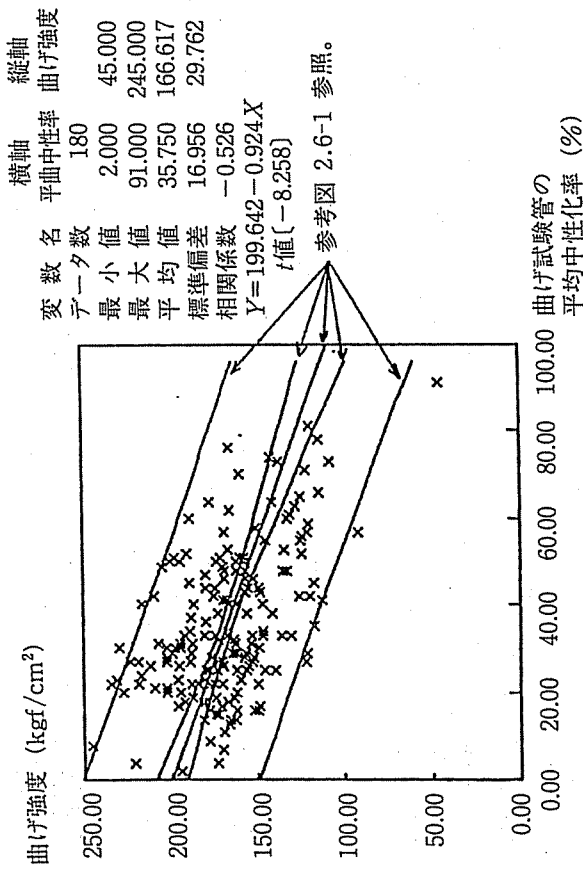
変数名 平含水
データ数 203
最小値 3.000
最大値 92.000
平均値 29.946
標準偏差 16.086
相関係数 -0.003
 $Y=492.048-0.027X$
t値 [-0.044]

縦軸 圧壊強度

横軸 平含水

土壌の
含水比 (%)
(管頂部と管底部
の平均値)

参考図2.6-6 圧壊強度～主な使用条件の単相関係



参考図 2.7 強度～中性化率の関係

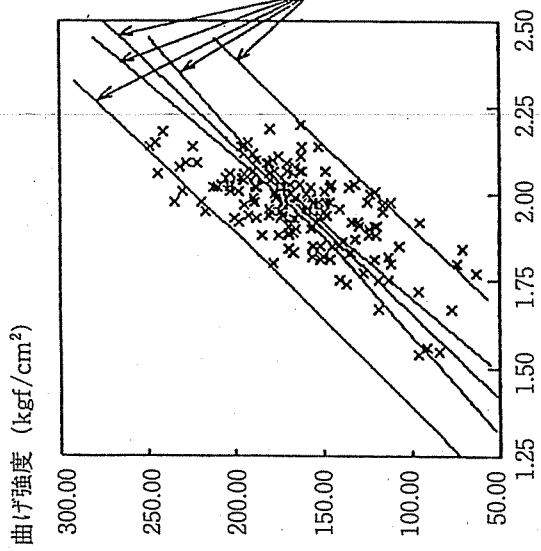
縦軸 曲げ強度
横軸 表乾比重

変数名 189
データ数 1.540
最小値 2.200
最大値 1.963
平均値 0.116
標準偏差 0.680
相関係数 $Y = -242.784 + 206.967X$
 t 値 [12.676]

縦軸 曲げ強度
横軸 表乾比重

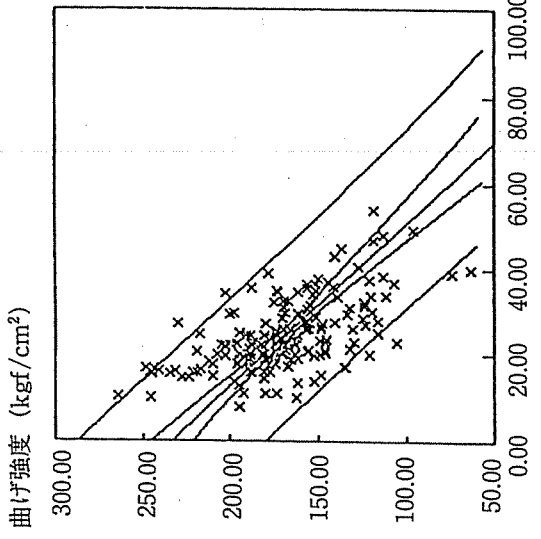
変数名 189
データ数 1.540
最小値 2.200
最大値 1.963
平均値 0.116
標準偏差 0.680
相関係数 $Y = -242.784 + 206.967X$
 t 値 [12.676]

参考図 2.6-1 参照。



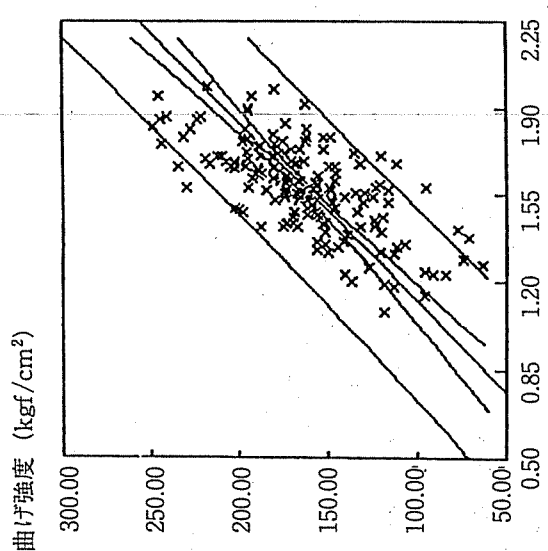
縦軸 曲げ強度
横軸 吸水率

変数名 188
データ数 8.000
最小値 54.200
最大値 24.834
平均値 8.306
標準偏差 -0.634
相関係数 $Y = 232.805 - 2.605X$
 t 値 [-11.178]

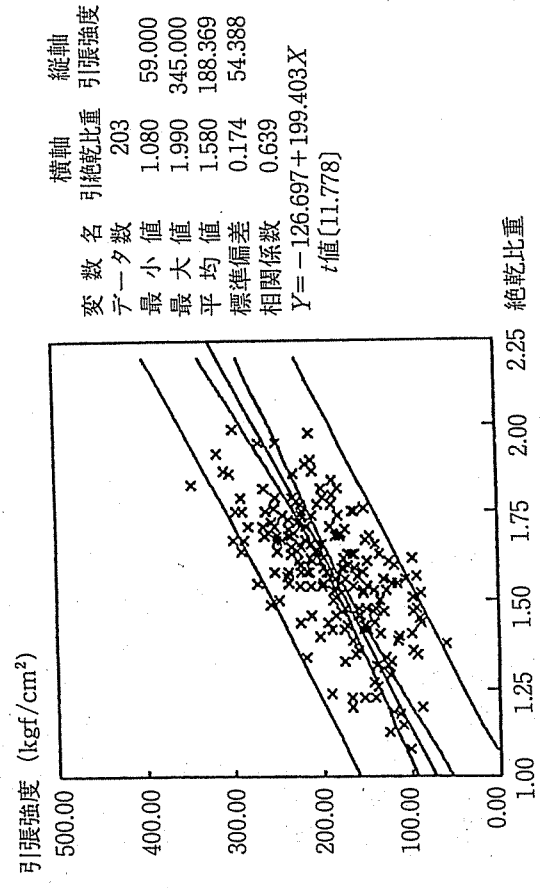
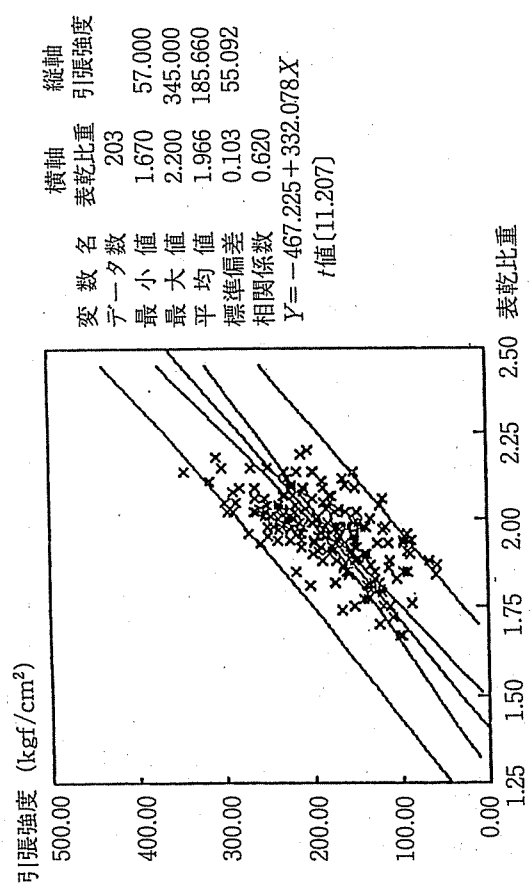
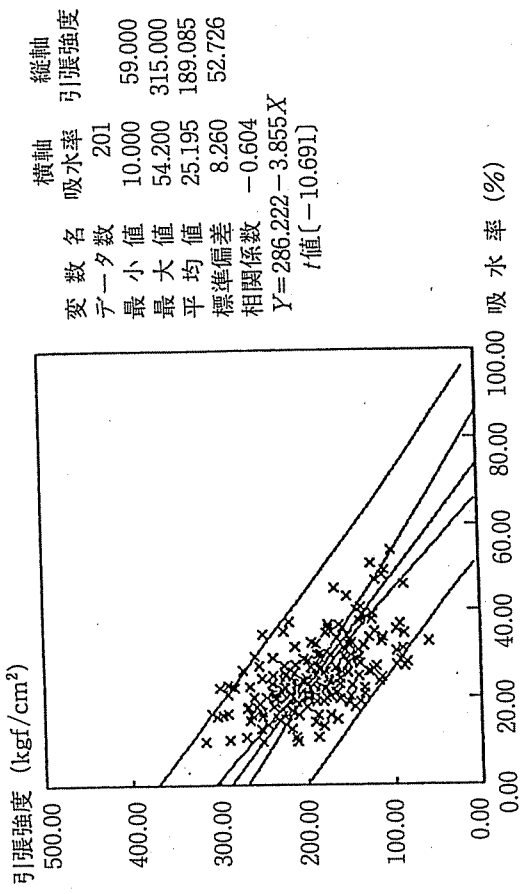


縦軸 曲げ強度
横軸 曲飽乾比重

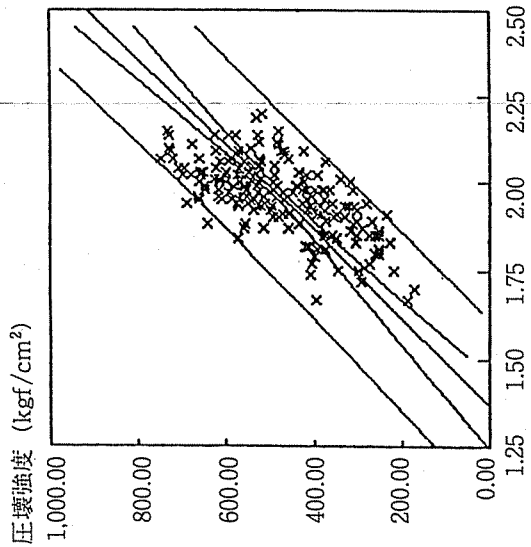
変数名 188
データ数 1.080
最小値 1.990
最大値 1.584
平均値 0.176
標準偏差 0.685
相関係数 $Y = -55.849 + 138.610X$
 t 値 [12.822]



参考図 2.8-1 曲げ強度～比重等の関係



参考図 2.8-2 引張強度～比重等の関係

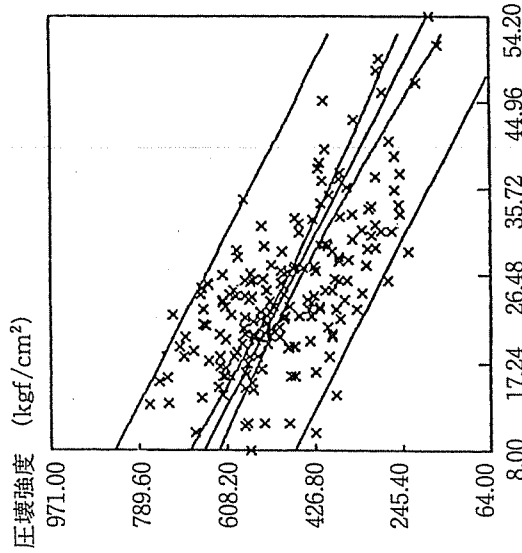


縦軸 圧壊強度
横軸 表乾比重

変数名 194
 一ツ数 1.670
 小値 170.000
 大値 745.000
 平均値 480.460
 標準偏差 128.700
 相関係数 0.641

$Y = -1,102.610 + 806.270X$
 r 値 [11.568]

表乾比重

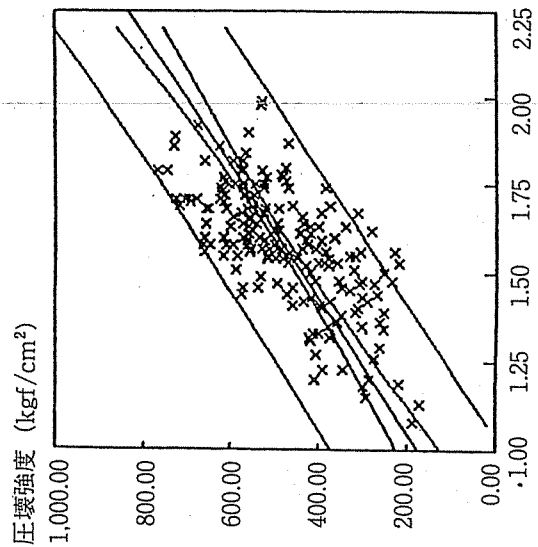


縦軸 圧壊強度
横軸 吸水率

変数名 192
 一ツ数 8.000
 小値 170.000
 大値 766.000
 平均値 483.958
 標準偏差 123.875
 相関係数 -0.667

$Y = 734.997 - 10.076X$
 r 値 [-12.335]

吸水率 (%)



縦軸 圧壊強度
横軸 絶対比重

変数名 194
 一ツ数 1.080
 小値 170.000
 大値 766.000
 平均値 478.763
 標準偏差 130.517
 相関係数 0.677

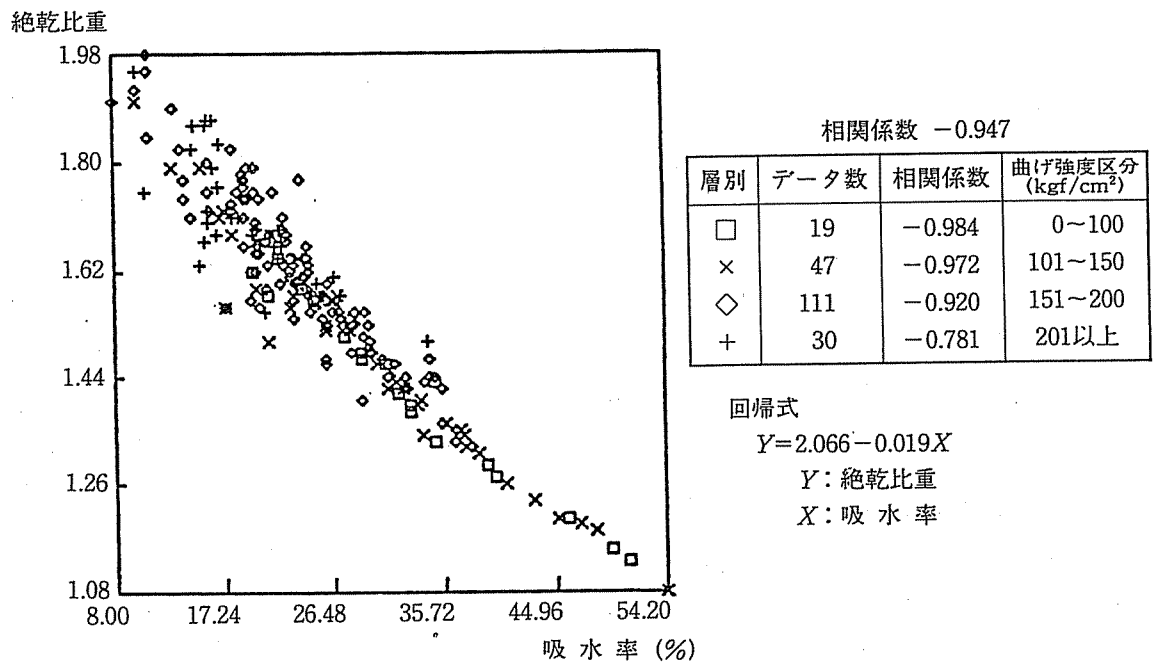
$Y = -353.958 + 526.832X$
 r 値 [12.751]

絶対比重

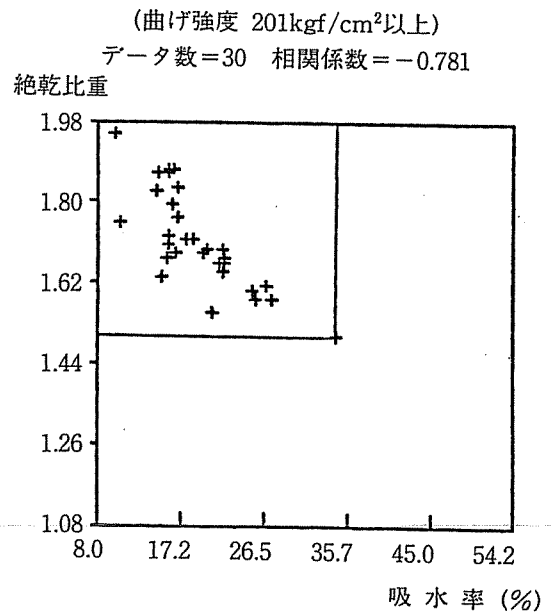
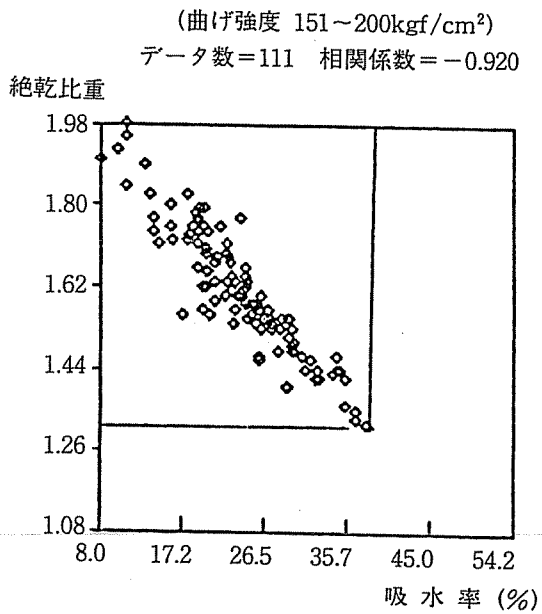
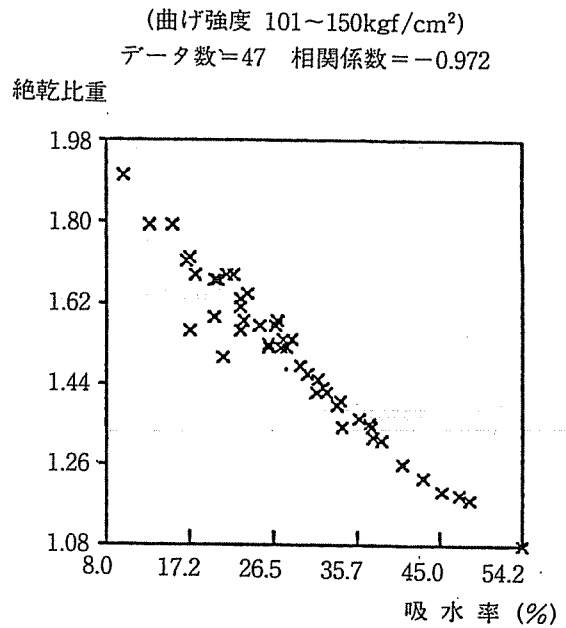
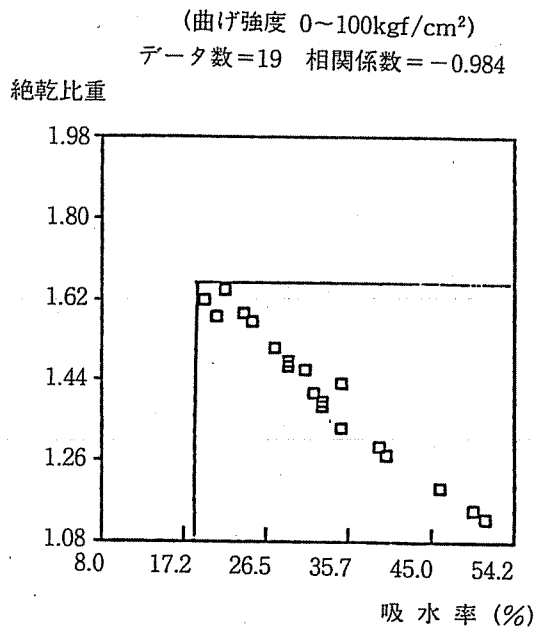
参考図 2.8-3 圧壊強度～比重等の関係

各強度と表乾比重、絶乾比重、吸水率の相関がかなり高いことから、例として曲げ強度—絶乾比重—吸水率の関係を1つの図にまとめると参考図2.9のようになる。

これらの図から、①絶乾比重と吸水率の関係は曲げ強度の大小にかかわらず1つの回帰式で示される、②層別散布図を見ると、曲げ強度の層毎にデータの分布範囲が限定される傾向はあるが、重なり合う部分も多く、明確な層別はできない。



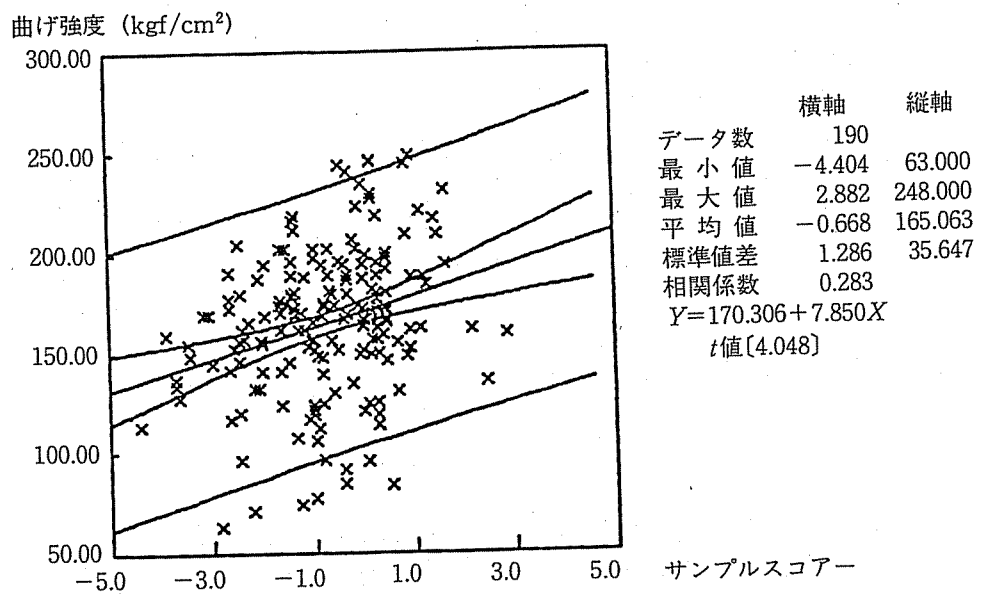
参考図2.9-1 曲げ強度—絶乾比重—吸水率の関係
(全体散布図)



参考図 2.9-2 曲げ強度-絶乾比重-吸水率の関係 (層別散布図)

[参考]

強度推定法検討時のサンプル（データが欠落しているものを除いて190本）に、1.2節の数量化理論II類による評価モデル（参考表1.2）を適用しサンプルスコアを計算してみた（ただし、数量化理論II類による評価モデルの中の地質は原地盤のものを指し、強度推定法検討時に収集した地質は埋戻し土のものであるが、これらを同じものとして扱った）。そして曲げ強度とサンプルスコアの関係を実回帰分析すると参考図2.10のようになった。



参考図2.10 曲げ強度とサンプルスコアの関係

参考図2.10から、曲げ強度とサンプルスコアの相関は低い（相関係数は0.283）。この原因としては次のことが考えられる。

- a) 異なった地質情報を同一のものとして取り扱っていること。
- b) 数量化理論II類による評価モデルは、単に管の強度低下による事故のほかに、管の強度低下と直接関係しない継手の漏水事故・ボルトの腐食、管の強度が規格値を満たしていても破損につながる地盤の不同沈下による事故・交通量増大による事故等（第三者による事故を除く）すべての事故を扱っていること。

2) 重回帰分析

各強度と使用条件の重回帰分析を行った。

その際、次のような事前作業を行った。

- a) 計測データのうち、異常値と思われるものは解析から除いた。
- b) 地下水のある場合のデータ (34件) と地下水のない場合のデータ (180件) について各強度の母平均、母分散を比較したが有意差なしと判定された。

従って地下水の有無は区別せずに取り扱い、地下水に関するデータは用いなかった。

- c) 輪荷重、土質等の層別データは用いなかった。

重回帰分析は基本的には変量増減法により、重相関係数が大きくなるように繰返し計算した。すなわち、各説明変数について強度への寄与の程度をチェックすべく、t分布により検定するとともに、診断時の便を考えてできるだけ少ない説明変数で大きな重相関係数を得るよう心掛けた。最終的には次のような結果になった。

- a) 曲げ強度

参考表 2. 4

No.	説明変数	偏回帰係数	標準回帰係数	t 値
2	呼び径	0.426	0.469	7.497
1	使用年数	-1.933	-0.296	-4.756
10	水、pH	14.205	0.199	3.228
18	土、含水比	-0.670	-0.440	-7.169

定数項	81.873
残差平方和 (SE)	69,356.148
重相関係数 (R)	0.725
寄与率 (R**2)	0.525
自由度調節済寄与率	0.511
二重調節済寄与率	0.496
残差の自由度 DF (E)	127.000
残差の標準偏差	23.369

重回帰式

$$y_1 = 0.43x_1 - 1.93x_2 + 14.21x_3 - 0.67x_4 + 81.9 \dots\dots\dots \text{参考式 2.3}$$

y_1 : 曲げ強度 (kgf/cm²)

x_1 : 呼び径 (mm)

x_2 : 使用年数 (年)

x_3 : 水道水のpH値

x_4 : 土壌の含水比 (%)

本式を用いた曲げ強度の試算結果を参考表 2.7 に示す。

b) 引張強度

参考表 2.5

No.	説明変数	偏回帰係数	標準回帰係数	t 値
2	呼び径	0.615	0.564	10.278
1	使用年数	-4.574	-0.522	-9.500
9	水、ランゲリア指数	-15.048	-0.291	-4.441
10	水、pH	23.091	0.265	4.009
11	残留塩素	10.653	0.125	2.286
18	土、含水比	-0.181	-0.116	-2.058

定数項	50.526
残差平方和 (S E)	100,746.781
重相関係数 (R)	0.785
寄与率 (R**2)	0.616
自由度調節済寄与率	0.600
二重調節済寄与率	0.584
残差の自由度 D F (E)	139.000
残差の標準偏差	26.922

重回帰式

$$y_2 = 0.62x_1 - 4.57x_2 - 15.05x_3 + 23.09x_4 + 10.65x_5 - 0.18x_6 + 50.5$$

..... 参考式 2.4

- y_2 : 引張強度 (kgf/cm²)
- x_1 : 呼び径 (mm)
- x_2 : 使用年数 (年)
- x_3 : 水道水のランゲリア指数
- x_4 : 水道水のpH値
- x_5 : 水道水の残留塩素濃度 (mg/l)
- x_6 : 土壌の含水比 (%)

本式を用いた引張強度の試算結果を参考表 2. 8 に示す [ただし、残留塩素濃度とランゲリア指数は平均値 (一定値) を用いた]。

c) 圧壊強度

参考表 2. 6

No.	説明変数	偏回帰係数	標準回帰係数	t 値
1	使用年数	-9.749	-0.545	-8.234
9	水、ランゲリア指数	-33.999	-0.303	-3.917
10	水、pH	67.955	0.352	4.617
16	土、Redox	-0.209	-0.288	-4.187
18	土、含水比	-0.735	-0.178	-2.607

定数項	326.391
残差平方和 (S E)	719,772.750
重相関係数 (R)	0.646
寄与率 (R**2)	0.417
自由度調節済寄与率	0.396
二重調節済寄与率	0.376
残差の自由度 D F (E)	139.000
残差の標準偏差	71.960

