

保 存 用

ISSN 0386-5878
土木研究所資料第3468号

土 木 研 究 所 資 料

下水道管路の充填工法による 補修の手引き（案）

パッカー工法編

平成 9 年 3 月

建設省土木研究所
材料施工部施工研究室

Copyright © (1997) by P.W.R.I.

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

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

下水道管路の充填工法による 補修の手引き（案）

パッカー工法編

施工研究室 室長 塚田幸広
研究員 市村靖光
研究員 森 芳徳

要 旨

本資料は、パッカー工法による下水道管路の補修に際して必要となる材料選定の判断基準、施工管理方法などを示したものであり、地方自治体職員の積算作業時の手引きとして活用を図るものである。また、各種充填材の適用範囲は、室内試験に基づき評価している。

キーワード：下水道管路、空洞充填、パッカー工法、材料選定、施工管理

はじめに

わが国の下水道普及率は、平成7年度末には54%まで達しているが、この数字は欧米諸国に比較して依然低い水準にあり、今後も第8次下水道整備5箇年計画により管きよの新設が見込まれている。一方、このような下水道整備の反面、耐用年数に達した老朽管や施工水準の低かった時代の施工不良等に起因する問題が顕在化してきている。すなわち、管の老朽化、管接合部の施工不良、過大な上載荷重等による目地切れやひびわれにより、管内への不明水の流入や土砂の堆積等が数多く見られるようになっている。また、周辺土砂の流入による地盤の緩みや空洞化による路面陥没も大きな社会問題となっている。これらの不良箇所を補修し下水道本来の機能を維持・向上させるためには、これまで以上に計画的かつ効果的な維持管理体制が不可欠なのは言うまでもない。

また、管径別の施工延長を見ると600mm未満の小口径管が約8割を占めており、これらの小口径管周辺に局部的な空洞等が発生した場合には、パッカー工法が一般的に採用されることが多い。しかしながら、使用される補修材料の選定基準は明確には示されておらず、施工管理方法や効果の確認方法が確立されているとは言い難い。また、材料の耐久性にも不明な点が多いのが実状で、補修効果に疑問を持つ声もある。けれども、パッカー工法は更正管工法等に比較して管自体の強度を増加させるものではないが、周辺地盤の空洞充填には効果的な工法であり、自治体からは上記の問題点をクリアし、より信頼性の高い工法となるよう求めるニーズが高い。

以上から、本資料はパッカー工法を対象とし、これまで判断基準のなかった材料の選定方法を室内試験の結果に基づき明らかにし、オペレータの経験に支えられてきた施工管理方法を文書化したもので、地方自治体職員の積算作業の際の手引となることを願うものである。また、実際の現場においては、パッカー工法と更正管工法の併用等により、一層高いレベルの下水道機能の更新が行われることを期待してやまない。

施工研究室	室長	塚田幸広
	研究員	市村靖光
	研究員	森 芳徳

下水道管路の充填工法による補修の手引き (案)

パッカー工法編

目 次

はじめに

1	総 論	1
1. 1	本手引きの適用範囲	1
1. 2	充填工法の概要	1
1. 3	充填工法の種類	2
1. 4	用語の定義	3
2	充填材料編	4
2. 1	充填材の分類	4
2. 2	充填材の組成	5
2. 3	充填材の基本特性	6
3	調査設計編	10
3. 1	事前調査	10
3. 2	標準充填量	17
3. 3	充填材の選定	18
4	施工編	19
4. 1	施工順序	19
4. 2	充填速度	21
4. 3	充填圧	22
4. 4	機械及び装置	22
5	施工管理編	26
5. 1	施工中の管理	26
5. 2	補修効果の確認	28

1 総 論

1. 1 本手引きの適用範囲

本手引きは、充填工法による下水道管路の補修工事に適用する。

(解説)

この手引きは、下水道管路の補修工事の中でも比較的軽微な被害箇所に適用される充填工法、特にパッカー工法を対象としており、更正管工法等の工法については適用外とする。また、地盤支持力の改善や湧水防止を主目的として、大量の薬液を注入する、いわゆる薬液注入工法を行う場合も本手引きの適用範囲外とし、別途「薬液注入工法による建設工事の施工に関する暫定指針」を遵守しなければならない。

1. 2 充填工法の概要

下水道管の補修に用いられる充填工法は、凝固する性質を有する化学材料を管接合部等の隙間あるいは管外周辺地盤の空隙に充填し、止水性を向上させるとともに路面沈下を防止することを目的とするものである。

(解説)

この手引きで適用される充填工法は、管の老朽化や接合部の目地切れ等に伴う管内への浸入水を防止し、管周辺に生じた空洞や水みちを補修する目的で、管の内部から接合部の隙間を通して補修材料を充填する工法である。

1. 3 充填工法の種類¹⁾

充填工法には各種のものがあるが、補修対象の管径、本管・取付管の別等から適切なものを選定する。

(解説)

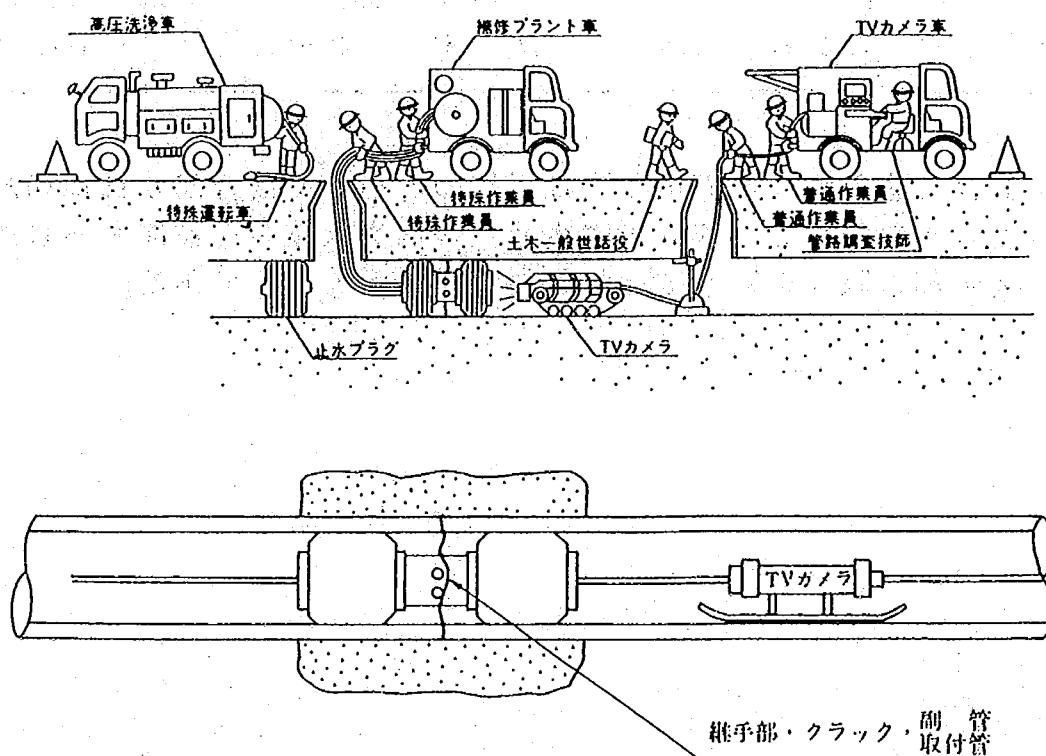
充填工法には表－1. 1に示すような種類がある。

表－1. 1 充填工法の種類

工法名	使用対象
パッカー工法	小中径管（ $\phi 700\text{mm}$ 以下）、取付管、副管
加圧循環工法	小径管（ $\phi 350\text{mm}$ 以下）
Y字管工法	中大径管（ $\phi 800\text{mm}$ 以上・ボックスカルバート）人孔、管口
止水棒工法	中大径管（ $\phi 800\text{mm}$ 以上・ボックスカルバート）

本マニュアルでは、これらのうちパッカー工法を対象としている。

パッカー工法は、小中径管、取付管を対象とし、管内から補修箇所へ充填用パッカーをテレビカメラにより誘導設置し、補修材料を充填するものである。



図－1. 1 パッカー工法

1. 4 用語の定義

この指針に用いる用語の定義は、次の通りとする。

用 語	解 説
①充 填	下水道管の水密性を向上させる目的で、いわゆる充填材を管接合部などの隙間や管周辺地盤の空隙に圧入することを「充填」という。これらの工法全般を「充填工法」と称する。
②充填材	充填する材料をいい、一定の時間で凝固する性質を有するものが用いられる。
③懸濁液型 充填材	溶液中に主に強度を得る目的で、セメント等の粒子を含有している充填材をいう。
④ゲルタイム	充填材が流動性を失い、粘性が急激に増加するまでの時間をいう。
⑤粘 性	充填材の地盤への浸透性を示す指標として用いられる。20℃の水の静粘性係数を1CPとし、これとの比で表される。
⑥ホモゲル	充填材のみが硬化した固結物をいう。
⑦サンドゲル	充填材を砂に浸透させ、硬化させた固結物をいう。

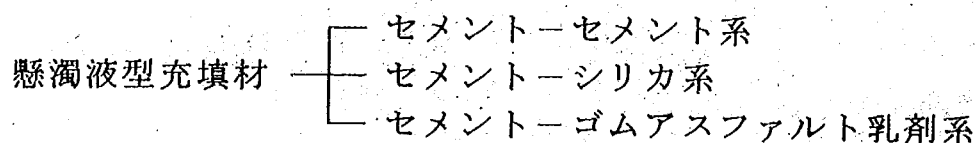
2 充填材料編

2. 1 充填材の分類

充填材は、一般にセメント等の粒子を含有している懸濁液型のものが用いられる。

(解説)

充填材は、主としてセメントミルクを硬化剤により短時間に固結させるもので、一般に固結体は大きな強度を有する。現在使用されている充填材を図－2. 1に示す。



図－2. 1 代表的な充填材の種類

2. 2 充填材の組成

充填材の配合は、施工当日の気温、液温、施工目的を勘案し、要求されるゲルタイムを満足するように設定する。

(解説)

