豊川用水伊良湖サイホンの漏水対応について

○宇都宮　淳[1]・ 西川　修[2] ・ 鵜沢　勝英[3]

概要：

豊川用水は宇連ダム、大島ダム等を水源として、延長約 136km の幹線水路及び約 550km の支線水路によって、愛知、静岡両県に農業用水、水道用水及び工業用水を供給する重要施設であるが、全面通水開始から既に 40 年以上が経過し、施設の老朽化が進んでいる。

そのような状況の中、平成 25 年 9 月 26 日及び 10 月 3 日に東部幹線水路の末端に位置する伊良湖サイホンにおいて 2 件の漏水が発生した。この漏水を受けて、豊川用水総合事業部田原支所では、早急な通水再開を目指して応急復旧工事を実施するとともに、工事中の僅かな空水期間を利用して、普段は確認することができないサイホンのコア式プレストレストコンクリート管（以下、「PC 管」という。）内部の調査を行うことで、サイホンの劣化状況を確認し、調査結果を復旧後の通水管理の見直しに役立てることとした。

本稿は、今回の漏水対応にて実施した応急復旧工事、PC 管調査及び、復旧後の通水管理方法について報告するものである。

キーワード：伊良湖サイホン、漏水対応、PC 管調査、通水管理

1.　はじめに

豊川用水では大規模地震対策として、伊良湖サイホンを改築するにあたり、併設水路を先行して施工する計画となっており、東部幹線併設水路伊良湖工区工事を実施している。また、伊良湖サイホンに近接する初立池の耐震補強工事についても同時に実施している。

この初立池耐震補強工事の実施にあたり、初立池の水位を低下させるため、伊良湖サイホンの流量調整を実施したところ、平成 25 年 9 月 26 日及び 10 月 3 日に 2 件の漏水が発生した。

本稿では、今回の漏水対応にて実施した応急復旧工事、PC 管調査及び、復旧後の通水管理方法について報告する。

2.　対象施設

2.1　施設の概要

伊良湖サイホンの位置を**図-1** に示す。伊良湖サイホンは東西分水工より約 73.3km、豊川用水東部幹線水路の伊良湖チェックから初立池の間に位置する延長約 2.6km のサイホンである。管は主にφ1100mm の PC 管からなり、昭和 43 年の通水開始から 45 年が経過している。

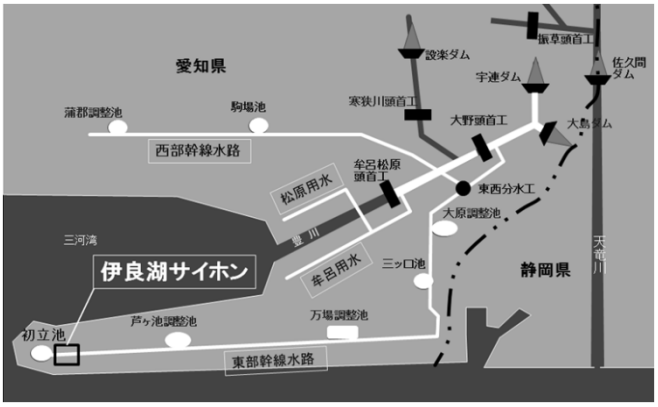

図-1　豊川用水伊良湖サイホン位置

2.2　PC 管について

伊良湖サイホンにおいて使用されている PC 管は、**図-2** のとおり、コアコンクリート、コアコンクリートにプレストレスを与える PC 鋼線、PC 鋼線を保護するカバーコートより構成される管である。コアコンクリートの円周方向及び縦断方向に配置された PC 鋼線により、管内部か

1. 豊川用水総合事業部　田原支所　工事課
2. 両筑平野用水総合事業所　所長
（前　豊川用水総合事業部　田原支所長）
3. 豊川用水総合事業部　田原支所　工事課長

らの水圧や、外圧により管体に生じる引張応力に対抗するものであるが、何らかの原因によりこのPC鋼線が破断した場合、外力への抵抗性が著しく低下する特徴がある。また、管の接合部の止水は、ゴムリングにより確保される構造となっており、このゴムの経年劣化、永久歪みの発生等により、継手部からの漏水事故が多いという特徴もある。

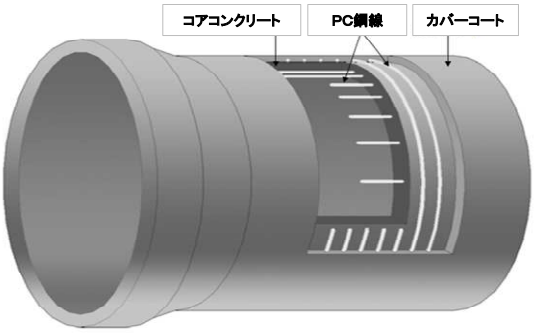

図-2　PC管の構造 [1)]

