

資 料

1 調査団員氏名

1) 現地調査

	担当業務	氏名	所属	派遣期間 (2004年)
1	総括	長澤 一秀	JICA シリア事務所長	11月17日～11月21日
2	計画管理	松本 重行	JICA 無償資金協力部 業務第一グループ 水・衛生チーム	11月15日～11月21日
3	業務主任/トンネル補修計画1	丸山 茂	日本工営	11月13日～12月27日
4	トンネル補修計画2/地質	千田 正雄	日本工営	11月13日～12月06日
5	コンクリート診断/非破壊検査	松田 貞則	日本工営	11月13日～12月27日 (技術士試験のため一時帰国)
6	補修材料/補修工法/設計	前田 好昭	日本工営	11月23日～12月27日
7	施工計画/積算	松本 伸一	日本工営	11月23日～12月27日 (技術士試験のため一時帰国)
8	漏水調査/流量観測	ヒシャム・サアト・モハ メト・アリ	日本工営	11月28日～12月27日
9	水道施設運転計画	井鍋 善治	日本工営	11月13日～11月21日

2) 基本設計概要書案現地説明

	担当業務	氏名	所属	派遣期間 (2005年)
1	総括	長澤 一秀	JICA シリア事務所長	3月13日～3月17日
2	業務主任/トンネル補修計画1	丸山 茂	日本工営	3月10日～3月18日
3	コンクリート診断/非破壊検査	松田 貞則	日本工営	3月10日～3月18日

2 調査日程

1) 現地調査

日順	日付 (2004年)	曜日	団員移動内容	宿泊地	調査内容
1	11月13日	土	丸山・千田・松田：羽田発、 井鍋：ダマスカス着	機中	移動
2	11月14日	日	丸山・千田・松田：ドバイ経由ダマ スカス着		移動 事務所整備・計器の調整
3	11月15日	月	松本（重）：成田発・ダマスカス着	ダマスカス	フィジエ湧水池踏査
4	11月16日	火		ダマスカス	資料整理・計器の調整
5	11月17日	水		ダマスカス	JICA シリア事務所・国家計画委員会・住宅 /建設省を表敬訪問。DAWSSA と協議。
6	11月18日	木		ダマスカス	DAWSSA と協議。
7	11月19日	金		ダマスカス	資料整理。
8	11月20日	土		ダマスカス	現地踏査。
9	11月21日	日	長澤・松本（重）は本調査を離任。 井鍋は業務終了（ヨルダンに移動）	ダマスカス	議事録署名。新トンネル踏査。
10	11月22日	月		ダマスカス	旧トンネル調査
11	11月23日	火	前田・松本（伸）：羽田発	ダマスカス	旧トンネル調査
12	11月24日	水	前田・松本（伸）：ドバイ経由ダマ スカス着	ダマスカス	ワリ貯水池踏査。旧トンネル調査
13	11月25日	木		ダマスカス	旧トンネル調査
14	11月26日	金		ダマスカス	資料整理。

日順	日付 (2004年)	曜日	団員移動内容	宿泊地	調査内容
15	11月27日	土		ダマスカス	団内会議。地表調査
16	11月28日	日	モハムットアリ：羽田発	ダマスカス	新・旧トンネル調査。
17	11月29日	月	モハムットアリ：ドバイ経由ダマスカス着	ダマスカス	新トンネル調査
18	11月30日	火		ダマスカス	ラーメー社（沿岸水資源開発、独コンサル）と面談。新トンネル調査
19	12月01日	水		ダマスカス	リ地下貯水池を踏査。
20	12月02日	木		ダマスカス	現地調査
21	12月03日	金		ダマスカス	資料整理。
22	12月04日	土		ダマスカス	団内会議。
23	12月05日	日	千田：業務終了・帰国。松田：一時帰国	ダマスカス	JICA シリア事務所に進捗報告。
24	12月06日	月		ダマスカス	現地調査
25	12月07日	火		ダマスカス	新トンネル流量観測。
26	12月08日	水		ダマスカス	旧トンネル流量観測。
27	12月09日	木	松田：帰任	ダマスカス	旧トンネル流量観測。
28	12月10日	金		ダマスカス	資料整理。
29	12月11日	土		ダマスカス	団内会議。旧トンネル調査
30	12月12日	日		ダマスカス	現地調査
31	12月13日	月		ダマスカス	現地調査
32	12月14日	火	松本（伸）：一時帰国	ダマスカス	トンネル維持管理について DAWSSA と協議。
33	12月15日	水		ダマスカス	旧トンネル流量観測。
34	12月16日	木		ダマスカス	現地調査
35	12月17日	金		ダマスカス	資料整理。
36	12月18日	土	松本（伸）：帰任	ダマスカス	団内会議。
37	12月19日	日		ダマスカス	JICA シリア事務所に進捗報告。
38	12月20日	月		ダマスカス	現地調査
39	12月21日	火		ダマスカス	現地調査
40	12月22日	水		ダマスカス	現地調査
41	12月23日	木		ダマスカス	JICA シリア事務所・大使館に帰国報告。
42	12月24日	金		ダマスカス	資料整理。
43	12月25日	土		ダマスカス	報告書作成。
44	12月26日	日	丸山・松田・前田・松本（伸）・アリ：ダマスカス発・ドバイ着	機中	
45	12月27日	月	丸山・松田・前田・松本（伸）・アリ：ドバイ発・東京着		

2) 基本設計概要書案現地説明

日順	日付 (2005年)	曜日	団員移動内容	宿泊地	調査内容
1	3月10日	木	丸山・松田：羽田発、	機中	移動
2	3月11日	金	丸山・松田：ドバイ経由ダマスカス着		移動
3	3月12日	土		ダマスカス	DAWSSA と事前協議・フィジエ湧水視察
4	3月13日	日		ダマスカス	SPC・MoHC・大使館訪問。DAWSSA と協議
5	3月14日	月		ダマスカス	DAWSSA と協議
6	3月15日	火		ダマスカス	DAWSSA と協議
7	3月16日	水		ダマスカス	DAWSSA と協議
8	3月17日	木	丸山・松田：ダマスカス発・ドバイ着	機中	議事録署名・大使館帰国報告
9	3月18日	金	丸山・松田：ドバイ発・東京着		

3 関係者リスト

国家企画庁 (State Planning Commission)

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

住宅・建設省 (Ministry of Housing and Construction)

Dr. Kamal Al Sheikla, Vice Minister

ダマスカス市上下水道公社 (Damascus City Water Supply and Sewerage Authority, 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, Head of Structural Section, Studies and Designs Dept. (Civil Engineer)

Eng. Mayssa Al Akras, Head of Topographical Section, Studies and Designs Dept. (Civil Engineer)

Eng. Youssef Bahssas, Execution Works related to Maintenance, Maintenance and Vehicle Dept. (Civil Engineer)

Eng. Monzer Amin, Deputy Head of Figeih and Barada Sites, Maintenance and Vehicle Dept. (Mechanical Engineer)

Eng. Anas Darwish, Studies and Designs Dept. (Civil Engineer)

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, Program Officer, Water Resources & Agriculture Sectors

4 討議議事録 (M/D)

4.1 基本設計調査 インセプション協議議事録 (2004 年 11 月)

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

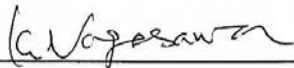
Based on the results of the Preliminary Study, the Government of Japan decided to conduct a Basic Design Study on the Project for Rehabilitation of Water Transmission Tunnels in Damascus City (hereinafter referred to as "the Project") and entrusted the study to the Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA").

JICA sent to Syrian Arab Republic (hereinafter referred to as "Syria") the Basic Design Study Team (hereinafter referred to as "the Team"), which is headed by Mr. Kazuhide Nagasawa, Resident Representative, JICA Syria Office, and is scheduled to stay in the country from October 13 to December 26.

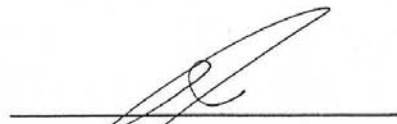
The Team held discussions with the officials concerned of the Government of Syria and conducted a field survey at the study area.

In the course of discussions and field survey, both parties confirmed the main items described on the attached sheets. The Team will proceed to further works and prepare the Basic Design Study Report.

Damascus, November 21, 2004



Mr. Kazuhide Nagasawa
Leader
Basic Design Study Team
Japan International Cooperation Agency
Japan



Eng. Mwafak Khallouf
General Director
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 Figeih 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 recommend to the Government of Japan for approval.

5. Japan's Grant Aid Scheme

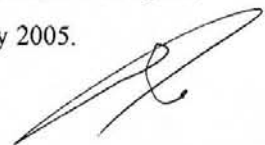
The Syrian side understands the Japan's Grant Aid Scheme and the necessary measures to be taken by the Government of Syria as explained by the Team and described in Annex-4 of the Minutes of Discussions signed by both parties on July 22.

6. Schedule of the Study

6-1. The consultants will proceed to further studies in Syria until December 26, 2004.

6-2. JICA will prepare the draft report in English and dispatch a mission in order to explain its contents around March 2005.

6-3. In case that the contents of the report is accepted in principle by the Government of Syria, JICA will complete the final report and send it to the Government of Syria by July 2005.