重回帰式

$$y_3 = -9.75x_1 - 34.00x_2 + 67.96x_3 - 0.21x_4 - 0.74x_5 + 326.4$$

..... 参考式 2.5

y_3 : 圧壊強度 (kgf/cm²)

x_1 : 使用年数 (年)

x_2 : 水道水のランゲリア指数

x_3 : 水道水のpH値

x_4 : 土壌のレドックス電位 (mV)

x_5 : 土壌の含水比 (%)

本式を用いた圧壊強度の試算結果を参考表 2.9 に示す [ただし、ランゲリア指数は平均値 (一定値) を用いた]。

参考表 2.7 曲げ強度試算

曲げ強度 (kgf/cm²)

$A1 = -1.933$; $A2 = 0.426$; $A10 = 14.205$; $A18 = -0.67$; 定数項 = 81.87

呼び径 = 50mm

含水比		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	含水比		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
N=10年 (使用年数)	pH=6.0	169	162	156	149	142	135	129	122	115	109	102	pH=6.0	212	205	198	191	185	178	171	165	158	151	145	
	pH=7.0	183	176	170	163	156	150	143	136	130	123	116	pH=7.0	226	219	212	206	199	192	186	179	172	165	159	
	pH=8.0	197	191	184	177	171	164	157	150	144	137	130	pH=8.0	240	233	227	220	213	206	200	193	186	180	173	
	pH=9.0	212	205	198	191	185	178	171	165	158	151	145	pH=9.0	254	247	241	234	227	221	214	207	201	194	187	
N=20年	pH=6.0	150	143	136	130	123	116	109	103	96	89	83	pH=6.0	192	186	179	172	165	159	152	145	139	132	125	
	pH=7.0	164	157	150	144	137	130	124	117	110	104	97	pH=7.0	206	200	193	186	180	173	166	160	153	146	139	
	pH=8.0	178	171	165	158	151	145	138	131	124	118	111	pH=8.0	221	214	207	201	194	187	180	174	167	160	154	
	pH=9.0	192	186	179	172	165	159	152	145	139	132	125	pH=9.0	235	228	221	215	208	201	195	188	181	175	168	
N=30年	pH=6.0	130	124	117	110	104	97	90	83	77	70	63	pH=6.0	173	166	160	153	146	139	133	126	119	113	106	
	pH=7.0	145	138	131	124	118	111	104	98	91	84	78	pH=7.0	187	180	174	167	160	154	147	140	134	127	120	
	pH=8.0	159	152	145	139	132	125	119	112	105	98	92	pH=8.0	201	195	188	181	175	168	161	154	148	141	134	
	pH=9.0	173	166	160	153	146	139	133	126	119	113	106	pH=9.0	216	209	202	195	189	182	175	169	162	155	149	
N=40年	pH=6.0	111	104	98	91	84	77	71	64	57	51	44	pH=6.0	154	147	140	133	127	120	113	107	100	93	87	
	pH=7.0	125	118	112	105	98	92	85	78	72	65	58	pH=7.0	168	161	154	148	141	134	128	121	114	107	101	
	pH=8.0	139	133	126	119	113	106	99	93	86	79	72	pH=8.0	182	175	169	162	155	149	142	135	128	122	115	
	pH=9.0	154	147	140	134	127	120	113	107	100	93	87	pH=9.0	196	190	183	176	169	163	156	149	143	136	129	

呼び径 = 100mm

含水比		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	含水比		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
N=10年 (使用年数)	pH=6.0	190	184	177	170	163	157	150	143	137	130	123	pH=6.0	233	226	219	213	206	199	193	186	179	173	166	
	pH=7.0	204	198	191	184	178	171	164	158	151	144	137	pH=7.0	247	240	234	227	220	214	207	200	193	187	180	
	pH=8.0	219	212	205	199	192	185	178	172	165	158	152	pH=8.0	261	255	248	241	234	228	221	214	208	201	194	
	pH=9.0	233	226	219	213	206	199	193	186	179	173	166	pH=9.0	275	269	262	255	249	242	235	229	222	215	208	
N=20年	pH=6.0	171	164	158	151	144	137	131	124	117	111	104	pH=6.0	214	207	200	193	187	180	173	167	160	153	147	
	pH=7.0	185	178	172	165	158	152	145	138	132	125	118	pH=7.0	228	221	214	208	201	194	188	181	174	167	161	
	pH=8.0	199	193	186	179	173	166	159	152	146	139	132	pH=8.0	242	235	229	222	215	208	202	195	188	182	175	
	pH=9.0	214	207	200	193	187	180	173	167	160	153	147	pH=9.0	256	249	243	236	229	223	216	209	203	196	189	
N=30年	pH=6.0	152	145	138	132	125	118	111	105	98	91	85	pH=6.0	194	188	181	174	167	161	154	147	141	134	127	
	pH=7.0	166	159	152	146	139	132	126	119	112	106	99	pH=7.0	208	202	195	188	182	175	168	162	155	148	141	
	pH=8.0	180	173	167	160	153	147	140	133	126	120	113	pH=8.0	223	216	209	203	196	189	182	176	169	162	156	
	pH=9.0	194	188	181	174	167	161	154	147	141	134	127	pH=9.0	237	230	223	217	210	203	197	190	183	177	170	
N=40年	pH=6.0	132	126	119	112	105	99	92	85	79	72	65	pH=6.0	175	168	161	155	148	141	135	128	121	115	108	
	pH=7.0	146	140	133	126	120	113	106	100	93	86	79	pH=7.0	189	182	176	169	162	156	149	142	135	129	122	
	pH=8.0	161	154	147	141	134	127	121	114	107	100	94	pH=8.0	203	197	190	183	177	170	163	156	150	143	136	
	pH=9.0	175	168	162	155	148	141	135	128	121	115	108	pH=9.0	218	211	204	197	191	184	177	171	164	157	151	

参考表 2.8 引張強度試算

引張強度 (kgf/cm²)

A1 = -4.574 A2 = 0.615 A9 = -15.048 A10 = 23.091
 A11 = 10.653 A18 = -0.181 定数項 = 50.526

呼び径 = 50mm (使用年数)	残留塩素 = 0.50mg/l ランゲリア指数 = -1.4										
	含水比										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
N=10年	200	199	197	195	193	191	190	188	186	184	182
pH=6.0	200	199	197	195	193	191	190	188	186	184	182
pH=7.0	224	222	220	218	216	215	213	211	209	207	205
pH=8.0	247	245	243	241	239	238	236	234	232	230	229
pH=9.0	270	268	266	264	263	261	259	257	255	253	252
N=20年	155	153	151	149	147	146	144	142	140	138	137
pH=6.0	155	153	151	149	147	146	144	142	140	138	137
pH=7.0	178	176	174	172	171	169	167	165	163	162	160
pH=8.0	201	199	197	195	194	192	190	188	186	185	183
pH=9.0	224	222	220	219	217	215	213	211	210	208	206
N=30年	109	107	105	104	102	100	98	96	95	93	91
pH=6.0	109	107	105	104	102	100	98	96	95	93	91
pH=7.0	132	130	128	127	125	123	121	119	118	116	114
pH=8.0	155	153	152	150	148	146	144	143	141	139	137
pH=9.0	178	176	175	173	171	169	167	166	164	162	160
N=40年	63	61	60	58	56	54	52	51	49	47	45
pH=6.0	63	61	60	58	56	54	52	51	49	47	45
pH=7.0	86	85	83	81	79	77	75	74	72	70	68
pH=8.0	109	108	106	104	102	100	99	97	95	93	91
pH=9.0	133	131	129	127	125	123	122	120	118	116	114

呼び径 = 100mm (使用年数)	残留塩素 = 0.50mg/l ランゲリア指数 = -1.4										
	含水比										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
N=10年	231	229	228	226	224	222	220	219	217	215	213
pH=6.0	231	229	228	226	224	222	220	219	217	215	213
pH=7.0	254	253	251	249	247	245	243	242	240	238	236
pH=8.0	277	276	274	272	270	268	267	265	263	261	259
pH=9.0	300	299	297	295	293	291	290	288	286	284	282
N=20年	185	184	182	180	178	176	175	173	171	169	167
pH=6.0	185	184	182	180	178	176	175	173	171	169	167
pH=7.0	209	207	205	203	201	200	198	196	194	192	190
pH=8.0	232	230	228	226	224	223	221	219	217	215	214
pH=9.0	255	253	251	249	248	246	244	242	240	238	237
N=30年	140	138	136	134	133	131	129	127	125	123	122
pH=6.0	140	138	136	134	133	131	129	127	125	123	122
pH=7.0	163	161	159	157	156	154	152	150	148	147	145
pH=8.0	186	184	182	180	179	177	175	173	171	170	168
pH=9.0	209	207	205	204	202	200	198	196	195	193	191
N=40年	94	92	90	89	87	85	83	81	80	78	76
pH=6.0	94	92	90	89	87	85	83	81	80	78	76
pH=7.0	117	115	113	112	110	108	106	104	103	101	99
pH=8.0	140	138	137	135	133	131	129	128	126	124	122
pH=9.0	163	161	160	158	156	154	152	151	149	147	145

参考表 2.9 圧壊強度試算

圧壊強度 (kgf/cm²)

A1 = -9.749 A9 = -33.999 A10 = 67.955
 A16 = -0.209 A18 = -0.735 定数項 = 326.391

Redox = 0 mV	ランゲリア指数 = -1.4											
	含水比	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
N=10年 (使用年数)	pH=6.0	684	677	670	662	655	647	640	633	625	618	611
	pH=7.0	752	745	737	730	723	715	708	701	693	686	679
	pH=8.0	820	813	805	798	791	783	776	769	761	754	747
	pH=9.0	888	881	873	866	859	851	844	837	829	822	815
N=20年	pH=6.0	587	579	572	565	557	550	543	535	528	521	513
	pH=7.0	655	647	640	633	625	618	611	603	596	589	581
	pH=8.0	723	715	708	701	693	686	679	671	664	657	649
	pH=9.0	791	783	776	769	761	754	747	739	732	724	717
N=30年	pH=6.0	489	482	475	467	460	453	445	438	430	423	416
	pH=7.0	557	550	543	535	528	520	513	506	498	491	484
	pH=8.0	625	618	610	603	596	588	581	574	566	559	552
	pH=9.0	693	686	678	671	664	656	649	642	634	627	620
N=40年	pH=6.0	392	384	377	370	362	355	348	340	333	326	318
	pH=7.0	460	452	445	438	430	423	416	408	401	394	386
	pH=8.0	528	520	513	506	498	491	484	476	469	462	454
	pH=9.0	596	588	581	574	566	559	552	544	537	529	522

Redox = 200mV	ランゲリア指数 = -1.4											
	含水比	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
N=10年 (使用年数)	pH=6.0	642	635	628	620	613	606	598	591	584	576	569
	pH=7.0	710	703	696	688	681	674	666	659	652	644	637
	pH=8.0	778	771	764	756	749	742	734	727	720	712	705
	pH=9.0	846	839	832	824	817	810	802	795	787	780	773
N=20年	pH=6.0	545	538	530	523	516	508	501	493	486	479	471
	pH=7.0	613	606	598	591	583	576	569	561	554	547	539
	pH=8.0	681	674	666	659	651	644	637	629	622	615	607
	pH=9.0	749	741	734	727	719	712	705	697	690	683	675
N=30年	pH=6.0	447	440	433	425	418	411	403	396	389	381	374
	pH=7.0	515	508	501	493	486	479	471	464	457	449	442
	pH=8.0	583	576	569	561	554	547	539	532	525	517	510
	pH=9.0	651	644	637	629	622	615	607	600	593	585	578
N=40年	pH=6.0	350	343	335	328	321	313	306	299	291	284	276
	pH=7.0	418	411	403	396	389	381	374	366	359	352	344
	pH=8.0	486	479	471	464	456	449	442	434	427	420	412
	pH=9.0	554	546	539	532	524	517	510	502	495	488	480

〔謝辞〕

強度推定法の開発に当り、各種試験に協力していただいた、日本ダクタイル鉄管協会（久保田鉄工株式会社、株式会社栗本鉄工所）、塩化ビニル管・継手協会（積水化学工業株式会社）、前澤工業株式会社に深甚なる謝意を表します。

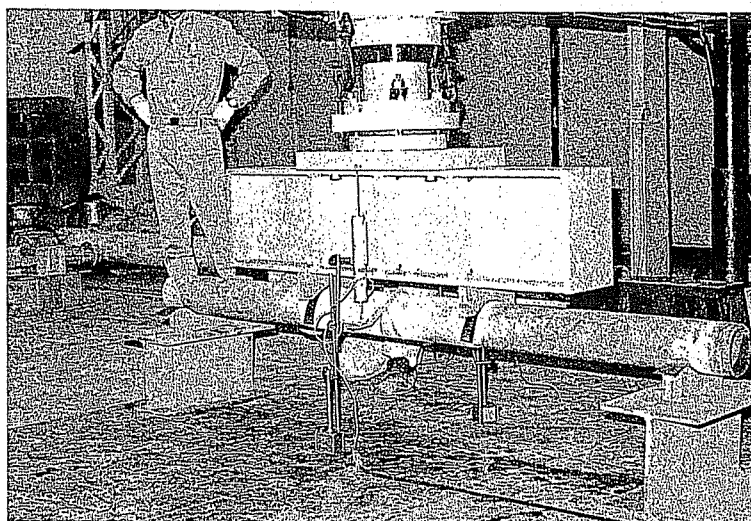
3. 管体診断法試験結果

事業者から提供を受けた掘上げ石綿セメント管または未使用管を供試管として次の11種類のテストを行った。

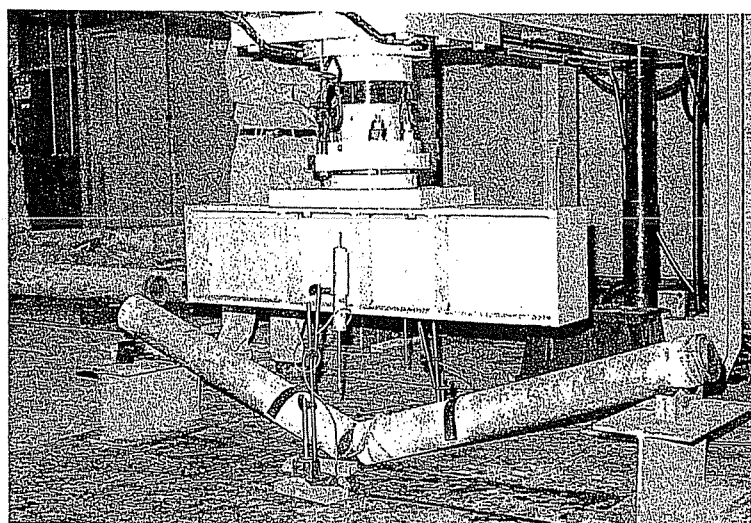
3.1 管体強度試験

測定結果は参考資料1の2章の参考表2.2に示す。

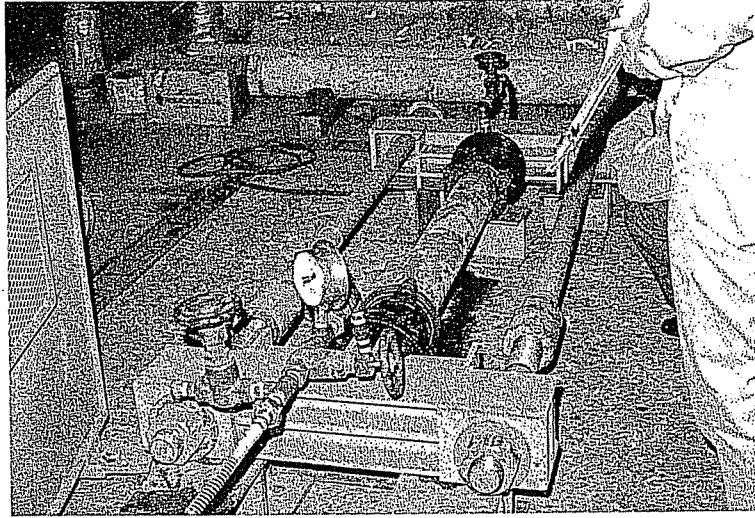
試験状況を写真に示す。



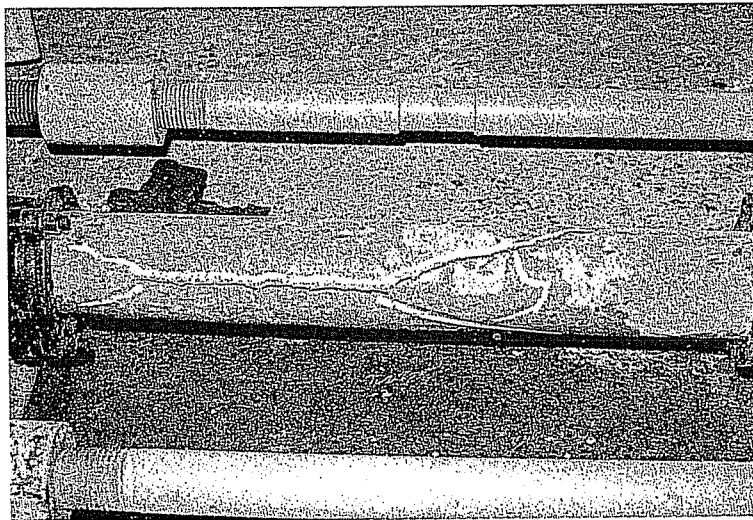
参考写真 3.1 曲げ試験



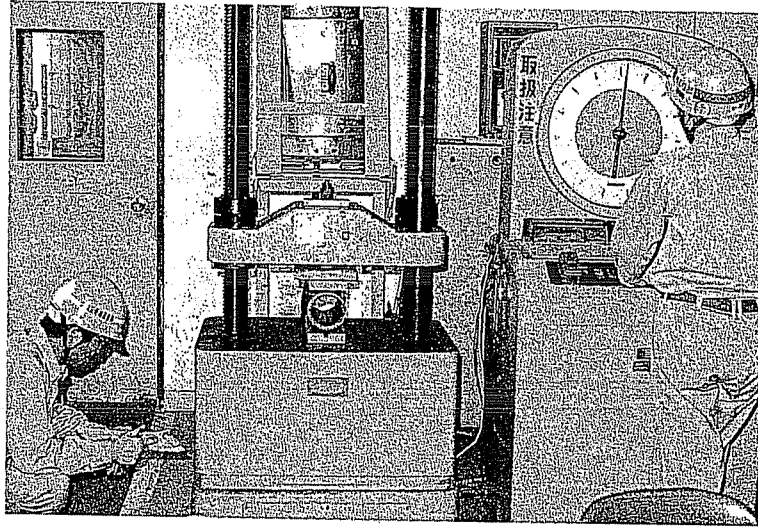
参考写真 3.2 曲げ破壊状況



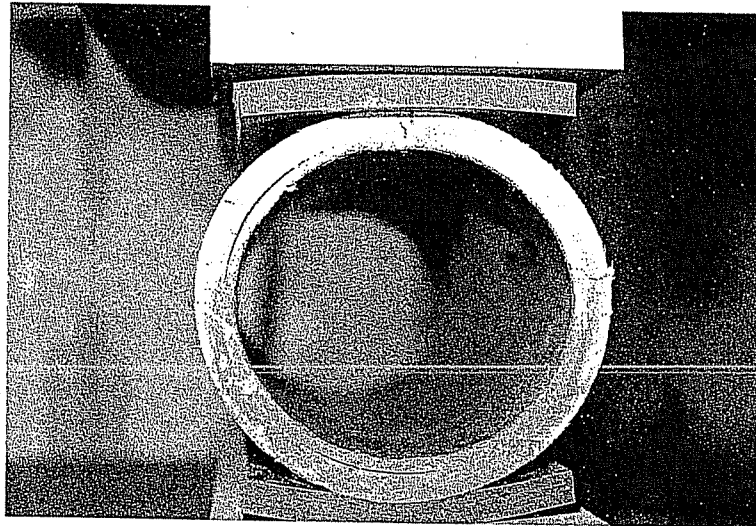
参考写真 3.3 水圧破裂試験



参考写真 3.4 水圧破裂状況



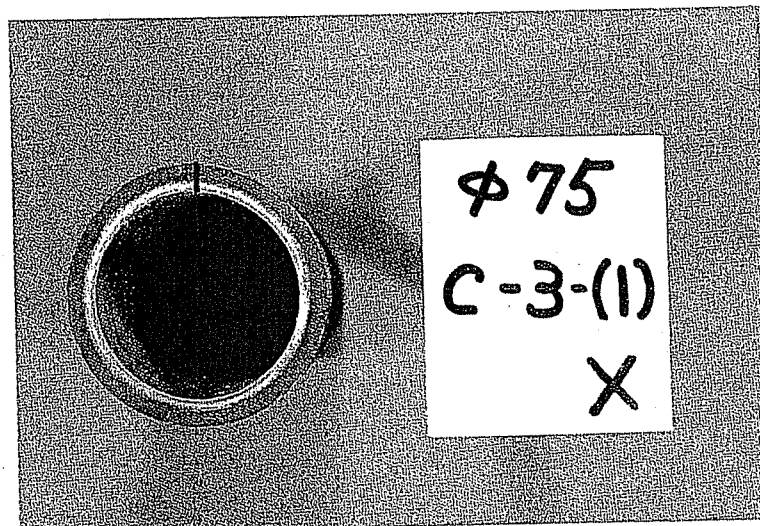
参考写真 3.5 環片圧壊試験



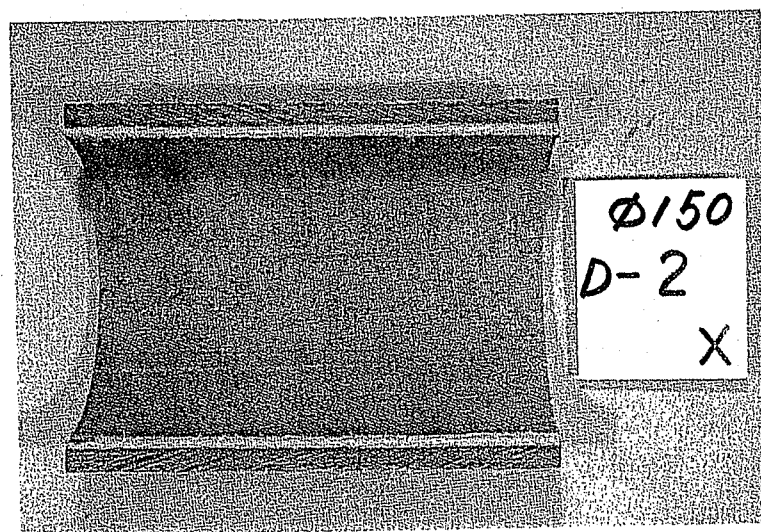
参考写真 3.6 環片圧壊状況

3.2 フェノールフタレイン溶液による中性化判定

1) 中性化判定例を写真に示す。



参考写真 3.7 管軸直角断面の中性化判定



参考写真 3.8 管軸方向断面の中性化判定

2) 試験の結果、次のことが言える。

a) 目視観察による健全部、劣化部の区別（色や粗密度による）とフェノールフタレイン溶液による中性化判定結果はほぼ一致した。

b) 供試管の内面側は、程度の差はあるが、フェノールフタレイン溶液によれば、ほとんどの管が劣化していると判定された。

供試管の外側は、多くの管が健全、一部の管が劣化していると判定された。

c) 本方法は、管体診断法の各試験の中で最も簡便な方法であった。

3.3 比重および吸水率測定

1) 石綿セメント管を1mmずつ、管内外面から層別に切削し、健全部と劣化部の比重を別々に測定した場合

測定結果の例を参考図3.1に示す。

結果を見ると、データにバラツキがあるものの、全体を見渡すと劣化部は健全部に比べて比重は小さいといえる。健全部の全データの平均比重は1.99、劣化部の全データの平均比重は1.46であった。

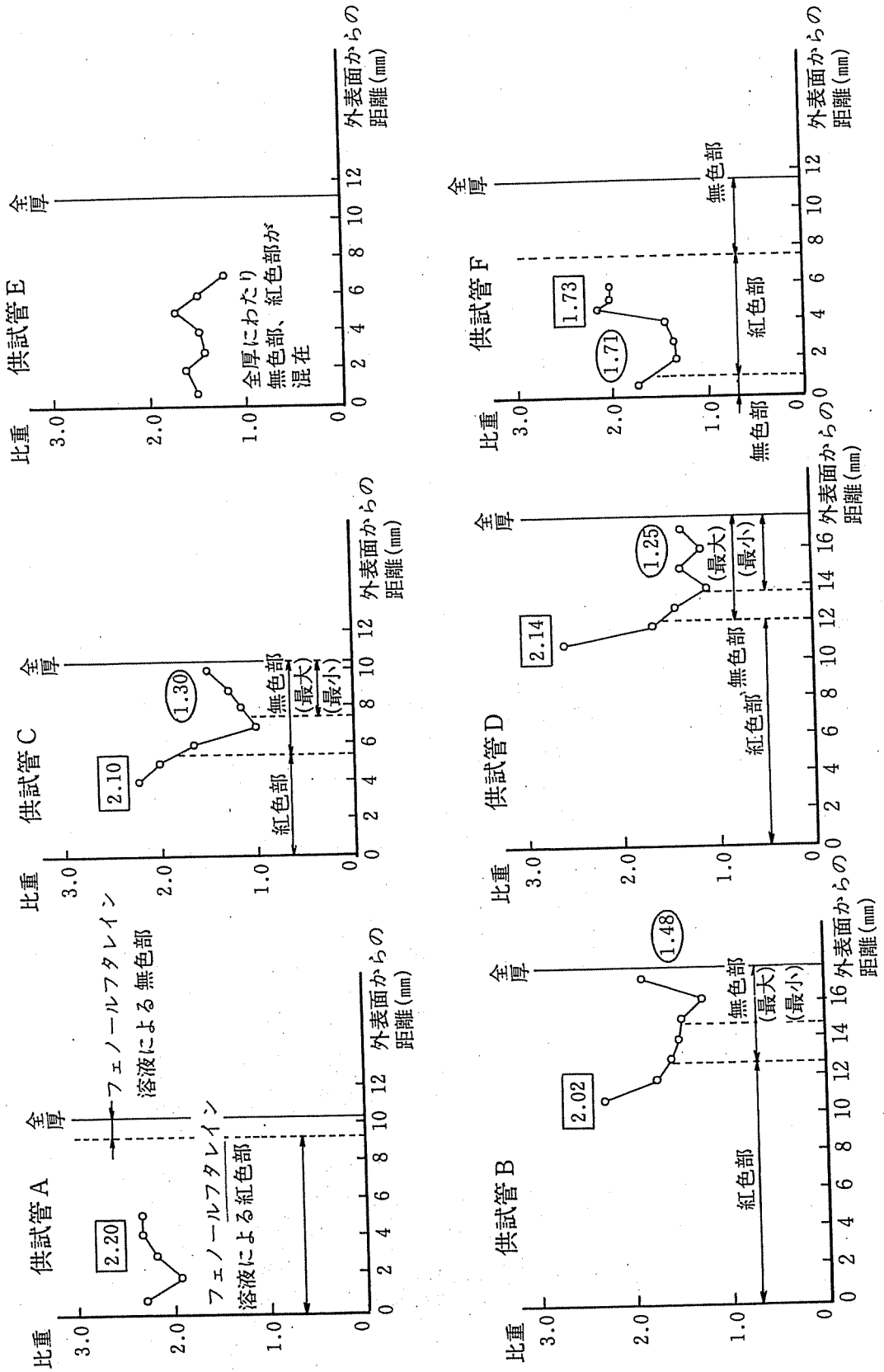
〔備考〕

JIS A 5301（水道用石綿セメント管）に記されている比重（参考値）は2.08である。

2) 環片として比重および吸水率を測定した場合

長さ50mmの環片（健全部と劣化部が混在している）を用いてJIS A 1110（粗骨材の比重および吸水率試験方法）に準じて測定した。測定結果は参考資料1の2章、参考表2.2に示してある。劣化が進んでいるものは比重が小さく吸水率が大きいと言える。

図中、□は紅色部(健全部)比重の平均値、○は無色部(劣化部)比重の平均値を示す。



参考図 3.1 層別加工による健全部、劣化部の比重測定結果例

3.4 γ 線による健全部管厚測定

未使用石綿セメント管を用いて特性曲線を作成後、その特性曲線を用いて、ほぼ健全な管3本、少し劣化した管3本およびかなり劣化した管2本（呼び径はいずれも150mm、全管厚は15~18mm）について健全部厚さを測定した。

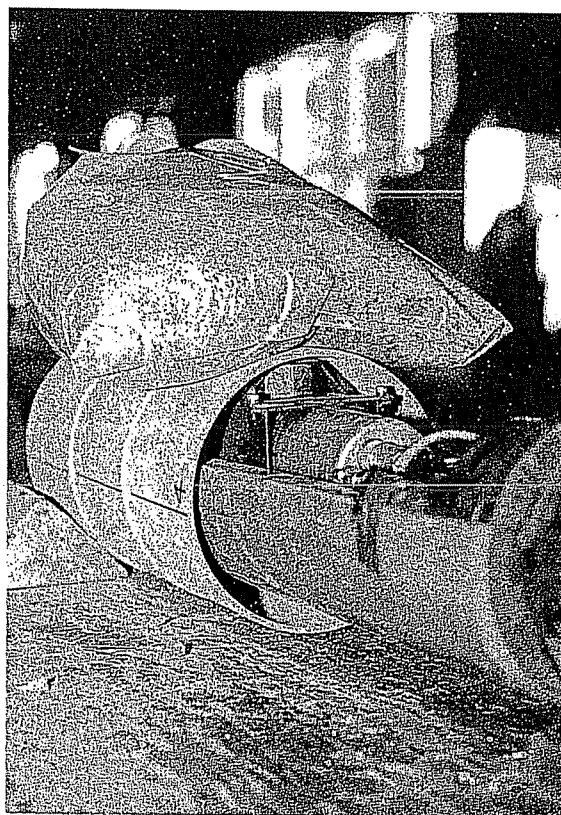
1) 測定条件

線源の種類・個数、積分範囲を種々変化させ予備測定した結果、参考表3.1の条件が最も良い結果を得た。

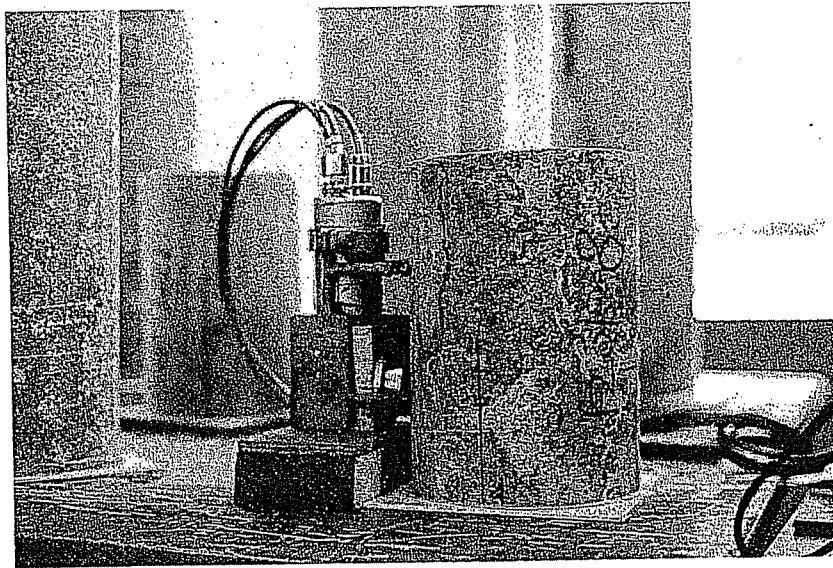
参考表3.1 測定条件

測定状態	① 管内面からの測定（管外面土壌あり） ② 管外面からの測定（管内に水あり）
線源の種類	^{137}Cs 100 μCi ($3.7 \times 10^6\text{Bq}$) 1個
積分範囲	50~200ch.

