

地下河川維持管理施設についての一考察

A Study on Equipment for Control of Maintenance in Underground River

パシフィックコンサルタンツ(株) 伊藤重文 Sigefumi Itou *)

〃 浜口憲一郎 Kenichirou Hamaguchi **)

Underground rivers refer to the construction of artificial rivers by large diameter shields at great depths beneath roads. To reduce the scale of the facility and to reduce influence for river's environment by draining from Underground rivers, cut down on construction maintenance costs, pressure driven underground rivers are being considered.

In this study, the equipment for control of maintenance is introduced with considered influence for river's environment by draining from Underground rivers. lic

keywords : Undergrand River, Great depth tunnel, Control of Maintenance, Equipment for Maintenance

1. はじめに

現在、首都圏外郭放水路を始めとし東京都環七地下河川、寝屋川地下河川、阪神地域地下河川など、大都市の都市河川流域において、都市部への人口・資産の集中に伴う早急な洪水防御対策の実施に対応するため地下河川計画が計画され、現在一部の区間が建設中である。

現在、計画・施工されている地下河川規模は世界的にも例がない大深度（高落差）・大口径・大流量である。又、流入する洪水は、大部分が合流式下水道から排水される汚濁水を含んでいる。そのため、洪水後地下河川に貯留された洪水の水質への対応は、重要な課題の一つである。

本文では、地下河川の貯留水の特性とそれに対応した維持管理の考え方、維持管理施設の設定方法等について考察を行うとともに、近年行われている維持管理施設の事例を紹介する。

地下河川の形態については、地下河川内の水理状態により図-1に示す3ケースに、下流排水方式により2ケースに、計6ケースに分類される。¹⁾

地下河川形式は、地形条件、土地利用、流入条件（①設計流量、②流入・排水地点の選定、③地下河川ルート、④地下河川本体形状、⑤治水経済効果、⑥地下河川の安定性）などの項目を検討した上で総合的に判断し設定される。

これらの地下河川形式の内貯留水の水質が問題となるのは、貯留水が残存する形式である。

地下河川の残留水は、地下河川の治水計画上から空き運用計画のものは洪水後速やかに（一般的には1日～2日）排水する必要があり、満管運用のものについては洪水後も貯留を継続することが可能である。いずれの場合においても、洪水後の貯留水の水質変化を考慮して、排水先への影響を極力小さくして放流することが必要となる。

2. 地下河川形式と貯留水の関係

3. 水質面からみた地上貯留水と地下貯留水の比較

*)Head Engineer, PACIFIC CONSULTANTS Co., LTD, TSUKUBA HYDRAULIC LABORATORY, 642-1, TSUKURIYA, TSUKUBA-SHI, IBARAKI, 300-33, JAPAN

**)Section Chief Engineer, PACIFIC CONSULTANTS Co., LTD, TSUKUBA HYDRAULIC LABORATORY, 642-1, TSUKURIYA, TSUKUBA-SHI, IBARAKI, 300-33, JAPAN