7. Other relevant issues

7-1. Contents of the Inception Report

The Team explained the Inception Report, describing the study schedule, contents of the study and items to be discussed. The Syrian side understood it.

7-2. Sections to be investigated

Both sides agreed that the sections for detailed survey would be selected based on the results of the preliminary study and general exploratory investigation by the Team.

7-3. Replacement of the corroded gates in the Old Tunnel

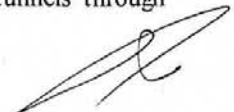
The request includes the replacement of the corroded gate valves and related equipment in the Old Tunnel. DAWSSA explained that they would be necessary to control water flow in the tunnel after realization of the water transmission project from the coastal area in the future.

The Team will investigate the plan of tunnel operation and actual condition of the gates to assess the necessity of replacement in the Project.

7-4. Undertakings to be taken by the Syrian side

To facilitate the smooth implementation of the Study, the Syrian side will take necessary measures as follows:

- 1) To provide the Team with available relevant data, information and materials necessary for the execution of the Study,
- 2) To prepare the answers for the Questionnaires presented by the Team,
- 3) To assign full time counterparts to the Team during their stay in Syria, to act in the following roles as coordinators to the Team:
 - To make appointments, set up meetings with the authorities, departments and all other factories and firms or whatever the Team intends to visit,
 - To attend the site survey and any other place with the Team and to make any convenience on accommodation, working room, adequate transportation, getting the permissions if required, etc.,
 - To assist and to advise the Team for their collection of data and information as much as possible, and
 - To acquire knowledge and skill on inspection and rehabilitation of the tunnels through



collaboration work.

- 4) To secure permission to photograph and enter into private properties and restricted areas for the Team for the proper execution of the Study, if necessary,
- 5) To take any measures deemed necessary to secure the safety of the members of the Team,
- 6) To make arrangements to allow the Team to bring back to Japan any necessary data, maps and materials related to the Study, subject to the approval by the Government of Syria, in order to analyze the Project and prepare the reports,
- 7) To exempt the Team and its members from customs duties, internal taxes and other fiscal levies,
- 8) To provide the Team with office space equipped with office supplies such as desks and chairs, electricity, electric lights, telephone, air conditioner, photocopy machine etc., and
- 9) To stop or to control water flow in the tunnels during the tunnel inspection.

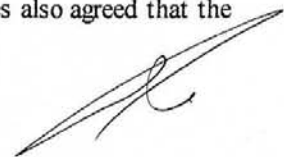
The Japanese side explained that the Project would contain construction work and be different from the previous projects with DAWSSA, which were defined as equipment procurement. In this context, the Japanese side requested the Syrian side to take the necessary measures described in Annex-4 for smooth implementation of the Project, as a condition for the Japanese Grant Aid to be implemented. Details of each item will be discussed in the course of the Study.

7-5. Visibility

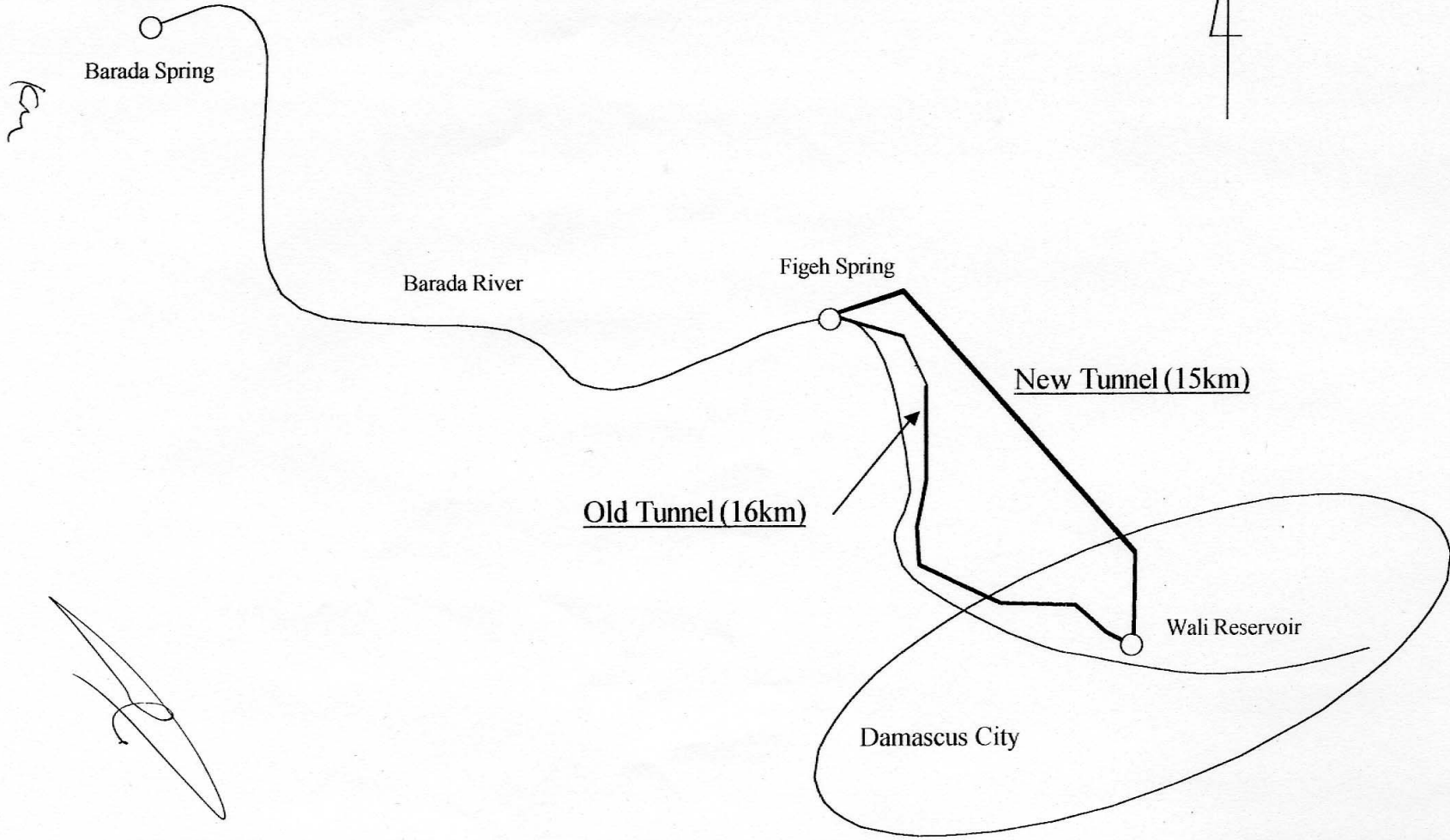
DAWSSA will disseminate the Project under Japan's grant aid for public awareness, through a television program and installation of billboards under the expense of DAWSSA. The Japanese side proposed to keep a record of the Project graphically by video not only for dissemination but also for training material on the tunnel rehabilitation. The Japanese side also expressed their expectation for high visibility of the overall Japanese cooperation for Damascus water supply including other previous and ongoing projects, because they were designed to cover the whole water supply system from the water sources to the distribution networks.

7-6. Training

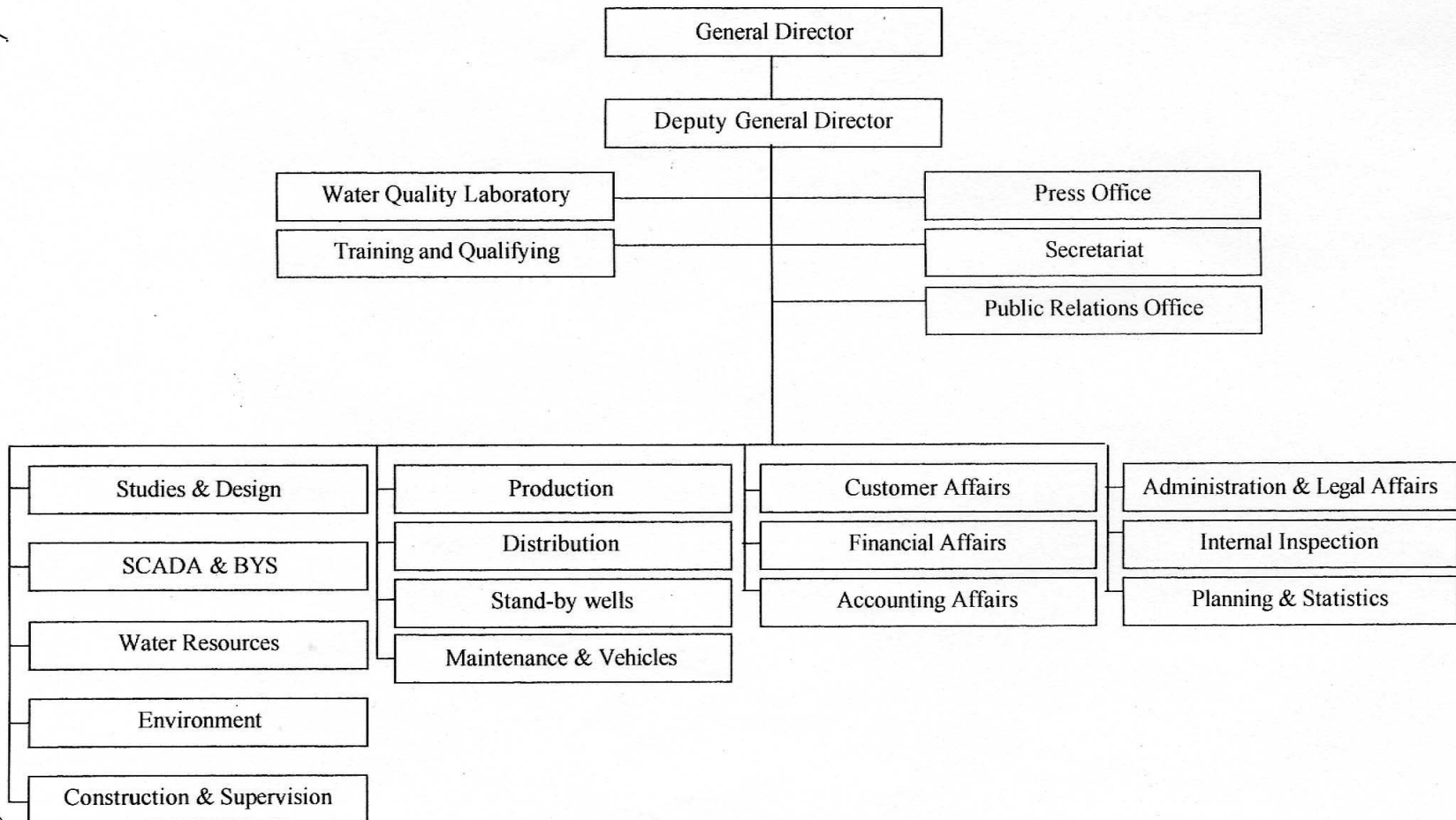
DAWSSA requested the counterpart training in Japan on tunnel inspection and repair work. The Japanese side promised to convey the request to related authorities. Both sides also agreed that the Team would provide OJT in the course of the Study.