測定状況を参考写真3.9, 3.10に示す。



参考写真3.9 管内面からの測定状況



参考写真 3.10 管外面からの測定状況

2) 特性曲線

φ150未使用管から種々の管厚の環片を切り出し、 γ 線によるカウント数を測定、特定曲線を作成した。

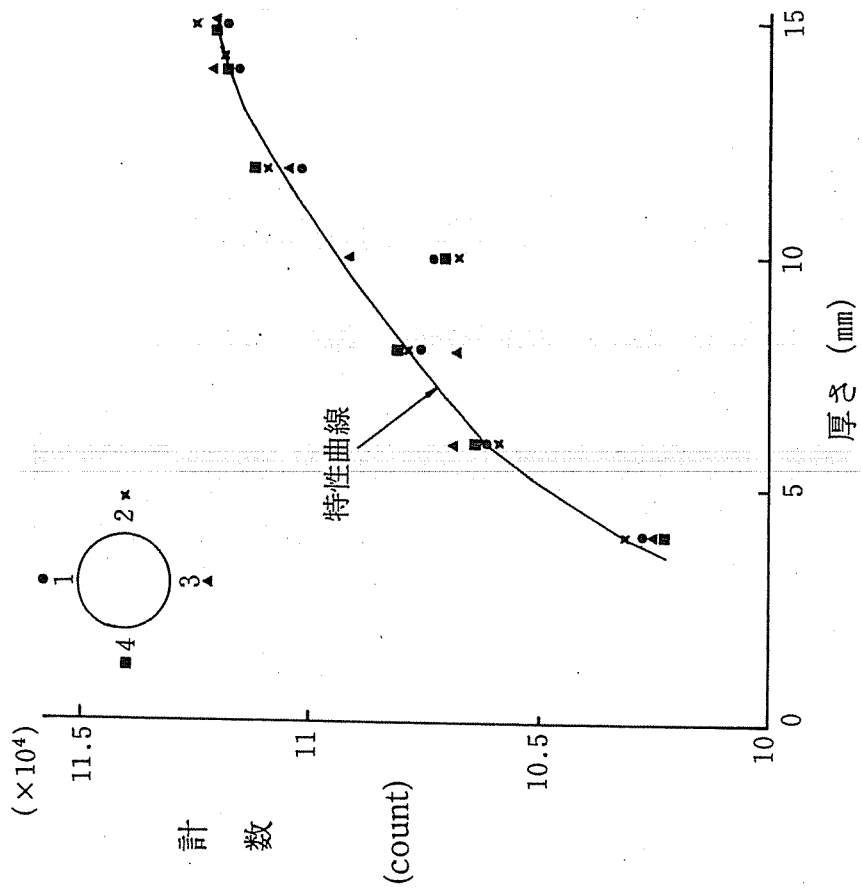
参考図 3.2 に管内面から測定の場合の特性曲線、参考図 3.3 に管外面から測定の場合の特性曲線を示す。

3) 健全部管厚測定結果

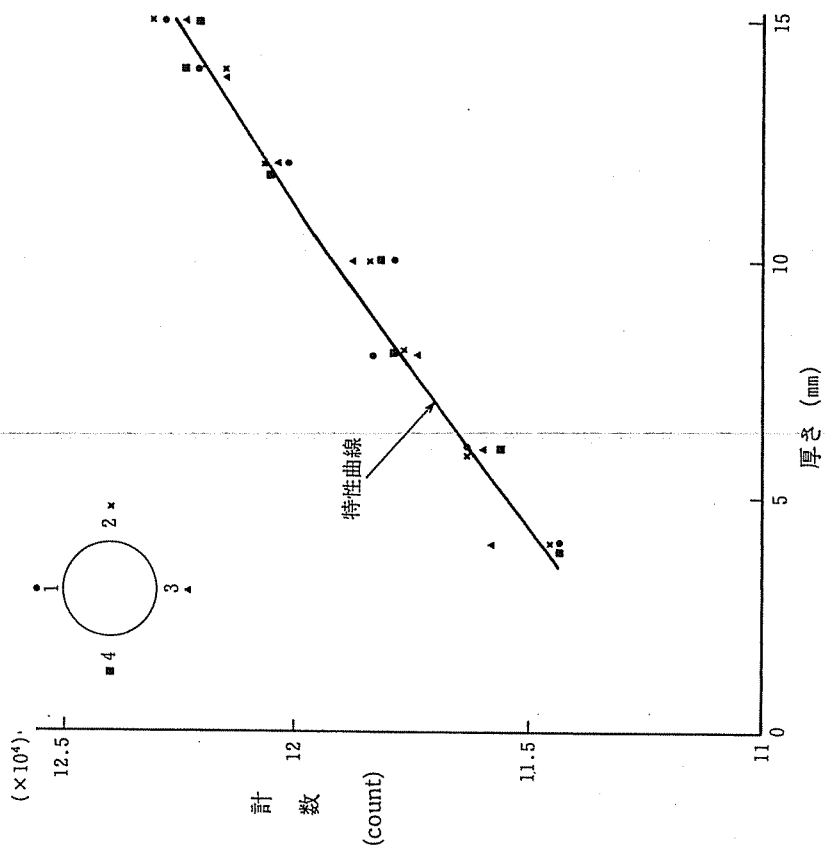
参考図 3.4 に管内面からの測定結果、参考図 3.5 に管外面からの測定結果を示す。いずれも比較のためにフェノールフタレイン溶液による中性化判定結果を併記した。

4) まとめ

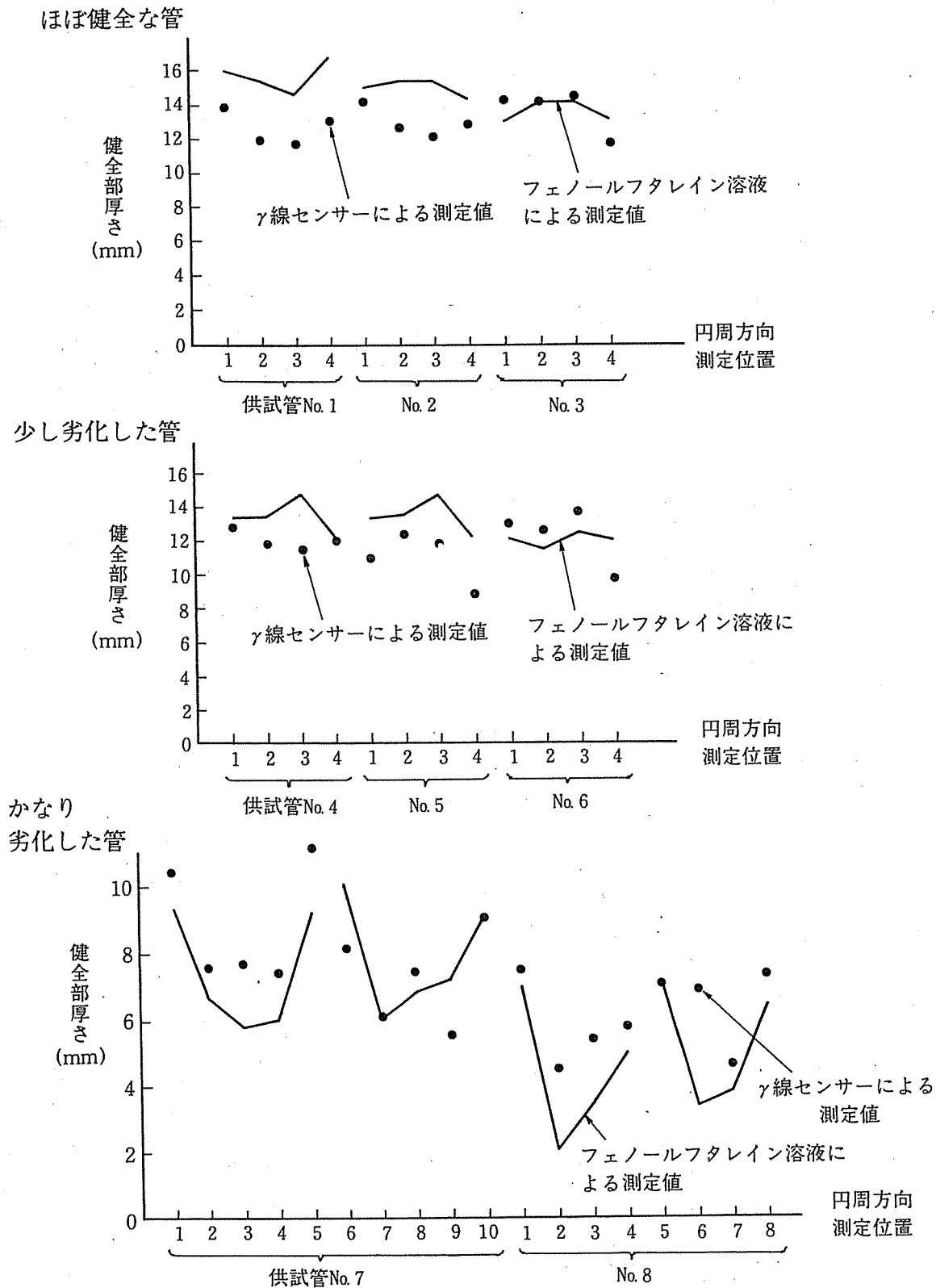
γ 線により石綿セメント管の劣化部を除いた、健全部厚さを測定できることが判った。その時の測定誤差はフェノールフタレイン溶液による中性化判定結果に対して±3 mm程度であった。



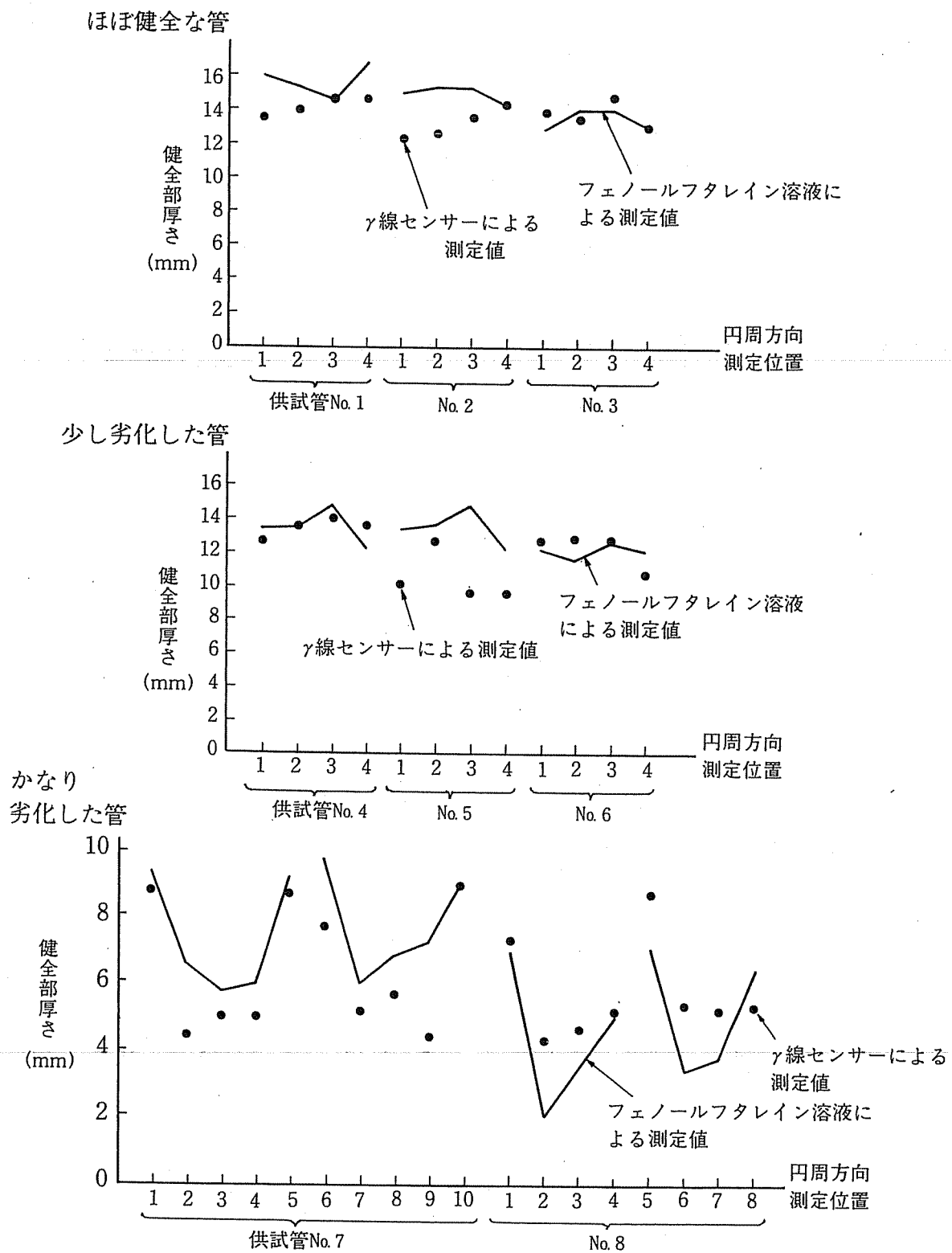
参考図 3.2 特性曲線 (管内面から測定)



参考図 3.3 特性曲線 (管外面から測定)



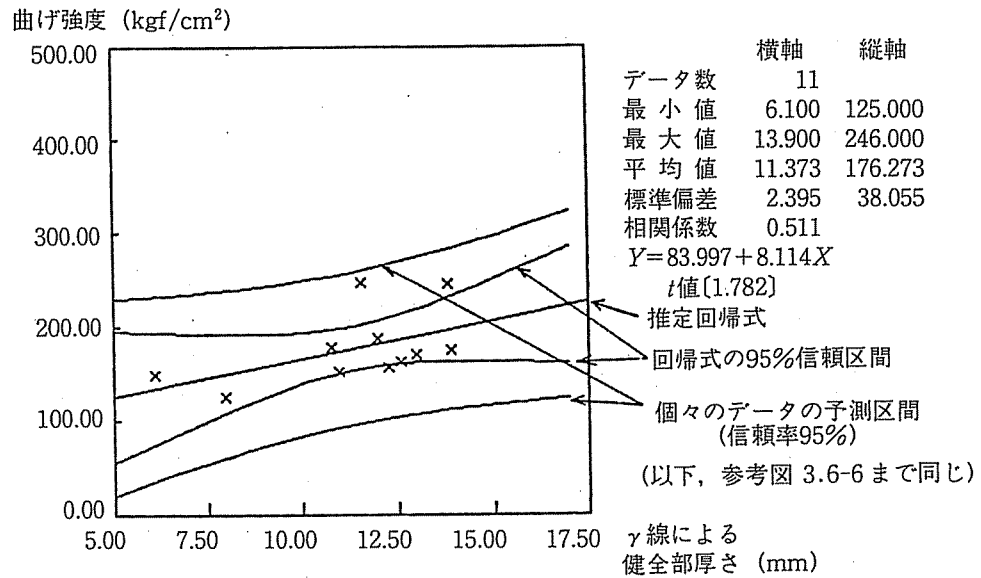
参考図 3. 4 γ線による健全部管厚測定結果 (管内面からの測定)



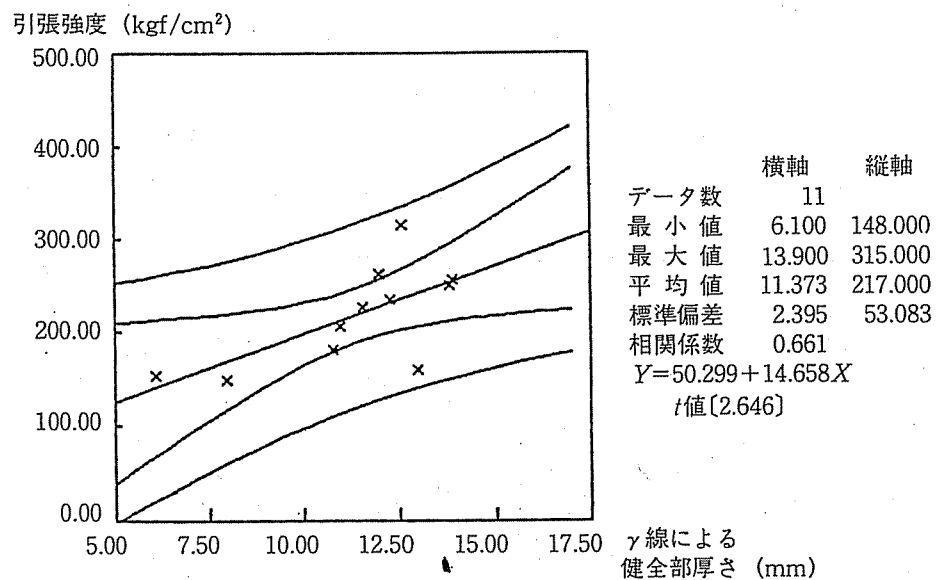
参考図 3.5 γ線による健全部管厚測定結果 (管外面からの測定)

[参考]

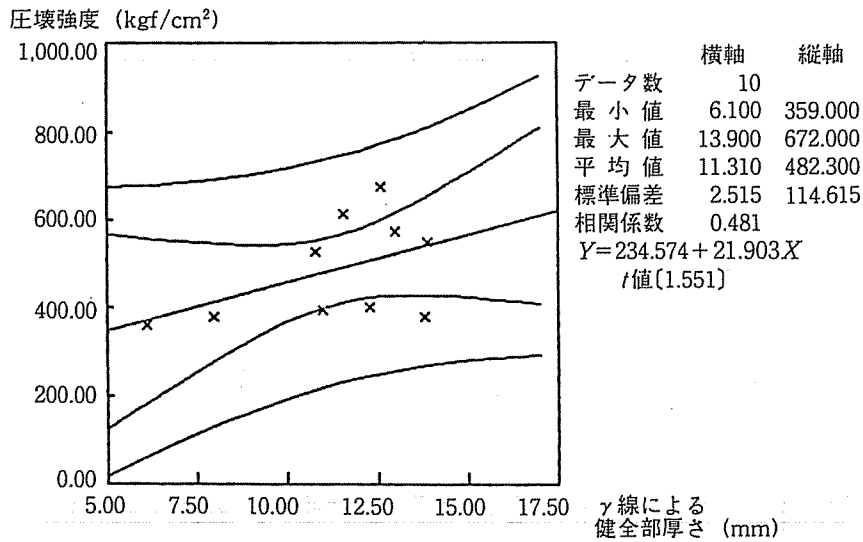
γ線により測定した健全部厚と実測強度の関係の例を示すと参考図3.6のようになる。



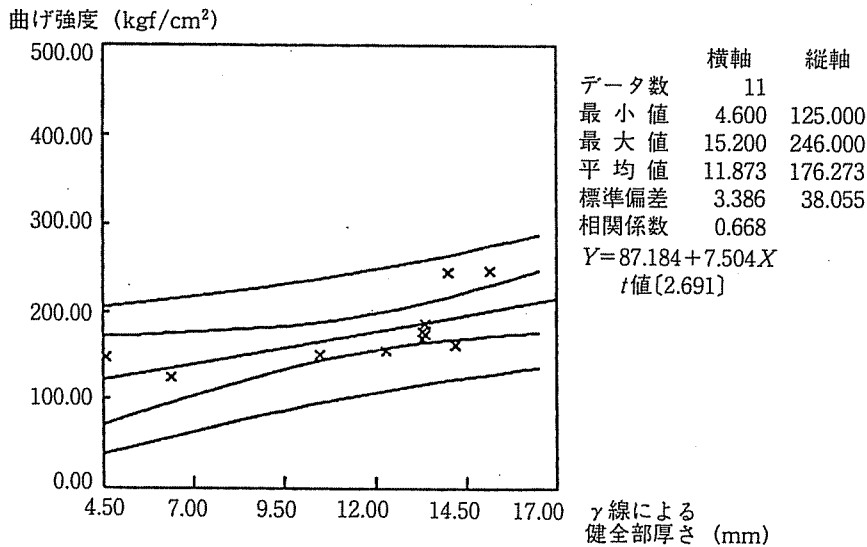
参考図 3.6-1 γ線による健全部厚さと曲げ強度 (管内面から測定)



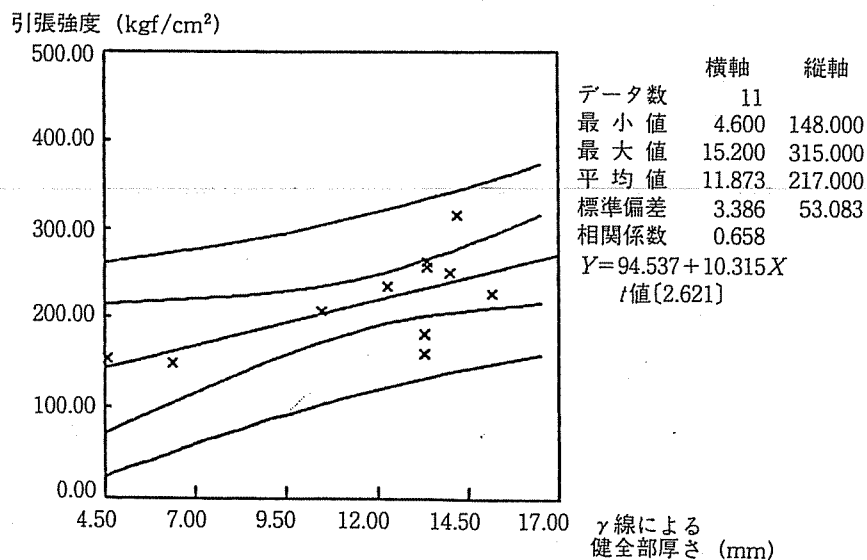
参考図 3.6-2 γ線による健全部厚さと引張強度 (管内面から測定)



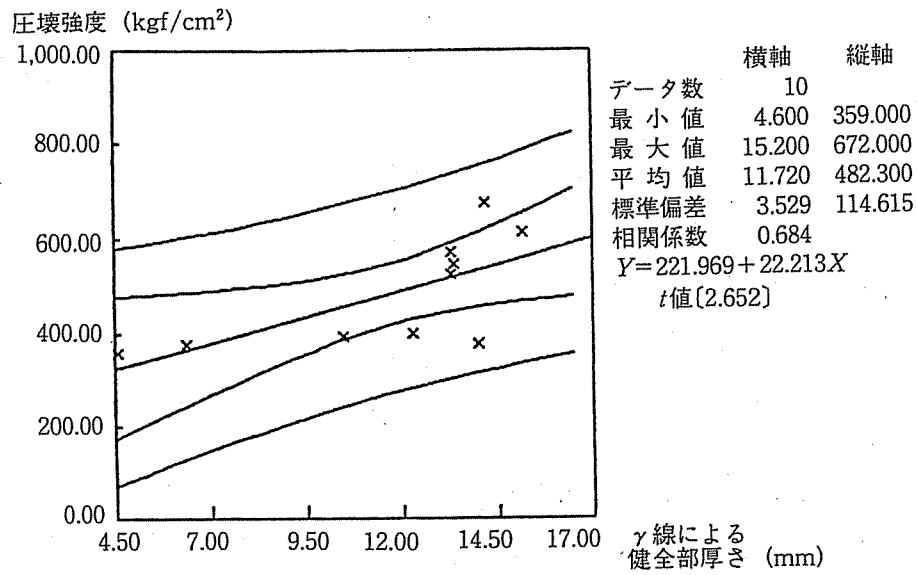
参考図 3.6-3 γ線による健全部厚さと圧壊強度 (管内面から測定)



参考図 3.6-4 γ線による健全部厚さと曲げ強度 (管外面から測定)



参考図 3.6-5 γ線による健全部厚さと引張強度 (管外面から測定)



参考図 3.6 - 6 γ線による健全部厚さと圧壊強度
(管外面から測定)

参考図 3.6 から、供試管の都合上、データ数が 10~11 個と少ないが、γ線により測定された健全部管厚と各強度の相関はかなり高いと言える (相関係数は 0.481~0.684)。