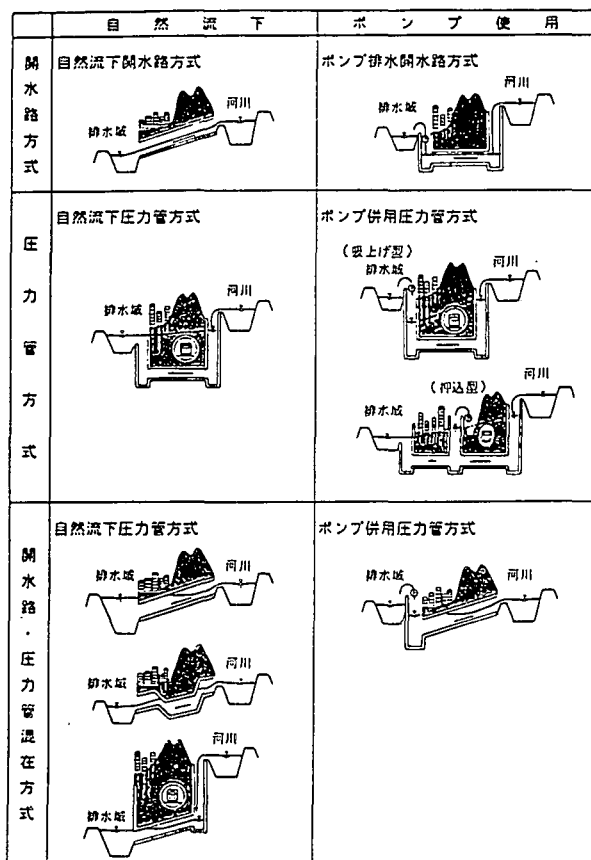


図-1 地下河川形式の分類

一般に地上調節池等では、河川から流入した栄養塩等を利用して植物プランクトンが増殖し、また流入した有機物は微生物が溶存酸素を利用しながら分解され、最終的には表1に示す物質に分解される。

このような分解は好気性分解といわれ別段有害ではないが、やがて酸素が欠乏すると嫌気性分解が始まり、有害物を発生する。

表-1 好気性分解物と嫌気性分解物

好気的最终分解産物	→ 分解前 →	嫌気的不完全分解産物
二酸化炭素 水 硝酸イオン 硫酸イオン	有機物	メタン 硫化水素 アミン、アミド、アミド酸類 アミン酸、アミド酸、アミド酸類、アミド酸類、アミド酸類 アミン酸、アミド酸、アミド酸類、アミド酸類、アミド酸類

一方、地下調節池では図2に示すように日光の遮断、流入水の流入停止によって河川水や植物プランクトンからの酸素の供給が絶たれ、嫌気性状態にな

り、水質に対して様々な影響を与える不完全分解産物が生成されることとなる。

地上調節池と地下調節池の水質環境を制限する主な環境条件を表2に示す。

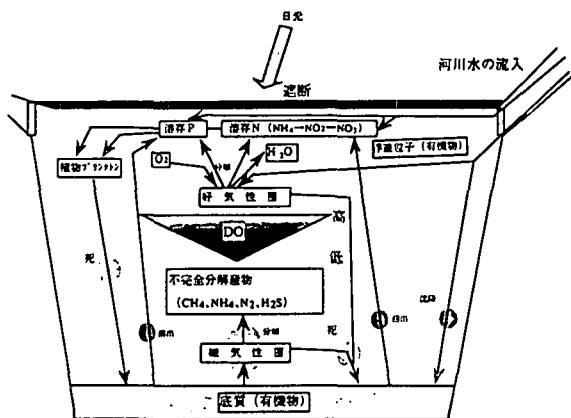


図-2 物質循環模式図(地下調節池)

表-2 水質環境を制限する主な環境条件

環境条件	一般的な内容	地上貯水池	地下貯水池
温度	生物が生育可能な温度の範囲内では、一般に高温の方が生物活性が高い。	季節変動がある	恒温
光	光をエネルギー源とする光合成微生物(植物、藻類等)にとって重要な条件である。	有	無
酸素	好気的条件下では水が浄化されるが、嫌気的条件下では水が腐敗することがいわれている。	大気とのガス交換により充分な酸素供給がある(一好気性)	大気とのガス交換が少ない。光合成による酸素供給がない。呼吸・分解による酸素の減少(一嫌気性)
流動性	水の流動によって、水中に酸素が供給され、生物と有機物が接触する回数が増えることにより、有機物分解が促進される。また、水の流動によってSS分が沈降しにくくなる。したがって、水の流動があると、全層で有機物(低濃度)が分解されるが、流動が少ないと底層で有機物(高濃度)が分解されることになる。	季節による鉛直方向の流動がある。河川からの流入・流出がある。(一好気性)	恒温状態であるので、温度差による流動が少ない。(一嫌気性)
流入水質	季節及び水量による流入水質の差によって、培養中の水質が変化する可能性がある。	河川水質の影響を受ける。底質からの供給がある。	同左

4. 地下調節池の貯留水の水質変化

地下調節池の貯留水の水質変化は、G放水路、K調節池、K導水路、W遊水池、都市における地下空間貯留施設で実験・観測が行われており、各実験の結果と考察を表3に整理する。

「G放水路運用計画」では、貯留水の95%を占める上澄水は浮遊物が沈降除去されるため清浄になり、逆に残りの底層水は浮遊物の沈降により水質が悪化する傾向になるため、底層水は水処理により、放流基準以下にして河川放流する計画としている。