ANNEX-1 : Project Sites



ANNEX-2 : Organization Chart of the Damascus City Water and Sewerage Authority



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 (BH d 30×30× 4 cm)	Internal repair *-2
	1,160			Cracks 2mm wide	Crack repair
3	3,168			Falling (BH d 110×100× 3 cm)	Internal repair *-2
	3,169			Falling (BH d 30×100× 1 cm)	Internal repair *-2
	3,172			Falling (BH d 30×200× 2 cm)	Internal repair *-2
4	8,514			Cracks 0.2mm wide	Crack repair
5	9,376			Falling (BH d 60×80× 3 cm)	Internal repair *-2
	9,573			Cracks 0.7mm wide	Crack repair
6	11,127			Falling (BH d 40×40× 2 cm)	Internal repair *-2
	11,148			Falling (BH d 20×60× 3 cm)	Internal repair *-2

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

Em

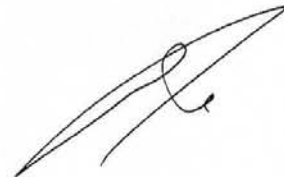
ANNEX-4 : Undertakings to be taken by the Syrian Government

[Construction Stage (Cooperation by the Japanese Grant Aid)]

1. To obtain necessary permissions, licenses, and other authorization for implementing the Project, if necessary;
2. To secure a lot of land necessary for the Project;
3. To provide a proper access road to the Project site;
4. To provide facilities for distribution of electricity and other incidental facilities necessary for construction work in and around the site;
5. To control traffic and secure safety of pedestrians and vehicles against construction traffic;
6. To take necessary measures to mitigate environmental impact caused by construction work;
7. To stop water flow in the tunnels in accordance with construction schedule;
8. To ensure prompt unloading and customs clearance of the construction materials and equipment purchased or brought under the Japan's Grant Aid at ports of disembarkation in Syria;
9. To accord Japanese nationals whose services may be required in connection with the supply of the products and services under the verified contracts such facilities as may be necessary for their entry into Syria and stay therein for the performance of their work;
10. To bear commissions, namely advising commissions of an Authorization to Pay (A/P) and payment commissions, to the Japanese foreign exchange bank for the banking services based upon the Banking Arrangement (B/A);
11. To exempt Japanese nationals from customs duties, internal taxes and fiscal levies which may be imposed in Syria with respect to the supply of the products and services under the verified contracts;
12. To bear all the expenses, other than those covered by the Japan's Grant Aid, necessary for the Project;
13. To allocate counterpart personnel;
14. To increase the visibility of the Project;

[Operation Stage]

15. To ensure that the facilities constructed under the Japan's Grant Aid be maintained and used properly and effectively for the Project; and
16. To conduct periodical inspection and repair work.



4.2 現地説明議事録 (2005年3月)

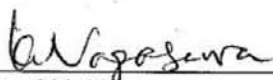
MINUTES OF DISCUSSIONS
ON THE BASIC DESIGN STUDY
ON THE PROJECT FOR REHABILITATION OF THE WATER TRANSMISSION TUNNELS
IN DAMASCUS CITY
IN THE SYRIAN ARAB REPUBLIC
(EXPLANATION ON DRAFT REPORT)

In November 2004, the Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA") dispatched the Basic Design Study Team on the Project for Rehabilitation of Water Transmission Tunnels in Damascus City (hereinafter referred to as "the Project") to Syrian Arab Republic (hereinafter referred to as "Syria"), and through discussion, field survey, and technical examination of the results in Japan, JICA prepared a draft report of the study.

In order to explain and to consult with the Government of Syria on the components of the draft report, JICA sent to Syria the Draft Report Explanation Team (hereinafter referred to as "the Team"), which is headed by Mr. Kazuhide Nagasawa, Resident Representative, Syria Office, JICA, from March 11 to 17, 2005.

As a result of discussions, both parties confirmed the main items described on the attached sheets.

Damascus, March 17, 2005



Mr. Kazuhide Nagasawa
Leader
Draft Report Explanation Team
Japan International Cooperation Agency
Japan



Eng. Mwafak Khallouf
General Director
Damascus Water Supply and Sewerage
Authority (DAWSSA)
The Syrian Arab Republic



Mr. Bassam al-Sibai
Deputy Head of State Planning Commission
The Syrian Arab Republic

ATTACHMENT

1. Components of the Draft Report

The Government of Syria agreed and accepted in principle the components of the draft report explained by the Team.

2. Japan's Grant Aid scheme

The Syrian side understands the Japan's Grant Aid Scheme and the necessary measures to be taken by the Government of Syria as explained by the Team and described in Annex-4 of the Minutes of Discussions signed by both parties on July 22.

3. Schedule of the Study

JICA will complete the final report in accordance with the confirmed item and send it to the Government of Syria by July, 2005.

4. Other relevant issues

4-1. Project components

Main components of the project are shown in Annex-1.

4-2. Undertakings of the Syrian side

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

4-3. Technical assistance

The Team explained a plan of technical assistance (so-called Soft Component) to DAWSSA. DAWSSA will allocate counterpart personnel for the activities.

4-4. Visibility

DAWSSA will disseminate the Project under Japan's grant aid for public awareness, through a television program and installation of billboards under the expense of DAWSSA. DAWSSA will install display panels disseminating the Project under Japan's grant aid at DAWSSA's tariff paying counter office.



ANNEX-1 : Main components of the project

< Rehabilitation >

Item	Contents
Leakage prevention at the upper part of the Old Tunnel	FRP lining
Repair work for concrete deterioration in the Old Tunnel	Injection of epoxy resin into cracks with at least 0.2mm wide
	Polymer cement mortar filling for concrete exfoliation and falling parts
	Cleaning and polymer cement mortar filling for corroded and exposed reinforcing bars
Measures against surface corrosion of round steel pipes for reinforcing the Old Tunnel	Pipe cleaning, rust scraping, polymer cement painting
Replacement of corroded gates of the Old Tunnel	Replacement of the gates at the entrance and siphon
Measures against structural cracks in the Old Tunnel	Repair by rock bolt
Reinforcing of bridge girder of Aqueduct No.3	Sticking carbon textile on the bridge girder.
Repair work for concrete deterioration in the New Tunnel	Removal of surface deterioration (15 cm), installation of waterproof board, resin mortar filling

< Equipment >

Item	Contents
Equipment for tunnel inspection, repair material	Crack scale Concrete test hammer Convergence tape Water level meter Flow meter Polymer cement mortar waterproof material
Displacement measurement equipment for the Wali underground reservoir	Laser measurement equipment Laser reflector Strain gauge and reading equipment

< Technical Assistance (Soft Component) >

Item	Contents
Tunnel inspection and repair	Preparation of inspection and repair work manuals Institution-building for systematic tunnel inspection Instruction on usage of inspection equipment Instruction on simple repair technique
Displacement measurement of the Wali underground reservoir	Learning of displacement measurement skill by provided equipment Acquisition of recordkeeping method Instruction on appraisal of crack characteristics classification

km

[Signature]

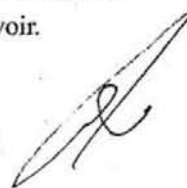
ANNEX-2 : Undertakings of the Syrian Side

[Construction Stage (Cooperation by the Japanese Grant Aid)]