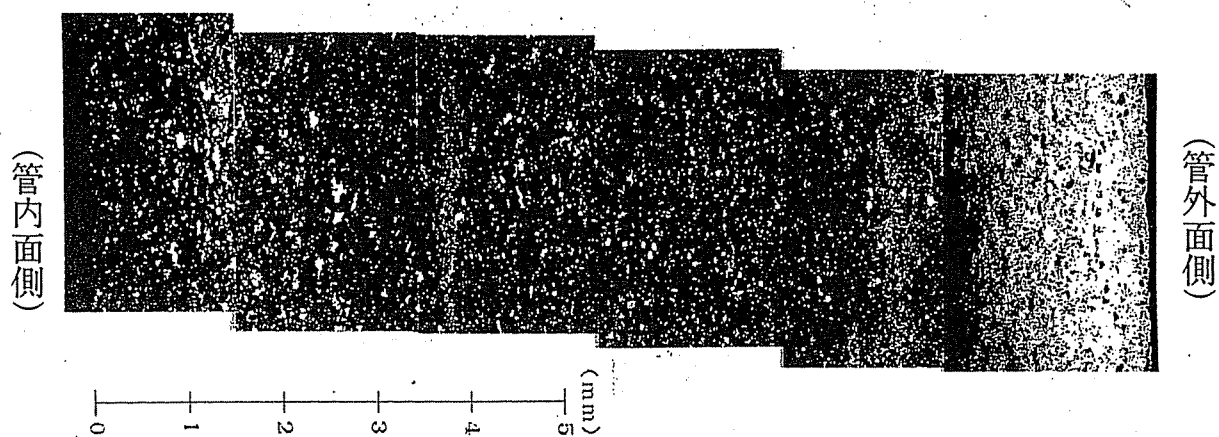
3.5 顕微鏡検査

1) 偏光顕微鏡による検査

健全部と劣化部の差異を確認するため供試石綿セメント管、5環片から厚さ約30 μ mの薄片を加工し、偏光顕微鏡検査を行うとともに、比較のために、次の試験も行った。

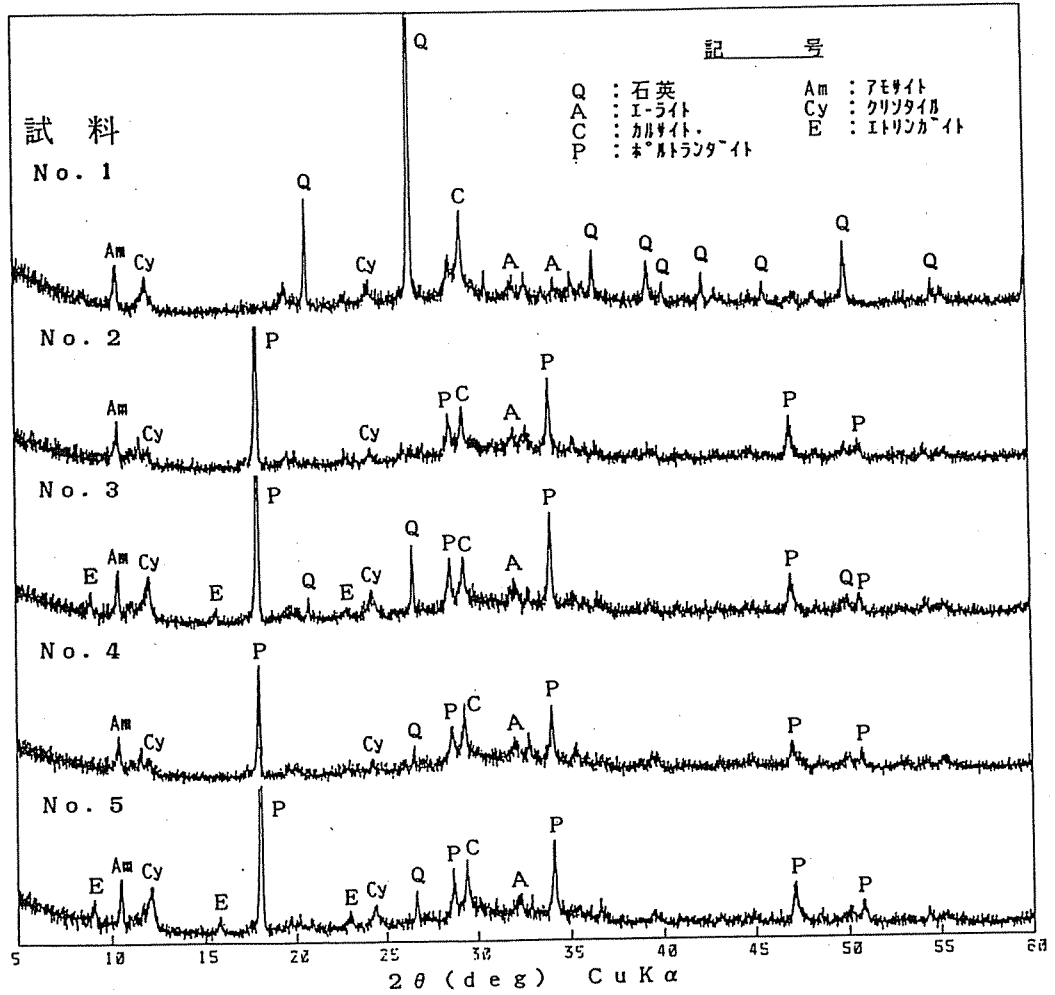
- ・フェノールフタレイン溶液による中性化判定
- ・粉末X線回折
- ・化学分析による炭酸カルシウムの定量

a) 偏光顕微鏡写真の例を示す。



参考写真 3.11 偏光顕微鏡写真(白い部分が炭酸カルシウムの存在を示す)

b) 供試管を小さい片に切断し鉄鉢中で砕いた後、メノウ乳鉢で粉碎した。その粉末をガラスホルダーに装填して粉末X線回折を行った。回折図を参考図3.7に示す。



参考図3.7 石綿セメント管のX線回折図

c) 化学分析による炭酸カルシウムの定量結果を参考表3.2に示す。

参考表 3.2 炭酸カルシウム定量結果

試料	炭素分析法			強熱減量法		
	CaCO ₃ (炭酸カルシウム)	セメント中の CaCO ₃ *	炭酸化した CaO** (酸化カルシウム)	CaCO ₃	セメント中の CaCO ₃ *	炭酸化した CaO**
No. 1	5.72	13.1	18.7	9.9	22.6	32.3
No. 2	7.87	12.0	12.8	11.8	18.0	19.3
No. 3	5.81	9.4	9.8	11.7	18.9	19.8
No. 4	8.33	12.6	14.0	11.4	17.3	19.1
No. 5	6.98	11.2	11.5	12.3	19.7	20.2

* セメント中の CaCO₃ = CaCO₃ × 100 / (100 - Insol. - 600°C の Ig. loss)

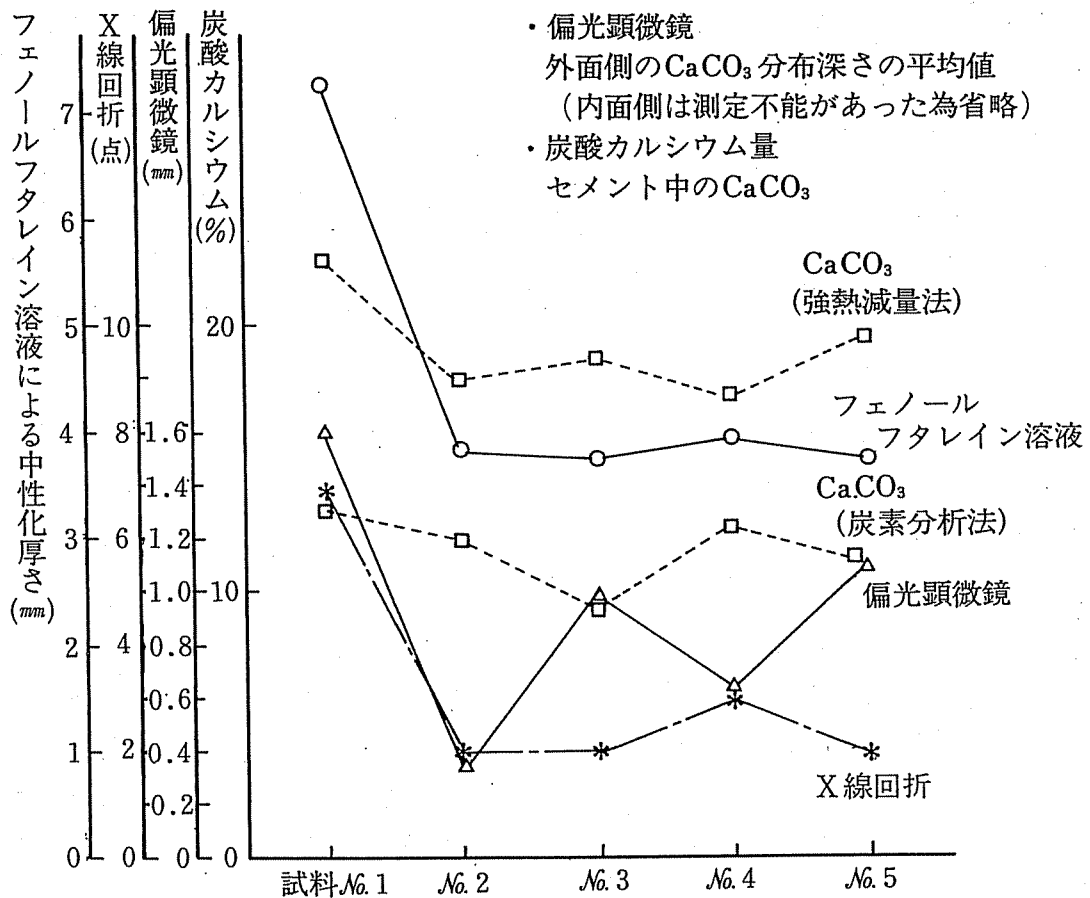
**炭酸化した CaO = CaCO₃ に由来する CaO × 100 / 全 CaO (化学分析値)

d) 各試験結果の比較

各試験結果の比較を参考図 3.8 に示す。

(注) ・フェノールフタレイン溶液による中性化厚さは、内外面の中性化厚さの合計
 ・X線回折
 CaCO_3 と $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の量を点数化して合計した。

・偏光顕微鏡
 外面側の CaCO_3 分布深さの平均値
 (内面側は測定不能があった為省略)
 ・炭酸カルシウム量
 セメント中の CaCO_3



参考図 3.8 各試験結果の比較

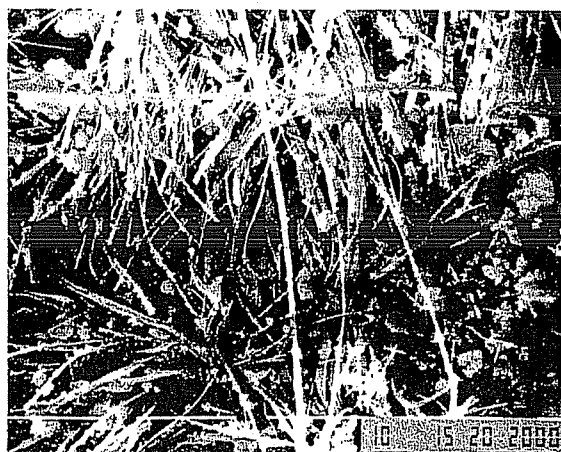
e) まとめ

- (i) 偏光顕微鏡により石綿セメント管の中の炭酸カルシウムの分布および濃度を知ることができる (構成比等ではなく、存在範囲、存在密度として)。
- (ii) 偏光顕微鏡による炭酸カルシウム観察量と、フェノールフタレイン溶液による中性化判定、X線回折、化学分析結果では細かく見れば、

異なるが、お、まかな傾向は合致した。

2) 電子顕微鏡による検査

a) 電子顕微鏡写真の例を示す。健全部はセメント層が平坦になっているのに対して、劣化した層は、石綿繊維が多く、セメント層が粗面化している。



健全部

劣化部

参考写真 3.12 電子顕微鏡写真

b) X線マイクロアナライザ（走査型電子顕微鏡に元素分析機能を付加したもの）による元素分析結果を参考図 3.9 に示す。これから健全部に比して、劣化部はカルシウム (Ca) の減少とマグネシウム (Mg) の増大が観測された。これはセメント分の溶出、その結果として石綿繊維の相対的増加を裏付けている。

以上から、偏光顕微鏡および電子顕微鏡検査により劣化を診断することができることが判明したが、検査の難易性等の観点から本マニュアルには採用しないこととした。

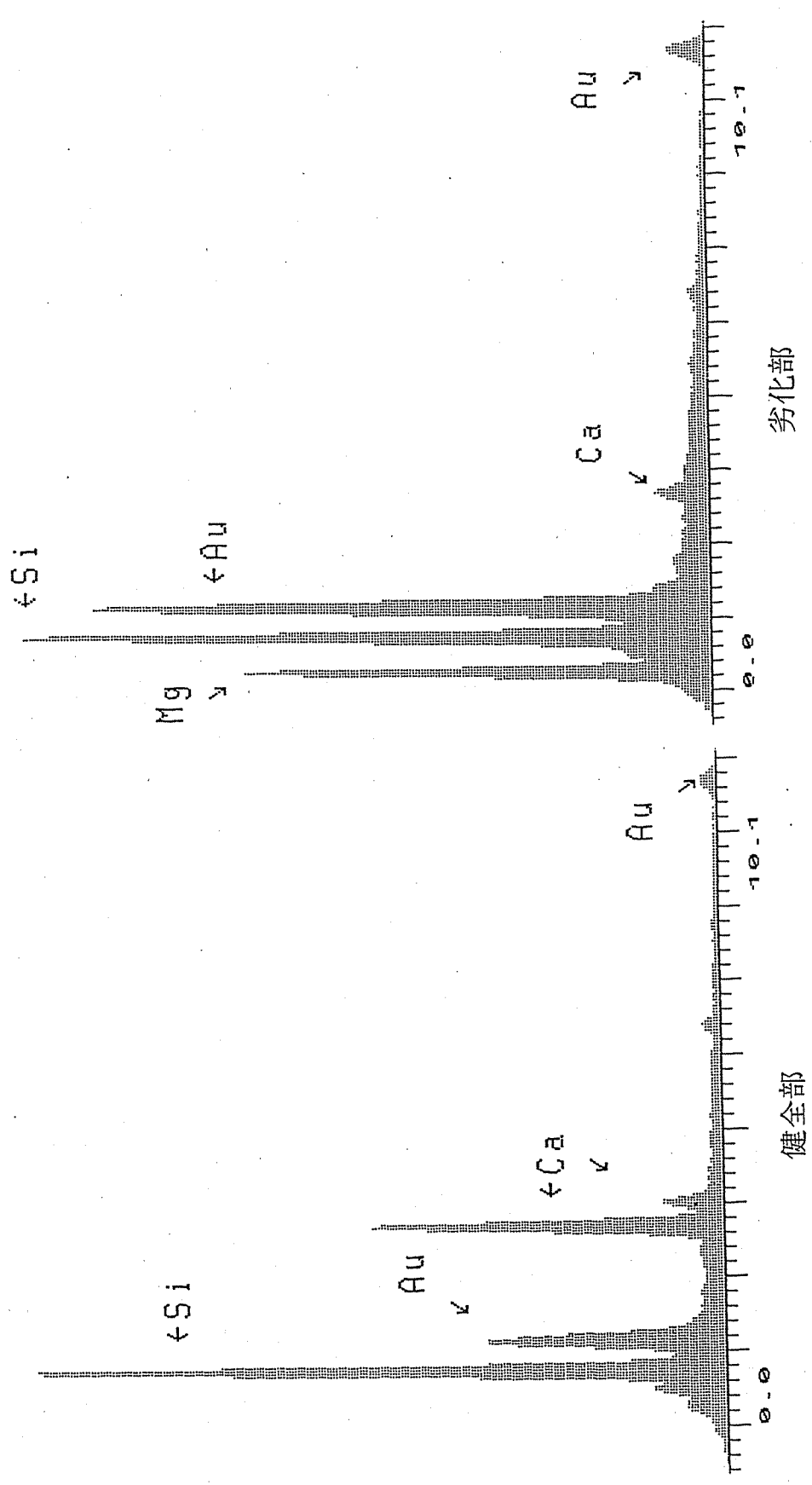
3.6 成分分析

1) 層別加工による成分分析

石綿セメント管を管内面側または管外面側から 1～2 mm ずつ切削し、できた粉末を成分分析した。結果は参考表 3.3 の通りである。

65 CNT 5000 EU 2K FS: A
Link Systems 860 Analyser 10 EU/CHAN

38 CNT 5000 EU 2K FS: A
Link Systems 860 Analyser 10 EU/CHAN



参考図 3.9 X線マイクロアナライザによる元素分析

参考表 3.3 成分分析結果

(重量パーセント)

試験機関	部 位	Ig. Loss (強熱減量)	Insol. (不溶残分)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	CaO
X	健全部	23.9	19.5	9.2	3.1	2.8	4.9	1.5	33.4
	劣化部	28.1	27.9	4.3	4.1	3.2	11.4	0.6	17.9
Y	健全部	21.5	21.9	14.0	3.7	2.1	1.6	10.4	28.9
	劣化部	23.5	38.6	3.3	4.5	2.6	1.3	2.0	11.0
Z	健全部	22.6	18.5	24.3	3.0	4.6	2.0	—	26.8
	劣化部	27.2	23.6	17.4	5.0	7.2	12.9	—	6.3

参考表 3.3 から次のことが言える。

3 試験機関に於いて、ある成分は同じ方法で、また、ある成分は異なった方法で分析を行ったが、数値の大小はあるものの、ほとんどの成分で健全部と劣化部の増減の傾向は合致した。

Ig. Loss……健全部より劣化部の方が増加していた。これは炭酸化を裏付けている。

Insol……健全部より劣化部の方が大幅に増加していた。これはセメント分が溶解して少なくなり相対的に、骨材、石綿が多く残っていることを意味している。

SiO₂……健全部より劣化部の方が減少していた。

Al₂O₃, Fe₂O₃……健全部より劣化部の方がわずかに増加していた。

MgO……試験機関 Y を除いて、劣化部の方が増加していた。

SO₃……健全部より劣化部の方が減少していた。

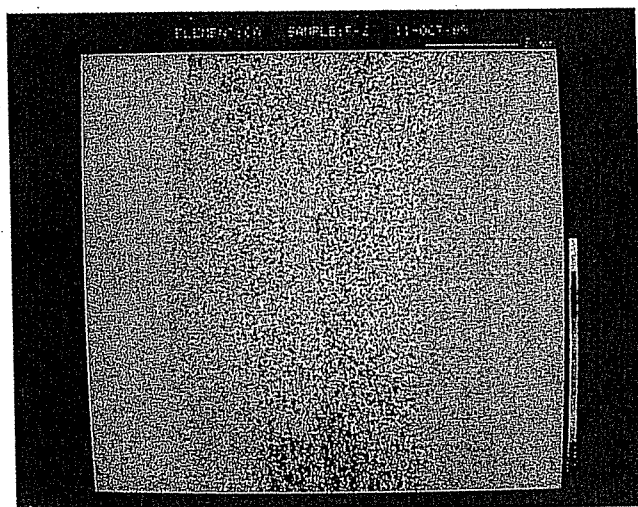
CaO……健全部より劣化部の方が大幅に減少していた。これはセメント分が溶解して少なくなっていることを裏付けている。

各試験機関毎、あるいは供試管毎の数値の違いは、分析の仕方（方法、精度等）の違いの他に、石綿セメント管が製造年代により、またメーカーにより配合、材料が異なることにもよると思われる。

2) 電子線プローブマイクロアナライザ (EPMA) による元素分析

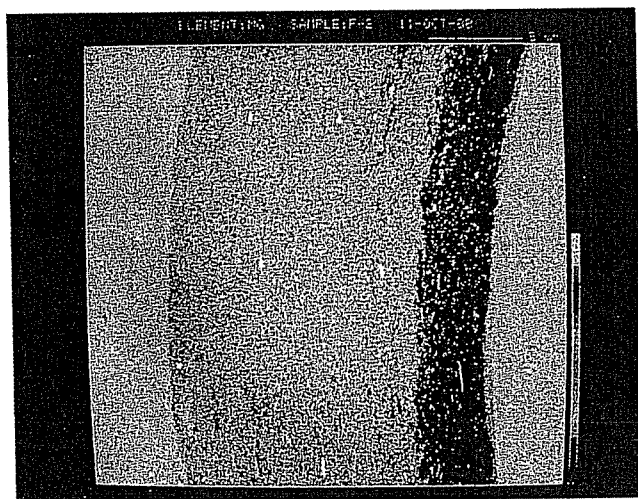
本方法は、層別加工することなしに、マクロな濃度が判り、劣化の判定に役立つ。

カルシウム、マグネシウム、珪素の分析の例を参考写真 3.13～3.15 に示す。



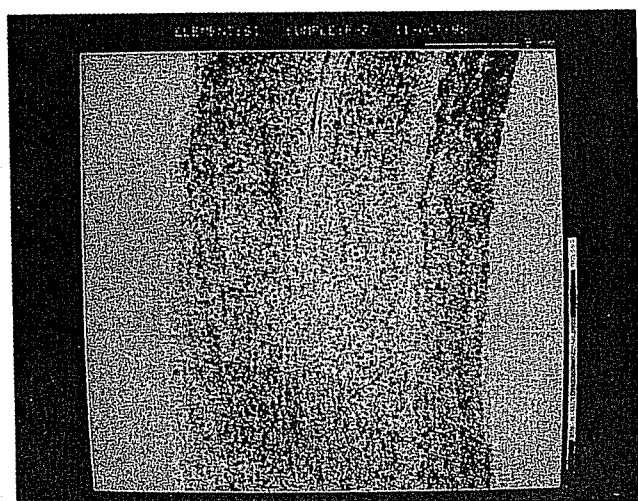
参考写真 3.13 カルシウムの分布

Level	Concentration	Area (%)
+	22.6797	0.21
14	22.6797	0.86
13	17.8235	2.34
12	13.6610	5.00
11	10.1923	6.28
10	7.4173	7.75
9	5.3361	8.69
8	3.9486	3.74
7	3.2549	4.22
6	2.5611	16.33
5	1.1736	44.59
4	-0.9076	0.00
3	-3.6826	0.00
2	-7.1513	0.00
1	-11.3138	0.00
-	-16.1700	0.00
Average	3.2412	



参考写真 3.14 マグネシウムの分布

Level	Concentration	Area (%)
+	14.0205	0.26
14	14.0205	0.51
13	11.1969	2.37
12	8.7767	8.59
11	6.7598	7.98
10	5.1463	7.64
9	3.9362	8.16
8	3.1295	5.61
7	2.7261	5.54
6	2.3227	12.84
5	1.5160	9.41
4	0.3059	31.08
3	-1.3076	0.00
2	-3.3245	0.00
1	-5.7447	0.00
-	-8.5683	0.00
Average	2.7375	



参考写真 3.15 珪素の分布

Level	Concentration	Area (%)
+	20.4862	0.01
14	20.4862	0.02
13	16.7407	0.08
12	13.5302	3.87
11	10.8549	21.29
10	8.7146	23.89
9	7.1093	9.94
8	6.0392	3.51
7	5.5041	1.85
6	4.9690	2.82
5	3.8989	1.47
4	2.2937	1.05
3	0.1534	30.20
2	-2.5220	0.00
1	-5.7324	0.00
-	-9.4779	0.00
Average	5.5346	

以上の写真から次の事が言える。

カルシウム——管内表面側と管外表面側にカルシウム1～2%の低濃度の層がある。円周方向にも少しバラツキがある。

マグネシウム——健全部では0.3%程度であるのに対して、カルシウムの低濃度域では、5～10%のマグネシウム高濃度層が存在する。円周方向のバラツキはない。

珪素————7～11%濃度のところが過半数を占めており、0.1%程度の低濃度域と2極化しているが、カルシウムやマグネシウムのような極端な偏在はない。

3.7 pH値測定

一般にセメント製品は劣化して来るとpH値が低下してくる。このことを確認するため、次の試験を行った。

1) 石綿セメント管を管内面側または管外面側から1mmずつ切削し、各層毎の粉末約10gに、粉末：純水＝1：2.5（重量比）となるように純水を加え、攪拌して、0.5時間～3時間放置後pHメータでpH値を測定した。