又、現在実験中の室内実験では、底水槽の沈殿物から、若干の硫化水素とメタンガスが検出されている。

「K地下調節池基本計画」でも同様に、上澄水は日数が経つにつれて良好になっていた。

「都市における雨水の地下空間貯留施設の例」によると、貯留中の腐敗を防止するため、常時循環させたり、砂ろ過や貯留槽で塩素滅菌する等の処理が施されている。

「K導水の室内実験」では、15℃でDOが減少

する結果がみられた。

「W遊水池の室内実験」では、初期の流入有機物の量が多いと底層では還元状態となり、上層のDOが減少したままであることが明らかとなった。

以上の結果、洪水後速やかに貯留水を排水する場合には地下トンネルの上層部を放流し、底層部については水処理して排水する必要がある。

水処理方法としては、ろ過による砂分の除去並びにDO対策としてのエアレーションが考えられる。

表-3 実験結果の事例と結果の考察

調査場所	実験内容	結果及び考察
G 放水路	洪水後の放水路管内の残留水質の断面を水質予測モデルを用いて行った。	上層（管底1m以上の層）と下層（管底1m以下の層）に分けて予測を行っている。 SS、BODについては、上層では洪水流入終了後から河川への放流が可能であるが、下層については、それぞれ高濃度であるため処理が必要であると考えられる。 DOについては、上層では下層に比べ減少が少なく原則としてそのまま放流できるが、どちらも放流時に曝気を考慮する必要がある。
K地下調節池	K地下調節池建設工事の基本計画調査において、流入水の水質及び底層部の懸濁水の経時変化を室内実験によって調べた。	上澄み水の水質は、日数が経つにつれて良好になり、貯留後6日目には環境基準（河川におけるD類型）を満足していた。 底層部の懸濁水については、嫌気状態になり悪化しており環境基準（河川におけるD類型）と比較すると、BOD、CODで基準を満たしていなかった。
K導水路	K導水路事業において、導水の停止期間中に滞留水のDOが温度条件の違いどのように変化するかを室内実験で調べた。実験はCODの異なる試験水について、15℃及び25℃の条件で行った。	初期CODが高い側の試験水は、DOは減少し約15日目には0mg/lに近い状態となったが、初期CODが低い側の試験水ではDOは漸減している程度であった。したがって、初期水質（COD）が悪い場合はDOが減少することがわかった。 温度条件の違いによる結果は、25℃の方が15℃に比べて早い時期にDOが減少し始めた。したがって、水温が15℃より25℃の方が水質の悪化が早く起きることがわかった。
W川 [実験A]	W川の河川水を地下貯水池に貯留した場合、貯留水質がどう変化するかを室内実験によって調べた。 [実験A] 河川水を試験水とし、15℃（現場地温）・暗条件で培養を行った。培養は、3ヶ月後まで行った。 [実験B] 河川水と採水地点の泥を混合させ、SSが100mg/l、1000mg/lと相当の試験水を作成し、河川水のみを試験水と併せて3条件で培養を行った。底層部の懸濁水についても分析を行った。他の条件は実験Aと同様とした。	結果 [実験A] DOに変化は見られなかった。COD、BODは減少した。したがって、水質の悪化はみられず良好な状態であった。 [実験B] DOは各試験水ともに一層減少し、その後河川水のみの場合とSSが100mg/l相当の試験水については2ヶ月後より増加したが、SSが1000mg/l相当の試験水については、0mg/l近くまで減少したままであった。底層部の懸濁水については、1000mg/lの試験水で還元状態になった。 以上のことより以下のことがわかった。 ①W川の水質は、時期によって異なる。 ②初期のSS濃度によってDOの変化が異なる。 ③初期のSS濃度について、約200～約2500mg/lの間のある濃度以上では、上層のDOが0mg/l近くになり、沈殿物が還元状態になることが考えられた。