充填材のゲルタイムは、わずかの気温、液温の違いに敏感であるため、常に施工条件に見合うゲルタイムを満足するように配合を調整する必要がある。

各充填材の標準的な配合を、表－2. 1～2. 3に示している。

表－2. 1 セメントーセメント系の配合 (300ℓ当り)

A 液 (150ℓ)		B 液 (150ℓ)	
高炉コークスセメント	80kg	急硬セメント	40～80kg
		凝結遅延剤	1.04kg
水	残り	水	残り

表－2. 2 セメントーシリカ系の配合 (400ℓ当り)

A 液 (200ℓ)		B 液 (200ℓ)	
硬化剤	100kg	シリカ剤	100kg
SBR系ラテックス	1	凝結遅延剤	4kg
水	残り	水	残り

表－2. 3 セメントーゴムアスファルト乳剤系の配合 (100ℓ当り)

A 液 (50ℓ)		B 液 (50ℓ)	
ゴムアスファルト乳剤	22kg	ゴムアスファルト乳剤	22kg
硬化剤	14kg	硬化剤	14kg
非ウレタン系樹脂	8kg	添加剤	1.4kg
水	残り	水	残り

2. 3 充填材の基本特性²⁾

充填材は、補修後の周辺地盤の環境変化、地震や自動車荷重の影響等に対応できる強度と弾力性を有している必要がある。また、長期にわたり管との付着を確保し止水効果を維持できるものでなければならない。

(解説)

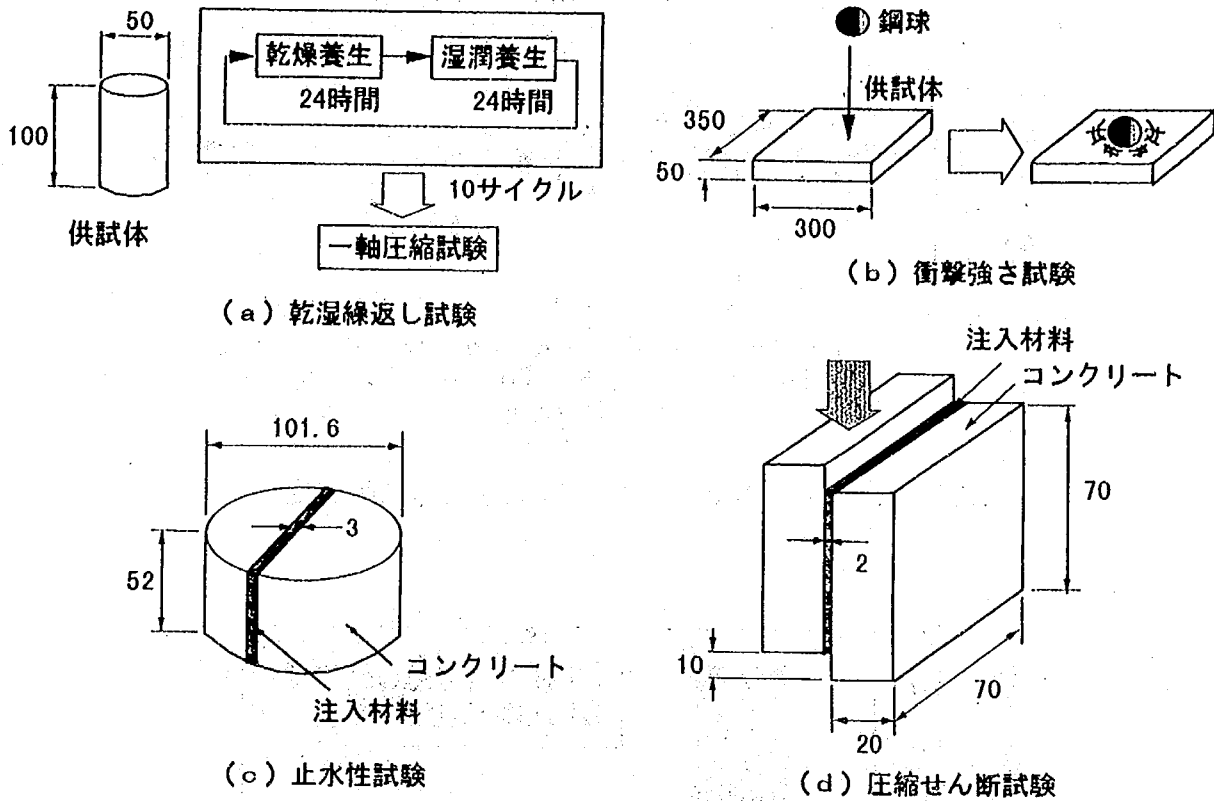
補修工事終了後、下水道管は地下水位の変動や地震、自動車荷重の振動等による影響を受けるため、充填材はこれらの環境変化や衝撃的な荷重、繰り返し荷重に耐えうる特性を持っていなければならない。

土木研究所においては、これらの充填材の特性を把握するために、表－2. 4に示す室内試験を行っている。

表－2. 4 材料特性を把握するための室内試験

試験項目	試験名	試験方法
流動性	フローコーン試験 (またはB型粘度計)	土木学会基準に準拠
膨張性	コンテナ試験	JIS A5751に準拠
	膨張性試験	JAの新幹線用CAモルタルの膨張性試験方法による
	ブリージング試験	土木学会基準に準拠
耐久性 たわみ性	乾湿繰り返し試験	乾燥24h、湿潤24hを10サイクル繰り返す
	一軸圧縮試験	土質工学会制定の方法による
	衝撃強さ試験	供試体に一定の高さから鋼球を落下させ、破壊強度を算定
止水性	止水性試験	材料を充填した供試体に水圧を加え、透水量を測定
接着性	圧縮せん断試験	材料を充填した2枚の平板の接着面のせん断強度を測定
浸透性	模型装置による パッカー施工試験	模擬空洞を設けた塩ビ管内部から施工し、浸透性を確認

図－２．２は、これらのうち、乾湿繰返し試験、衝撃強さ試験、止水性試験、圧縮せん断試験の試験方法を示したものである。



図－２．２ 試験方法

また、代表的な材料特性を表す４つの試験の結果について以下に示す。

(１) 乾湿繰返し試験

乾湿繰返し試験での各サイクルにおける材料の体積変化率を図－２．３に示す。各材料とも乾湿繰返しによる体積変化は小さいことがわかる。特に、セメントーゴムアスファルト乳剤系では１％以下で、しかも全体に膨張傾向にあり、充填材としては望ましい特性を有している。セメントーセメント系についても、若干収縮傾向にあるものの体積変化率は０．５％程度と非常に小さい。また、セメントーシリカ系では、乾湿を繰り返すに従い徐々に収縮が進行しているが、最終的には２％程度の小さな値にとどまっている。しかしながら、長期的に乾湿の変動があるような環境のもとでは、材料収縮の進行により破壊に至る可能性も考えられる。

(２) 一軸圧縮試験

乾湿繰返し終了後、及び水中養生２０日後の一軸圧縮試験の結果を図－２．４に示す。これらの一軸圧縮強度は、いずれの条件でも１０kgf/cm²以上であり、各材料とも十分な耐久性を有すると判断できる。また、図－２．５に示す圧縮ひずみを見ると、セメントーゴムアスファルト乳剤系が他の材料に比較して大きな値を示している。

