

シリア・アラブ共和国
ダマスカス導水トンネル改修計画
予備調査報告書

平成 16 年 9 月
(2004 年)

独立行政法人国際協力機構
無償資金協力部

無償

JR

04-168

シリア・アラブ共和国
ダマスカス導水トンネル改修計画
予備調査報告書

平成 16 年 9 月
(2004 年)

独立行政法人国際協力機構
無償資金協力部

序 文

日本国政府は、シリア・アラブ共和国政府の要請に基づき、同国のダマスカス導水トンネル改修計画に係る予備調査を行うことを決定し、独立行政法人国際協力機構は平成16年6月より7月まで予備調査団を現地に派遣しました。

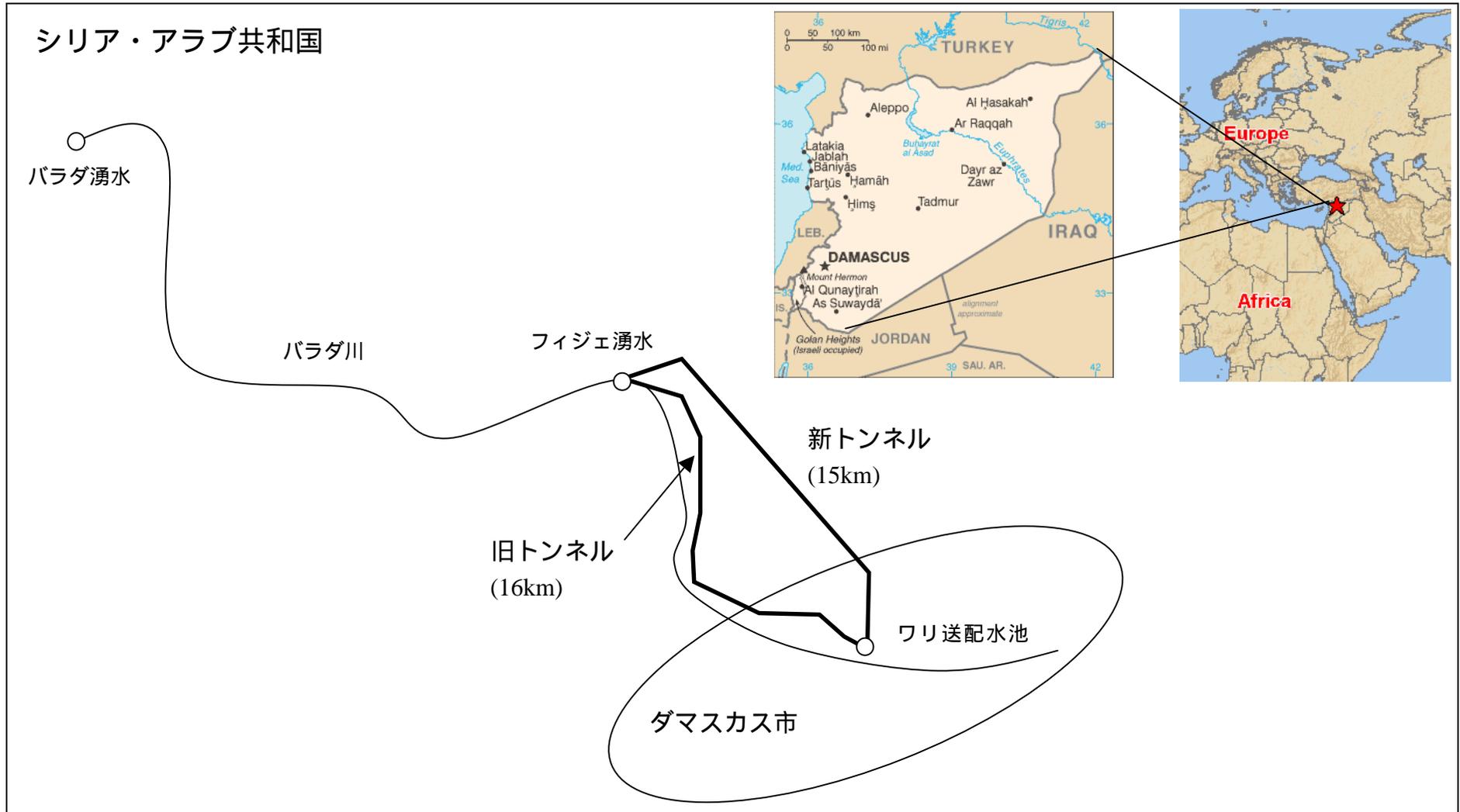
この報告書が、今後予定される基本設計調査の実施、その他関係者の参考として活用されれば幸いです。

終わりに、調査にご協力とご支援をいただいた関係各位に対し、心より感謝申し上げます。

平成16年9月

独立行政法人国際協力機構
理事 松井 靖夫

計画対象位置図





ダマスカス市街地。人口は約 150 万人。ダマスカス市上下水道公社（DAWSSA）は周辺部を含め約 258 万人に給水している。



DAWSSA本部。職員数約1,600名。年間予算規模約26億円。日本の協力実績は、開発調査1件、無償資金協力2件、専門家2名、シニアボランティア1名。



フィジェ湧水。年間給水量約 2 億 m^3 の約 8 割をまかなうダマスカスの主水源。全量が新旧 2 本の導水トンネルを通して市内に導かれる。



旧トンネル。1925 年から 29 年にかけて建設された延長 16km の送水トンネル。標準的な断面は幅 1.36m、高さ 1.88m。



旧トンネルのひび割れ。入口からの距離（TD）10,599m。ひび割れ補修が必要。



旧トンネルにおける木の根の侵入。入口からの距離（TD）8,849m。根の太さ 1.5cm。根の除去と侵入防止対策が必要。



旧トンネルのコンクリート剥落、鉄筋露出。入口からの距離 (TD) 1,557mの天端。鉄筋の腐食は著しく、補強材としての機能は失われている。劣化の主要原因は施工不良によるかぶり不足と推定され、断面修復が必要。



旧トンネルの補修材腐食状況。入口からの距離 (TD) 9,930m。60年代末の補修で入れた直径10cmの円形鋼材の表面が腐食している。モルタルに剥離・剥落が生じているが、本体のコンクリートに変状はなく、鋼材の錆の除去と防錆剤の塗布で対処可能。



旧トンネルの地表部。入口からの距離 (TD) 1,670 m。矩形断面の天端が地表に露出している (赤丸で示した部分)。土被りは1mほどしかなく、この部分の断面修復は地表からの工事も可能。



旧トンネルのゲート No.20 入口。入口からの距離 (TD) 8,380m。このように途中から出入りできるゲートが設けられている。



旧トンネルの水路橋 No.3。入口からの距離 (TD) 10,731? 10,794m。このような水路橋が旧トンネルには4ヶ所ある。水路橋 No.3 付近には新トンネルからの連絡管が接続しており、地中海沿岸からの送水もここにつながる予定。



水路橋 No.3 の下面の劣化状況。1960年代に施工したコンクリートで、鉄筋の露出を伴う剥落や浮きが多く見られるため、補修が必要。要請書ではこの箇所を繊維シートで補強するとしていたが、そこまでの対策は不要と思われる。



旧トンネルの終点付近の地表状況。TD15,600m。この付近は道路の下を通っており周辺にはビルや住宅も多いため、基本設計調査において電磁波レーダー探査による空洞調査が必要。写真中央の緑色の標識はトンネルの距離標。



新トンネル。1980年に建設された延長15kmの送水トンネル。標準的な断面は内径2.55mの円形。水面下になる部分には茶色い物質が薄く付着しており、藻類と思われる。



新トンネルの距離標とコンクリートの剥落。入口からの距離(TD)1,100m。全線にこのような距離標が設置されている。



新トンネルのコンクリート剥落状況。入口からの距離(TD)3,136m。粘土状の茶色い物質が介在しており、施工不良(材料の低品質、高い水セメント比、異物の混入)が原因と思われる。



新トンネルのひび割れ。入口からの距離(TD)9,575m。ひび割れ補修が必要。



新トンネルにおける外部からの湧出水。入口からの距離(TD)3,850m。9リットル/分の湧出量で、水温は17.5(トンネル内の流水は13.2)。水圧が低く量も少ないが、降雨のある冬に再調査が必要。

図表一覧

表 - 2.1	我が国の協力実績	2-4
表 - 3.1	旧トンネル 基本諸元	3-4
3.2	計画地域地質層序	3-9
3.3	旧トンネル 過去の点検結果	3-13
3.4	変状の種類と調査内容	3-18
3.5	旧トンネル 診断結果	3-20
3.6	旧トンネル 経過地の地質状況	3-36
3.7	新トンネル 基本諸元	3-39
3.8	新トンネル 過去の点検結果	3-43
3.9	新トンネル 診断結果	3-44
3.10	新トンネル 経過地の地質状況	3-58
3.11	旧トンネル 調査結果と補修方法案	3-63
3.12	新トンネル 調査結果と補修方法案	3-64
4.1	代替案比較	4-1
図 - 3.1	送水トンネル 平面	3-2
3.2	旧トンネル 縦断	3-3
3.3	計画地点地質平面および地質断面図	3-7
3.4	旧トンネル 上部半円下部矩形断面区間 標準断面	3-10
3.5	旧トンネル 矩形断面区間 標準断面	3-10
3.6	旧トンネル よう壁と押さえ盛土による補強区間 横断面	3-15
3.7	旧トンネル 押さえ盛土による補強区間 横断面	3-15
3.8	旧トンネル 鋼管による補強区間 断面	3-16
3.9	旧トンネル 調査結果 総合展開図 (11-1 ~ 11)	3-25
3.10	新トンネル 縦断	3-40
3.11	新トンネル 標準断面	3-41
3.12	新トンネル 調査結果 総合展開図 (10-1 ~ 10)	3-47
写真 - 3.1	旧トンネル 開削工法区間の施工状況	3-11
3.2	旧トンネル No.5 作業坑上流の開削工法区間における盛土の状況	3-11
3.3	旧トンネル No.37 作業坑(TD.15,745m)付近の施工状況	3-11
3.4	旧トンネル 配筋区間覆工コンクリートの施工状況	3-11
3.5	旧トンネル 無筋区間覆工コンクリートの施工状況	3-11
3.6	旧トンネル 鋼管による補強区間の施工状況 (その1)	3-16
3.7	旧トンネル 鋼管による補強区間の施工状況 (その2)	3-16

略語一覧

- BHN : Basic Human Needs、ベーシックヒューマンニーズ
- DAWSSA : Damascus Water Supply and Sewerage Authority、ダマスカス市上下水道公社
- DMA : District Meter Area、配水ブロック
- GNP : Gross National Product、国民総生産
- JICA : Japan International Cooperation Agency、独立行政法人国際協力機構
- MOHC : Ministry of Housing and Construction、住宅・建設省
- TBM : Tunnel Boring Machine、トンネルボーリングマシーン
- TD. : Total Distance、始点からの累計距離
- UFW : Unaccounted for Water、不明水
- UNDP : United Nations Development Programme、国連開発計画

目 次

序文

計画対象位置図

写真

図表一覧

略語一覧

目次

第1章	調査の概要	1-1
1 - 1	調査の背景・経緯	1-1
1 - 2	調査の目的	1-1
1 - 3	当初要請内容	1-2
1 - 4	調査結果概要	1-2
第2章	ダマスカスにおける水道事業の現況	2-1
2 - 1	水道事業の概要	2-1
2 - 2	水道整備計画・水資源開発計画	2-2
2 - 3	他ドナーの援助動向	2-3
2 - 4	我が国の協力実績	2-3
2 - 5	ダマスカス水道事業における送水トンネルの位置付けと将来計画	2-4
第3章	送水トンネルの現況	3-1
3 - 1	旧トンネルの概要	3-1
3 - 2	旧トンネルの維持管理履歴	3-12
3 - 3	旧トンネルの診断結果	3-18
3 - 4	新トンネルの概要	3-39
3 - 5	新トンネルの維持管理履歴	3-42
3 - 6	新トンネルの診断結果	3-42
3 - 7	シリアにおけるトンネル点検、改修の技術水準	3-61
3 - 8	送水トンネルの現状と問題点	3-61
第4章	我が国の協力の可能性	4-1
4 - 1	要請内容の妥当性	4-1
4 - 2	無償資金協力実施の妥当性	4-1
4 - 3	協力の基本方針	4-2
4 - 4	基本設計調査の内容	4-3

[資料]

- 1 . 調査団構成
- 2 . 調査行程
- 3 . 関係者（面会者）リスト
- 4 . 討議議事録（M/D）
- 5 . 収集資料・参考資料リスト

第1章 調査の概要

1 - 1 調査の背景・経緯

シリア・アラブ共和国(以下シリア国)は地中海東岸に位置し、国土の大半が乾燥気候に属する。面積は 18.5 万 km²、人口は 1,600 万人(2000 年)で、農業、鉱工業、サービス業のバランスの取れた経済構造となっており、一人当たりの GNP は 1,049 ドル(2000 年)である。

首都ダマスカス市は人口約 150 万人(周辺部を含めた首都圏では約 300 万人)を擁する、同国の政治・経済・文化の中心地である。同市の水道事業は、住宅・建設省傘下のダマスカス市上下水道公社(DAWSSA)が担っており、2001 年の配水量は 1.61 億 m³となっている。水道水源は市近郊の 2ヶ所の湧水(フィジェ、バラダ)と市内の井戸が主なものであり、このうち主力水源となっている湧水の水は、2本の送水トンネル(旧トンネル及び新トンネル)を經由して市内のワリ送配水池まで導かれ、市内に配水されている。旧トンネルは 1925 年から 29 年にかけて建設された延長 16km、幅 1.36m、高さ 1.88m の馬蹄形のトンネルである。竣工後 80 年近くが経過し、トンネル内面のコンクリートの剥離や鉄筋の腐食、クラックからの漏水、周辺岩盤の浸食などが生じている。また、新トンネルは 1980 年建設、延長 15km、内径 2.55m の円形トンネルであり、施工継目部分において漏水やコンクリートと岩盤の間の空隙が見られる。トンネル覆工背面の空洞やコンクリートの劣化により構造物としての耐久性が低下していることが懸念されるほか、旧トンネルの漏水率は 47%に達するという測定データもある。また、湧水地点において塩素消毒された水はトンネルを經由した後そのまま市内に配水されており、現状でもトンネル通過中の残留塩素量の低下が見られる。今後損傷が拡大した場合、水道水質に与える影響も懸念される。

2本の送水トンネルはダマスカス市の水道システムにとって極めて重要なライフラインであり、適切な修復を行ってその機能を維持していくことが求められている。そのためシリア国政府は、送水トンネルの損傷箇所を改修するための計画を作成し、その実施につき 2003 年 7 月、日本国政府に要請してきたものである。

なお、本調査は「ダマスカス導水トンネル改修計画」という名称で実施されたが、調査の結果トンネルの担っている機能は導水機能ではなく送水機能である¹ことが明らかとなったため、以後本報告書では「送水トンネル」と表記することとする。

1 - 2 調査の目的

本件については、送水機能維持のための代替案を広く検討するとともに、トンネルの劣化状況を確認し、既存トンネルの改修という要請内容の妥当性の確認及び基本設計調査における調査項目の整理を行う必要があると判断されるため、予備調査を実施することとした。

¹ 浄水処理を行う前の原水を取水施設(水源)から浄水施設まで輸送することを「導水」と呼び、浄水処理を行った後の水道水を浄水施設から配水池まで輸送することを「送水」と呼ぶ。ダマスカス市の水道事業ではフィジェの湧水において塩素注入による消毒処理を行い、その後トンネルを經由した水は直接配水池に入るため、トンネルの機能は「送水」となる。

1 - 3 当初要請内容

旧トンネルのリハビリ 3,341m (全長 16,200m)

新トンネルのリハビリ 4,690m (全長 15,000m)

1 - 4 調査結果概要

調査の結果、予備調査団は新旧2本のトンネルの改修によって送水機能を維持するという本要請のアプローチは妥当であると判断し、引き続き基本設計調査段階に進むことを日本側関係者に対して提案した。

両トンネルとも全体としては状態が健全であり、今後も使用していくことが可能である。部分的に覆工コンクリートの損傷が認められるため、送水トンネルがダマスカスの水道事業において果たしている決定的に重要な役割を考慮すると、引き続き長期にわたってその機能を維持していきけるよう、適切な補修を行う意義が認められる。経済性、施工性を考慮すると早期に補修を行うことが望ましい。改修の目的は低下した品質を補修によって回復し、延命を図ることとなり、改修の方法については要請内容よりも簡易な方法を採用し、作業量についても削減することが検討可能である。

(1) ダマスカス市の水道計画における送水トンネルの位置づけ (討議議事録附属書7-1)

1) 送水トンネルの現在の位置づけ

送水トンネルは、ダマスカス市北西部にあるフィジェ湧水及びバラダ水源(地下水)の水をダマスカス市内のワリ送配水池まで送水する唯一のルートとなっている。両水源の産出量はダマスカス市水道の全水源量の8割以上を占めており、新旧送水トンネルの果たしている役割は極めて大きい。また、両トンネルには途中に分岐があり、トンネル近辺のダマスカス郊外地区²に給水している。これらの地区は住宅開発が進められ、人口増加の著しいエリアである。

2) 送水トンネルの将来の役割

ダマスカス市の水道事業は水源の大半を季節変動の大きな湧水に頼っており、湧水量が減少する秋から冬にかけては、十分な水源が確保できていない。特に渇水年においては厳しい給水制限を余儀なくされている。そのため DAWSSA は新たな水源として、ダマスカス西方の国境地帯における地下水開発³、及び地中海沿岸流域からの送水⁴を計画している。このうち、前者についてはその全量が送水トンネルを経由する計画であり、後者については一部の水量が途中から送水トンネルを経由する計画になっている。よって、これらの新規水源も送水トンネルを利用することになることから、トンネルの役割は将来にわたって低下することはない。

トンネルを経由する流量は、フィジェの湧水量によって大きな変動があるものの、通水能力 14.8 m³/秒に対し 2003 年の実績では最低流量が約 4m³/秒、最大流量が約 8m³/秒となっている。DAWSSA は地中海沿岸からの送水が実現したとしてもコストが極めて高いため、フィジェの湧水量が減少する時期にのみ限定的に使用するとしており、フィジェ湧水の豊水年や湧出量の多い時期(春

² Judayde、Kudsaya、Hame、Jemarya、Dummar、Special Area zone 等の地区

³ 地下水開発計画の一部は日本の無償資金協力「ダマスカス市水道水源拡張計画」として基本設計調査を実施中。

⁴ 地中海沿岸流域からの送水計画は現在調査・設計が行われており、DAWSSA は 2011 年頃の完成を目指すとしている。第 1 期が 2020 年、第 2 期が 2040 年を目標年次として計画されており、送水量はそれぞれ 12m³/秒、24m³/秒である。

～夏)については、引き続き同湧水が主要水源として使用される。よって、地中海沿岸送水実現後もトンネルを経由する流量が減少するということはなく、むしろ現在でも時期を限ればフィジェ湧水の産出量に余力があることを考えると、今後の人口増に伴って流量が逡増していくと考えられる。

3) 水道水質及び水量への影響

トンネルの劣化が水質悪化や漏水などの問題を生じているかどうかについても調査を行った。

水質についてはトンネル通過中の顕著な悪化は見られず、残留塩素量も基準を満たす濃度が確保されていることが確認された。DAWSSAは冬季になると降雨があるためトンネル内への地下水湧出量が増え、水質が悪化する可能性がある」と述べていることから、基本設計調査において再度確認する必要がある。

また、新トンネルの漏水量は無視できるほどの量である。旧トンネルについては4割以上の漏水があるというデータがDAWSSAによって示されているが、今回の目視調査の結果からは、そのような大量の漏水が生じるような亀裂や損傷は見当たらなかったため、基本設計調査においてより詳細な調査が必要である。旧トンネルをいくつかの区間に区切って水収支を把握し、どの区間において漏水が生じているのか分析することが考えられる。

4) まとめ

以上より、現時点において水質悪化や漏水など水道事業への悪影響がトンネルの劣化によってもたらされているとは結論できないが、将来にわたって両トンネルの機能を維持していくことはダマスカス市の水道事業にとって決定的に重要であることから、適切な補修を行って延命を図ることの必要性は大きい。

(2) 要請内容の妥当性(討議議事録附属書7-2、Annex-5)

送水機能を維持するための代替案比較を行った結果、既存のトンネルは比較的状态がよく、補修も局所的なもので済むことから、費用対効果及び技術的な観点に照らして既存トンネルの改修を行うとする本要請のアプローチは妥当であると判断される。

(3) トンネル劣化の現状と優先箇所(討議議事録附属書7-3、Annex-6、Annex-7)

1) トンネル劣化状況の概要

予備調査団は両トンネルの目視調査、打音調査、トンネル内への湧出水量の測定、コンクリート中性化試験等を行い、劣化状況を確認した。その結果は、討議議事録のAnnex-6及び7に添付した。

トンネルの劣化状況としては、コンクリートの剥離・剥落、ひび割れ、鉄筋の露出・腐食、植物の根の侵入、補強用鋼材の表面腐食、外部からの地下水の湧出などが見られた。これらの損傷に対しては、これ以上進行しないよう早期に適切な補修を行う必要性が認められる。また、上述のとおり将来トンネルを通る流量が増加する可能性が高く、その場合補修のために通水を止められる時間の制約が厳しくなり、作業効率が低下することになることから、現時点で補修を行っておくことが費用対効果の観点からも望ましい。地山からの応力によると見られる変形など、トンネルの構造そのものに重大な影響を与えるような損傷は見られなかった。劣化は巻き立てコンクリート自体の品

質低下であり、その原因は旧トンネルの場合は経年劣化と過去の補修⁵の施工不良、新トンネルの場合は建設時のコンクリートの品質不良であると推定された。このことから、対策としては補強まで行う必要はなく、補修のレベルでよいと考えられる。

具体的には以下のような方法が想定される。

- ・ コンクリートの剥離、剥落、鉄筋の露出等が見られる箇所における断面修復⁶
- ・ 植物の根の侵入が見られる箇所における根の除去と侵入防止策
- ・ 亀裂が見られる箇所におけるひび割れ補修
- ・ トンネル上部に道路、住宅がある箇所におけるグラウト注入⁷による空洞対策

要請には新トンネルに関して外部から内部に水が湧出している箇所におけるチェックバルブ（逆止弁）⁸の設置が含まれていたが、調査の結果水圧が低く湧出量も少ないため損傷が大きく広がる恐れは小さく、緊急に設置する必要性は認められなかった。

また、要請には旧トンネルの逆サイホン部⁹の改修が含まれており、DAWSSAの説明によると1964年に敷設されたアスベストセメント管の接続部から漏水している可能性があるため、管の内側から補修をしてほしいとのことであった。この箇所については、抜水する時間がとれなかったこと及び軍の敷地内であることから、今回は調査ができなかった。漏水の有無や補修の必要性、施工工法等については、基本設計調査において確認、検討する必要がある。

要請に含まれている錆びたゲートの交換については、旧トンネルに14箇所設置されているゲートのうち、12箇所についての交換であることを確認したが、ゲートの状態についてはトンネル内からの視察に止まり、操作室、操作機構部分等の詳しい調査はできなかった。DAWSSAの説明によると地中海沿岸流域からの送水が実現すると流量が増え、途中からトンネルに合流するため、ゲート操作による流量のコントロールや逆流の防止が必要になるとのことである。この理由であれば緊急性に乏しいと思われ、基本設計調査段階において対象からはずすことを考慮しつつ必要性を再確認するべきである。

旧トンネルは完成後80年近く経過しており補修の必要性は認められるものの、トンネルの構造全体としては比較的健全である。この理由としては、以下のとおり立地条件、使用条件が良好であることが挙げられる。

- ・ 地山がしっかりしており、断層の動きや地滑りといった外力が働かない。地震は1759年にダマスカス西方を震源とするものが観測されているのみであり、トンネル完成後は発生していない。
- ・ 土被りの浅いところが多く、上には土砂が載っている状態であるため、天端付近に空洞ができていても上部から岩が落下して覆工を傷めるといったことがない。
- ・ 乾燥地帯にあり、しかも地下水位より高いところを通過しており、周囲からの水圧や湧出水の影響がほとんどない。（今回の調査で湧出水が観察されたのは新トンネルのみ）

⁵ 1960年代末に補修がなされている。

⁶ 旧トンネルにおいては腐食した鉄筋を除去し、新たな補強材を入れてコンクリートを打ち直す。新トンネルは覆工が無筋コンクリートであるため、品質の低下したコンクリートの打ち直しを行う。旧トンネルの土被りの浅い箇所においては地表面から天端部分を修復することが可能であり、FRPライニングを行うことも選択肢となる。工法は経済性や施工性を検討した上で選択される。

⁷ セメントと水を混合した液体を注入する工法

⁸ トンネル外部から内部への水は通すが内部の水が外部に漏れることのないような構造の弁

⁹ トンネルを4本の管路に分岐させU字型に埋設して深い谷を越えている箇所

- ・ 水質の良好な湧水が流れているため、砂礫が混入して覆工を削るといったことがない。
- ・ 海岸から遠く塩害がない。また、年間を通じてほぼ一定水温の湧水が流れており、温度や湿度の変化が小さい。

以上の条件は今後とも変わることはないため、旧トンネルも適切な補修を行って引き続き使用していくことが、費用対効果の観点から妥当な選択肢であると考えられる。

2) 新旧2本のトンネルを補修する必要性

両トンネルともそれぞれ分岐を持っており周辺地区への給水を行っていること、維持管理作業時に一方の通水を停止した際にもう一方が存在することにより断水等の市民生活への影響を最低限に抑えることができることから、2本の送水トンネルを両方とも維持していくことが望ましい。トンネルの状況も、比較的健全であり、適切な補修を行うことによって十分延命を図ることができる。一方、局所的には両トンネルとも補修を必要とする箇所があり、両方を対象としても規模が過大になるとは考えにくいから、2本のトンネルの双方を協力の対象とすることが妥当である。

3) 優先箇所

調査結果に基づき、優先的に補修を行うべきであると思われる箇所について、位置、劣化状況、地形・地質、想定される補修方法をまとめ、討議議事録の Annex-6(旧トンネル)及び Annex-7(新トンネル)として添付した。この結果に対するシリア側の同意が得られたため、両 Annex において補修が必要と判断された箇所を抽出し、Annex-3(シリア側からの要請内容)として添付した。基本設計調査における詳細調査及び補修対象箇所の選定に際しては、この予備調査の結果をベースとし、Annex-3を出発点とすることが望ましい。

4) 施工計画

施工計画を検討する際には、送水トンネルを通過した水がそのまま市民に配水されているため、工事による断水を最小限に抑えるとともに、補修材料から有害物質が溶け出すことのないような工法を選択する必要がある。

施工計画の慎重な立案が必要ではあるものの、概ね2期分け、1期目旧トンネル工事、2期目新トンネル工事で計画可能であると思われる。

(4) 基本設計調査の概要(討議議事録附属書7-4)

基本設計調査が行われる場合、その主な調査項目は以下のとおりと想定される。

- ・ 既存のデータ及び予備調査の結果に基づき、詳細調査を行う区間を決定する。
- ・ 詳細調査を行い、劣化の原因をより正確に把握する。
- ・ 補修方法を検討する。
- ・ 施工計画を立案する。
- ・ 概算事業費を積算する。

また、現時点で想定される主な詳細調査の内容は以下のとおりである。

- ・ 旧トンネルの漏水量と漏水区間を正確に見積もるための水収支調査
- ・ トンネル内部への湧出水量の季節変化の把握(雨期の状況を調査し、乾期の予備調査結果と比較)

- ・ 空洞の存在箇所を把握しグラウト注入量を見積もるための電磁波レーダー探査とボーリング
- ・ コンクリートはつり部分（劣化しているため打ちかえる部分）の範囲を見積もるためのコンクリート強度試験
- ・ 修復箇所の断面形状の測定
- ・ 旧トンネルのサイホン部についての状況把握と対策の必要性の検討

DAWSSA 側が非破壊検査を要望しているとの事前情報があったため、いくつかの手法とその目的、適用可能性、コスト等について説明した。本件に関しては、トンネルの覆工背面に空洞が生じ陥没事故が発生した場合に影響が大きい道路及び住宅の下を通過している箇所において、空洞の有無、位置及び大きさを概略把握するために、電磁波レーダー探査が適用可能である。

（５）技術支援の必要性（討議議事録附属書 7 - 5）

トンネルの点検と記録整備、簡単な補修については DAWSSA 自身でできることが望ましく、技術支援の必要が認められる。

シリア国内にはトンネル自体がほとんどなく、トンネルの点検や維持管理ができる民間企業も存在しないとのことである。DAWSSA は外国企業に依頼して送水トンネルの点検、補修を行っており、DAWSSA 自身も点検を行っているが、点検記録の取り方が不十分であり、より体系的な記録整備が必要である。また、劣化は早期に補修する方が経済的であるため、簡単な補修については DAWSSA 自身でできることが望ましい。DAWSSA 自身もこの分野における技術力の向上やマニュアル整備の必要性を認識している。よって、以下のような項目において技術支援の必要が認められる。

- ・ 定期的な点検を行い、適切な項目を網羅した正確な記録をつける。
- ・ 点検の結果発見された劣化をどのように補修するか検討する。（優先度の高い箇所を抽出する。）
- ・ 軽微な補修については自力で行う。

（６）広報効果（討議議事録附属書 7 - 6）

送水トンネルは地下構造物であり市民の目に触れることがないが、日本の協力を効果的にアピールする工夫を行うことを DAWSSA に依頼した。DAWSSA 側からは、テレビ番組の作成や表示板の設置が可能であるという説明があった。

既往の案件では、「ダマスカス市内配水管改修計画」において市内各所に表示板を設置した例がある。

（７）予備調査の位置づけの確認（討議議事録附属書 7 - 7）

本予備調査団は要請の妥当性を検討するための情報収集を目的としており、実施についてコミットすることはできない旨を説明し、シリア側の理解を得た。

第2章 ダマスカスにおける水道事業の現況

2-1 水道事業の概要

ダマスカス市は、地中海東岸からレバノン山脈とアンチ・レバノン山脈を経て約 100km 内陸に位置している。ダマスカス観測地気象データの過去 30 年平均値によると、11 月頃から 3 月頃が雨季で、月平均降水量は 23 から 37mm であり、その他の月は乾季で 6 月から 9 月までほとんど雨が降らない気象である。年平均降水量は 183mm となっている。

ダマスカス市の水源は、アンチ・レバノン山麓のバラダ (Barada) 地下水とフィジェ (Fijeh) 湧水、及び市内の深井戸群から成っている。

バラダ地下水とフィジェ湧水は、市中心部から北西方向にそれぞれ直線距離で約 30km、15km に位置している。バラダ地下水からの原水はフィジェまで導水され、フィジェ湧水からの水と合流する。フィジェ湧水から市内のワリ (Wali) 送配水池までは、新旧 2 本のトンネルにより送水されている。ワリ送配水池からは、東西各地区にある配水池や給水区域へ自然流下またはポンプ圧送にて送配水されている。塩素消毒はフィジェのトンネル入口において行われている。またダマスカス市内に深井戸群が水源として整備されており、揚水された地下水は各配水ポンプ場 (Production Center) で塩素消毒され配水管網に入る。

フィジェ湧水は水質が良く、自然流下で市内まで送水できるので、揚水のために動力を必要とする他の水源 (バラダ地下水や市内の深井戸) に優先して利用されている。気象条件 (豊水年や渇水年) により水源利用の優先順位は次のとおりである。

第一位：フィジェ湧水の自然に湧出する水

第二位：バラダ地下水

第三位：フィジェ湧水のポンプ揚水 (湧水の水位が低下した場合にポンプを稼働させる)

第四位：市内の深井戸群

ダマスカス市の水道事業は、住宅・建設省 (Ministry of Construction, MOHC) 大臣が議長を務める理事会を組織の頂点とする、ダマスカス市上下水道公社 (Damascus Water Supply and Sewerage Authority, DAWSSA) により経営 (水源開発、施設建設、運転、維持管理、料金徴収、等) されている。

水道事業の基本指標は以下のとおりである。

- 現在人口：2.8 百万人 (国勢調査は 1994 年に実施されたが、その後は行われていない。水道や電気の契約件数を基に DAWSSA が算出したもの)
- 現在給水人口：2.58 百万人 (現在人口の 92%)
- 現在給水地域：ダマスカス市行政区域内全域及びバラダ川沿いの村々
- 水道契約件数：330,000 件 (2002 年)
- 年間生産水量：170 百万 m^3 / 年 (2002 年、466,000 m^3 / 日)
- 年間需要水量：232 百万 m^3 / 年 (2002 年、636,000 m^3 / 日、不明水 (UFW) を含む)
- 年間不足水量：62 百万 m^3 / 年 (2002 年、170,000 m^3 / 日)
- DAWSSA 職員数：1,600 人 (2002 年)
- 契約件数千件当り職員数：4.8 人 / 千件 (2002 年、東南アジア 50 都市平均は 11.8 人)

2 - 2 水道整備計画・水資源開発計画

ダマスカス市の水道事業に関しては、日本の開発調査「ダマスカス市給水システム改善拡充計画調査」(1996~97年)が実施されており、これによって2015年を目標年次とする基本計画(マスタープラン)が作成されている。同基本計画では、4つの基本方針の下で、改善計画と拡充計画を策定している。その概略は以下のとおりである。

基本方針

- 1) 既存水道施設の不明水(UFW)量の減少
- 2) 既存水源の最大限の利用
- 3) DAWSSA 水利権外の水資源について、水利用の再配分を考慮する
- 4) 上位計画であるダマスカス市都市計画との一致

改善計画

- 1) 給水設備改善計画(配水本管の取替え、量水計の取替え、量水計試験及び修理施設の改善)
- 2) 漏水削減対策(配水ブロック(DMA)の設定、圧力調整、マスターメータの改善、漏水調査の強化)
- 3) 水質・取水設備改善計画(水質試験設備の改善、市内井戸の揚水・送水ポンプの改善)

拡充計画

- 1) 無許可居住地域水道整備計画
- 2) 水源開発計画

基本計画は DAWSSA によって実行に移されており、我が国も無償資金協力、専門家派遣、シニアボランティア派遣、研修員受入によって、特に漏水削減対策を中心に DAWSSA の取り組みを支援してきている。その結果、漏水対策の効果は着実に発現されており、DAWSSA の給水量統計によると2003年は給水制限のない豊水年であったにも拘らず給水量はピーク時(1999年)の約8割に止まっている。この給水量は8年前の1995年のレベルであり、人口増による需要の増加が漏水対策による節減で相殺された形となっている。

また、DAWSSA は現在ドイツのコンサルタント Lahmeyer に委託して、上記基本計画の見直しを行っている(2-3参照)。

ダマスカス市の水道水源を確保するために漏水対策以外に行われている水資源開発計画としては、大きく分けて4つのプロジェクトが進行している。

- 1) ダマスカス市内の井戸群の整備
- 2) ハラモン(あるいはヘルモン)帯水層開発計画
- 3) 地中海沿岸流域からの送水計画
- 4) ユーフラテス川からの送水計画

1)はダマスカス帯水層と呼ばれる市内の地下水を開発し、フィジェ湧水の湧出量が減少する時期の水源に充てようとする計画であり、散在する複数の井戸群が開発されている。

2)はダマスカス西方のレバノン国境に近い地域において地下水を開発しようとするもので、開発計画水量は125,000 m³/日を予定している。このうち、ヤブース(Yaboos)、マーダルII(Maadar II)及びデイル・アル・アシャエール(Deir Al Ashayer)の3地区で55,000 m³/日の新規水源を開発する計画が、日本の無償資金協力「ダマスカス市水道水源拡張計画」として調査中である。DAWSSAによると、ヤブース及びマーダルII地区については井戸の工事が進行中であり、デイル・アル・アシャエール地区については、住民の合意を得て、測量に入る段階であるとのことである。ま

た、レバノン側の湧水や地下水位への影響については、ダマスカス大学に委託して調査を行う意向を有している。上記3地区の水源からの水は、バラダ地下水とフィジェを結ぶ既存の導水管に接続される計画となっており、フィジェからダマスカス市までは新旧トンネルを経由することとなる。

3)と4)については、ドナーの支援を得て現在調査中である(2-3参照)。

2-3 他ドナーの援助動向

(1) Studies and Design of Works Concerning Rehabilitation and Expansion of the Water Supply System in Damascus City and its Surroundings

DAWSSAは、2040年を見通した2020年の需要に見合う将来の水道給水計画を策定中である。本計画は、クウェートファンドを資金源とし、ドイツのコンサルタントLahmeyer社と契約して作成中である。内容は、ダマスカス市とその近郊の配水管網施設を対象に、リハビリテーション及び拡張を実施し、別途に開発を予定している新規水源をより効果的に利用する方法を策定するものである。2004年3月にProject Primary Report(Concept)の第2回目のドラフトが作成された。その後Feasibility Study、実施設計、入札図書作成へと進み、2004年10月の調査完了を目指している。

(2) Project of supplying part of the water demand of Damascus city and its countryside from the Syrian coastal area water surplus

シリア北西部の地中海沿岸地域から、タルトゥース(Tartus)、ホムス(Homs)を経由してダマスカスまでの約360kmを送水する新規水資源開発計画である。アラブファンド及びDAWSSA資金(シリア政府の補助金)を基に、IBG(スイス)及びDHV(オランダ)の両コンサルタント会社により、2002年3月から2005年3月の3年間に基本計画、実施設計、入札図書の作成が予定されている。第1期が2020年、第2期が2040年を目標年次として計画されており、計画送水量はそれぞれ、 $12 \text{ m}^3/\text{秒}$ 、 $24 \text{ m}^3/\text{秒}$ である。2011年頃の工事完成を目指し、建設のための財源処置は2006年頃を考えているとのことである。この計画によりダマスカス市及び近郊の飲料水は2020年までの水需要に十分に対応できるとされている。

このシリア北西部から送水される水は、新旧トンネルにも分水する予定である。

(3) Transmission of water from Euphrates (al Asad lake to Damascus city)

ユーフラテス川のアル・アサド(al Asad)湖からダマスカスまで送水する計画で、シリアとエジプトの会社が調査中である。

DAWSSAに対する他ドナーの協力は以上のとおりであるが、シリア国内では他に、ドイツがアレップ市及びダマスカス郊外県の地方都市において水道施設整備への協力を行っている。また、ドイツとUNDPが水道分野の人材育成に対しても支援を行っている。

2-4 我が国の協力実績

DAWSSAに対する我が国の協力実績は、表2.1のとおりである。開発調査を出発点とし、その後は調査の提言に沿った漏水対策に対して、各種のスキームを組み合わせた継続的な協力を行っている。

表 2.1 我が国の協力実績

スキーム	案件名	期間	E/N 金額
開発調査	ダマスカス市給水システム改善拡充計画調査	1996～1997年	
無償資金協力	ダマスカス市内配水管改修計画	1997～1999年	14.85億円
専門家派遣	上水道における漏水対策	1998～2001年	
無償資金協力	ダマスカス市内配水管改修計画フェーズ2	2001～2002年	11.30億円
専門家派遣	配水管網ブロック化計画	2002年	
シニアボランティア	上水道漏水対策	2003～2005年 (派遣中)	
無償資金協力	ダマスカス市水道水源拡張計画	基本設計調査 実施中	

2-5 ダマスカス水道事業における送水トンネルの位置付けと将来計画

(1) 送水トンネルの現在の位置づけ

送水トンネルは、ダマスカス市北西部にあるフィジェ湧水及びバラダ水源(地下水)の水をダマスカス市内のワリ送配水池まで送水する唯一のルートとなっている。両水源の産出量はダマスカス市水道の全水源量の8割以上を占めており、新旧送水トンネルの果たしている役割は極めて大きい。また、両トンネルには途中に分岐があり、トンネル近辺のダマスカス郊外地区(Judayde、Kudsaya、Hame、Jemarya、Dummar、Special Area Zone等)に給水している。これらの地区は住宅開発が進められ、人口増加の著しいエリアである。

(2) 送水トンネルの将来の役割

将来的にはダマスカス西方の国境地帯における地下水開発(この一部は無償資金協力「ダマスカス市水道水源拡張計画」として基本設計調査を実施中)が計画されていることに加え、地中海沿岸地域からの送水も一部の水量が途中(旧トンネルの第3号水路橋付近)から送水トンネルを経由する計画になっている。これらの新規水源も送水トンネルを利用することになるから、送水トンネルは将来にわたって大きな役割を担うことになる。トンネルを経由する流量は、フィジェの湧水量によって大きな変動があるものの、通水能力14.8 m³/秒に対し2003年の実績では最小流量が約4 m³/秒、最大流量が約8 m³/秒となっている。DAWSSAは地中海沿岸からの送水が実現したとしてもコストが極めて高いため、フィジェ湧水の豊水年や湧出量の多い時期(春～夏)については、引続き同湧水を主要水源として使用するとしている。よって、地中海沿岸送水実現後もトンネルを経由する流量が減少するという事とはなく、むしろ現在でも時期を限ればフィジェ湧水の産出量に余力があることを考えると、今後の人口増に伴って流量が逡増していくと考えられる。