1. To provide necessary data and information;
2. To obtain permissions, licenses, and other authorization, if necessary;
3. To secure a lot of land (approx. 500 m²) for a temporary stock yard in DAWSSA Figh and Wali Office;
4. To provide facilities for distribution of electricity and other incidental facilities necessary for construction work in and around the site;
5. To stop water flow in the tunnels in accordance with construction schedule;
6. To ensure prompt unloading and customs clearance of the construction materials and equipment purchased or brought under the Japan's Grant Aid at ports of disembarkation in Syria;
7. To ensure prompt execution of the rehabilitation work;
8. To accord Japanese nationals whose services may be required in connection with the supply of the products and services under the verified contracts such facilities as may be necessary for their entry into Syria and stay therein for the performance of their work;
9. To bear commissions, namely advising commissions of an Authorization to Pay (A/P) and payment commissions, to the Japanese foreign exchange bank for the banking services based upon the Banking Arrangement (B/A);
10. To exempt Japanese nationals from customs duties, internal taxes and fiscal levies which may be imposed in Syria with respect to the supply of the products and services under the verified contracts;
11. To bear all the expenses, other than those covered by the Japan's Grant Aid, necessary for the Project;
12. To allocate counterpart personnel and necessary budget;
13. To increase the visibility of the Project;
14. To accord the relevant stakeholders and concerned authorities in collaboration with the Consultant and the Contractor;
15. To install measurement devices in the new Wali Reservoir in collaboration with the Consultant;
16. To allow the Consultant and the Contractor to use the two battery cars in the new tunnel, when required;
17. To provide office space for the Consultant members assigned for technical assistance;

[Operation Stage]

18. To ensure that the facilities constructed under the Japan's Grant Aid be maintained and used properly and effectively for the Project;
19. To conduct periodical inspection and repair work of the tunnels; and
20. To continue displacement measurement of the Wali reservoir.



5 事業事前計画表 (基本設計時)

1. 案件名				
シリア・アラブ共和国 ダマスカス送水トンネル改修計画				
2. 要請の背景 (協力の必要性・位置付け)				
<p>シリア国の首都であるダマスカス市の人口は 155 万人であり、首都圏を含めると 277 万人となっている (2003 年)。ダマスカス首都圏の水源はダマスカス市の約 15 km 北西に位置するフィジェ湧水池と更に約 15 km 北西に位置するバラダ湧水池を利用している。ダマスカス平地での降雨量は 100 mm/年、湧水池の流域平均で 515 mm/年と小さい。主要水源であるフィジェ湧水池は全供給量の 75 %を占め、乾季 (5-11 月) に湧水量は漸減し、7 月以降はダマスカス首都圏への必要供給量 (6-7 m³/s) を大きく下回って 3 m³/s 程度の湧水量となり、市内の井戸群から給水を行っても断水を強いられている。水資源が乏しいため、「第 9 次国家社会開発 5 ヶ年計画 (2001-2005 年)」では水資源の有効利用が重要課題として位置付けられている。更に、既存施設のリハビリ計画にも重点を置いている。日本の技術協力で実施された開発調査では、水供給量を確保するために、漏水防止策、水情報管理、さく井による新規水源開発、最終案として導水計画等が提言されている。湧水水源からダマスカス市の供給地には、下記の 2 本のトンネルが湧水を送水している。</p>				
	完成年	長さ	断面寸法	設計流量
旧トンネル	1930 年	16.2 km	1.8 m x 1.3 m (幌形断面)	2.5 m ³ /s
新トンネル	1980 年	14.4 km	2.5 m (略円形断面)	11.3 m ³ /s
<p>1960 年代にフランスが旧トンネルの点検及び補修を行っているが、現在は建設後 75 年が経過し漏水が見られ老朽化が進行している。新トンネルは健全な状態にあるが、コンクリートの劣化箇所が発見された。両トンネルはダマスカス首都圏への供給量の 85 %を送水しており、ダマスカス首都圏の生命線となっている。</p> <p>以上の状況の中で、両トンネルを改修し、持続的に維持管理を行う体制を確立することを目的とする本計画は、シリア政府の上位計画を支援することとなり、安全に良質な水を供給するために不可欠である。</p>				
3. プロジェクト全体計画概要				
(1) プロジェクト全体計画の目標 (裨益対象の範囲および規模)				
① ダマスカス市及び近郊の首都圏に安全で良質な給水を行う。				
② 水資源を有効に活用するために、漏水量を削減する。				
(裨益対象の範囲および規模)				
シリア国	ダマスカス市	155 万人		
	ダマスカス市近郊圏	122 万人	合計 277 万人	(2003 年)
(2) プロジェクト全体計画の成果				
① <u>トンネルが改修され、旧トンネルでは漏水量が減少する。</u>				
② <u>トンネルが改修され、耐久性の向上及び延命が図れる。</u>				
③ <u>トンネルを持続的に維持管理する機材が整備され、トンネル点検技術が習得される。</u>				
④ <u>地下貯水池の変位計測計器が整備され、地下空洞の安全性をモニターできる。</u>				
(3) プロジェクト全体計画の主要活動				
ア	プロジェクト運営のための人員を配置する。			
イ	<u>トンネルの持続的な維持管理及び地下貯水池の変位計測のためにソフトコンポーネントによる技術移転・訓練を実施する。</u>			
ウ	<u>必要機材を調達する。</u>			
エ	<u>トンネルを改修する。</u>			

<p>オ 改修されたトンネルを使用して活動を実施する。</p> <p>(4) 投入（インプット）</p> <p>ア <u>日本側（=本案件）</u>：無償資金協力 3.95 億円</p> <p>イ 相手国側</p> <p>（ア）必要な人員</p> <p>（イ）施設・機材の運営・維持管理に係る経費：僅少（数名の person 費/年）</p> <p>(5) 実施体制</p> <p>実施機関：シリア国ダマスカス上下水道公社（DAWSSA）</p> <p>監督官庁：シリア国住宅・建設省（MoHC）</p>
<p>4. 無償資金協力案件の内容</p>
<p>(1) サイト</p> <p>シリア国ダマスカス市とダマスカス市北西の約 15 km に位置するフィジェ湧水池を連結する 2 本のトンネル。</p> <p>(2) 概要</p> <p>① 旧トンネル上流 3 km 区間の漏水防止工</p> <p>② 旧トンネル入口より 300-345 m 区間の構造クラックの補修</p> <p>③ 旧トンネル入口とサイフォン部のゲート交換</p> <p>④ 旧トンネルの補強鉄管 156 本の補修</p> <p>⑤ 新トンネル入口より 3,170 m 付近の劣化コンクリートの補修</p> <p>⑥ 新・旧トンネルのコンクリートのひび割れと剥離・剥落の補修</p> <p>⑦ トンネル点検・補修用資機材、地下貯水池変位計測用機材の調達</p> <p>⑧ トンネルの維持管理及び地下貯水池の変位計測に関する技術支援（ソフトコンポーネント）</p> <p>(3) 相手国側負担事項</p> <p>① 仮設事務所用地・資材保管場所の提供</p> <p>(4) 概算事業費</p> <p>概算事業費 3.95 億円（無償資金協力 3.95 億円、シリア国側負担 0.00 億円）</p> <p>(5) 工期</p> <p>詳細設計・入札期間を含め、約 20 ヶ月（予定）</p> <p>(6) 貧困、ジェンダー、環境および社会面の配慮</p> <p>改修工事はトンネル内で行われ、環境・社会面への影響は特になし。</p>
<p>5. 外部要因リスク</p>
<p>① トンネル上部（特に旧トンネル）の開発行為（地形改変、建物等の载荷条件、交通等）や地盤条件（例えば、地滑り）による外的要因変化が発生しない。</p> <p>② 異常降雨による地下水位変化が生じない。</p> <p>③ 人為的行為によって構造物に影響を与えない。</p>
<p>6. 過去の類似条件からの教訓の活用</p>
<p>特になし</p>
<p>7. プロジェクト全体計画の事後評価にかかわる提案</p>
<p>(1) プロジェクト全体計画の目標達成を示す成果指標</p> <p>・旧トンネルの漏水率は 27 %（実施前）から 5 %（実施後）に減少する。</p> <p>(2) 評価のタイミング</p> <p>修復工事が完了する 2007 年以降。</p>

6 収集資料リスト

No.	Data	Year	Publisher
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)	Mar 2004	LAHMEYER
2	Ditto (Project Primary Report Vol 3/3 Plans)	Sep 2003	LAHMEYER
3	Ditto (Flow Chart, Proposed Concept)	Jul 2004	LAHMEYER
4	Ditto (Proposed Flow Schematic Year 2020 Coastal Project in Operation)	Jul 2004	LAHMEYER
5	Ditto (Elevation Diagram of Primary Supply Facilities)	Oct 2003	LAHMEYER
6	Ditto (92 - Inlet Tank, Proposed Status Civil Site Layout DWG No. Inlet_C0 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	Al Hermon region 拡大図 (Scale: 1: 25,000)		DAWSSA
10	ダマスカス市行政地図 (Scale: 1: 15,000)		DAWSSA
11	DAWSSA5 カ年計画書(1996-2000) (アラビア語)		DAWSSA
12	DAWSSA5 カ年計画書(2001-2005) (アラビア語)		DAWSSA
13	Investment Plan in 2004 (アラビア語)		DAWSSA
14	Damascus Sewerage Project (Environmental Review of Proposals for Use of Treated Wastewater Reuse and Sludge for Agricultural Use in the Damascus Ghouta Area)	Nov 1997	Howard Humphreys & Partners Limited
15	新トンネル地質調査報告書		
16	新トンネル地形図		
17	旧トンネル地形図		
18	旧トンネル地質断面図		
19	新トンネル地質断面図		
20	旧トンネルの点検報告書 1967 年		
21	新トンネルの設計図面		
22	旧トンネル点検結果 1999 年		
23	Attachment 9: 新トンネル点検結果 1997 年		
24	旧トンネル点検結果 1980 年	Nov 1980	SOGHREAH
25	旧トンネル点検結果 1967 年	Sep 1967	SOGHREAH
26	トンネルの出口にあたるワリ貯水池の点検結果 1999 年		
27	List of DAWSSA Facilities (with floppy diskette)		
28	Topographic Map (with CD)		
29	Daily Tunnel Discharge (with floppy diskette)		