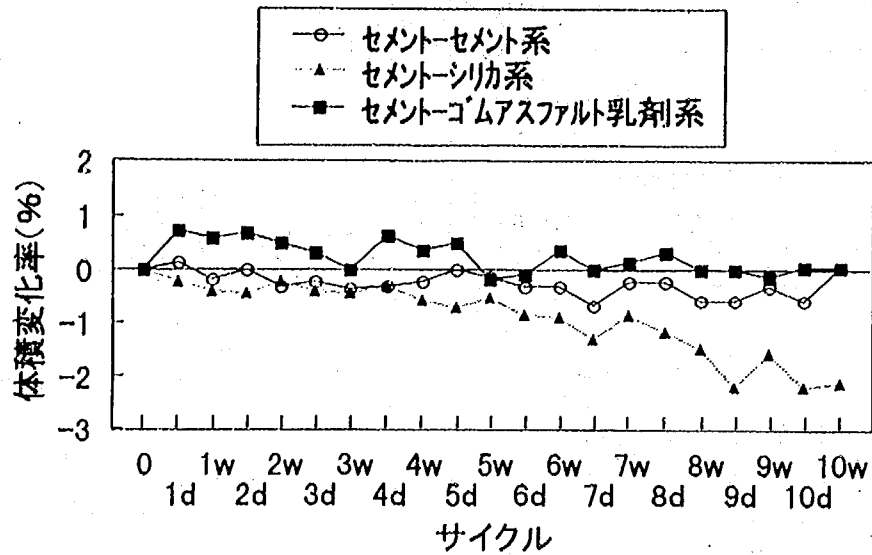


図-2.3 乾湿繰り返しによる体積変化

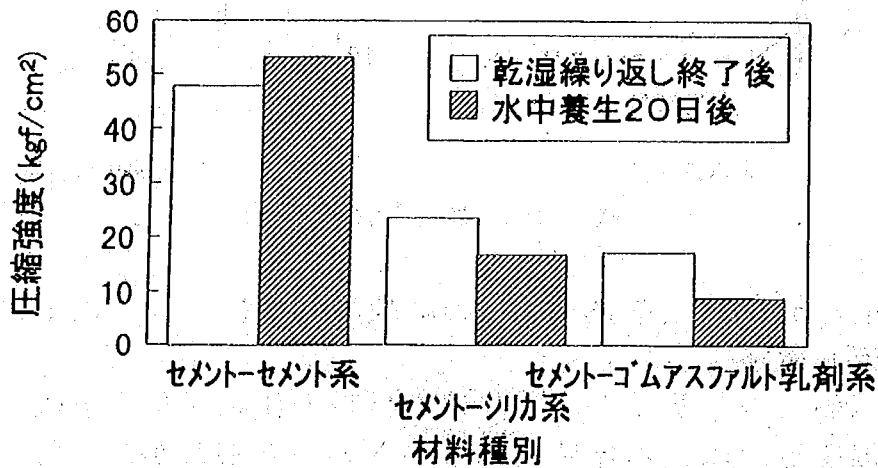


図-2.4 一軸圧縮強度

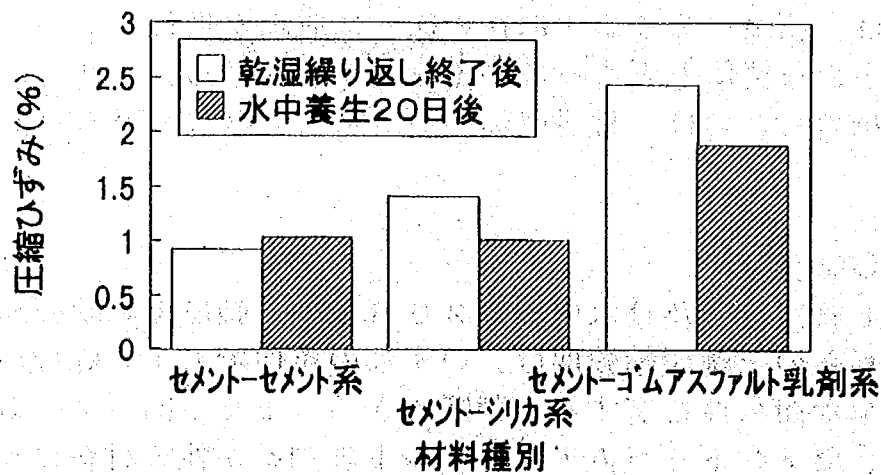


図-2.5 圧縮ひずみ

(3) 止水性試験

止水性試験では、すべての材料で完全に止水されていることが確認された。これらの材料では、強度不足による材料の破壊は見られず、止水効果は高いものと考えられる。

(4) 圧縮せん断試験

圧縮せん断試験の結果を図-2.6に示す。セメントーセメント系、セメントーゴムアスファルト乳剤系の接着強度は材令とともに大きくなる傾向が見られ、コンクリート板と十分に接着していた。セメントーシリカ系は初期強度が低く、材令が長くなっても強度増加は見られなかった。

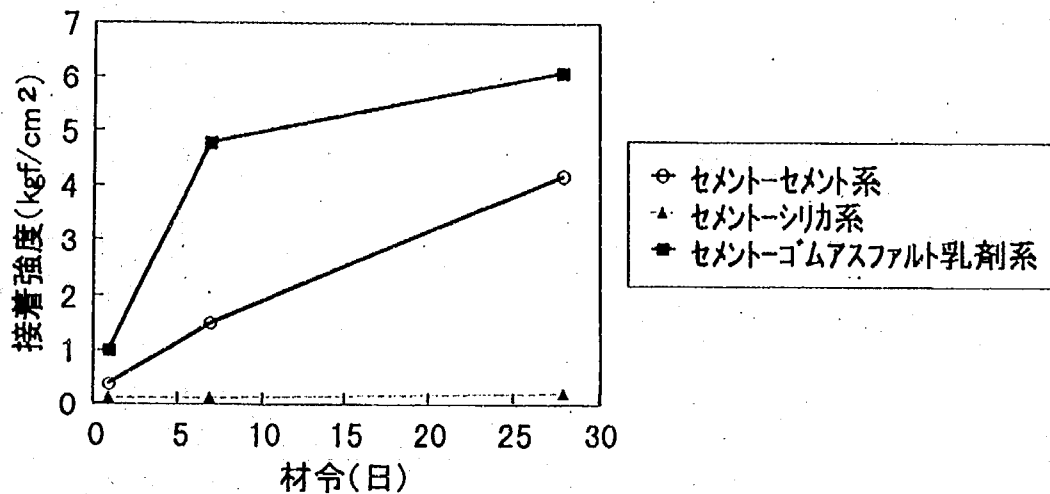


図-2.6 接着強度

以上の試験結果だけから実現場への材料の適否を判断することはできないが、一つの指標として各材料の総合評価を行ったものを表-2.5に示している。

表-2.5 材料の総合評価

	施工性	浸透性	耐久性	止水性	追従性	接着性
セメントーセメント系	○	○	○	○	△	○
セメントーシリカ系	○	○	△	○	△	△
セメントーゴムアスファルト乳剤系	○	○	○	○	○	○

○：優れている

△：現場条件により劣る場合がある

3 調査設計編

3. 1 事前調査¹⁾

充填工法の施工前には、補修対象箇所の状況を事前に調査する必要がある。調査は、テレビカメラによる目視確認だけでなく、注水試験、圧気試験、非破壊探査等を併用し、定量的なデータを収集する必要がある。

(解説)

不良箇所の補修に当たって確実な止水効果を得るためには、事前に管の損傷程度、漏水状況等を把握しなければならない。この場合、テレビカメラによる調査が行われることが多いが、テレビカメラだけでは損傷状況を定性的に確認するに過ぎず、管の水密性を定量的に把握することはできない。このため、注水試験、圧気試験等を併用し、より詳細な調査を行う必要がある。さらに、周辺地盤の空洞等の状況を把握するためには、非破壊探査の適用も考えなければならない。

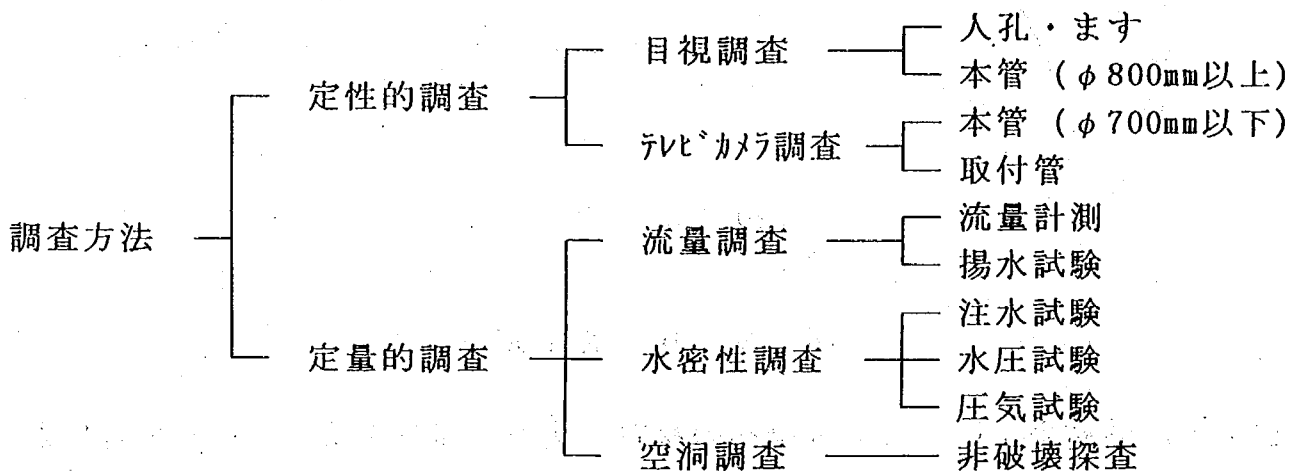


図-3. 1 調査方法

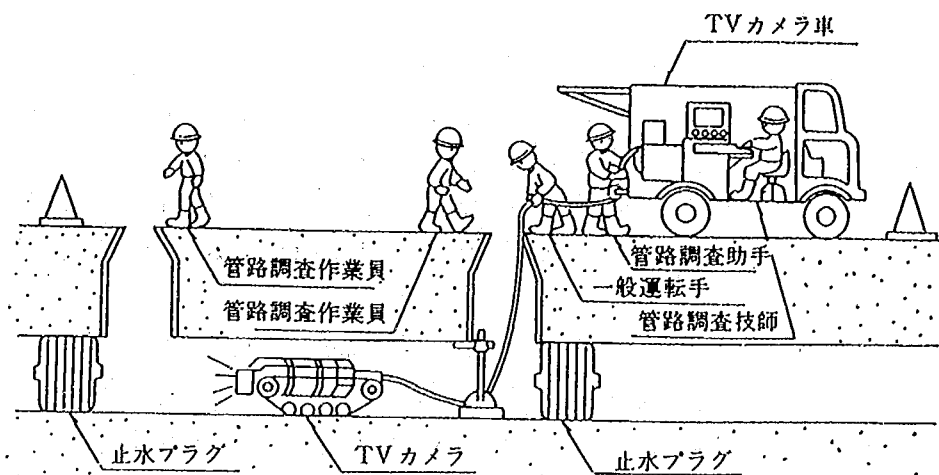
(1) 目視、テレビカメラ調査

目視及びテレビカメラ調査は、管の破損状況や管内への浸入水、土砂の流入状況を確認し、管の強度や地盤の空洞状態を推定するもので、充填工法の採用が適切かどうかの判断材料とするものである。

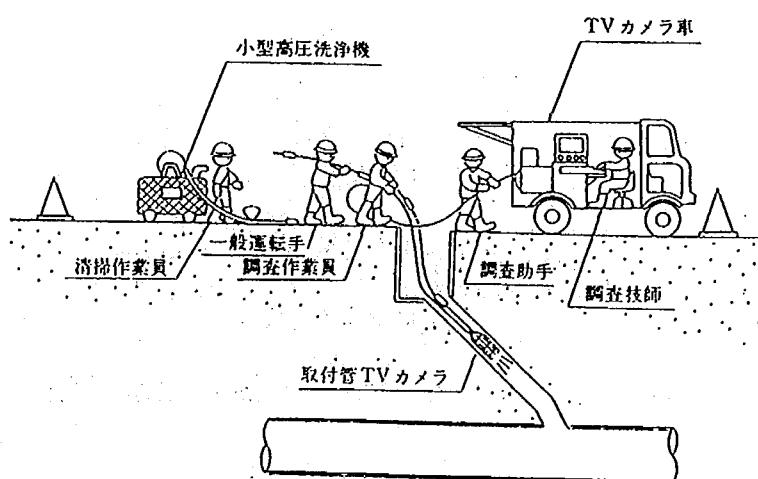
テレビカメラ調査は、直接目視確認のできないφ700mm以下の場合に適用され、調査は以下ように進められる。