測定結果の例を参考図3.10に示す。

2) 測定結果から次のことが言える。

a) 目視観察およびフェノールフタレイン溶液による中性化判定と、pH値測定結果は良く対応している。

即ち、pH値 \leq 10～11の時 フェノールフタレイン溶液で無色。

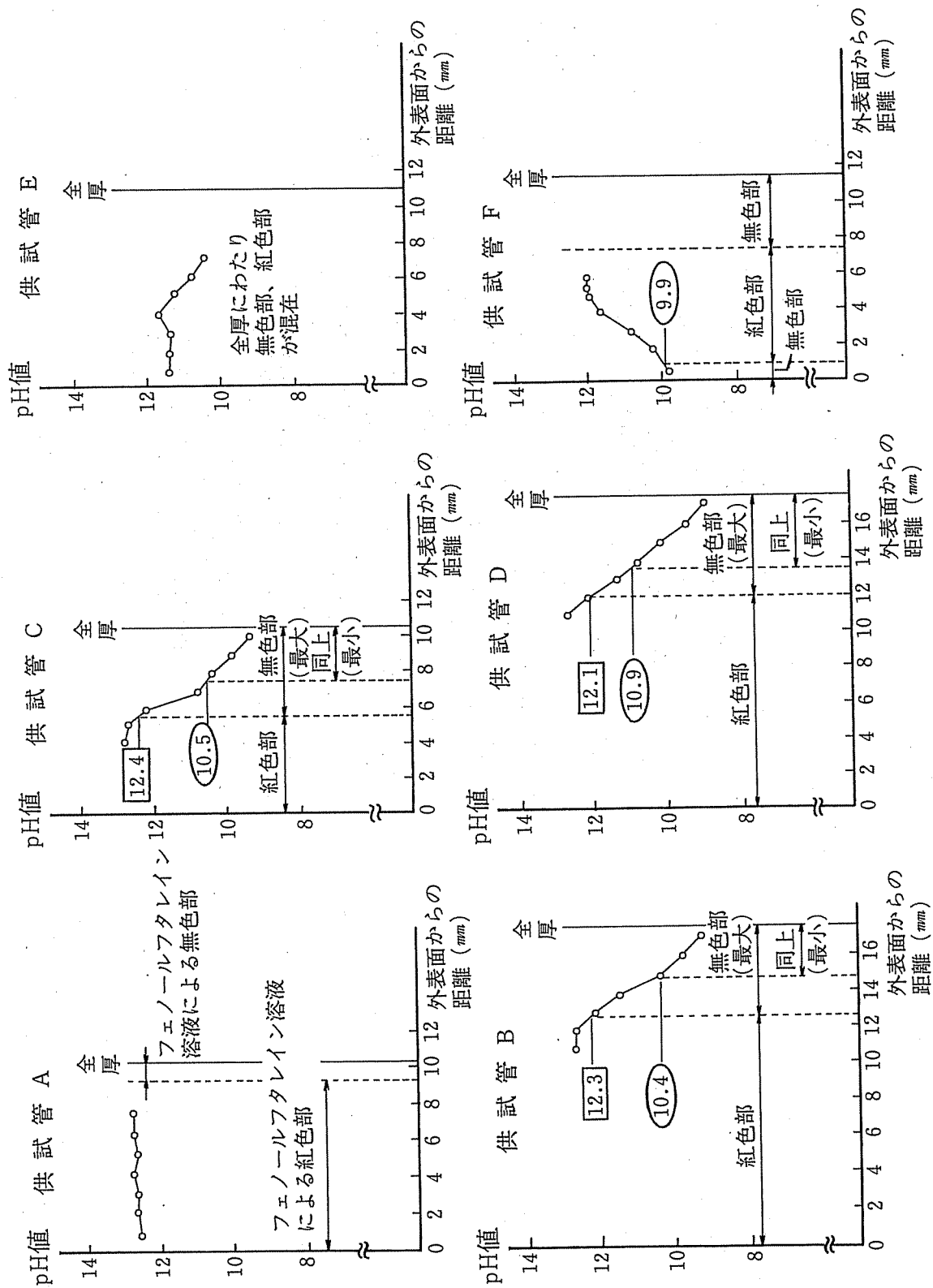
pH値 \geq 11の時 フェノールフタレイン溶液で紅色化する。

従って、各層のpH値を知ることによって、健全部、劣化部の推定がある程度の精度で行える。

b) 健全部と劣化部の境界では、pH値はゆるやかに変化している。即ち、ある巾（厚み）を持った遷移域がある。

c) pH値の測定作業は簡単であった（層別加工は別にして）。また、測定値は攪拌後1時間経過すれば、安定した。

d) 基本的にはフェノールフタレイン溶液による中性化判定と同様であるので本マニュアルの診断法としてはフェノールフタレイン溶液による方法の方を採用した。



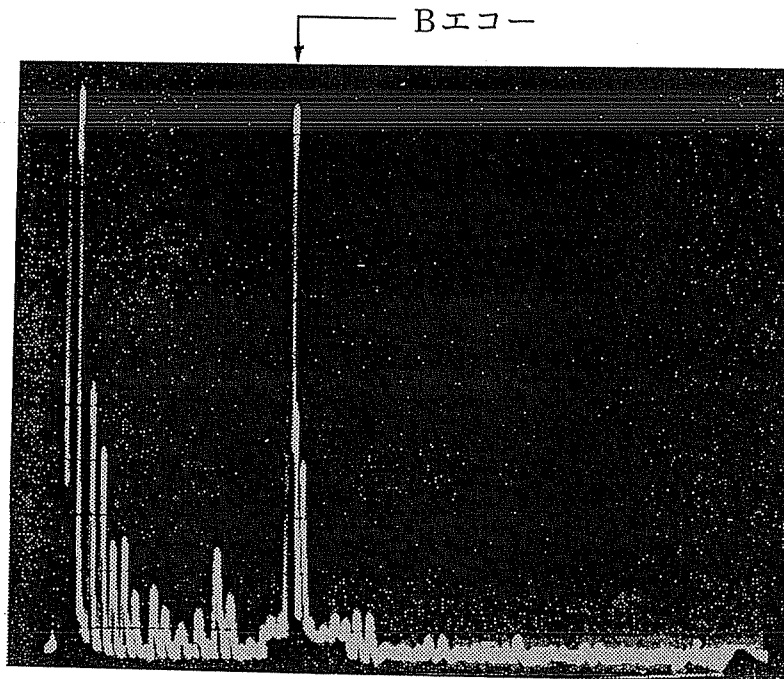
参考図 3.10 層別加工による健全部、劣化部のpH値測定結果例

3.8 超音波による健全部管厚測定

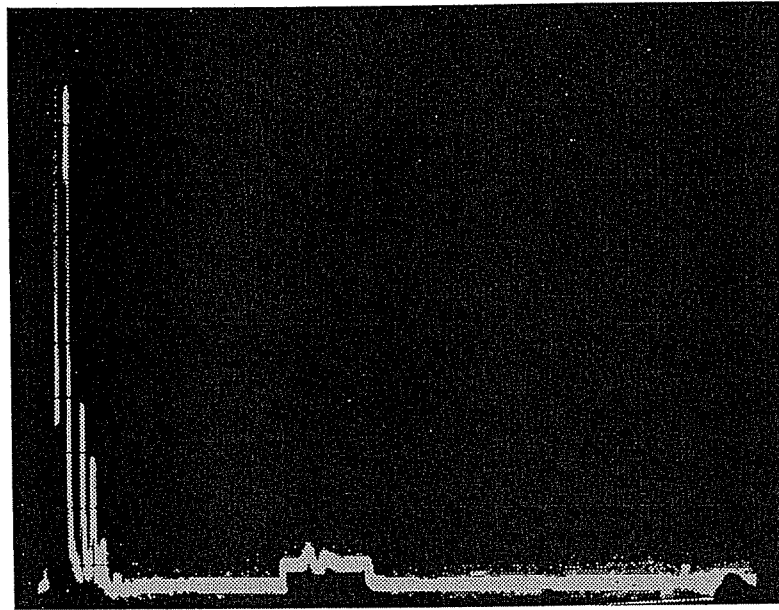
超音波により健全部管厚が測定できないか検討した。

- 1) 全く健全な管、管外面が劣化している管、管内面が劣化している管の測定例

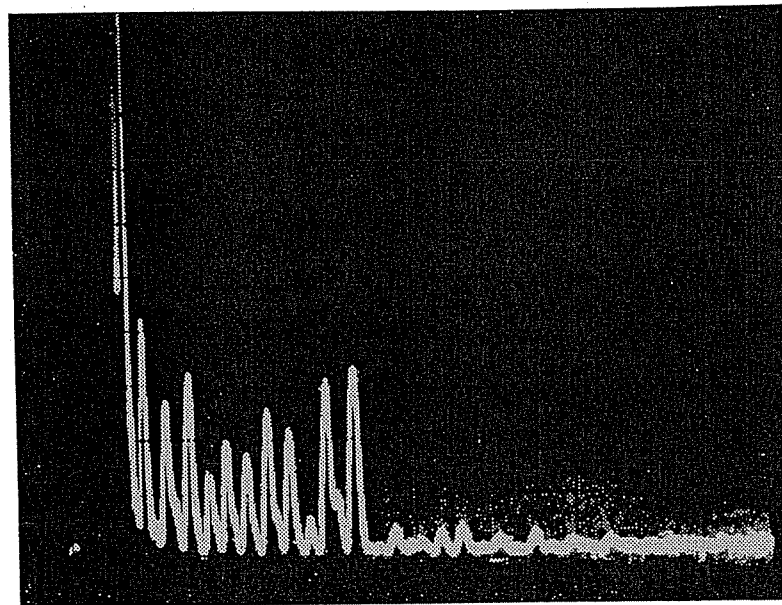
参考写真 3.16～3.18に測定例を示す。



参考写真 3.16
全く健全な管のエコー



参考写真 3.17
管外面が劣化している管のエコー

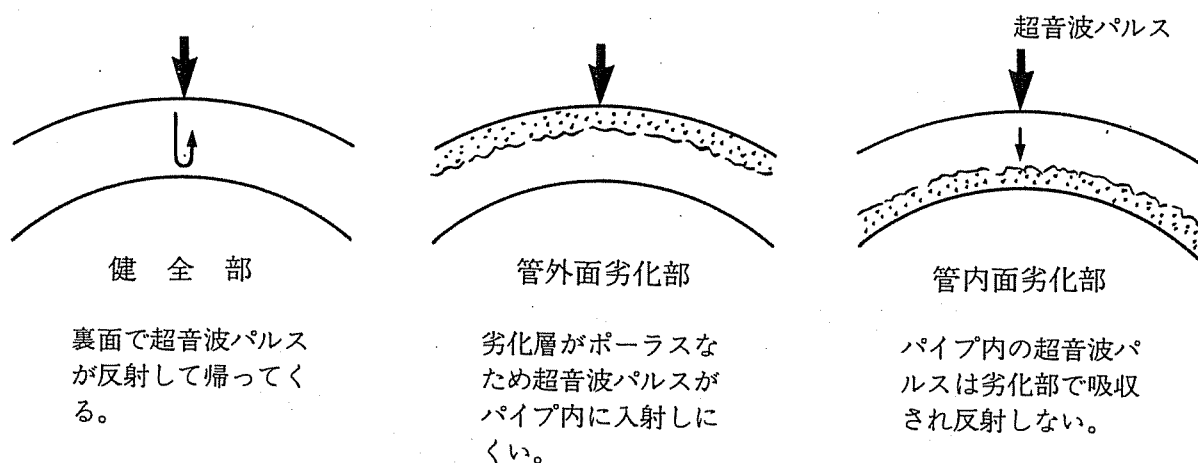


矢印は全く健全な管であると底面エコーが
得られるはずの位置を示す。

参考写真 3.18
管内面が劣化している管のエコー

試験の結果、次のことが言える。

- a) 健全な管の管厚は音速さえ十分つかんでおけば、かなりの精度で超音波センサーで測定できる。
- b) 管外面に劣化部がある場合、超音波パルスが管に入りにくい。しかし感度を上げてやるとエコーは、はっきりし、一応全厚は求められる。たゞ劣化部では音速が小さくなるため不正確になる。また、劣化部を除いた健全部のみの管厚測定はできない。
- c) 管内面に劣化部がある場合、反射エコーは帰って来ず測定不能である。つまり劣化部では超音波の減衰が極めて大きく、パルスが反射しないため、劣化部がポーラスな状態となっていると推測される。

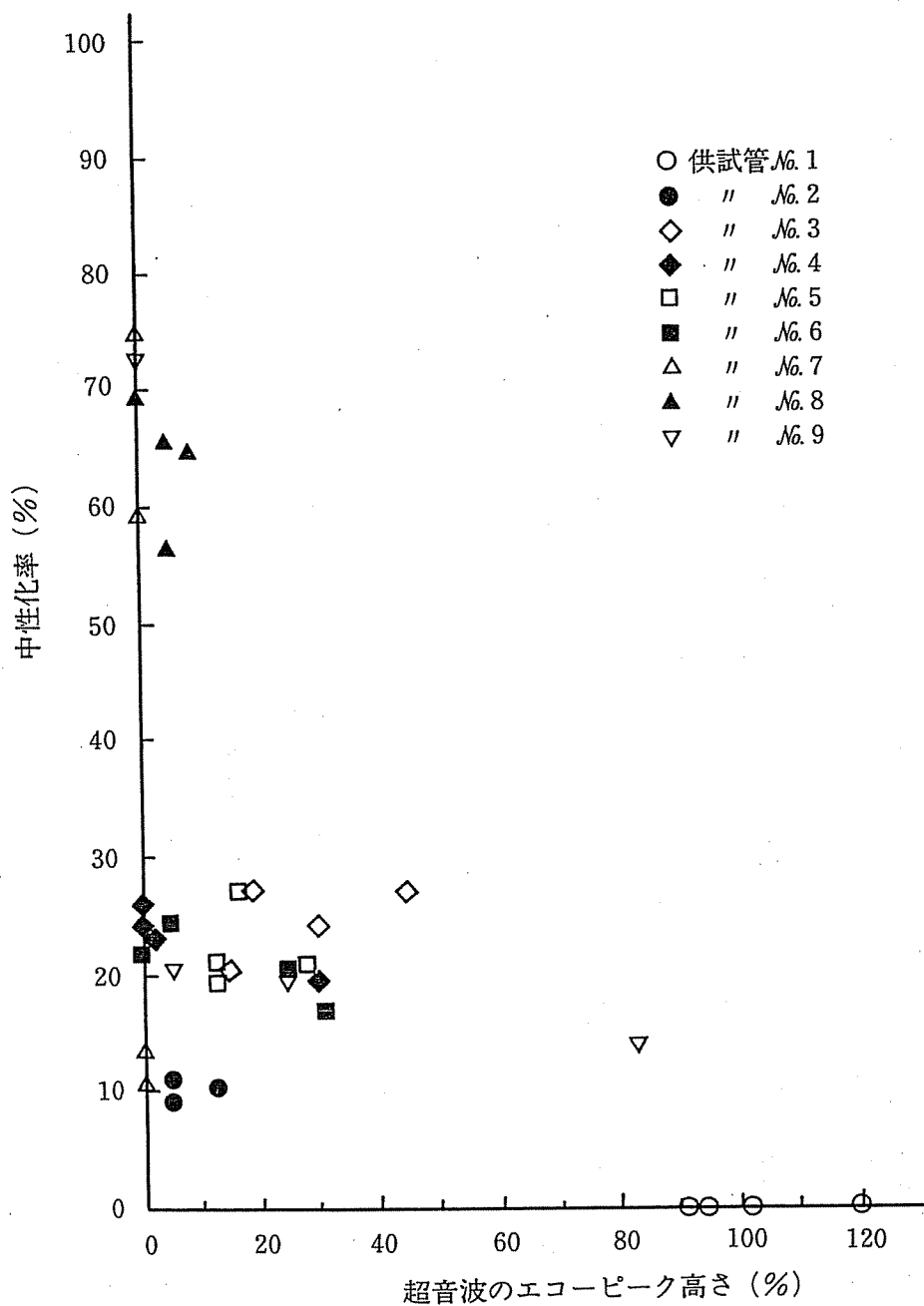


参考図 3.11 超音波の反射

- d) 前記現象を利用して、全くの健全管か、少しでも劣化しているかを区別することだけはできそうである。

2) 劣化した管のエコーピーク高さ と 中性化率の関係

全く健全な管のエコーピーク高さを100%とし、それと比較した劣化管のエコーピーク高さを百分率で表わし、フェノールフタレイン溶液による中性化率との関係を確認した。結果を参考図 3.12 に示す。図からエコーピーク高さ と 中性化率の相関は弱いと言える。



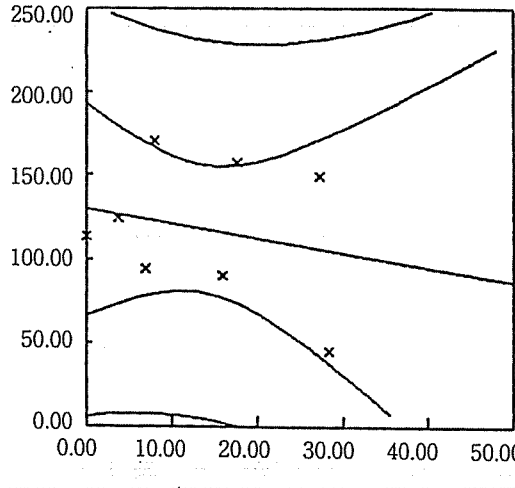
参考図 3.12 超音波エコーピーク高さと中性化率の関係

[参考]

超音波エコーピーク高さと実測強度の関係の例を示すと参考図 3.13 のようになる。

これらの図より、供試管の都合上、データ数が 8 個と少ないが、超音波エコーピーク高さと各強度の相関は低い。

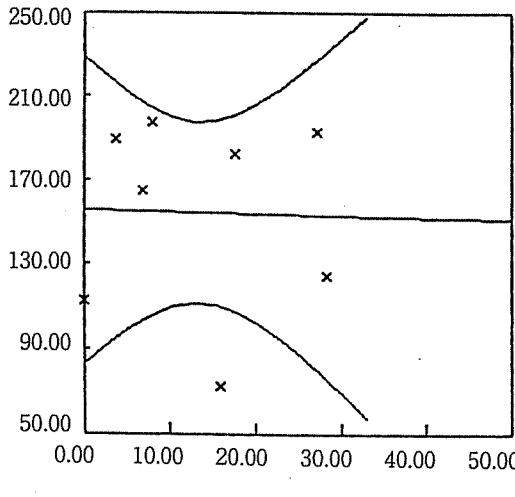
曲げ強度 (kgf/cm²)



	横軸	縦軸
データ数	8	
最小値	0.000	45.000
最大値	28.300	170.000
平均値	13.525	117.750
標準偏差	10.577	41.293
相関係数	-0.221	
$Y=129.418-0.863X$		
t値(-0.555)		

参考図 3.13-1 超音波エコーピーク高さと曲げ強度

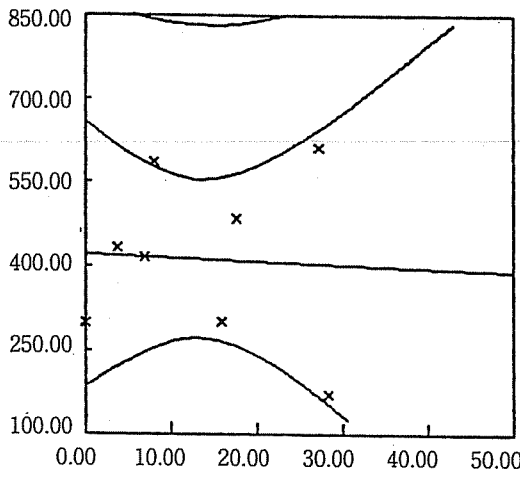
引張強度 (kgf/cm²)



	横軸	縦軸
データ数	8	
最小値	0.000	72.000
最大値	28.300	197.000
平均値	13.525	154.250
標準偏差	10.577	46.117
相関係数	-0.021	
$Y=155.475-0.091X$		
t値(-0.051)		

参考図 3.13-2 超音波エコーピーク高さと引張強度

圧壊強度 (kgf/cm²)



	横軸	縦軸
データ数	8	
最小値	0.000	170.000
最大値	28.300	609.000
平均値	13.525	411.500
標準偏差	10.577	149.834
相関係数	-0.042	
$Y=419.507-0.592X$		
t値(-0.102)		

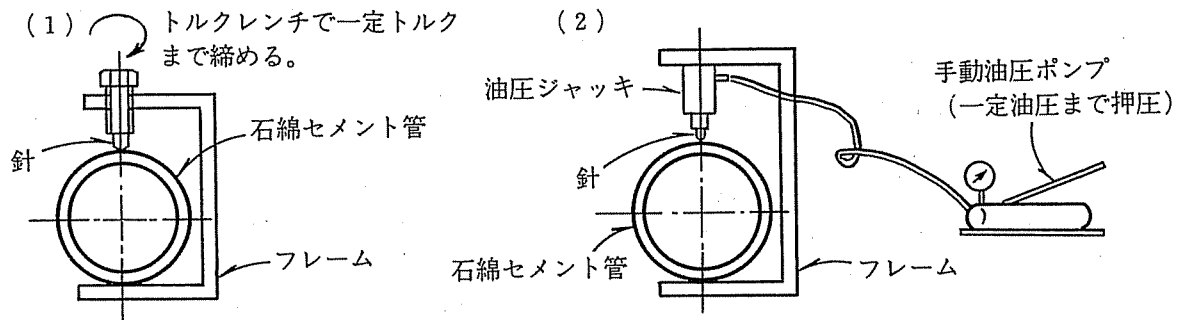
参考図 3.13-3 超音波エコーピーク高さと圧壊強度

3.9 針入法

1) 構 想

石綿セメント管の劣化部の厚みに相当する分だけ針が侵入し、健全部は針が通らないような計測器が考えられないか検討した。

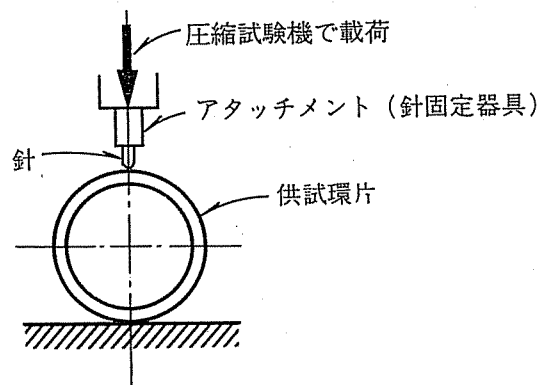
現場で使える計測器の例として参考図3.14のようなものが考えられる。



参考図3.14 針入法による診断法

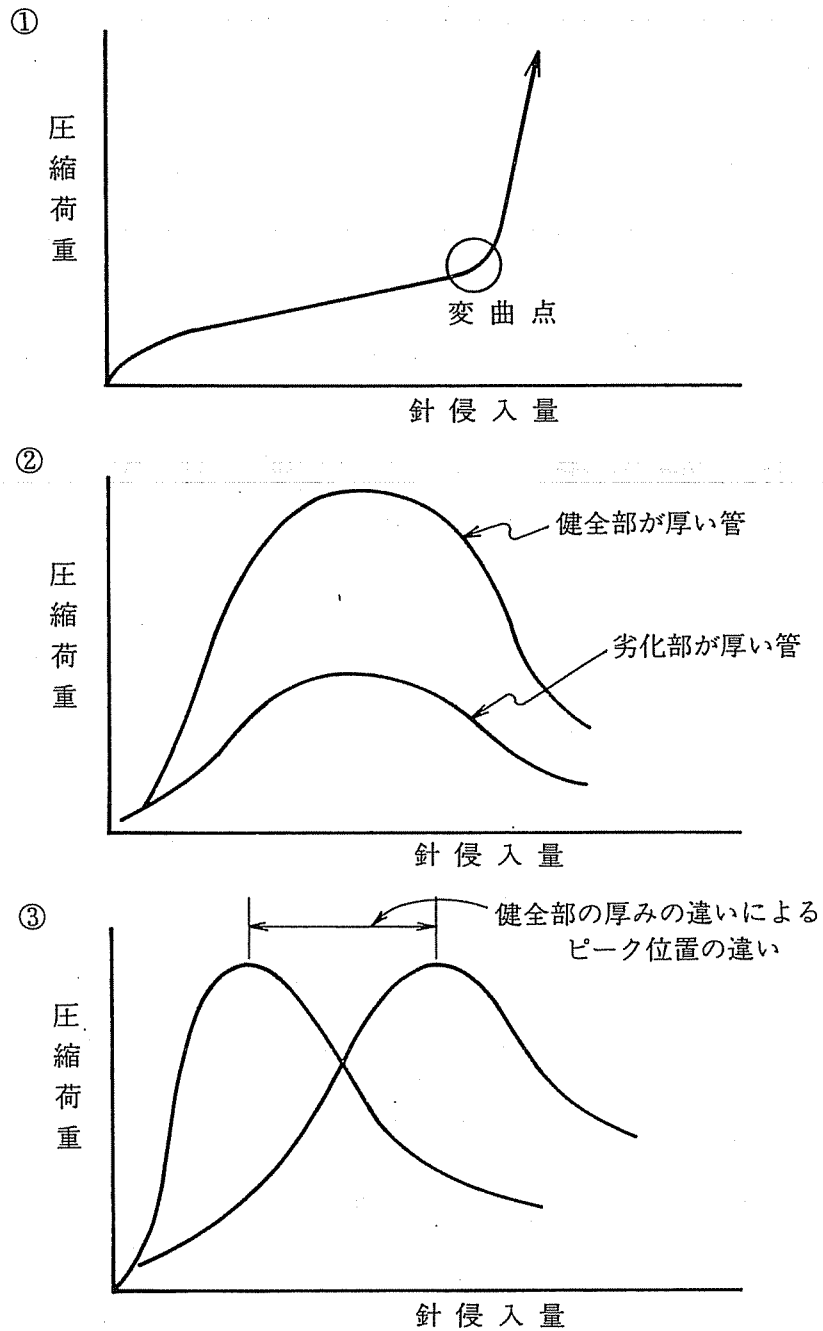
2) 試験方法

圧縮試験機にて針を供試環片に押圧し、圧縮荷重と針侵入量の関係を計測した (針の先端形状、太さは種々のものを試作した)。



参考図3.15 針入法の試験方法

そして参考図3.16のように、劣化部と健全部の境界で変曲点が見出せないか、また劣化部、健全部の厚みによって圧縮荷重—針侵入量の関係に違いが見出せないかを検討した。



参考図 3.16 圧縮荷重—針侵入量の関係 (想定)

3) 測定結果

一例を参考図 3.17 に示す。

4) まとめ

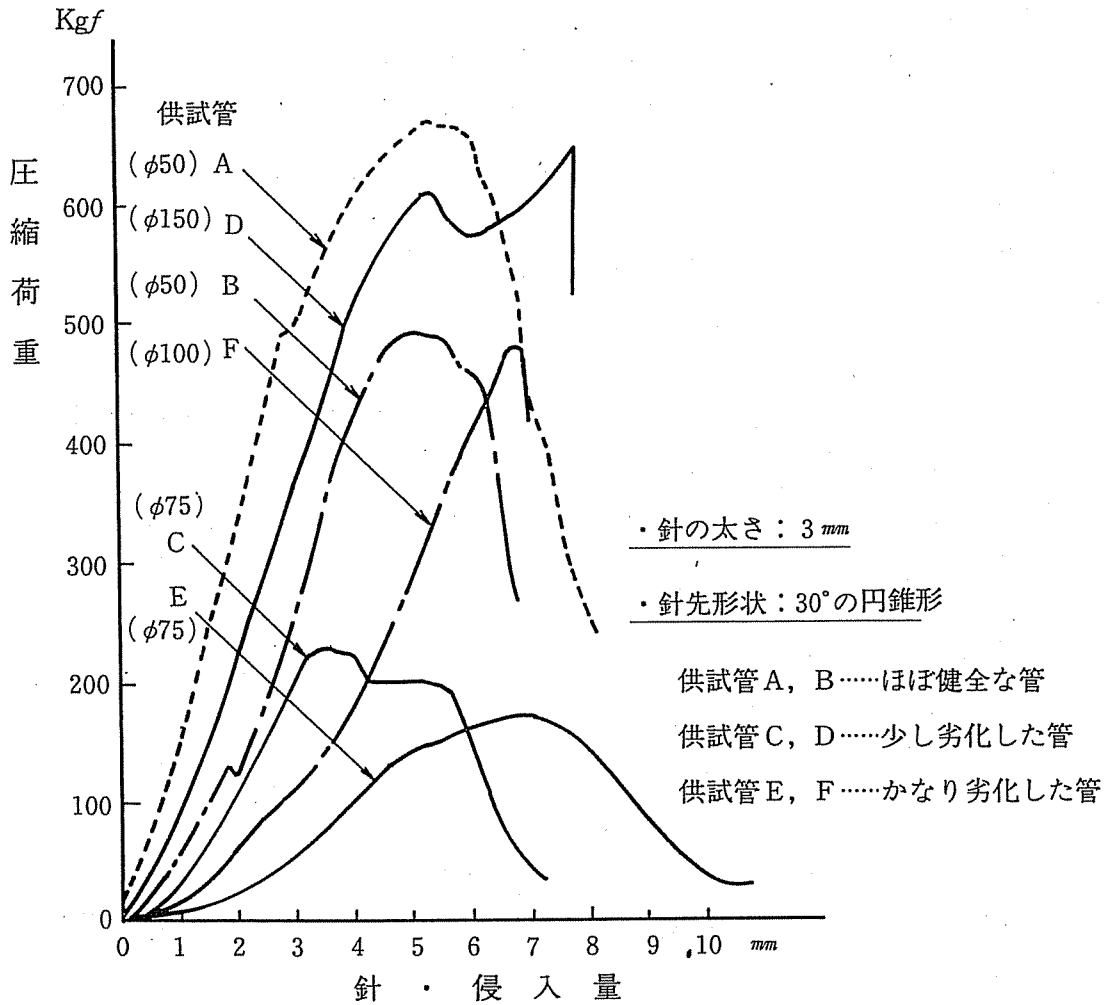
a) 荷重—針侵入量の線図からは、劣化部と健全部の境界で、変曲点は見出せなかった。

b) ほぼ健全な管とかなり劣化した管では最大荷重に違いがあるようである

が、例外も多々あり最大荷重の大小で劣化度の判断をするにはバラツキが大きすぎる。

c) 荷重-針侵入量線図のピーク的位置（最大荷重時の針侵入量）の違いと健全部の厚みの相関は見出せなかった。

d) 以上から、針入法は劣化を診断する手法としては不適當である。



参考図 3.17 圧縮荷重-針・侵入量線図

3.10 化学的方法

a) 健全部、劣化部の石綿セメント粉末を塩酸にて強制劣化させ、変化を観察した。

主な方法は

(i) 石綿セメント粉末に塩酸溶液を添加、水酸化カリウム (KOH) で滴定し、塩酸消費量をKOHに換算してアルカリ度として評価した。

(ii) 石綿セメント粉末に塩酸溶液を添加し、溶液のpH値、溶出成分濃度 (SO_4^{2-} 、Ca、Mg、Si等) を測定した。

b) アルカリ度、pH値の測定値は管の健全、劣化に対応して変化し、傾向としては合致するが、バラツキが大きく劣化の程度を診断するには更に工夫する必要があると思われる。

c) 現段階では、実用的な化学的診断法は見出せていない。

3.11 硬度測定

石綿セメント管を管内面側または、管外面側から1mmずつ切削し、各層毎の表面の硬度を測定した。

1) 測定硬度の種類

ブリネル硬度

バーコル //

鋳物砂 //

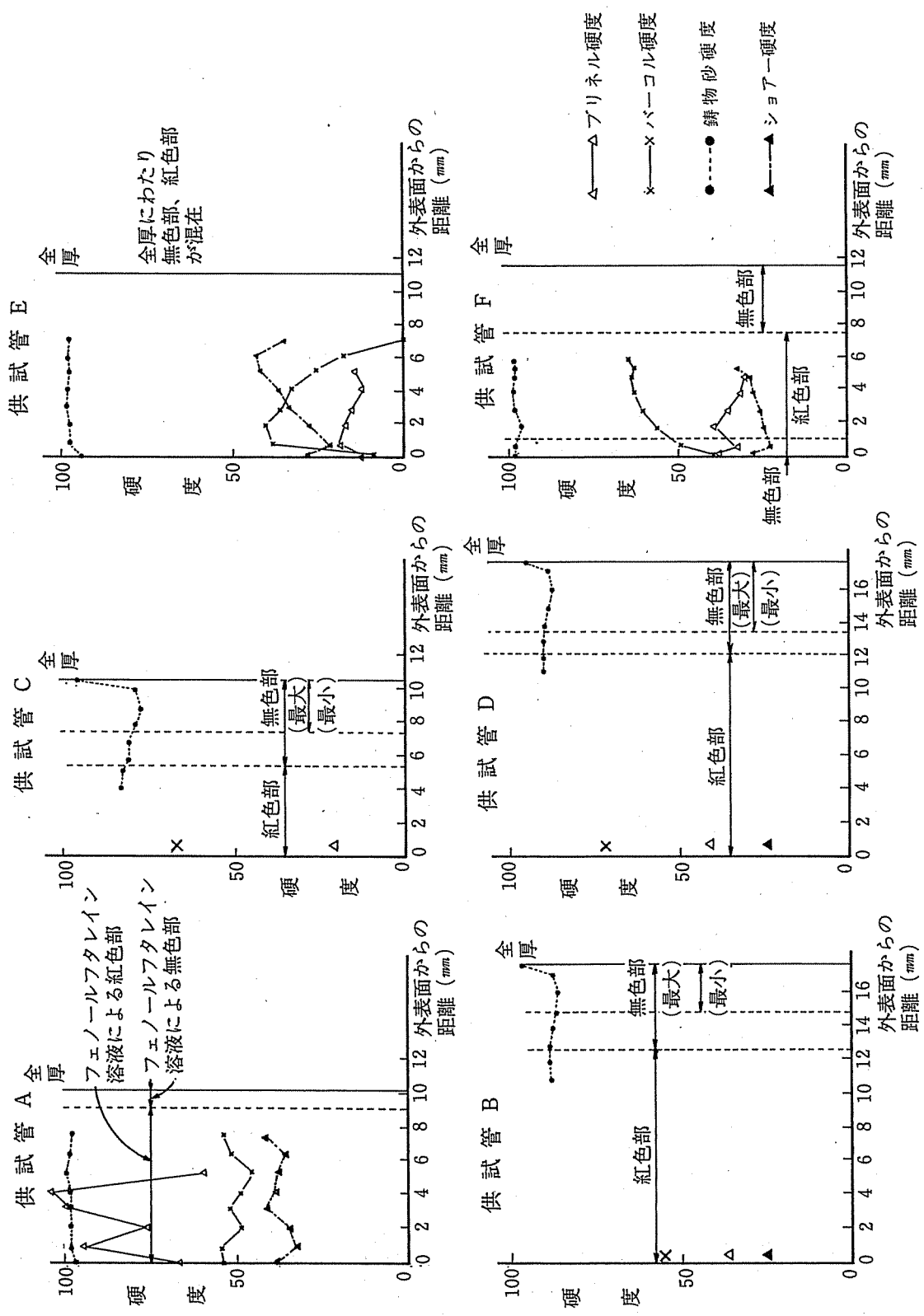
ショアー //

デュロメータ // ……JIS K 7215 (プラスチックのデュロメータ硬さ試験方法) による。

その他に、予備試験として、ゴム硬度、ビッカース硬度、エコーチップ硬度、鉛筆ひっかけ硬度についても測定を行ったが良い結果が得られなかった。

2) 測定結果

一例を参考図3.18に示す。



参考図 3.18 硬度測定結果例

3) まとめ

a) 各硬度毎の所見は次の通り。

(i) ブリネル硬度、バーコル硬度

健全部と思われる範囲内でもかなりバラツキがある。

(ii) 鋳物砂硬度

バラツキは少ないが、これは適用硬度に対し石綿セメント管は硬すぎるためと思われる（フルスケール100に対して約90以上の測定が多かった）。また、健全部、劣化部の区別が判然としない。