(3) 水道水質及び水量への影響

トンネルの劣化が水質悪化や漏水などの問題を生じているかどうかについて調査を行った。水質については、トンネル通過中の顕著な悪化は見られず、残留塩素量も基準を満たす濃度が確保されていることが確認された。DAWSSAは冬季になると降雨があるためトンネル内への地下水湧出量が増え、水質が悪化する可能性があることと述べていることから、基本設計調査において再度確認する必要がある。また、新トンネルの漏水量は無視できるほどの量である。旧トンネルについては4割以上の漏水があ

るというデータが DAWSSA によって示されているが、今回のトンネル内目視調査の結果からは、そのような大量の漏水が生じるような亀裂や損傷は見当たらなかったため、基本設計調査においてより詳細な調査が必要である。旧トンネルをいくつかの区間に区切って水収支を把握し、どの区間において漏水が生じているのか分析することが考えられる。

(4) 送水トンネル改修の必要性

新旧両送水トンネルは部分的に覆工コンクリートの損傷が認められるが、全般的には状態は健全であり、今後も使用することが可能である。送水トンネルがダマスカス市の水道事業において果たしている役割を考慮すると、引き続き長期にわたってその機能を維持できるよう適切に補修することの必要性は大きいと判断される。

ダマスカス市の水需要の増加により将来トンネルの流量が増加する可能性は高く、補修工事のために通水を止めることができる時間の制約が厳しくなり、作業効率が低下して同じ改修内容に対する工事費が増大することになるので、費用対効果を考慮すると現時点で補修することが望ましい。

第3章 送水トンネルの現況

3-1 旧トンネルの概要

(1) 基本データ

旧トンネルの平面は図 - 3.1 に、縦断は図 - 3.2 に、基本諸元は表 - 3.1 に示すとおりである。トンネルの延長は 16.2km で、断面形状は上部半円下部矩形および矩形である。断面寸法は、上部半円下部矩形断面で幅約 1.35m、高さ約 1.70～1.90m、矩形断面で幅約 1.20～1.35m、高さ約 1.55～1.80m である。

トンネル直上の地表には通し番号を記した杭状の目印が立てられている。表に記した目印の番号はトンネル建設当初のもので、その後経年劣化により破損したものについては、立て直した際に番号を打ち直している。

(2) 役割

旧トンネルは、ダマスカス市北西部にあるフィジェ湧水およびバラダ水源(地下水)の水をダマスカス市内のワリ送配水池まで送水するとともに、途中で分岐してダマスカス郊外地区にも給水している。両水源の産出量はダマスカス市水道の全水源量の 80% 以上を占めており、それを給水する旧トンネルはダマスカス市のライフラインであると言える。

(3) 計画地域の地質概要

トンネル経過地には、中生代白亜紀の石灰岩、ドロマイト、泥灰岩、古第三紀の石灰岩、泥灰岩、新第三紀のシルト質泥灰岩、礫岩が分布している。これらの地層は図 - 3.3 に示すように、トンネルルートにほぼ直交する北東 - 南西方向に褶曲軸を持つ向斜構造と背斜構造を形成しているため、トンネル上流側(フィジェ湧水側)と下流側(ワリ送配水池側)に白亜紀から古第三紀の石灰岩類(石灰岩、苦灰岩、泥灰岩)が分布し、トンネル中央部に新第三紀の粘土質～シルト質泥灰岩、礫岩が分布している。本地点の地質層序は表 - 3.2 のようにまとめられるが、各地質の一般的な性状は以下のとおりである。

a) 白亜紀、白亜紀～古第三紀および古第三紀の石灰岩類

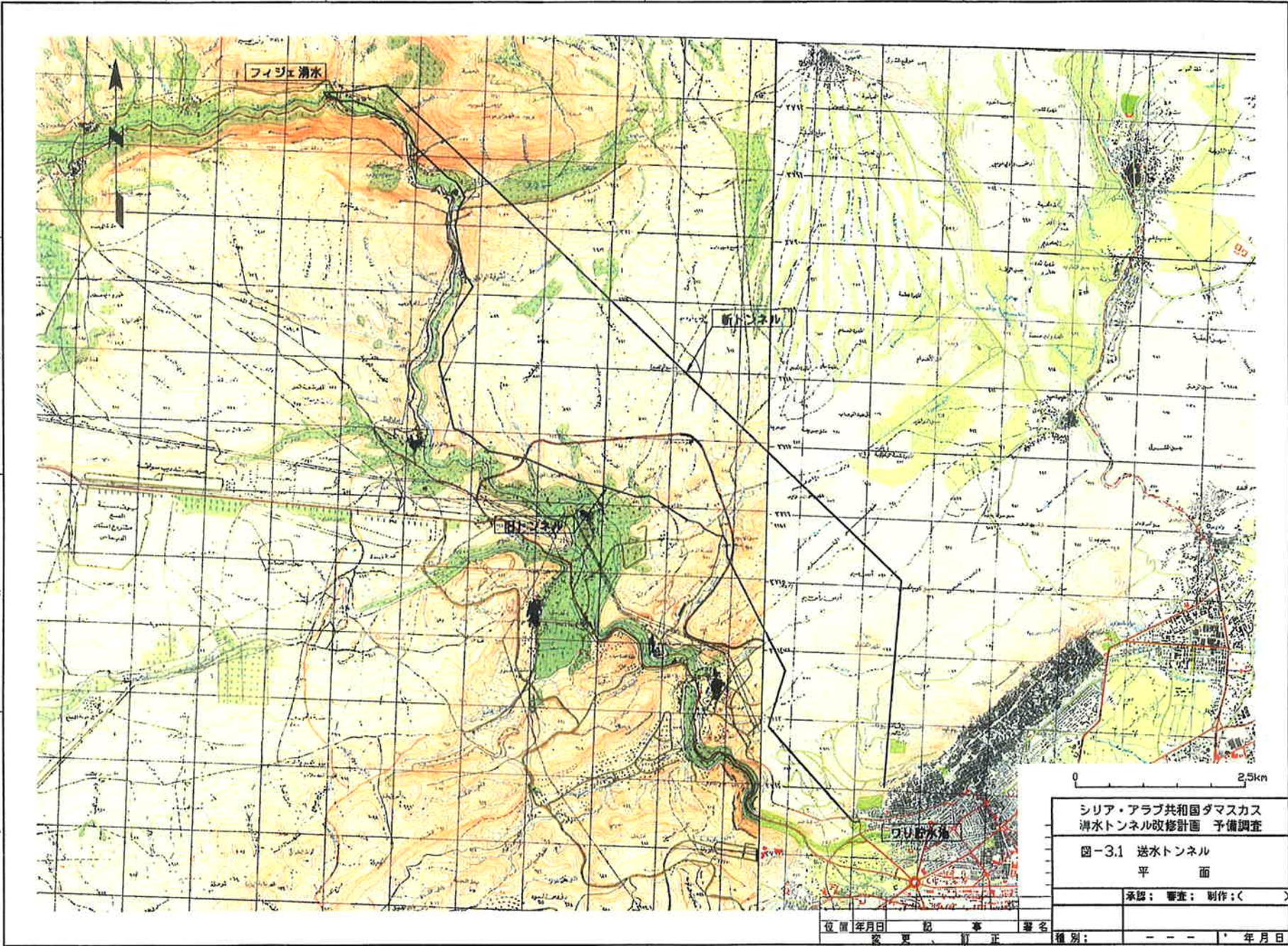
- 石灰岩、苦灰岩、泥灰岩質石灰岩および泥灰岩が数 cm から数 10cm の厚さで互層をなし、所々に溶食空洞が見られる
- 水源のフィジェ湧水は白亜紀の石灰岩溶食空洞からの湧水である
- これらの地層は泥灰岩がやや強度が小さいものの、全体としては堅硬であり、トンネル空洞は一般に安定している

b) 新第三紀の粘土質～シルト質泥灰岩

- 赤色を帯びた粘土質～シルト質の泥灰岩で、全般に固結度が低い、多くの部分で上位の礫岩層を頻りに挟在しているため、トンネル空洞の安定上大きな問題はない

c) 新第三紀の礫岩

- 円礫～亜円礫と石灰質な基質からなる良く固結した礫岩で、全般に堅硬である
- トンネル空洞は安定している
- 新トンネルの施工記録によれば、この礫岩区間では多くの区間で湧水が見られる



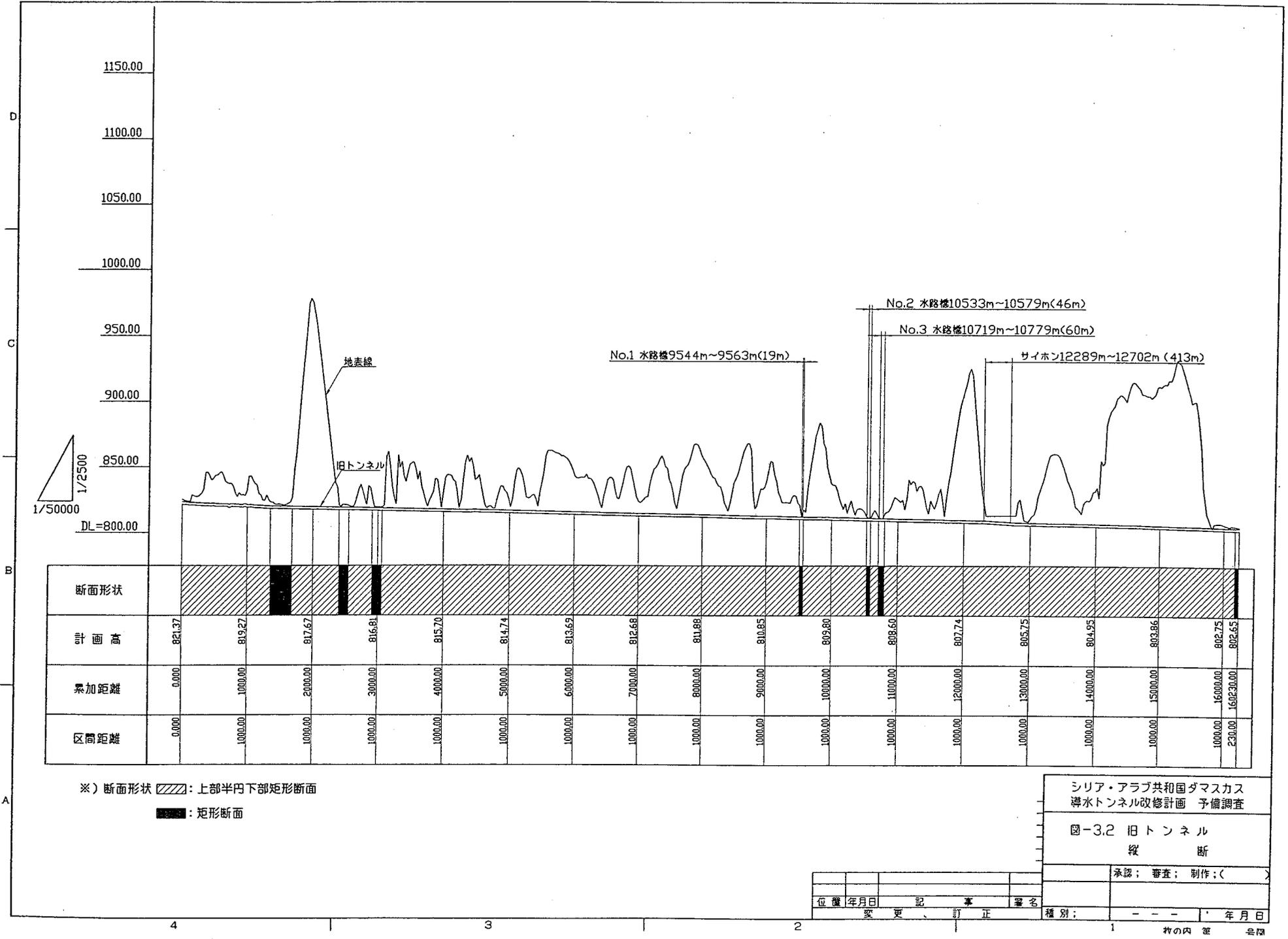
シリア・アラブ共和国ダマスカス
 清水トンネル改修計画 予備調査

図-3.1 送水トンネル
 平面

承認: 審査: 制作: <

位置	年月日	変更	訂正	署名	種別:	---	年月日
----	-----	----	----	----	-----	-----	-----

3-3



※) 断面形状 : 上半円下部矩形断面
 : 矩形断面

シリア・アラブ共和国ダマスカス
 導水トンネル改修計画 予備調査
 図-3.2 旧トンネル
 縦断
 承認： 審査： 制作：()
 位置 年月日 記事 署名
 変更、訂正 種別： - - - 年月日
 社の内 監 会 印

表 - 3.1 旧トンネルの基本諸元 (1/4)

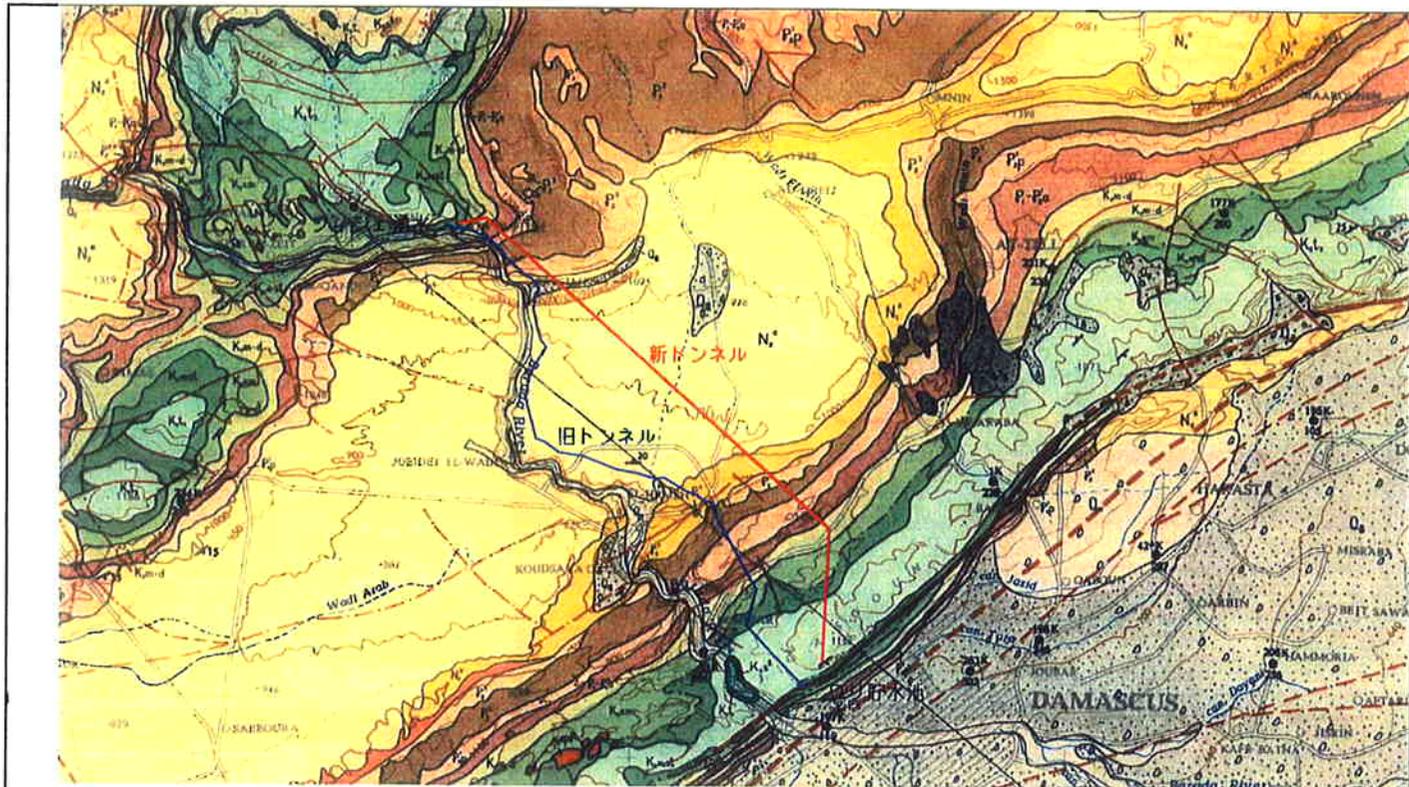
地表目印				地形情報			断面形状、寸法			地表踏査記録 (1980/11/18 - 12/2)		状況	
番号	累加距離 (m)		作業坑 No.	備考 *)	累加距離 (m)	トンネル敷標高 (EL.m)	地表標高 (EL.m)	1: 上部半円下部矩形 2: 矩形		目印			
	1/1000地形図	縦断面図						縦(m)	横(m)	from	to		
1	0	0			0	821.373	825.225	1	1.74	1.35	1	16	トンネルは住宅街の下を通る 被りは浅く特別な保護はない
2	97	105			90	821.060	823.756	1	1.72	1.35			
3	105				120	820.724	823.343	1	1.95	1.37			
4	122				150	820.934	828.744						
5	147				180	820.843	827.848						
6	249	270			240	820.618	827.354						
7	289	290			270	820.594	828.540						
8	304	340		1	300	820.530	829.740						
9	312	350			330	820.349	833.000						
10	336	370			360	820.299	846.020						
11	348	380			390	820.364	846.000						
12	583	615			630	819.956	843.400						
13	655	690			690	819.881	837.860						
14	680	720			720	818.851	837.220						
15	722	760		2	750	819.875	837.620						
16	814	850			840	819.626	827.300				16	22	トンネルは昔の地滑りの跡を通る 人工植栽、多少の泉
17	904	940			930	819.338	828.976						
18	964	1,000			990	819.304	831.860						
19	1,100	1,140		3	1,140	818.880	836.498						
20	1,222	1,250			1,260	818.530	824.483						
21	1,284	1,320			1,320	818.275	825.000						
22	1,330	1,350		4	1,350	818.315	823.170		1.95	1.37	22	26	崖鍾を通る トンネルは石灰岩の斜面に沿って通る No.4作業坑には車で近寄れる ノコギリ状の石灰岩 目印No.22から後にはバラダ川沿いに 建物
23	1,404	1,380			1,380	818.222	823.315	2	1.54	1.34	23	24	新トンネルの作業坑が旧トンネルの下 を通る
24	1,434	1,425			1,410	818.341	821.748						
25	1,443	1,460			1,440	818.304	821.388	2	1.79	1.35			
26	1,486	1,515			1,470	818.269	821.849						
27	1,530	1,570			1,500	818.035	821.463						
28	1,586	1,630			1,560	818.216	820.848						
29	1,598	1,650			1,620	818.109	822.313						
30	1,644	1,670			1,650	818.019	822.980						
31	1,664	1,710			1,680	817.988	826.940	1	1.87	1.33			
32	1,714	1,740			1,710	817.911	847.632						
33	2,334	2,400		5	1,740	817.869	860.760						
34	2,441	2,470			2,400	817.293	820.486	2	1.73	1.30			
35	2,476	2,510			2,430	817.239	820.195						
36	2,503	2,535			2,460	817.146	821.443				35	38	家の下を通る被りの浅い水路
37	2,535	2,565			2,490	817.193	821.179						
38	2,587	2,620			2,520	817.173	821.229						
39	2,664	2,710			2,550	817.111	820.494	1	1.90	1.34			
40	2,759	2,800			2,610	817.058	819.595				40		トンネルの補強作業中
41	2,811	2,840			2,700	817.104	833.275						
42	2,853	2,880			2,820	816.972	821.225						
43	2,877	2,910			2,880	816.842	834.183						
44	2,897	2,925			2,910	816.853	826.106	2	1.60	1.16	43		ローマ時代の水路と交差
45	2,995	3,030			2,940	816.867	819.700						
46	3,062	3,090			3,030	816.634	819.459						
47	3,096	3,125		7	3,060	816.702	819.436	1	1.80	1.33			
48	3,132	3,150			3,090	816.578	820.794						
49	3,154	3,180			3,120	816.572	857.650						
50	3,203	3,240			3,150	816.594	861.715						
51	3,243	3,280			3,180	816.535	850.159						
52	3,331	3,360			3,240	816.493	826.844						
53	3,517	3,545			3,270	816.399	821.574						
54	3,586	3,615			3,360	816.366	854.000						
55	3,705	3,735			3,540	816.199	853.824						
56	3,715	3,750			3,600	816.097	840.214						
57	3,729	3,760		9	3,720	815.952	824.564						
58	3,786	3,815			3,750	815.922	819.704						
59	3,839	3,865			3,780	815.877	824.724						
60	3,854	3,880			3,810	815.883	827.834						
61	3,876	3,900			3,840	815.845	831.044						
62	3,946	3,970			3,870	815.857	841.204						
63	3,965	3,990			3,900	815.822	840.300						
64	3,995	4,020			3,960	815.712	819.185						
					3,990	815.723	830.865						
					4,020	815.644	841.560						

表 - 3.1 旧トンネルの基本諸元 (2/4)

地表目印			地形情報				断面形状、寸法			地表踏査記録 (1980/11/18~12/2)		
番号	累加距離 (m)		作業坑 No.	備考 *)	累加距離 (m)	トンネル敷標高 (EL.m)	地表標高 (EL.m)	1:上部半円下部矩形 2:矩形			目印 from to	状況
	1/1000地形図	縦断図						縦(m)	横(m)			
65	4,019	4,050			4,050	815.645	843.965					
66	4,074	4,100			4,080	815.640	843.935					
67	4,140	4,165			4,140	815.548	839.805					
68	4,151	4,175	11		4,170	815.519	838.565			68		al-Ashrafeyehにある
69	4,309	4,330			4,320	815.358	853.228					
70	4,327	4,350			4,350	815.354	858.828					
					4,380	815.334	853.678					
71	4,397	4,415			4,410	815.282	856.788					
72	4,510	4,530			4,530	815.299	844.028					
73	4,567	4,585			4,560	815.198	836.028					
74	4,597	4,610			4,590	815.174	827.928					
75	4,616	4,620	12		4,620	815.112	820.629			75		No.12作業坑は泥でふさがれているが水路の状態は良い支保は無いが安定している
76	4,653	4,670			4,680	815.087	819.858					
77	4,763	4,785			4,770	815.000	818.008					
78	4,830	4,850			4,830	814.944	830.220					
79	4,846	4,865			4,860	814.911	835.297					
80	4,885	4,900			4,890	814.889	835.239					
81	4,947	4,970			4,950	817.772	830.559					
82	5,007	5,025			4,980	814.780	826.199					
83	5,011	5,030	13		5,010	814.716	819.239					
84	5,050	5,060			5,040	814.700	825.603					
85	5,072	5,090			5,070	814.610	838.636					
86	5,095	5,115			5,100	814.600	847.390					
87	5,108	5,130			5,130	814.595	849.285					
88	5,165	5,190			5,190	814.482	843.086					
89	5,275	5,300	14		5,280	814.402	825.960					
90	5,335	5,355			5,310	814.359	826.636					
91	5,380	5,385			5,340	814.348	828.303					
92	5,420	5,415	15		5,370	814.297	828.848					No.15作業坑は谷間の狭隘地を通る被りは2~3m、補強が必要
93	5,425	5,420			5,400	817.227	825.404					
94	5,432	5,430			5,430	814.304	819.872					
95	5,446	5,450			5,460	814.301	830.540					
96	5,533	5,540			5,520	814.220	846.080					
97	5,563	5,570			5,580	814.092	862.493					
98	5,610	5,615			5,610	814.054	862.332					
99	5,728	5,735			5,730	813.963	860.525					
100	5,875	5,900			5,880	813.795	856.286					
101	5,993	6,010			6,000	813.690	843.052					
102	6,153	6,170			6,180	813.499	844.674					
103	6,245	6,260			6,270	813.403	839.576					
104	6,290	6,305			6,300	813.316	836.678	1	1.88	1.34		
105	6,335	6,350			6,360	813.327	828.436			105	108	被りは2m以下、補強が必要
106	6,340	6,400	16		6,420	813.172	818.680					
107	6,345	6,405			6,450	813.122	827.619					
108	6,381	6,440			6,480	813.064	833.560					
109	6,452	6,510			6,510	813.117	840.086					
110	6,472	6,530			6,540	813.091	842.053					
111	6,520	6,575			6,570	813.094	842.083					
112	6,536	6,595			6,600	813.092	839.833					
113	6,604	6,660	17		6,660	813.019	826.492			113		谷の左斜面で被りは8m現状は良好だが補修作業ができないので監視が必要
114	6,713	6,775			6,780	812.879	845.990					
115	6,743	6,805			6,810	812.848	850.287					
116	6,773	6,835			6,840	812.806	850.886					
117	6,803	6,865			6,870	812.787	848.560					
118	6,980	7,040	18		7,050	812.682	824.062					
119	7,015	7,080			7,080	812.650	825.927					
120	7,158	7,230			7,230	812.602	848.614					
121	7,266	7,335			7,350	812.433	858.720					
122	7,299	7,370			7,380	812.483	855.974					
123	7,422	7,490			7,500	812.306	837.268					
124	7,546	7,630	19		7,620	812.178	826.498			124		No.19作業坑は被りは4m以下で道路のために掘削された
125	7,607	7,680			7,680	812.177	843.600					
126	7,628	7,710			7,710	812.198	848.750					
127	7,785	7,860			7,860	812.093	867.350					
128	7,843	7,910			7,920	812.058	867.292					
129	8,034	8,105			8,100	811.826	848.776					
130	8,211	8,290			8,280	811.581	835.097					
131	8,319	8,390			8,370	811.444	820.011					
132	8,393	8,470	20		8,460	811.272	830.280			131		No.20作業坑のトンネルの上は庭園と泉

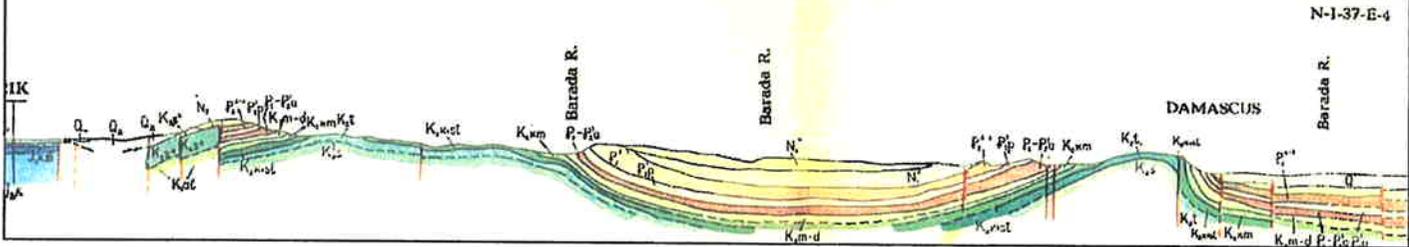
表 - 3.1 旧トンネルの基本諸元 (3/4)

地表目印			地形情報				断面形状、寸法			地表踏査記録 (1980/11/18 ~ 12/2)		
番号	累加距離 (m)		作業坑 No.	備考 *)	累加距離 (m)	トンネル敷標高 (EL.m)	地表標高 (EL.m)	1: 上部半円下部矩形 2: 矩形		目印		状況
	1/1000地形図	縦断図						縦(m)	横(m)	from	to	
133	8,419	8,495			8,490	811.226	838.040					
134	8,547	8,630			8,640	811.077	861.519	1	1.88	1.34		
135	8,608	8,690			8,670	811.062	865.360					
136	8,638	8,720			8,700	811.072	868.043					
137	8,664	8,740			8,730	811.050	868.180					
138	8,684	8,760			8,760	810.973	862.800					
139	8,830	8,850	21		8,850	810.889	820.982				139	No.21作業坑でトンネルは滝のある谷の下を通る
140	8,842	8,870			8,880	810.823	827.879					
141	8,893	8,905			8,910	810.827	833.887					
142	9,053	9,060			9,060	810.833	854.878					
143	9,069	9,090			9,090	810.787	853.830					
144	9,139	9,160			9,150	810.757	839.206					
145	9,202	9,225			9,210	810.653	827.413					
146	9,318	9,340	22		9,330	810.430	822.958				146	No.22作業坑と1号水路橋の状況は良好
147	9,348	9,370			9,360	810.358	822.397					
148	9,374	9,400			9,390	810.338	827.050					
149	9,435	9,450			9,450	810.318	827.918					
	9,511		23		9,480	810.283	822.770					
					9,510	810.203	820.990	2	1.77	1.37		
150	9,541	9,560			9,570	810.088	817.685	1	1.88	1.34		
151	9,672	9,645			9,630	810.080	832.675					
152	9,728	9,700			9,690	810.102	853.775					
153	9,757	9,740			9,720	810.107	863.415					
154	9,777	9,780			9,780	810.108	878.855					
155	9,812	9,840			9,840	810.060	881.243					
156	10,129	10,155			10,140	809.674	821.958					
157	10,175	10,205	24		10,200	809.562	822.346				No. 24	No. 25 被り5m以下の赤い泥灰岩トンネル内を鉄構で補強
158	10,257	10,290			10,290	809.492	824.676					
159	10,361	10,400	25		10,380	809.358	817.986					
160	10,386	10,420			10,410	809.283	818.569					
161	10,433	10,460			10,440	809.211	818.360					
162	10,473	10,510			10,500	809.236	815.309				162	2号水路橋が谷をまたいでいるが後に埋められた 上流側には窪地があるが一部は新トンネルの建設の時に小石で埋められた 下流側に大規模な掘削がありトンネルに被害を与えるかもしれない 水路の下流ではセメント原石山のトラック道路の下を通る 2号水路橋のTD.10.586mにトラックの通行によるものと思われる亀裂 亀裂は1968年に補修されたが亀裂は再び広がった 3号水路橋の後にトンネルは石灰岩の山に入る
					10,530	809.169	812.146	2	1.77	1.37		
					10,590	809.140	811.554	1	1.88	1.34		
163	10,596	10,655			10,650	809.077	817.382					
	10,691		26		10,680	809.061	814.661					
					10,710	808.988	811.782	2	1.78	1.31		
					10,800	808.984	814.489	1	1.88	1.34		
164	10,787	10,830	27		10,830	808.895	815.850					
165	10,892	10,920	28		10,920	808.760	823.446					
166	10,916	10,940			10,950	808.769	827.218					
167	10,996	11,030			11,010							
168	11,081	11,120	29		11,100	808.557	817.628					
169	11,113	11,140			11,130	808.533	825.648					
170	11,185	11,210			11,220	808.439	839.580					
171	11,310	11,335			11,340	808.351	835.883					
	11,446		30		11,370	808.346	833.173					
172	11,465	11,470			11,460	808.306	814.563				172	173 トンネルはもろい泥灰岩の下を通る 定期的な確認が必要
173	11,608	11,635			11,640	808.102	833.771					
	11,661		31		11,670	808.057	824.509					
	11,716				11,700	807.937	812.700					
174	11,887	11,935			11,940	807.815	898.035					
175	12,028	12,070			12,060	807.658	921.865					
176	12,048	12,090			12,090	807.612	925.345					
177	12,068	12,110			12,120	807.578	919.795					
	12,279	12,325	32		12,150	807.593	901.455					
	12,289		サイホン 始点		12,180	807.566	883.805					サイホンの上を通行止めにして保護していた
					12,210	807.573	867.245					
					12,330	807.378	813.152	1	1.88	1.34		
					12,360							
	12,702		サイホン 終点		12,780	805.956	813.212	1	1.88	1.34		



LEGEND

Quaternary	Q	Conglomerate, pebble, loam, sand, sandy loam
	N ₂ ^a	Conglomerate, sandstone, gravel, limestone
Tertiary	N ₂ ²	Clay, sand, sandstone, pebbles, limestone
	P ₂ ³	Limestone
	P ₂ ²	Limestone
	P ₂ ¹	Limestone, marl, clayey marl, conglomerate
	P ₂ ⁰	Limestone, flint, conglomerate
	P ₁ -P ₂ ^a	Marl, clayey marl
Cretaceous	K ₁ -m-d	Limestone, marl, calcareous clay
	K ₁ -k-m	Limestone, flint
	K ₁ -k-s	Chalky limestone, marl
	K ₁ -l	Limestone, marly limestone



<Note>
 Water resources use in Barada and Auvaug basins for Irrigation of corps, Syrian Arab Republic. Feasibility Study Stage 1, Volume 2, Book 3, Appendix 1.
 Maps and sections
 By V/O SELKHOZPRO MEXPORT, USSR, 1986



シリア・アラブ共和国の水利水資源の改修計画予備調査
 図-3.3 計画地点地質平面
 および地質断面図

図名	シリア・アラブ共和国の水利水資源の改修計画予備調査
図号	図-3.3
縮尺	1:50,000
製図者	()
製図年月日	1986年 月 日
校訂者	()
校訂年月日	1986年 月 日

表 - 3.1 旧トンネルの基本諸元 (4/4)

地表目印			地形情報				断面形状、寸法			地表踏査記録 (1980/11/18 ~ 12/2)		
番号	累加距離 (m)		作業坑 No.	備考*)	累加距離 (m)	トンネル数 標高 (EL.m)	地表標高 (EL.m)	1:上部半円下部矩形 2:矩形		目印		状況
	1/1000地形図	縦断面図						縦(m)	横(m)	from	to	
178	12,762	12,820			12,810	805.965	823.457					
	12,769	12,745	33									
179	12,781	12,840			12,840	805.937	825.618					
180	12,971	13,050	34		13,050	805.695	813.909			34		被りは2~3m 被りが浅いので砂を投下したが止めた
181	13,183	13,265			13,260	805.476	854.528					
182	13,209	13,290			13,290	805.463	859.087					
183	13,348	13,425			13,410	805.356	859.997					
184	13,560	13,640			13,620	805.317	832.769			184	185	被りは9~10mであるが上を重車両が 通る道路なので不十分 1968年にトンネルを鉄構で補強するよ う決まった
185	13,673	13,755			13,740	805.177	817.315					
186	13,782	13,860			13,860	805.088	825.132					TD.13,740 ~ 760m、TD.13,812 ~ 825m の区間は定期点検が必要
187	13,827	13,890	35		13,890	805.013	824.387			187		トンネルは石灰石の原石山の中を通る 1967年の調査後に鉄構で補強された が良好で変化はない
188	14,085	14,160			14,160	804.796	883.000			188		トンネルはカンオン山の下を通る 水路橋の後半は新トンネルの工事のた めに振動にさらされた
189	14,238	14,310			14,310	804.671	902.910					
190	14,327	14,400			14,400	804.514	904.868					
191	14,505	14,600			14,610	804.476	913.625					
192	14,636	14,720			14,730	804.253	906.000					
193	14,818	14,865			14,880	803.953	904.305					
194	14,893	14,960			14,970	803.881	912.430					
195	15,026	15,130			15,120	803.708	916.908					
196	15,159	15,240			15,240	803.604	931.932					
197	15,205	15,280			15,270	803.497	930.307					
198	15,417	15,530			15,540	803.326	900.577					
199	15,462	15,600			15,600	803.323	879.400					
					15,750	803.089	810.900	1	1.88	1.45		
200	15,706	15,770			15,780	803.031	806.674					
201	15,738				15,810	802.989	804.116					
	15,745		37		15,840	802.928	807.572					
202	15,813				15,870	802.928	807.655					
203	15,921				15,900	802.911	807.813					
					16,170	802.571	805.825	2	1.77	1.33		
					16,200	802.473	805.435					
	16,212				16,230	802.649	805.000					

*) : は1967年の調査報告書で出入り可能とされている作業坑

(4) 建設工事概要

フランス SOGREAH 社が実施した 1967 年 9 月の旧トンネルの点検報告書によると、旧トンネルの建設状況は以下のとおりである。

旧トンネルの建設に関する資料がほとんど残っていなかったため、工事を管理した技術者と面会して情報を得た。

トンネルはフランスの THEG 社により 1925 ~ 1926 年と 1928 ~ 1929 年の 2 期に分けて建設され、1930 年から供用を開始した。

トンネルの掘削のために約 40 箇所の作業坑が設けられ、完成後はその一部が点検用の出入口として利用されている。報告書に出入口として記述されている作業坑の番号を表 - 3.1 に示す。

トンネルの標準断面形状は図 - 3.4 に示すような上部半円下部矩形断面と図 - 3.5 に示すような矩形断面の 2 種類がある。

TD.(Total Distance : 始点からの累計距離) 1,380 ~ TD.1,680m、TD.2,400 ~ TD.2,550m、TD.2,910 ~ TD.3,060m の区間は矩形断面の暗渠で、1926 年に施工された。断面形状は図 - 3.5 に示すとおりで、

表 - 3.2 計画地域地質層序

地質時代		地質		層厚
第三紀 第七第三紀	新第三紀	礫岩	一般的に良く固結している。礫は径数ミリメートルから35cm程度の円礫～垂円礫である。基質は石灰質なシルト～粘土。	350m
		粘土質～シルト質泥灰岩	赤色を帯びた粘土質～シルト質泥灰岩。礫岩層を頻りに挟在している。礫岩層の挟在は本層の上部と下部で特に顕著である。	250m
	古第三紀	石灰岩	白色の厚い石灰岩で多少再結晶化している。本層は上位の新第三紀層と不整合で接している。	130m
白亜紀～ 古第三紀	泥灰岩質石灰岩	灰色を呈する泥灰岩質石灰岩。本層は上部でフリントを含むチョーク質の泥灰岩に変化している。白亜紀と古第三紀の境界は不明瞭である。	600m	
白亜紀	フリント	褶曲した黒色のフリント層。薄い泥灰岩層を挟在している。	50m	
	泥灰岩質石灰岩	白色の泥灰岩質石灰岩	200m	
	石灰岩、ドロマイト質石灰岩	クリーム色をした石灰岩、ドロマイト質石灰岩。本層はカシオン山の骨格を形成している。	150m	
	ドロマイト質石灰岩、結晶質石灰岩	中～厚層の石灰岩類	180-190m	
	泥灰岩質石灰岩	灰色を呈する泥灰岩質石灰岩	30-35m	
	石灰岩	薄黄色を呈する石灰岩	5m+	

底面は厚さ 15cm、側面は厚さ 40cm の無筋コンクリート、蓋は厚さ 13cm の鉄筋コンクリートである。

写真 - 3.1、写真 - 3.2 に示すように、溝を開削した後にコンクリートを打設して埋め戻している。

上部半円下部矩形の断面は、トンネル区間以外でも、始点付近の区間や、写真 - 3.3 に示すように No.37 作業坑 (TD.15,745m) とワリ地表送配水池の間の開削区間で採用されている。

上部半円下部矩形区間の覆工形式は図 - 3.4 に示すように 2 種類ある。A 型の覆工は厚さ 10cm の鉄筋コンクリートで、直径 12mm の鉄筋が鉛直方向に 10cm 間隔、水平方向に 20cm 間隔で格子状に配置されている。B 型の覆工は厚さ 20～30cm の無筋コンクリートである。

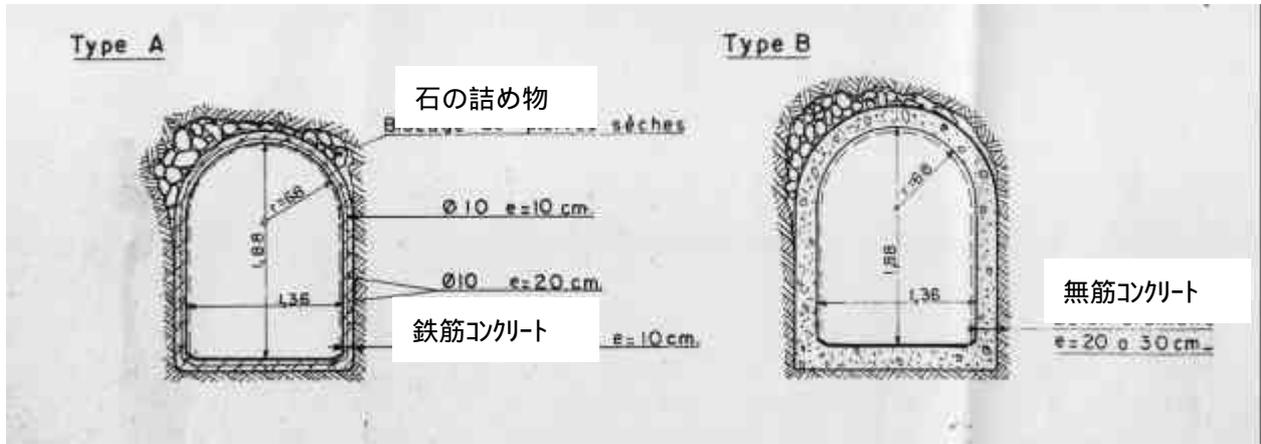
覆工コンクリートを打設する時には図 - 3.4 や写真 - 3.4、写真 - 3.5 に示すように型枠と掘削断面の間の空隙に石を詰めた。細骨材は谷から取り、粗骨材のほとんどは碎石を用いた。コンクリートの製造にはミキサーを使おうとしたが、実際には人力で練り混ぜた。コンクリートの運搬には籠を用いたので型枠に流し込むのに苦労した。