- ①テレビカメラ本体を下水管内部に入れ、管内の上下・左右の状況を調査する。
管内の様子は、地上のテレビカメラ車内部にあるモニター画面に映し出される。テレビカメラの移動は、オペレータがリモートコントロールで操作する自走式と、スキーにカメラ本体を搭載しウィンチのワイヤーを巻取る牽引式がある。

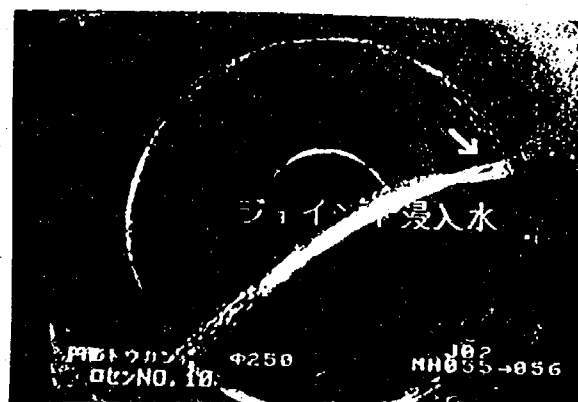
- ②本管部の調査は、原則として上流側より下流側に向かって行う。毎分一定のスピードでテレビカメラを下流に向け前進させ、本管内を基本的に直視により調査する。不良箇所においては、側視を行い浸入水、クラック、目地幅、劣化等の状況を細かく調査する。
- ③管径150～200mmの取付管においては、まずから小型カメラ（取付管専用）を挿入し、本管との取付部分までを調査する。



図－3. 2 本管部TV調査



図－3. 3 取付管部TV調査

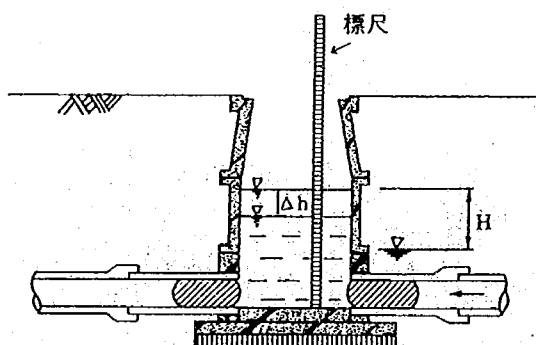


写真－3. 1 テレビカメラ調査による管内状況の例

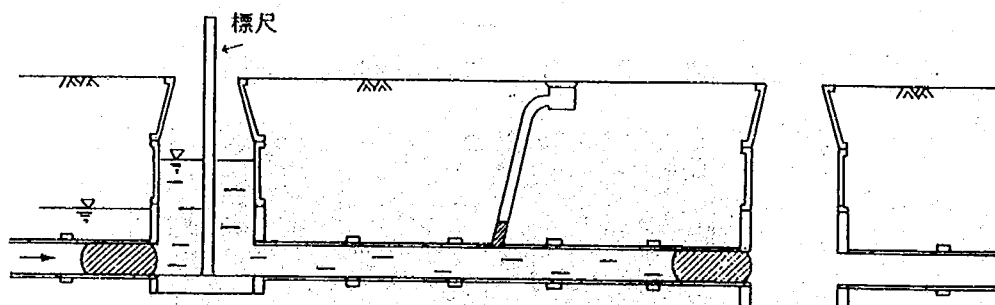
(2) 注水試験

注水試験は、管路の1区間毎の水密性を調査する試験で、地下水位が管底より低いか、またはあまり高くない場合に用いられる。本管の注水試験方法は、以下の通りである。

- ①隣接するマンホール間の1区間を測定単位とし、マンホール内を清水で満たした後、自記水位計またはスケールにより測定した水位差から漏水量を算出する。
- ②測定は2段階で行い、1回目に上流側マンホールでの漏水量を測定し、2回目にマンホールと本管からの漏水量を測定する。本管からの漏水量は、2回目の測定値から1回目の測定値を差し引いて得られる。
- ③注水水頭は、地下水位が管底より高い場合は地下水面を基準とし、管底より低い場合はマンホール底部を基準とし、ともに1 m程度の水頭で3～5分間測定する。
- ④注水水頭が2 mを越える条件で作業する場合、人孔部の測定で下流側に設置したエアープラグを撤去する際に、水圧でエアープラグが管内に引き込まれる危険性があり、バキューム車で人孔内の注入水を吸引するなど、水圧を下げてからエアープラグを撤去する配慮が必要である。



図－3．4 マンホール部の注水試験



図－3．5 本管部の注水試験

取付管の場合も本管と同じ要領で、ます内の水位変化を測定し漏水量を算出する。測定水位の設定高さは、ますの最上部が限度である。測定水位を一定の水頭差に設定したい場合には、図－3．7に示すように地上に水槽を設ける必要があ

る。この装置を用いると、取付管からの漏水量を直接測定することができる。通常、水槽内の設定水位は地下水面上2 m程度が適当である。

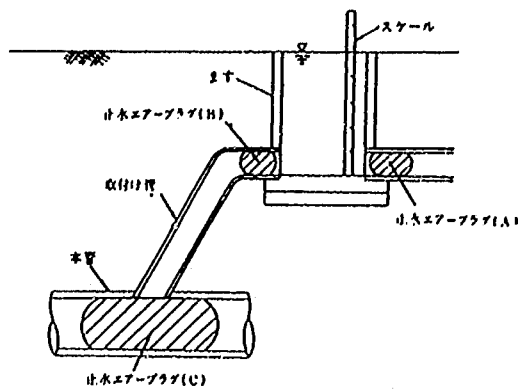


図-3.6 取付管の注水試験

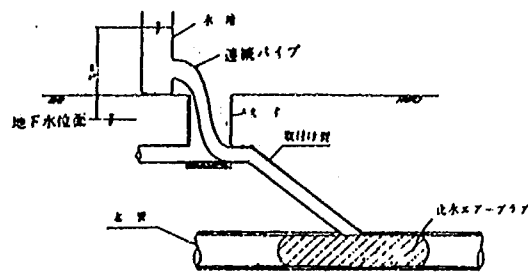


図-3.7 水槽を用いた取付管の注水試験

また、注水試験ではある程度清浄な注入水を用いるが、中径管以上の管路では多量の清水が必要となり、適用できない場合が多い。

表-3.1 管内容量表

(1 m 当たり)

管径 (mm)	管内容量 (m ³)	管径 (mm)	管内容量 (m ³)
150	0.0177	400	0.1257
200	0.0314	450	0.1590
250	0.0491	500	0.1963
300	0.0707	600	0.2827
350	0.0962	700	0.3848

(3) 圧気試験

圧気試験には、1区間を対象とする区間圧気試験と目地・クラック等の1箇所毎に行う部分圧気試験がある。

区間圧気試験は、注水に代えて低圧空気（地下水水頭+0.2~0.5kg/cm²）を管内に吹き込むもので、一定圧力を保持しながら漏気量を測定する。得られた漏気量から漏水量もしくは浸入水量を推定するが、漏気量と漏水量は必ずしも比例関係にない場合があるので注意を要する。

部分圧気試験は、テレビカメラと補修用の充填装置を使用し、充填材の替わりに低圧空気を送り圧力の低下状態から水密性を確認するものである。圧力の低下状態は、コンプレッサで気圧を加えた状態でコックを閉め、10~30秒後の残留圧力で確認する。

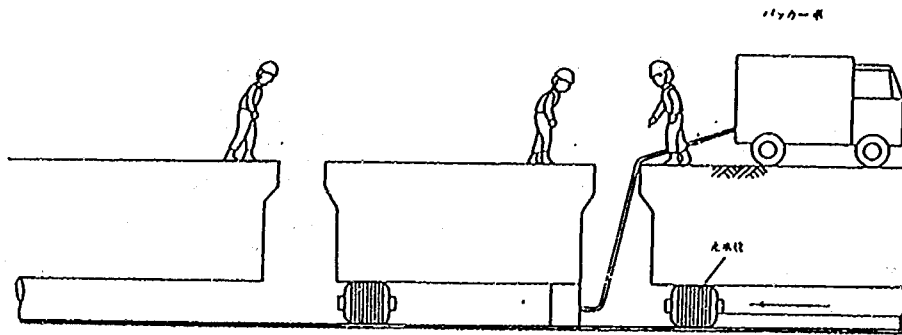


図-3.8 本管部の圧気試験

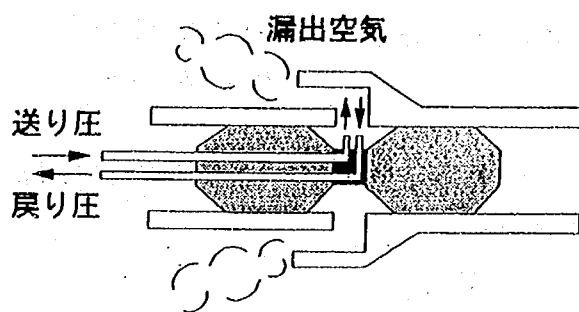


図-3.9 継手部の測定

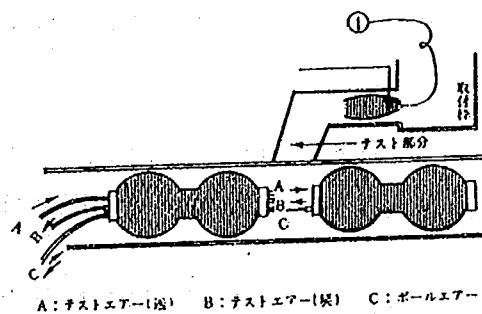


図-3.10 取付管部の測定

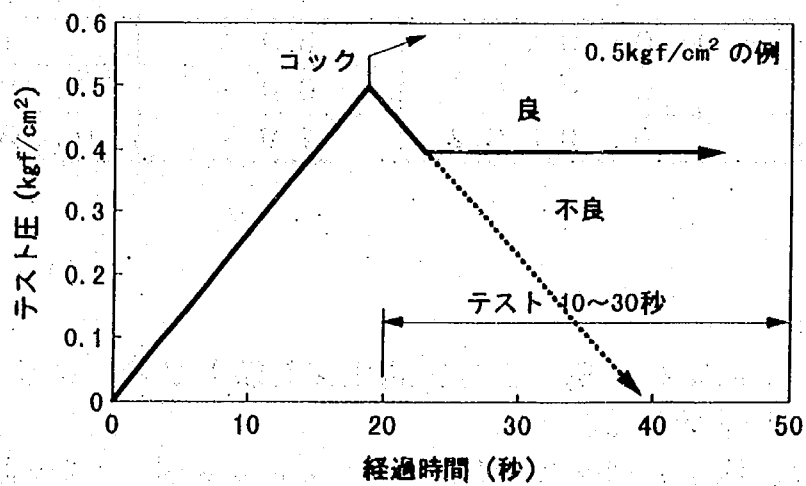


図-3.11 圧力判定特性図

(4) 水圧試験

作業手順は部分圧気試験と同様であるが、圧縮空気の代わりに注入ポンプを用いて水を送る方法である。この方法は圧気試験と異なり、水圧の上限を制御することが難しく、場合によっては目地の水密性を低下させる場合もあるため、水圧管理には十分注意する必要がある。