No.	Data	Year	Publisher
30	Rainfall Data (Electric File)		
31	Daily Production (Electric File)		
32	Demand (Electric File)		
33	Unified Exploitation Regulation for Water Authorities	Oct. '99	MoHC
34	Water Supply Tariff		
35	Ministry of Housing and Construction		
36	Water Leakage Measurement Report		
37	Terms of Financial Standard Accounting		
38	Basic Law of State Employees	1985	
39	Rehabilitation and Expansion of the Water Supply System, EIA Report	Jul. '04	LI, AAC and AWMc
40	Statistical Abstract 2003	2003	Central Bureau of Statistics
41	Water Quality Test Data (with floppy diskette)		Laboratory
42	Standard for Drinking Water		(Copy)
43	Pump Capacity at Barada Springs		LI Report
44	DAWSSA Organization Chart	2003	DAWSSA
45	Leak Detection		LI Report
46	Water-born Diseases		
47	Annual Budget		DAWSSA
48	Electric Tariff		DAWSSA
49	Daily Water Consumption in floppy diskette		
50	Pump List at Figeih and Damascus		LI Report
51	Location Map of Meteor. Stations		
52	Data for Cut-off of Water Supply (Electric File)		
53	Seasonal Water Quality Test (A4 paper)		
54	Production, Demand Data (Electric File)		
55	Drawing for Aloyon New Reservoir		
56	Map for Service Area		DAWSSA
57	Map for Well Pump Station		DAWSSA

7 その他資料・情報

7.1 トンネル漏水量調査

7.1.1 調査の背景と目的

これまでの DAWSSA による漏水量調査結果によれば、旧トンネルは 4 割以上の漏水があると云われている。一方、新トンネルの漏水は僅少とされている。漏水は、水利用の安定性を損ね、貴重な水資源の浪費となることから、供用時にはその管理が重要となる。

そこで、当調査は、旧トンネルおよび新トンネルを対象に、DAWSSA による漏水量調査の内容を検証するとともに、流量観測および現地踏査を行ってトンネル内の水収支を把握した。また、漏水が顕著と云われている旧トンネルについては、トンネル途中のゲートを利用して複数地点で観測し、漏水区間の特定を行った。

7.1.2 DAWSSA による既往漏水量調査のレビュー

DAWSSA による旧トンネルおよび新トンネルの漏水調査内容を報告書や聞き取りにより確認し、その測定手法の内容や精度に問題がないかを確認した。

7.1.2.1 DAWSSA の既往調査結果

これまでに実施された DAWSSA による旧トンネルおよび新トンネルの漏水調査結果の一覧を下表に示す。要請書に記載されている旧トンネルの漏水率は、2003 年 9 月に実施された漏水量調査によって得られたものであり、46.7%の漏水率とされている。また、2004 年 10 月にも同様の調査が旧トンネルにて実施されており、60.3%と極めて大きい調査結果となっている。

旧トンネルの漏水調査はトンネル入口のフィジェとトンネル出口のワリのみで実施されているため、全体の漏水率の把握にとどまり、漏水区間の特定は行われていない。

新トンネルについては、2003 年に送水流量を変えながら 3 回漏水調査を実施している。いずれの調査結果でも、フィジェとワリでの流量の差はほとんど無く、測定誤差を考慮すれば漏水はないものとされている。

DAWSSA による旧トンネルおよび新トンネルの既往漏水調査結果を付属資料-1 に示す。

表 1.1 DAWSSA 実施の旧トンネル漏水量調査結果

No.	調査実施日	フィジェ送水量	ワリ貯水池流入水量	漏水量	漏水率
1.	2003/9/30	1,500 m ³ /hr	800 m ³ /hr	700 m ³ /hr	46.7%
2.	2004/10/23	1,890 m ³ /hr	750 m ³ /hr	1,140 m ³ /hr	60.3%

出典: DAWSSA 資料

表 1.2 DAWSSA 実施の新トンネル漏水量調査結果

No.	調査 実施日	フィジエ 送水量	ワリ貯水池 流入水量	漏水量	漏水率
1.	2003/6/23	3.894 m ³ /s	3.890 m ³ /s	0.004 m ³ /s	0.1%
2.	2003/6/25	5.324 m ³ /s	5.244 m ³ /s	0.080 m ³ /s	1.5%
3.	2003/6/26	7.596 m ³ /s	7.533 m ³ /s	0.063 m ³ /s	0.8%

出典：DAWSSA 資料

7.1.2.2 DAWSSA の漏水量調査手法

DAWSSA による漏水量調査手法は、報告書および担当職員への聞き取り調査によって把握した。調査手順を以下に箇条書きで示す。

1) フィジエ湧水地からの送水量の測定

- ・旧・新トンネルともにトンネル入り口付近に設置されている超音波式水位センサーの値を記録。センサー設置位置は、旧トンネルで TD223、新トンネルで TD81 であり、いずれもトンネル入口より約 100m 入った位置である。
- ・水位センサー地点に関する水位－流量曲線を用いて、水位データを流量データに変換。
- ・流量時系列データから調査期間中の送水量を得る。

2) 旧トンネルおよび新トンネルからの分水量

- ・調査期間中、トンネルから分岐している全ての分水管を遮断し、漏水以外のトンネル内水量はフィジエからワリに送水される状況にする。

3) ワリ貯水池への流入量の測定 (旧トンネル)

- ・ワリ旧貯水池が旧トンネルからの送水を全て受け取り、また、旧トンネル以外の流入がないようにする。さらに、調査期間中は、ワリ旧貯水池から流出する水路も閉じる。
- ・ワリ旧貯水池内水位を観測。
- ・観測水位時系列データと貯水池形状より、調査期間中の流入水量を得る。

4) ワリ貯水池への流入量の測定 (新トンネル)

- ・連絡水路で連結されている 1, 2 番貯水池が新トンネルからの送水を全て受け取り、また、新トンネル以外の流入がないようにする。さらに、調査期間中は、1, 2 番貯水池から流出する水路を閉じる。
- ・1, 2 番貯水池水位を観測。
- ・観測水位時系列データと貯水池形状により、調査期間中の流入水量を得る。

上記のようにして得られるフィジエ湧水池からの送水量とワリ貯水池への流入水量を比較し、漏水率を算定している。DAWSSA による旧・新トンネル漏水量の調査手法の模式図を図 1.1 に示す。