トンネルの一部では底面と側面にモルタルが塗られているが、ほとんどの区間では底面にのみモルタルが塗られた。

1936 年に No.18 作業坑から取水する水力発電計画が完成した。この水力発電所は現在では廃止されている。

水路橋は 4 つ建設されたが、最下流の水路橋は 1975 年に道路の拡幅に伴い埋設された。

図? 3.4 旧トンネル 上部半円下部矩形断面区間 標準断面

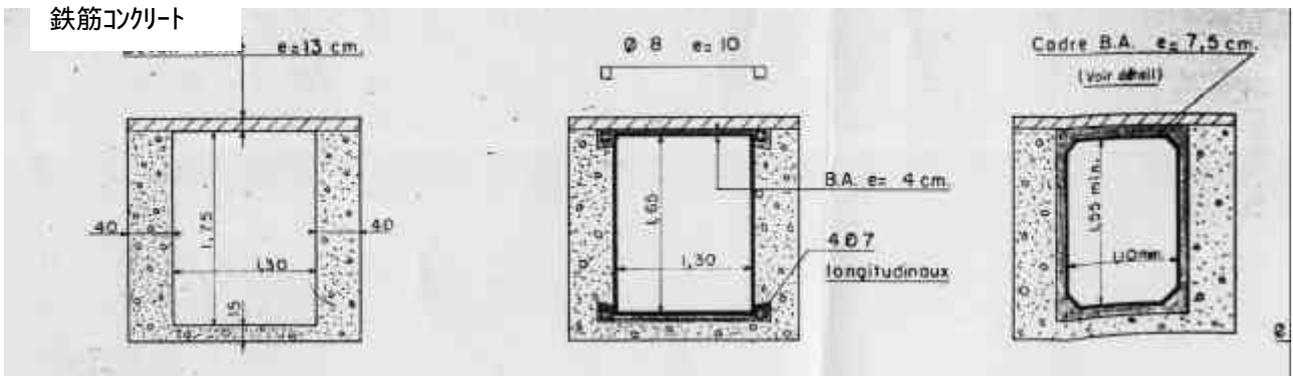


図? 3.5 旧トンネル 矩形断面区間 標準断面

建設当初の断面

補強断面(その1)

補強断面(その2)



上記の拡大図

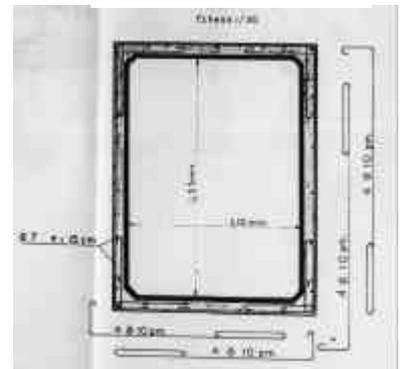


写真 - 3.1 旧トンネル 開削工法区間の
施工状況



写真 - 3.2 旧トンネル No.5 作業坑上流の
開削工法区間における盛土の状況



写真 - 3.3 旧トンネル No.37 作業坑
(TD.15,745m)付近の施工状況

上部半円下部矩形断面であるが、開削工法で施工している

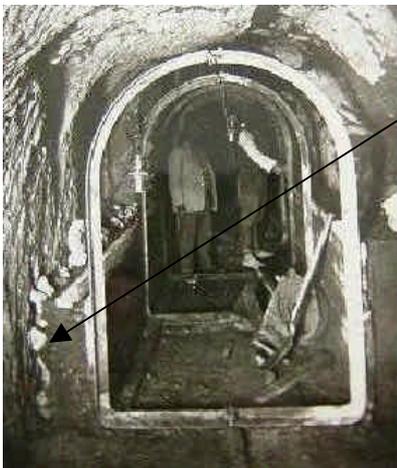


写真 - 3.4 旧トンネル 配筋区間覆工
コンクリートの施工状況

型枠と地山の間隙に石を詰めている



写真 - 3.5 旧トンネル 無筋区間覆工コンクリートの施工状況



型枠と地山の間隙に石を詰めている

3 - 2 旧トンネルの維持管理履歴

(1) 過去の点検の概要

旧トンネルはこれまでに少なくともフランス SOGREAH 社により 1967 年、1980 年に 2 回と、DAWSSA により 1999 年に 1 回の、計 3 回点検されている。点検結果は表 - 3.3 に示すとおりである。

1967 年の点検時に建設時の資料を捜したが、工事記録や、どの断面形状がどの区間に採用されたかということに関するものは見つからなかったと報告書には書いてある。

(2) 過去の補修、補強の概要

a) トンネル

フランス SOGREAH 社が実施した 1967 年 9 月の旧トンネルの点検報告書によると、旧トンネルの過去の補修、補強の状況は以下のとおりである。

図 - 3.5 に示すように、矩形断面区間のうち、TD.1,380 ~ TD.1,440m、TD.2,910 ~ TD.2,970m の区間の内面を 1936 年に鉄筋コンクリートで補強した。

旧トンネルは点検報告書で推奨された補修方法に従って 1967 ~ 1968 年の間の冬期に補修された。当時の補修工事の記録は残っていない。

点検により発見された変状に対して以下のような補修工事を推薦する。

水路はダマスカス市への唯一の飲料水の供給源であるので、断水は夜間に 1 日当たり 6 時間までしか、しかも冬期にしか実施できない。

2.0m³/sec までの水を安全に流すために、水深 1.5m までの水密性を保証することを補修の目的とする。

泥灰岩の箇所ではトンネルからの漏水を止めなければならない。

外側から水が流入する箇所には過度の外圧を防ぐために逆流防止弁を取り付けなければならない。

TD.1,380 ~ TD.1,670m、TD.2,400 ~ TD.2,550m、TD.2,910 ~ TD.3,060m の矩形断面区間では、図 - 3.6 に示すようによう壁と押さえ盛土により外側から補強する。

ドゥマールのセメント工場近くの粘土採取場を通る区間では、図 - 3.7 に示すように 1:2 の法面勾配で透水性材料による押さえ盛土で補強し、盛土の表面は浸食を受けないように石で覆う。

長さ方向の目違いのあるひび割れが側壁上部に入っている区間のうち、地山が粘土質泥灰岩で地山被りが薄いものについては、図 - 3.8 に示すように鋼管で補強する。鋼管による補強の施工状況を写真 - 3.6、写真 - 3.7 に示す。写真にあるように、まず覆工コンクリートの側面をはつて鋼材を埋め込み、コンクリートを打設した後に両側面の鋼材の間を鋼管でつないでいる。写真 - 3.7 にあるように、コンクリートが硬化するまでの間、鋼材で保護している。

その他の区間では、ひび割れの入った部分をはつて無収縮モルタルで埋める。

水がトンネルから外に漏れ出さないようにするために上塗り材を塗るべきである。上塗り材は塗布後 3 時間で流水の通過に耐えられるような仕様でなければならない。専門業者に意見を求めたところ、2 社から使えそうな提案があった。

ひとつはモルタルにイガソルという液体の凝結促進剤を混ぜてコテ塗りするというもので、もうひとつは石灰岩からなる白亜質の石粉をセメントと混ぜて薄く塗るアクティビットエナメルというものだった。どちらの材料も毒性はないが、比較の結果、施工の容易さと速さを考慮するとアクティビ

表 - 3.3 旧トンネル 過去の点検結果 (1/3)

実施者		SOGREAH		SOGREAH		DAWSSA			
実施時期		1967/2/17 - 27		1980/11/18 - 12/2		1999/9/19			
累加距離(m)	状態 *)	状況	累加距離(m)		状況	累加距離 (m)		状況	
			from	to		from	to		
0	1,380	3	汚れ 横断方向、長さ方向にひび割れ	146	200	天井から汚れた漏水	0	600	アクティブットの塗布
				190		ひび割れの補修跡 底面と側壁でひび割れは再度開く			
				225		ひび割れの補修跡 左側壁に開き0.5mm、長さ1mの目違いのないひび割れ			
							320		側壁に長さ4mのひび割れ 底面にひび割れ
							350		漏水
							400		漏水
							700	1,000	確認できる状態
				975		左側壁に開き0.2 - 0.3mm、長さ10mの目違いのないひび割れ	1,000		漏水
1,380	1,670	0	矩形断面の開削水路 水路は水たまりだらけの差込に埋もれている 地滑りの痕跡	1,395		No.1水路の始まり 左上部に汚れ			
1,380	1,440		補強	1,400	1,450	底面に多数の孔 セメントの塗布は傷んでいる	1,400	1,500	底面に不陸
				1,475		鉄筋のさびにより天井の上塗りが垂れ下がる			
				1,495		鉄筋のさびにより天井の上塗りが垂れ下がる			
				1,500		鉄筋のさびにより天井の上塗りが垂れ下がる	1,500	1,700	コンクリートがはく落 鉄筋が腐食
							1,700		No.5作業坑口 TD.1,500 - 1,600の断面寸法は 1.5x1.6m
1,670	2,400	3	かなりの量の湧水とひび割れ				1,700	1,800	昔の注入跡
							1,800	2,000	多少の小さなひび割れ
							2,130		0.2mmの小さなひび割れ
							2,150		0.2mmの小さなひび割れ
							2,250		0.2mmの小さなひび割れ
				2,390		No.2水路の始まり 底面に直径150mmの鋼管を1m間隔で入れている	2,350		コンクリートがはく落 鉄筋が腐食
							2,380		コンクリートがはく落 鉄筋が腐食
2,400	2,550	1	矩形断面の開削水路 長さ方向にひび割れ	2,400	2,550	No.2水路は鉄筋のさびにより天井の上塗りが垂れ下がる	2,450		コンクリートがはく落 鉄筋が腐食 断面寸法は1.35x1.75m
				2,480		新トンネルとの連絡坑付近の底面に開き1.0mmのひび割れ ひび割れの原因は注入	2,460		植物の根 底面に長さ50 - 60mのひび割れ
2,550	2,910	1	少し目の開いたひび割れ	2,585		天井と側壁に開き0.1mm、目違いのない横断方向のひび割れ 植物の根がある			
				2,610		右側壁に開き0.2mm、目違いのないひび割れ	2,650		底面に長さ3mのひび割れ
							2,670		底面に長さ3mのひび割れ
							2,680		左側壁にひび割れ
							2,700		昔の補修跡
							2,750		右側壁に長さ2mのひび割れ
							2,790		天井に長さ4mのひび割れ
							2,800		天井に長さ4mのひび割れ
2,910	2,970		補強						
2,910	3,060	1	矩形断面の開削水路 樹根を伴う鉛直方向のひび割れ	2,910		断面変化部 断面の縮小により流れが乱れる可能性がある			
				2,960		左側壁に開き0.5mm、長さ1.5mの目違いのないひび割れ	2,950		断面寸法は1.15x1.60m
							3,050		左側壁に十字型のひび割れと植物の根
3,060	3,090	2					3,060		矩形断面の終わり
3,090	4,245	3	底面は良好、重大なひび割れ無し アーチから若干の水がにしみ出す	3,090		側壁にアクティブットによる補修の跡			
				3,360		天井の孔から湧水			
				3,450		天井に被圧湧水 排水バルブはすり減っている			
				3,695		天井左側面に修理が必要な毛細管状のひび割れ			
				3,940		左側壁に開き0.5mm、長さ4mの若干の目違いを伴うひび割れ 右側壁に開き0.2mmの目違いのないひび割れ			
4,245	5,427	4	矩形断面の開削水路	4,640		左側壁に毛細管状のひび割れ			
				4,650		天井にコアボリングの孔			
				4,700		天井と側壁に遊離石灰			
				4,750		天井に長さ3mにわたって水がにしみ出す			
				5,250		天井にさび汁 上塗りからの漏水が鉄筋をさびさせた			
5,427	7,020	3	欠陥の補修 若干の流入水						
				6,395	6,410	鉄筋が露出			

表 - 3.3 旧トンネル 過去の点検結果 (2/3)

実施者		SOGREAH		SOGREAH		DAWSSA	
実施時期		1967/2/17 - 27		1980/11/18 - 12/2		1999/9/19	
累加距離(m)		状態 *)	状況	累加距離(m)		状況	
from	to			from	to	from	to
				6.600			左右側壁に開き0.3mm、長さ6.5mの0.2mmの目違いを伴うひび割れ
7.020	7.595	3	流入水	7.250			側壁に横断方向のひび割れ
				7.300			底面に多数の不陸
7.595	9.066	2	多数の凝結物 多少のひび割れ	8.130			左側壁に50x10cmの範囲でセメントがはく落
				8.460			天井から水がにしみ出す
				8.515			天井から水がにしみ出す
				8.550			天井から水がにしみ出す
				8.880			天井から水がにしみ出す
				8.965			天井の鉄筋が露出した箇所で若干の湧水
				8.950	9.000		天井から大量の湧水 エンピコモルタルで補修した変化無し
				9.412			右側壁に開き0.3mm、長さ3mの目違いのないひび割れ
				9.530			側壁を網で補修した跡
9.544	9.563		1号水路橋	9.532			天井に穴とひび割れ(危険でない)
9.563	10.780	0	トンネルは崩落の危機 トンネルは赤い泥灰岩区間では水浸し 高さ1mの位置に連続した目の開いた ひび割れ ところどころトンネルに穴が開いている ひび割れの目違いは2cmに達する 天井に石を積めたすき間 トンネルの近くにセメント工場の粘土採取場 横断方向のひび割れに直ちに対策を取 らないとトンネルが崩壊するかもしれない	9.542			天井と側壁に横断方向の開き0.2mm、目違いのないひび割れ 鉄筋は露出している
				9.562			右側壁に穴
				9.575			左右側壁に開き0.2 - 0.3mmの長さ方向のひび割れ 左右側壁に毛細管状のひび割れ
				9.600	9.660		左右側壁に開き0.3mmの毛細管状のひび割れ
				9.715			昔の補修跡にガラスの目印 状態は良好
				9.760			横断方向の開き0.3mmのひび割れに2つの壊れたガラスの目印
				9.775			横断方向に目違いのないひび割れ 2つのガラスの目印のうち1つは壊れている 底面は荒れている
				9.900			底面は不陸と穴で荒れている 上塗りをはがれている
				10.000	10.150		表面ははがれている
				10.550			横断方向に開き1mmの目違いのないひび割れ
10.533	10.579		2号水路橋	10.530	10.600		天井の鉄筋が露出
				10.586			横断方向に2列の開き1 - 1.5mmの目違いのないひび割れ 1つはアルミセメントで補修
				10.595			直径250mmの水抜き孔
10.719	10.779		3号水路橋				
10.760	11.072	3	無数の流入水 アーチの天井と肩に遊離石灰				
11.705	12.325	3	若干の流入水 サイホンの直上流に長さ20mのひび割れ				
12.325	12.745		1963/3/12にサイホンに事故が発生し、直ちに補修した				
12.745	13.630	2	コンクリートは多孔性に見える				
				12.855			底面と側壁に開き0.5mmの目違いのないひび割れ
				12.857			左側壁に開きのないひび割れ
				12.930			天井に開き0.5 - 0.7mmの目違いのないひび割れ 多量の植物の根
				12.937			トロマイトの材料山の下の通る
				13.020	13.030		エンピコモルタルで補修したひび割れの跡 状態は良好
				13.100	13.110		天井から水がにしみ出す
				13.247			左右側壁に開き0.2 - 0.7mm、数mの長さの長さ方向のひび割れ
				13.250			開き0.2mmの若干の目違いを伴うひび割れ
				13.300			アクティブで平滑にした区間の終わり
				13.640			両側壁に開きのない長さ方向のひび割れ
13.630	13.872	0	トンネルに穴が開いている トンネル内の水が泥灰岩の膨張を促進するおそれがある 長さ方向にひび割れがあるが深刻ではない	13.652	14.400		アクティブで平滑にした区間
				13.740	13.760		骨組みで補強 補強した区間は両方とも上をトラックが通る 地山被りは8 - 10m
13.872	14.625	2	No.35作業坑の下流に石灰石の採取場 若干の流入水	13.920	13.935		カルシウム岩の下を通る 骨組みで補強 変化無し
				14.000	14.400		天井によく認識できる多数のひび割れ ところどころ水がにしみ出す 水抜きは破損
				14.420			左右側壁に開き0.1mmの長さ方向のひび割れ

表 - 3.3 旧トンネル 過去の点検結果 (3/3)

実施者		SOGREAH		SOGREAH		DAWSSSA	
実施時期		1967/2/17 ~ 27		1980/11/18 ~ 12/2		1999/9/19	
累加距離 (m)		状況		累加距離 (m)		状況	
from	to			from	to	from	to
				14,400	14,800		
14,625	15,745	3	長さ方向にひび割れがあるが深刻でない 少量の流入水				
				15,200	15,300		
				15,340			
				15,345			
				15,370			
				15,400	15,600		
				15,730			
				15,740			
15,745	16,212	3	状態は良好 表面は汚れている	15,785			
				15,830			
			No.37作業坑口にひび割れ	15,920			
				15,925			
				15,930			
16,161	16,208	4	4号水路橋				

*)数字と状態の関係は以下のとおり

- 4 very good state
- 3 good state
- 2 good enough state
- 1 tolerable state
- 0 alarming state

図 - 3.6 旧トンネル よう壁と押さえ盛土による補強区間 横断面

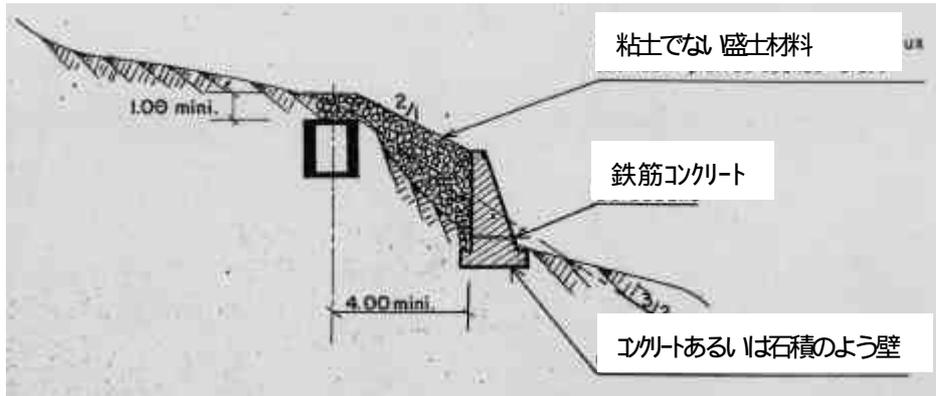
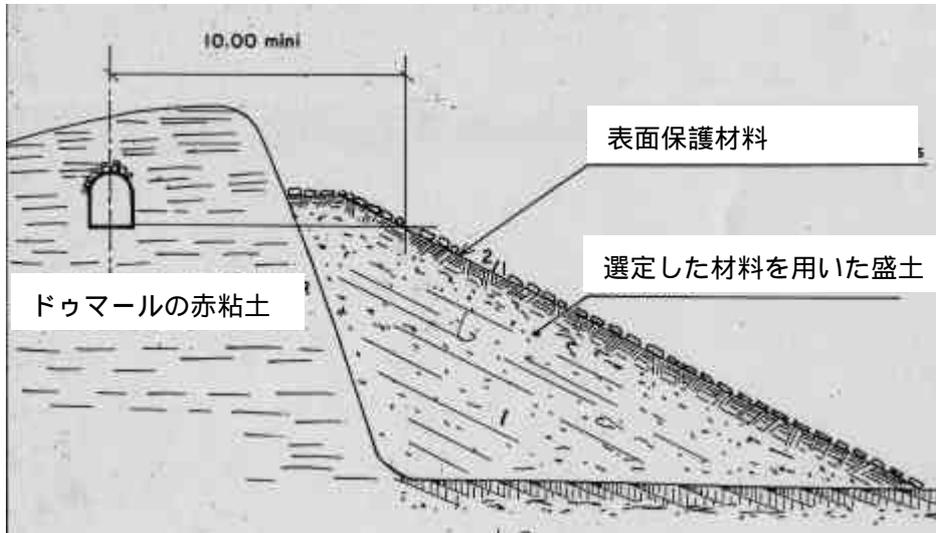


図 - 3.7 旧トンネル 押さえ盛土による補強区間 横断面



ットを推奨する。

アクティビットは泥状に練り混ぜたものを特別な技術を要しないで 0.8mm 厚さで 3 層に刷毛で塗ることができる。特別な試験で凝結促進剤を入れた場合に塗布後 3 時間で水の通過を許した。

長さ方向の目違いのあるひび割れは石綿セメントを用いた無収縮モルタルで補修する。

ワリ No.4 地下送配水池のひび割れの補修作業を担当した技術者からの聞き取りでは、アクティビットは 1960 年代の終わり頃に製造が中止され、現在では入手不能とのことであった。

フランス SOGREAH 社が実施した 1980 年 11 月の旧トンネルの点検報告書では以下のような対策を推薦している。

トンネルは 1968 年の補修以来順調に運用されており、ひび割れに変化は無いので、新しい補修は不要である。

補修すべき目の開いたひび割れの全長は 70m 以下である。

TD.7,300 ~ TD.7,800m、TD.9,760 ~ TD.9,990m の区間では底面のコンクリートが傷んでいるので、傷んだ部分を除去して金網を張り、コンクリートを打設すべきである。

地山被りが浅くて上に人家が建っている箇所では汚水が流れ込むおそれがあるので、以下の対策を立てるべきである。

- ・ 地山被りが 20m 以下の区間ではトンネルの中心線から左右 25m の区域には建物を建てさせない
- ・ 地山被りが 10m 以下の区間では道路以外の場所に壁を立てる
- ・ 地表にトンネル位置の目印を立てる
- ・ トンネルの両側に観測装置を設置する

上記に関連して DAWSSA から聞き取り調査を実施したところ、以下のような情報を得た。

- ・ トンネルの中心線から左右約 20m までの地表部分には DAWSSA の所有権があるが、一旦その中にできてしまった家屋や畑を立ち退かせることは難しい
- ・ トンネル直上にある家屋の生活排水がトンネルに浸透しないように塩ビ管で排水を回している

b) 水路橋

1967 年の点検報告書によると、水路橋は以下のように補強された。

ダマスカス市の飲料水の需要の増加に対応するために、より多くの水を送水できるように 1960 年から水路を補強した。

1 号 ~ 3 号水路橋の外側に 2 本の鉄筋コンクリートの桁とプレキャストコンクリート製の底板を取り付けて補強した。

3 号水路橋が破損した場合のバイパスとして、内径 1,200mm の石綿セメント製のサイホンを設けて水路を 2 系統にした。

DAWSSA からの聞き取りによると、水路橋の補強に関する図面は残っているが、構造設計計算書は残っていないとのことであった。

c) サイホン

1967年の点検報告書によると、サイホンは以下のように補修、増強された。

ドゥマール溪谷のサイホンに関しては、1960年に内径750mmの鋼製のサイホンが増設されて2系統になった。

1963年3月12日に既設のサイホンの下流側が地すべりのために損傷したので、鋼管で応急修理した。DAWSSAからの聞き取りによると、このサイホンは現在は使われていないとのことである。

1963～1964年に前記の2つのサイホンを補うために内径1,000mmの石綿セメント製のサイホンが増設された。その後、1970年代に入って内径1,400mmの石綿セメント製のサイホンが増設されている。

3 - 3 旧トンネルの診断結果

(1) 覆工劣化状況

旧トンネルにおける損傷の位置、劣化程度等を把握することを目的に、フィジェ湧水からワリ送配水池までの16.2kmの区間について目視および打音による調査を実施した。

a) 診断方法

覆工コンクリートの目視調査は表-3.4に示す変状について調査を行い、主な変状箇所について写真撮影を行った。測定位置のTD。(Total Distance: 始点からの累計距離)は100m毎に設置された距離標を基点とし、ウォーキングメジャー(車輪の回転により距離を測る道具)により求めた。

打音調査ではコンクリート調査用のハンマーを用い、覆工表面の打撃音から、覆工コンクリートの品質、コンクリートの空隙等について確認した。

表 - 3.4 変状の種類と調査内容

変状の種類	調査内容
(1) ひび割れ	位置、長さ、幅、方向、段差の有無、進行性
(2) はく離・はく落	位置、面積、深さ
(3) 洗掘・摩耗	位置、面積、深さ
(4) 継目変位	位置、長さ、継目の開き、ずれ量
(5) 湧水・噴泥	位置、湧水量、にごり、水温、土砂量
(6) 変位・変形	位置、面積、変位・変位置量、方向

b) 診断結果

予備調査の診断結果を表-3.5に、主な変状を記載した総合展開図を図-3.9にそれぞれ示す。旧トンネルの劣化状況は以下のとおりである。

旧トンネルは供用を開始してから80年以上を経ているが、全般的に覆工コンクリート自体の品質は良く、覆工表面に塗布された補修モルタルの付着状況も良好である。

覆工コンクリート表面は、水位以下の部分（側壁・底面）に茶色の物質が薄く付着しているが、手でこするとはがれる。この茶色の物質は、流水中に含まれる物質あるいは、藻類と推定される。

予備調査で確認された旧トンネルの変状は、ひび割れ、樹根の侵入、はく離・はく落、補強鋼管の腐食、底面の不陸であった。

これらの変状のうち、樹根の侵入およびはく離・はく落は主に矩形断面の区間で生じている。

また、旧トンネルにおいては湧水量が1（l/min）を超える箇所はなく、滴水、にじみ程度であった。

（2）地山の状況

旧トンネルは、バラダ川に沿うように建設されており、地山被りの小さい区間では開削・埋め戻し、地山被りの比較的大きい区間ではトンネル掘削が行われている。旧トンネルについては、建設時の地質記録がないためトンネル経過地の詳細な地質状況は不明であるが、1/50,000地質図、新トンネルの地質情報および地表踏査の結果から以下のように推定される。（表 - 3.6 参照）

- ・ TD.0 ~ TD.2,250m（区間距離 2,250m）
 - 白亜紀から古第三紀の石灰岩、泥灰岩質石灰岩および泥灰岩が分布している
 - TD.500 ~ TD.1,100m 付近の地表部には古い地すべり堆積物が分布しているが、この地すべりは現在安定しており堆積物も良く固結している
- ・ TD.2,250 ~ TD.9,600m（区間距離 7,350m）
 - 新第三紀の良く固結した礫岩が分布している。TD.2,400 ~ TD.2,550m 付近には礫岩起源の崖錐堆積物が分布しており、開削・埋め戻しでトンネルが建設されている
 - 1号水路橋は、TD.9,544 ~ TD.9,563m に位置している
- ・ TD.9,600 ~ TD.10,700m（区間距離 1,100m）
 - 新第三紀の粘土質～シルト質泥灰岩が分布している
 - この泥灰岩層自体は固結度が小さいが、固結度の大きい礫岩層を頻繁に挟在している
 - 2号水路橋は、TD.10,533 ~ TD.10,579m に位置している
- ・ TD.10,700 ~ TD.16,200m（区間距離 5,500m）
 - 古第三紀から白亜紀の石灰岩、ドロマイト質石灰岩、泥灰岩質石灰岩、泥灰岩が分布している
 - トンネルは TD.14,000m 付近からカシオン山の中を通過するが、TD.15,700m 付近から TD.16,200m にかけては、カシオン山を抜けて道路の下を小さな地山被りで通過している

（3）水量・水質の状況

2003年9月30日にDAWSSAが実施した漏水調査によると、旧トンネルの漏水率は40%以上にもなるとのことであるが、予備調査におけるトンネル内面調査ではそのような大量の漏水が生じるようなひび割れや穴は確認されなかった。

また、旧トンネルを通過する水の残留塩素濃度を測定したところ、基準を満たす濃度が確保されていたので、予備調査を実施した時点では水質に影響を与えるような湧水はないと判断される。DAWSSAは冬期には降雨のためにトンネル内への湧出水量が増加して水質が悪化する可能性があるとして説明しているため、基本設計調査を実施する時にトンネル内の湧出水量を再度測定するとともに、トンネルの始点と終点で塩素濃度を再度測定し、影響を確認する。

表 - 3.5 旧トンネル診断結果

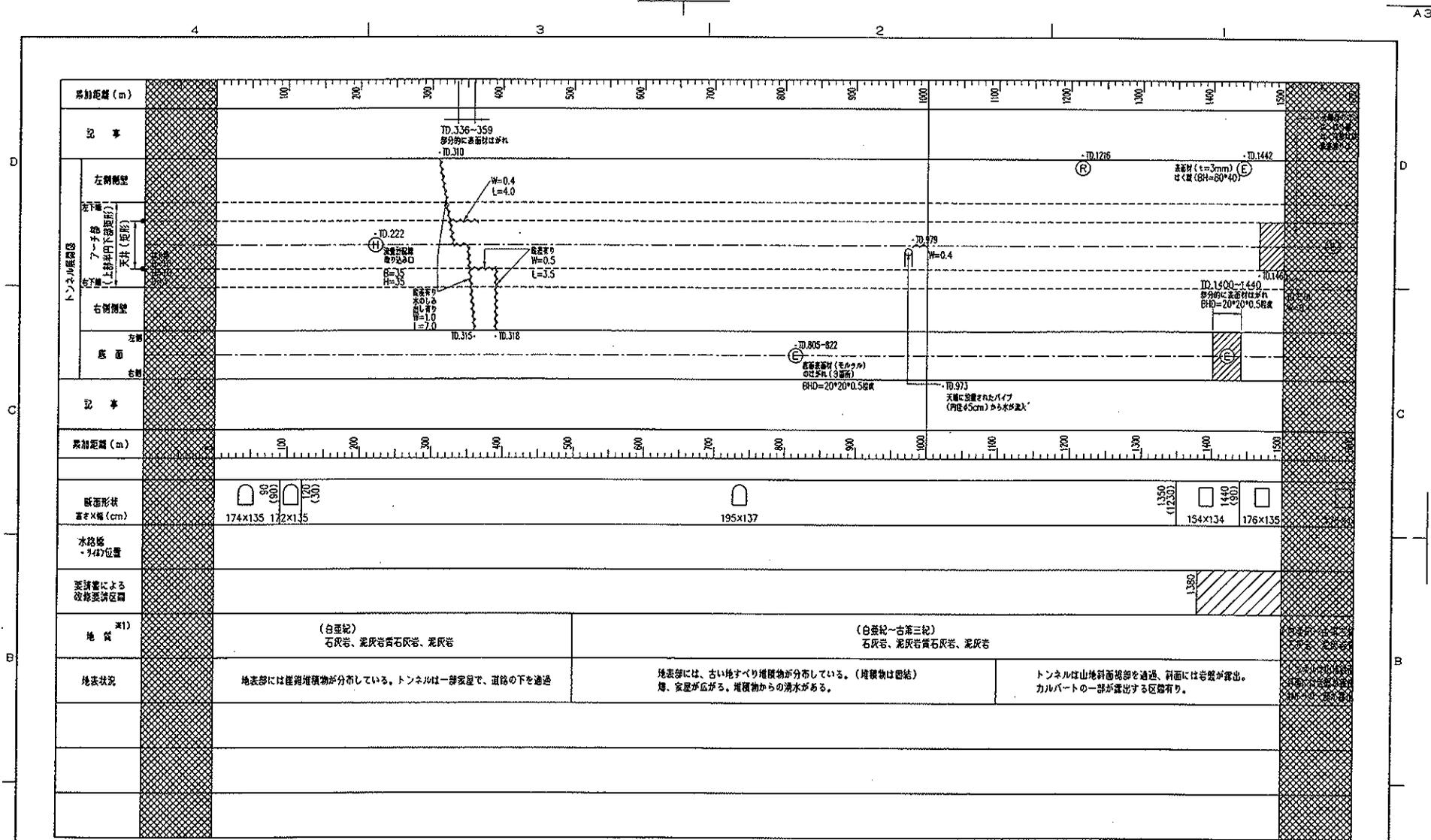
No.	主な変状		発生箇所 (TD.m)			状 況	予想される劣化機構 (変状原因)	今後の対応 (案)	備 考
			始点	終点	区間 距離				
1	ひび割れ		310	318	8	アーチ 側壁部に斜め方向のひび割れ (幅 1.0mm 段差あり) 左右アーチ肩部に縦断方向のひび割れ (幅 0.4 ~ 0.5mm 程度) 右側壁に横断方向のひび割れ (幅 0.5mm)	・支持力不足 ・不等沈下 (トンネル軸の回転を伴う) ・上載荷重	当該地点地表部の上載荷重を確認する。必要があれば、ひび割れ補修を行う なお、旧トンネル内には既にひび割れ補修および断面修復を行っている箇所があり、補修箇所の状況は良好である。このような補修については、現地の施工業者で対応することも可能であると思われる。	ひび割れ幅の 最大値 3mm
2			9,641	-	-	アーチ部に横断方向のひび割れ (幅 0.1mm)	継目の開き ・温度応力 ・乾燥収縮	・ひび割れ補修	
3			9,764	9,841	77	アーチ部に横断方向のひび割れ (幅 (ヘアークラック) ~ 0.25mm 複数)。 ひび割れの進行性を確認するためのガラス板 (厚さ1mm) が設置されている。 割れているガラス板が確認された。	継目の開き ・温度応力 ・乾燥収縮 ・不等沈下	ガラス板に段差は見られず、ひび割れ幅も小さい。 ひび割れの進行は収束している可能性が高い。 今後も継続監視を行う	
4			10,549	10,599	50	< 2号水路橋 > TD.10,575 ~ 10,590 天井 側壁部に 40cm で横断方向のひび割れ (幅 0.2 ~ 0.3mm 複数)。 継目近く天井 側壁部に横断方向のひび割れ (幅 2mm) 隅角部下に軸方向のひび割れ (幅 0.3mm)。	水路橋区間であり、トンネルの劣化機構と異なるが、曲げモーメントせん断力が原因となっていると考えられる。	2号水路橋は地表面まで埋設されている。上載荷重はなく、変状の進行はないと考えられる。 TD.10,575 ~ 10,590 区間は、ひび割れ密度が高く、ライニングによる補強も考えられるが、ひび割れ補修が原則となる。	2号水路橋近傍にゴミ捨て用と思われる大きな穴がある。

No.	主な変状		発生箇所 (TD.m)			状 況	予想される劣化機構 (変状原因)	今後の対応 (案)	備考
			始点	終点	区間 距離				
5			10,747	10,770	23	< 3号水路橋 > 天井 側壁部に横断方向のひび割れ (幅 0.1~0.25mm)、 水路橋主桁下部に鉄筋が露出している箇所が確認された。 今回調査では、水路橋明かり部に漏水箇所は確認されていない。	水路橋区間であり、トンネルの劣化機構と異なるが、曲げモーメント・せん断力が原因となっていると考えられる。	ひび割れ補修 主桁等の明かり部についても補修を行うことが望ましい。	
6			13,940	13,945	5	補強鋼管終点から左右側壁に縦断方向のひび割れ (幅 0.6mm)	・温度応力 ・乾燥収縮 ・側圧 (土圧)	ひび割れは、幅が小さく進行する可能性は小さい 今後も継続観察を行う	
7			15,721	16,071	350	アーチ 側壁部に斜め方向および横断方向のひび割れ (幅 0.1~2.0mm 段差あり) 左右アーチ肩部に縦断方向のひび割れ (幅 (ヘアークラック)~0.06mm) 底面部に横断方向のひび割れ (幅 流水により確認できず) トンネルの地表部は道路となっている。	・支持力不足 ・不等沈下 (トンネル軸の回転を伴う) ・上載荷重	ひび割れ補修 ・グラウト注入	
8		樹根の侵入	1,216	-	-	左側壁最下部から樹根が侵入 根の長さ30cm程度	トンネルからの漏水によりひび割れ、施工継目から樹根が侵入し、樹根の膨張圧でひび割れが拡大したと推定される。	樹根の除去 断面修復 樹根の侵入防止 現在、樹根が侵入している箇所、かぶり厚、地表の植生状態を勘案して、補強区間を設定する必要がある。 樹根の侵入を防ぐためにトンネル内部にライニングを行う。ライニングの材料については別途検討を行う必要がある。	

No.	主な変状		発生箇所 (TD.m)			状 況	予想される劣化機構 (変状原因)	今後の対応 (案)	備考
			始点	終点	区間 距離				
9			2,471	2,642	171	ひび割れ部から樹根が侵入 アーチ 側壁部に横断方向 (幅 0.5 ~ 3.0mm) のひび割れ、底面部に縦断方向のひび割れ	トンネルからの漏水により ひび割れ、施工継目から樹根が侵入し、樹根の膨張圧でひび割れが拡大したと推定される。	樹根の除去 断面修復 樹根の侵入防止 現在、樹根が侵入している箇所、かぶり厚、地表の植生状態を勘案して、補強区間を設定する必要がある。 樹根の侵入を防ぐためにトンネル内部にライニングを行う。ライニングの材料については別途検討を行う必要がある。	
10			8,848	8,849	1	左右側壁下部から樹根が侵入。侵入部周辺にひび割れは確認されなかった。 樹根の直径は 1.5cm 程度であった。	"	"	
11			9,548	-	-	< 1号水路橋 > ひび割れから根が侵入、アーチ 側壁部に横断方向 (幅 0.7 ~ 1.4mm 程度)	"	"	橋桁に鉄筋露出部あり 補修することが望ましい。
12	はく離 はく落	表面材のはがれ	全線に点在	-	-	アーチ 側壁部表面に塗布された表面被覆材 (アクティブット) が部分的にはがれている。	表面被覆材の材料劣化 施工継目からの水の浸入 施工不良 (下地処理) 新トンネルでもアクティブットが覆工表面に塗布されているが、新トンネルに比べ、旧トンネルの方が付着が悪い。 これは、被覆材の下地となる覆工表面の違いによるものと推定される。	必要に応じて表面被覆材の再塗布を行う	

No.	主な変状		発生箇所 (TD.m)			状 況	予想される劣化機構 (変状原因)	今後の対応 (案)	備考
			始点	終点	区間 距離				
13			1,442	-	-	側壁部の表面材 (≒ 3mm 程度) には がれている箇所 (幅 80cm × 高さ 40cm) が確認された。	材料劣化 流水の浸入	必要に応じて表面材を施工	
14		鉄筋露 出 (矩形 断面)	1,465	1,670	205	< 矩形断面 > 天井にはく離・はく落 が生じ、鉄筋が露出している。鉄筋 腐食は著しく、補強材としての機能は 無い。土被りは 1.5m 程度であり、上 載荷重は小さい。 TD.1,465 ~ 1,600 (ほぼ全面) TD.1,600 ~ 1,632 (50%劣化) TD.1,632 ~ 1,670 (局部的)	劣化の主原因は施工不良か ぶり不足である。かぶりは最大 でも 3cm 程度しかない。コン クリートにモルタル分が少ない ため、中性化の進行が早かっ たことも原因のひとつと考えら れる。	劣化部 (コンクリート鉄筋) の除去・補強材 (鉄筋) の設 置・断面修復 天井の断面厚 が薄い (13cm) ので、ライニ ングによる補強も選択肢の 1 つ と考えられる。	コンクリートの粗 骨材には、川砂 利を用いていたと 推定される。過 去の補修におい て、腐食した鉄筋 を残したままモル タルを上から塗布 している可能性が ある。
15			2,937	3,018	81	< 矩形断面 > 天井に、はく落 (鉄筋露出) および浮 きが点在する。 かぶりはほとんどない (0.5cm 程度)	かぶり不足	"	
16			9,555	9,561	6	< 1号水路橋 > 天井にはく落 (鉄筋露出)	"	"	
17			10,549	10,590	41	< 2号水路橋 > 天井・左右側壁に鉄筋露出のはく 落、および浮きが点在する。	"	"	
18			10,735	10,780	45	< 3号水路橋 > 天井・左右側壁にはく落 (鉄筋露 出) および浮きが点在する。	"	"	
19		鉄筋露 出 (上部半 円)	4,341	4,417	76	アーチ中央部にはく落 (鉄筋露出、 幅 3cm × 高さ 10cm 程度) が点在する。 鉄筋のかぶりはない。 TD.4,400 ~ 4,417 間に多く発生して いる。	"	腐食鉄筋の除去 補強材の設置 断面修復 変状規模は小さく補修優先 度は低い。	

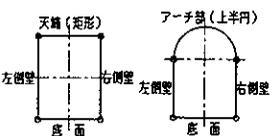
No.	主な変状		発生箇所 (TD.m)			状 況	予想される劣化機構 (変状原因)	今後の対応 (案)	備考
			始点	終点	区間 距離				
20			5,260	8,213	2,953	アーチ部にはく落 (鉄筋露出、幅 10cm × 高さ10cm 程度) が点在する。 鉄筋のかぶりはない。	かぶり不足	・腐食鉄筋の除去 ・補強材の設置 ・断面修復 ・変状規模は小さく補修優先 度は低い。	
21			9,884	10,397	513	左右の側壁にはく落 (幅 20cm × 高さ 20cm 程度) が点在する。	"	"	
22	補強鋼管 の腐食		9,929	9,960	31	アーチ部横断方向に 1m 間隔で設置 されている補強鋼管 (9cm) の表面 が腐食。 鋼管設置部のモルタルにはく離 はく 落が生じているが、本体のコンクリート に変状はない。	・経年劣化 ・不十分なメンテナンス	・さびの除去 ・防錆材の塗布	
23			9,968	9,980	12	"	"	"	
24			9,985	10,005	20	"	"	"	
25			10,182	10,213	31	"	"	"	
26			10,218	10,224	6	"	"	"	2m 間隔
27			10,245	10,254	9	"	"	"	
28			10,718			"	"	"	1本のみ
29			13,740	13,759	19	"	"	"	
30			13,813	13,826	13	"	"	"	
31			13,929	13,938	9	"	"	"	
32	底面 の不陸		1,400	1,440	40	底面部に不陸 (深さ5cm 程度)	・補修の施工不良 ・材料劣化	断面修復	
33			7,200	7,264	64	底面部に不陸が点在 (深さ5cm 程 度)	"	"	不陸は建設時 から存在する可能 性がある。
34			7,310	7,329	19	"	"	"	
35			9,766	9,960	194	"	"	"	
36	サイホン 部		12,289	12,702	413	現地踏査はしていない			