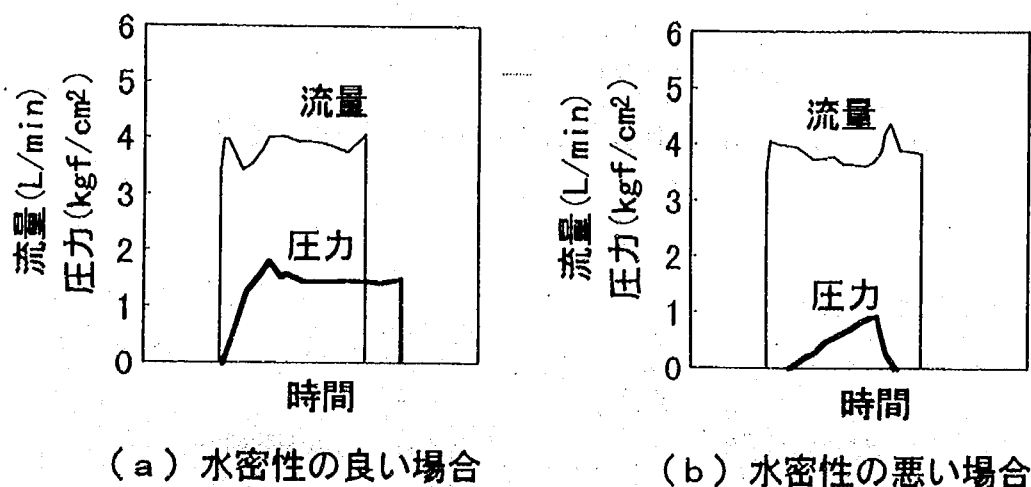
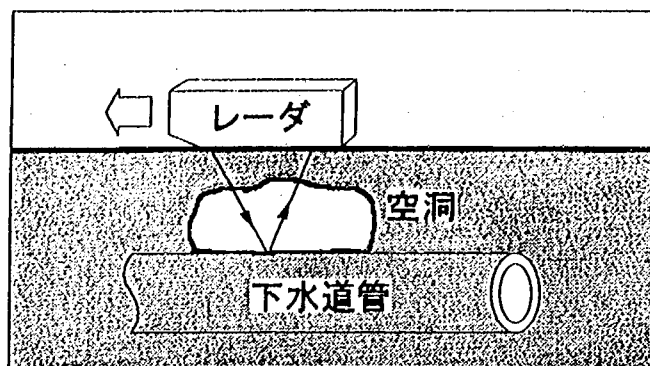


図-3. 1 2 水圧試験のチャート例

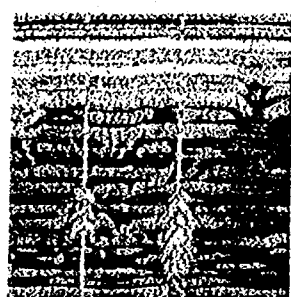
(5) 非破壊探査

充填工法により管の止水効果高めるとともに、管周辺地盤の空洞を充填し路面陥没を未然に防止するためには、空洞の位置や大きさを前もって把握し、それに見合った充填条件で施工を行う必要がある。しかし、前述のテレビカメラ調査、注水試験などは主に管の損傷状況を調査するもので、下水道管周辺地盤に生じている空洞や水みちの状況を直接把握することはできない。このため、非破壊探査により調査を行うことが考えられ、その一例として電磁波レーダの利用が挙げられる。

電磁波レーダは、電磁波が比誘電率の変化がある境界で、その差に比例した強さで反射することを利用したものである。一般に、比誘電率は空気で1、土で14～30であり、地盤内に空気空洞がある場合には強い反射が得られ、空洞の位置を明確に捉えることができる。このため、管の埋設深さが比較的小さい場合には、地表面から探査することが可能で既に実用的に用いられている例も見られる。しかし、埋設位置が深い場合にはレーダの性能、他の地下埋設物の影響等により地表面からの探査が困難となる。このような場合、管内から探査を行う方法もあり、現在実用化に向けて管種と探査精度の関係が調査されている。



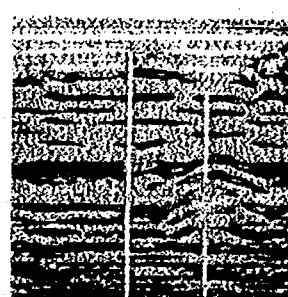
図－3. 1 3 地表面からのレーダ探査方法



埋設管画像

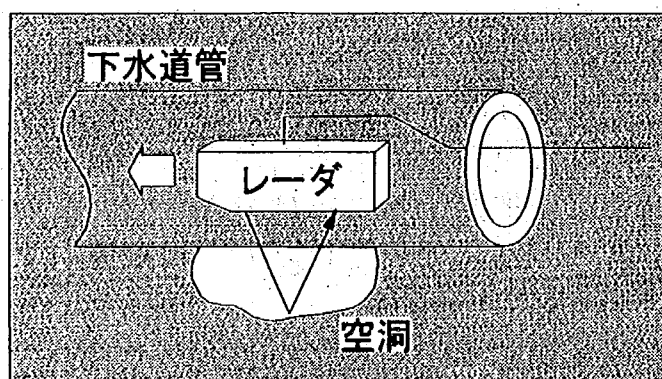


地層画像

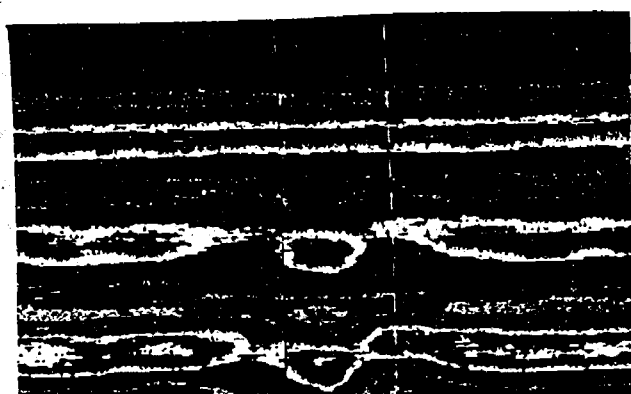


空洞画像

図－3. 1 4 レーダ画像の例



図－3. 1 5 管内からのレーダ探査方法



図－3. 1 6 レーダ画像の例

3. 2 標準充填量

充填材の充填量は、試験施工や過去の実績を踏まえて決定することが望ましいが、これにより難しい場合は管径別に定めた標準充填量を用いてもよい。

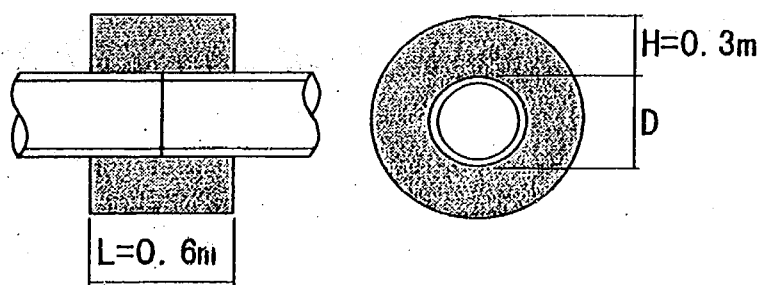
(解説)

パッカー工法における充填材の使用量は、管径、充填材の種類、土質、地下水位、地盤の状態などで大きく異なる。したがって、このような現場条件の異なる補修箇所毎に、試験施工や過去の施工実績を踏まえて充填量を決定する必要がある。しかしながら、このような方法で決定した充填量でも実施量とは相違があることが多く、表－3. 2に示す管径別の標準充填量を用いてもよい。同表に示す標準充填量は、管周辺地盤の空洞充填まで行うことを想定した数量である。

表－3. 2 標準充填量

管径 (mm)	充填量 (ℓ /ヶ所)	管径 (mm)	充填量 (ℓ /ヶ所)
150	75	400	115
200	83	450	123
250	90	500	132
300	98	600	149
350	107	700	167

注) 管口及び取付管支管部の充填量は上記の1/2とする。



標準充填量

$$Q = V \cdot n \cdot \alpha (1 + \beta)$$

V : 充填対象土量

n : 土の間隙率

α : 充填率

β : 損失係数

$$\begin{aligned} \text{充填範囲 } V &= \frac{\pi}{4} \{ (D + 2H)^2 - D^2 \} \cdot L \\ &= \pi L (D \cdot H + H^2) \end{aligned}$$

図－3. 17 充填範囲の考え方

3. 3 充填材の選定

パッカー工法の施工に当たっては、施工目的、現場条件等を勘案し、十分な補修効果を期待できる適切な材料を選定する必要がある。

(解説)