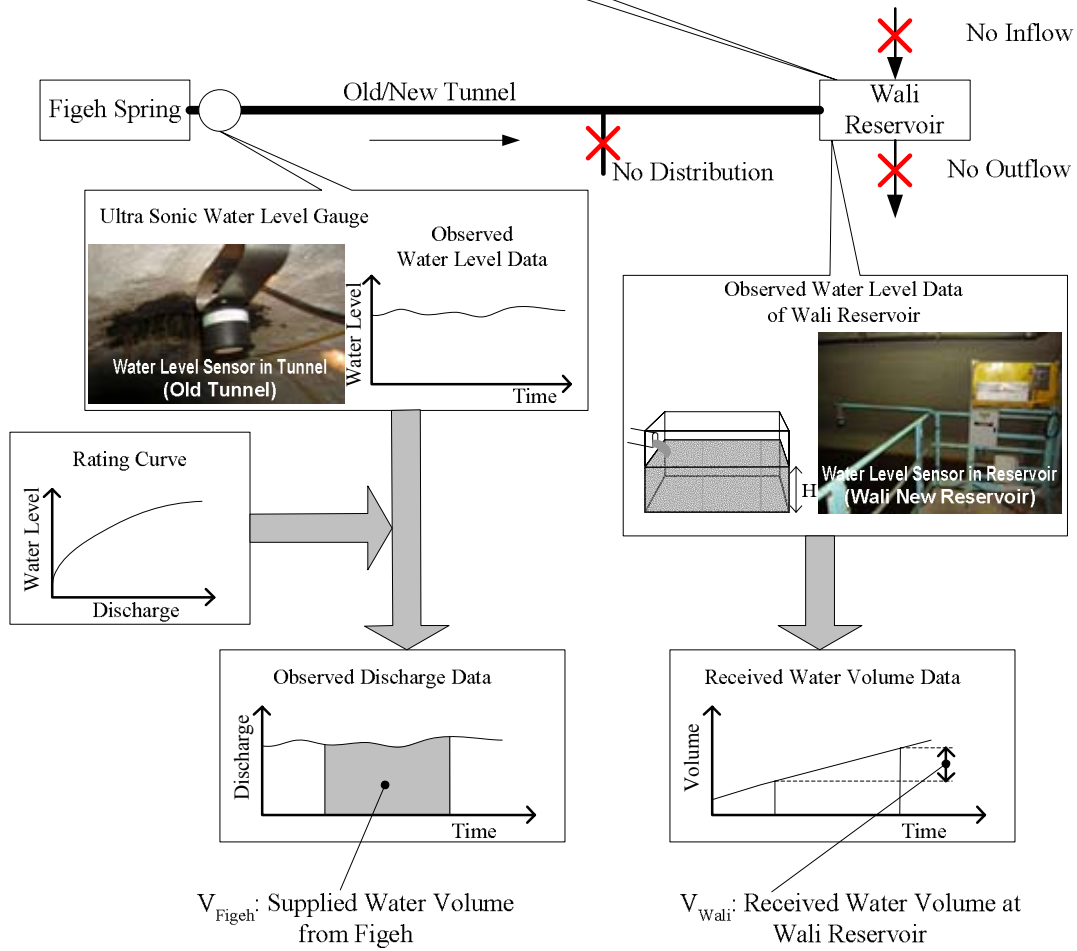
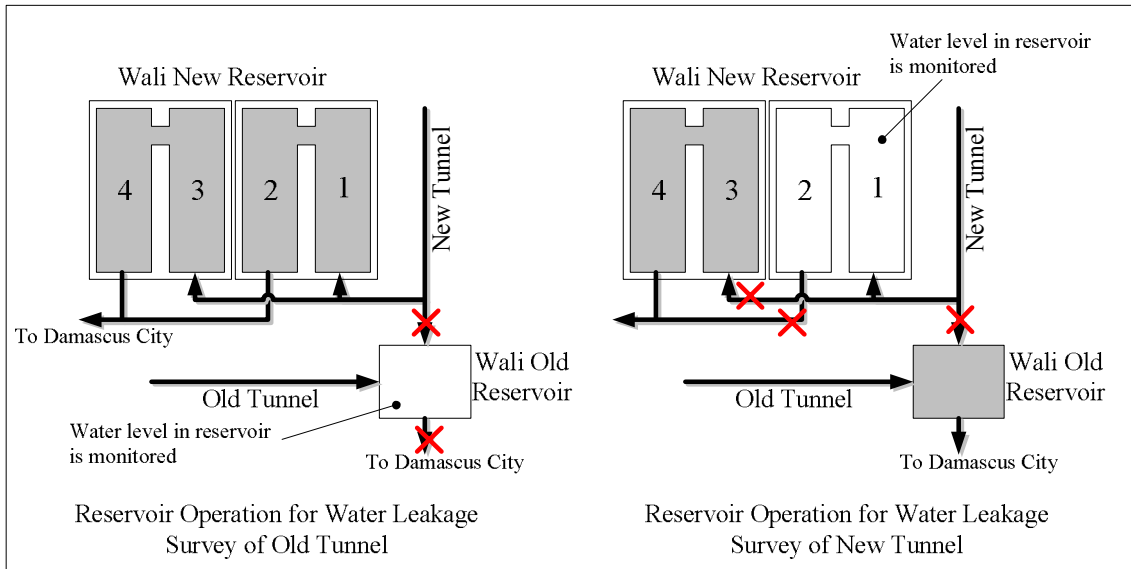


図 1.1 DAWSSA による旧・新トンネル漏水調査手法概要図

7.1.2.3 DAWSSA による既往漏水量調査の問題点と改善提案

DAWSSA による漏水量調査手法について調査・検討した結果、旧トンネルのフィジェ湧水地からの送水流量の測定に問題が認められた。以下にその要点を指摘した。

(a) 旧トンネルフィジェ湧水池からの流量観測手法の問題点

フィジェ湧水地からの送水流量の測定には、以下の2つの問題点がある。

i) 水位計センサーの設置位置について

DAWSSA は、旧トンネルの TD223 地点に設置された超音波式センサーによりトンネル内水位をモニタリングし、観測された水位に基づいて流量を推定している。調査団による流量観測時の視認によれば、センサー付近の流れには、流量に応じて常流や射流に流れが遷移したり、波状跳水の生じている様子が確認できる。当トンネルのような自由表面をもつ水の流れ（開水路流れ）の場合、このような流れの状態の変化は、流速や水深に影響を与えるため、不安定である。現状のままでは、流量の的確な評価が難しい状況にあると判断した。

ii) 水位－流量曲線について

次に、DAWSSA が観測水位から流量への変換の際に用いている水位－流量曲線についてであるが、この特性曲線はトンネル内の水の流れを等流と仮定した上で作成している。DAWSSA が用いている水位－流量曲線式を以下に示す。

$$Q = (86.609 - 10.78h) \times \sqrt{0.0015} \times A \times R^{2/3}$$

ここで、 h は水深(m)、 A は流水の断面積(m²)、 R は径深(m)である。断面積や径深は、水路幅 1.3 m の矩形断面として計算されている。上式に適用されているパラメータは、以下の通りである。水位－流量曲線の適否は、これらパラメータの設定に左右される。

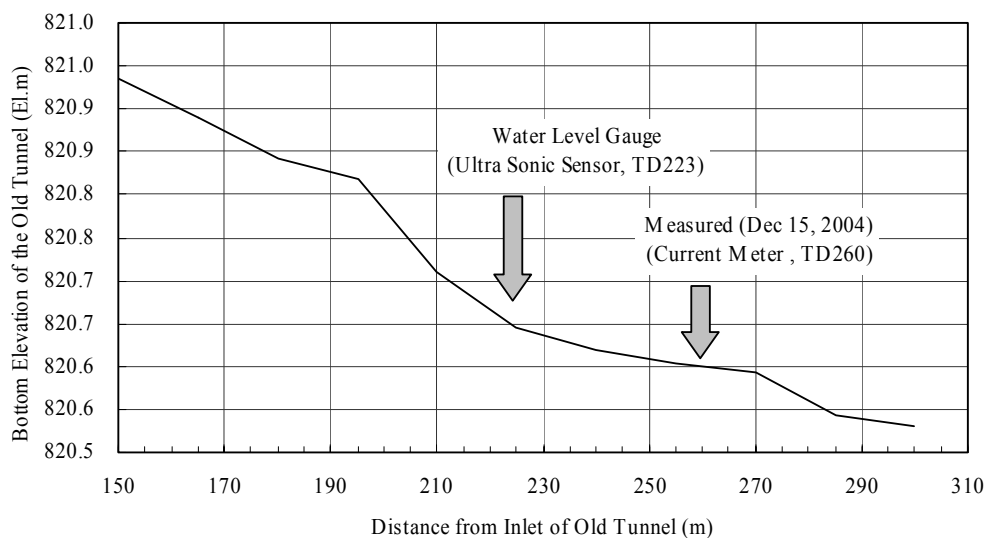
- ・ トンネル敷勾配： $i = 0.0015$ (=1/867)
- ・ マニングの粗度係数： $n = 1/(86.609 - 10.78h)$

水位センサー付近のトンネル敷勾配は $i = 0.0015$ (=1/867) とされているが、図 1.2 によれば、TD195～TD225 のトンネル敷高から算出される勾配は $i = 0.00583$ (=1/171)となる。トンネル内の流れの状態は、トンネル敷勾配の影響を受け、フルード数を用いて理論的に評価できるが、これを試算すると図 1.3 の結果が得られる。流量観測時に視認した流れの状態を考え合わせると（流量観測時の水位は約 30cm）、水位センサー付近のトンネル敷勾配は $i = 0.00583$ (=1/171)が妥当といえる。また、水位センサー付近はトンネル敷勾配の急変部にあたり、上記で指摘した流れの状態を考慮すると、等流が成立していない可能性がある。

マニングの粗度係数については、水深に応じて変化する式形を用いているが、その理由や導かれた過程は、DAWSSA でも把握していない。調査団は、マニングの粗度係数を水深に関係なく一定としても実用上問題ないものと判断する。むしろ、粗度係数

の設定で留意すべきことは、粗度係数は壁面の凹凸の程度を反映したパラメータであり、年数を経ることで増大する可能性があることである。

調査団は上記の2つのパラメータに留意した上で、トンネル敷勾配が凡そ一定で近似的に等流と考えられる TD260 において流速計を用いた流量観測を行った。その結果を図 1.4 に示す。図中には、観測した流量に適合する水位-流量曲線もあわせて図示した。図中に示す水位-流量曲線は、断面積や径深は水路幅 1.35m の矩形断面として計算し、トンネル敷勾配は図 1.2 の TD240~TD270 から $i=0.0008(=1/1,250)$ 、マンニングの粗度係数は 0.015 と設定した。調査団が流量観測した時の水深は約 0.3m であるため、これを DAWSSA が用いている粗度係数の算定式に代入すると、算出される粗度係数は 0.012 となる。コンクリート覆工の粗度係数としては想定される範囲内であるが、木製の型枠でコンクリート打設された当時の施工品質や約 80 年の使用を経ていることを勘案すると、現状の水位-流量曲線に適用すると値としてはやや良好な(小さい)値であり、実際の送水量よりも大きく評価してしまう。このため、DAWSSA が算定した旧トンネルの漏水率は、実際よりも過大になる可能性が高いといえる。