※1) 1/50,000地質図、新トンネル地質図、及び地表踏査からの推定

標準断面

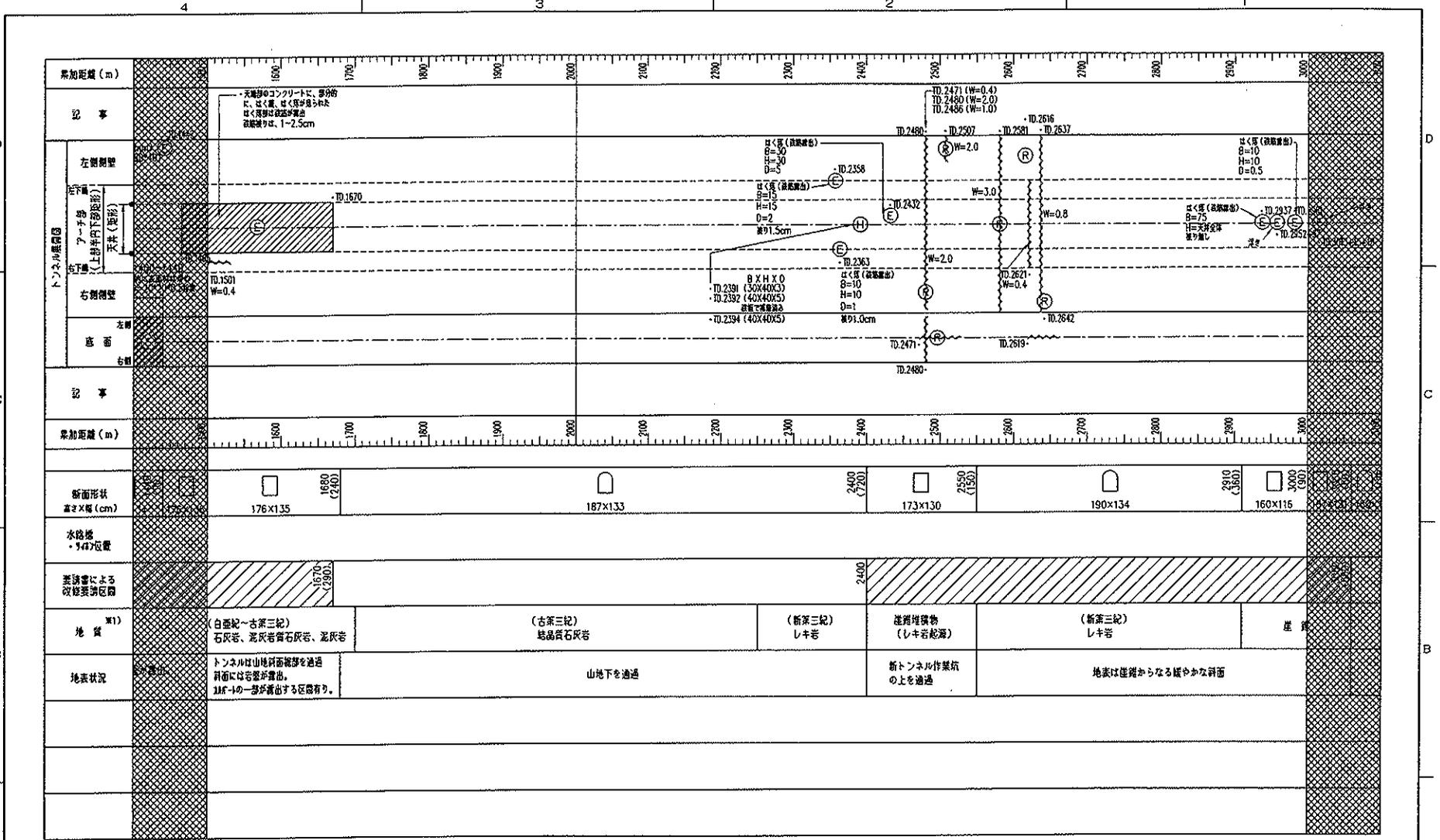
風筒図凡例			
	: ひび割れ ・ 縦断方向のひび割れは、 上流方向を基準として 縮尺1/50で記載 W (mm) : ひび割れ幅 L (m) : ひび割れ長さ	(E) : はく離-はく落 B (cm) : 幅 (掘削方向) H (cm) : 高さ (掘削方向) D (cm) : 深さ	(W) : 湧水・噴水 V (l/min) : 湧水量 T (℃) : 湧水温度
	(U) : 洗掘・塵積 B (cm) : 幅 (掘削方向) H (cm) : 高さ (掘削方向) D (cm) : 深さ	(R) : 樹根の侵入 (P) : 特殊湧水 (L05) : 石灰付帯 (5m幅) (L010) : " (10m幅) (H) : 穴	



シリア・アラブ共和国ダマスカス
導水トンネル改修計画 予備調査

図-3.9 旧トンネル 調査結果 (11-1)
総合展開図 (TD.0~1.5km)

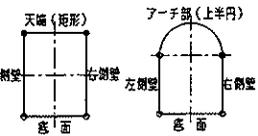
位置	年月日	記	事	署名	種別:	年月日



※1) 1/50,000地質図、新トンネル地質認識、及び地表踏査からの推定

標準断面

展開図凡例	
<p>1/500</p>	<p>○ : ひび割れ</p> <p>・ : 縦断方向のひび割れは、上突方向を基準として縮尺1/50で記載</p> <p>W (mm) : ひび割れ幅</p> <p>L (m) : ひび割れ長さ</p>
<p>⊙ : なく漏・なく落</p> <p>⊙ (cm) : 幅 (縦断方向)</p> <p>⊙ (cm) : 高さ (横断方向)</p> <p>⊙ (cm) : 深さ</p>	<p>⊙ : 湧水・噴泥</p> <p>V (l/min) : 湧水量</p> <p>T (°C) : 温度</p>
<p>⊙ : 洗掘・塵埃</p> <p>⊙ (cm) : 幅 (縦断方向)</p> <p>⊙ (cm) : 高さ (横断方向)</p> <p>⊙ (cm) : 深さ</p>	<p>⊙ : 岩塊の侵入</p> <p>⊙ : 補強鋼管</p> <p>(L05) : 石灰岩 (5m間隔)</p> <p>(L010) : " (10m間隔)</p> <p>⊙ : 大</p>



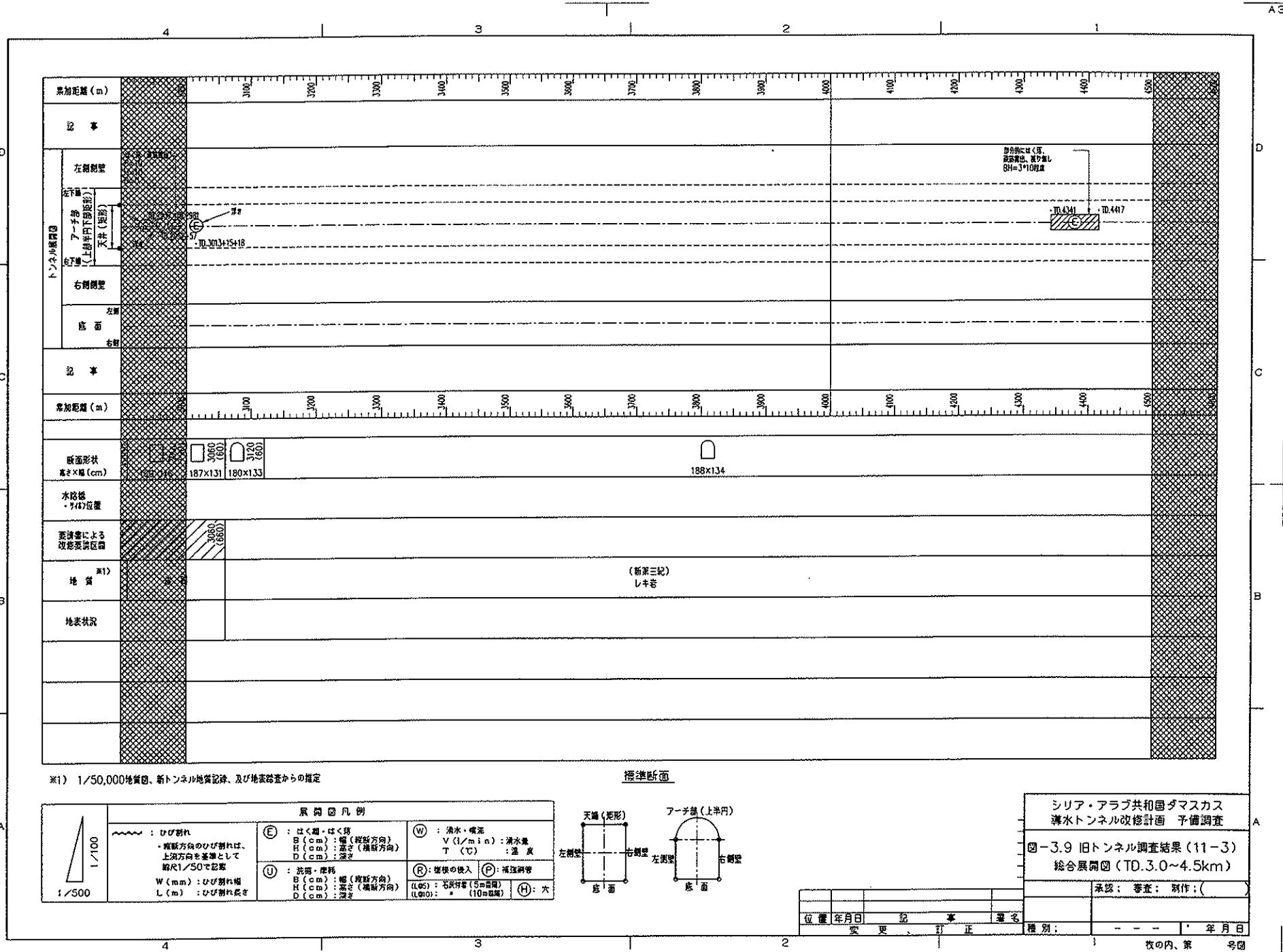
シリア・アラブ共和国ダマスカス
導水トンネル改修計画 予備調査

図-3.9 旧トンネル調査結果 (11-2)
総合展開図 (TD.1.5~3.0km)

承認: 審査: 制作: ()

位置 年月日 変更 訂正 署名 種別: 年月日

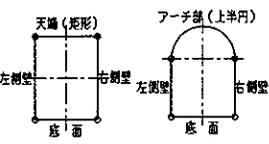
枚の内、第 号図



※1) 1/50,000地質図、新トンネル地質記録、及び地表調査からの推定

標準断面

展覧図凡例			
 1/500	〰️ : ひび割れ ・ 縦断方向のひび割れは、 上流方向を基準として 縮尺1/50で記載 W (mm) : ひび割れ幅 L (m) : ひび割れ長さ	(E) : はく露・はく露 B (cm) : 幅 (縦断方向) H (cm) : 高さ (横断方向) D (cm) : 深さ	(W) : 湧水・噴出 V (l/min) : 湧水量 T (°C) : 温度
	W (mm) : ひび割れ幅 L (m) : ひび割れ長さ	(U) : 洗掘・塵埃 B (cm) : 幅 (縦断方向) H (cm) : 高さ (横断方向) D (cm) : 深さ	(R) : 埋物の挿入 (L05) : 石灰岩 (5m間隔) (L010) : * (10m間隔)



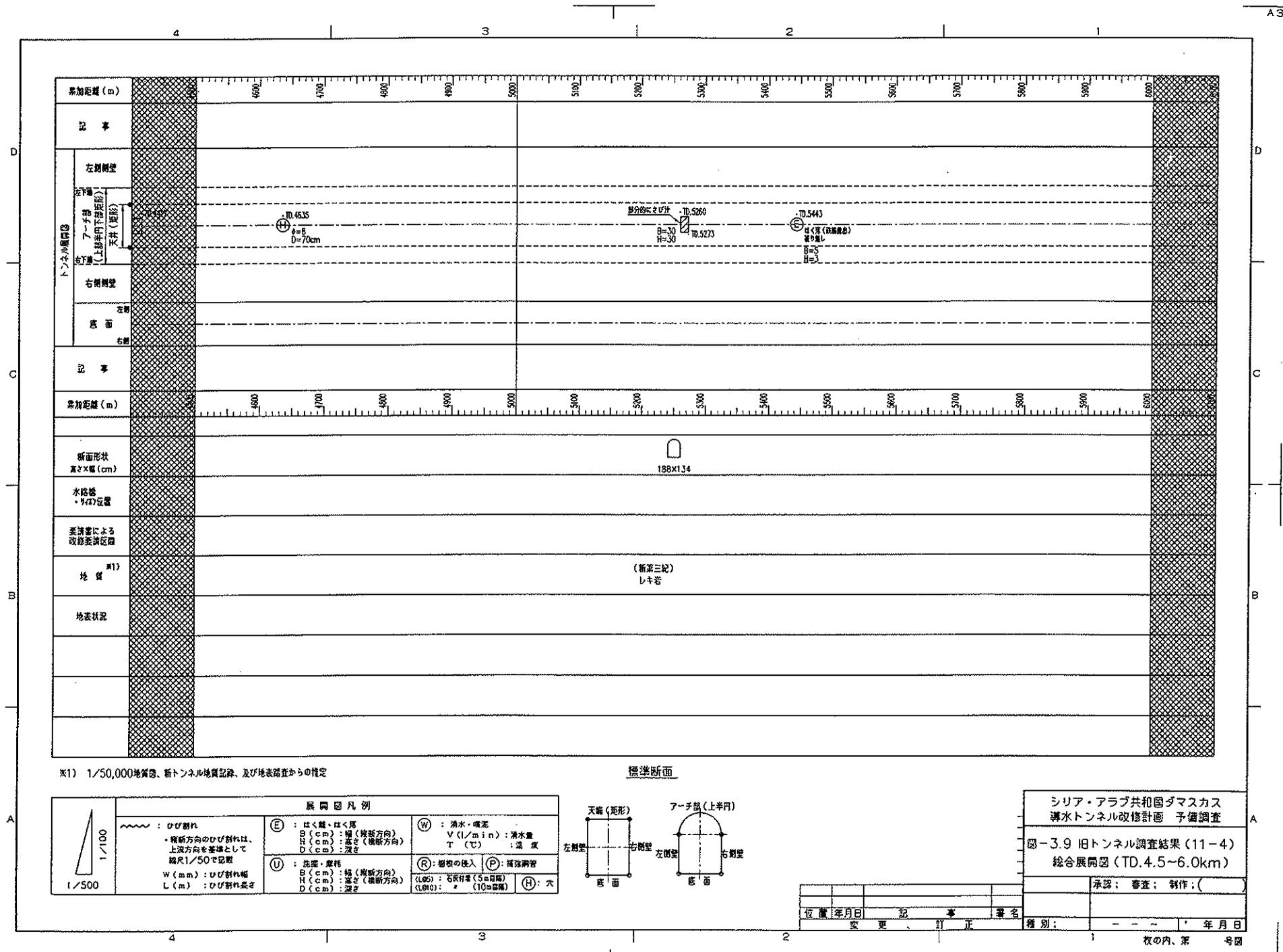
シリア・アラブ共和国ダマスカス
 導水トンネル改修計画 予備調査

図-3.9 旧トンネル調査結果(11-3)
 総合展開図(TD.3.0~4.5km)

承認: 審査: 制作: ()

位置 | 年月日 | 記 | 本 | 署名
 変更 | 訂 | 正 | 種 | 別 | : | - | - | - | 年 | 月 | 日

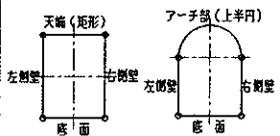
枚の内、第 号図



※1) 1/50,000地質図、新トンネル地質記録、及び地表踏査からの推定

標準断面

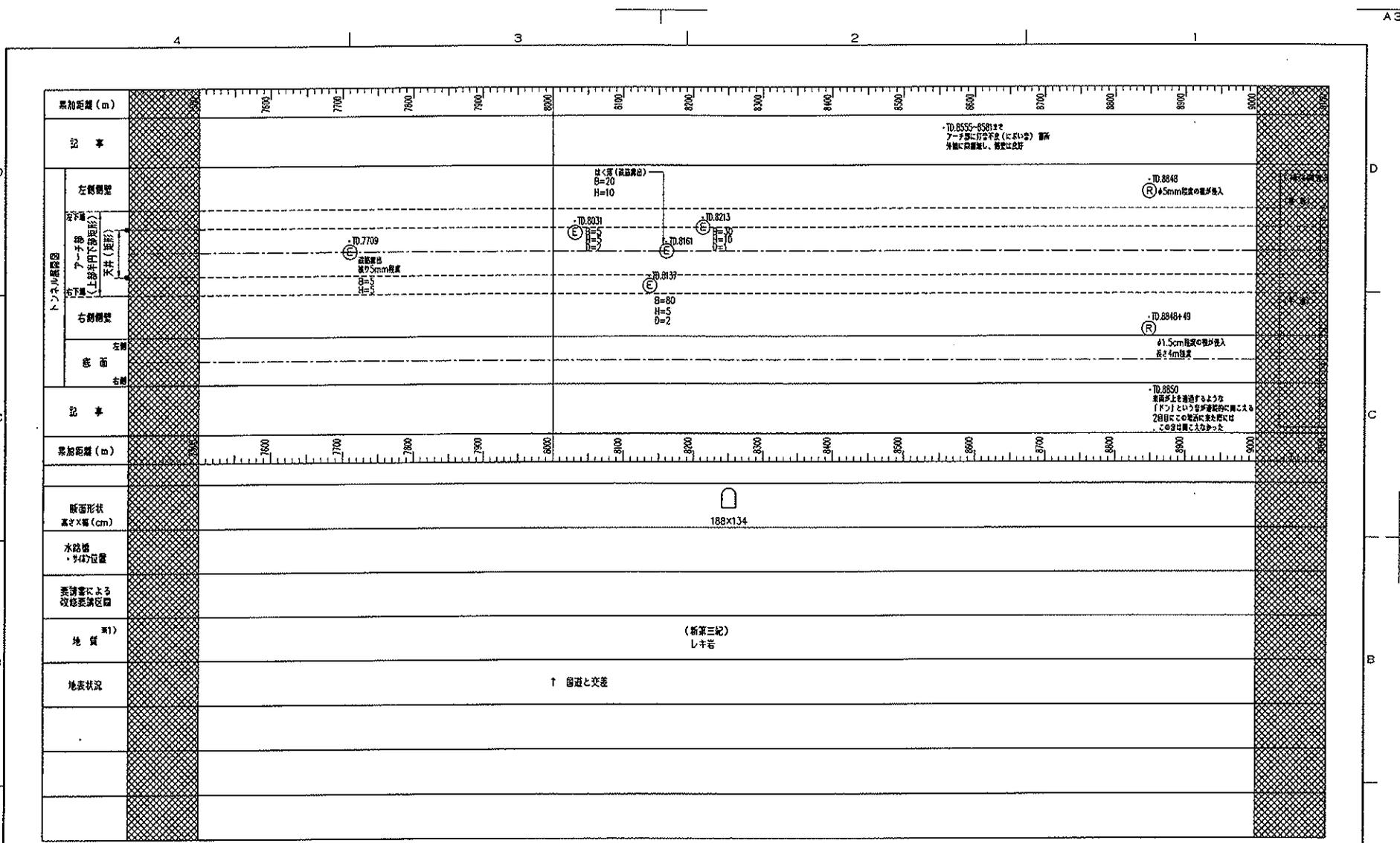
展開図凡例	
<p>1/500</p>	<p>〰️ : ひび割れ</p> <p>• : 掘断方向のひび割れは、上流方向を基準として縮尺1/50で記載</p> <p>W (mm) : ひび割れ幅</p> <p>L (m) : ひび割れ長さ</p>
<p>Ⓔ : はく露・はく露</p> <p>B (cm) : 幅 (掘断方向)</p> <p>H (cm) : 高さ (掘断方向)</p> <p>D (cm) : 深さ</p>	<p>Ⓐ : 湧水・噴出</p> <p>V (l/min) : 湧水量</p> <p>T (℃) : 温度</p>
<p>Ⓤ : 洗掘・塵埃</p> <p>B (cm) : 幅 (掘断方向)</p> <p>H (cm) : 高さ (掘断方向)</p> <p>D (cm) : 深さ</p>	<p>Ⓡ : 掘削の侵入</p> <p>Ⓟ : 特殊鋼管</p> <p>(L95) : 右戻付草 (5m間隔)</p> <p>(L910) : # (10m間隔)</p> <p>Ⓜ : 穴</p>



シリア・アラブ共和国ダマスカス
導水トンネル改修計画 予備調査

図-3.9 旧トンネル調査結果(11-4)
総合展開図(TD.4.5~6.0km)

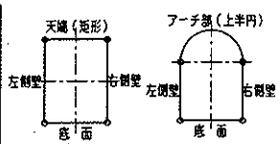
位置		年月日		記 事		署名		承認; 審査; 制作: ()	
変更		訂正		種別:		年月日		枚の内、第 号図	



※1) 1/50,000地質図、新トンネル地質記録、及び地表踏査からの推定

標準断面

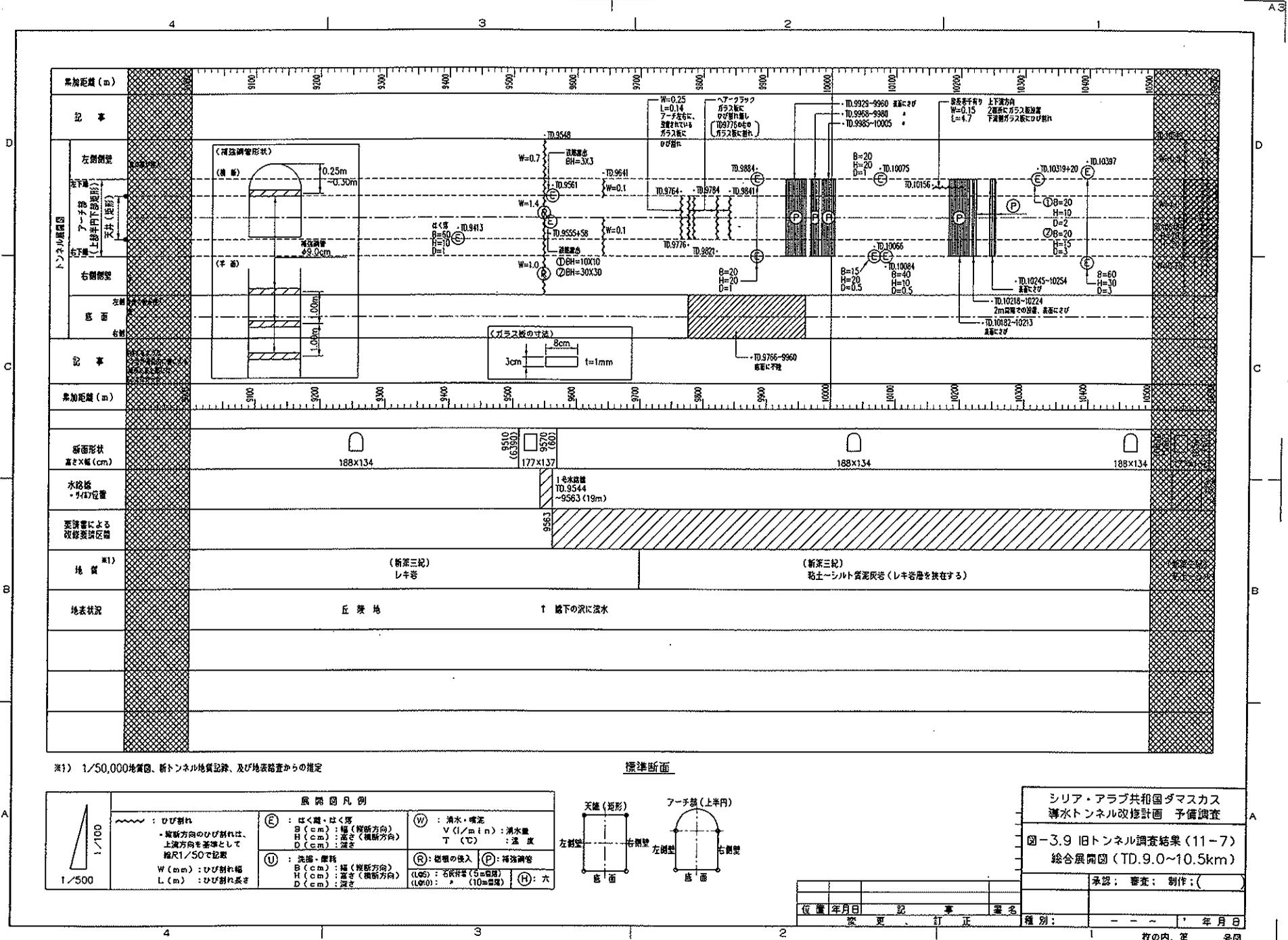
図例凡例			
 1/500	: ひび割れ ・ 縦断面方向のひび割れは、 上流方向を基準として 縮尺1/50で記載 W (mm) : ひび割れ幅 L (m) : ひび割れ長さ	(E) : はく露・はく露 B (cm) : 幅 (縦断面方向) H (cm) : 高さ (横断面方向) D (cm) : 深さ	(W) : 湧水・噴水 V (l/min) : 湧水量 T (℃) : 温度
	(U) : 湧水・湧水 B (cm) : 幅 (縦断面方向) H (cm) : 高さ (横断面方向) D (cm) : 深さ	(R) : 埋物の検入 (P) : 特殊調査 (L85) : 石灰質層 (50mm厚) (L100) : # (100mm厚) (H) : 穴	



シリア・アラブ共和国ダマスカス
導水トンネル改修計画 予備調査

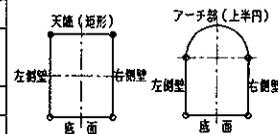
図-3.9 旧トンネル調査結果 (11-6)
総合展開図 (TD.7.5~9.0km)

位置	年月日	変更	訂正	署名	承認: 審査: 制作: ()
					種別: - - - 年月日

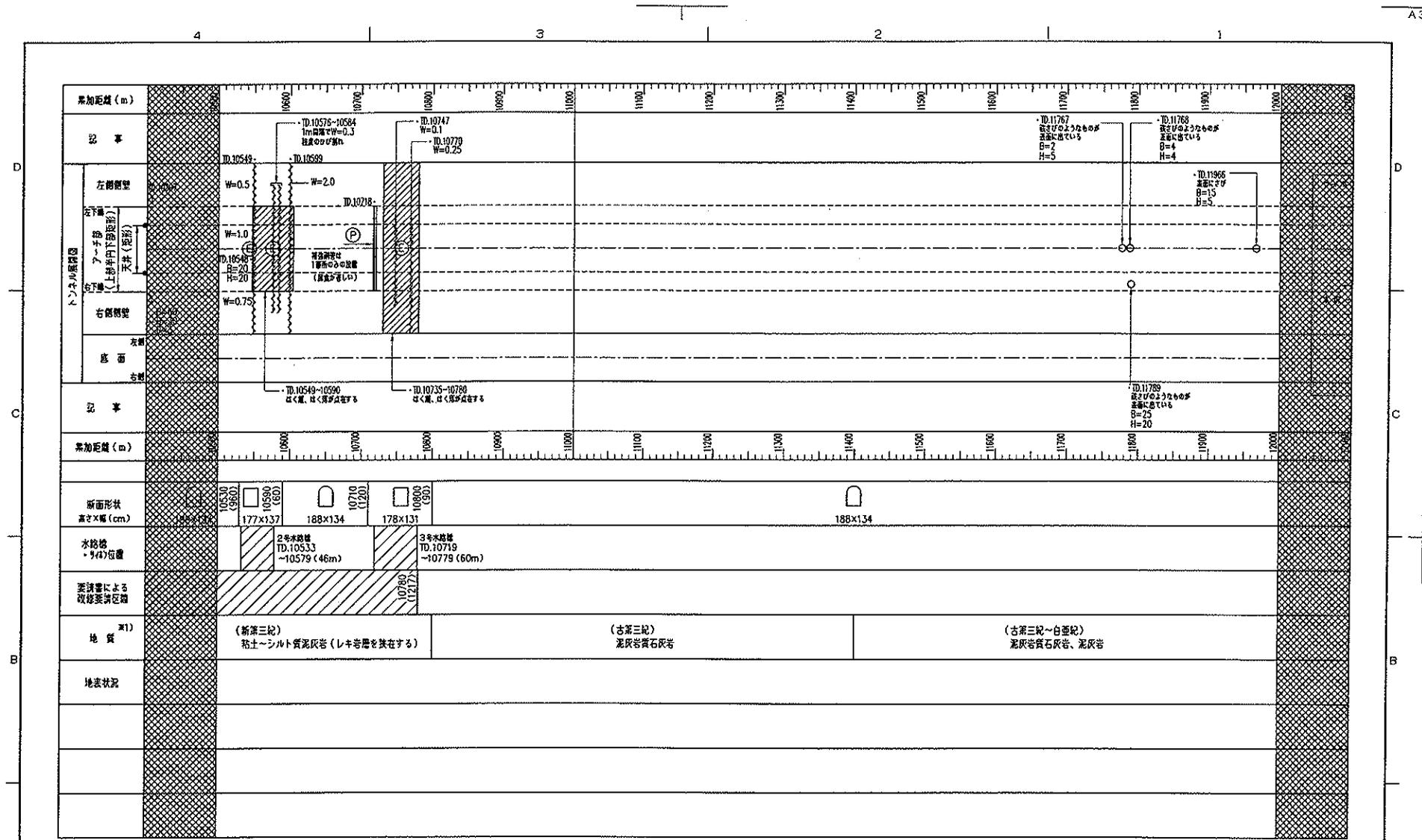


※1) 1/50,000地質図、新トンネル地質記録、及び地表地質からの推定

図 凡 例	
	〰️ : ひび割れ ・ 断面方向のひび割れは、上流方向を基準として縮尺1/50で記載 W (mm) : ひび割れ幅 L (m) : ひび割れ長さ
(E) : はく露・はく露 B (cm) : 幅 (断面方向) H (cm) : 高さ (縦断面方向) D (cm) : 深さ	(W) : 湧水・噴水 V (l/min) : 湧水量 T (°C) : 温度
(U) : 洗掘・塵積 B (cm) : 幅 (断面方向) H (cm) : 高さ (縦断面方向) D (cm) : 深さ	(R) : 樹根の侵入 (LOS) : 名戻り管 (5m間隔) (LOP) : * (10m間隔)
	(P) : 補強調査 (H) : 穴



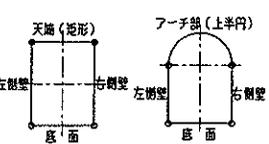
位置	年月日	記	訂	正	署名	種別:
						年月日



※1) 1/50,000地質図、新トンネル地質記録、及び地表踏査からの推定

標準断面

展開図凡例	
	○ひび割れ ・掘断方向のひび割れは、上流方向を基準として縮尺1/50で記載 W (mm) : ひび割れ幅 L (m) : ひび割れ長さ
⊕ : ばく露・ばく露 B (cm) : 幅 (掘断方向) H (cm) : 高さ (掘断方向) D (cm) : 深さ	⊙ : 湧水・噴水 V (l/min) : 湧水量 T (D) : 湧 度
⊖ : 基盤・厚結 B (cm) : 幅 (掘断方向) H (cm) : 高さ (掘断方向) D (cm) : 深さ	(R) : 図様の挿入 (S) : 補強鋼管 (L95) : 右戻り管 (5m間隔) (L10) : * (10m間隔)
	⊕ : 穴

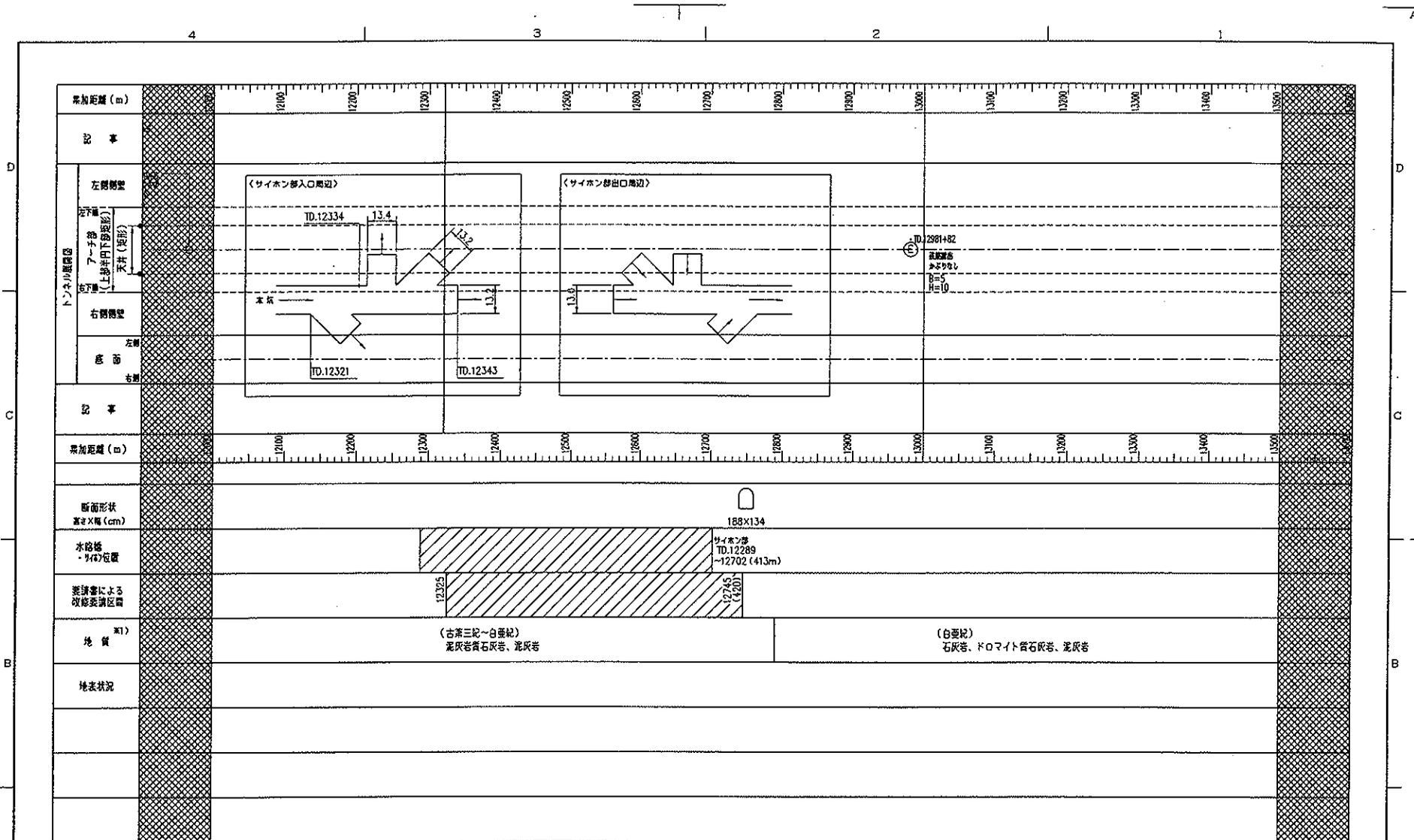


シリア・アラブ共和国ダマスカス
導水トンネル改修計画 予備調査

図-3.9 旧トンネル調査結果(11-8)
総合展開図(TD.10.5~12.0km)

承認： 審査： 制作： ()