パッカー工法を施工する場合には、充填材の特性を十分考慮し、施工目的、現場条件に見合った適正な選択をしなければならない。表-3. 3は、過去の施工実績、及び前述した室内試験の結果に基づいた各充填材の適用範囲を整理したものである。

表-3. 3 充填材の選定表

施工条件 \ 充填材		セメント-セメント系	セメント-シリカ系	セメント-ゴム アスファルト乳剤系
浸入水	多い	△	△	○
周辺地盤	砂質土	○	○	○
	粘性土	△	△	△
地下水位	変動あり	○	△	○
土被り	大	○	○	○
自動車荷重	影響大	△	△	○
地震	影響大	△	△	○

○：適する

△：条件によっては適さない場合がある

4 施工編

4. 1 施工順序¹⁾

パッカーの施工は、上流側から下流側に行うのを原則とする。

(解説)

連続してパッカー施工を行う場合には、次の補修箇所への材料の漏出を防止するため、上流側から下流側に向かって施工するのが一般的である。この場合、下流側から施工すると圧力がかかることにより、充填材が漏れ堆積する。そのため、充填を確認しやすいように上流側から下流に向けるものである。

以下に、標準的なパッカーの施工手順を示す。

(1) 本管止水 (管径700mm以下)

① 高压洗浄車を利用して管内を清掃し、テレビカメラ・充填用パッカー牽引用ワイヤーを引き込む。

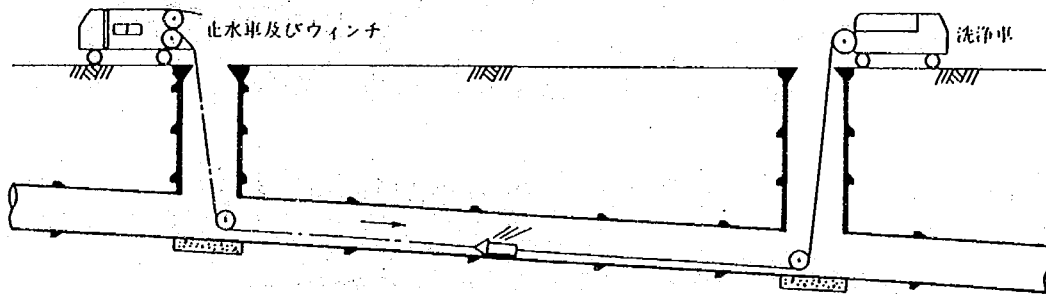


図-4. 1 管内洗浄

② 補修対象箇所に充填用パッカーをテレビカメラの誘導でセットし、パッカーの両端をエアー圧で膨張させる。

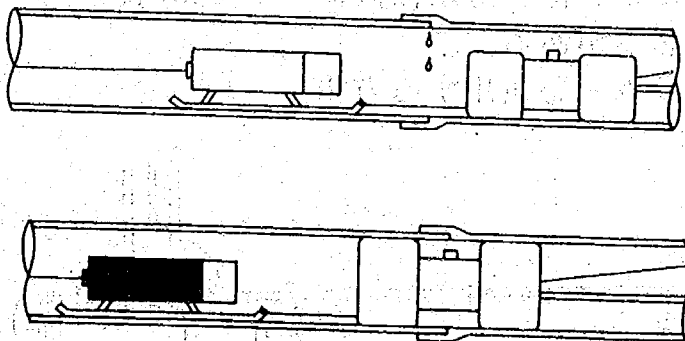
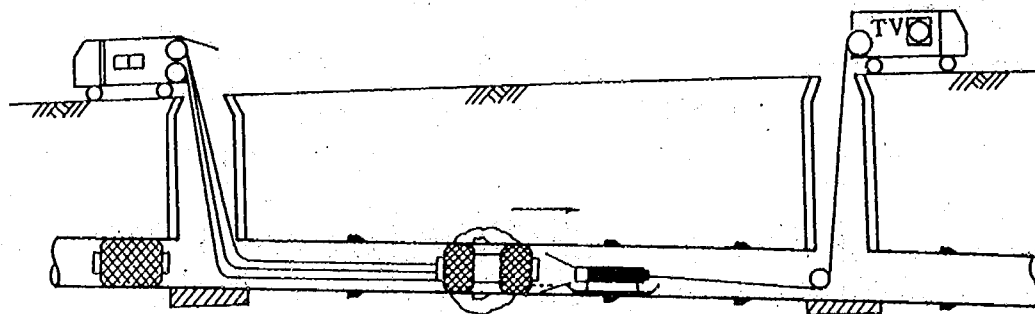


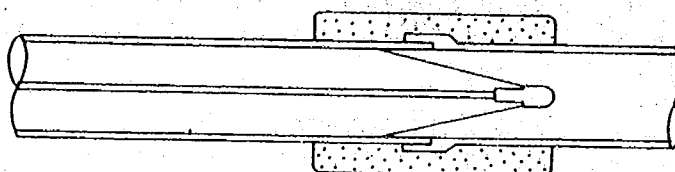
図-4. 2 充填用パッカーの設置

- ③テレビカメラで監視しながら、地上の充填機械により充填用パッカーを通して補修材を充填する。



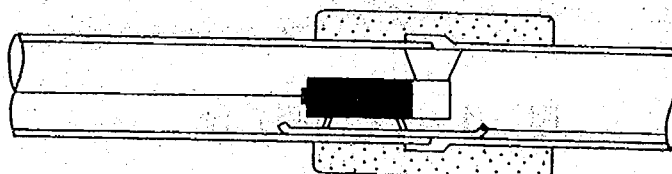
図－４．３ 補修材の充填

- ④充填終了後、テレビカメラ・パッカーを撤去し、管内を清掃する。



図－４．４ 充填用パッカーの撤去

- ⑤管内清掃後、テレビカメラにより止水状態を確認する。

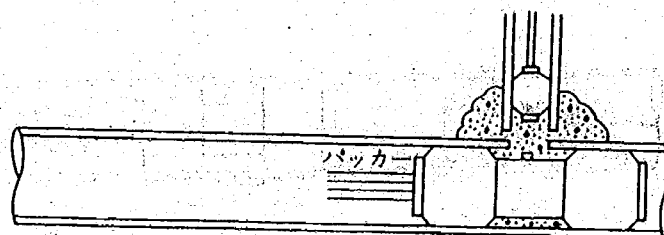


図－４．５ 止水状態の確認

(2) 取付管止水

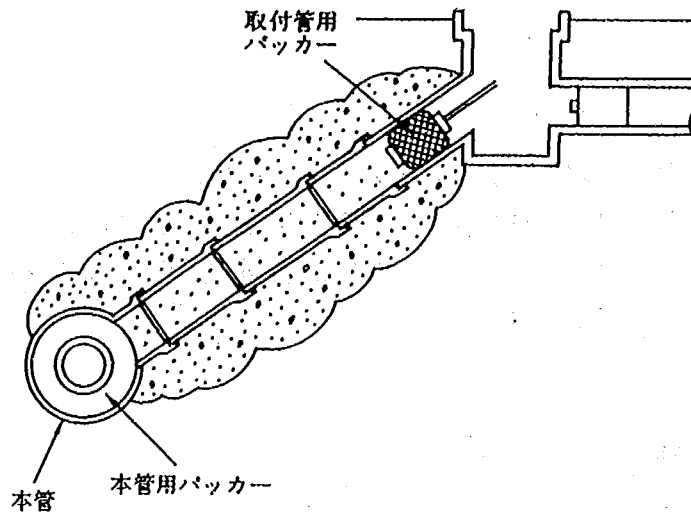
取付管の止水においては、対象位置によって充填用パッカーの設置位置が異なるので注意する必要がある。

①本管用充填パッカーを使用する方法



図－４．６ 取付管の管口・目地

②まず側より特殊充填パッカーを使用する方法



図－４．７ 取付管の管口・目地

４．２ 充填速度

充填速度は、充填材料に応じた一般的な値を目安とするが、圧力の状況や周辺地盤への影響を見ながら安全性や止水効果を考慮し、適宜調整する必要がある。

(解説)

パッカー工法による下水管内部からの充填は、目地、クラック、破損等の小さな隙間を通して行われるため、充填断面が限定される。また、地盤空隙への浸透速度を超える充填を行った場合には、パッカー側に過大な圧力がかかり、管壁とパッカーの間から充填材が管内に漏出することが予想される。このため、単位時間当りの最大充填量が制限される。

一方、充填材には止水の速効性が要求され、ゲルタイムの短いものを使用されている。したがって、あまり遅い速度で充填すると必要な充填量を満足する前にゲル化が始まり、それ以後の充填作業が困難となる場合がある。

これらのことから、パッカー工法で採用されている充填速度は、 $4 \sim 10 \text{ l} / \text{分}$ 程度が一般的である。但し、補修対象箇所の状態は各々異なるため、充填圧力の挙動を監視しながら止水効果と作業能率を勘案して、適宜充填速度を調整する必要がある。

4. 3 充填圧

充填圧は、管体や周辺地盤に変状を及ぼさない程度で、パッカーの設置圧よりも小さな値とする。

(解説)

パッカー工法の限界充填圧は、パッカーの設置圧と管壁の凹凸状態で決まる。一般に、充填圧 $1.5 \sim 2.0 \text{ kgf/cm}^2$ で充填材が管内に漏出するため、充填時の最高圧力は $1.0 \sim 1.2 \text{ kgf/cm}^2$ とする場合が多く、充填パッカーの構造によっては 0.9 kgf/cm^2 に設定している。