5. 維持管理施設の内容と規模

地下河川の維持管理施設として必要となる施設は、排水施設、排泥施設、水処理施設、換気施設、洗浄施設、昇降施設、点検・監視・補修のための施設等がある。

これらの施設の持つべき機能と施設規模の決定方法について以下に述べる。

1) 排水施設

排水施設の目的は、①貯留水のDOの低下を極力抑えて放流先へ排水すること、②点検・監視時にト

ンネル内に人が入るようにすることが考えられる。

排水施設の規模は、貯留水の水質実験を行い排水先への影響が少ない状態での時間内に可能な限り排水する施設規模とすることが望ましい。

放流先が洪水後水質が回復している場合には、排水先の排水基準を達成して排水する必要がある。

現在、計画されている地下調節池では洪水後24時間以内に排水されるものが多い。

一方、排水施設規模は、高揚程ポンプとなるため立坑の施設規模にも影響される。

2) 排泥・泥水処理施設

地下河川の残留水は、上澄水のみ排水ポンプにより取り除くため、地下河川内に泥水が溜まることとなる。このため排泥施設が必要になる。

泥水は、排水ポンプにより排水するが、比重が重い上トンネル内の流れが緩やかなため、ポンプの排水範囲が限定される。このため、ポンプ排泥+泥水の集積作業が必要となる。

排泥施設は、地下河川の流れ特性、上部の敷地の状況等を考慮して設定する必要があるが、一般的には、下流ほど泥水が溜まりやすいことを考慮して下流端に設ける。

排泥施設規模は、残留堆積土量、洗浄水量、排泥時間によって設定される。残留堆積土量は、流入洪水の沈降実験によって推定される沈降土量から判断し、洗浄水量は、土砂量の10～15倍程度（押し流すことができる泥水の比重から水量を算定する。）とし、排泥時間は、排泥量とポンプ規模の関係から、立坑内にポンプが配置でき管理上支障にならない時間を設定する。G放水路では2日程度（16時間）を想定している。

泥水処理施設は、排水先の水質が正常に戻っているため処理して排水する必要がある。処理内容としては、①脱水処理（SS除去）、②バッキ処理（DOの回復）、③滅菌処理（大腸菌対策）が必要であり、更に周辺へ臭いが影響しないような対策が必要となる。

3) 換気設備

(1) 換気の必要性

①可燃性ガスの発生可能性があるため爆発の危険性がある。

②放水路内に作業員が入る場合は、酸素欠乏を防止するために空気を送る必要がある。（酸素欠乏症等防止規則 第5条の遵守）

③施設の周辺環境に対する悪臭の配慮が必要である。

④作業車の原動機がエンジンの場合では、不完全燃焼のおそれがある。

地下河川は、大深度に建設されるため自然換気は望めない。従って、作業員の安全衛生を確保するために機械強制換気を行う必要がある。

(2) 換気の必要性の前提条件

洪水時の河川水が流入し、SS（浮遊物質）が溜まる。有機物が含まれている場合、嫌気性分解により有害ガスが発生する可能性がある。また、嫌気性分解に至る前の分解では、放水路内の酸素を消費す

るために放水路内は酸素欠乏になる恐れがある。

換気ファンの空気は、立坑が深く、立坑上部に隙間が存在するため地下河川まで届かない場合も予想される。

地下河川延長区間に給気ファンのみを設置する場合、風は上下流の片方に偏流し、換気できない箇所があるので恐れがある。また、換気の空気と放水路内の空気に温度差が生じ、上部か底部の片方のみの換気になる恐れがある。

(3) 換気基準の整理

各企業体の換気基準は、以下の通りとなる。

表-4 各企業体の換気基準

基準名
共同溝設計指針（社）日本道路協会 風速 2 m/s 以下 30 min に 1 回換気
（社）日本トンネル技術協会 200 m ³ /min（作業箇所のみ） ：トンネル工事の安全のため
道路管理施設等設計指針（案） 建設省建設経済局 （付）トンネル換気設備非常用施設 点検整備標準要領（案） 風速 2 m/s 以下 30 min に 1 回換気
下水道施設設計指針及び解説 （社）日本下水道協会 3～5 回/h
名古屋市の基準（地下鉄） 0.5 m ³ /m ² min
帝都高速度交通営団（地下鉄） （建築基準） 30.0 m ³ /m ² h = 0.5 m ³ /m ² min
建設業労働災害防止協会「ずい道工事等における換気」より風速 1.0 m/s を採用 （メタンのレーコわす場合）
建設業労働災害防止協会「ずい道工事等における換気」より風速 0.5 m/s を採用 （メタンレー逆流起こさない場合）
建設業労働災害防止協会「ずい道工事等における換気」より風速 0.3 m/s を採用 注）建設業労働災害防止協会「ずい道工事等における換気」の換気風量は、換気ダクトを換気地点まで配管する必要がある。