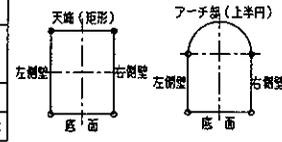
位置	年月日	記 事	署名
変更			
訂正			
種別			



※1) 1/50,000地質図、新トンネル地質記録、及び地表踏査からの推定

標準断面

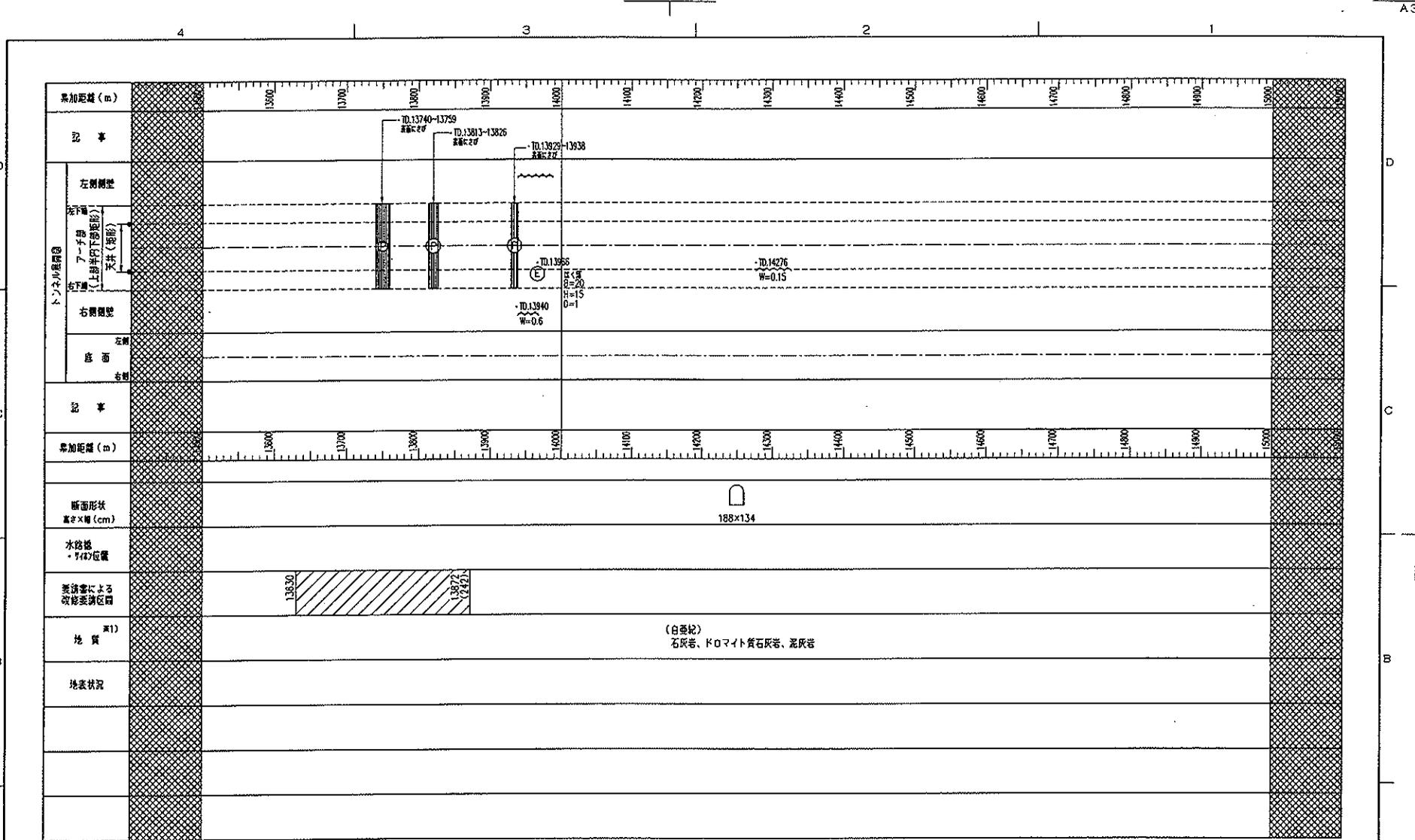
展開図凡例			
	~~~~~ : ひび割れ ・ 縦断方向のひび割れは、 上流方向を基準として 縮尺1/50で記載 W (mm) : ひび割れ幅 L (m) : ひび割れ長さ	(E) : ぼく羅・ぼく羅 B (cm) : 幅 (縦断方向) H (cm) : 高さ (横断方向) D (cm) : 深さ	(W) : 湧水・噴水 V (l/min) : 湧水量 T (°C) : 湧水温度
	(U) : 洗掘・摩耗 B (cm) : 幅 (縦断方向) H (cm) : 高さ (横断方向) D (cm) : 深さ	(R) : 岩塊の侵入 (L65) : 石灰付岩 (5m幅) (L80) : 砂 (10m幅)	(P) : 補強鋼管 (H) : 穴



シリア・アラブ共和国ダマスカス  
 導水トンネル改修計画 予備調査

図-3.9 IBトンネル調査結果 (11-9)  
 総合展開図 (TD.12.0~13.5km)

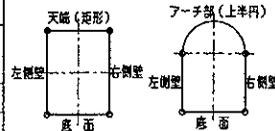
承認:	審査:	制作:	( )
位置	年月日	記事	署名
変更	訂正	種別:	年月日



※1) 1/50,000地質図、新トンネル地質記録、及び地表調査からの検定

標準断面

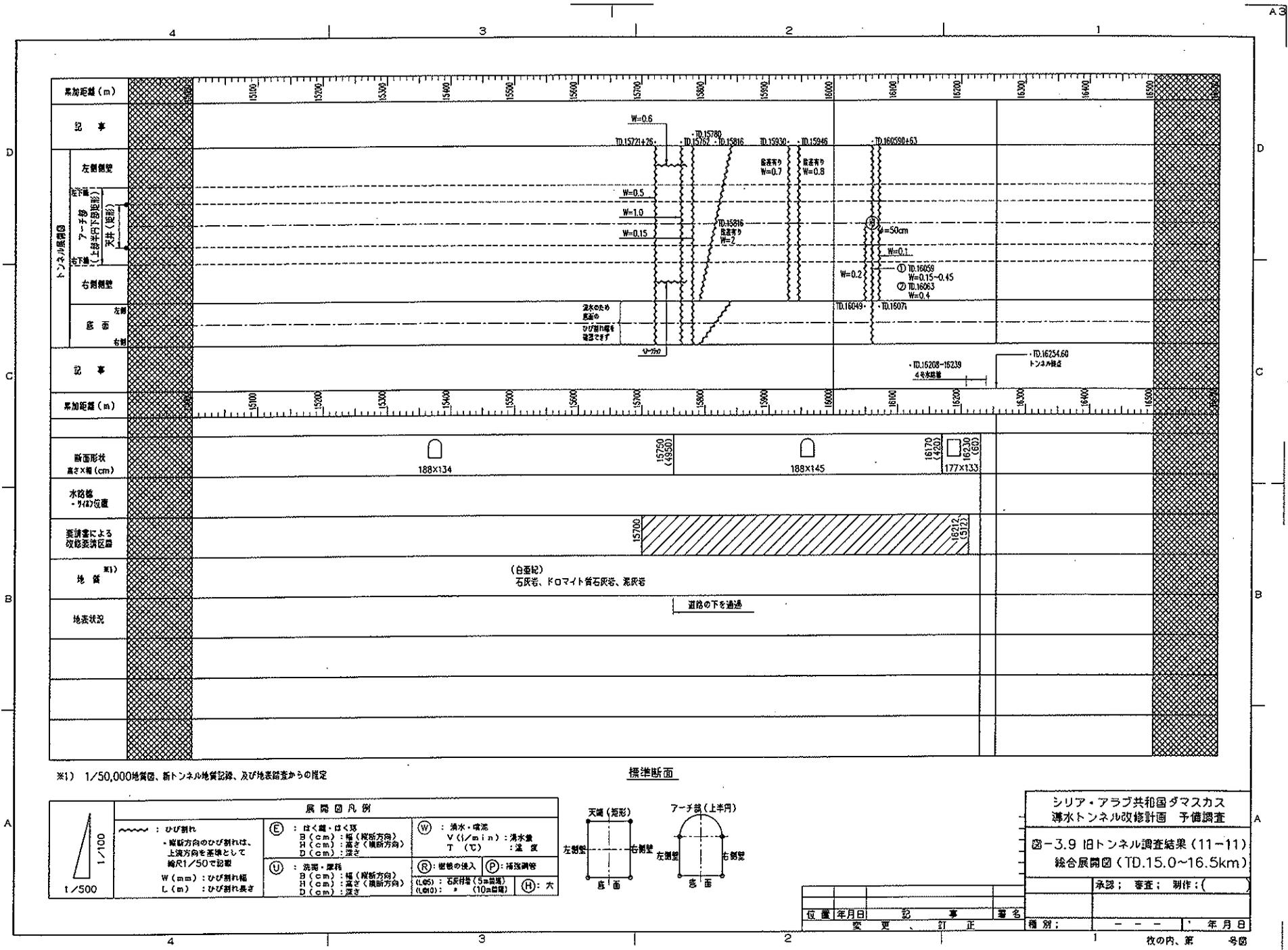
展開図凡例	
 : ひび割れ ・ 縦断方向のみが割れば、 上向き方向を基準として 縮尺1/50で記載 W (mm) : ひび割れ幅 L (m) : ひび割れ長さ	(E) : はく離・はく露 B (cm) : 幅 (掘断方向) H (cm) : 高さ (掘断方向) D (cm) : 深さ (U) : 洗掘・底掃 B (cm) : 幅 (掘断方向) H (cm) : 高さ (掘断方向) D (cm) : 深さ
(W) : 湧水・噴泥 V (l/min) : 湧水量 T (°C) : 温度	(R) : 樹木の侵入 (L05) : 石灰管 (5m間隔) (L010) : * (10m間隔) (H) : 大



シリア・アラブ共和国ダマスカス  
 導水トンネル改修計画 予備調査

図-3.9 旧トンネル調査結果 (11-10)  
 総合展開図 (TD.13.5~15.0km)

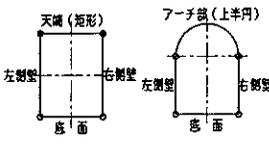
承認: 審査: 別作: ( )
位置 年月日 変更、訂正 署名 職別: 年月日
枚の内、第 号図



※1) 1/50,000地質図、新トンネル地質記録、及び地表調査からの概定

標準断面

展開図凡例	
 ひび割れ ・断面方向のひび割れは、上流方向を基準として縮尺1/50で記述 W (mm) : ひび割れ幅 L (m) : ひび割れ長さ	<b>E</b> : 柱・梁、はく露 B (cm) : 幅 (縦断方向) H (cm) : 高さ (横断方向) D (cm) : 深さ  <b>U</b> : 洗掘・塵積 B (cm) : 幅 (縦断方向) H (cm) : 高さ (横断方向) D (cm) : 深さ
<b>W</b> : 湧水・噴水 V (l/min) : 湧水量 T (T) : 湧水温度  <b>R</b> : 岩層の侵入 (L85) : 石灰岩 (5m厚層) (L80) : 〃 (10m厚層)	<b>P</b> : 補強鋼管  <b>H</b> : 穴 (L80) : 〃 (10m厚層)



シリア・アラブ共和国ダマスカス  
 導水トンネル改修計画 予備調査

図-3.9 旧トンネル調査結果 (11-11)  
 総合展開図 (TD.15.0~16.5km)

位置	年月日	変更	訂正	署名	種別	承認	審査	制作	年月日

表 - 3.6 旧トンネル 経過地の地質状況

トンネル距離			地質 ^{*-1}		地質時代	地表状況	掘削断面 ^{*-2}
始点	終点	区間距離 (m)					
0	500	500	石灰岩、泥灰岩質石灰岩および泥灰岩		白亜紀	地表部には崖錐堆積物が分布している。トンネルは一部で家屋、道路の下を通過する。	A
500	1,700	1,200	石灰岩、泥灰岩質石灰岩および泥灰岩		白亜紀～古第三紀	TD.500～TD.1,100m:地表部には古い地すべり堆積物が分布しており地表には畑・果樹・家屋がある。また、地すべり堆積物中には小規模な湧水が所々に見られる。 TD.1,100～TD.1,680m:トンネルは白亜紀～古第三紀の石灰岩類が露出する山裾部の小道沿いを通過している。トンネルカルバートの一部が露出している。	A および B
1,700	2,250	550	結晶質石灰岩		古第三紀	トンネルは石灰岩類の山地の中を通過している。	A
2,250	2,400	150	礫岩		新第三紀	同上	A および B
2,400	2,550	150	崖錐堆積物	礫岩起源の崖錐堆積物	第四紀	トンネルは新トンネルのバシメ作業坑の上部を通過している。	B
2,550	3,060	510	崖錐堆積物、礫岩	礫岩起源の崖錐堆積物および礫岩	新第三紀、第四紀	トンネルは一部で家屋、道路の下を通過している。	A および B
3,060	9,600	6,540	礫岩	良く固結している。	新第三紀	トンネル経過地は全般になだらかな丘陵地からなる。 TD.8,000m付近で国道と交差する(交差部の土被りは約40m)。 TD.9,544～TD.9,563mに1号水路橋。	A および C
9,600	10,700	1,100	粘土質・シル質泥灰岩(礫岩を伴う)	礫岩層を多く挟在する。	新第三紀	TD.10,533～TD.10,579mに2号水路橋	A および C
10,700	11,400	700	泥灰岩質石灰岩		古第三紀	TD.10,719～TD.10,779mに3号水路橋	A および C
11,400	12,800	1,400	泥灰岩質石灰岩、泥灰岩		白亜紀～古第三紀	TD.11,100m付近で国道と交差(交差部の土被りは約30m)。	A
12,800	16,200	3,400	石灰岩、ドロマイト質石灰岩、泥灰岩		白亜紀	トンネルはTD.13,600m付近で道路と交差し、その後TD.14,000m付近からカシオン山の中を通過する。 TD.15,700mから終点までトンネルは道路の下を通過する。	A

* - 1 :トンネルの地質は地表踏査結果、1/50,000地質図および新トンネルの地質情報からの推定である。

* - 2 :A :上部半円下部矩形断面の区間、B :矩形断面の区間、C :水路橋の区間

#### (4) 予想される劣化機構

旧トンネルの主な変状および予想される劣化機構を取りまとめたものを表 - 3.5 に示す。  
主な劣化機構を以下のように分析した。

##### a) ひび割れ

旧トンネルの覆工表面はモルタル補修が施されたり、アクティブットが塗布されたりしているため、予備調査では、建設当初に覆工コンクリートに生じたひび割れ(コールドジョイント、乾燥収縮等)および施工継目を確認することができなかった。すなわち、予備調査で確認したひび割れは、モルタル補修後やアクティブット塗布後から現在までに生じたもの、あるいはモルタルやアクティブット自身の変状である。

旧トンネルに生じているひび割れが発生している区間を大きく分類すると、次の4つの区間に分けられる。

トンネルの始点および終点付近

補強鋼管設置区間の前後

水路橋区間

樹根の侵入区間 ? b)で説明

以下に、これらの区間別に予想される劣化機構について述べるが、予備調査で確認されたひび割れは、幅、密度、変位量ともに小さなものであり、モルタル補修後からすでに30年以上が経過していることから、進行する可能性は小さいと判断される。

また、ひび割れの発生形態および周辺環境から、ひび割れの原因は塩害、アルカリ骨材反応、凍害ではないと判断される。

トンネルの始点および終点付近

トンネルの始点および終点付近については、天井アーチ部、側壁部に単数の斜め方向のひび割れが確認されている。このひび割れは段差を伴っているが、段差は手で触るとわかる程度の微小なものである。

斜め方向のひび割れから推定される一般的な変状の発生原因は、支持力不足、コールドジョイント、地すべりであるが、覆工表面にモルタルが施されていることから、コールドジョイントではないと判断される。また、地表踏査により当該地点で地すべりが進行している可能性は極めて小さいことが確認されており、ひび割れの発生要因は、支持力不足であると推定される。

また、この区間は、地表部に家屋、道路があり、上載荷重が不等沈下を生じさせていることも考えられる。

補強鋼管設置区間の前後

補強鋼管設置区間の前後には、左右の天井アーチ下端部に軸方向のクラックが生じていることが確認された。これらのほとんどはヘアークラックであり、評価対象から除外したが、この発生パターンから推定される原因は、土圧あるいはモルタル自身の乾燥収縮や温度応力によるものと考えられる。

水路橋区間

水路橋区間の天井および側壁に横断方向のひび割れが確認された。これらの橋梁に上載荷重は作用

していないため、ひび割れの発生要因は、自重および内部の流水により生じる曲げモーメント、せん断力等である可能性が高いと考えられる。

#### b) 樹根の侵入

樹根の侵入は、主に底面部および側壁下部で確認された。これは、樹根が上部からトンネルを巻き込む形で進行していることを示す。このことから、何かの原因で生じたひび割れ、施工継目等からトンネル内の流水が外部に漏れ、この水みちを通して樹根が侵入してきたと推定される。

侵入した樹根はトンネル内部の流水から水を吸収し、大きく成長したものと考えられる。また、この成長時の圧力で、ひび割れ幅が拡大しているものと考えられる。

#### c) はく離・はく落

はく離・はく落は断面形状に関わらず、ほとんどが天井で生じており、鉄筋の露出を伴うものであった。

矩形断面の区間では、天井全体に著しい劣化が確認された。また、上部半円下部矩形断面の区間では、天井アーチ頂部に小範囲で点在していることが確認された。

これら矩形断面区間で鉄筋が露出している部分の被り厚は2~3cm程度しかなく、上部半円下部矩形断面においては、ほとんど被り厚がない状況であった。

このことから、これらはく離・はく落の発生要因は鉄筋の被り不足と判断される。被りが薄い場合、コンクリートがアルカリ性であっても、微細な空隙を通じて鉄筋へ水・空気が供給され、鉄筋が腐食する可能性が高い。また、当該トンネルのコンクリートはモルタル分が少なく、空隙が多いので中性化しやすく、鉄筋が腐食しやすい状況にある。

フェノールフタレイン溶液を噴霧することにより露出した鉄筋周辺の中性化の進行状況を確認したが、赤紫色を呈する部分（pH9~10程度以上のアルカリ性）が全く存在せず、中性化が進行している箇所が多く確認された。

また、1968年に実施された補修工事で、これらの露出した鉄筋が腐食したままでモルタルを塗布した可能性もある。

流水中に含まれる塩素の濃度は低いので、鉄筋腐食の要因とは考えられない。小規模なコンクリート構造物のコンクリート製造に上水道水を用いることから、このことは明らかである。

#### d) 補強鋼管の腐食

補強鋼管は、図-3.8に示すように天井アーチ部に横断方向に水平に設置され、表面は白く塗装されているが、それらの塗装ははがれ、鋼管の表面が腐食している状態であった。腐食状況は表面のみ腐食しているものがほとんどであった。

これらの劣化原因は、定期的なさび落としや塗料の塗り直し等の維持管理の不足である。

#### e) 底面の不陸

旧トンネルの流水中に土砂はほとんど含まれておらず、底面は表面が薄く削られている程度であり、構造上問題となるような摩耗は確認されていない。また、外圧により底面がふくれ上がっているような箇所も見られなかった。

予備調査で確認された底面の不陸についても表面が大きくはがれているような箇所はなく、表面材

を施工する以前から底面に不陸は生じていたものと推定される。

また、底面の不陸は補強鋼管設置区間の前後に生じていることから、補強鋼管の施工時に底面に不陸が生じた可能性が考えられる。

### 3 - 4 新トンネルの概要

#### ( 1 ) 基本データ

新トンネルの平面は図 - 3.1 に、縦断は図 - 3.10 に、標準断面は図 - 3.11 に、基本諸元は表 - 3.7 に示すとおりである。

トンネルの延長は 14.4km で、断面形状は底面が若干平らになっているがほぼ円形で、内径は約 2.50m である。

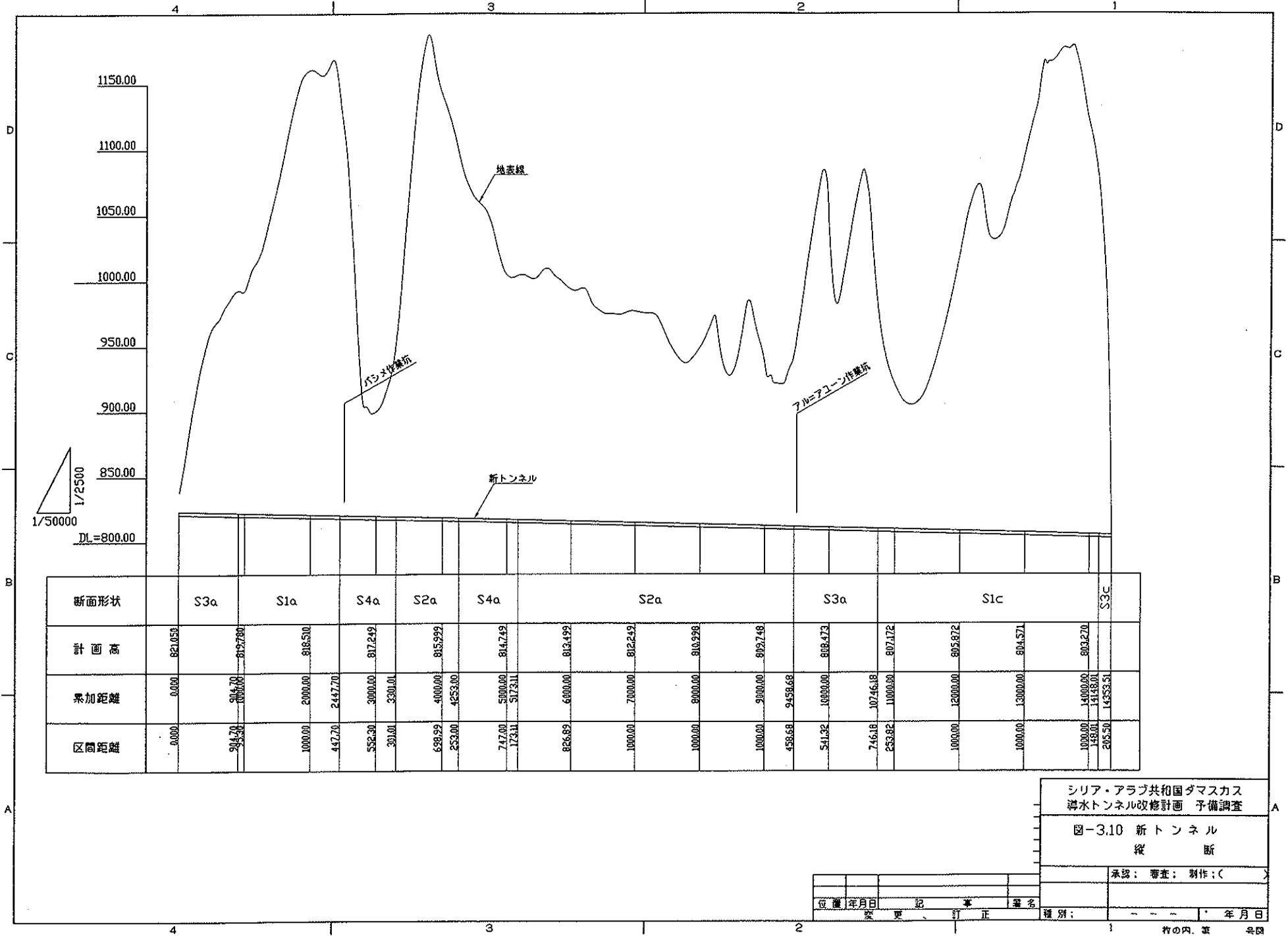
旧トンネルと同様に、トンネル直上の地表には通し番号を記した杭状の目印が立てられている。

表 - 3.7 新トンネル基本諸元

累加距離 (m)		延長(m)	断面	掘削工法
from	to			
0.00	904.70	904.70	S3a	発破
904.70	2,447.70	1,543.00	S1a	TBM(UNIBO)
2,447.70	3,301.01	853.31	S4a	発破
3,301.01	4,253.11	952.10	S2a	TBM(UNIBO)
4,253.11	5,173.11	920.00	S4a	発破
5,173.11	9,458.68	4,285.57	S2a	TBM(UNIBO)
9,458.68	10,746.18	1,287.50	S3a	発破
10,746.18	14,148.01	3,401.83	S1c	TBM(DEMAG)
14,148.01	14,353.51	205.50	S3c	発破
	掘削方法内訳	(m)	(%)	
	発破	4,171.01	29	
	TBM	10,182.50	71	
	計	14,353.51		

#### ( 2 ) 役割

新トンネルは、ダマスカス市北西部にあるフィジェ湧水およびバラダ水源(地下水)の水をダマスカス市内のワリ地下送配水池まで送水している。送水する経路は新旧の両トンネルがあるが、ほとんどの水は新トンネル経由で送水されている。両水源の産出量はダマスカス市水道の全水源量の 80% 以上を占めており、それを給水する新トンネルはダマスカス市のライフラインであると言える。



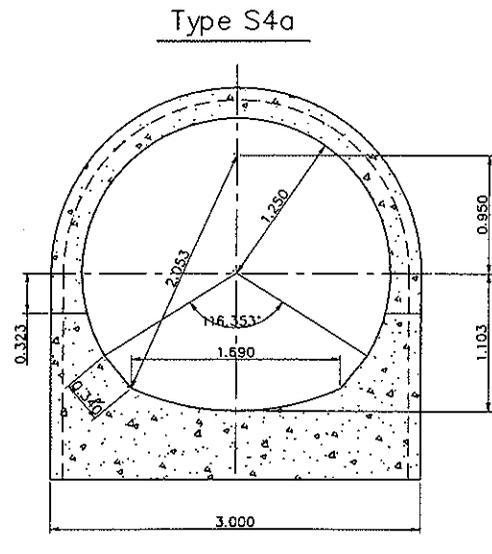
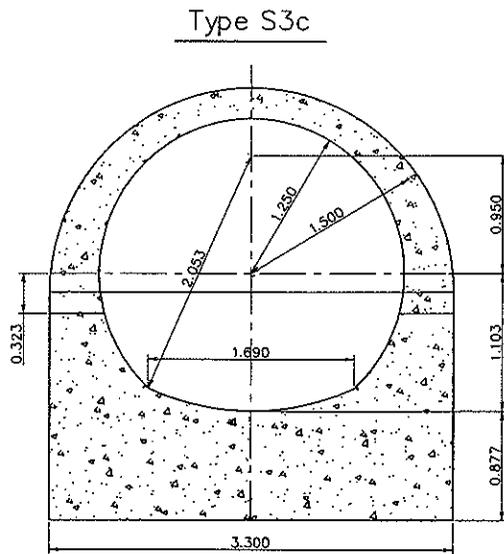
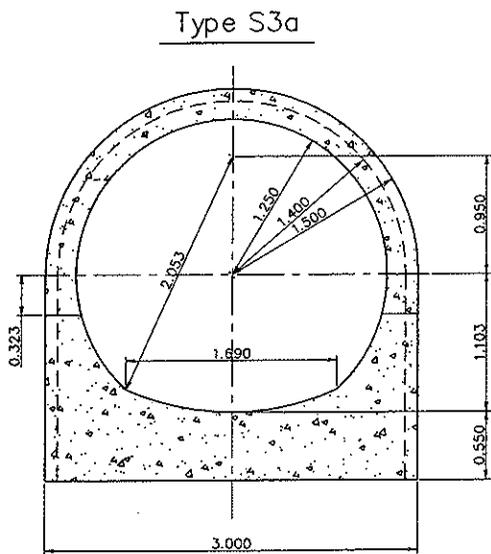
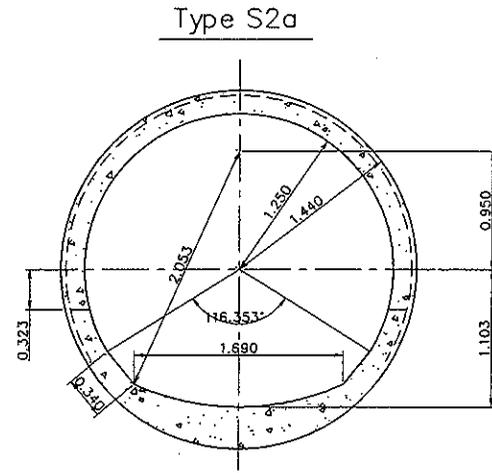
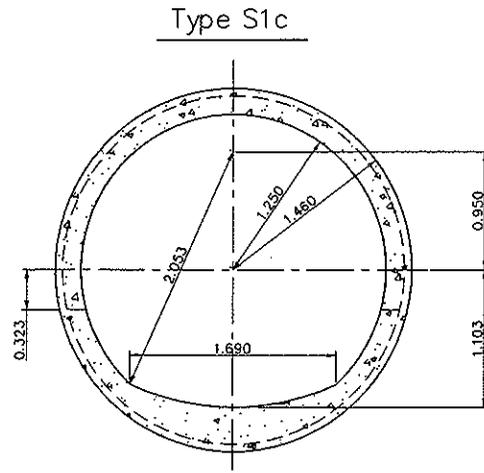
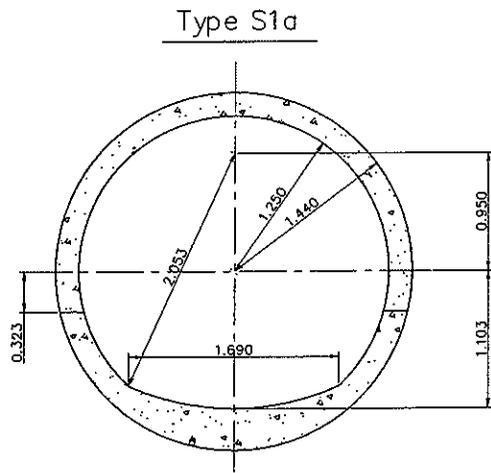
シリア・アラブ共和国ダマスカス  
導水トンネル改修計画 予備調査

図-3.10 新トンネル  
縦断

承認： 審査： 制作：( )

位置	年月日	記	署名
変更		訂	
正			

種別： - - - 年月日



シリア・アラブ共和国ダマスカス  
 礫水トンネル改修計画 予備調査

図-3.11 新トンネル  
 標準断面

承認： 審査： 制作： ( )

位置	年月日	記事	署名
変更	訂正	種別	年月日

### ( 3 ) 計画地域の地質概要

新トンネルは、旧トンネルの 1～1.5km 北東側を旧トンネルにほぼ平行に掘削されているため、トンネル経過地に分布する地質は 3 - 1 ( 3 ) の旧トンネル経過地の地質で述べたものと基本的に同じである。

### ( 4 ) 建設工事概要

新トンネルは 1976 年に着工し、1980 年に完成した。フランスの SOGREAH 社が設計と施工監理を実施し、フランスの BOUYGUES 社とギリシアの建設会社の共同事業体が工事を請け負った。

トンネル掘削のために 2 本の作業坑が掘られ、2 台の TBM を用いるとともに、発破工法も用いて掘削した。掘削長の割合は、表 - 3.7 に示すように、TBM 工法による区間が約 70%、発破工法による区間が約 30% である。

新トンネルは無圧水路で、設計厚さ 15cm の覆工コンクリートで覆工されている。作業坑と合流する拡幅部は鉄筋が入っているが、その他の区間には鉄筋は入っていない。

## 3 - 5 新トンネルの維持管理履歴

### ( 1 ) 過去の点検の概要

新トンネルは 1997 年 12 月 27 日に DAWSSA により点検された。点検結果は表 - 3.8 に示すとおりである。

DAWSSA からの聞き取りによると、ワリ No.4 地下送配水池でひび割れが発見されて以来、DAWSSA により新旧両トンネルで 1 年に 1 回程度、変状が見られる区間に限って定期点検を実施しているとのことであった。

### ( 2 ) 過去の補修、補強の概要

DAWSSA からの聞き取りによると、1981 年に新トンネルの全線にわたってアクティブットを塗布した。新トンネルはこれまでに大規模に補修、補強されたことはないとのことだった。

## 3 - 6 新トンネルの診断結果

### ( 1 ) 覆工劣化状況

新トンネル全長における損傷の位置、劣化程度等を把握することを目的に、旧トンネルと同様にフイジェ湧水からワリ送配水池までの 14.4km の区間について目視および打音による調査を実施した。

#### a) 診断方法

新トンネルの診断方法は、旧トンネルと同様であり、その内容は「3 - 3 旧トンネルの診断結果」( 1 ) a) で述べた通りである。

#### b) 診断結果

予備調査における診断結果を表 - 3.9 に主な変状を記載した総合展開図を図 - 3.12 にそれぞれ示す。新トンネルの劣化状況を以下に述べる。

表 - 3.8 新トンネル 過去の点検結果

実施者		DAWSSA	
実施時期		1997/12/27	
距離 (m)		状 況	
から	まで		
650			湧水を伴う収縮によるひび割れ
900			硫黄の臭いがする湧水を伴う多数の小さいひび割れ
1,450	2,000		湧水を伴う多数の小さいひび割れ
2,000	2,450		一部に湧水を伴う多数の小さいひび割れ
3,100		バシメ作業坑	一部に湧水を伴う多数の小さいひび割れ
3,100	3,170		昔の補修箇所が品質低下
3,450			高圧の噴出する湧水を伴う多数の小さいひび割れ 全般的に状態は良好
3,900	5,960		湧水を伴う多少の小さいひび割れ
7,800			湧水を伴う多少の小さいひび割れ
9,100			全般的に状態は良好
9,300			補修は良好
9,350		アル=アユーン作業坑	昔の補修箇所が品質低下
9,430			コンクリート表面にひび割れ
9,700			昔の補修箇所が品質低下 多数の粘土 収縮によるひび割れ
9,750			湧水を伴わない多少の小さいひび割れ 時々「大根状の」湧水
9,750	10,000		湧水を伴わない多少の小さいひび割れ
10,200			ひび割れの補修
11,125			湧水を伴う多少の小さいひび割れ
11,800	ワリ地下貯水池		多少の湧水はあるが全般的に状態は良好

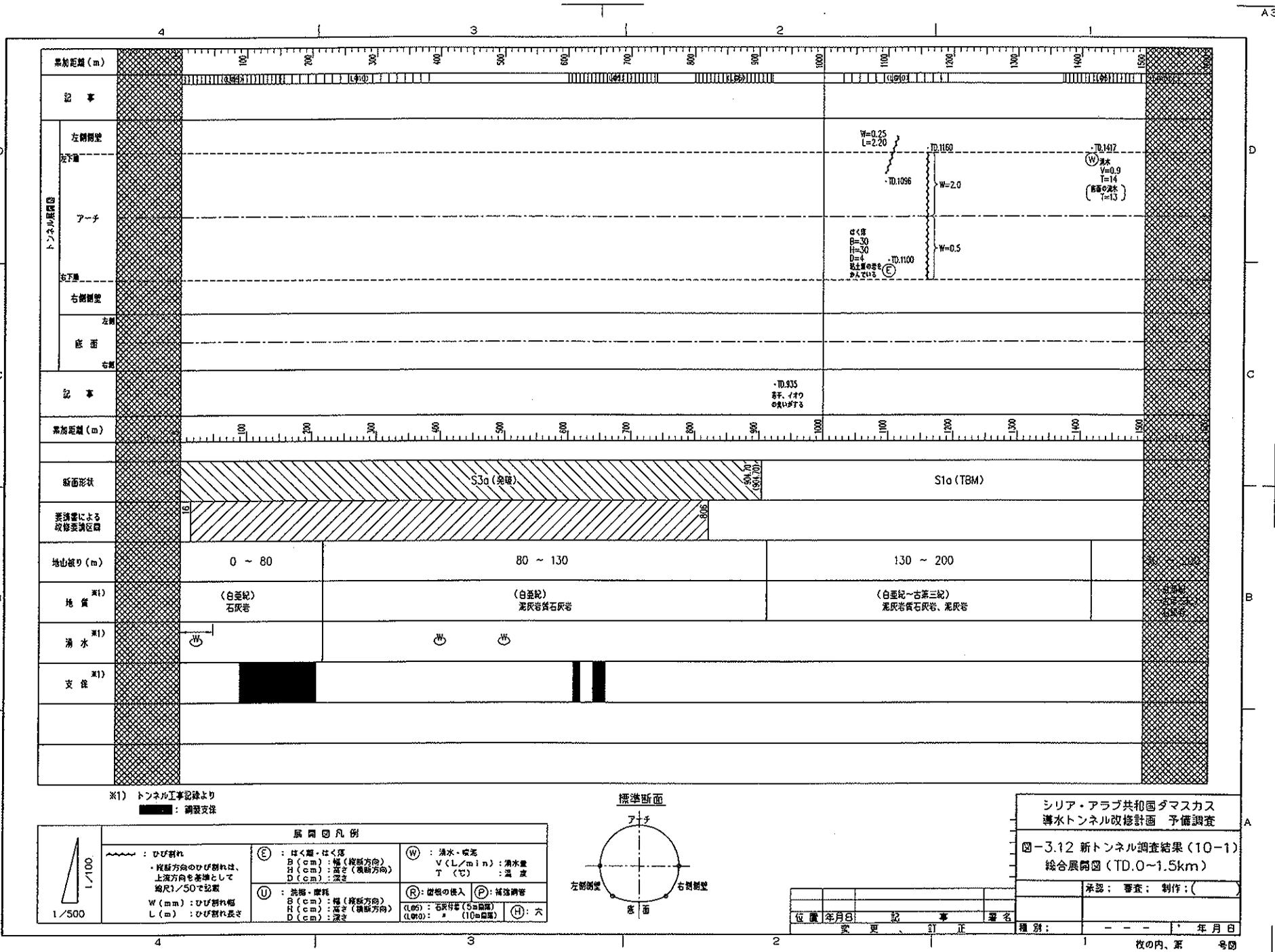
表 - 3.9 新トンネル診断結果

No.	主な変状	発生箇所 (TD.m)			状 況	予想される劣化機構 (変状原因)	今後の対応 (案)	備 考
		始点	終点	区間 距離				
1	石灰の付着	0	10,270	10,270	縦断方向 5mの間隔で、アーチ 側壁部に石灰の付着が確認された。 石灰は円周方向に薄く帯状となって覆工表面に付着している。アーチ部では氷柱状、側壁下部の水平打継目では大きな塊状となっている箇所も確認された。 ほとんどのものが白色であったが、茶褐色を呈したものも確認されている。	地下水に含まれる石灰分が、湧水とともに施工継目から浸入し、覆工表面に付着したものと推定される。 茶褐色を呈しているものについては、周辺地質に含まれる成分と推定される。	石灰の付着は、トンネルの安定に影響を及ぼすものではない。また、石灰の付着が湧水箇所を塞いでいる可能性がある。 しかし、水深以下では、水流の妨げとなり石灰がはがれる際に、覆工を損傷する可能性があるため、規模の大きなものについては、除去することが望ましい(緊急性はない)。	TD.12,090 ~ 12,150m の区間でも確認
2	ひび割れ	1,096	-	-	アーチ・左側壁に斜め方向のひび割れ (幅 0.25mm)	・支持力不足 継目の開き	・ひび割れ補修 ひび割れ幅、密度は小さく、段差もない。 ひび割れが進行する可能性は小さいと考えられる。	
3		1,160	-	-	アーチ部に横断方向のひび割れ (幅 2mm)	・施工継目部の品質不良 材料劣化	〃	
4		8,514	-	-	アーチ部右側壁に横断方向のひび割れ (幅 0.2mm)	〃	〃	
5			-	-	左右側壁部に縦断方向のひび割れ (幅 0.6 ~ 0.7mm)	・側圧 (土圧)	〃	

No.	主な変状	発生箇所 (TD.m)			状 況	予想される劣化機構 (変状原因)	今後の対応(案)	備 考
		始点	終点	区間 距離				
6	はく離 はく落	1,100	-	-	右側壁付近の覆工コンクリートがはく落 (BHD=30×30×4cm)。 はく落部のコンクリートの強度は小さく(手で碎けるほど、ポロポロになっている箇所もある)、また、覆工内部に粘土質の材料が介在する。	覆工コンクリートの品質不良(低品質の材料、高い水セメント比、異物の混入)	不良箇所を撤去した後、断面補修を行う はく落発生箇所は集中していることから、品質不良箇所は限定されていると推定される。 すなわち、トンネル全体の問題ではないと推定される。 当該トンネルはすでに20年間供用されており、現時点で、はく落が生じていない箇所は安定しているものと推定される。ただし、はく落箇所周辺における覆工コンクリートの品質は悪い可能性があるため、はく落部周辺の調査(表面強度等)を行う必要があると考えられる。	
7		3,168	-	-	アーチ部右肩部にはく落 (BHD=110×100×3cm)。 はく落部のコンクリートの強度は低く(手で碎ける)。また、はく落箇所のコンクリートは茶色を呈している。	"	"	
8		3,169	-	-	アーチ部右側壁付近にはく落 (BHD=30×100×1cm)。 はく落箇所のコンクリートは茶色を呈している。 覆工内部に設置された水抜きパイプが露出している。	"	"	
9		3,172	-	-	アーチ頂部に、はく落 (BHD=30×200×2cm)。 覆工内部に設置された水抜きパイプが露出している。	"	"	
10		9,376	-	-	アーチ、および左右の側壁周辺にはく落	"	"	

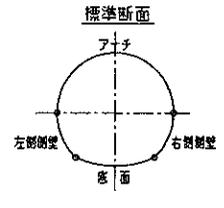
No.	主な変状	発生箇所 (TD.m)			状 況	予想される劣化機構 (変状原因)	今後の対応 (案)	備 考
		始点	終点	区間 距離				
11		11,127	-	-	左側壁周辺には◇落 (BHD 40 × 40 × 2cm)	"	"	
12		11,148	-	-	右側壁周辺には◇落 (BHD=20 × 60 × 3cm)	"	"	
13	湧水	3,850	-	-	左側壁部 9 (l/min)	施工継目、水みちからの 浸入。	継続監視 トンネル内への湧水は、量、圧力、ともに小さい。 当該トンネルは圧力トンネルではなく、トンネル内部の水がこれら湧水箇所の水みちから、トンネル外部へ流出する可能性は小さい。 湧水箇所の損傷もほとんどなく、湧水には土砂も含まれていないことから、早急に対策を講じる必要はないと考えられる。 ただし、降雨量が多くなる10月以降に湧水量の再調査を行うことが望ましい。	
14		3,879	-	-	右側壁部 4.5 (l/min)	"	"	
15		4,151	-	-	アーチ頂部 2 (l/min)	"	"	
16		4,233	-	-	右側壁部 3 (l/min)	"	"	
17		4,592	-	-	右側壁部 2.5 (l/min)	"	"	
18		5,684	-	-	左側壁部 2 (l/min)	"	"	
19		5,974	-	-	右側壁部 5 (l/min)	"	"	

) はく落寸法の BHD は順に幅、高さ、および深さを示す。



※1) トンネル工事記録より  
 ■■■■■: 調査支保

断面図凡例	
~~~~~ : ひび割れ ・ 縦断方向のひび割れは、上流方向を基準として縮尺1/50で記載 W (mm) : ひび割れ幅 L (m) : ひび割れ長さ	(E) : ばく露・ばく露 B (cm) : 幅 (縦断方向) H (cm) : 高さ (横断方向) D (cm) : 深さ (U) : 洗掘・摩耗 B (cm) : 幅 (縦断方向) H (cm) : 高さ (横断方向) D (cm) : 深さ
(W) : 湧水・噴水 V (L/min) : 湧水量 T (℃) : 温度	(R) : 管線の侵入 (L05) : 石灰付帯 (5m間隔) (L100) : * (10m間隔) (P) : 補修調査 (H) : 穴

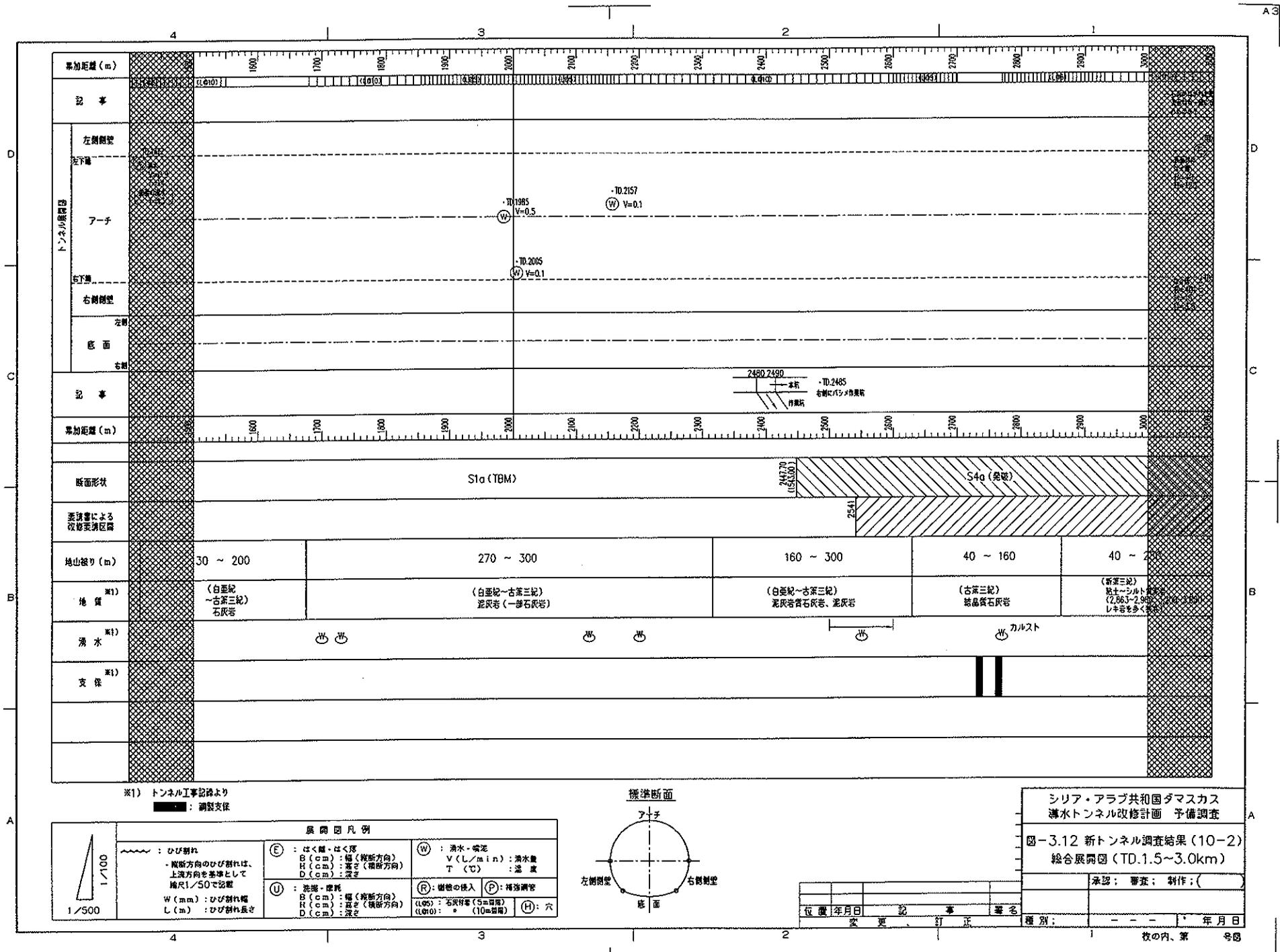


位置	年月日	記	事	署名
変更、訂正				
種類:				年月日

シリア・アラブ共和国ダマスカス
 導水トンネル改修計画 予備調査

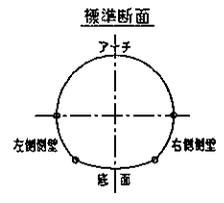
図-3.12 新トンネル調査結果 (10-1)
 総合展開図 (TD.0~1.5km)