4. 4 機械及び装置

充填の機械及び装置は使用する材料により限定されるが、常に A、B 両液が一定の比率を保持して注入され、必要な強度やゲルタイムを確保できるものを使用する。

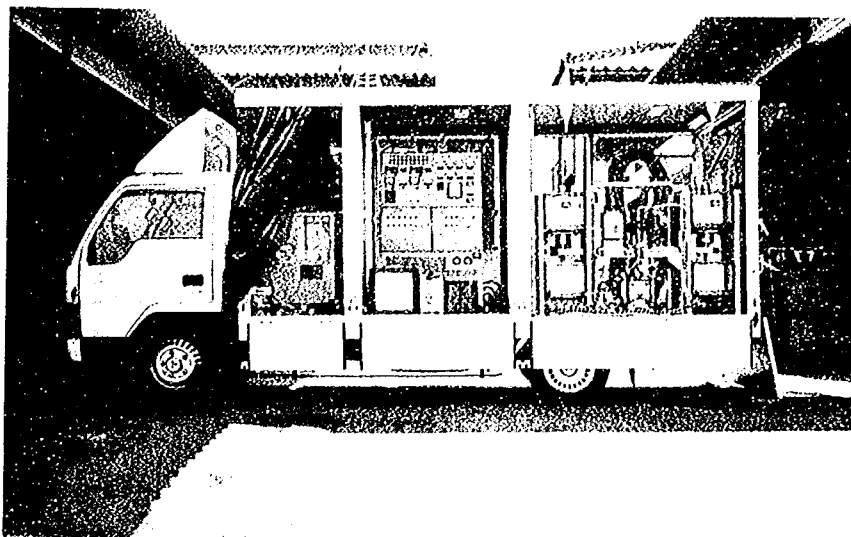
(解説)

パッカー施工時に使用する標準的な機械及び装置は、表-4.2 に示す通りであり、この中で補修プラント車と充填用パッカーは使用する充填材料ごとに特定のものをを用いる。機械の選定に当たっては、A、B 両液が一定の比率で注入され、確実に材料が混合し、強度やゲルタイムが常に必要な水準を維持できるものを使用しなければならない。

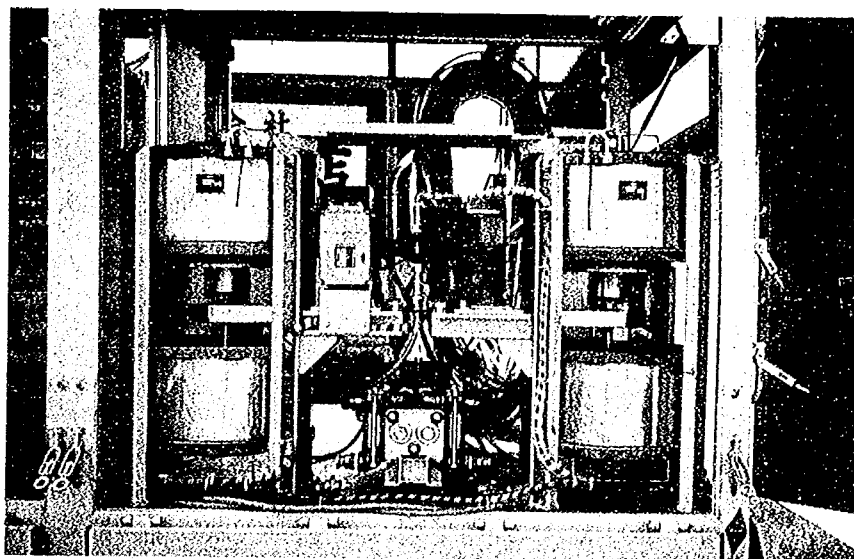
表-4.2 標準主要機械一覧表

機械名	仕様	調査工							清掃工	補修工
		TV調査	流量計測	揚水試験	注水試験	水圧試験	圧気試験	空洞調査		
高圧洗浄車	195 ps 4t	○				○	○		○	○
吸泥車	195 ps 4t								○	○
給水車	195 ps 4t	○			○				○	○
補修プラント車	146 ps 3t					○	○			○
汎用ポンプ車	105 ps 2t	○				○	○			○
トラック	135 ps 2t									○
注入パッカー	φ150~600mm					○	○			○
止水プラグ	φ100~600mm	○		○	○	○	○			○
フローター	ボートタイプ		○							
流量計	電磁式		○							
FBアーム	FB-150~		○	○						
堰	ノテ、三俣堰也			○						
潜水ポンプ	φ50~150mm			○						
水位計	スツル、浮子式也				○					
ポンプ車	0.75~19kw						○			
レーダー調査車	105 ps 2t							○		
地中レーダー	SIR-3							○		

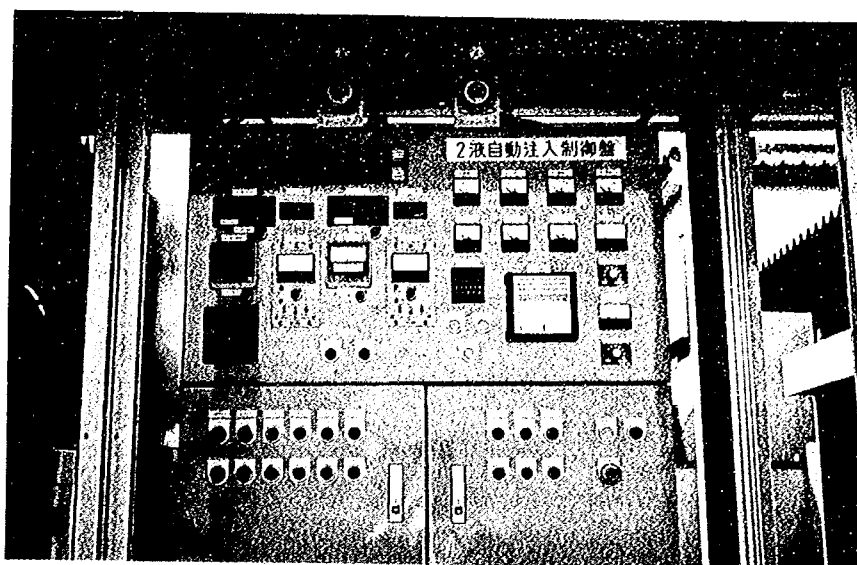
(1) 補修プラント車



写真－４．１ 補修プラント車の例



写真－４．２ ミキサーの例



写真－４．３ 制御盤の例

(2) テレビカメラ

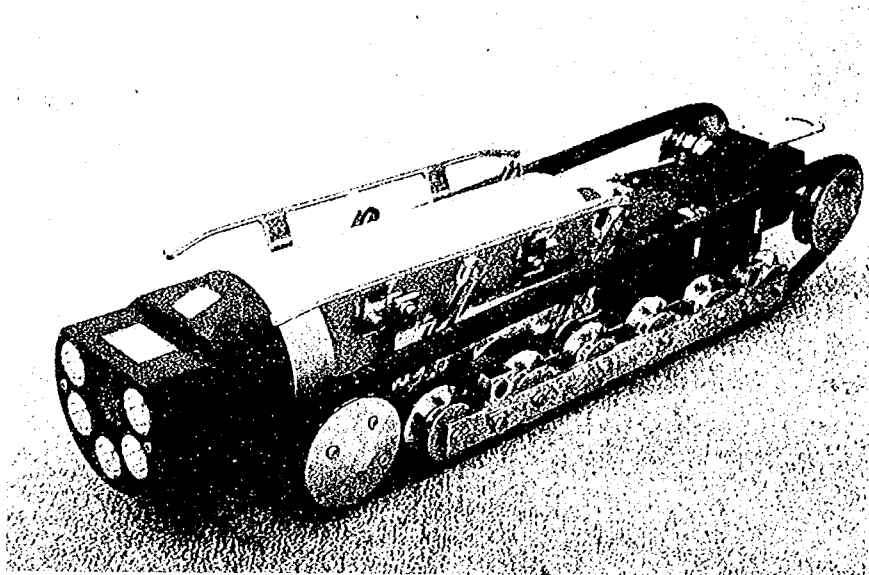


写真-4. 4 テレビカメラヘッド（自走式）の例

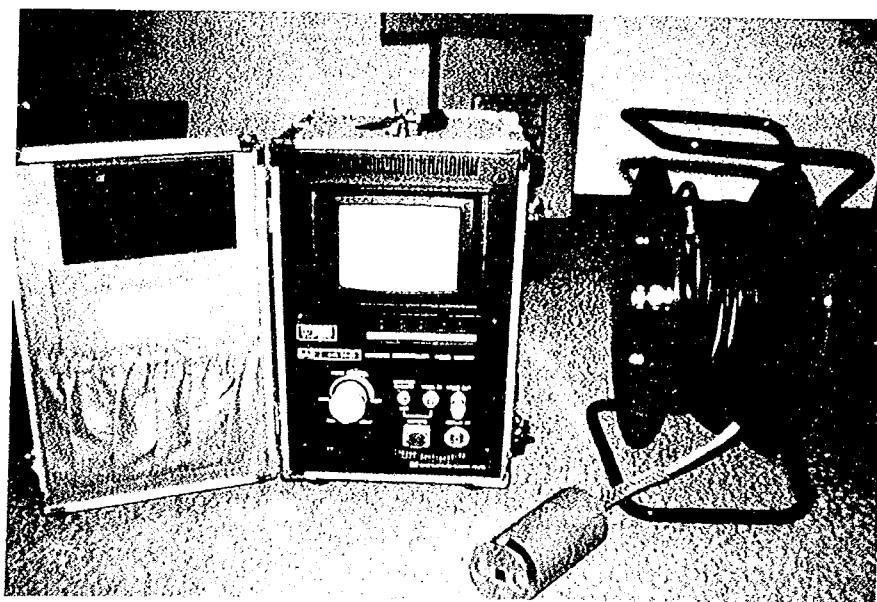
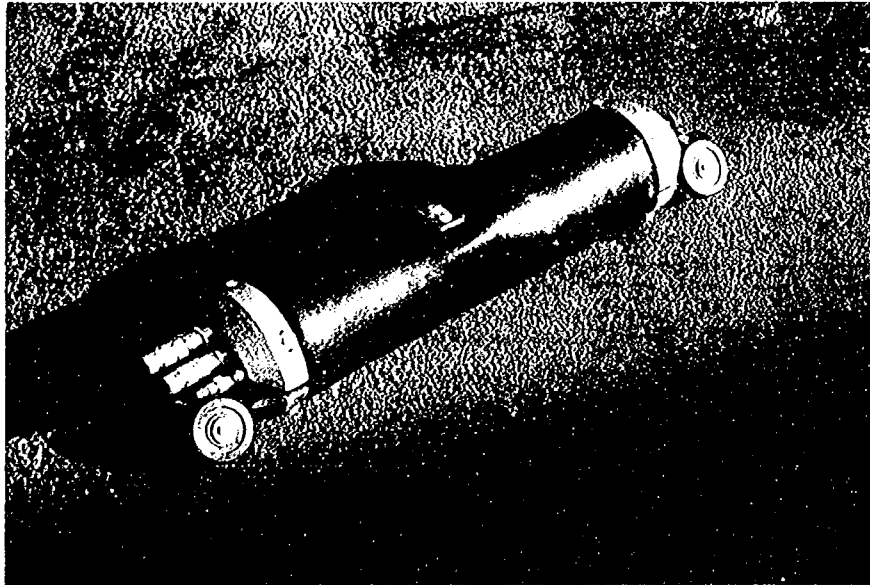
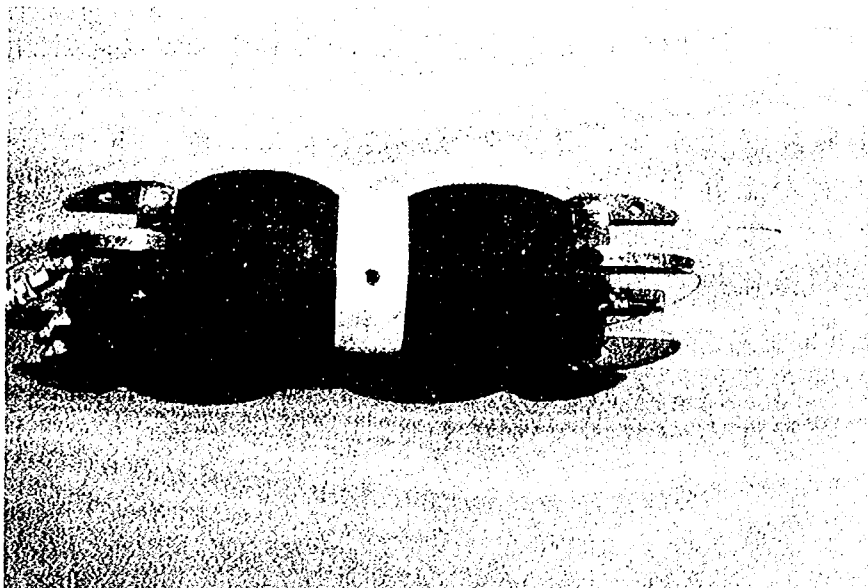