地下河川に必要となる換気量は、点検・補修が主であり、トンネルの工事に使用する最低の換気風量で良いと判断すれば、建設業労働災害防止協会「ずい道工事等における換気」より風速 0.3 m/s が最も小さい風量となる。

地下河川の流入水質と貯留水から発生するであろうガス量を検討して設定する必要がある。

(4) 発生ガス量の算定

発生ガス量は、流入洪水の水質試験からガス発生量の原単位を求め、沈殿物の推定により全体の発生量を求める方法と予想される沈殿物の有機物含有量を求め、有機質分が全て嫌気性分解をするものとし

てガス発生量を求める方法があるが、後者の場合には多くのガス発生量となるため換気設備の規模が大きくなる傾向がある。従って、できるだけ水質実験を行って実体に則したガス発生量を求め、換気設備規模を設定する方が望ましい。

発生ガスの成分内訳は、メタンガス (CH_4) : 65%、二酸化炭素 (CO_2) : 33%、硫化水素・アンモニア・その他 : 2% と推定される。

この内、メタンが1カ所に集中し、濃度5～15%に達すると爆発の危険性があるため、計器観測により、危険を排除する必要がある。

(5) 換気的方式

地下河川の換気の目的は、新鮮な空気を地下河川内に給気することである。

表-5 換気の種類

自然換気	トンネルの立坑と立坑の口の空気の温度差と空気平均比重量の差により生じる大気通風を利用し、換気を行う方式であるが、安全性を考慮すると採用し難い。
強制換気	第1種機械換気 送風機によって外気をトンネル内に送風するとともに、トンネル内の汚染空気を排風機によって排出する方法。
	第2種機械換気 トンネル内の適当な位置に排気口を設け、外気は送風側に換気ファンによって送入し、排気は排気口から押し出す方式ある。
	第3種機械換気 トンネル内の適当な位置に給気口を設け、トンネル内の空気を排風機によって排出し、外気は給気口から自然に流入させる方式

以上の換気方法について比較検討を行い、経済性、運用面、安全性等の観点から機械換気の種類を設定する。

(6) 換気ダクト

立坑から給気を行う場合、地下河川の底に向かって換気空気が流れずに立坑上部の隙間から漏れる恐れがあるため、換気ダクトを立坑底まで設備し、放水路の上下流に向かって噴き出させることを考慮する必要がある。

(7) 臭気の希釈

地下河川内の溜まった泥は、定期点検時の洗浄まで硫化水素等のガスを放出し続ける。従って、周囲環境のため洗浄を行うまで換気による希釈が必要である。

このためには、臭気的环境基準を守り発生臭気を希釈して放出する必要がある。

4) 洗浄設備

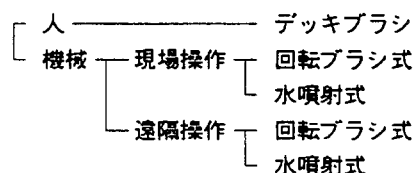
(1) 洗浄の必要性

- ① トンネルのひび割れを確実に発見するには、付着した泥を取り除かねばならない。
- ② 泥を全て取り除くまで臭気は発生し続ける。
- ③ 地下河川の粗度を一定に保つ必要がある。

(2) 洗浄方法について

トンネル覆工を傷つけずに、確実に迅速に泥を除去できる洗浄方法を示す。

表-6 洗浄方法



人が行う場合は、機械で洗浄しきれない時に行う。(ひび割れの細かい洗浄等) 機械による現場操作は、遠隔操作でできなかった汚れを洗浄する。通常の洗浄は、機械による遠隔操作でおこなう方が望ましい。