(iii) ショアー硬度

硬度の違いによる健全部、劣化部の区別ができていない。

(iv) それぞれの硬度相互の関連

各硬度間の大小の傾向は合致していない。

b) 前述のように測定値にかなりのバラツキが見られるのは適正に測定できる硬度計がないことのほかに石綿セメント管表面の硬さが場所により差異があることが原因である（現に隣接した場所の値が、かなり異なった場合があった）。

c) 全体的に見れば、健全部は硬く、劣化部は軟かいという傾向は見られる。しかし硬度を健全、劣化の診断に使うのは、困難と思われる。

[謝辞]

管体診断法の開発に当たり、全面的に試験に協力していただいた日本ダクタイル鉄管協会（久保田鉄工株式会社）、塩化ビニル管・継手協会（積水化学工業株式会社）、前澤工業株式会社に対し、深甚なる感謝の意を表します。

参考資料 2

石綿セメント管に関する資料

1. 石綿セメント管の製造方法

原料である石綿繊維とセメント（重量比1：5～1：6）に適量の水を加え十分攪拌混合し、その混合液を製管機の回転フェルト（エンドレスの布）の上に0.1～0.2mm前後の薄層で、付着させる。次にこれを回転芯金に、圧力を加えながら移し、所定厚さまで巻付ける。その後、製管機から取出し、芯金を抜く。芯金を抜いた後は水中養生またはオートクレーブ養生を行い硬化させる。（オートクレーブ養生の場合は原料として珪砂も用いる。）

代表的な製造工程を参考図4.1に示す。

2. 日本における石綿セメント管の製造の歴史

（1914年 イタリアのエーテルニト社が開発、販売開始）

1932年 日本エタニットパイプ（株）製造開始

1938年 秩父セメント（株）製造開始

1954年 久保田鉄工（株）製造開始

1975年 久保田鉄工（株）製造停止

1979年 秩父セメント（株）製造停止

1985年 日本エタニットパイプ（株）製造停止

3. 日本における石綿セメント管の生産量

参考図4.2、4.3に日本水道協会の検査実績を示す。

4. 石綿セメント管の規格の変遷

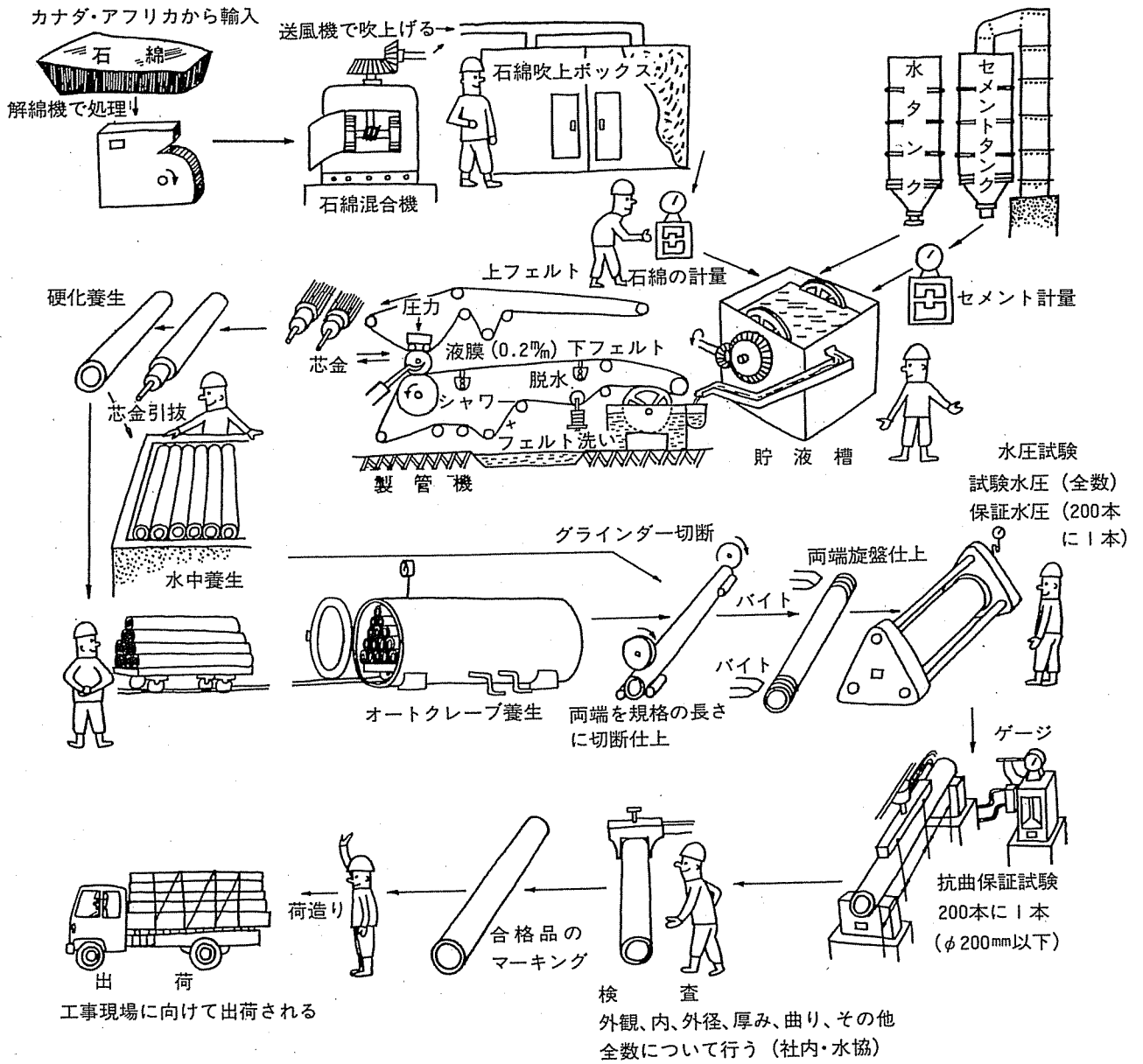
参考表4.1、4.2に規格の変遷を示す。

またJIS A 5301(水道用石綿セメント管)の最終の規格（1983年改正版）をP.182以降に示す。

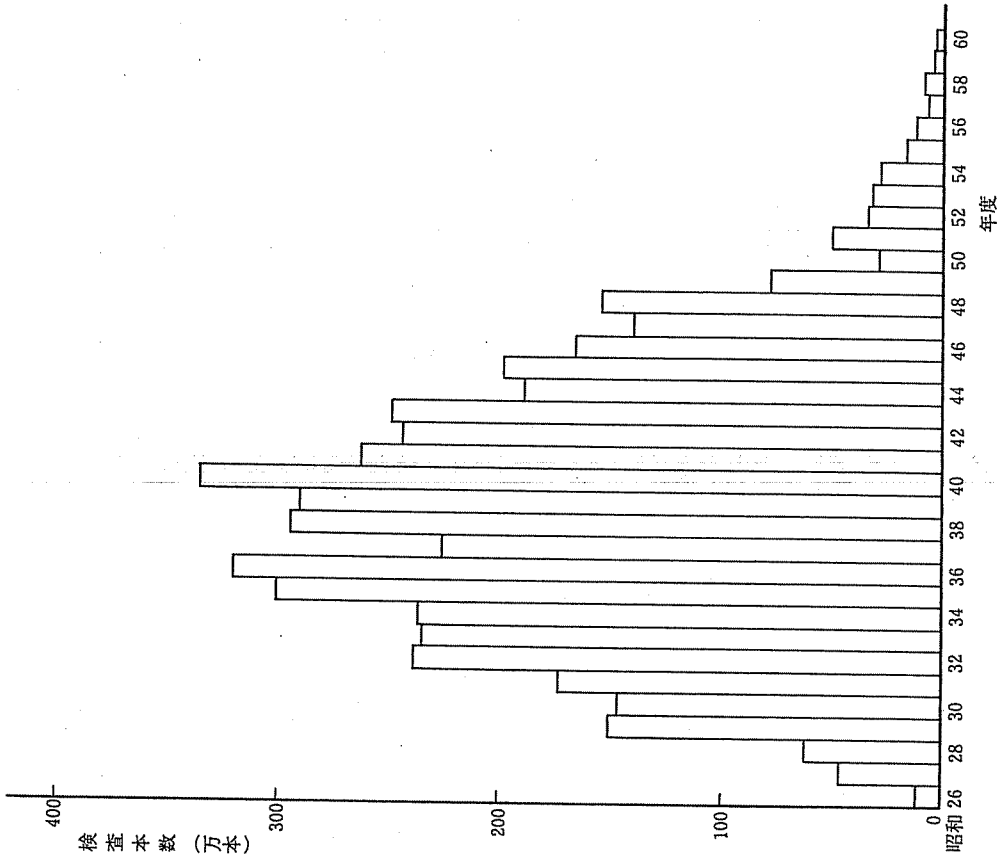
なお、この規格は1988年に廃止され、現在は石綿セメント管に関するJIS規格はない。

〔備考〕

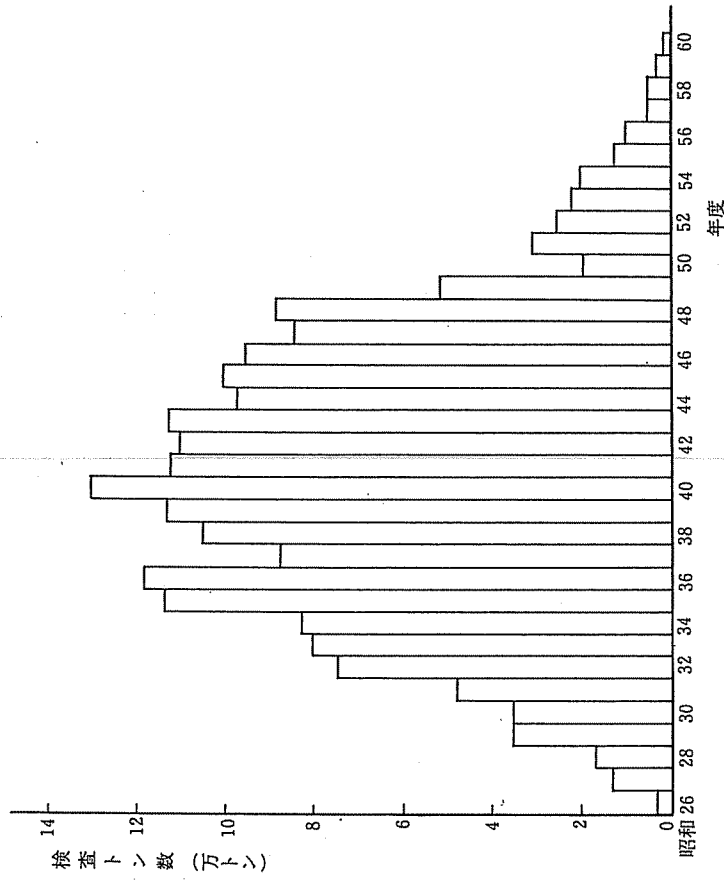
平成元年度の国庫補助事業工事歩掛表において、従来の第2編・第8章・第8節の石綿セメント管布設工の部分は削除された。



参考図 4.1 石綿セメント管の製造工程



参考図 4.3 日本水道協会の石綿セメント管
の検査実績 (本数)



参考図 4.2 日本水道協会の石綿セメント管
検査実績 (トン数)

参考表 4.1 石綿セメント管の規格の変遷

年	JIS	(JWSA) JWWA	日本工業用水協会規格	石綿管協会規格 (APA)
S.14 S.25	A 5301 水道用石綿セメント管制定 第 1 回改正	上水道用規格制定 (水道協会の検査始まる。)		
S.28	A 5301	A 101 水道用石綿セメント管制定 A 102 同 カラー継手 (K R) 制定		
S.31	1956	G 101 水道用石綿セメント管継手 (K G) および異形管制定		
S.34	A 5301 第 2 回改正 A 5315 石綿セメント継手 (K A 継手) 制定			
S.36	A 5520 鑄鉄継手, 鑄鉄異形管制定		低圧石綿セメント管制定	
S.37	1962	JWSA から JWWA に名称変更	第 1 回改正	
S.40 S.42	A 5301 第 3 回改正 A 5315 第 1 回改正 A 5520 第 1 回改正			
S.44	1969	A 108 鋼板継手, 鋼板異形管制定		
S.46	A 5301 第 4 回改正 A 5315 第 2 回改正 A 5520 第 2 回改正		廃止	

S.50	1975	A 5519	鋼板継手，鋼板 異形管制定	A 110	鋼板巻込み石綿セ メント管制定		
S.53	1978	A 5301 A 5315 A 5520 A 5519	第 5 回改正 第 3 回改正 第 3 回改正 第 1 回改正	A 110 A 112	第 1 回改正 II 形石綿セメント 継手制定		APA 204 耐震形継手制定 APA 301 耐震鑄鉄継手制定 APA 401 耐震鋼板継手制定 APA 501 離脱防止金具制定
S.55	1980	A 5301	第 6 回改正				APA 202 II 形カーチーゾ制定
S.56	1981						APA 402 鋼製継手制定 APA 403 鋼製異形管制定
S.58	1983	A 5301 A 5315 A 5520	第 7 回改正 第 4 回改正 第 4 回改正				
S.63	1988	A 5301 A 5315 A 5519	廃止 廃止 廃止				

参考表 4.2 JIS A 5301 (水道用石綿セメント管) の変遷

	第1回改正 S28(1953)	第2回改正 S34(1959)	第3回改正 S40(1965)
概要	JIS A 5301 制定 S25(1950) 戦時規格(S.18), 組合規格(S.22), JES規格を経てJIS規格となる。石綿の品質等生産条件に応じた規格とした。 水道協会の検査が始まる。	製品強度が向上したので、水圧試験値を大幅に引き上げた。 破裂試験をやめ内圧、曲げの保証試験を取り入れた。	オートクレーブ養生を規格化し、養生日数を短縮した。その他曲げ試験荷重を上げ、また環片圧壊試験、溶解試験を追加した。
種類	2. 種類 石綿, セメントの配合割合で種別を1, 2種と定めた。 表 1 種類 使用静水頭 1種 45~75m 2種 45m以下	2. 種類 試験水圧により2種類に区分した。 表 1 種類 試験水圧 使用静水頭 1種 25kg/cm ² 75m以下 2種 18 " 45m "	2. 種類 改正なし
品質	5. 品質 5.1 破裂強さの規定を上げる。 平均値 200kg/cm ² 以上 最低値 180 " 5.2 水圧試験値を上げる。 表 4 種類 水 圧 1種 17.5kg/cm ² 2種 14.0 " 最大使用水頭の約2.5倍の水圧試験値とした。	5.2 水密試験値を上げる。 表1 最大使用圧力の約3.5倍で試験 5.3 曲げ試験 φ200mm以下について試験荷重を定めた。保証応力は計算破壊応力の約80%となる値。 5.4 保証水圧試験の新設 破裂試験を廃止して、保証水圧試験を採用。	5. 品質 5.2 水密試験 改正なし 5.3 曲げ試験荷重を上げる。 5.4 φ250mm 以上について環片圧壊試験の破壊荷重値を定めた。 5.5 保証水圧試験値 改正無し

品 質			<p style="text-align: center;">表 6</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <th>種 類</th> <th>保証水圧</th> </tr> <tr> <td>1種</td> <td>35kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>2種</td> <td>25 "</td> </tr> </table> <p>(注) 破裂水圧の約80%</p>	種 類	保証水圧	1種	35kg/cm ²	2種	25 "	5.6 溶解試験を定め、pH 値、アルカリ度、濁度、残留塩素について新たに規定した。																																																																																																																
種 類	保証水圧																																																																																																																									
1種	35kg/cm ²																																																																																																																									
2種	25 "																																																																																																																									
形 状 ・ 寸 法	<p>4. 形状および寸法</p> <p>1, 2種とも同一管厚</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <caption>2 表</caption> <thead> <tr> <th>呼び径</th> <th>管厚 (mm)</th> <th>管 長 (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>50</td><td>9</td><td>3</td></tr> <tr><td>75</td><td>10</td><td>3</td></tr> <tr><td>100</td><td>12</td><td>3</td></tr> <tr><td>150</td><td>16</td><td>4</td></tr> <tr><td>200</td><td>21</td><td>4</td></tr> </tbody> </table>	呼び径	管厚 (mm)	管 長 (m)	50	9	3	75	10	3	100	12	3	150	16	4	200	21	4	<p>4. 形状・寸法</p> <p>4.3 口径, 2種管厚の追加</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <caption>表 2</caption> <thead> <tr> <th>呼び径</th> <th>1種厚 (mm)</th> <th>2種厚 (mm)</th> <th>管長 (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>50</td><td>10</td><td>-</td><td>3</td></tr> <tr><td>75</td><td>10</td><td>-</td><td>3</td></tr> <tr><td>100</td><td>12</td><td>10</td><td>3</td></tr> <tr><td>125</td><td>14</td><td>11</td><td>3</td></tr> <tr><td>150</td><td>16</td><td>12</td><td>4</td></tr> <tr><td>200</td><td>21</td><td>15</td><td>4</td></tr> <tr><td>250</td><td>26</td><td>19</td><td>4</td></tr> <tr><td>300</td><td>30</td><td>22</td><td>4</td></tr> <tr><td>350</td><td>35</td><td>25</td><td>4</td></tr> <tr><td>400</td><td>40</td><td>29</td><td>4</td></tr> </tbody> </table> <p>強さを同じにして管厚を変える。</p>	呼び径	1種厚 (mm)	2種厚 (mm)	管長 (m)	50	10	-	3	75	10	-	3	100	12	10	3	125	14	11	3	150	16	12	4	200	21	15	4	250	26	19	4	300	30	22	4	350	35	25	4	400	40	29	4	<p>4. 形状・寸法</p> <p>4.1 ベベルエンドを追加</p> <p>4.2 口径, 管長5mを追加</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <caption>表 2</caption> <thead> <tr> <th>呼び径</th> <th>1種厚 (mm)</th> <th>2種厚 (mm)</th> <th>管長 (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>50</td><td>10</td><td>-</td><td>3</td></tr> <tr><td>75</td><td>10</td><td>-</td><td>3</td></tr> <tr><td>100</td><td>12</td><td>10</td><td>3</td></tr> <tr><td>125</td><td>14</td><td>11</td><td>3, 4</td></tr> <tr><td>150</td><td>16</td><td>12</td><td>4</td></tr> <tr><td>200</td><td>21</td><td>15</td><td>4, 5</td></tr> <tr><td>250</td><td>26</td><td>19</td><td>4, 5</td></tr> <tr><td>300</td><td>30</td><td>22</td><td>4, 5</td></tr> <tr><td>350</td><td>35</td><td>25</td><td>4, 5</td></tr> <tr><td>400</td><td>40</td><td>29</td><td>4, 5</td></tr> <tr><td>450</td><td>44</td><td>32</td><td>4, 5</td></tr> <tr><td>500</td><td>48</td><td>35</td><td>4, 5</td></tr> <tr><td>600</td><td>-</td><td>42</td><td>4, 5</td></tr> </tbody> </table> <p>4.3 寸法許容差 カラー継手を使用するため小さくした。</p>	呼び径	1種厚 (mm)	2種厚 (mm)	管長 (m)	50	10	-	3	75	10	-	3	100	12	10	3	125	14	11	3, 4	150	16	12	4	200	21	15	4, 5	250	26	19	4, 5	300	30	22	4, 5	350	35	25	4, 5	400	40	29	4, 5	450	44	32	4, 5	500	48	35	4, 5	600	-	42	4, 5	<p>4. 形状・寸法</p> <p>4.2 管の寸法 φ125の3m管を削除。</p> <p>4.3 寸法許容差 呼び径区分をφ300~400, 450~600とし, 許容差も変えた。</p> <p>4.4 環片圧壊試験の残管を使用可とした。</p>
呼び径	管厚 (mm)	管 長 (m)																																																																																																																								
50	9	3																																																																																																																								
75	10	3																																																																																																																								
100	12	3																																																																																																																								
150	16	4																																																																																																																								
200	21	4																																																																																																																								
呼び径	1種厚 (mm)	2種厚 (mm)	管長 (m)																																																																																																																							
50	10	-	3																																																																																																																							
75	10	-	3																																																																																																																							
100	12	10	3																																																																																																																							
125	14	11	3																																																																																																																							
150	16	12	4																																																																																																																							
200	21	15	4																																																																																																																							
250	26	19	4																																																																																																																							
300	30	22	4																																																																																																																							
350	35	25	4																																																																																																																							
400	40	29	4																																																																																																																							
呼び径	1種厚 (mm)	2種厚 (mm)	管長 (m)																																																																																																																							
50	10	-	3																																																																																																																							
75	10	-	3																																																																																																																							
100	12	10	3																																																																																																																							
125	14	11	3, 4																																																																																																																							
150	16	12	4																																																																																																																							
200	21	15	4, 5																																																																																																																							
250	26	19	4, 5																																																																																																																							
300	30	22	4, 5																																																																																																																							
350	35	25	4, 5																																																																																																																							
400	40	29	4, 5																																																																																																																							
450	44	32	4, 5																																																																																																																							
500	48	35	4, 5																																																																																																																							
600	-	42	4, 5																																																																																																																							

第4回改正 S46(1971)	第5回改正 S53(1978)	第6回改正 S55(1980)	第7回改正 S58(1983)										
<p>全面的に試験数値を上昇させ、1, 2種の口径の拡大、3, 4種および塗装管を追加した。</p>	<p>国際単位系(SI単位)の併記のみで実質的な改正はない。</p>	<p>水道水の水質がきびしく論議される社会的情勢をふまえ管の品質に関する条文を追加した。</p>	<p>φ50mmは曲げ、衝撃に弱く規格面からの対応が求められていた。今回の改正でφ50mmを削除した。</p>										
<p>2. 種類 3, 4種を追加し、1種は12%, 2種は22%試験水圧を高くした。</p>	<p>2. 種類 改正無し</p>	<p>2. 種類 改正無し</p>	<p>2. 種類 改正無し</p>										
<p>種類</p> <table border="1" data-bbox="678 448 861 1008"> <caption>表 1</caption> <thead> <tr> <th>種類</th> <th>試験水圧</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1種</td> <td>28kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>2種</td> <td>22 "</td> </tr> <tr> <td>3種</td> <td>18 "</td> </tr> <tr> <td>4種</td> <td>13 "</td> </tr> </tbody> </table> <p>大口径は外圧を考慮する必要があるので使用静水圧を削除。</p>	種類	試験水圧	1種	28kg/cm ²	2種	22 "	3種	18 "	4種	13 "	<p>3. 品質 管の品質に関する条文の追加 3.1 管は水道水に侵されず、かつ、水質に悪影響を与えてはならない。</p>	<p>3. 品質 改正無し</p>	<p>3. 品質 改正無し</p>
種類	試験水圧												
1種	28kg/cm ²												
2種	22 "												
3種	18 "												
4種	13 "												
<p>5. 品質 5.3 水圧試験値を上げる。 表 1 保証水圧の80% 5.4 曲げ試験荷重を10%上昇させ、3, 4種管についても追加規定した。 ・曲げ強度=250kg/cm² 5.5 環片圧壊試験荷重値を10%上昇させ、3, 4種管について追加規定した。 ・圧壊強度 φ250~600:500 (kg/cm²) φ700~900:450 φ1,000~1,500:400</p>													

品 質	<p>5.6 保証水圧試験値 表 8</p> <table border="1" data-bbox="247 1550 414 1841"> <thead> <tr> <th>種 類</th> <th>保証水圧</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1種</td> <td>35kg/cm²</td> </tr> <tr> <td>2種</td> <td>28 "</td> </tr> <tr> <td>3種</td> <td>22 "</td> </tr> <tr> <td>4種</td> <td>16 "</td> </tr> </tbody> </table> <p>・ 設計水圧の90% ・ 内圧強度 = 225kg/cm²</p> <p>5.7 溶解試験 改正なし</p>	種 類	保証水圧	1種	35kg/cm ²	2種	28 "	3種	22 "	4種	16 "																																																																																																																												
種 類	保証水圧																																																																																																																																						
1種	35kg/cm ²																																																																																																																																						
2種	28 "																																																																																																																																						
3種	22 "																																																																																																																																						
4種	16 "																																																																																																																																						
形 状 ・ 寸 法	<p>4.2 3.4 種管の追加 φ700~1,500mmの追加 表 3</p> <table border="1" data-bbox="694 1482 1348 1908"> <thead> <tr> <th>呼び径</th> <th>1種 (mm)</th> <th>2種 (mm)</th> <th>3種 (mm)</th> <th>4種 (mm)</th> <th>管長 (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>50</td><td>10</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>3</td></tr> <tr><td>75</td><td>10</td><td>—</td><td>—</td><td>—</td><td>3</td></tr> <tr><td>100</td><td>12</td><td>10</td><td>9</td><td>—</td><td>3</td></tr> <tr><td>125</td><td>14</td><td>11</td><td>9.5</td><td>—</td><td>4</td></tr> <tr><td>150</td><td>16</td><td>12</td><td>10</td><td>—</td><td>4</td></tr> <tr><td>200</td><td>21</td><td>15</td><td>13</td><td>11</td><td>4,5</td></tr> <tr><td>250</td><td>23</td><td>19</td><td>15.5</td><td>12</td><td>4,5</td></tr> <tr><td>300</td><td>26</td><td>22</td><td>18</td><td>14</td><td>4,5</td></tr> <tr><td>350</td><td>30</td><td>25</td><td>20.5</td><td>16</td><td>4,5</td></tr> <tr><td>400</td><td>35</td><td>29</td><td>23</td><td>18</td><td>4,5</td></tr> <tr><td>450</td><td>39</td><td>32</td><td>26</td><td>20</td><td>4,5</td></tr> <tr><td>500</td><td>43</td><td>35</td><td>28.5</td><td>22</td><td>4,5</td></tr> <tr><td>600</td><td>52</td><td>42</td><td>34</td><td>26</td><td>4,5</td></tr> <tr><td>700</td><td>—</td><td>49</td><td>39</td><td>30</td><td>4,5</td></tr> <tr><td>800</td><td>—</td><td>56</td><td>44</td><td>34</td><td>4,5</td></tr> <tr><td>900</td><td>—</td><td>—</td><td>49</td><td>38</td><td>4,5</td></tr> <tr><td>1,000</td><td>—</td><td>—</td><td>54</td><td>42</td><td>4,5</td></tr> <tr><td>1,100</td><td>—</td><td>—</td><td>59</td><td>46</td><td>5</td></tr> <tr><td>1,200</td><td>—</td><td>—</td><td>65</td><td>50</td><td>5</td></tr> <tr><td>1,350</td><td>—</td><td>—</td><td>73</td><td>57</td><td>5</td></tr> <tr><td>1,500</td><td>—</td><td>—</td><td>81</td><td>63</td><td>5</td></tr> </tbody> </table> <p>さらに、φ250~500mmの接合部外径寸法を修正。</p>	呼び径	1種 (mm)	2種 (mm)	3種 (mm)	4種 (mm)	管長 (m)	50	10	—	—	—	3	75	10	—	—	—	3	100	12	10	9	—	3	125	14	11	9.5	—	4	150	16	12	10	—	4	200	21	15	13	11	4,5	250	23	19	15.5	12	4,5	300	26	22	18	14	4,5	350	30	25	20.5	16	4,5	400	35	29	23	18	4,5	450	39	32	26	20	4,5	500	43	35	28.5	22	4,5	600	52	42	34	26	4,5	700	—	49	39	30	4,5	800	—	56	44	34	4,5	900	—	—	49	38	4,5	1,000	—	—	54	42	4,5	1,100	—	—	59	46	5	1,200	—	—	65	50	5	1,350	—	—	73	57	5	1,500	—	—	81	63	5	<p>4. 形状・寸法 改正無し</p>	<p>4. 形状・寸法 4.2 φ50mmを削除。</p>
呼び径	1種 (mm)	2種 (mm)	3種 (mm)	4種 (mm)	管長 (m)																																																																																																																																		
50	10	—	—	—	3																																																																																																																																		
75	10	—	—	—	3																																																																																																																																		
100	12	10	9	—	3																																																																																																																																		
125	14	11	9.5	—	4																																																																																																																																		
150	16	12	10	—	4																																																																																																																																		
200	21	15	13	11	4,5																																																																																																																																		
250	23	19	15.5	12	4,5																																																																																																																																		
300	26	22	18	14	4,5																																																																																																																																		
350	30	25	20.5	16	4,5																																																																																																																																		
400	35	29	23	18	4,5																																																																																																																																		
450	39	32	26	20	4,5																																																																																																																																		
500	43	35	28.5	22	4,5																																																																																																																																		
600	52	42	34	26	4,5																																																																																																																																		
700	—	49	39	30	4,5																																																																																																																																		
800	—	56	44	34	4,5																																																																																																																																		
900	—	—	49	38	4,5																																																																																																																																		
1,000	—	—	54	42	4,5																																																																																																																																		
1,100	—	—	59	46	5																																																																																																																																		
1,200	—	—	65	50	5																																																																																																																																		
1,350	—	—	73	57	5																																																																																																																																		
1,500	—	—	81	63	5																																																																																																																																		