写真-4. 5 取り付け管用テレビカメラの例

(3) 充填用パッカー



写真－４．６ 充填パッカーの例



写真－４．７ 充填パッカー（エアー注入時）の例

5 施工管理編

5. 1 施工中の管理

パッカー工法の施工中は、充填量のみで材料の充填終了を判断するのではなく、充填圧の管理を行うことにより管の損傷箇所や周辺地盤の空洞部に材料を確実に充填させなければならない。

(解説)

管周辺地盤の空洞部への材料の充填は、止水効果の向上ならびに道路陥没の防止に重要な要素となるが、充填に必要な充填量を設計段階で算定することは難しい。したがって、充填量が設計充填量に達したからといって充填が終了したと判断することはできない。パッカー工法では、充填圧の上昇により充填終了を判断するのが一般的である。

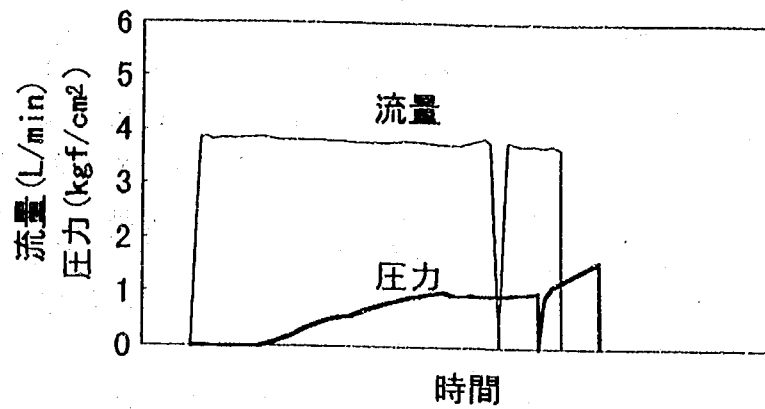
(1) 充填量と充填圧の関係

一般に、パッカー施工時の充填量と充填圧の関係は、図-5. 1 に示す3パターンに分類される。

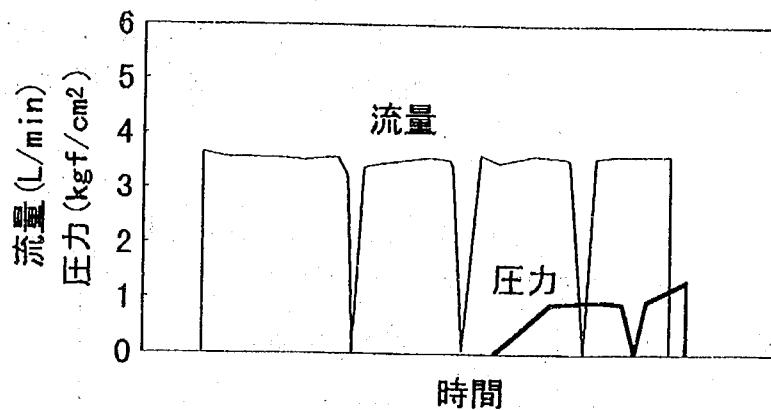
標準的な充填作業では図-5. 1 (a) に示すように、空隙が充填されてくると圧力が上昇するので、 $1.0 \sim 1.2 \text{ kg/cm}^2$ の時点で充填を停止し、ゲルタイムの2～3倍の時間経過後に再充填を行い、瞬時に圧力が上昇するのを確認して作業を終了する。また、図-5. 1 (b) のように、地盤の空隙、水圧、充填口等の影響により、充填圧が 0 kg/cm^2 の状態が続く場合がある。このような場合には、充填材の広範囲な拡散を防止するため、1回の充填では100ℓ程度を目処に作業を一時停止し、充填材のゲルタイムの経過を待って再度充填する方法をとる。この過程を3～4回繰り返しても充填圧が上昇しない場合には、翌日再充填する。

さらに、破損個所が微小なクラック等の場合には、図-5. 1 (c) のように充填後すぐに圧力が上昇することがある。このような場合には、浸透性に優れた材料を使用するか、別途注入孔を設ける等の措置が必要である。

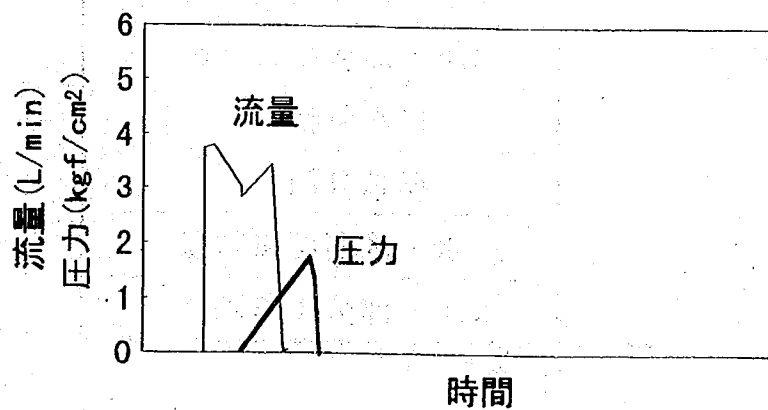
また、圧力管理は使用するパッカーにより多少異なる。充填用パッカーは、ゴムスリーブ単体構造とエンドエレメントとゴムスリーブの二重構造の2種類がある。単体構造の場合には圧力流量計の針の動きで判断し、二重構造の場合にはゴムスリーブ内の設定圧力の変化で判断する。



(a) 一般的な場合



(b) 地盤の空隙が大きい場合



(c) 水密性の良好な場合

図-5.1 充填量と充填圧の関係

(2) ゲルタイムの調整

充填材のゲルタイムは、気温、水温、及び配合比に左右されるため、常に最適な値が得られるよう調整する必要がある。

(3) 監視

充填材の漏出を防止するため、充填中はテレビカメラにより管内を、目視により路面を監視する必要がある。

5. 2 補修効果の確認

パッカー工法の施工終了後は、補修箇所が十分な止水効果を有していることを確認しなければならない。そのためには、テレビカメラによる目視確認を行う他、注水試験、圧気試験、非破壊探査等を用いて漏水の有無を定量的に調査する必要がある。また、充填材の長期的な耐久性については不明な点が多いため、施工後6ヶ月程度で追跡調査を行うことが望ましい。

(解説)

補修効果の確認は、事前調査の項で述べた方法で行うのが一般的である。これらの他には、ポータブルフローメータを用いた流量計測や1区間毎の揚水試験を採用する場合もある。各調査方法の適用性を、表-5. 1にまとめているので参考にされたい。

表-5. 1 補修効果確認方法の適用性

地下水位	適応工種
高 い	テレビカメラ調査
	注水・区間圧気試験
	水圧・部分圧気試験
	揚水試験
	流量計測
低 い	注水・区間圧気試験
	水圧・部分圧気試験

参考文献

- 1) (社) 日本下水道管路維持管理業協会：下水道管路施設 維持管理マニュアル、1991
- 2) 苗村正三、市村靖光、森芳徳：下水道管補修材料の基本特性に関する試験調査、土木研究所資料、第3227号、1994

本資料は、パッカー工法による下水道管路の補修に際して必要となる材料選定の判断基準、施工管理方法などを示したものであり、地方自治体職員の積算作業時の手引きとして活用を図るものである。また、各種充填材の適用範囲は、室内試験に基づき評価している。

キーワード：下水道管路、空洞充填、パッカー工法、材料選定、
施工管理

郵便はがき

郵便切手
は
つ
て
下
さ
い。

3 0 5 - □ □

建設省土木研究所

材料施工部施工研究室行

茨城県つくば市旭一番地

No. 03

No. 03

配布先氏名

配布先住所

○

土木研究所資料 第3468号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印

○