(3) 洗浄場所

a. 地下河川

地下河川天井部と側面は、点検作業で汚れの程度を計測して洗浄場所を決める。インバート部は、泥の残留が多いと予想できるため点検前に必ず全て洗浄する。

b. 立坑ウエットエリア

立坑ウエットエリアは、点検作業で汚れの程度を計測して洗浄場所を決める。

(4) 洗浄水量の検討

洗浄水量を設定するにあたり、以下の3事例が参考となる。

7. 日本道路公団設計要領

トンネル側壁洗浄作業は、トンネル洗浄方法により異なるが、一般的には約15 リットル/mの水を使用している。標準のトンネル側壁高さは3.8mであり、1m²当り 3.9 リットルとなる。従って、水膜は3.9 mmとなる。

4. メーカーヒアリング(トンネル洗浄車メーカー)
トンネルの幅3m×長さ1500mを2300リットルで洗浄している。1m²当りでは、0.5リットル/m²となる。よって、水膜は0.5mmとなる。ただし、この水量は、清掃の際に埃を立てないために散水するものである。

7. 必要量としてカーワッシャー程度と考えた場合
乗用車の洗浄水量は約130リットル/台になる。乗用車の洗浄面積を15m²を使用すると、洗浄水は9リットル/m²程度となる。

(5) 洗浄水の導水方法

洗浄水タンクから洗浄作業車へ洗浄水を導水する方法を検討する。1日に1000mを洗浄することとすると、トンネル内径10mでは290m³以上の水量を地下河川内に導水する必要がある。これを、タンク車で1度に運搬することは不可能である。よって、常設配管等の設備が必要となる。トンネル径によって異なる。

5) 搬出入設備

点検・監視・補修を行うためには、大深度の地下河川に作業員、特殊車両(ロボット)、機材等を搬出入する必要がある。

6. 点検・監視・補修

1) 点検の種類

①通常点検

周辺環境の変化の目視点検および計器類による点検。

②定期点検

基本的には徒歩による目視を主体とするが、変状が発見された際には簡単な点検器具等により詳細に観察する。(1年に1回 定期点検を実施)

③異常時点検

通常点検により異常が発見された場合に実施する点検を言う。点検の実施内容や方法は、定期点検に準ずる。

④臨時点検

地震、トンネル内の事故災害等の発生した場合に行う。点検の実施内容や方法は、定期点検に準ずる。

⑤詳細調査

定期点検及び臨時点検の結果より更に詳細な点検が必要と認められた場合に排水状態で行う。(その都度の補修の前に行う。)

2) 点検の内容

①通常点検

・地表の陥没、崩壊等、・地震力、地震の規模、

・トンネルおよび立坑の長期の挙動、・水路内温度
・立坑の位置、天端高の変化

②定期点検等

・目視によるひびわれ箇所の確認(ロボット利用)
・ひびわれ幅、長さ等、・コンクリートの劣化、
・漏水量の測定、・断面変状、・縦断変状

③詳細調査

・ひびわれの進行、・ひびわれ深さ、・コンクリート破壊検査、・コンクリートの中性化

3) 点検頻度の考え方

点検は、トンネル構造が破損しないように保全することが目的であり、トンネルに何らかの作用が、年間にどの程度起こるかによって頻度が決まる。

4) 点検方法

①通常点検

・地上の目視観測、・計器による地震観測、・計器による長期の挙動観測、・水路内温度測定、・立坑の地表からの測量

②定期点検等(ロボット併用)

・目視観測(立坑内、トンネル内及び地上)、・ひびわれ計、・スケール、ノギス、・シュミットハンマー、・漏水量の測定、・管内測量(定点)、・内空変位測定、・テレビカメラ

③詳細調査(ロボット併用)

・モルタルバット、・打音検査、・非破壊検査、
・コアボーリング、・テレビカメラ

5) 定期点検の方法と手順

ここでは、定期点検(異常時点検、臨時点検も含む)の方法と手順について述べる。なお、通常点検は地上からの目視であり、特に検討は要さないと考えられる。また、詳細調査は個々の調査により、その都度方法と手順を検討するのが望ましい。

図3に定期点検の方法と手順を示す。

6) 点検時の判定方法と判定基準案

点検結果から監視の必要性を判断し、点検・監視結果から原因推定及び補修・補強方法を選定するが、選定できない場合には詳細調査を行い、技術者の判断により、補修・補強の要否や方法について判定し、必要に応じて補修・補強を行い、その後検査・確認を行う流れとなる。