Source: Old Tunnel Profile Survey, 1940-41, DAWSSA

図 1.2 旧トンネル水位センサー付近のトンネル敷高縦断面図

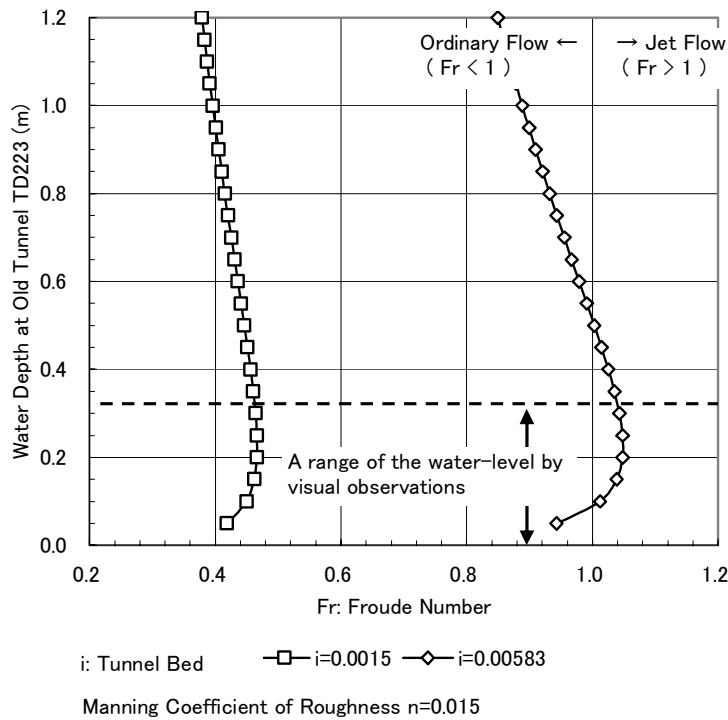


図 1.3 旧トンネル水位センサー付近の流れの特性

Time	Observed		Q_{uni} (m^3/s)	dQ $= (Q_{uni} - Q_{obs})$ (m^3/s)
	h (m)	Q_{obs} (m^3/s)		
11:20	0.320	0.317	0.480	0.163
11:30	0.328	0.328	0.497	0.169
11:40	0.325	0.323	0.491	0.167
11:50	0.322	0.322	0.484	0.163
12:00	0.325	0.325	0.491	0.165
12:10	0.320	0.322	0.480	0.158
12:20	0.330	0.331	0.501	0.170
12:30	0.320	0.320	0.480	0.160
12:40	0.330	0.322	0.501	0.179
12:50	0.325	0.310	0.491	0.181
13:00	0.325	0.313	0.491	0.178
13:10	0.315	0.308	0.469	0.162
13:20	0.322	0.321	0.484	0.163
13:30	0.320	0.305	0.480	0.175
13:40	0.325	0.305	0.491	0.185
13:50	0.325	0.310	0.491	0.180
14:00	0.320	0.309	0.480	0.171
14:10	0.322	0.305	0.484	0.180
14:20	0.320	0.300	0.480	0.180

Average Q_{obs} = 0.316
 Average Q_{uni} = 0.487
 Average dQ = 0.171

* Note

Q_{obs} : Measured discharge by current meter

Q_{uni} : Estimated discharge by rating curve provided by DAWSSA

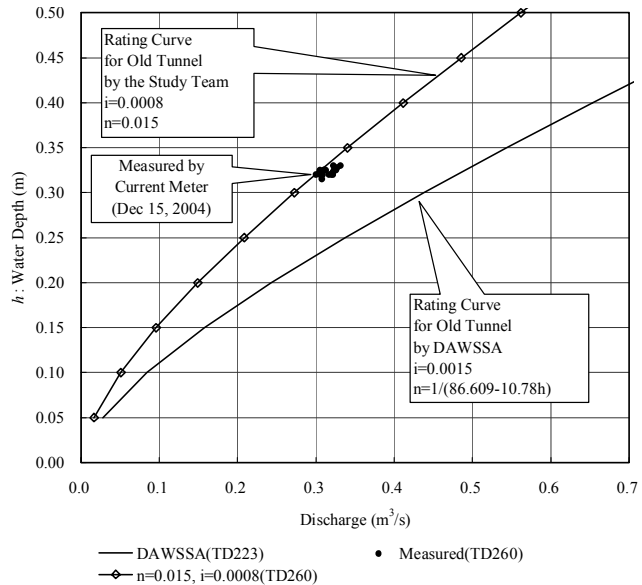


図 1.4 DAWSSA 水位 - 流量曲線と実測流量・推定した水位 - 流量曲線との比較

(b) 旧トンネルフィジエ湧水池からの流量観測手法の改善提案

DAWSSA による既往の漏水量調査手法をレビューした結果、旧トンネルのフィジエ湧水池付近において実施されている流量観測に問題のあることが判明した。フィジエ湧水池からの送水量のモニタリングは漏水量の把握のみならず、日々の給・配水事業においても重要な管理項目であり、改善が望まれる。

その改善方策としては、既設の超音波式水位センサー(TD223)の下流に標準刃型堰を設置する方法が考えられる。水位センサー下流のトンネル敷勾配は、図 1.2 の TD225～TD270 から $i=0.00111(=1/900)$ と緩勾配になるため、流れの状態は常流となる。常流の流れは途中で堰があると上流の水面が堰上げられ（堰上げ背水）、上流の流れの状態が変化する。このため、水位センサー付近に見られる跳水現象は現状よりも上流側に移動し、水位センサー付近の流れは安定するものと想定される。この状態で堰を越流する水深を既設の水位センサーを用いて測定すれば、実用上の流量が評価できるものと考えた。

現在、水位センサー下流にはアルミニウム製の簡易堰が設置されている（図 1.5 参照）。DAWSSA 職員への聞き取りによれば、流量観測には利用されていないが、上記の目的に利用できる可能性もあり、その可否の見極めが必要である。



図 1.5 旧トンネル水位センサー下流の簡易堰

また、水位－流量曲線の適否は、トンネル敷勾配やマンシングの粗度係数の設定に左右される。このため、今後の維持管理のためには、以下に示す調査の実施を提案する。

- ・ フィジエから水位センサー付近のトンネル敷勾配を確認するため、トンネル敷高を縦断測量する。
- ・ 流速計を用いた流量観測を定期的に行ってマンシングの粗度係数を推定し、現状の設定値との相違を確認する。

7.1.2.4 旧トンネル漏水量調査手法に関するレビュー結果の纏め

旧トンネル漏水量調査手法についてレビューした結果を表 1.3 に纏めた。

(a) 総括

既往の漏水量調査で最も大きな問題点は、フィジエ湧水池からの送水量の測定である。水位センサー付近の水の流れは、等流と仮定できない可能性があり、水位－流量曲線式の前提条件に適合しない恐れがある。また、水位センサーによる観測水位が跳水断面の常流水深を測定していた場合でも、DAWSSA が用いている粗度係数の算定式は、調査団が逆算した粗度係数 ($n=0.015$) に比べ小さい値を与えるため、DAWSSA が推

定するフィジエ湧水池からの送水量は実際よりも多くなる。この結果、DAWSSA が算定した旧トンネルの漏水率は、実際よりも過大に評価している可能性が高いといえる。

表 1.3 DAWSSA による旧トンネル漏水量調査手法の評価結果

測定箇所	測定手法	測定の問題点	備考
フィジエ送水量	<ul style="list-style-type: none"> ●TD223 の水位センサーによる水位観測 ●等流計算により水位を流量に変換 	<ul style="list-style-type: none"> ●TD223 付近は、流れが不安定で流量に応じて、常流・射流の遷移や波状跳水となる区間。 ●水路勾配の急変部にあたり、等流の適用は不適當。 	<ul style="list-style-type: none"> ●フィジエ送水量を過大に評価する可能性があり、漏水率を過大に評価する原因となっている。
ワリ貯水池への流入量	<ul style="list-style-type: none"> ●旧貯水池の貯留体積を計測 	<ul style="list-style-type: none"> ●問題なし 	<ul style="list-style-type: none"> ●送水トンネル、流入トンネルの影響を避けるため、貯水池内水位 1.5m - 4.0m の範囲で測定しており、適切な配慮である。
旧トンネルからの分流量	<ul style="list-style-type: none"> ●分流量を遮断 	<ul style="list-style-type: none"> ●問題なし 	

以下に、DAWSSA による漏水量調査手法について調査・検討した結果を補足する。

(b) ワリ貯水池への流入水量の測定手法について

ワリ貯水池への流入水量の推定には、貯水池の水位上昇を観測し、調査期間中の流入水量を算定するものである。測定原理として単純であり、測定手法として問題ないと考えられる。DAWSSA では、貯水池の水位観測に超音波式水位センサーを利用しており、水位計の精度は問題がない。

水位の観測誤差の影響を少なくするためには、流入水量の観測時間を極力長く取る、すなわち、測定開始水位と終了水位の差をなるべく多くとることが有効である。一方、旧トンネル敷高から旧トンネル吐出口までは 4.0m であり、水位が旧トンネル吐出口を超える場合は、旧トンネル水路内に背水を生じるため、流入水量の算定が困難となることに留意すべきである。また、貯水内水位 1.5m 以下では、送水管や段差など貯水池内の形状が複雑となっている。DAWSSA が実施した測定では、貯水池内水位 1.5m から 4.0m の範囲で実施しており、貯水池の形状を考慮した上での測定であった。