	JIS A 5301 制定 S 25 (1950)	第 1 回 改正 S 28 (1953)	第 2 回 改正 S 34 (1959)	第 3 回 改正 S 40 (1965)
材	<p>3. 製造法</p> <p>3.2 セメント, 石綿</p> <p>1) JIS R 5210 ポルトランドセメント</p> <p>2) 石綿はカナダ石綿規格の 4 級中位以上のもの</p> <p>3) 石綿, セメントの配合</p> <p>1 種 1:5</p> <p>2 種 1:6</p>	<p>3. 製造</p> <p>3.2 セメント, 石綿</p> <p>2) 石綿材料は製造者の選択に任せた。アフリカ産も可とした。</p> <p>3) 有機質繊維の排除。</p> <p>4) 石綿, セメントの配合比は 5.1 の強度を出す為に 1:5~1:6 の範囲内で製造者が選ぶこととした。</p>	<p>3. 製造方法および材料</p> <p>3.2 セメント, 石綿</p> <p>1) セメント</p> <p>シリカセメントも可とした。</p> <p>3) 強度, 耐水性のため無機質材の混入も可とした。</p> <p>4) 材料は製管後水に侵されず, 水質に悪影響を与えないこと。</p>	<p>3. 製造方法および材料</p> <p>3.2 セメント, 石綿</p> <p>1) 高炉セメント, フライアッシュセメントの追加。</p>
料				
製造方法	<p>3.3 養生</p> <p>成型後 1~2 日間湿潤状態を保ち水中養生 7 日後大気中で養生。全養生期間は 60 日以上。</p>	<p>3.3 養生期間は 60 日を標準とし季節により多少縮めてもよいこととした。</p>	<p>3.3 成形後十分に硬化した後, 7 日以上の水中養生をすること。</p>	<p>3.3 7 日以上の水中養生またはオートクレーブ養生を行うこと。</p>
試験方法	<p>5. 試験</p> <p>5.1 引張り試験</p> <p>5.2 水圧試験</p> <p>4 表の規定値を満たすこと。</p>	<p>6. 試験方法</p> <p>6.1 破裂試験</p> <p>6.2 水圧試験</p> <p>試験値を表 4 のように上げた。</p>	<p>6. 試験方法</p> <p>管の試験は製造後 30 日以上経過し, 乾燥したものについて行う。</p> <p>破裂試験は廃止</p> <p>6.1 水密試験値を上げる。表 1</p> <p>6.2 曲げ試験を新たに規定。</p> <p>6.3 保証水圧試験を新たに規定。表 6</p>	<p>7. 検査</p> <p>水中養生した管は製管後 14 日以上で, オートクレーブ養生管は製造業者の保証でいつでも検査が受けられる。</p> <p>6. 試験方法</p> <p>6.1 水密試験 改正無し</p> <p>6.2 曲げ試験 荷重値を上げた。</p> <p>6.3 $\phi 250$ 以上について環</p>

試験方法				片圧壊試験を新たに定めた。 6.4 保証水圧試験 改正無し 6.5 溶解試験方法を新たに規定。
検査	<p>6. 検査および表示</p> <p>6.1 引張り試験は注文者が指定した場合に限り行う。形状、寸法、水圧試験は全数検査を行う。</p> <p>5. 試験</p> <p>5.1 300個の中から1個の供試管を採り3分割して試験片とし引張り試験を行い、その平均値が規定値を満たすこと。 再検査品はすべての供試管がこの値を満たすこと。</p>	<p>7. 検査</p> <p>7.2 外観、形状、水圧試験は全数検査を行う。</p> <p>7.3 破裂試験は300本の中から1本の供試管を採り6.1の試験をし、5.1の規定を満たすこと。</p> <p>7.4 再検査の供試管数を2本とし、すべて5.1の規定に合格すること。</p>	<p>7. 検査</p> <p>7.2 改正無し</p> <p>7.3 曲げ試験、保証水圧試験は200本の中から1本の供試管を採り、6.2、6.3の試験をし5.3、5.4の規定に合格すること。</p> <p>7.4 再検査は2本の供試管を採り、2本とも前項の規定に合格すること。</p>	<p>7. 検査</p> <p>7.1 環片圧壊試験、溶解試験は注文者の判断で省略可。</p>
表示	<p>6.2 「水」製造所の記号、製造年月日、種別、および内径を明記する。</p>	<p>8. 表示 改正無し</p>	<p>8. 表示 改正なし</p>	<p>8. 表示 オートクレーブ養生管の表示 ㊦</p>
その他			<p>JWSA A 101-1958 と同一内容</p>	

	第4回改正 S46(1971)	第5回改正 S53(1978)	第6回改正 S55(1980)	第7回改正 S58(1983)
材 料	3. 材料および製造方法 材料については改正無し		5. 材料 5.4 「水は管の品質に悪影響を及ぼす物質を含んではならない」と追加規定。	5. 材料 改正無し
製 造 方 法	3.5 管は水または土壌が酸性の場合もあるので付属書にて塗装を規定した。		6. 製造方法 製造方法の項を別項として設けた。	6. 製造方法 6.2 「管はオートクレーブ等の養生を行わなければならない」と規定した。
試 験 方 法	6. 試験方法 改正無し		7. 試験方法 改正無し	7. 試験方法 改正無し

試験方法				
検査	7. 検査 改正無し		8. 検査 改正無し	8. 検査 オートクレーブ養生を 主体としたため養生日数 は削除した。
表示	8. 表示 塗装管に塗装年月日を併用。		9. 表示 水の記号を*マークの 様式に改める。	9. 表示 ㊦記号, および塗装年 月日を表示しなくともよ いこととした。
その他	特殊継手について φ250～500mm までの管の 接合部外径の改正にともない, 新管と旧管の接合に特殊継手 A, B, C を推奨。			付属書 1 塗装は従来歴青質を主体 としていたが, アクリル系 樹脂等を主体とすることと した。 1988年1月1日 廃止

水道用石綿セメント管 A 5301 - 1983

Asbestos Cement Pipes for Water Works

1. 適用範囲

この規格は、水道に使用する石綿セメント管（以下、管という。）について規定する。

備考

この規定の中で { } を付けて示してある単位及び数値は、国際単位系 (SI) (及びこれと併用してよい単位) によるものであって、参考として併記したものである。

2. 種類

管は、試験水圧によって表1の4種類に区分する。

表1

種類	試験水圧 kgf/cm ² {MPa}
1種	28 {2.75}
2種	22 {2.16}
3種	18 {1.77}
4種	13 {1.27}

3. 品質

- 3.1 管は、水道水に侵されず、かつ、水道水の水質に悪影響を与えるものであってはならない。
- 3.2 管の内外面は、滑らかで、有害なきず、曲がりその他の欠点があってはならない。
- 3.3 管は、実用的同心円で、かつ、実用的にまっすぐでなければならない。
- 3.4 管は、表1に示す試験水圧において、漏れその他の欠点があってはならない。

3.5 呼び径200mm以下の管は、7.2の曲げ試験を行い、表2の荷重に耐え、ひび割れ、その他の異常があってはならない。

表2

呼び径 mm	長さ m	試験荷重 kgf {kN}			
		1種	2種	3種	4種
75	3	290 { 2.84}	—	—	—
100	3	600 { 5.88}	490 { 4.81}	430 { 4.22}	—
125	4	810 { 7.94}	620 { 6.08}	530 { 5.20}	—
150	4	1,330 {12.75}	970 { 9.51}	790 { 7.75}	—
200	4	3,090 {30.30}	2,130 {20.89}	1,830 {17.95}	1,530 {15.00}
	5	2,470 {24.22}	1,700 {16.67}	1,460 {14.32}	1,220 {11.96}

3.6 呼び径250mm以上の管は、7.3の環片圧壊試験を行い、その破壊荷重が、表3の値以上でなければならない。

表3

呼び径 mm	破壊荷重 kgf {kN}			
	1種	2種	3種	4種
250	3,050 {29.91}	2,110 {20.69}	1,420 {13.92}	860 { 8.43}
300	3,260 {31.97}	2,360 {23.14}	1,600 {15.69}	980 { 9.61}
350	3,720 {36.48}	2,620 {25.69}	1,780 {17.46}	1,100 {10.79}
400	4,430 {43.44}	3,080 {30.20}	1,970 {19.32}	1,220 {11.96}
450	4,890 {47.96}	3,340 {32.75}	2,230 {21.87}	1,340 {13.14}
500	5,350 {52.47}	3,600 {35.30}	2,420 {23.73}	1,460 {14.32}
600	6,520 {63.94}	4,320 {42.36}	2,870 {28.14}	1,700 {16.67}
700	—	4,540 {44.52}	2,910 {28.54}	1,740 {17.06}
800	—	5,160 {50.60}	3,250 {31.87}	1,970 {19.32}
900	—	—	3,580 {35.11}	2,170 {21.28}
1,000	—	—	3,490 {34.22}	2,120 {20.79}
1,100	—	—	3,770 {36.97}	2,330 {22.85}
1,200	—	—	4,200 {41.19}	2,520 {24.71}
1,350	—	—	4,710 {46.19}	2,900 {28.44}
1,500	—	—	5,210 {51.09}	3,190 {31.28}

3.7 管は、7.4の保証水圧試験を行い、表4の保証水圧で、漏れその他の異常があってはならない。

表4

種類	保証水圧 kgf/cm ² {MPa}
1種	35 {3.43}
2種	28 {2.75}
3種	22 {2.16}
4種	16 {1.57}

3.8 呼び径100mm以下の管は、7.5の溶解試験を行い、表5の規定に適合しなければならない。

表5

呼び径 (mm)	75	100
pH値	10.6以下	10.4以下
アルカリ度 (ppm)	35以下	25以下
濁度 (度)	2以下	2以下
残留塩素 (ppm)	0.1以上	0.1以上

4. 形状、寸法及び許容差

4.1 管の両端は、図1に示すとおりベベルエンド又はプレーンエンドとし、その端面は、管軸に対して直角でなければならない。

なお、ベベルエンドの寸法は、おおむね表6のとおりとする。

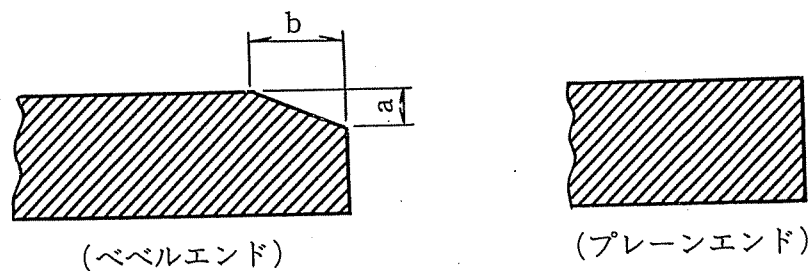


図1

表 6

(単位：mm)

呼 び 径	<i>a</i>	<i>b</i>
150以下	3	7
200～600	5	12
700～1,000	8	20
1,100～1,350	10	25
1,500	12	30

4.2 管の寸法は、表 7 のとおりとする。

(単位：mm)

表 7

呼び径	内径	長さ ⁽¹⁾ (m)	1 種			2 種			3 種			4 種				
			接合部 厚さ	接合部 外径	参質 (kg)	接合部 厚さ	接合部 外径	参質 (kg)	接合部 厚さ	接合部 外径	参質 (kg)	接合部 厚さ	接合部 外径	参質 (kg)		
75	75	3	10	95	16.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100	100	3	12	124	26.4	10	118	19.2	-	-	-	-	-	-	-	-
125	125	4	14	153	50.8	11	147	39.1	9.5	144	33.4	-	-	-	-	-
150	150	4	16	182	69.4	12	174	50.8	10	170	41.8	-	-	-	-	-
200	200	4	21	242	121	15	230	84.3	13	226	72.3	11	222	60.7	75.8	82.2
		152			105			90.5								
250	250	4	23	296	164	19	288	134	15.5	281	108	12	274	115	103	144
		205			167			134								
300	300	4	26	352	222	22	344	186	18	336	150	14	328	153	144	153
		277			231			187								
350	350	4	30	410	298	25	400	245	20.5	391	199	16	382	191	191	191
		372			306			248								
400	400	4	35	470	398	29	458	325	23	446	254	18	436	197	246	246
		497			406			318								
450	450	4	39	528	498	32	514	403	26	502	323	20	490	246	307	307
		623			504			404								
500	500	4	43	586	610	35	570	489	28.5	557	394	22	544	300	375	375
		763			611			492								

600	4	52	704	886 1 110	42	684	705 881	34	668	563 704	26	652	425
	5												532
700	4	—	—	—	49	798	959 1 200	39	778	753 942	30	760	572
	5												716
800	4	—	—	—	56	912	1 250 1 570	44	888	971 1 210	34	868	741
	5												926
900	4	—	—	—	—	—	—	49	998	1 220 1 520	38	976	932
	5												1 160
1 000	4	—	—	—	—	—	—	54	1 108	1 490 1 860	42	1 084	1 140
	5												1 430
1 100	5	—	—	—	—	—	—	59	1 218	2 230	46	1 192	1 720
1 200	5	—	—	—	—	—	—	65	1 330	2 690	50	1 300	2 040
1 350	5	—	—	—	—	—	—	73	1 496	3 390	57	1 464	2 620
1 500	5	—	—	—	—	—	—	81	1 662	4 180	63	1 626	3 220

注 (1) 環片圧壊試験に用いる試験片を採取した管は、表 7 の長さより 600mm まで短くてもよい。

4.3 管の寸法許容差は、表8及び表9による。

表8

単位 mm

呼び径	許 容 差		
	内 径	長 さ	両端接合部外径
75～ 100	± 2.0	± 15	± 1.0
125～ 250	± 3.0		
300～ 400	± 3.5		± 1.5
450～ 600	± 4.0		
700～1,000	± 5.0		
1,100～1,500	± 7.0		± 2.0

表9

単位 mm

接合部の厚さ	許 容 差
10以下	-1.5
11以上20まで	-2.0
21以上30まで	-2.5
31以上40まで	-3.0
41以上50まで	-3.5
51以上60まで	-4.0
61以上70まで	-4.5
71以上	-5.0

備考 厚さの+側の許容差は、規定しない。

5. 材料

5.1 セメント

セメントは、次のいずれかの規格に適合したものをを用いる。

- (1) JIS R 5210 (ポルトランドセメント)
- (2) JIS R 5211 (高炉セメント)
- (3) JIS R 5212 (シリカセメント)
- (4) JIS R 5213 (フライアッシュセメント)

5.2 石綿

石綿は、品質良好な精製品で、有機質繊維その他有害な物質を含まないものを用いる。

5.3 無機質材料

無機質材料を用いる場合は、管の品質に悪影響を与えるものであってはならない。

5.4 水

水は、油、酸、塩類、有機物など、管の品質に悪影響を及ぼす物質の有害量を含んでいてはならない。

6. 製造方法

6.1 管は、センメト及び石綿を用い、輪転機巻付方法によって製造する。

なお、必要な場合は、適当な無機質材料を使用することができる。

6.2 管は、オートクレーブ等の養生を行わなければならない。

6.3 管の両端外面は、接合するのに十分な長さに仕上げなければならない。

6.4 管に塗装を行う場合は、附属書1によるものとする。

7. 試験方法

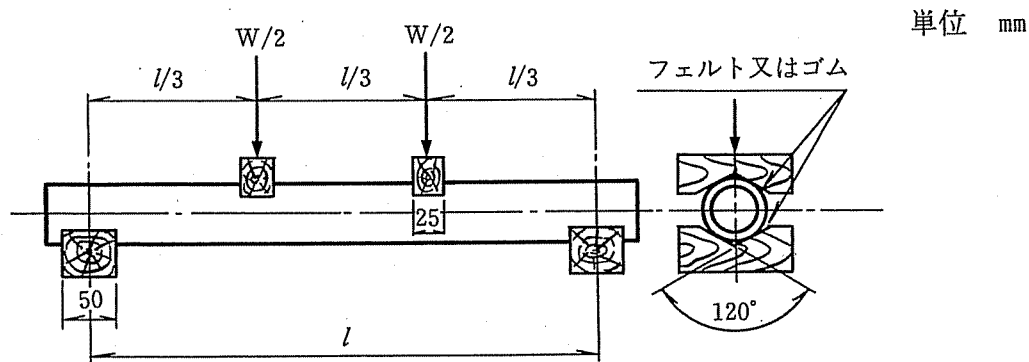
7.1 水圧試験

管に試験水圧を徐々に加え、表1の試験水圧に達しさせる。

なお、試験方法は、7.4の保証水圧試験の方法による。

7.2 曲げ試験

図2のように供試管を幅50mm、120°開きのV形の堅固な支持用木製ブロック2個の上に置いて、その上部に幅25mm、120°開きのV形の堅固な加圧用木製ブロックを載せ、管と木製ブロックとの間には柔らかいフェルト又はゴムを挟み、10~15kgf/s {98.1~147.1N/s} の速さで表2の試験荷重に達するまで荷重(W)を加える。

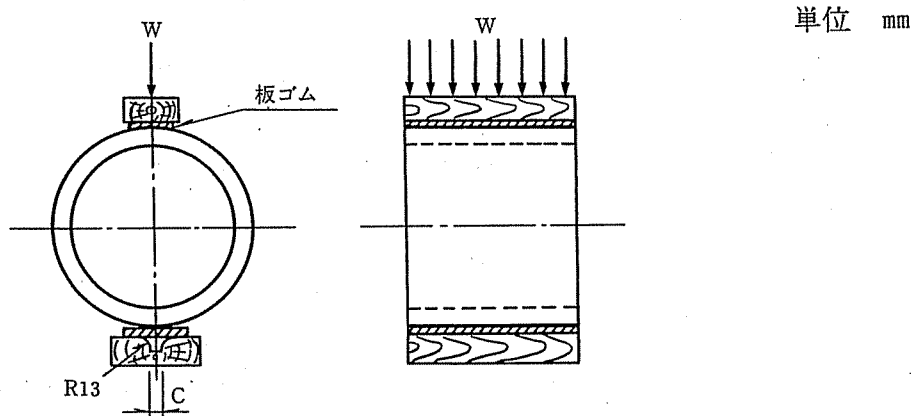


長さ 3 m 管の場合 $l = 2700\text{mm}$
 長さ 4 m 管の場合 $l = 3600\text{mm}$
 長さ 5 m 管の場合 $l = 4500\text{mm}$

図 2

7.3 環片圧壊試験

供試管の接合部を除いた端から、長さ300mmの環片を切り取り、これを図3のとおり堅固な木製台の上に水平に置き、頂部及び底部に良質の板ゴム(厚さ10mm)を当て、頂部には、更に幅約100mmの堅木の角材を載せ、管長全般に平均に荷重がかかるようにして、鉛直に10~15kgf/s {98.1~147.1N/s}の速さで管が破壊するまで荷重(W)を加える。



呼び径300mm以下の場合 $C = 13\text{mm}$
 呼び径350~1500mmの場合 $C = 25\text{mm}$

図 3

7.4 保証水圧試験

管に外圧のかからない状態で水圧を徐々に加え、表4の保証水圧まで上昇させる(一例を図4に示す)。

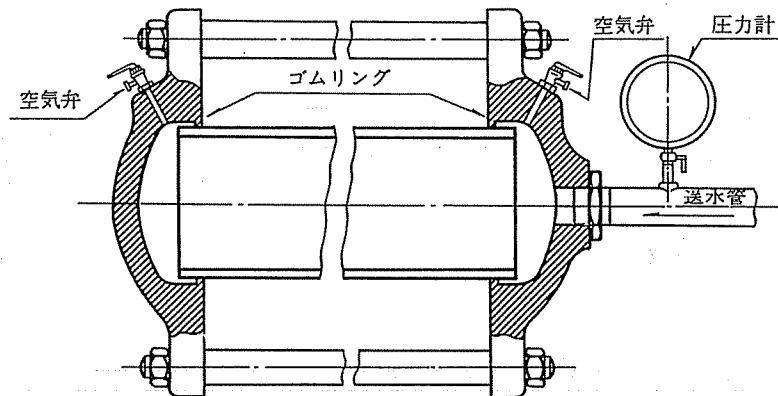


図 4

7.5 溶解試験

試験は、附属書 2 によって行う。

8. 検査

- 8.1 検査は、外観、形状、寸法、水圧検査、曲げ検査、環片圧壊検査、保証水圧検査及び溶解検査について行い、合否を決定する。ただし、受渡し当事者間の協議により、環片圧壊検査及び溶解検査は、省略することができる。
- 8.2 外観、形状及び寸法は、全数について検査を行い、3.2、3.3 及び 4. の規定に適合しなければならない。
- 8.3 水圧試験は、全数について 7.1 の試験を行い、3.4 の規定に適合しなければならない。
- 8.4 曲げ試験、環片圧壊試験及び保証水圧試験は、種類及び呼び径が異なるごとに、管 200 本又はその端数を一組として、各組ごとに任意に 1 本の管をとって供試管とし、7.2～7.4 の試験を行い、3.5～3.7 の規定に適合すれば、その試験によって代表される組全部を合格とする。ただし、一組の数は、受渡し当事者間の協議により増減することができる。
- 8.5 溶解検査は、製造機械、管の種類及び呼び径が異なるごとに 1 日の生産量を一組とし、各組ごとに任意に 2 本の管をとって供試管とし、7.5 の試験を行い、3.8 の規定に適合すれば、その試験によって代表される組全部を合格とする。ただし、供試管の採取本数は、受渡し当事者

間の協議により増減することができる。

- 8.6 8.4 及び 8.5 の検査で不合格の場合は、再検査を行うことができる。再検査は、その組から更に 2 本の供試管をとり、7.2～7.5 の試験を行い、2 本とも 3.5～3.8 の規定に適合すれば、最初の検査の不合格品を除いたその組全部を合格とし、1 本でも適合しなければ、その組全部を不合格とする。

9. 表示

管には外側の一定の場所に容易に消えない方法で、次の事項を明示しなければならない。

- (1))(の記号
- (2) 製造業者名又はその略号
- (3) 製造年月日
- (4) 種類の記号 (例：1 種には 1 など)
- (5) 呼び径

附属書 1 水道用石綿セメント管の塗装方法

1. 適用範囲

この附属書は、JIS A 5301（水道用石綿セメント管）（以下管という。）の塗装について規定する。

2. 塗料

塗装に用いる塗料は、次の各項による。

- 2.1 塗料及びその溶剤は、乾燥後は、衛生上無害であり、かつ、水質に悪影響を与えるものであってはならない。
- 2.2 塗料は、アクリル系樹脂などを主体とし、常温又は加熱して塗装を行うもので、管の品質に悪影響を与えるものであってはならない。
- 2.3 注文者の承認があれば、2.2以外の塗料を使用することができる。

3. 塗装方法

- 3.1 塗装は、JIS A 5301の8. 検査に合格した管について行う。
- 3.2 塗装は、浸せき塗り、はけ塗り、スプレー塗りなど、適当な方法で均一に行う。

4. 検査

塗膜が硬化した後、外観について全数検査を行う。

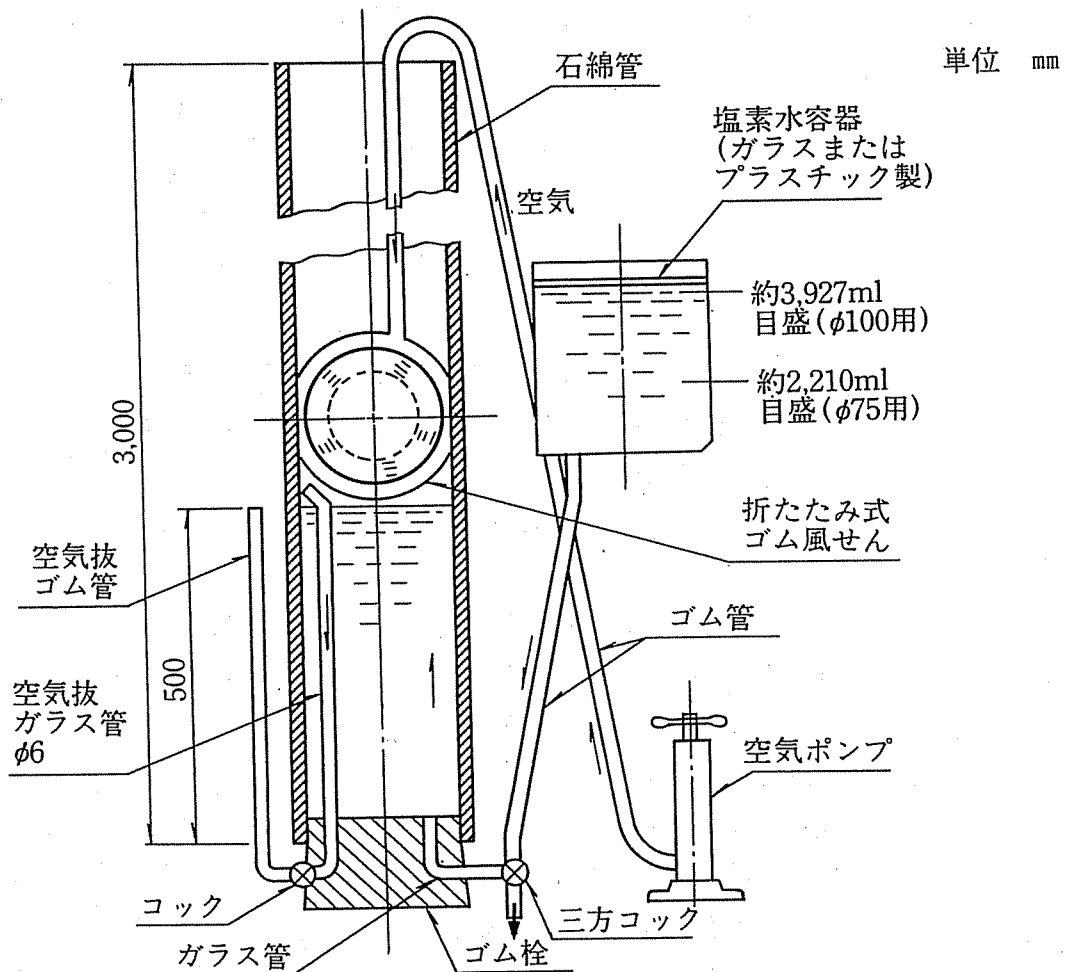
附属書2 水道用石綿セメント管の溶解試験方法

1. 適用範囲

この附属書は、JIS A 5301 (水道用石綿セメント管) (以下管という。)の溶解試験方法について規定する。

2. 試料水

あらかじめ水洗いした長さ500mmの供試管の下部を、良質のゴム栓又はポリエチレンフィルムで覆った栓でふさぎ、これに塩素を含む蒸留水 (蒸留水に塩素を加え、12~48時間放置し、残留塩素1.8~2.0ppmを含む水) を1/以上入れてなるべく垂直に保持し、室温で1時間静置したのち全量を引き出し、これを試料水とする。ただし、長さ3000mmの管をそのまま用いて試料水を採取する場合は、次の附属書2図に示すような装置による。



附属書2図 溶解試験装置 (3000mm管の場合)

3. 試験方法

3.1 pH値

pH値は、比色法によって測定する。

3.2 アルカリ度

3.2.1 試薬

メチルレッド ($C_{15}H_{15}O_2N_3$) 0.02 g 及びブロムクレゾールグリーン ($C_{21}H_{14}O_5Br_4S$) 0.1 g をエチルアルコール (95 v / v %) 100 ml に溶かしたMR混合指示薬を用いる。

3.2.2 器具

白磁皿は、内容約300 mlのものとする。

3.2.3 試験操作

検水100 mlを白磁皿にとり、0.01 Nチオ硫酸ナトリウム溶液1滴及びMR混合指示薬4～5滴を加える。この際、水が青色を呈したときは、0.02 N硫酸を滴加して水が帯紫紅色を呈するまで滴定し、これに要した硫酸のml数 a を求め、次の式によってアルカリ度を算定する。

$$\text{アルカリ度 (CaCO}_3\text{ppm)} = a \times \frac{1000}{\text{検水 ml}} \times 1$$