承認: 審査: 制作: ()



※1) トンネル工事記録より
 ■■■■ : 鋼製支保

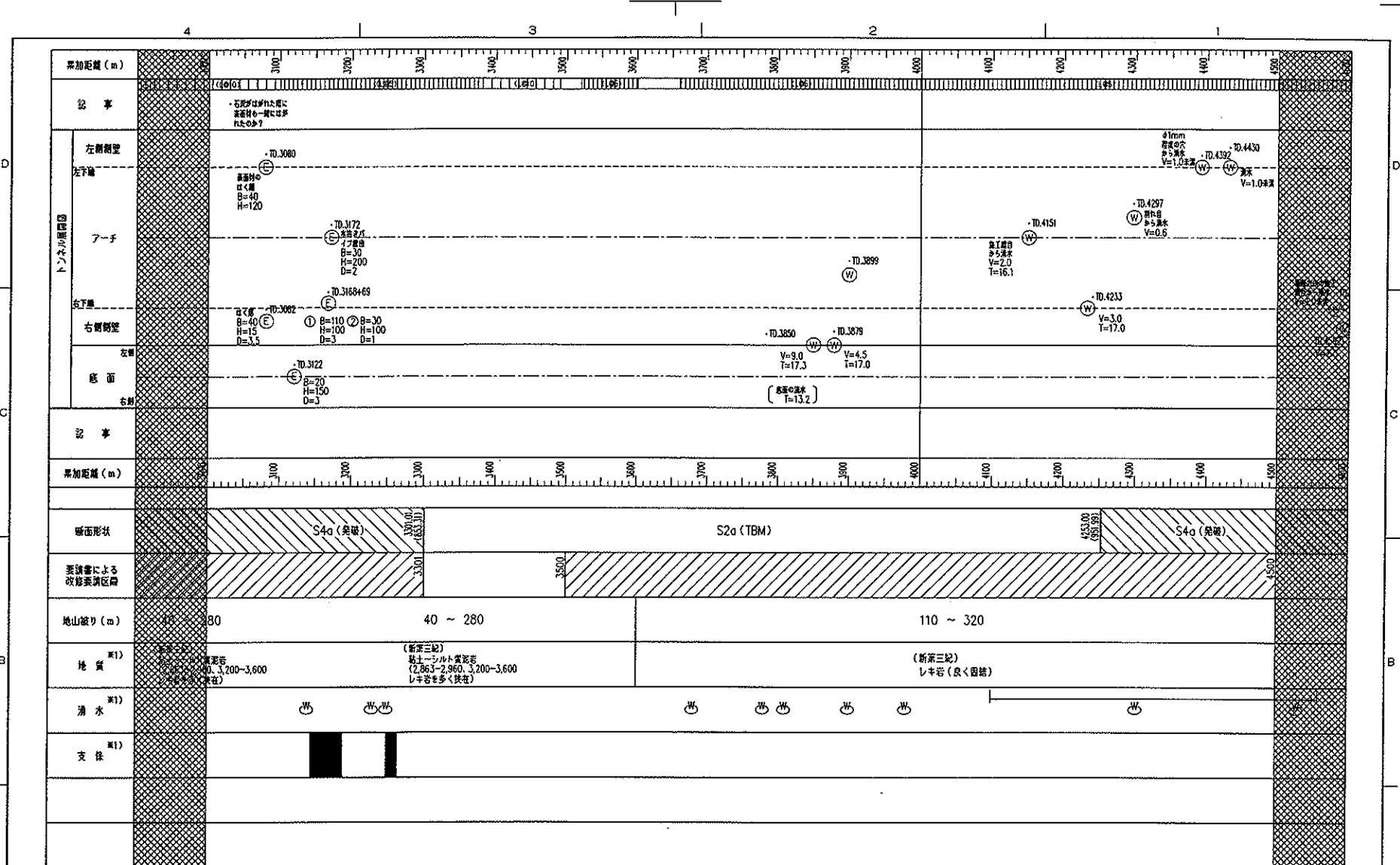
展開図凡例	
〰〰〰 : ひび割れ - 縦断方向のひび割れは、上流方向を基準として縮尺1/50で記載 W (mm) : ひび割れ幅 L (m) : ひび割れ長さ	(E) : ばく露・ばく露 B (cm) : 幅 (縦断方向) H (cm) : 高さ (横断方向) D (cm) : 深さ (U) : 洗掘・摩耗 B (cm) : 幅 (縦断方向) H (cm) : 高さ (横断方向) D (cm) : 深さ
(W) : 湧水・噴出 V (L/min) : 湧水量 T (°C) : 温度 (R) : 樹木の侵入 (P) : 埋没調査 (L05) : 石灰質等 (5m掘削) (L010) : * (10m掘削) (H) : 穴	



シリア・アラブ共和国ダマスカス
 導水トンネル改修計画 予備調査

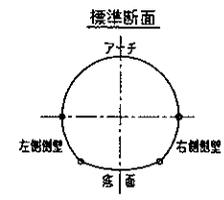
図-3.12 新トンネル調査結果(10-2)
 総合展開図(TD.1.5~3.0km)

承認:	審査:	制作:	()
位置	年月日	記 事	署名
		変 更	訂 正
種別:	- - -	年月日	
枚の内、第 号図			



※1) トンネル工事記録より
 : 鋼製支保

断面図凡例			
	： ひび割れ ・ 縦断方向のひび割れは、 上深方向を基準として 縮尺1/50で記載	(E) : はく露・はく理 B (cm) : 幅 (縦断方向) H (cm) : 高さ (横断方向) D (cm) : 深さ	(W) : 湧水・噴水 V (L/min) : 湧水量 T (℃) : 温度
W (mm) : ひび割れ幅 L (m) : ひび割れ長さ	(U) : 洗掘・塵埃 B (cm) : 幅 (縦断方向) H (cm) : 高さ (横断方向) D (cm) : 深さ	(R) : 岩塊の侵入 (L.5) : 石灰岩 (5m以内) (L.10) : 石灰岩 (10m以内)	(P) : 補強鋼管 (H) : 穴



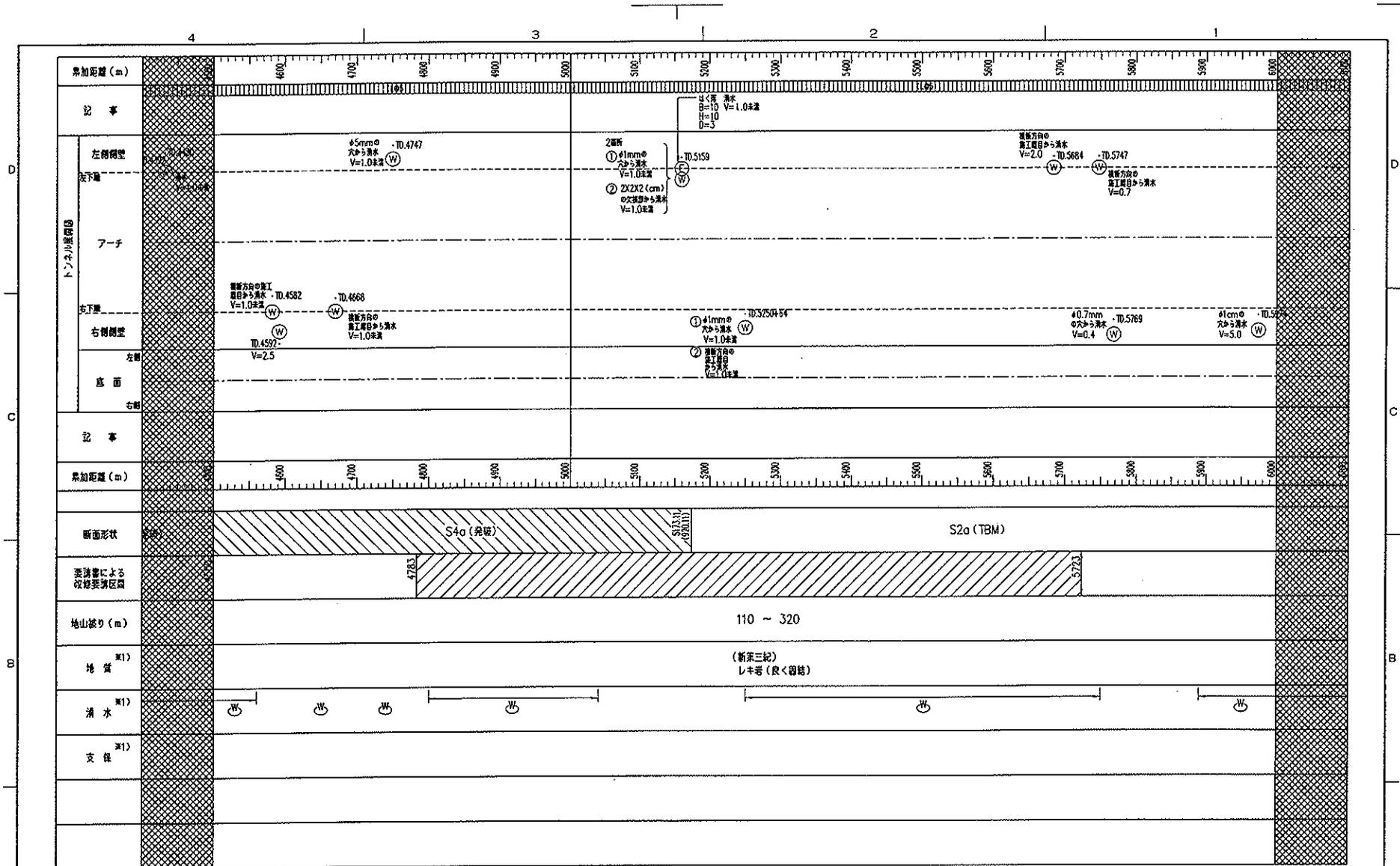
シリア・アラブ共和国ダマスカス
 導水トンネル改修計画 予備調査
 図-3.12 新トンネル調査結果 (10~3)
 総合展開図 (TD.3.0~4.5km)

承認: 審査: 制作: ()

位置	年月日	記	事	署名

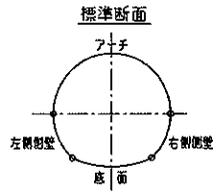
変更 訂正 種別: - - - 年月日

枚の内、第 号図



※1) トンネル工事記録より
 : 鋼製支保

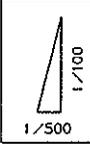
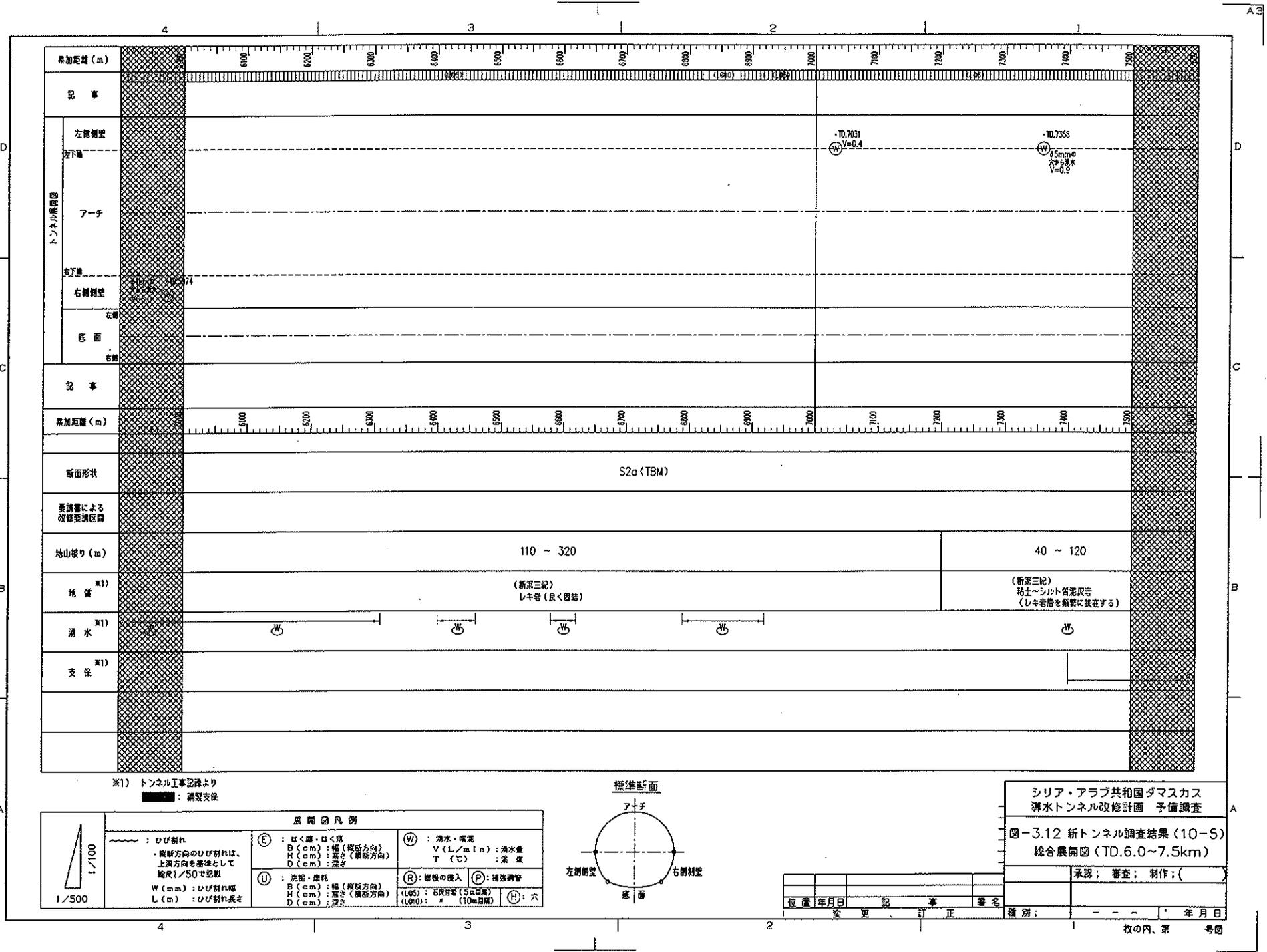
展開図凡例			
: ひび割れ ・ 縦断方向のひび割れは、 上流方向を基準として 幅R1/50で記数 W (mm) : ひび割れ幅 L (m) : ひび割れ長さ	(E) : はく露・はく露 B (cm) : 幅 (縦断方向) H (cm) : 高さ (横断方向) D (cm) : 深さ	(W) : 湧水・噴水 V (L/min) : 湧水量 T (C) : 温度	
	(U) : 洗掘・摩耗 B (cm) : 幅 (縦断方向) H (cm) : 高さ (横断方向) D (cm) : 深さ	(R) : 岩塊の侵入 (P) : 補強鋼管 (LRS) : 石灰材管 (5m間隔) (LogO) : * (10m間隔)	(H) : 穴



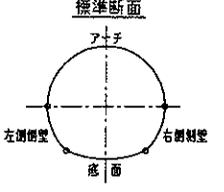
シリア・アラブ共和国ダマスカス
 渾水トンネル改修計画 予備調査

図-3.12 新トンネル調査結果 (10-4)
 総合展開図 (TD.4.5~6.0km)