この判断を行うための判定基準は、地下河川の設計時の許容応力度によって異なるが、予め判定基準を作成しておくことが望ましい。表7に判定基準案の一例を示す。

定期点検（異常時点検、臨時点検も含む）の手順

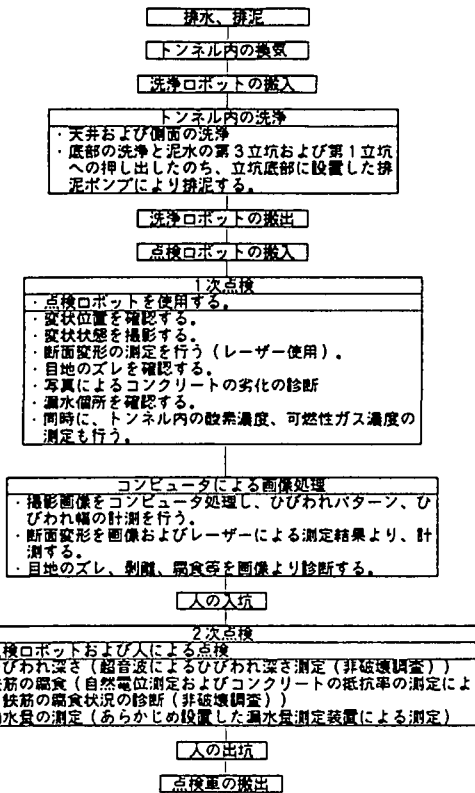


図-3 定期点検の手順

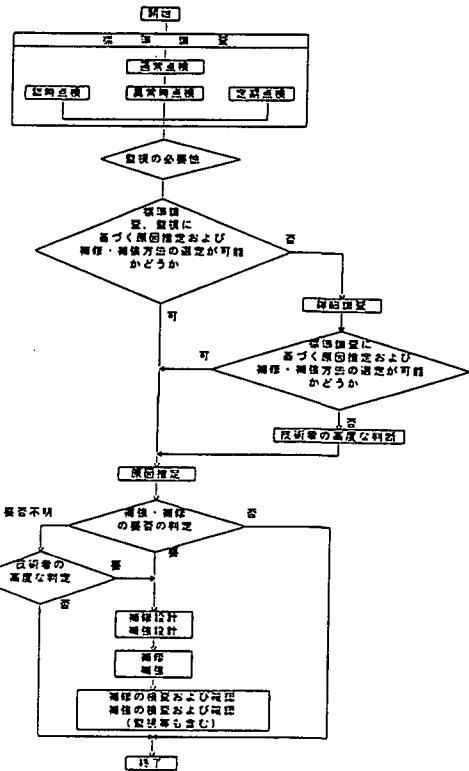


図-4 点検から補修・補強までの流れ

表-7 判定基準案

変位ランク	ランクに対応する数値等				措置
	ひび割れ幅限度 (mm)	漏水、湧水 (電圧力(μ))	断面内変形速度 (変形/断面距離 (μ))	腐食の程度 (腐食/断面距離)	
A 変位が低下する恐れのあるもの	0.4 mm以上	漏水量の増加により断山を流す おそれのあるもの。また、 第3者に影響が大きいと判断さ れるもの。	1.0 mm/年	経年断山欠損している	ただちに措置
B 日常は低下しないが、地盤等で 低下する恐れのあるもの。また、 建設時強度の2/3程度以上劣 化		漏水量が増加し、漏水量が過水 量の1/4程度あるもの、または は想定されるもの。	3～1.0 mm/年	劣化、または浮腫発生	早急に措置
C 建設時強度の1/3程度以上低下 し、または、材質劣化の進行 性のゆるやかなもの	0.4 mm以下 0.1 mm以上	過去にAランクであり、所増加 のもの。 湧水量が1カ所 20 l/min 以上 で砂層を通過しているもの。	1～3 mm/年	経年全体に浮腫発生	測定調査を実施し、改善計画を 策定
D 変位の材質劣化の急激な進行 おそれのないもの		漏水の増加はないが、過去にA ランクであったもの。 湧水量が1カ所 20 l/min 以上 のもの。	1 mm/年未満	点状、または局部的 に浮腫発生	必要に応じて調査調査を実施
E 材質の劣化が軽微で進行する おそれのないもの	0.1 mm以下	上記以外のもの	上記以外のもの	発現していない	定期点検を継続
F 劣化の認められないもの					