3.　漏水への対応について

3.1　漏水の概要

平成25年9月26日および10月3日に伊良湖サイホンにおいて発生した漏水位置を**図-3**に示す。

最初の漏水発生後に現地を確認したところ、サイホン路線上の水田周辺部が冠水していることが確認された。サイホンを空水にした後に管内の状況を確認したところ、**写真-1**のとおり管底部に縦断方向90cm、横断方向80cmにわたり、2 箇所の穴が開いていることが確認された。漏水確認後、直ちに東部幹線併設水路伊良湖工区工事の受注者に応急復旧工事の実施について協議し、並行して浸水箇所の地権者への謝罪と応急復旧工事施工の了承確認、利水者（豊川総合用水土地改良区、田原市土地改良区）への協力をお願いし、復旧作業を実施した。

漏水の復旧作業を完了し、管内の充水作業を行っていた10月3日に、別の場所で新たな漏水が確認された。再度サイホン管内を空水とし、漏水箇所付近を確認したところ、継手部1箇所(目地の開き20mm)において漏水していることが確認され、内面バンドによる補修を実施した。

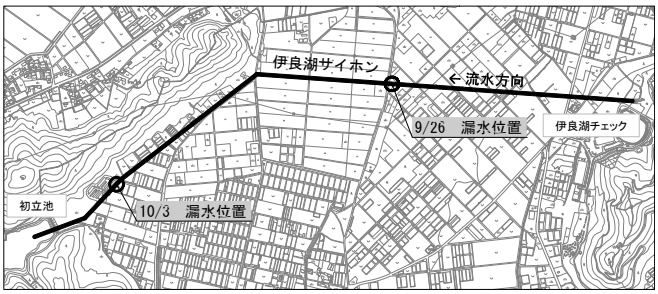

図-3　伊良湖サイホン漏水発生位置図

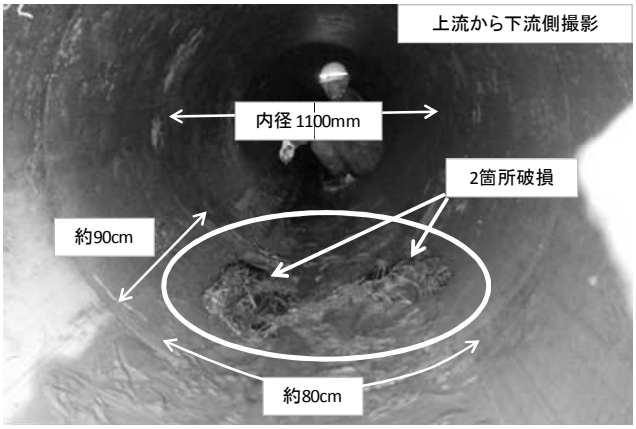

写真-1　漏水箇所の状況（9月26日漏水箇所）

3.2　漏水への対応方針

今回の漏水に対し、豊川用水総合事業部田原支所では下記の通り対応することとした。漏水への対応フローを**図-4**に示す。

通常の管水路の漏水対応では、通水を停止させた上で、応急復旧工事を実施して、通水を再開させることとなる。しかし、伊良湖サイホンは、周辺地域に農業用水を常時供給し、水を止めることができない施設であることから、今回の漏水対応では、別途水源を確保した上でサイホン管内を空水とし、応急復旧工事と並行して、限られた時間の中でサイホンのPC管調査を実施した。この調査により、サイホンの劣化状況を把握し、今回の事故原因の特定と、今後の伊良湖サイホンの通水管理方法の見直しに役立てることとした。

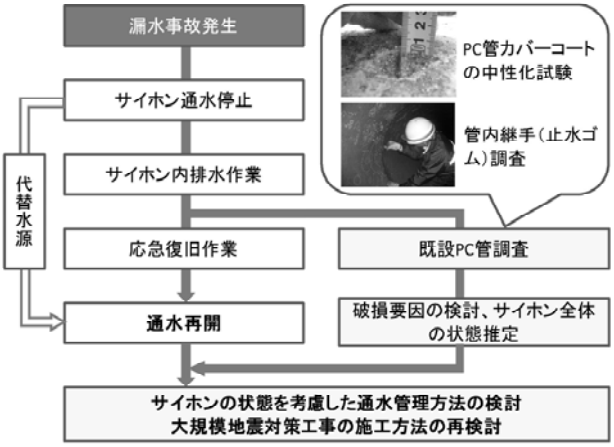

図-4　漏水対応フロー

4.　応急復旧工事

4.1　平成25年9月26日漏水箇所

管体全体が劣化・破損していた状況を踏まえ、**図-5**に示すとおり、破損管の前後の管の内面を愛知用水総合管理所に備蓄（以下、「備蓄資材」という。）されているス

テンレス巻管（t=2.5㎜）により管内面を補強することとし、破損管自体は、管を切断して設けた挿入口よりステンレス製内挿鋼管（t=8㎜）を挿入し、それぞれの管の継目をステンレス製内面バンド（備蓄資材）で固定した。