位置	年月日	記	署名	承認	審査	制作	()
種別:							年月日



展開図凡例			
~~~~~ : ひび割れ ・ 掘削方向のひび割れは、 上流方向を基準として 縮尺1/50で記載 W (mm) : ひび割れ幅 L (m) : ひび割れ長さ	(E) : ぼく露・ぼく露 B (cm) : 幅 (掘削方向) H (cm) : 高さ (掘削方向) D (cm) : 深さ	(U) : 洗掘・摩耗 B (cm) : 幅 (掘削方向) H (cm) : 高さ (掘削方向) D (cm) : 深さ	(V) : 湧水・噴水 V (L/min) : 湧水量 T (℃) : 湧水温度 (R) : 岩層の侵入 (L65) : 右側管 (5m間隔) (L10) : * (10m間隔) (P) : 補強調査 (H) : 穴



位置	年月日	記	事	署名

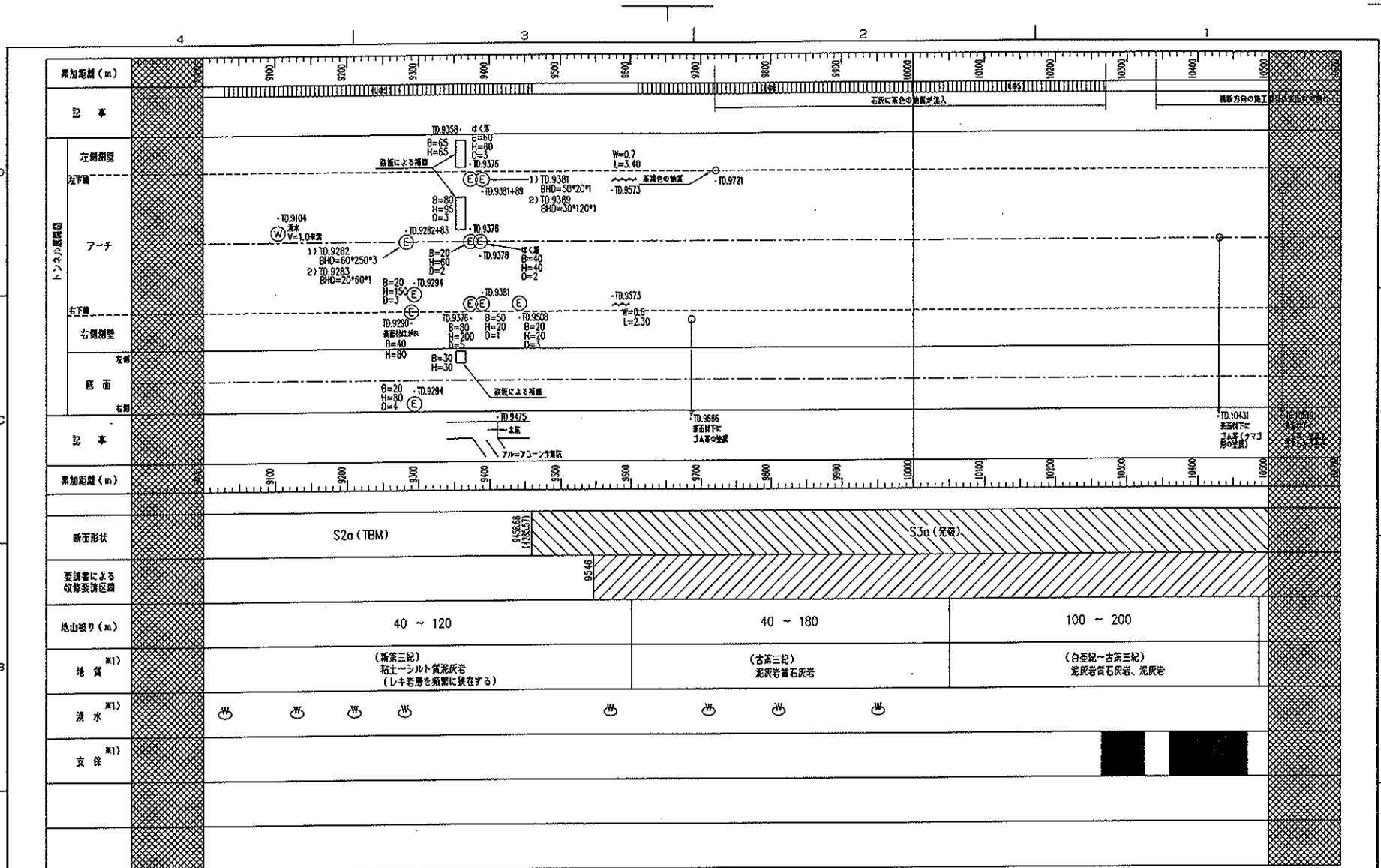
シリア・アラブ共和国ダマスカス  
 導水トンネル改修計画 予備調査

図-3.12 新トンネル調査結果 (10-5)  
 総合展開図 (TD.6.0~7.5km)

承認: 審査: 制作: ( )

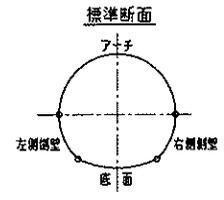
種別: - - - 年月日





※1) トンネル工事記録より  
 ■■■■■: 鋼製支保

断面図凡例			
 1/500	~~~~~ : ひび割れ ・ 縦断面方向のひび割れは、 上流方向を基準として 縮尺1/50で記載 W (mm) : ひび割れ幅 L (m) : ひび割れ長さ	(E) : ぼく窪・ぼく窪 B (cm) : 幅 (縦断面方向) H (cm) : 高さ (横断面方向) D (cm) : 深さ	(W) : 湧水・噴水 V (L/min) : 湧水量 T (℃) : 温度
	(U) : 洗掘・磨耗 B (cm) : 幅 (縦断面方向) H (cm) : 高さ (横断面方向) D (cm) : 深さ	(R) : 岩塊の侵入 (L65) : 石灰岩 (5m以内) (L100) : 石灰岩 (10m以内)	(P) : 補強鋼管 (H) : 穴



シリア・アラブ共和国ダマスカス  
 導水トンネル改修計画 予備調査

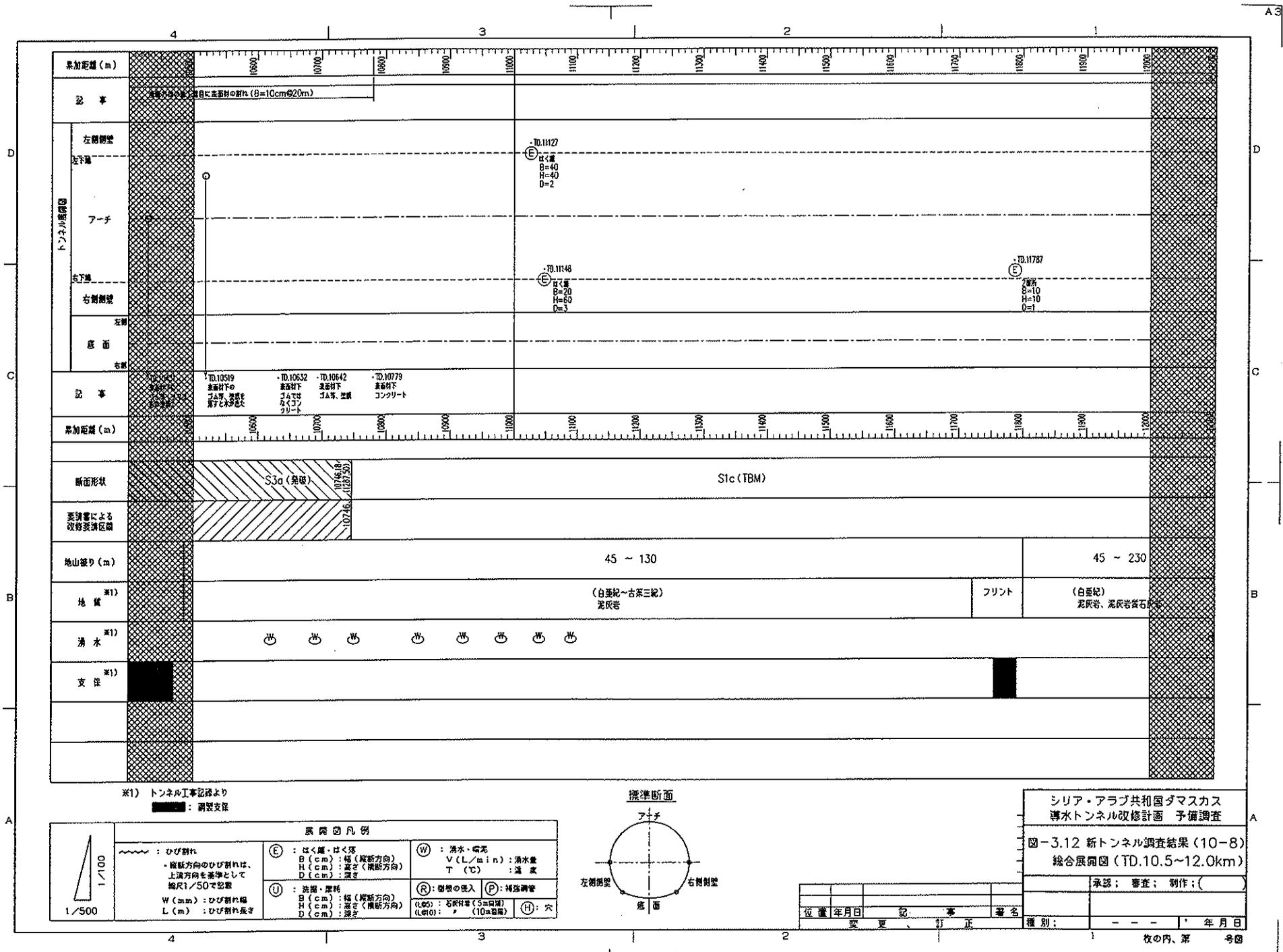
図-3.12 新トンネル調査結果 (10-7)  
 総合展開図 (TD.9.0~10.5km)

承認: 審査: 制作: ( )

位置	年月日	記	事	署名

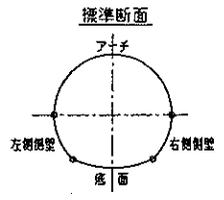
変更、訂正 種別: - - - 年月日

枚の内、第 号図



※1) トンネル工事記録より  
 ■■■■■: 鋼製支保

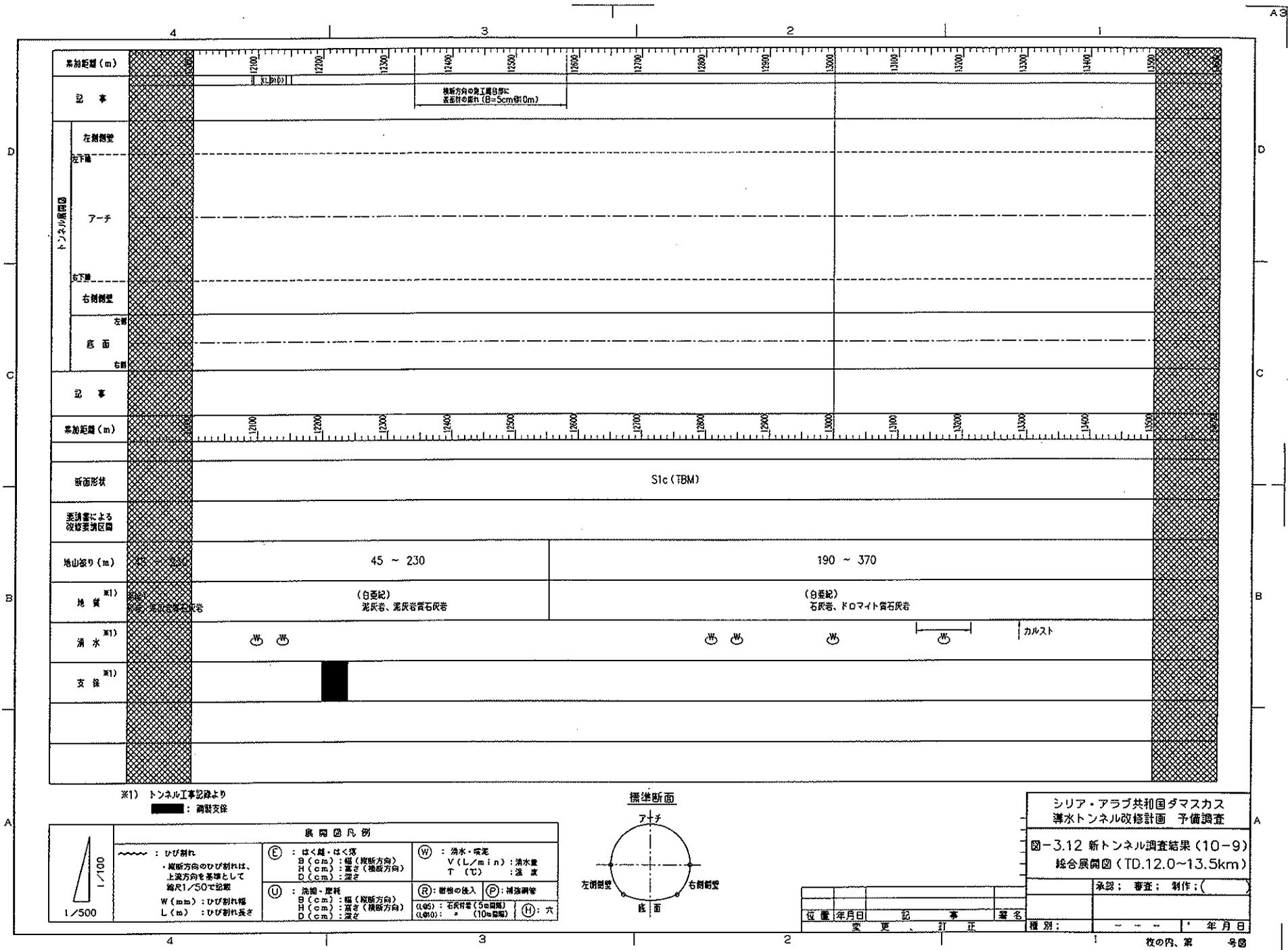
展開図凡例	
: ひび割れ - 縦断方向のひび割れは、上流方向を基準として縮尺1/50で記載 W (mm) : ひび割れ幅 L (m) : ひび割れ長さ	(E) : はく露・はく露 B (cm) : 幅 (縦断方向) H (cm) : 高さ (横断方向) D (cm) : 深さ (U) : 洗掘・塵埃 B (cm) : 幅 (縦断方向) H (cm) : 高さ (横断方向) D (cm) : 深さ
(W) : 湧水・噴水 V (L/min) : 湧水量 T (℃) : 温度 (R) : 岩塊の侵入 (石炭層 (5m厚層) (L10) : (10m厚層) (P) : 補強調査 (H) : 穴	



シリア・アラブ共和国ダマスカス  
 導水トンネル改修計画 予備調査

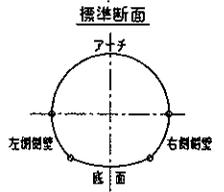
図-3.12 新トンネル調査結果 (10-8)  
 総合展開図 (TD.10.5~12.0km)

位置	年月日	記	事	署名	承認: 審査: 制作: ( )
変更		訂	正		種別: - - - 年月日



※1) トンネル工事記録より  
■ : 調査支保

<p>1/500</p> <p>1/100</p> <p>1/500</p>			
<p>断面図凡例</p>			
<p>〰️ : ひび割れ</p> <p>・ 掘削方向のひび割れは、 上流方向を基準として 縮尺1/50で記載</p> <p>W (mm) : ひび割れ幅 L (m) : ひび割れ長さ</p>	<p>Ⓔ : はく露・はく露</p> <p>B (cm) : 幅 (掘削方向) H (cm) : 高さ (掘削方向) D (cm) : 深さ</p>	<p>Ⓐ : 湧水・噴泥</p> <p>V (L/min) : 湧水量 T (℃) : 温度</p>	<p>Ⓚ : 掘削の侵入</p> <p>Ⓛ(95) : 石灰質帯 (5m間隔) Ⓛ(10) : " (10m間隔)</p>
<p>Ⓛ : 洗掘・脱粉</p> <p>B (cm) : 幅 (掘削方向) H (cm) : 高さ (掘削方向) D (cm) : 深さ</p>	<p>Ⓟ : 補強鋼管</p>	<p>Ⓜ : 穴</p>	



シリア・アラブ共和国ダマスカス  
導水トンネル改修計画 予備調査

図-3.12 新トンネル調査結果(10-9)  
総合展開図 (TD.12.0~13.5km)

承認: 審査: 制作: ( )

位置	年月日	記事	署名
変更、訂正			種別:
			年月日



予備調査で確認された新トンネルの変状は、石灰の付着、ひび割れ、はく離・はく落、湧水である。これらは、いずれも局部的なものであり、新トンネル全体の健全性は高い。特に、TD.9500 mから終点までの約 5km の区間では、変状がほとんど確認されていない。

トンネル全体で確認された石灰の付着は、一定の間隔（5m程度）で覆工表面に横断方向に帯状に薄く付着する程度であるが、部分的に天井アーチ部で氷柱状、側壁部で塊状となっている箇所も見られた。いずれもカルシウム分を含む地下水がトンネル内部にしみ出し、水の蒸発に伴って石灰が表面に析出したものであると推定される。

また、規模（密度、幅など）の大きなひび割れ、およびトンネル内部の変形は確認されていないことから覆工コンクリートは安定した状態であると考えられる。

新トンネルの覆工表面には旧トンネルと同様にアクティブットと呼ばれる白色の石灰系の表面被覆材が塗布されているが、これらの被覆材の付着状態も良好であった。

## （２）地山の状況

新トンネルは、フィジェ水源地の近傍以外ではほぼ山地の中を通過しているため、トンネル地山被りは、坑口付近を除くと最も小さい所で 40m、最大 370m に達している。トンネル経過地の地質、地下水状況は、トンネル掘削中の地質記録および現地踏査の結果に基づくと、以下のようにまとめられる。

（表 - 3.10 参照）

- ・ TD.0 ~ TD.913m（区間距離 913 m）
  - 白亜紀の石灰岩、泥灰岩、泥灰岩質石灰岩が分布している
  - TD.0 ~ TD.218m区間はトンネル掘削時にたびたび崩落が発生したと記載されている
  - この区間は発破工法により掘削されており、TD.90 ~ TD.210m、TD.609 ~ TD.661m間は鋼製支保が施工されている
- ・ TD.913 ~ TD.2,863m（区間距離 1,950 m）
  - 白亜紀～古第三紀の石灰岩、泥灰岩質石灰岩、泥灰岩が分布している
  - 地表の石灰岩類の露頭では溶食空洞が観察されるが、トンネル掘削記録では空洞の記載は少なく、掘削記録写真においても良好な岩盤状態と判断される
  - 所々湧水が記録されている
  - 主として TBM 工法で掘削されている
- ・ TD.2,863 ~ TD.2,898m（区間距離 35 m）
  - 新第三紀の礫岩が分布している
  - 固結度は大きくトンネルは安定している
  - 所々湧水が記録されている
  - 発破工法により掘削されている
- ・ TD.2,898 ~ TD.3,600m（区間距離 702 m）
  - 新第三紀の粘土質～シルト質泥灰岩が分布している
  - 多くの礫岩層を挟在している
  - 所々湧水がある
  - TD.3,300m までは TBM 工法、それ以降は発破工法で掘削されている
  - 発破工法で掘削されている区間の一部で鋼製支保が施工されている

表 - 3.10 新トンネル経過地の地質状況

トンネル距離			施工時の地質記録からの情報 *-1					
始点	終点	区間距離 (m)	地質		地質時代	地下水 ^{*-2}	支保	掘削工法
0	218	218	石灰岩	泥灰岩層を含む	白亜紀	TD. 0 ~ TD.50m: 湧水	TD.90 ~ TD.210m: 鋼製支保	発破工法
218	913	695	泥灰岩質石灰岩	TD.609 ~ TD.661m: 断層	同上	所々 湧水 TD.609 ~ TD.661m: 多くの湧水	TD.609 ~ TD.661m: 鋼製支保	発破工法
913	1,418	505	泥灰岩質石灰岩、泥灰岩		白亜 - 古第三紀			TBM工法
1,418	1,675	257	石灰岩		同上			TBM工法
1,675	2,316	641	泥灰岩	多くのフリントデュール、方解石脈	同上	所々 湧水		TBM工法
2,316	2,630	314	泥灰岩質石灰岩、泥灰岩		同上	所々 湧水		To TD.2,448m TBM工法 From TD.2,448m 発破工法
2,630	2,863	233	結晶質石灰岩	節理沿いにカルスト	古第三紀		部分的に鋼製支保	発破工法
2,863	2,898	35	礫岩	良く固結 TD.3,600 ~ TD.4,000m : 泥灰岩、粘土シルト層を所々に挟在	新第三紀			発破工法
2,898	3,600	702	粘土質 - シルト質泥灰岩	赤色の粘土 - シルト質泥灰岩。TD.2,898 ~ TD.2,960mおよびTD.3,300 ~ TD.3,600m 多くの礫岩層を挟在	同上		TD.3,140 ~ TD.3,190m, TD.3,260 ~ TD.3,270m 鋼製支保	To TD.3,301m 発破工法 From TD.3,301m TBM工法
3,600	7,200	3,600	礫岩	良く固結	同上	多くの箇所湧水		TBM工法
7,200	9,600	2,400	粘土質 - シルト質泥灰岩	多くの礫岩層を挟在する赤色粘土 - シルト質泥灰岩	同上	TD.9,000 ~ TD.10,000m 所々湧水 TD.7,400 ~ TD.8,220m 情報なし	TD.7,400 ~ TD.8,020m: 所々ロックボルト及び金網入り吹き付け	To TD.9,459m TBM工法 From TD.9,459m 発破工法
9,600	10,053	453	泥灰岩質石灰岩		古第三紀		所々ロックボルト	発破工法
10,053	10,486	433	泥灰岩質石灰岩、泥灰岩	TD.10,387.5 ~ TD.10,396.3m: 断層	白亜-古第三紀		TD.10,264 ~ TD.10,360m, TD.10,360 ~ TD.10,470m 鋼製支保	発破工法
10,486	11,800	1,314	泥灰岩	TD.11,721 ~ TD.11,800m 破砕	同上	所々 湧水	TD.11,754 ~ TD.11,790m 鋼製支保	To TD.10,746m 発破工法 From TD.10,746m TBM工法
11,800	12,554	754	泥灰岩質石灰岩、泥灰岩		白亜紀		TD.12,200 ~ TD.12,240m 鋼製支保	TBM工法
12,554	13,093	539	石灰岩		同上	所々 湧水		TBM工法
13,093	13,947	854	石灰岩、ドロマイト質石灰岩	TD.13,710 ~ TD.13,760m: カルストおよび湧水	同上	TD.13,130 ~ TD.13,215m、TD.13,710 ~ TD.13,760m		TBM工法
13,947	14,140	193	泥灰岩質石灰岩		同上			TBM工法
14,140	14,290	150	石灰岩	TD.14,260 ~ TD.14,266: 断層	同上			To TD.14,148m TBM工法 From TD.14,148m 発破
14,290	14,589	299	ドロマイト質石灰岩		同上		TD.14,545 ~ TD.14,590m 鋼製支保	発破工法
14,589	14,962	373	泥灰岩質石灰岩	多くの節理、褶曲	同上		TD.14,720 ~ TD.14,770m 鋼製支保	発破工法

*-1: General establishment of Fiegh Spring Water Project of New Tunnel, geological survey details record No.1 to No.7, Damascus university, 20 march 1980

*-2: 施工時(トンネル掘削中)の湧水状況。地質記録には湧水個所の記載はあるが、湧水量は不明である。

- ・ TD.3,600 ~ TD.7,200m (区間距離 3,600 m)
  - 新第三紀の礫岩が分布している
  - 地表の露頭においても一般に良く固結しており、掘削記録写真においても良好な岩盤状態と判断される
  - 湧水量は不明であるが、多くの区間において湧水が記録されている
- ・ TD.7,200 ~ TD.9,600 m (区間距離 2,400 m)
  - 新第三紀の粘土質～シルト質泥灰岩が分布している
  - 多くの礫岩層を挟在している
  - TD.9,459m までは TBM 工法、TD.9,459m から発破工法で掘削されているが、TD.7,400 ~ TD.8,020m では余掘りが大きく、所々ロックボルト、金網入り吹き付けコンクリートが施工されている
  - TD.9,000 ~ TD.9,600m の区間で湧水が記録されている
- ・ TD.9,600 ~ TD.14,962m (区間距離 5,362 m)
  - 古第三紀から白亜紀の石灰岩、ドロマイト質石灰岩、泥灰岩質石灰岩、泥灰岩が分布している
  - 部分的に小さな断層がある個所でロックボルトや鋼製支保が施工されているが、全体的にトンネルは安定している
  - TBM 工法および発破工法により掘削されている
  - 所々湧水の記録が見られる

### (3) 水量・水質の状況

2003年9月30日にDAWSSAが実施した漏水調査によると、新トンネルでは漏水はほとんど無いようである。また、トンネル内面調査でも漏水の原因となるような大きなひび割れは確認されなかった。

トンネル内面調査で若干の湧水が見られたが、新トンネルを通過する水の残留塩素濃度を測定したところ、基準を満たす濃度が確保されていたので、水質に影響を与えるほどの湧水量ではないと判断される。DAWSSAは冬期には降雨のためにトンネル内への湧出水量が増加して水質が悪化する可能性があるとして説明しているため、基本設計調査を実施する時にトンネル内の湧出水量を再度測定するとともに、トンネルの始点と終点で塩素濃度を再度測定し、影響を確認する必要がある。

### (4) 予想される劣化機構

新トンネルの主な変状および予想される劣化機構を取りまとめたものを表-3.9に示す。

主な劣化機構を以下のように分析した。

#### a) 石灰の付着

TD.0~TD.10,270mまでの区間(TD.12,090~12,150mの区間でも確認)に、天井アーチ部および側壁に白色物質の付着が確認された。

この白色物質は、色、強度、手触り等から石灰であると推定される。

石灰の付着は、側壁下部にある水平方向の施工継目、および天井アーチ部の横断方向に帯状に見られ、一定間隔(5m程度)で出現することから、横断方向の施工継目で生じているものと推定される。

これらの石灰は覆工表面に薄く付着するものであるが、局部的に塊状あるいは氷柱状(天井アーチ部)で存在し、これら付着部では滴水あるいはにじみ程度の湧水が見られる。

また、局部的に茶褐色を帯びているものもある。

一般的にトンネル内部に付着している石灰は、覆工コンクリートのセメント硬化体中の可溶成分(カルシウムイオン、アルカリイオン、硫酸イオン)を溶解した水が表面に滲み出し、水の蒸発に伴って石灰が表面に析出したものである。しかし、当該トンネルに付着している石灰の量は、これらセメント中の可溶成分を大きく上回るものであり、トンネル周辺には石灰岩が分布することからトンネル内に付着する石灰は地下水に含まれるカルシウムであると考えられる。

また、茶褐色の物質はトンネル周辺に存在する鉄分の多い土が混入しているものと推定される。

#### b) ひび割れ

新トンネルの覆工表面はアクティビットと呼ばれる表面被覆材が塗布されている。したがって、旧トンネルと同様に、予備調査では建設当初に覆工コンクリートに生じたひび割れ(コールドジョイント、乾燥収縮等)および施工継目を確認することはできなかった。すなわち、予備調査で確認したひび割れはアクティビットの塗布から現在までに生じたもの、あるいは表面被覆材自身の変状である。

予備調査では、新トンネルの覆工面にひび割れはほとんど確認されていない(全5箇所)。確認されたひび割れの規模は、幅、密度ともに小さく(最大ひび割れ幅2mm)、段差も確認されていない。

横断方向に生じたひび割れ、および表面被覆材の割れは、その原因が乾燥収縮、あるいは背面からの漏水の圧力で表面被覆材が割れたものであり、トンネルの安定に影響を及ぼすものではない。

天井アーチ部に斜め方向に生じたひび割れ(TD.1,096m)左右の天井アーチ下端部に軸方向に生じたひび割れ(TD.9,573m)は、その方向より、前者が支持力不足あるいは偏圧、後者が土圧(側圧)と推定される。しかし、これらのひび割れに段差はなく、ひび割れ幅も小さい。トンネルの土被り厚が大きいこと、建設および表面被覆材の塗布からすでに20年が経過していることから、トンネルは安定していると推測され、さらにひび割れ幅も小さいことから、これらひび割れが進行する可能性は小さいと判断される。

#### c) はく離・はく落

はく離・はく落は、補修の対象となる規模の大きなものが7箇所確認された。

はく落箇所のコンクリート強度は非常に小さく、指で押しつぶせる箇所もあった。

ほとんどのはく落箇所でコンクリートは土が混じっているような赤茶色となっており、通常のコンクリートの灰色とは異なるものであった。また、はく落箇所の覆工内部には、粘土のような塊、水抜きパイプなどが露出している箇所があった。

規模の大きなはく離・はく落の発生箇所が集中していることから、はく離・はく落の発生原因はコンクリートの品質不良であると考えられる。

DAWSSAからの聞き取りによると、コンクリートの製造場所から打設場所まで運搬時間がかかり過ぎたり、コンクリートポンプの配管が詰まったりしたことがあったとのことだったので、その時に品質を確認しないまま覆工コンクリートを打設していたならば劣化の原因になっている可能性が高いものと判断される。また、覆工コンクリート打設時に、粘土、岩ズリなどが混入したこと、湧水量が多くそれらの水が混入し、水セメント比が高くなってしまったことも考えられる。

#### d) 湧水

TD.4,000m および TD.6,000m周辺に集中して湧水の多い箇所が確認された。これら湧水の水量および圧力はいずれも小さく、湧水が原因で覆工の損傷が拡大しているような箇所は確認されなかった。

湧水の水温は、16 程度であり、底面を流れる流水の 13 よりも高い。このことから、湧水がトンネル外部から供給されていることが推定されるが、湧水は無色透明であり、土砂の混入はなく、湧水による覆工背面の洗掘はないものと推定される。

### 3 - 7 シリアにおけるトンネル点検、改修の技術水準

トンネルの点検と記録整備、簡単な補修については DAWSSA 自身でできることが望ましく、技術支援の必要が認められる。

シリア国内にはトンネルがほとんどなく、トンネルの点検や維持管理ができる機関や企業は存在しないとのことである。DAWSSA はこれまで外国企業に送水トンネルの点検、補修を依頼している。DAWSSA 自身でもトンネルを点検しているが、点検記録の取り方が不十分であり、記録を維持管理に活用するには体系的な記録整備が必要であると考えられる。また、劣化は早期に補修する方が経済的であるため、簡単な補修については DAWSSA 自身でできることが望ましい。DAWSSA 自身もこの分野における技術力の向上や手引書の整備の必要性を認識している。

よって、以下のような項目において技術支援の必要が認められる。

- ・ 定期的に点検を実施し、適切な項目を網羅した正確な記録をつける
- ・ 点検の結果発見された変状、劣化をどのように補修するか検討する（優先度の高い箇所を抽出する）
- ・ 軽微な補修については自力で実施する

### 3 - 8 送水トンネルの現状と問題点

#### (1) 診断結果のまとめ

送水トンネルの劣化状況は「3 - 3 旧トンネルの診断結果」、「3 - 6 新トンネルの診断結果」に示すとおりである。劣化状況としては、覆工コンクリートのはく離、はく落、ひび割れ、鉄筋の露出、腐食、植物の根の侵入、補強鋼管の表面腐食、外部からの地下水の湧出等が見られた。

旧トンネルは完成後 80 年近くが経過しており、一部で補修が必要と認められるが、トンネルの構造全体は比較的健全である。その理由としては、以下のようなものが考えられる。

- ・ 地山が比較的堅固であり、断層の動きや地すべりといった外力が作用していない（トンネル経路沿いに地すべりの跡が見られるが、現在は安定している）
- ・ 1759 年にダマスカス西方を震源とする地震が発生しているが、トンネル完成後は発生していない
- ・ 地山被りの浅い区間が多く、土砂や礫層の中をトンネルが通っているため、覆工背面に空隙が発生しても岩石が落下して覆工を傷める可能性が少ない
- ・ 乾燥地帯にあり、地下水位よりも高いところを通過しているため周囲からの水圧や湧出水の影響を受ける可能性が少ない
- ・ 水質の良好な湧水が流れているため砂礫が混入して覆工をすり減らせることがない（DAWSSA からの聞き取りによると、春先の洪水時期に流水に若干砂が混じることがあるとのことだった）
- ・ 海岸から遠いので塩害により鉄筋が腐食することはない

- ・ 年間を通じてほぼ一定水温の湧水が流れているので温度や湿度の変化が少ない

新トンネルは完成後まだ 20 数年しか経過しておらず、トンネルの構造全体は健全である。劣化の原因はトンネル施工時に覆工コンクリートのごく一部に品質不良があったためであり、それらを除去して新しいコンクリートを打設すれば将来にわたって機能を維持できるものと判断される。

## ( 2 ) 問題点とそのプライオリティ

予備調査で確認した劣化状況を考慮し、要請書で提案されていた補修箇所、補修内容を表 - 3.11、表 - 3.12 に示すように変更した。補修方法は、断面修復、ひび割れ補修、植物の根の侵入防止策、さびた補強鋼管のさび落としと再塗装、空洞の崩落が影響を与えると判断される場合にはグラウト注入による補修が考えられる。

これらの補修作業を全て実施しても工事規模が過大になるとは考えにくいので、今回の改修計画で全て実施することは妥当であると判断される。

## ( 3 ) 補修・補強の必要性

トンネル内面調査により、劣化は地山からの荷重のような過大な外力によるものでなく、覆工コンクリート自体の品質低下によるものであり、その原因は旧トンネルでは経年劣化と過去の補修の施工不良、新トンネルの場合は建設時のコンクリートの品質不良であると推定された。このことから、対策としては補強まで実施する必要はなく、補修の水準で良いと判断される。

表 - 3.11 旧トンネル調査結果と補修方法案

要請書で提案されている補修箇所 補修内容				予備調査結果						
No.	TD		区間距離	補修方法	TD	区間距離	劣化状況	地形 地質状況	補修方法(案)	
1	1,380	1,670	290	FRP ライニング	1,465	1,670	205 天端部にはく離・はく落、鉄筋露出・腐食	白亜紀～古第三紀の石灰岩類、岩盤が露出する山地斜面裾部を通過	断面修復 ^{*-1} 、明かりからの修復、ライニング ^{*-2}	
2	2,400	2,550	150	FRP ライニング	2,394	3,018	624 天端部にはく落および浮き、鉄筋露出	崖錐堆積物、新トンネル作業坑上部を通過	断面修復 ^{*-1} 、明かりからの修復、ライニング ^{*-2}	
	2,550	2,910	360	FRP ライニング グラウト注入	2,471	2,642	171 ひび割れから樹根、0.5-3.0mmのひび割れ	崖錐堆積物、新第三紀礫岩	樹根の除去、樹根の侵入防止 ;ライニング ^{*-2}	
	2,910	3,060	150	FRP ライニング				崖錐堆積物		
3	9,510	9,563	53	FRP ライニング	9,555	9,561	6	天端部にはく落、鉄筋露出(3箇所)	1号水路橋、新第三紀礫岩	断面修復 ^{*-1} 、明かりからの修復、ライニング ^{*-2}
					9,548			樹根の侵入	1号水路橋	樹根の除去、樹根の侵入防止 ;ライニング ^{*-2}
	9,563	10,530	967	FRP ライニング グラウト注入 塗装	9,641			0.1mmのひび割れ	新第三紀粘土質～シルト質泥灰岩(礫岩層を頻繁に挟在)	ひび割れ補修
					9,764	9,841	77	0-0.25mmのひび割れ		継続監視
					9,929	10,254	325	補強鋼管の表面腐食		さびの除去、防錆材の塗布
	10,530	10,590	60	FRP ライニング	10,549	10,590	41	天端部 側壁にはく落および浮き、鉄筋露出	2号水路橋、新第三紀粘土質～シルト質泥灰岩(礫岩層を頻繁に挟在)	断面修復 ^{*-1} 、ライニング ^{*-2}
					10,549	10,599	50	0.2-0.3mmのひび割れ	2号水路橋	ひび割れ補修
					10,590	10,710	120	FRP ライニング グラウト注入		
10,710	10,780	70	FRP ライニング ファイバシート	10,735	10,780	45	天端部 側壁にはく落および浮き、鉄筋露出	3号水路橋、古第三紀泥灰岩質石灰岩	断面修復 ^{*-1} 、ライニング ^{*-2}	
				10,747	10,770	23	0.1-0.25mmのひび割れ	3号水路橋	ひび割れ補修	
4	12,325	12,745	420	パイプ更新			420 (本区間については、今回現地踏査実施できず)	古第三紀～白亜紀石灰岩類		
5	13,630	13,872	242	FRP ライニング	13,740	13,938	198 補強鋼管の表面腐食	白亜紀石灰岩、ドロマイト、泥灰岩質石灰岩・泥灰岩	さびの除去、防錆材の塗布	
6	15,700	15,750	50	FRP ライニング グラウト注入	15,721	16,071	350 0.1-2.0mmのひび割れ	自動車道路の下部、白亜紀石灰岩、ドロマイト、泥灰岩質石灰岩・泥灰岩	ひび割れ補修 道路下部空洞部分 :グラウト注入	
	15,750	16,170	420	FRP ライニング グラウト注入				同上		
	16,170	16,200	30	FRP ライニング				同上		
合計			3,382			2,535				
	要請区間外				1,216			樹根の侵入	樹根の除去、樹根の侵入防止 ;ライニング ^{*-2}	
	要請区間外				8,843	8,849	6	樹根の侵入	樹根の除去、樹根の侵入防止 ;ライニング ^{*-2}	

*-1 :腐食した鉄筋を除去したあと新しい鉄筋を設置し、モルタルあるいはコンクリートで修復する。

*-2 :コンクリート、鋼板、FRP等によるライニング

表 - 3.12 新トンネル調査結果と補修方法案

要請書で提案されている補修箇所 補修内容				予備調査結果					
No.	TD		区間距離	補修方法	TD	区間距離	劣化状況 * -1	地形・地質状況	補修方法(案)
1	16	806	790	グラウト注入	0	218	218	白亜紀石灰岩類、崖錐堆積物、家屋、道路下を通過	道路下部空洞にグラウト注入
2	2,541	3,301	760	グラウト注入	3,168		はく落 (BHD 110 × 100 × 3cm)	新第三紀・粘土質～シルト質泥灰岩 (礫岩層を挟在)	断面修復 * -2
					3,169		はく落 (BHD 30 × 100 × 1cm)	同上	断面修復 * -2
					3,172		はく落 (BHD 30 × 200 × 2cm)	同上	断面修復 * -2
3	3,500	4,500	1,000	ひび割れ補修 逆止弁設置	3,850		湧水 9 (l/min)	新第三紀 礫岩	継続監視
					3,879		湧水 4.5 (l/min)	同上	継続監視
					4,151		湧水 2 (l/min)	同上	継続監視
					4,233		湧水 3 (l/min)	同上	継続監視
4	4,783	5,723	940	グラウト注入	5,684		湧水 2 (l/min)	同上	継続監視
5	9,546	10,746	1,200	グラウト注入	9,376		はく落 (BHD 60 × 80 × 3cm)	新第三紀・粘土質～シルト質泥灰岩 (礫岩層を挟在)	断面修復 * -2
合計			4,690						
	要請区間外				1,096		0.25mmひび割れ	白亜紀～古第三紀 石灰岩類	ひび割れ補修
	同上				1,160		2mmひび割れ	同上	ひび割れ補修
	同上				8,514		0.2mmひび割れ	新第三紀・粘土質～シルト質泥灰岩 (礫岩層を挟在)	ひび割れ補修
	同上				9,573		0.7mmひび割れ	同上	ひび割れ補修
	同上				1,100		はく落 (BHD 30 × 30 × 4cm)	白亜紀～古第三紀 石灰岩類	断面修復 * -2
	同上				11,127		はく落 (BHD 40 × 40 × 2cm)	同上	断面修復 * -2
	同上				11,148		はく落 (BHD 20 × 60 × 3cm)	同上	断面修復 * -2

* -1 :BHDは、B :幅、H :高さ、D :深さを表す

* -2 :劣化したコンクリートを除去し、新しいコンクリートに置き換える

## 第4章 我が国の協力の可能性

### 4-1 要請内容の妥当性

トンネル内面調査の結果、既存の送水トンネルは比較的状态が良く、局所的な補修で済むことが判明した。

表 - 4.1 に示すように、送水機能を維持するための代替案を比較した結果、費用対効果および技術的観点から、既存の送水トンネルを改修するという本要請内容は妥当であると判断される。

表 - 4.1 代替案比較

原案	メリット	デメリット	評価
トンネル改修	施工数量が最小で済む	短い断水時間で改修工事を実施する必要あり	
代替案			
トンネル新規建設	現在の送水路運用に影響を与えない	トンネル建設費用は改修費用よりも高額 DAWSSA の見積もりでは建設費は\$8,700 万	
トンネルに管路を敷設	トンネルからの漏水を確実に防げる	現状と同じ通水容量を確保するのが困難	
損傷区間をバイパスする	現行設備を有効に利用することができる	既存トンネルの直近で工事するので技術的に困難	
バラダ川に放流し、下流で取水	トンネルの改修が不要	水が途中で蒸発する 汚染により水質が途中で悪化する 浄水、揚水施設が必要 DAWSSA の見積もりでは施設の建設費は\$2 億	×

両トンネルとも、それぞれ分岐を持っており、周辺地区への給水を行っていること、維持管理作業時に一方の通水を停止した際にもう一方が存在することにより断水等の市民生活への影響を最低限に抑えることができることから、2本の送水トンネルを両方とも維持していくことが望ましい。完成後80年近くが経過している旧トンネルの状況も比較的健全であり、適切な補修を行うことによって十分延命を図ることができる。一方、両トンネルとも補修を必要とする箇所があるが、両方を対象としても規模が過大になるとは考えにくいいため、2本のトンネルの双方を協力の対象とすることが妥当である。

### 4-2 無償資金協力実施の妥当性

送水トンネルはダマスカス市の水道にとって極めて重要なライフラインである。それらを適切に補

修することにより、その機能を維持し、ダマスカス市に安全かつ安定的に給水するとともに、トンネルの寿命を延ばすことが可能である。

裨益対象は DAWSSA の給水人口 258 万人と極めて多く、計画の目標は BHN に合致する。計画実施後の維持管理は DAWSSA によって継続していくことが可能であり、高度な技術を必要とするものではない。過度の収益性はなく、環境社会面での負の影響もない。工期、規模、制度等の面からみて、我が国の無償資金協力によって特段の支障なく計画を実施することが可能である。

よって、本計画は、必要性、緊急性の高い事業を支援するという、無償資金協力の主旨に沿っており、その実施は妥当であると判断される。

### 4 - 3 協力の基本方針

#### ( 1 ) 協力の目的

ダマスカス市の水道事業において重要なライフラインである送水トンネルを補修することにより、引き続き長期にわたって機能を維持できるようにすることを目的とする。

#### ( 2 ) 協力の内容

本計画は、送水トンネルの機能を維持するために劣化部分を補修するものである。

今回の予備調査の結果から、次のような補修方法が考えられる。

##### ・旧トンネル

- コンクリートに目の開いたひび割れが見られる箇所においてひび割れを補修する
- コンクリートのはく離、鉄筋の露出が見られる箇所では、腐食した鉄筋を除去し、新たな補強材を入れてコンクリートを打設し直すか、FRP 板等で劣化した断面を覆う
- 開削工法により施工された矩形断面区間は、図 - 3.5 に示すように側壁と天井のコンクリートは別個に打設されているので、天井のコンクリートのはく離している箇所では地表から施工が可能であれば、はく離した天井コンクリートを撤去して打設し直す
- 植物の根が侵入している箇所では根を除去して鋼板や FRP 板等で断面を覆う等の侵入防止策を講じる
- トンネルの地山被りが浅く、上部に道路や人家がある区間で覆工背面に空隙がある箇所ではグラウト注入により充填する

##### ・新トンネル

- コンクリートに目の開いたひび割れが見られる箇所においてひび割れを補修する
- コンクリートのはく落している箇所では品質の低下したコンクリートを除去して打設し直す
- トンネルの地山被りが浅く、上部に道路や人家がある区間で覆工背面に空隙がある箇所ではグラウト注入により充填する

要請書で挙げられていた補修箇所、補修項目において、予備調査で変更したものは以下のとおりである。

- ・ 新トンネルの湧水がある区間で逆止弁を設置するとなっているが、湧水により覆工に変状を生じ

ている形跡は見られないので今回の改修計画で緊急に設置する必要性は認められない

- ・ 旧トンネルの上部半円下部矩形断面区間および新トンネルの発破工法で掘削された区間で覆工背面に空隙がある箇所はグラウト注入で充填するとなっていたが、空隙が崩落して岩石が落下し、覆工コンクリートを傷めている形跡が見られないので、地山被りが浅い区間でトンネル上部に道路や人家があり、覆工背面の空隙が崩落して地表が陥没すると被害が発生する可能性がある場合にのみ空隙を調査して充填すれば十分である
- ・ 旧トンネルで劣化が認められる区間はすべて内面に FRP 板を張って保護するとなっているが、はく離箇所、ひび割れだけを補修するだけで十分であると考えられる区間もあるので、基本設計調査で補修工法について調査、検討する必要がある
- ・ 旧トンネルの 3 号水路橋の下面を炭素繊維シートで補強するとなっているが、現状では水路橋に過大なたわみや漏水は見られないので今回の改修計画で緊急に補修する必要性は認められない
- ・ 旧トンネルの逆サイホン部で管の継手部分から漏水している可能性があるので継手部を内側から補修して欲しいと DAWSSA は説明しているが、予備調査では調査できなかったため、基本設計調査で漏水の有無、漏水箇所、補修の必要性、補修工法について調査、検討する必要がある
- ・ DAWSSA の説明によると、地中海沿岸流域からの送水計画が実現して送水路が旧トンネルに接続されると流量調節や逆流防止のためにゲート进行操作する必要があるため旧トンネルの錆びたゲートの交換を要請したとのことであるが、送水計画の完成時期が未定であるため緊急に交換する必要性は乏しいと判断され、基本設計調査において交換の必要性を再確認するべきである

### ( 3 ) 協力の規模

予備調査の結果、旧トンネルで総延長約 2,600m、新トンネルで約 2,000m の区間において劣化状況を調査し、必要な補修を実施すれば十分であると判断された。

新旧両トンネルともそれぞれ分岐を持っており、周辺地区へ給水していること、維持管理作業時に一方の水路の通水を止めてももう一方のトンネルから給水が可能であり、断水等の市民生活への影響を最小限に抑えることができるので、両方のトンネルを維持していくことが望ましい。

### ( 4 ) 協力の範囲

本計画は送水トンネルの劣化箇所の補修であり、設備の補強や増設までは含まない。

### ( 5 ) 期待される効果

送水トンネルの機能が維持されることでダマスカス市の安全かつ安定的な給水に貢献することが期待される。

## 4 - 4 基本設計調査の内容

### ( 1 ) 主な調査内容

- 1) 予備調査の結果及びその後の状況変化の確認
- 2) 既存データ及び予備調査結果に基づく詳細調査区間の決定

DAWSSA が保有する既存の資料および予備調査の結果に基づき詳細現地踏査を実施する区間を決定する。調査の時間上の制約を考慮すると詳細調査を行う区間は限定する必要があるため、原則として予備調査において優先箇所と判断された区間をベースに決定する。

### 3) 旧トンネル水収支調査

DAWSSA の調査では、旧トンネルの漏水率は 40% 以上にもなるとのことであるが、予備調査におけるトンネル調査ではそのような大量の漏水が生じるような亀裂や穴は確認されなかった。従って、基本設計調査では、送水量の減少、漏水が生じている位置及び原因、送水量と送水減少量の比率等を調査し、もし許容できない送水量の減少が認められれば、必要な補修方法の提案が必要となる。

上記した DAWSSA による旧トンネルの漏水量調査は、トンネル入口部では、フィジェ水源地の堰の越流水深により、またトンネル出口部ではワリ送・配水池の水位上昇を測定して流量を測定したということである。この方法による送水量測定を DAWSSA に依頼し、立ち会い確認する。

旧トンネルをいくつかの区間に区切って水収支を把握する。特に、サイホン上下流部においては流速計により流速を計測し、流量を算出する必要があると考えられる。この場合、旧トンネル全線について、分岐部からの分水や排水が行われていないことを確認することおよび流量の時間差を考慮しなければならない。また、旧トンネル入口部の塩素注入濃度とサイホン上下流部及びトンネル出口部の残留塩素濃度を測定する。

上記調査により送水量が減った区間を特定し、さらにその区間で流速計により流量を測定し、絞り込みにより漏水が生じている位置を特定し、原因を調査する。

それとともに、旧トンネルについて、フィジェ水源地从らの送水量、ワリ貯水池での受水量、途中での分水量の日間、週間、月間の実績を DAWSSA に調べてもらい、漏水の有無を再度確認してもらう。

### 4) 湧出水量の季節変化の調査

予備調査におけるトンネル調査ではトンネルを通過する水の水質に顕著な悪化は認められなかった。DAWSSA は冬期には降雨のためにトンネル内への湧出水量が増加して水質が悪化する可能性があるとして主張しているため、トンネル内の湧出水量を再度測定するとともに、トンネルの始点と終点で塩素濃度を再度測定し、影響を確認する。

### 5) トンネル覆工背面の空隙調査（電磁波レーダー探査）

予備調査におけるトンネル調査ではトンネル上部の空隙が崩落して落下した岩石が巻立コンクリートに損傷を与えている状況は確認されなかったが、被りが浅くてトンネルの直上に人家や道路がある区間では、空隙が崩落して地面が陥没すると被害が発生する可能性があるため、空隙の存在を調査し、被害が発生するような大きな空隙の存在が認められた場合にはグラウチングにより充填する必要がある。

上記の基準を考慮すると、空隙を調査すべき区間は、旧トンネルでは終点付近の約 500m、新トンネルでは始点から約 200m が想定されるが、現地踏査で地表の状況を確認して空隙の存在を調査すべき区間を決定する。

対象区間でトンネル巻立コンクリート上部の空隙の位置と大きさを調査してグラウチングの数量を見積もるための参考資料とする。調査は非破壊検査の一種である電磁波レーダー探査により実施する。

レーダー探査の結果に基づいて空隙の大きさを求める際に、最低 1 箇所巻立コンクリートの厚さと空隙の大きさを実測する必要があるため、巻立コンクリートを貫通する孔を開けて空隙の寸法を計測する。

#### 6) コンクリート強度試験

予備調査におけるトンネル調査では、新トンネルの劣化の原因は建設時の巻立コンクリートの品質不良であり、不良部を除去して新しいコンクリートを打設することにより補修できると判断された。

巻立コンクリートの品質不良部について、その周辺でコンクリートの試料を採取して一軸圧縮強度試験を実施し、コンクリートをどの範囲まで除去すべきかを判断するための参考とする。

試料採取後の穴は巻立コンクリートと同等の材料で埋め戻す。

#### 7) 補修対象箇所の断面形状測定

修復箇所の断面形状を測定して、工事数量を正確に見積もったり、修復材料の寸法を正確に出したりするための資料にする。

#### 8) 補修対象区間のトンネル詳細内面調査（展開図作成）

改修対象区間について、トンネルの内面を詳細に調査し、劣化の状況を展開図に整理、記録して改修工事の設計、施工計画、積算業務の参考にする。

#### 9) 劣化機構の推定

#### 10) 補修方法、補修材料の設計

#### 11) 旧トンネルサイホン部の漏水調査

予備調査におけるトンネル調査では、旧トンネルサイホン部を調査することはできなかった。

DAWSSA の説明では、内径 1,000mm のアスベストセメント製のサイホン管の継手から漏水していると考え、継手部を内側からスパイラル管により補修するように要請書を出したとのことであるが、サイホン管の漏水状況の確認と補修方法の検討のために、要請書で上げられているサイホン管だけでなく、他の管についても状況を調査する必要があると考えられる。

サイホン部の漏水の有無、漏水箇所については上記の水収支調査により確認する。

地表からの調査については、調査対象地点が軍事施設内に位置することから、DAWSSA と協議して方法を決定する。

#### 12) 他ドナー援助（地中海沿岸流域からの送水計画）の最新動向の把握

#### 13) 施工計画調査

#### 14) トンネル点検、維持補修技術に関するソフトコンポーネント計画の検討

#### 15) 無償資金協力の妥当性、範囲、および基本構想の検討

#### 16) 無償資金協力の対象事業に係る基本設計、実施計画の策定、概算事業費の積算

#### 17) 無償資金協力の対象事業の施設に係る維持管理計画の策定および運営維持管理費の概算

#### 18) 相手国側分担事業の実施に係る提言

#### 19) 無償資金協力の対象事業の効果に係る評価、課題の提示および協力実施にかかる提言

### (2) 要員計画

以下のような団員構成、担当業務、求められる経験・資格が想定される。

#### 1) 業務主任 / トンネル補修計画

- ・ 基本設計調査全体の取りまとめ

- ・ 詳細現地踏査計画の策定
- ・ 水収支調査の総括
- ・ 旧トンネルサイホン部の状況調査を含む地表踏査の総括
- ・ トンネル内面調査の総括
- ・ 最終報告書(案)の説明

業務主任者には、施工時間の制約の厳しい条件下でトンネル改修工事の計画、施工監理に従事した経験が要求される。

## 2) コンクリート診断

- ・ 詳細現地踏査計画の策定
- ・ 水収支調査の実施
- ・ 旧トンネルサイホン部の状況調査を含む地表踏査の実施
- ・ トンネル内面調査の実施
- ・ トンネル空隙調査（電磁波レーダー探査による非破壊検査）の実施
- ・ 巻立コンクリート劣化部分周辺における強度試験の総括
- ・ 巻立コンクリートの劣化原因の特定
- ・ 補修範囲の決定

コンクリート診断担当者には、トンネルコンクリートの劣化診断を実施した経験が要求される。コンクリート診断士等、コンクリートの劣化診断、補修に関連する資格を有することが望ましい。

## 3) 非破壊検査

- ・ 水収支調査の実施
- ・ トンネル空隙調査(電磁波レーダー探査による非破壊検査)の総括
- ・ 探査結果の解析

非破壊検査担当者には、トンネル巻立コンクリートの非破壊検査を実施、解析した経験が要求される。

## 4) 地質

- ・ 現地踏査計画の策定
- ・ 水収支調査の実施
- ・ 旧トンネルサイホン部の状況調査を含む地表踏査の実施
- ・ トンネル内面調査の実施
- ・ トンネル空隙調査（電磁波レーダー探査による非破壊検査）の実施

地質担当者には、トンネルに関する地質調査を実施した経験が要求される。

## 5) 補修材料 / 補修工法 / 設計

- ・ 水収支調査の実施
- ・ 旧トンネルサイホン部の状況調査を含む地表踏査の実施
- ・ トンネル内面調査の実施
- ・ 補修材料の調査
- ・ 与条件（通水の中断時間等）下での最適な補修工法の検討
- ・ 施工数量の算出

設計担当者には、施工時間の制約の厳しい条件下におけるトンネル改修工事の工法を検討し

た経験が要求される。

#### 6) 施工計画 / 積算

- ・ 水収支調査の実施
- ・ 旧トンネルサイホン部の状況調査を含む地表踏査の実施
- ・ トンネル内面調査の実施
- ・ 設計担当者が選定した補修工法に関する施工計画の策定
- ・ 工事費用の積算
- ・ 最終報告書(案)の説明

施工計画/積算担当者には、施工時間の制約の厳しい条件下におけるトンネル改修工事の施工計画立案、積算を実施した経験が要求される。

#### (3) 調査用資機材、現地業者の活用

調査用資機材としては、旧トンネル水収支調査に用いるためのプロペラ流速計、トンネル空隙調査に用いる電磁波レーダー探査装置が想定される。

コンクリート強度試験のための試料採取やトンネル空隙調査のための穴あけ、一軸圧縮試験は、シリア国内の現地業者に再委託することが可能である。

# 資料

資料1 調査団構成

氏名	担当分野	所属	派遣期間
松本 重行	総括	独立行政法人国際協力機構 無償資金協力部 業務第一グループ 水・衛生チーム	7月15日～7月24日
浅田 英紀	水道計画	株式会社日水コン	7月9日～7月24日
水橋 雄太郎	コンクリート診断/ 調査計画1	電源開発株式会社	6月18日～7月24日
武岡 三七一	コンクリート診断/ 調査計画2	電源開発株式会社	6月18日～7月24日
津田 延裕	地質/水文	電源開発株式会社	7月4日～7月24日

資料2 調査行程

			総括	水道計画	コンクリート診断/ 調査計画1及び同2	地質/水文
1	6月18日	金			東京 12:05? パリ 17:30 (AF275)	
2	6月19日	土			パリ 13:20? ダマスカス 19:00 (AF510)	
3	6月20日	日			JICA 事務所打合せ、DAWSSA 打合せ	
4	6月21日	月			資料収集・整理、調査準備	
5	6月22日	火			資料収集・整理、調査準備	
6	6月23日	水			資料収集・整理、新トンネル概略調査	
7	6月24日	木			資料収集・整理、旧トンネル概略調査	
8	6月25日	金			資料整理・分析	
9	6月26日	土			資料整理、旧トンネル概略調査	
10	6月27日	日			資料整理、旧トンネル概略調査	
11	6月28日	月			資料整理、旧トンネル概略調査	
12	6月29日	火			DAWSSA 打合せ、資料収集・整理、新トンネル詳細調査	
13	6月30日	水			資料収集・整理	
14	7月1日	木			資料収集・整理、新トンネル詳細調査	
15	7月2日	金			資料収集・整理、旧トンネル詳細調査	
16	7月3日	土			資料収集・整理、新トンネル詳細調査	
17	7月4日	日			旧トンネル・新トンネル詳細調査	東京 10:45? ウィーン 16:00 (OS052)
18	7月5日	月			旧トンネル・新トンネル詳細調査	ウィーン 10:25? ダマスカス 14:50 (OS841) 団内打合せ
19	7月6日	火			旧トンネル・新トンネル詳細調査	資料収集・分析、DAWSSA ヒアリング
20	7月7日	水			旧トンネル・新トンネル詳細調査	現地踏査(新トンネル劣化箇所)
21	7月8日	木			旧トンネル詳細調査、資料整理	現地踏査(トンネル地山地質・水文)
22	7月9日	金		東京 12:05? パリ 17:30 (AF275)	資料整理	資料整理
23	7月10日	土		パリ 13:20? ダマスカス 19:00 (AF510)	資料収集・整理	現地踏査(トンネル地山地質・水文)
24	7月11日	日		資料収集・分析、DAWSSA ヒアリング	資料収集・整理、地表踏査	資料収集・分析、DAWSSA ヒアリング

			総括	水道計画	コンクリート診断/ 調査計画1及び同2	地質/水文	
25	7月12日	月		現地踏査	資料収集・整理、地表踏査	現地踏査(トンネル地山地質・水文)	
26	7月13日	火		現地踏査、資料収集・分析、DAWSSAヒアリング	資料整理	資料収集・分析、DAWSSAヒアリング	
27	7月14日	水		資料収集・分析、DAWSSAヒアリング	資料整理	資料収集・分析、DAWSSAヒアリング	
28	7月15日	木	東京 12:05? パリ 17:30 (AF275)	資料収集・分析、DAWSSAヒアリング	調査結果分析、劣化機構推定、基本設計調査方針検討	現地踏査(トンネル地山地質・水文)	
29	7月16日	金	パリ 13:20? ダマスカス 19:00 (AF510)	調査結果分析、基本設計調査方針検討、協議資料作成	調査結果分析、劣化機構推定、基本設計調査方針検討	調査結果分析、劣化機構推定、基本設計調査方針検討	
30	7月17日	土	団内打合せ(調査結果分析、協議方針検討) 資料作成				調査結果分析、基本設計調査方針検討、協議
31	7月18日	日	JICA事務所打合せ、日本大使館表敬、国家計画委員会表敬、住宅・建設省表敬、DAWSSA表敬	調査結果分析、基本設計調査方針検討、協議資料作成		現地踏査(旧トンネル劣化箇所)	
32	7月19日	月	DAWSSAとの協議				
33	7月20日	火	ミニッツ作成、調査結果分析、基本設計調査方針検討				
34	7月21日	水	ミニッツ協議、調査結果分析、基本設計調査方針検討				
35	7月22日	木	ミニッツ署名、JICA事務所報告				
36	7月23日	金	ダマスカス 7:35? パリ 11:35 (AF511) 13:15?				
37	7月24日	土	? 東京 7:50 (AF276)				

### 資料3 面会者リスト

#### 国家計画委員会 ( State Planning Commission )

Mr. Bassam al-Sibai, Deputy Head of State Planning Commission

#### 住宅・建設省 ( Ministry of Housing and Construction )

Eng. Mazen Laham, Director of Planning

#### ダマスカス市上下水道公社 ( DAWSSA )

Eng. Mwafak Khallouf, General Director

Eng. Khaled al-Shalak, Deputy General Director, Director of Studies and Designs

Eng. Nabel Abu Trab, Head of Study Section, Studies and Designs Dept

Eng. Sawsan Al Magribi, Civil Engineer, Head of structural section, Studies and Designs Dept.

Eng. Mayssa Al Akhras, Civil Engineer, Head of topographical section, Studies and Designs Dept.

Eng. Youssef Bahssas, Civil Engineer, Execution works related to maintenance, Maintenance and Vehicles Dept.

Eng. Husam Kassab, Civil and Sanitary Engineer/Coordinator, Studies and Designs Dept.

Eng. Hassan Moshmush, Head of FigeH and Barada Section, Mechanical Engineer, Maintenance and Vehicles Dept.

Eng. Monzer Amin, Deputy Head of FigeH and Barada Sites, Mechanical Engineer, Maintenance and Vehicles Dept.

Eng. Amas Darwish, Civil engineer, Studies and Designs Dept.

Geologist Abed Al Naser, Resources section, Studies and Designs Dept.

Geologist Muhannod Wanly, Topography works section, Studies and Designs Dept.

Eng. Faten Al Kutainy, Environmental section, Studies and Designs Dept.

Ms. Hanadi Asfari, Interpreter, Translation section, General Director Dept.

島田 寛三 シニアボランティア ( 上水道漏水対策 )

#### LAHMEYER INTERNATIONAL (ダマスカス市水道計画の作成を行っているコンサルタント)

Mr. Rateb Alawawdeh

Mr. Jamad Omran

#### 在シリア国日本大使館

奥田 健 二等書記官

#### JICA シリア事務所

長澤 一秀 所長

大竹 茂 次長

船場 玲子 所員

Mr. Sakher Mrishih, Programme Officer, Water Resources & Agriculture Sectors

## **資料 4 討議議事録 (M/D)**

MINUTES OF DISCUSSIONS  
ON THE PRELIMINARY STUDY  
ON THE PROJECT FOR REHABILITATION OF THE WATER TRANSMISSION TUNNELS  
IN DAMASCUS CITY  
IN THE SYRIAN ARAB REPUBLIC

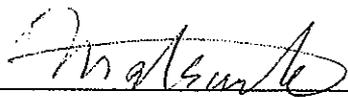
In response to the request from the Government of Syrian Arab Republic ( hereinafter referred to as "Syria" ), the Government of Japan decided to conduct a Preliminary Study on the Project for Rehabilitation of Water Transmission Tunnels in Damascus City ( hereinafter referred to as "the Project" ) and entrusted the study to the Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA").

JICA sent to Syria the Preliminary Study Team (hereinafter referred to as "the Team" ), which is headed by Mr. Shigeyuki Matsumoto, Water and Sanitation Team, Project Management Group I, Grant Aid Management Department, JICA, and is scheduled to stay in the country from June 19 to July 23.

The Team held discussions with the officials concerned of the Government of Syria and conducted a field survey at the study area.

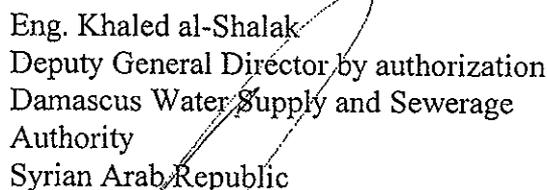
As a result of discussions and field survey, both parties confirmed the main items described on the attached sheets. Subject to the decision by the Government of Japan, JICA will conduct a Basic Design Study on the Project.

Damascus, July 22, 2004



---

Mr. Shigeyuki Matsumoto  
Leader  
Preliminary Study Team  
Japan International Cooperation Agency  
Japan



---

Eng. Khaled al-Shalak  
Deputy General Director by authorization  
Damascus Water Supply and Sewerage  
Authority  
Syrian Arab Republic

## ATTACHMENT

### 1. Objective of the Project

The objective of the Project is to maintain the effective functioning of the water transmission tunnels from the Fiegh Spring to Damascus city by rehabilitating them in order to ensure safe and stable water supply for people in the service areas of Damascus city and its vicinal villages.

### 2. Project sites

The sites of the Project are the Old Tunnel and the New Tunnel. The location of the sites is shown in Annex-1.

### 3. Responsible and Implementing Agency

3-1. The Responsible Agency is Ministry of Housing and Construction (MOHC).

3-2. The Implementing Agency is Damascus City Water Supply and Sewerage Authority (DAWSSA). The organization chart is shown in Annex-2.

### 4. Items requested by the Government of Syria

After discussions with the Team, the items described in Annex-3 were finally requested by the Syrian side. JICA will assess the appropriateness of the request and will report the findings to the Government of Japan.

### 5. Japan's Grant Aid Scheme

5-1. The Syrian side understands the Japan's Grant Aid Scheme explained by the Team, as described in Annex-4.

5-2. The Syrian side will take the necessary measures for smooth implementation of the Project, as a condition for the Japanese Grant Aid to be implemented.

### 6. Schedule of the Study

If the Project is found feasible as a result of the Preliminary Study, JICA will send the Basic Design Study Team around November, 2004.

### 7. Other relevant issues

7-1. Necessity of the water transmission tunnels for water supply to Damascus city

DAWSSA explained roles and necessity of the tunnels at present and in the future. The water transmission tunnels connect the Fiegh Spring and the Wali Reservoirs (Old and New). Water from the Barada Spring well field and the Fiegh Spring flows through the tunnels to Damascus City and accounts for more than 80 % of total production amount. Besides, water transmission pipelines diverge from the tunnels along the way to surrounding villages and facilities. Therefore, the tunnels

(w)

are critically important lifelines for the people in Damascus.

DAWSSA plans to develop groundwater resources in Hermon area in order to cope with water shortage in dry season. The extracted groundwater will also flow through the tunnels. In addition, the water transmission project from the Mediterranean coastal basin and the Euphrates basin is now in the planning stage and a part of water conveyed by this project is planned to flow into the tunnels for the purpose of water distribution in western part of Damascus. Because of the above situation, to maintain appropriate function of the tunnels is indispensable continuously in the future.

DAWSSA suspects water quality degradation and water leakage mainly in the old tunnel. However, the Team confirmed that enough residual chlorine was kept in mid-course and at the end of the old tunnel and no major crack or damage to cause such large amount of leakage was found. DAWSSA pointed out the necessity of water quality investigation in wet season because of increase of infiltration inflow into the tunnels. The Team proposed to investigate water balance of the old tunnel more precisely during the Basic Design Study.

Considering the above-mentioned situation, the Team recognized the importance and necessity of keeping proper function and capability of the tunnels.

#### 7-2. Justification of the Project

The Team investigated some alternatives to rehabilitation of the existing water transmission tunnels. The result is shown in Annex-5.

Comparing to the other alternatives, the rehabilitation of the existing tunnels seems to be the optimum solution, mainly because only a part of the tunnels shall be rehabilitated and it brings cost-effectiveness.

#### 7-3. Actual conditions of deterioration in the tunnels and priority area of the Project

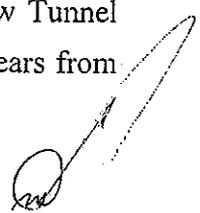
The Team inspected all along the tunnels and presented their findings, proposed sections to be prioritized and possible repair methods as shown in Annex-6 (Old Tunnel) and Annex-7 (New Tunnel).

The Team found damages such as exfoliation and fallings of concrete at the arch portion, exposed and corroded reinforcing bars, ingress of plant roots and cracks. Repair works are necessary at an early date to prevent further aggravation and prolong life of the tunnels. Causes of deterioration in the tunnels were presumed as follows;

Old Tunnel : aging,

New Tunnel : low quality concrete when constructed.

The preliminary inspection by the Team shows that deterioration to the lining has been brought by low quality concrete, not by excessive load or stress from outside. No fatal deformation was observed. Therefore, repair works shall be carried out so that they give lining concrete the original quality. The Team also explained their opinion that non-return drain valves for the New Tunnel were not necessary because water pressure was low and conditions were stable after 20 years from