ひびわれ幅判定条件：①中境 ②「きびしい」

きびしい：悪い側にさらされたり既設構造物を受けたりする場合

(悪い側と外排水路のように高水圧の水に接する状況と同等と見た。また、現況河道では、年10回から15回程度外排水路に洪水が流入するため、既設構造物を劣化状態であると見た)

③その他の要因：「中」

その他の要因：ひびわれは、パターン、かぶり厚、コンクリート断面形状の有無、材料・配合、打ち置きなどを考慮して、設定される。本設計段階では不明点もあるため、

「中」：4 cmから7 cm

7) 監視

監視は、点検により変状を確認したが、補修する
にはいたらなかった場合や補修を行った場合に行う。

監視内容は、ひび割れ幅、ひび割れ長さを監視す
る。監視方法は、①計器による監視、②定期点検の
回数増加、③定期点検時の点検内容の増加等が考え
られる。

8) 補修

補修に当たっては、調査、原因推定及び補修の要
否の判定に基づいて、補修の目的の最も適した工法
を用いる。

補修に際しては、補修設計を行い適切な補修材料、
補修工法、補修時期を選定する。ひび割れの補修方
法としては、①表面処理工法、②注入工法、③充填
工法、④その他の工法があり、補修材料としては、
①樹脂系材料、②セメント系材料がある。

補修後は、検査を行うと同時に補修効果の確認も
行う必要がある。

9) 補強方法

ひび割れの発生によって耐力が低下したコンクリ
ート構造物の補強に当たっては、補強の目的に最も
適した工法を用いる。

まず、補強設計を行い補強方法、補強材料を選定
し、断面及び部材の設計を行う。補強部材の耐力の
算定は材料の力学特性に基づいて適切な方法で行う
と同時に荷重条件についても適切に定める。

補強工法としては、①鋼板接着工法、②プレスト
レッシング工法、③断面の増加工法、④部材の増設
工法、⑤その他の工法がある。

補強材料としては、①鋼材、②樹脂系材料、③セ
メント系材料がある。

補修と同様に補強後も検査と効果の確認が必要で
ある。

7 まとめ

流入する洪水の水質特性からそれに基づく維持管
理施設の計画、更に地下河川の点検・監視・補修ま
でを記述した。

今後、地下河川の維持管理計画を行う上で留意す
べき点を以下に整理する。

①流入する洪水の水質は維持管理計画を行う上で
重要な項目であり、十分な調査と実験を行い水
質特性を把握する。

②特にガスが発生するかどうかは施設の建設費に
大きく関わるため十分調査すべきであろう。

③維持管理施設規模は、機能面ばかりでなく立坑
という限られたスペースの中で設定する必要が
あり、設備の形状や構造を十分認識して計画す
べきである。

④大深度、大口径の地下河川は、維持管理する上
でロボット化、自動計測等最新の計測機器を採
り入れることが必要であり、今後の技術開発に
期するところが大きい。

参考資料

- 建設省河川局都市河川室監修：都市河川計画の
手引き、財）国土開発技術研究センター、p. 106、
1993年
- 土木学会 『水理公式集』 昭和60年版
- トンネルと地下 Vol. 15, NO. 5 国鉄におけるトンネルの
維持と保守 原田康朗
1990, 10 トンネル補強・補修マニュアル 鉄道総合技術
研究所
NO. 1293 トンネル変状の傾向 (2) 鉄道技
術研究 吉川恵也・他
Vol. 16, NO. 12 取替標準の解説
(5) 鉄道土木
白井慶治
- トンネルと地下 1990, 10 道路トンネルの緊急点検
と今後の維持管理
土木工学社
猪熊明
- 維持管理要領 1985, 9 日本道路公団
(点検編)
1985, 3 点検の手引き
日本道路公団
- 持管理要領 1981, 4 日本道路公団
(清掃編)
- トンネルと地下 1984, 5 施設保守業務に関する
作業基準
日本道路公団
1990 トンネル補強・補修マニュアル 鉄道総合技術研究所
データーベースとエキスパートシ
ステム
河田・朝倉