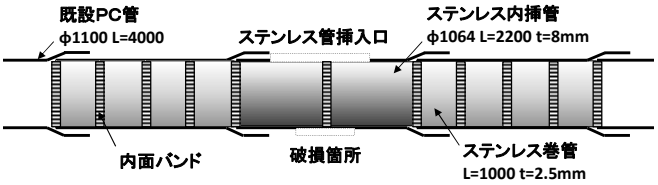

図-5　応急復旧工事概要（9 月 26 日漏水箇所）

4.2　平成 25 年 10 月 3 日漏水箇所

管内を空水にして漏水箇所を確認したところ、管体自体には損傷が確認されなかったことから、前後の PC 管を含めた継手部 3 箇所について、ステンレス製内面バンド（備蓄資材）により、補修を実施した。

5.　PC 管調査

5.1　調査概要

前述のとおり、伊良湖サイホンは農業用水を常時供給し、水を止められない施設であるため、サイホンの劣化状況を把握できていない状態であった。そのため、漏水の応急復旧工事と並行し、工事の妨げとならない範囲で PC 管内の調査を実施することとした。限られた時間で、職員が直営で実施可能な調査として、破損管の外観調査、破損管のカバーコートの劣化状況を把握する中性化試験及び、破損管前後の約 340m の区間の管の継手ゴムの変状（ゴムの位置）を確認する継手部調査を実施した。

5.2　調査結果

実施した調査結果のうち、外観調査結果とカバーコートの中性化試験の結果を示す。継手部調査については、今回実施した範囲では異常が確認されなかったことから、結果については省略することとする。

5.2.1　外観調査結果

破損した PC 管の外面を確認したところ、カバーコートの薄肉化により、管の側面部では PC 鋼線が露出している状況であった。PC 鋼線については何カ所も破断した状況であり、調査の結果、腐食により鋼線の径が細くなっている部分が複数カ所で確認された。なお、同じ管のカバーコートでも、管上部と下部で劣化状態が異なっており、下部の方は手を触れただけでモルタルが崩れ落ちるなど、劣化がより著しい状況であった。

なお、管の埋設条件を把握するため、9 月 26 日の漏水位置近くで過去に実施されていたボーリング調査結果を調べたところ、地表面から 1.4m のサイホン管中心部付近に地下水面が存在することが確認された。また、伊良湖サイホンのほぼ全線についても、地盤調査結果より管が地下水に接している環境となっていることを確認した。

5.2.2　カバーコートの中性化試験結果

漏水した PC 管を応急復旧のため切断した後、**写真-5** に示す切断面において、フェノールフタレイン溶液の散布による中性化深さの測定を行った。カバーコートの中性化試験の結果を**表-1** に示す。

各測点において、標準的なカバーコート厚 20～25㎜に対し、8～11㎜ とカバーコートの薄肉化が確認され、さらに中性化の進行により、健全カバーコート厚が 0～6㎜ とかなり薄くなっていることが確認された。特に管底部の劣化が顕著であり、健全なカバーコートが全く残っていない状態であった。

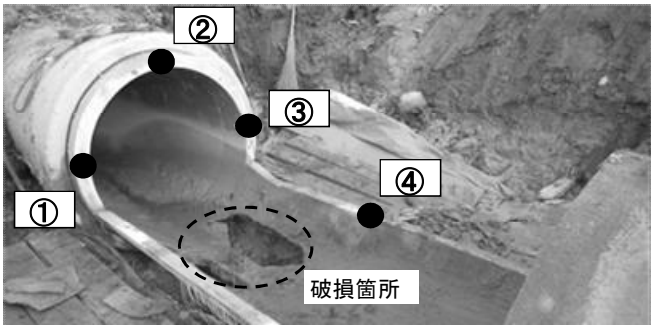

写真-5　中性化試験位置

表-1　カバーコート中性化試験結果

測点	残存カバーコート厚（㎜）	中性化深さ（㎜）	健全カバーコート厚（㎜）
①	11	5	6
②	9	7	2
③	10	4	6
④	8	8	0

※健全カバーコート厚＝残存カバーコート厚－中性化深さ

5.3　PC 管破損原因の考察

水資源機構が策定した「PC 管本体の劣化に関する調査・診断マニュアル(案)」では、PC 管の漏水の要因の一つとして、カバーコートが地下水や土壌の侵食性因子により中性化・薄肉化することにより PC 鋼線が発錆・破断し、管本体が内外圧に耐えられなくなり、管本体が破損するとしている。[1)]