the completion of construction.

The Team could not investigate the back siphon part of the Old Tunnel (TD 12,325m – 12,745m), because it was within military land and there had not been enough time to drain water. As for this part, DAWSSA has concern about water leakage from joints of the asbestos cement pipe. Actual condition shall be studied in the Basic Design Study.

The Team recognized the necessity of rehabilitating both tunnels considering the following reasons;

- (1) Both tunnels have deteriorated sections to be rehabilitated as shown in Annex-6 and 7,
- (2) Overall conditions of two tunnels are relatively sound and even the Old Tunnel can be used in the future after appropriate rehabilitation,
- (3) Both tunnels are necessary because each of them has branch pipes to supply water for surrounding villages and facilities and both of them will be used in the planned water transmission scheme from the Mediterranean coastal basin,
- (4) In case of an emergency stop or maintenance work of one tunnel, backup support by the other tunnel can be expected by keeping two tunnels, which minimizes inconvenience of people in Damascus, and
- (5) Deteriorated sections are localized so that the estimated project scale will not become excessive even if both tunnels are included.

The work methods shall satisfy following conditions considering that the tunnels serve as drinking water supply facilities;

- (1) The suspension of water supply service shall be minimized, and
- (2) Toxic materials shall not seep into water after conduction of water resumes.

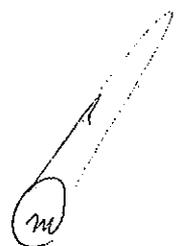
DAWSSA mentioned that they would investigate how to ensure longer working period and one idea was to conduct works during winter when water consumption decreased and to use water from well fields in the city for compensation of cut in water supply by the tunnels.

The Team also explained that considering limited scale of the Japanese Grant Aid project, sections to be rehabilitated should be determined examining necessity, urgency and cost-benefit performance.

#### 7-4. Envisioned outline of the successive study

If the Project is found feasible as a result of the Preliminary Study, items to be investigated in the Basic Design stage are supposed as follows;

- (1) Determine sections to be surveyed in detail based on the existing data and survey results of the Preliminary Study,
- (2) Analyze causes of deterioration,
- (3) Study rehabilitation methods,
- (4) Plan a rehabilitation work schedule, and
- (5) Estimate a construction cost.



Investigation methods shall be determined considering technical reasonableness and cost-effectiveness.

The Team explained that an electromagnetic radar method was applicable to measure thickness of lining concrete and to probe its rear situation when rehabilitation works were to be carried out as requested in the application form. The nondestructive tests cannot probe internal conditions of the lining concrete and its rear situation precisely, but they can give reference information to determine rough locations of rehabilitation works. The Team also explained that according to the result of preliminary survey, the electromagnetic radar method was not necessary for the entire length of the tunnels but required for a part of the tunnels where roads and houses existed above them.

#### 7-5. Technical assistance

According to DAWSSA, there are few tunnels in Syria and no Syrian companies can inspect nor maintain tunnels.

Foreign engineering companies inspected the Old Tunnel and DAWSSA inspected the Old Tunnel and New Tunnel by itself. However, the Team recognized that more systematical inspection was necessary. Therefore, both sides recognized the necessity of technical support to enhance DAWSSA's capability in the following fields;

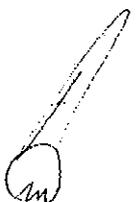
- (1) To record informative and accurate data by periodical inspections,
- (2) To instruct how to repair deteriorations found by the inspections, and
- (3) To repair slight deteriorations.

#### 7-6. Visibility

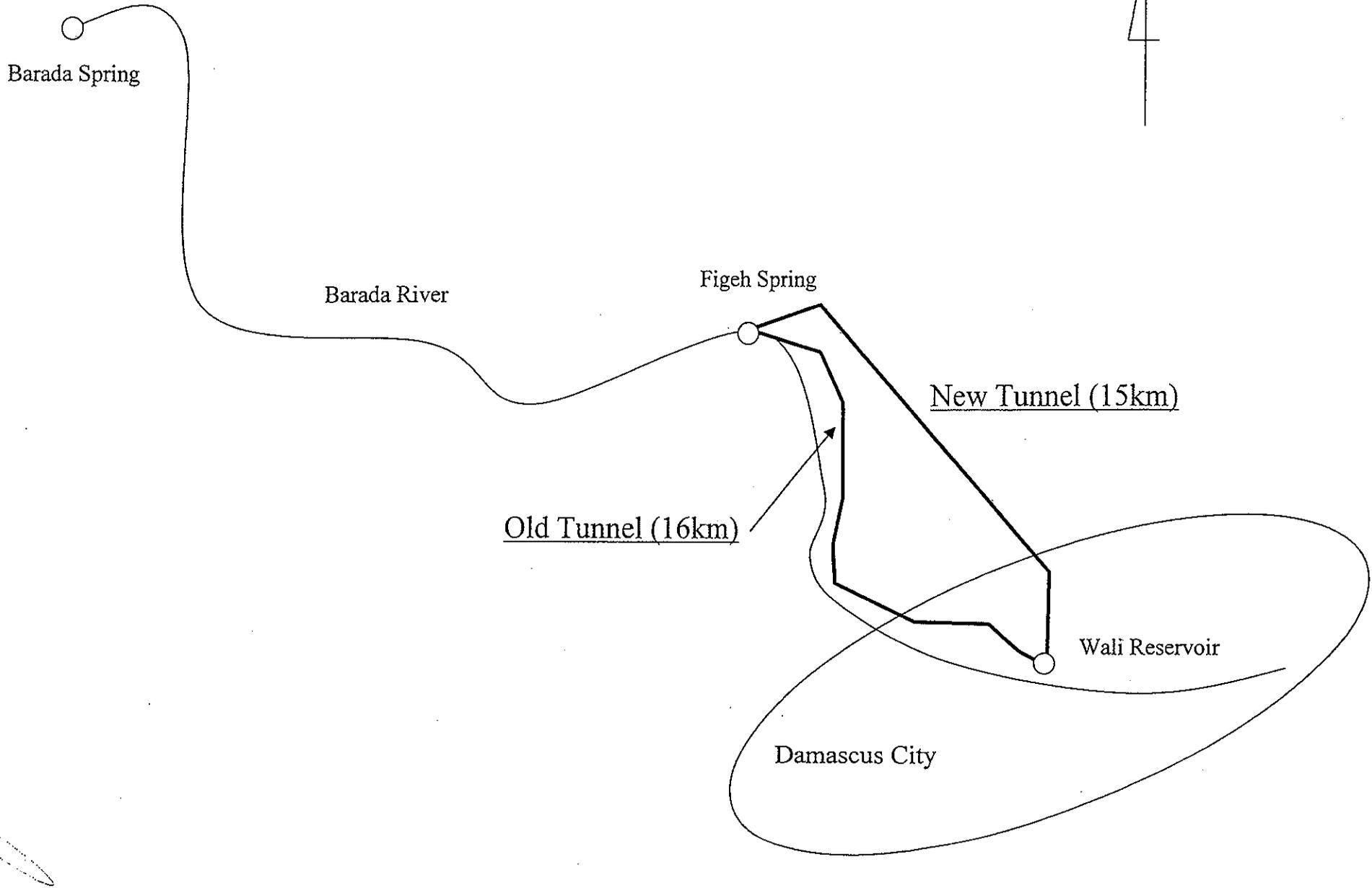
The Team requested DAWSSA to take necessary measures to secure high visibility of the Project, though the tunnels, the Project sites, were underground structure and invisible to the people. DAWSSA explained that they would be able to make a TV report of the Project implementation and set up signboards in Figeih, Wali and inside the city.

#### 7-7. Status of the Preliminary Study

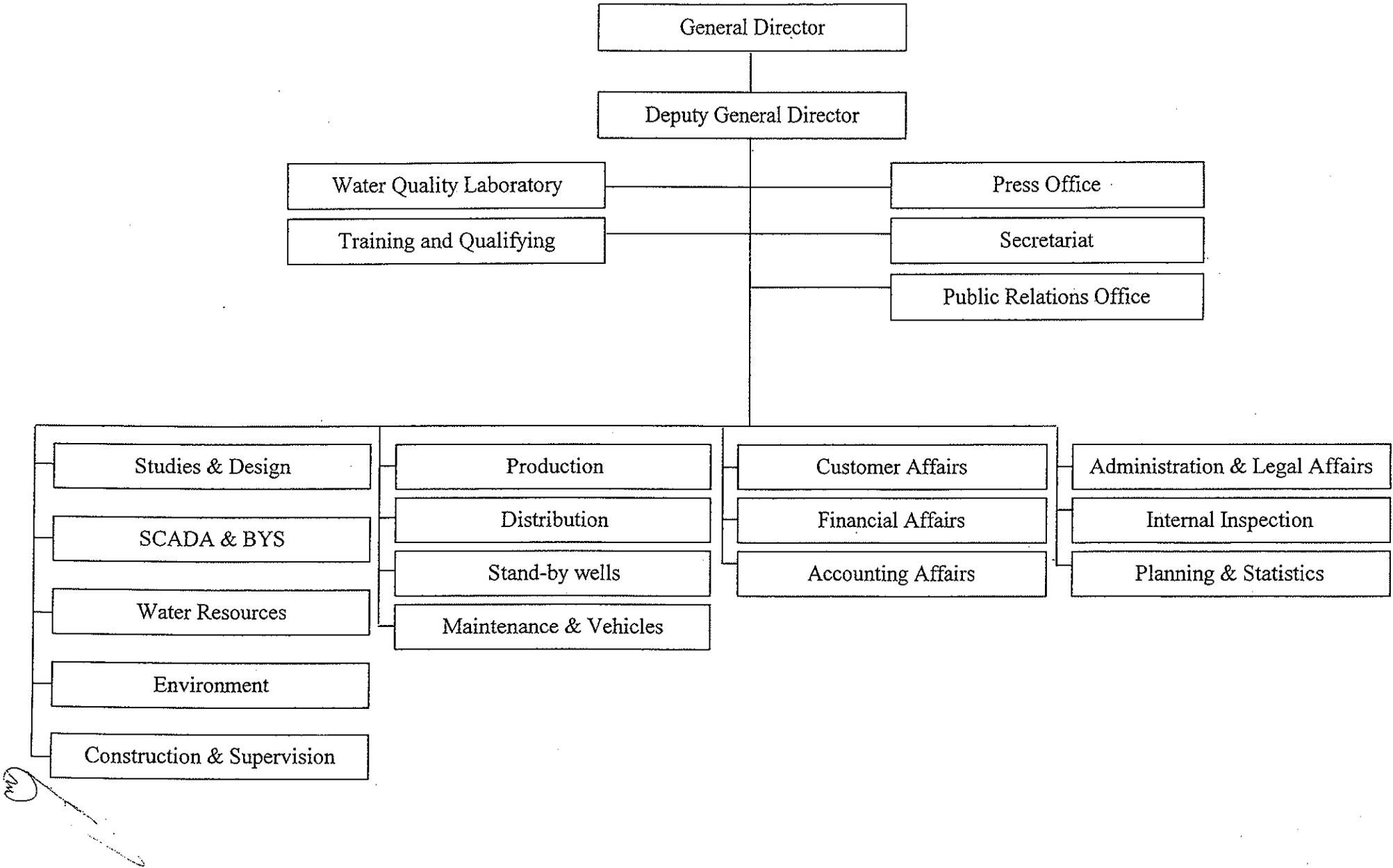
The Team explained that the purpose of the Preliminary Survey was to collect information to verify the appropriateness of the requested Project and no commitment was made from the Japanese side concerning the realization of the Project. DAWSSA understood this status of the Preliminary Study.



ANNEX-1 : PROJECT SITES



ANNEX-2 : ORGANIZATION CHART OF THE DAMASCUS WATER SUPPLY AND SEWERAGE AUTHORITY (DAWSSA)



## ANNEX-3 : ITEMS REQUESTED BY THE SYRIAN SIDE

The main requested component of the Project is as follows:

### (1) Rehabilitation of the Old Tunnel

No.	TD (Total distance)		Length of the section	Condition of the deterioration	Possible mending methods
1	1,216			Ingression of roots into the tunnel	Clearing and protection for the ingress of roots; a) Steel plate, b) FRP
	1,465	1,670	205	Exfoliation and fallings at the arch portion. Corroded reinforcing steel exposes.	a) Internal repair *-1 or b) Repair from the outside of the tunnel or c) FRP lining
2	2,394	3,018	624	Reinforcing steel exposes. Exfoliation and dull sound by the hammer blow at the arch portion.	a) Internal repair *-1 or b) repair from the outside of the tunnel or c) FRP lining
	2,471	2,642	171	Ingression of roots from cracks 0.5-3mm wide	Clearing and protection for the ingress of roots; a) Steel plate or b) FRP
3	8,843	8,849	6	Ingression of roots into the tunnel	Clearing and protection for the ingress of roots; a) Steel plate, b) FRP
	9,555	9,561	6	Reinforcing steel exposures and exfoliation at the arch ( 3 points )	a) Internal repair *-1 or b) repair from the outside of the tunnel or c) FRP lining
	9,548			Ingression of roots into the tunnel	Clearing and protection for the ingress of roots; a) Steel plate or b) FRP
	9,641			Cracks 0.1mm wide	Repair of cracks
	9,764	9,841	77	Cracks of 0-0.25mm width	Monitoring should be continued.
	9,929	10,254	325	Surface corrosion of the round steel pipe.	Clearing rust and painting antirust
	10,549	10,590	41	Reinforcing steel exposures, falling and dull sound by hammer blow at the arch and wall of the tunnel.	a) Internal repair *-1 or b) FRP lining
	10,549	10,599	50	Cracks 0.2-0.3mm wide	Repair of cracks
	10,735	10,780	45	Reinforcing steel exposures, falling and dull sound by hammer blow at the arch and wall of the tunnel.	a) Internal repair *-1 or b) FRP lining
10,747	10,770	23	cracks 0.1-0.25mm wide	Repair of cracks	
4	12,325	12,745	420	Back siphon	Pipe renewal
5	13,740	13,938	198	Surface corrosion of the round steel pipe.	Clearing rust and painting antirust
6	15,721	16,071	350	Cracks 0.1-2mm wide	Repair of cracks Grouting at the section under the road
				Corroded gate valves and related equipment	Replacement
Total			2,541		

*-1: To remove corroded reinforcing steel, then set reinforcing material again and cover with concrete

### (2) Rehabilitation of the New Tunnel

No.	TD (Total Distance)		Length of the section	Condition of the deterioration	Possible mending methods
1	0	218	218	The tunnel passes under the road and houses	Grouting
2	1,096			Cracks 0.25mm wide	Crack repair
	1,100			Falling (BHd 30×30×4cm)	Internal repair *-2
	1,160			Cracks 2mm wide	Crack repair
3	3,168			Falling (BHd 110×100×3cm)	Internal repair *-2
	3,169			Falling (BHd 30×100×1cm)	Internal repair *-2
	3,172			Falling (BHd 30×200×2cm)	Internal repair *-2
4	8,514			Cracks 0.2mm wide	Crack repair
5	9,376			Falling (BHd 60×80×3cm)	Internal repair *-2
	9,573			Cracks 0.7mm wide	Crack repair
6	11,127			Falling (BHd 40×40×2cm)	Internal repair *-2
	11,148			Falling (BHd 20×60×3cm)	Internal repair *-2

*-2: To remove low quality concrete and replace it with fresh concrete

## ANNEX-4 : JAPAN'S GRANT AID SCHEME

### 1. Grant Aid Procedure (Attachment 1)

#### 1) Japan's Grant Aid Program is executed through the following procedures.

Application (Request made by a recipient country)

Study (Basic Design Study conducted by JICA)

Appraisal & Approval (Appraisal by the Government of Japan and Approval by Cabinet)

Determination of (The Notes exchanged between the Governments of Japan

Implementation and the recipient country)

#### 2) Firstly, the application or request for a Grant Aid project submitted by a recipient country is examined by the Government of Japan (the Ministry of Foreign Affairs) to determine whether or not it is eligible for Grant Aid. If the request is deemed appropriate, the Government of Japan assigns JICA to conduct a study on the request. If necessary, JICA send a Preliminary Study Team to the recipient country to confirm the contents of the request.

Secondly, JICA conducts the study (Basic Design Study), using Japanese consulting firms.

Thirdly, the Government of Japan appraises the project to see whether or not it is suitable for Japan's Grant Aid Programme, based on the Basic Design Study report prepared by JICA, and the results are then submitted to the Cabinet for approval.

Fourthly, the project, once approved by the Cabinet, becomes official with the Exchange of Notes signed by the Governments of Japan and the recipient country.

Finally, for the implementation of the project, JICA assists the recipient country in such matters as preparing tenders, contracts and so on.

### 2. Basic Design Study

#### 1) Contents of the Study

The aim of the Basic Design Study (hereinafter referred to as "the Study"), conducted by JICA on a requested project (hereinafter referred to as "the Project"), is to provide a basic document necessary for the appraisal of the Project by the Government of Japan. The contents of the Study are as follows:

- a) confirmation of the background, objectives and benefits of the Project and also institutional capacity of agencies concerned of the recipient country necessary for the Project's implementation;
- b) evaluation of the appropriateness of the Project to be implemented under the Grant Aid Scheme from the technical, social and economic points of view;
- c) confirmation of items agreed on by both parties concerning the basic concept of the Project;
- d) preparation of a basic design of the Project; and
- e) estimation of costs of the Project.

The contents of the original request are not necessarily approved in their initial form as the contents of the Grant Aid project. The Basic Design of the Project is confirmed considering the guidelines of Japan's Grant Aid Scheme.

The Government of Japan requests the Government of the recipient country to take whatever measures are necessary to ensure its self-reliance in the implementation of the Project. Such measures must be guaranteed even through they may fall outside of the jurisdiction of the organization in the recipient country actually implementing the Project. Therefore, the implementation of the Project is confirmed by all relevant organizations of the recipient country through the Minutes of Discussions.

2) Selection of Consultants

For the smooth implementation of the Study, JICA uses a consulting firm selected through its own procedure (competitive proposal). The selected firm participates the Study and prepares a report based upon the terms of reference set by JICA.

At the beginning of implementation after the Exchange of Notes, for the services of the Detailed Design and Construction Supervision of the Project, JICA recommends the same consulting firm which participated in the Study to the recipient country, in order to maintain the technical consistency between the Basic Design and Detailed Design as well as to avoid any undue delay caused by the selection of a new consulting firm.

3. Japan's Grant Aid Scheme

1) What is Grant Aid?

The Grant Aid Program provides a recipient country with non-reimbursable funds to procure the facilities, equipment and services (engineering services and transportation of the products, etc.) for economic and social development of the country under principles in accordance with the relevant laws and regulations of Japan. Grant Aid is not supplied through the donation of materials as such.

2) Exchange of Notes (E/N)

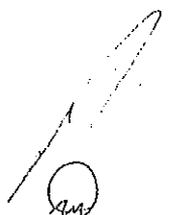
Japan's Grant Aid is extended in accordance with the Notes exchanged by the two Governments concerned, in which the objectives of the project, period of execution, conditions and amount of the Grant Aid, etc., are confirmed.

3) "The period of the Grant" means the one fiscal year which the Cabinet approves the project for. Within the fiscal year, all procedure such as exchanging of the Notes, concluding contracts with consulting firms and contractors and final payment to them must be completed.

However, in case of delays in delivery, installation or construction due to unforeseen factors such as weather, the period of the Grant Aid can be further extended for a maximum of one fiscal year at most by mutual agreement between the two Governments.

4) Under the Grant, in principle, Japanese products and services including transport or those of the recipient country are to be purchased.

When the two Governments deem it necessary, the Grant Aid may be used for the purchase of the products or services of a third country.

A handwritten signature and initials are located in the bottom right corner of the page. The signature appears to be a stylized name, possibly 'AN', written in dark ink.

However, the prime contractors, namely consulting, contracting and procurement firms, are limited to "Japanese nationals". (The term "Japanese nationals" means persons of Japanese nationality or Japanese corporations controlled by persons of Japanese nationality.)

5) Necessity of "Verification"

The Government of the recipient country or its designated authority will conclude contracts denominated in Japanese yen with Japanese nationals. Those contracts shall be verified by the Government of Japan. This "Verification" is deemed necessary to secure accountability of Japanese taxpayers.

6) Undertakings required to the Government of the recipient country (Attachment 2)

- a) to secure a lot of land necessary for the construction of the Project and to clear the site;
- b) to provide facilities for distribution of electricity, water supply and drainage and other incidental facilities outside the site;
- c) to ensure prompt unloading and customs clearance at ports of disembarkation in the recipient country and internal transportation therein of the products purchased under the Grant Aid;
- d) to exempt Japanese nationals from customs duties, internal taxes and fiscal levies which may be imposed in the recipient country with respect to the supply of the products and services under the verified contracts;
- e) to accord Japanese nationals whose services may be required in connection with the supply of the products and services under the verified contracts such as facilities as may be necessary for their entry into the recipient country and stay therein for the performance of their work;
- f) to ensure that the facilities constructed and products purchased under the Grant Aid be maintained and used properly and effectively for the Project; and
- g) to bear all the expenses, other than those covered by the Grant Aid, necessary for the Project.

7) "Proper Use"

The recipient country is required to maintain and use the facilities constructed and equipment purchased under the Grant Aid properly and effectively and to assign the necessary staff for operation and maintenance of them as well as to bear all the expenses other than those covered by the Grant Aid.

8) "Re-export"

The products purchased under the Grant Aid shall not be re-exported from the recipient country.

9) Banking Arrangement (B/A)

- a) The Government of the recipient country or its designated authority should open an account in the name of the Government of the recipient country in an authorized foreign exchange bank in Japan (hereinafter referred to as "the Bank"). The Government of Japan will execute the Grant Aid by making payments in Japanese yen to cover the obligations incurred by the Government of the recipient country or its designated authority under the verified contracts.
- b) The payments will be made when payment requests are presented by the Bank to the Government of Japan under an Authorization to Pay (A/P) issued by the Government of recipient country or its designated authority.

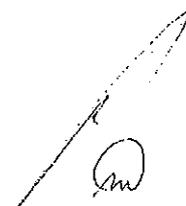
## FLOW CHART OF JAPAN'S GRANT AID PROCEDURES

Stage	Flow & Works	Recipient Government	Japanese Government	JICA	Consultant	Contractor	Others
Application	<p style="text-align: right;">(T/R : Terms of Reference)</p> <p>Request → Screening of Project → Evaluation of T/R → Project Identification Survey</p>						
Project Formulation & Preparation	<p><b>Preliminary Survey</b></p> <p>Preliminary Survey → Field Survey Home Office Work Reporting</p> <p><b>Basic Design</b></p> <p>Basic Design Study → Selection &amp; Contracting of Consultant by Proposal → Field Survey Home Office Work Reporting</p> <p>Explanation of Draft Final Report → Final Report</p>						
Appraisal & Approval	<p>Appraisal of Project</p> <p>Inter Ministerial Consultation</p> <p>Presentation of Draft Notes</p> <p>Approval by the Cabinet</p>						
Implementation	<p style="text-align: right;">(E/N : Exchange of Notes)</p> <p>E/N → Banking Arrangement</p> <p>Consultant Contract → Verification → Issuance of A/P</p> <p>Detailed Design &amp; Tender Documents → Approval by Recipient Government → Preparation for Tendering</p> <p>Tendering &amp; Evaluation</p> <p>Procurement /Construction Contract → Verification → A/P</p> <p>Construction → Completion Certificate by Recipient Government → A/P</p> <p>Operation → Post Evaluation Study (A/P : Authorization to Pay)</p>						
Evaluation & Follow up	<p>Ex-post Evaluation → Follow up</p>						

## Major Undertakings to be taken by Each Government

NO	Items	To be covered by Grant Aid	To be covered by Recipient side
1	To secure land when needed		•
2	To clear, level and reclaim the site when needed		•
3	To construct gates and fences in and around the site when needed		•
4	To bear the following commissions to a bank of Japan for the banking services based upon the B/A		
	1) Advising commission of A/P		•
	2) Payment commission		•
5	To ensure prompt unloading and customs clearance at the port of disembarkation in recipient country		
	1) Marine (Air) transportation of the products from Japan to the recipient country	•	
	2) Tax exemption and custom clearance of the products at the port of disembarkation		•
	3) Internal transportation from the port of disembarkation to the project site	(•)	(•)
6	To accord Japanese nationals whose services may be required in connection with the supply of the products and the services under the verified contract such facilities as may be necessary for their entry into the recipient country and stay therein for the performance of their work		•
7	To exempt Japanese nationals from customs duties, internal taxes and other fiscal levies which may be imposed in the recipient country with respect to the supply of the products and services under the verified contract		•
8	To maintain and use properly and effectively the facilities constructed and equipment provided under the Grant Aid		•
9	To bear all the expenses, other than those to be borne by the Grant Aid, necessary for the transportation and installation of the equipment		•

(B/A: Banking Arrangement, A/P: Authorization to Pay)



ANNEX-5 : ALTERNATIVES TO THE REHABILITATION OF THE TUNNELS

Original approach of the request	Merits	Demerits	Evaluation
Rehabilitation of the existing tunnels	Minimum quantity of works	Works shall be carried out between short no-water periods.	⊙
Alternatives	Merits	Demerits	Evaluation
Construction of a new tunnel	No affects to operation of the existing tunnels	Tunnel construction cost is more expensive than rehabilitation cost. DAWSSA estimates it at 87 million US dollars.	Δ
Installation of a pipeline inside the tunnel	Prevent water leakage from the tunnel definitely	Difficult to ensure the same flow capacity as the existing tunnel	Δ
Bypass damaged section of the tunnel	Utilize the existing facilities	Construction work of a bypass adjacent to the existing tunnel is technically difficult.	Δ
Discharge water to the Barada River and take it downstream	Not necessary to rehabilitate the existing tunnels	Quantity and quality of water decrease due to evaporation, seepage and pollution. Water treatment and pumping facilities are necessary. DAWSSA estimates their construction cost at 200 million US dollars.	×

A handwritten signature and initials are located in the bottom right corner of the page. The signature is a stylized, cursive line, and the initials below it appear to be 'AM'.

## ANNEX-6 : RESULTS OF THE TUNNEL INSPECTION AND POSSIBLE MENDING METHOD (OLD TUNNEL)

Locations and methods of the rehabilitation proposed in the application for grant aid				Result of the preliminary study						
No.	TD (Total Distance)		Length of the section	Method	TD (Total Distance)		Length of the section	Condition of the deterioration	Topography and geology	Possible mending methods
1	1,380	1,670	290	FRP Lining	1,465	1,670	205	Exfoliation and fallings at the arch portion. Corroded reinforcing steel exposes.	Cretaceous- Paleogene; Limestone, marly limestone & marl. Tunnel passes along the foot of the mountain of which slope consists of the rock. A part of the culvert exposes.	a) Internal repair *-1 or b) Repair from the outside of the tunnel or c) FRP lining
2	2,400	2,550	150	FRP Lining	2,394	3,018	624	Reinforcing steel exposes. Exfoliation and dull sound by the hammer blow at the arch portion.	Talus deposit. Tunnel passes over the Bassimeh access tunnel of the new tunnel.	a) Internal repair *-1 or b) repair from the outside of the tunnel or c) FRP lining
	2,550	2,910	360	FRP Lining Grouting	2,471	2,642	171	Ingression of roots from cracks 0.5-3mm wide	Talus deposits and Neogene conglomerate	Clearing and protection for the ingress of roots; a) Steel plate or b) FRP
	2,910	3,060	150	FRP Lining					Talus deposit.	
3	9,510	9,563	53	FRP Lining	9,555	9,561	6	Reinforcing steel exposures and exfoliation at the arch ( 3 points )	No.1 Aqueduct bridge, Neogene conglomerate	a) Internal repair *-1 or b) repair from the outside of the tunnel or c) FRP lining
					9,548			Ingression of roots into the tunnel	No.1 Aqueduct bridge	Clearing and protection for the ingress of roots; a) Steel plate or b) FRP
	9,563	10,530	967	FRP Lining Grouting	9,641			Cracks 0.1mm wide	Neogene; Clayey to silty marl which intercalates many conglomerate layers.	Repair of cracks
				Paintings	9,764	9,841	77	Cracks of 0-0.25mm width		Monitoring should be continued.
					9,929	10,254	325	Surface corrosion of the round steel pipe.		Clearing rust and painting antirust
	10,530	10,590	60	FRP Lining	10,549	10,590	41	Reinforcing steel exposures, falling and dull sound by hammer blow at the arch and wall of the tunnel.	No.2 Aqueduct bridge, Neogene clayey to silty marl which intercalates conglomerate.	a) Internal repair *-1 or b) FRP lining
					10,549	10,599	50	Cracks 0.2-0.3mm wide	No.2 Aqueduct bridge	Repair of cracks
	10,590	10,710	120	FRP Lining Grouting						
4	12,325	12,745	420	Pipe renewal			420	(The Team couldn't investigate this section.)	Cretaceous - Paleogene Limestone	
	13,630	13,872	242	FRP Lining	13,740	13,938	198	Surface corrosion of the round steel pipe.	Cretaceous limestone, dolomite, marly limestone & marl	Clearing rust and painting antirust
6	15,700	15,750	50	FRP Lining Grouting	15,721	16,071	350	Cracks 0.1-2mm wide	Cretaceous limestone, dolomite, marly limestone & marl, Tunnel passes under the road.	Repair of cracks Grouting at the section under the road
	15,750	16,170	420	FRP Lining Grouting					ditto	
	16,170	16,200	30	FRP Lining					ditto	
Total			3,382				2,535			
	Section not included in the application				1,216			Ingression of roots into the tunnel		Clearing and protection for the ingress of roots; a) Steel plate, b) FRP
	Section not included in the application				8,843	8,849	6	Ingression of roots into the tunnel		ditto

*-1: To remove corroded reinforcing steel, then set reinforcing material again and cover with concrete.

ANNEX-7 : RESULTS OF THE TUNNEL INSPECTION AND POSSIBLE MENDING METHOD (NEW TUNNEL)

Locations and methods of the rehabilitation proposed in the application for grant aid				Result of the preliminary study						
No.	TD (Total Distance)		Grouting	Method	TD (Total Distance)		Length of the section	Condition of the deterioration	Topography and geology	Possible mending methods
1	16	806	790	Grouting	0	218	218		Cretaceous limestone, Talus deposit; Tunnel passes under the road and houses.	Grouting
2	2,541	3,301	760	Grouting	3,168			Falling (BHd 110×100×3cm)	Neogene clayey to silty marl intercalated with conglomerate layers	Internal repair *-2
					3,169			Falling (BHd 30×100×1cm)	ditto	Internal repair *-2
					3,172			Falling (BHd 30×200×2cm)	ditto	Internal repair *-2
3	3,500	4,500	1,000	Repair of cracks	3,850			Infiltration inflow 9 (L/min)	Neogene conglomerate	Monitoring should be continued.
				Non-return drain valve	3,879			Infiltration inflow 4.5 (L/min)	ditto	Monitoring should be continued.
					4,151			Infiltration inflow 2 (L/min)	ditto	Monitoring should be continued.
					4,233			Infiltration inflow 3 (L/min)	ditto	Monitoring should be continued.
4	4,783	5,723	940	Grouting	5,684			Infiltration inflow 2 (L/min)	ditto	Monitoring should be continued.
5	9,546	10,746	1,200	Grouting	9,376			Falling (BHd 60×80×3cm)	Neogene clayey to silty marl intercalated with conglomerate layers	Internal repair *-2
Total			4,690							
	Section not included in the application				1,096			Cracks 0.25mm wide	Cretaceous to Paleogene limestone	Crack repair
	ditto				1,160			Cracks 2mm wide	ditto	Crack repair
	ditto				8,514			Cracks 0.2mm wide	Neogene clayey to silty marl intercalated with conglomerate layers	Crack repair
	ditto				9,573			Cracks 0.7mm wide	ditto	Crack repair
	ditto				1,100			Falling (BHd 30×30×4cm)	Cretaceous to Paleogene limestone	Internal repair *-2
	ditto				11,127			Falling (BHd 40×40×2cm)	ditto	Internal repair *-2
	ditto				11,148			Falling (BHd 20×60×3cm)	ditto	Internal repair *-2

*-2: To remove low quality concrete and replace it with fresh concrete

## **資料 5 収集資料・参考資料リスト**

[ 資料 5 ] 収集資料リスト

1	Studies and Design of Works Concerning Rehabilitation and Expansion of the Water Supply System of Damascus City and its Surroundings	Project Primary Report Vol 1/3 Primary Report	March 2004	LAHMEYER
2	Ditto	Project Primary Report Vol 3/3 Plans	September 2003	LAHMEYER
3	Ditto	Flow Chart, Proposed Concept	July 2004	LAHMEYER
4	Ditto	Proposed Flow Schematic Year 2020 Coastal Project in Operation	July 2004	LAHMEYER
5	Ditto	Elevation Diagram of Primary Supply Facilities	October 2003	LAHMEYER
6	Ditto	92 - Inlet Tank, Proposed Status Civil Site Layout DWG No. Inlet_CO Not to Scale	May 2004	LAHMEYER
7	Damascus Water Supply From Coastal Area	Pipelines & Stations Aerial Photography Scale: 1: 200,000		IBG
8	Ditto (Part of Pipelines)	Scale: 1: 50,000		DAWSSA
9	サイホン部分岐詳細図			
10	Al Hermon region 拡大図	Scale: 1: 25,000		DAWSSA
11	ダマスカス市行政地図	Scale: 1: 15,000		DAWSSA
12	DAWSSA5 カ年計画書 (1996-2000)	アラビア語		DAWSSA
13	DAWSSA5 カ年計画書 (2001-2005)	アラビア語		DAWSSA
14	Investment Plan in 2004	アラビア語		DAWSSA
15	Damascus Sewerage Project	Environmental Review of Proposals for Use of Treated Wastewater Reuse and Sludge for Agricultural Use in the Damascus Ghouta Area	November 1997	Howard Humphreys & Partners Limited
< DAWSSA から事前に入手した資料・ Attachment 1 ~ 12 >				
1	Attachment 1: 新トンネル地質調査報告書	Rapport Sur les travaux du leve geologique detaille de la nouvelle Galerie d'Amenee d'eau pour la ville de Damas 仏語。和訳あり		
2	Attachment 2: 新トンネル地形図	カラー Scale: 1: 25,000		
3	Attachment 3: 旧トンネル地形図	モノクロ、5枚組長尺		
4	Attachment 4: 旧トンネル地質断面図	仏語。 Attachment 6 の p.11 が出典であり、 Attachment 6 の英訳である Attachment 11 にも同じ図を挿入済み。 Attachment 6 の図面の和訳として翻訳済み		

5	Attachment 5:新トンネル地質断面図	仏語。2枚組。凡例の和訳あり		
6	Attachment 6:旧トンネルの点検報告書 1967年	仏語。これの英訳が Attachment 11。図面は英訳がないため、一部和訳あり		
7	Attachment 7:新トンネルの設計図面	NOUVELLE ADDUCTION D'EAU DE DAMAS。仏語、図面集。目次のみ和訳あり		
8	Attachment 8:旧トンネル点検結果 1999年	英語		
9	Attachment 9:新トンネル点検結果 1997年	英語		
10	Attachment 10:旧トンネル点検結果 1980年	英語	November 1980	SOGHREAH
11	Attachment 11:旧トンネル点検結果 1967年	Attachment 6の英訳。ただし、図面はないため、Attachment 6を参照のこと。P.6とP.7の間が1ページ飛んでおり、P.37も抜けているため、この2ページ分は仏語から日本語に和訳済み。	September 1967	SOGHREAH
12	Attachment 12:トンネルの出口にあたるワリ貯水池の点検結果 1999年	英語		

[ 資料 5 ] 参考資料リスト（これらの資料は DAWSSA7 階のキャビネットに保管）

	資 料 名	No. of sheets
<Drawings>		
1	旧トンネルルートの地形図 S=1/2000, Nov. 2003	11
2	Old Tunnel の給水管取り付け位置	1
3	Old Tunnel サイホン部の平面図、 S= 1/500	1
4	Old Tunnel サイホン部の縦断図、 S= 1/500	1
5	Old Tunnel 1 - 3 号水路橋地形図 平面図 1964	1
6	Old Tunnel 1 号水路橋補強 平面、断面、配筋図 1964	3
7	Old Tunnel 2 号水路橋補強 平面、断面、配筋図 1964	4
8	Old Tunnel 3 号水路橋補強 平面、断面、配筋図 1964	4
9	New Tunnel 縦断図 SOGREAH	1
10	Old Tunnel 縦断図 (Final)	7
11	New Tunnel 縦断図 (Final)	21
<Report>		
1	Annual Report, Report of Drinking Water Production for Damascuss	
<Table & Figures>		
1	Barada における水の生産量 (Arabic)	1
2	Figeh Spring における水の生産量 (Arabic)	1
3	Water Production and Shortage for Damascus City from 1986 to 2003	1
4	Monthly Water Production Records from 1998-2003	6
5	Annual Water Production Records from 1998-2003	6
6	新旧トンネルの送水記録 1999 - 2003 (Figure)	5
7	新旧トンネルの送水記録 1999 - 2003 (Table)	10

< 地質關係 >

1 Report: Sur les travaux du leve gedogique detaille de la nouvelle Galerie d'amenee d'eau pour la ville de Damas ( in French )

Tome-1 Rapport

Tome-2 Galerie d' Dmenee P.K. 0 - 5,000 m

Tome-3 ditto P.K. 5,000 - 10,000 m

Tome-4 ditto P.K.10,000 - 14,946 m

Tome-5 Fenetre de Bassime P.K. 0 - 411.73 m

Fenetre de Ayoun P.K. 0 - 1,403.98 m

Galerie de Liaison P.K. 0 - 1,002 m

Galerie de Acces P.K. 0 - 500 m

Tome-6 Reservoirs, cahmbre de vannage et chambre de manoeuvre

Tome-7 Atlas

2 Water resources use in Barada and Auvage basins for Irrigation of corps, Syrian Arab Republic. Feasibility study Stage 1, Volume 2, Book 3, Appendix 1. Maps and sections. By V/O SELKHOZPRO MEXPORT、USSR, 1986