3.3 濁度

3.3.1 試薬

(1) 精製カオリン

カオリン (日本薬局方) 約10 gを共栓メスシリンダー1 lにとり、蒸留水を加えて1 lとし、1分間激しく振り混ぜて水中に分散させる。常温で1時間静置した後、サイホンを用いて表面から約5 cmまでの液を捨て、その下15 cmまでの液を採取する。採取した液は、水浴上で蒸発乾固する。

このようにして蒸発乾固物1 g以上を集め、これをめのう乳鉢中で微粉碎した後、105～110℃で約3時間乾燥してデシケーター中に放冷したのち、広口瓶にたくわえる。

(2) 濁度標準原液

精製カオリン1 gをメスフラスコ1 lにとり、これにホルマリン10 mlを加え、蒸留水を用いて全量を1 lとし、これを保存液とする。

この保存液をよく振り混ぜながら、ホールピペットを用いて、その100 mlを別のメスフラスコ1 lにとり、蒸留水を用いて1 lとする。

この液 1 ml は、精製カオリン 0.1 mg を含む。

3.3.2 器具

濁度用試験管は、全長約 37 cm の底面を磨いた共栓平底無色試験管で、底部から 30 cm の高さに 100 ml の標線を付けたものとする。

3.3.3 試験操作

検水 100 ml を濁度用試験管により、別に数個の同形試験管に濁度標準原液をよく振り混ぜながら 1, 2, 3, …… 10 ml を手早く順次にとり、各試験管に蒸留水を加えて各々 100 ml とした後、栓をして静かに振り混ぜ、これを標準液とする。

次に、これらを黒紙上に置き、上方から透視して検水の濁りを標準液と比較して、該当する濁度標準原液の ml 数 a を求め、次の式によって濁度を算定する。

$$\text{濁度} = a \times \frac{1000}{\text{検水 ml}} \times 0.1$$

3.4 残留塩素

3.4.1 試薬

(1) オートリジン溶液

オートリジン二塩酸塩 $[(\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_3\text{NH}_2)_2 \cdot 2\text{HCl}]$ 1.35 g をとり、蒸留水約 800 ml に溶かし、これに塩酸 (35% 以上) 150 ml を加え、蒸留水を用いて 1 l とし、褐色瓶中にたくわえる。

(2) 緩衝液

あらかじめ 110°C まで乾燥し、デシケーター中に放冷したりん酸水素二ナトリウム (Na_2HPO_4) 22.86 g とりん酸二水素カリウム (KH_2PO_4) 46.14 g とを蒸留水に溶かして 1 l とし、数日間静置して析出した沈殿物をろ別し、これを原液とする。

次に、原液 400 ml に蒸留水を加えて 2 l とし、これを緩衝液とする。

この緩衝液の pH 値は 6.45 である。

(3) クロム酸カリウム—重クロム酸カリウム溶液

クロム酸カリウム (K_2CrO_4) 4.65 g と重クロム酸カリウム ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 1.55 g とを緩衝液に溶かして全量を 1 l とする。

この溶液は、暗所に保存し、沈殿物を生じたものは、使用してはならない。

(4) 塩素標準比色液

クロム酸カリウム-重クロム酸カリウム溶液及び緩衝液を附属書2表の割合に混和し、それぞれ100ml比色管にとり、該当する塩素のppmを記載する。

附属書2表 残留塩素標準比色液

塩素 ppm	クロム酸カリウム-重クロム酸カリウム溶液 ml	緩衝液 ml
0.07	0.7	99.3
0.10	1	99
0.20	2	98
0.30	3	97
0.50	5	95
0.70	7	93
1.0	10	90
1.3	13	87
1.5	15	85
2.0	19.7	80.3
3.0	29	71

3.4.2 器具

100ml比色管は、全長約25cmの共栓平底無色試験管で、底部から20±0.3cmの高さに100mlの標線を付けたものとする。

3.4.3 試験操作

オートリジン溶液5mlを100ml比色管にとり、これに検水を標線まで加え(pH値1.3以下)、検水の呈色を同形比色管に調整してある塩素標準比色液と比較して、該当する標準比色液から検水の残留塩素のppmを求める。

5. 石綿セメント管に係る工事・廃棄に関する法令等

1) 昭和63年2月2日の全国生活衛生関係主管課長会議資料(厚生省水道環境部)による指導要領

a) 石綿セメント管に係る工事の実施にあたっては、アスベストによる労働者の障害予防の観点から、労働安全衛生法等の関係法令をはじめ、その他行政指導等により諸規制等が行われているので、これらを十分理解のうえ、遵守するよう貴管下の関係水道事業体を指導されたい。

この際特に石綿セメント管の切断、破碎、せん孔等の作業については、発じんにより労働者への石綿粉じんのばく露の可能性があるので、十分留意するよう指導されたい。

b) 石綿セメント管の撤去等によって生じたアスベストを含む廃棄物(「アスベスト廃棄物」)は廃棄物の処理及び清掃に関する法律第2条第3項に規定する産業廃棄物に該当するので、産業廃棄物の処理基準に基づくことはもとより、この件については特に「アスベスト(石綿)廃棄物の処理について(通知)」(環境庁水質保全局長・厚生省生活衛生局水道環境部長連名、昭和62年10月26日付 環水企第317号・衛産第34号)及び「アスベスト(石綿)廃棄物の処理について(通知)」(厚生省生活衛生局水道環境部産業廃棄物対策室長、昭和62年10月26日付衛産第35号)により行うこととされているので、これらの運用に遺漏なきよう指導方願います。

2) 昭和63年5月24日の都道府県水道担当係長会議資料(厚生省水道整備課)による指導要領

a) 石綿セメント管に係る工事の実施にあたっては、労働者の障害防止の観点から、労働安全衛生法等の関係法令、その他行政指導等の諸規制を遵守する旨、すでに本年2月2日に開催した全国生活衛生関係主管課長会議において指示したところであるが、念のため、さらに次の点を追加する。

b) 石綿セメント管の破損箇所等の修理等の工事にあたっては、例えば、石綿管の切断を行わず、破損箇所を含む管の一本分を他の材質の管(例えば、鑄鉄管、塩化ビニル管)に取り替える等により、石綿セメント管の切断、せん孔、研磨等による発じんのおそれのある作業を狭い作業空間で行うことを極力避けるよう十分留意されたい。

3) 労働省令「特定化学物質等障害予防規則」

石綿は第2条第2項に規定する第2類物質に該当するので本規則を遵守する必要がある。

主な項目は次の通り。

- a) 屋内作業場については、環気中の5 μ m以上の繊維の石綿粉じん濃度を2繊維/cm³以下に抑制するため、適切な除じん装置を付設した局所排気装置を設けなければならない。ただし、これが困難なとき、または、臨時の作業を行うときは、この限りではない。
局所排気装置を設けない場合は、全体換気装置を設ける、または対象物を湿潤な状態にする、あるいは適切な労働衛生保護具を使用する等しなければならない。
- b) 作業場には、関係者以外の者の立ち入りを禁止し、その旨を表示する。
- c) 作業場以外の場所に休憩室を設けなければならない（休憩室の具備すべき要件は省令による）。
- d) 洗眼、洗身または、うがいの設備、更衣設備および洗濯設備を設けなければならない。
- e) 作業場で喫煙、飲食をしない。
- f) 作業場には『石綿』、石綿が人体に及ぼす作用、石綿取扱上の注意事項、使用すべき保護具を掲示する。
- g) 労働者の作業の記録をとる（氏名、作業概要、期間等）。
- h) 石綿等の切断、せん孔、研磨等の作業においては、これを湿潤な状態のものとしなければならない。ただし、これが著しく困難なときは、この限りではない。
また、これらの作業を行う場所に、石綿等の切りくず等を入れるためのふたのある容器を備えなければならない。
- i) 労働者は呼吸用保護具（マスク）をつける。
- j) 労働者は専用の作業衣を着用し、通勤用の衣服とは区別しておく。

4) 「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」

石綿セメント管は第2条第3項に規定する「産業廃棄物」に該当するので、石綿セメント管を廃棄する場合は産業廃棄物の処理基準に基づく処理を行う必要がある。

すなわち、当該産業廃棄物の処理業の許可を受けた者にアスベスト廃棄

物であることを明示して、処理を委託するとともに、その処理が適正に行われた事を確認する必要がある。

5) アスベスト（石綿）廃棄物の処理について（通知）……（1）

環水企第317号

衛産第34号

昭和62年10月26日

各都道府県知事殿

各政令市長殿

環境庁水質保全局長

厚生省生活衛生局水道環境部長

吹付けアスベストの除去工事に伴って発生する廃棄物等事業活動に伴って生じたアスベストを含む廃棄物（以下「アスベスト廃棄物」という。）の処理については、当面、下記の事項に留意の上、関係部局間の連絡調整を積極的に行いつつ、関係者に対し適切な指導を行われたい。

なお、アスベスト廃棄物の処理に関する基準について、今後、必要な調査検討を行うこととしている。

記

a) アスベスト廃棄物は、廃棄物の処理及び清掃に関する法律第2条第3項に規定する産業廃棄物に該当するので、その処理を他人に委託しようとする排出事業者は、当該産業廃棄物の処理業の許可を受けた者に、アスベスト廃棄物であることを明示して委託するとともに、その処理が適正に行われたことを確認すること。

b) アスベスト廃棄物は、廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令第6条の規定の趣旨を踏まえ、当面、次により収集、運搬及び処分を行うものとする。

(i) 排出事業者は、アスベスト廃棄物が運搬されるまでの間、アスベストの飛散を防止するため、当該物を湿潤化させる等の措置を講じた後、十分な強度を有するプラスチック袋で二重にこん包し、または堅ろうな容器に密封して保管すること。なお、プラスチック袋等には、取扱いの適正を期するため、内容物がアスベスト廃棄物である旨の表示をすること。

ただし、アスベストの飛散するおそれのないアスベスト廃棄物はこ

の限りではない。

- (ii) アスベストの飛散防止措置には、発じん防止剤を散布しまたは水硬性セメント等により固化する方法もあるので、(i)の措置とあわせて、必要に応じこれらの措置を講じることも差し支えないこと。

ただし、これらの処理を行う際には、アスベストが飛散することのないよう十分留意すること。

- (iii) アスベスト廃棄物の運搬及び処分に当たっては、アスベスト廃棄物をこん包したプラスチック袋等の破損またはアスベスト廃棄物の破砕等によりアスベストを飛散させないように慎重に取扱うこと。

なお、プラスチック袋等の破損等によりアスベストの飛散のおそれが生じた場合には、速やかに散水し、または覆いをかける等の措置を講じた後、適切に処理すること。

- (iv) アスベスト廃棄物の運搬に当たっては、運搬車両の荷台に覆いをかけること。

- (v) アスベスト廃棄物を埋め立てる場合は、作業用重機等によるプラスチック袋等の破損等のないように、あらかじめ最終処分場内に溝を作り、その溝に投入すること。投入後は、速やかに土砂又はアスベスト廃棄物以外の廃棄物で覆うこと。なお、アスベスト廃棄物はできる限り最終処分場内の一定の場所に処分するように努めること。

アスベスト廃棄物を埋め立てた場所は、最終処分場の埋立てが完了した際に、当該最終処分場の表面から深さ2メートル以上になるようにすること。

- (vi) 最終処分場の管理者は、アスベスト廃棄物を埋め立てた場合、その数量及び位置を帳簿に記載し、その帳簿を保存すること。

- c) 都道府県知事及び政令市長（以下「都道府県知事等」という。）は、アスベスト廃棄物の処理を行う排出事業者及び処理業者等に対し、アスベスト廃棄物の処理方法等の周知徹底を図ること。

- d) 都道府県知事等は、必要に応じ、アスベスト廃棄物の排出事業場、最終処分場等の立入検査及び関係者からの報告徴収を行い、今後のアスベスト廃棄物の排出見通しの把握に努めるとともに、アスベスト廃棄物の飛散防止対策等について指導監督すること。

6) アスベスト（石綿）廃棄物の処理について（通知）……（2）

衛産第35号

昭和62年10月26日

各都道府県・政令市

廃棄物担当部（局）長殿

厚生省生活衛生局水道環境部

産業廃棄物対策室長

吹付けアスベストの除去工事に伴って発生する廃棄物等事業活動に伴って生じたアスベストを含む廃棄物（以下「アスベスト廃棄物」という。）の処理については、別途環境庁水質保全局長・厚生省生活衛生局水道環境部長連名通知（環水企第317号・衛産第34号。以下「連名通知」という。）により指示されたところであるが、なお、下記の事項に留意し、関係部局との連絡調整を積極的に行いつつ、運用に遺憾なきを期されたい。

記

- a) アスベスト廃棄物を適正に処理するため、土木部局、教育部局等関係部局と緊密に連絡し、建設業者、学校関係者に連名通知の内容の周知徹底を図るとともに、社団法人全国産業廃棄物連合会会員である都道府県産業廃棄物処理団体の協力を得て、排出事業者、産業廃棄物処理業者等関係者に対する指導を強化すること。

なお、社団法人全国産業廃棄物連合会に対してはアスベスト廃棄物の適正処理について協力を要請したので、参考とされたい。

- b) 関係部局、関係機関等の協力を得て、アスベスト廃棄物の排出に関する実態の把握に努めること。

なお、吹付けアスベストの使用状況等については、文部省、防衛施設庁等関係省庁において、都道府県等を通じて実態調査を実施しているので、それらの調査結果も参考とされたい。

- c) アスベスト廃棄物の処理に当たり、連名通知に示した方法（プラスチック袋にこん包、堅ろうな容器に密封、水硬性セメントによる固化）以外の方法により、飛散、流出の防止を図る場合には、事前に当省と協議すること。

- d) なお、現在、社団法人日本廃棄物対策協議会に依頼し、同協会中に「建設・解体工事廃棄物処理研究会」を設置して、昭和63年夏頃を目途に、建築物の解体により発生するアスベスト廃棄物を中心に処理ガイドラインを作成することとしている。

6. 石綿セメント管に関する参考文献

1) 一般的紹介

- a) 久保田鉄工 (株) : 石綿パイプができるまで、水道、第11号、pp. 47～53、昭和34.6
- b) 絹川新一郎 : 水道用の石綿セメント管・その材質的諸要点、配管技術、pp. 45～49、1959.11
- c) 松田宗敏 : 高圧用石綿セメント管の新しい傾向、配管技術、pp. 78～84、1990.9
- d) 田辺清、絹川新一郎他 : 石綿セメント管について (12報文)、工業用水、第56号、pp. 35～79、昭和38.5
- e) 稲葉隆 : 石綿セメント管、配管、第6巻第1号、pp. 51～53、1971.1
- f) 石綿管協会 : 石綿セメント管の知識 くその1～7)、水道、第16巻第7号～第17巻第4号、1971.7～1972.4
- g) 下前洋次郎 : 石綿セメント管、農業土木の機械化、第6巻第4号、pp. 31～35、昭和47.4
- h) 多和田敏男、久田公朗 : 水道用鋼板巻込み石綿セメント管について (1、2)、水道、第21巻第5号、pp. 39～45、1976.5、第21巻第6号、pp. 35～41、1976.6
- i) 丑丸修二 : 石綿セメント管、水道協会雑誌、第512号、pp. 156～163、昭和52.5

2) 事故・診断

- a) 加藤鈴男 : 豊田市に於ける石綿セメント管の被害状況とその対策、水道協会雑誌、第499号、pp. 46～49、昭和51.4
- b) 松尾稔、堀内孝英 : 平常時における小口径配水管の破壊に関する要因分析、水道協会雑誌、第51巻第5号 (第572号)、pp. 8～17、昭和57.5
- c) 住友恒 : 地震による配水管被害のメッシュ分析、水道協会雑誌、第51巻第5号 (第572号)、pp. 19～26、昭和57.5
- d) 松尾稔、堀内孝英 : 地震時における小口径埋設管路の破壊に関する要因分析、水道協会雑誌、第51巻第6号 (第573号)、pp. 12～22、昭和57.6
- e) 松尾稔、堀内孝英 : 小口径埋設管路の破壊確率、水道協会雑誌、第51巻第9号 (第576号)、pp. 2～13、昭和57.9
- f) 佐々木富雄 : 寒波による水道管の破損とその対策に関する研究、水道協

- 会雑誌、第52巻第11号（第590号）、pp.29～64、昭和58.11
- g) 小田島正隆、小笠原紘一、村井悟：昭和57年浦河沖地震による水道施設被害について（上下）、水道、第28巻第10号、pp.17～25、1983.10、第28巻第11号、pp.15～19、1983.11
- h) 細井由彦、村上仁士、香西正夫、鎌田圭朗、奥田義郎：徳島市水道における配水管の破損特性に関する研究、水道協会雑誌、第57巻第8号（第647号）、pp.2～11、昭和63.8
- i) 古川幸男：石綿セメント管の劣化診断、管路診断フォーラム、No.3、pp.2～4、1988.10
- j) 細井由彦、村上仁士、香西正夫、丸高茂幹：配水管の破損特性に関する一考察、水道協会雑誌、第58巻第5号（第656号）、pp.10～16、平成1.5
- 3) 実験・研究
- a) 広瀬孝六郎、最上武雄、平井敦：エタニットパイプ地下埋設曲げ試験について、水道協会雑誌、第257号、pp.1～11、昭和31.3
- b) 呉市水道局、日本エタニットパイプ株式会社：呉市広地区工業用水道において実験せる石綿セメント管の摩擦損失水頭実験報告、工業用水、第48号、pp.33～44、昭和37.9
- c) 田辺清：水道用石綿セメント管に関する研究（I～III）、水道協会雑誌、第376号、pp.7～22、昭和41.1、第377号、pp.34～51、昭和41.2、第378号、pp.14～19、昭和41.3
- d) 石綿管協会：地下埋設石綿セメント管の安全性について（その一、二）、水道、第11巻第4号～第5号、1966.4～5
- e) 日本水道協会広島県支部：埋設石綿セメント管土圧実験報告書、昭和41.8
- f) 石綿管協会：石綿セメント管埋設実験報告書（建設省土木研究所資料第251号からの抜粋）、昭和42.5
- g) 日本水道協会：水道管の埋設実験に関する報告書—石綿セメント管および硬質塩化ビニル管—、水道協会雑誌、第440号、pp.116～128、昭和46.5
- h) 日本水道協会：水道管の埋設実験に関する詳細報告書—石綿セメント管—、昭和46.5

- i) 日本エタニットパイプ株式会社：スチールエタニット (JWWA A110水道用鋼板巻込み石綿セメント管) 実験報告書
- 4) 設計
- a) 田辺清：口径の大きい埋設石綿セメント管の応力算定について (I、II)、工業用水、第72号、pp. 28~39、昭和39.9、第73号、pp. 43~55、昭和39.10
- b) 田辺清：小口径石綿セメント管の埋設強さ算定について、工業用水、第95号、pp. 31~39、昭和41.8
- c) A. J. Maahs : Asbestos—cement pressure pipe, Journal AWWA, pp. 984~988, November 1952
- d) R.H.Ritter and J.R.Cran : Asbestos—cement pipe, Journal AWWA, pp. 92~97, January 1963
- e) Standard practice for the selection of asbestos—cement water pipe, Journal AWWA, pp. 639~663, May 1964
- f) F.G.Denson : Design considerations in use of asbestos—cement pressure pipe, Journal AWWA, pp. 441~442, July 1972
- 5) 施工
- a) 日本エタニットパイプ (株)：水道用石綿セメント管の布設工事法 (その1~3) 簡易水道、第30号、pp. 37~47、昭和38.1、第31号、pp. 36~44、昭和38.3、第32号、pp. 50~59、昭和38.4
- b) 石綿管協会：石綿セメント管工事施工の手引き、昭和39.6
- c) Tentative AWWA standard for installation of asbestos—cement water pipe, Journal AWWA, pp. 809~822, June 1964
- d) Use of asbestos in water utility construction, Journal AWWA, pp. 217~219, April 1978
- 6) 石綿セメント管からのアスベスト繊維の剝離
- a) Are asbestos fibers in drinking water harmful? Journal AWWA, pp. 18~pp. 26
- b) H. L. Olson : Asbestos in potable—water supplies, Journal AWWA, pp. 515~518, September 1974

- c) W. H. Hallenbeck, E. H. Chen, C.S.Hesse, K. Patel—Mandlik and A. H. Wolff : Is chrysotile asbestos released from asbestos—cement pipe into drinking water? Journal AWWA, pp.97~102, February 1978
- d) B.T.Commins : Asbestos in drinking water : a review, Water research centre, Technical report TR100, January 1979
- e) D.M. Conway and R. F. Lacey : Asbestos in drinking water, Water research centre, Technical report TR202, March 1984
- f) R. W. Buelow, J. R. Millette, E. F. McFarren and J. M. Soymons : The behavior of asbestos—cement pipe under various water quality conditions (Part 1, 2), Journal AWWA, pp. 91~102, February 1980, pp. 636~651, December 1981
- g) C. E. Grubb and R. W. Buelow : Field test of corrosion control to protect asbestos—cement pipe, U. S. Enviromental Protection Agency, January 1981
- h) M. S. Kanarek, P. M. Conforti and L. A. Jackson : Chrysotile asbestos fibers in drinking water from asbestos—cement pipe, Environmental science & technology, Volume 15, Number 8, pp. 923~925, August 1981
- i) G. S. Logsdon : Control of asbestos fiber loss from asbestos—cement watermain, Municipal environmental research laboratory, Office of research and development, U. S. Environmental Protection Agency, January 1984
- j) Asbestos in water supply—a non—problem? Middle East Water & Sewage, pp. 211~212, July/August 1984
- k) B. T. Commins : Ingested asbestos deemed benign, Journal AWWA, 1985
- l) Report on cancer risks associated with the ingestion of asbedtos, Environmental health perspectives, Vol. 72, pp. 253~265, 1987
- m) J. S. Webber, J. R. Covey and M. V. King : Asbestos in drinking water supplied through grossly deteriorated A—C pipe, Journal AWWA, pp. 80~85, February 1989

7) その他

- a) AWWA Standard for asbestos—cement transmission pipe, 18 in. through 42 in. for water and other liquids (AWWA C402—75)
Journal AWWA, pp. 462~467, August 1975
- b) T. Oliver and L. E. Murr : An electron microscope study of asbestiform fiber concentrations in Rio Grande Valley Water Supplies, Journal AWWA, pp. 428~431, August 1977
- c) R. W. Buelow : Laboratory techniques for determining corrosivity of water to asbestos—cement pipe, Adv. Lab. Tech. Qual. Control, pp. 239~246, 1980
- d) H. L. Olson : Asbestos—cement pipe external corrosion, AWWA seminar, Proceedings, Corrosion control, pp. 33~40, 1982
- e) J. R. Millette and R. N. Kinman : Iron—containing coatings on asbestos—cement pipes exposed to aggressive water, Proc. AWWA Water Qual. Technol. Conf. No. 11, pp. 171~184, 1983
- f) C. D. Larson, O. T. Love Jr. and G. Reynolds III : Tetrachloroethylene leached from lined asbestos—cement pipe into drinking water, Journal AWWA, pp. 184~188, April 1983
- g) AWWARF : Asbestos—cement and cement—mortar—lined pipes, Internal corrosion of water distribution systems, pp. 417~465, 1985

索 引

あ	アイテム	71
	アスベスト	198,200
	アスベスト廃棄物	198,200
	圧壊強度	10,17,23,89,90,93,108,109,114,116,119,129
い	維持管理費	55,76,80
う	埋戻し土	9
え	エタノール	24
	X線マイクロアナライザ	149
	塩 酸	163
	塩酸消費量	163
か	化学的方法	6,163
	化学分析	145
	カテゴリー	71
	カルシウム	149,151
	カルシウムイオン量	12
	カルシウム硬度	11,87
	管種選定	4,55
	含水比	10,13,17,88,93,105,111
	含水量試験方法(土の)(JIS A 1203)	13,88
	管体強度試験	5,14,20,131
	管体診断法	5,14,19,20,30
	環片圧壊試験	22,88,133,190
	γ線	6,14,27,137
	管路更新	1,3
	管路更新費用	76,77,78
	管路情報	7,8

	管路診断	1,3
	管路平面図	3,8,10,30
き	規格値 (強度の)	18,27,89
	危険度推定法	6,8,16,19,69
	危険度ランク	69,73
	吸水率	6,14,24,26,27,88,93,106,109,117,135
	給配水計画	3
	強度推定式	5,17
	強度推定法	5,9,17,19,83
	強熱減量 (Ig. loss)	151
	寄与率	123
け	珪素	151
	元素分析	149,151
	顕微鏡検査	6,145
こ	コア (穿孔片)	14,25,26
	鋼管	55
	硬質塩化ビニル管	55,204
	更新適正時期	6,76
	更新優先順位付け	3
	硬度	6,163
	鋼板巻込み石綿セメント管	6,8,203,205
さ	財源	3
	酸化還元電位	13,87
	産業廃棄物	198,200
	残存強度	5,17
	サンプルスコア	72,73
	残留塩素濃度	10,13,17,92,104,111
し	事故記録シート	9

	事故発生確率	72,73
	事故率	5,8,16,55,60,64,69
	試薬試験方法通則 (JIS K 8001)	24
	重回帰分析	123
	重相関係数	123
	重要度 (管路の)	3
	照合電極	13
	上水試験方法 (日本水道協会)	11,13,87
	使用年数	9,17
	蒸発残留物	11,87
	診断区間	7,8,9,14,19
	診断シート	45
	針入法	6,160
す	水圧破裂試験	21,88,132
	水管橋	8
	水酸化カリウム	163
	水 質	9
	水素標準電極電位	88
	水中浸漬	20
	水道用石綿セメント管 (JIS A 5301)	20,169,174,182
	数量化理論II類	6,69
	スコア	71
せ	成分分析	6,149
	石 綿	199
	石綿繊維	149,169,205
	絶乾比重	27,93,106,109,117
	説明変数	123
そ	ソイルボックス	87
	総アルカリ度	11,87
	相関解析	109

	相関係数	109
	総合判定	7,30
	総合評価	3
	走査型電子顕微鏡	149
	粗骨材	26,88,135
た	第1次判定	7,19,20,30
	耐震性	55
	代表区間	7,14,20,30
	ダクティル管	55
	単回帰分析	109
	炭酸化	151
	炭酸カルシウム	11,145
	単相関関係	109
ち	地下水	10,23,86,88
	地震	4
	窒素ガス	88
	中性化	24,25,89,109
	中性化厚さ	25,89
	中性化判定	6,14,24,134,138,145,153
	中性化率	25,89,93,107,109,116,157
	超音波	6,155,157
て	電気伝導度計	87
	電子顕微鏡	149
	電子線プローブマイクロアナライザ (EPMA)	151
と	特定化学物質等障害予防規則	25,199
	土質	9,92,103
	土壌抵抗箱	87
	塗装石綿セメント管	6,8,90
	塗装方法	193

な	ナトリウムアジドよう素液	88
	軟弱地盤	4,55
は	破損率	77,79,80
ひ	比重	6,14,24,26,88,109,135
	ヒストグラム	91
	引張強度	10,17,22,89,93,108,112,116,118,128
	比抵抗	87,92,104
	評価モデル	71
	表乾比重	27,93,106,109,117
	標準回帰係数	123
ふ	フェノールフタレイン溶液	6,14,24,134,138,145,153,157
	不活性金属電極	13
	伏越部	8
	布設年度	8
	不断水穿孔	14,24,26
	不同沈下	5,122
	不溶残分 (Insol)	151
	粉末X線回折	145
へ	pH値	6,10,11,17,87,92,104,110,153,163
	pHメータ	87,153
	偏回帰係数	123
	偏光顕微鏡	145
	変量増減法	123
ほ	飽和塩化銀複合電極	87
	飽和指数	11
	補修費用	77,80
ま	マグネシウム	149,151

	曲げ強度	10,17,21,89,93,108,110,116,117,127
	曲げ試験	20,88,131,189,204
ゆ	遊離炭酸	86,92,103
よ	要因分析	203
	溶解試験	194
	溶解性物質質量	12
ら	ライフライン	3
	ランゲリア指数	10,11,17,87,92,103,110
り	硫化物	87,93,105
れ	劣化	135,153,157,160,163,204
	レドックス電位	10,13,17,87,92,105,111
	レドックス電位計, レドックスメータ	13,87
	レンジ	71
ろ	老朽化	7
	老朽度	7,19
	老朽度ランク	7,19,27,70
	老朽度ランク区分	16,18,23,25,27,29
	労働安全衛生法	198

報告書 No.1

厚生省生活衛生局水道環境部監修
水道用石綿セメント管診断マニュアル

頒布価格 2,000円 (送料共)
会員頒布価格 1,000円 (送料共)

平成元年 10 月 31 日 発行

発行者 森 下 忠 幸
発行所 財団法人 水道管路技術センター
〒104 東京都中央区新川2-1-9
電 話 03 (297) 0 8 1 1 (代)
印 刷 水 工 サ ー ビ ス 株 式 会 社
電 話 03 (207) 2 8 1 0 (代)