1 回目の漏水管のカバーコートの薄肉化については、ちょうど管の地下水位以下の部分の劣化が著しいことからも、主に地下水が原因と考えられる。カバーコートモ

ルタルの薄肉化によりPC鋼線の腐食が進行した結果､PC鋼線が破断し、管体が水圧に耐えきれずに破損し、大規模出水に至ったと考えられる。

2 回目の漏水については、継手部からの漏水であったが、1 回目の漏水後の充水作業時に水圧がかかることにより、止水ゴムのずれ等の変状が拡大し、漏水が発生したと考えられる。なお、この漏水箇所は充水前に実施した継手部調査の調査範囲外であったため、事前に異常を確認することができなかった。

伊良湖サイホンの大部分が今回、1 回目に漏水した部分と同様に地下水に接して埋設されていることから、サイホン全体にわたり劣化が進んでいることが想定され、今後他の部分においても管の破損による漏水が発生するおそれがある。

6. 復旧後の通水管理方法の見直し

今回の調査結果等により、伊良湖サイホン全体で PC 管の劣化が進行しているおそれがあることが確認された。2 回の漏水とこの調査結果を受けて、現在進めている豊川用水の大規模地震対策事業において伊良湖サイホン全線の改築が完了するまでは､老朽化したPC管の管内水圧が一定以上に上昇しないよう通水管理方法の見直しを行うこととした。具体的な対策について**図-6** に示す。

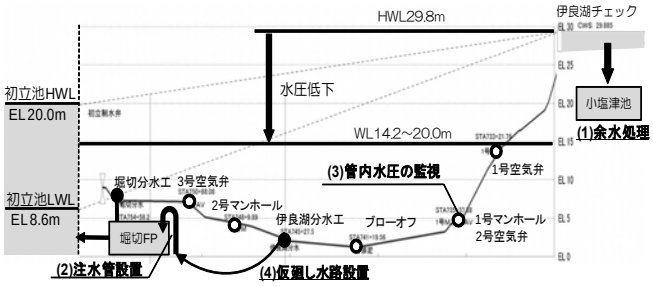

図-6 伊良湖サイホン通水管理概要(見直し後)

(1)余水処理

伊良湖サイホン上流の流量変動に対しては、余水をサイホン上流にある小塩津池へ流入させ、伊良湖サイホンへは一定流量を通水する。

(2)注水管設置

受益地の需要変動に対して水圧を上昇させ過ぎないよう、サイホン下流部に WL14.2m（堀切分水工必要水位に相当）までの立上管を設置し、一定の水位以上の水を堀切ファームポンドへ注水する。

(3)管内水圧の監視

管内水圧を把握するため、携帯端末やパソコン上で水圧を常時確認できる簡易的な遠方監視設備を設置する。

(4)仮廻し水路の設置

現在進めている併設水路設置工事について、当初はサイホンに通水した状態での施工を予定していたが、併設水路工事近接区間(一部区間)を空水にした状態での施工に変更するため、仮廻し水路を設置する。

上記の対策により､老朽化したPC管への負担を低減させることとした。

7. まとめ

豊川用水伊良湖サイホンにおいて平成25年9月26日と10月3日に相次いで発生した漏水に対し､応急復旧工事として、管体が破損した1回目の漏水に対してはステンレス製内挿鋼管による補修を行い、継手部からの漏水であった2回目の漏水に対しては内面バンドによる継手部の補修を行った。

応急復旧工事と並行して実施したPC管調査の結果､通水から45年が経過したPC管の劣化は著しく、今回漏水した以外の場所においても PC 管の破損による同様の漏水が発生するおそれがあることが確認された。

このため、通水再開後、通水管理方法を見直し、サイホン内圧をこれまでより低く管理することとし、サイホンと近接（最寄り 5m）して施工している併設水路設置工事については、サイホンを空水とした上で実施することとした。これらの対策により、伊良湖サイホン全線の改築が完了するまで､老朽化したPC管への負担を低減させることとした。

8. おわりに

本稿で紹介した漏水対策と通水管理方法の見直しにより、通水再開後新たな漏水は発生していない。今後もサイホン内の水圧を過度に変動させないきめ細かな通水管理を継続しつつ、サイホンの改築工事を進捗させ、周辺地域へ安定的に水を供給する使命を果たしていきたい。

なお、今回の漏水対応にあたり、田原市、豊川総合用水土地改良区、田原市土地改良区をはじめとする関係機関の皆様、地権者の皆様には多大なるご協力をいただきましたことに感謝し、御礼申し上げます。

参考文献

1) PC管本体の劣化に関する調査・診断マニュアル(案)【平成24 年度版】 独立行政法人水資源機構、2013.2