図 1.6 に旧貯水池内の写真、図 1.7 に旧トンネル吐出口と旧貯水池敷高の関係を示す。



図 1.6 旧貯水池内部(旧トンネル吐出口から撮影)

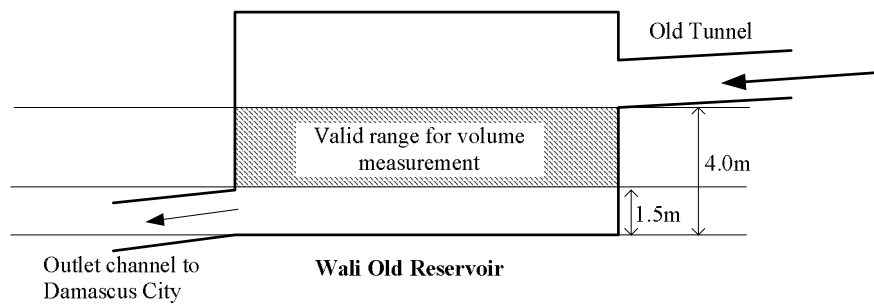


図 1.7 旧トンネル吐出口と旧貯水池敷高の関係の模式図

(c) トンネル分岐管の分流量について

漏水調査期間中は、旧トンネルの分岐管への配水は遮断されていた。調査の対象が旧トンネル本線の漏水量の把握であるため、分岐管への配水の遮断は、測定精度の確保に妥当な方法である。

現在、旧トンネルからの分水量の計測機器は設置されていないため、通常運転時の分水量は把握されていない。今後の維持管理のためには、トンネルに関連する水量を全て継続的に把握することが望ましく、測定機器の設置が望まれる。

7.1.2.5 新トンネル漏水量調査手法に関するレビュー結果の纏め

新トンネル漏水量調査手法についてレビューした結果を表 1.4 に纏めた。

(a) 総括

新トンネルにおいても、フィジェ湧水池からの送水流量を観測水位から等流計算で求めている。トンネル敷勾配や断面形状は、トンネル建設方式や調査団が行った内空断面形状測定の結果を勘案すると、旧トンネルとは異なり、十分な区間で同様と考えられるため、等流と近似して問題ない。その他の測定手法においても特に問題はなく、

DAWSSAによる漏水調査は妥当であると判断した。

表 1.4 DAWSSAによる新トンネル漏水調査手法の評価結果

測定箇所	測定手法	測定の問題点	備考
フィジェ湧水池 送水量	<ul style="list-style-type: none"> •TD81の水位センサーによる水位観測 •等流計算により水位を流量に変換 	<ul style="list-style-type: none"> •等流の適用は適当であり、問題なし。 	
ワリ貯水池への 流入量	<ul style="list-style-type: none"> •ワリ新貯水池の貯留体積を観測 	<ul style="list-style-type: none"> •問題なし 	
新トンネルか らの分流量	<ul style="list-style-type: none"> •調査期間中は、分流管を遮断 	<ul style="list-style-type: none"> •問題なし 	

以下に、DAWSSAによる漏水調査手法について調査・検討した結果を補足する。

(b) フィジェ湧水池送水量の測定手法について

新トンネルにおいても、旧トンネルと同様に超音波式水位センサーがTD81に設置されている。また、TD86にも接触式水位計とドップラー流速計が設置されている。TD86に設置されている水位計および流速計の結果は、自動で流量に変換されるように設計されているが、現時点では故障のため利用できない状況である。

新トンネルでの観測水位は、等流を仮定して作成された水位－流量曲線を用いて流量に変換されている。新トンネルのトンネル敷勾配はほぼ一定であり、また、トンネル断面も一様となっているため、当区間の流れに等流を仮定することは妥当であると判断した。水位計設置地点付近のトンネル標準断面形を図1.8に示す。

水位流量曲線作成に用いられている等流計算のパラメータなどを下記に示し、水位流量曲線を図1.9に示す。また、付属資料-2に水位流量曲線式および水位流量変換表を示している。

- ・ トンネル敷勾配： $i = 0.00127$ (水位センサー付近の新トンネル計画勾配)
- ・ マニングの粗度係数： $n = 0.0116$

流れを等流と仮定できることや等流計算に用いられているパラメータの設定は、妥当なものであり、フィジェ湧水池からの送水量の測定手法に問題はないと判断した。

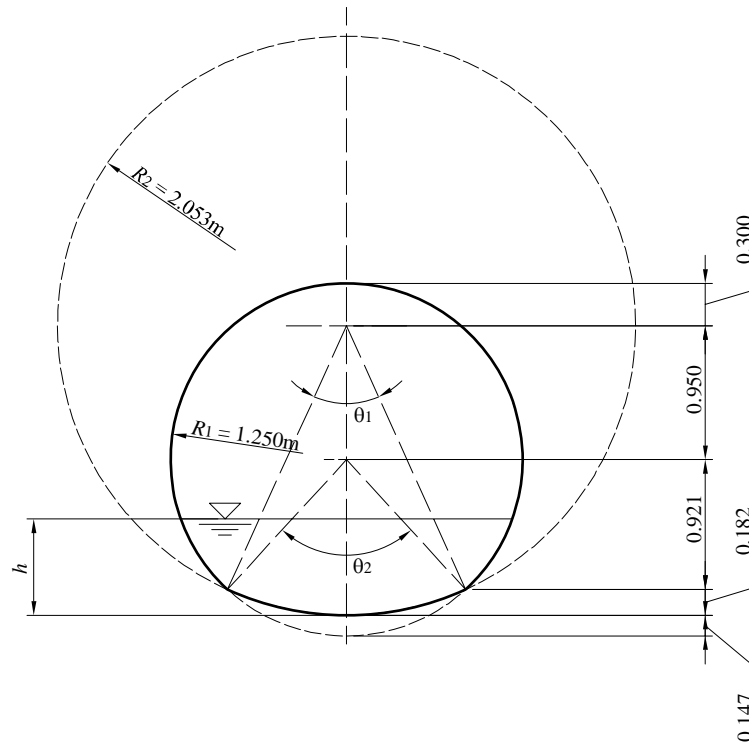


図 1.8 新トンネル標準断面図

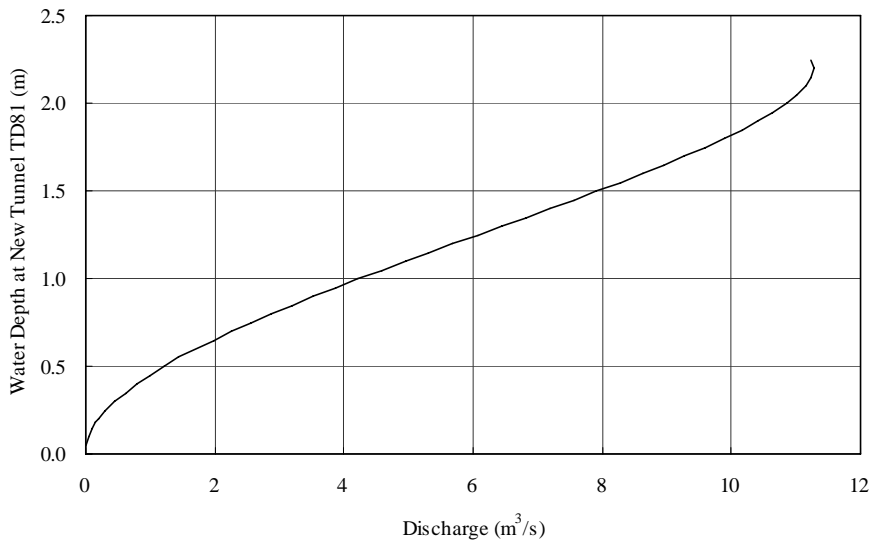


図 1.9 新トンネル水位流量曲線

- (c) フィジエ湧水池からの送水量について
さらに、調査団が新トンネル入口部の堰上流の水位を観測し、堰越流流量による送水量の検定と水位流量曲線の妥当性の検証を行った結果、TD81 における観測流量は妥当と判断した。新トンネル堰越流流量公式及び流量曲線を付属資料-3 に示す。
- (d) ワリ貯水池の流入水量の測定手法について
新トンネルの漏水調査では、新貯水池の水位変化をもとに流入量の測定を行っている。貯水池面積は $3,840\text{m}^2$ に及ぶため水位測定の精度が重要となるが、新トンネルか

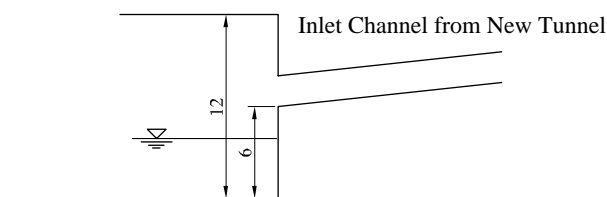
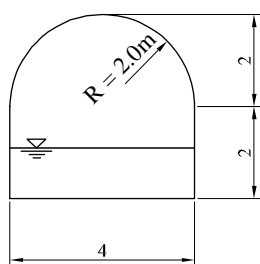
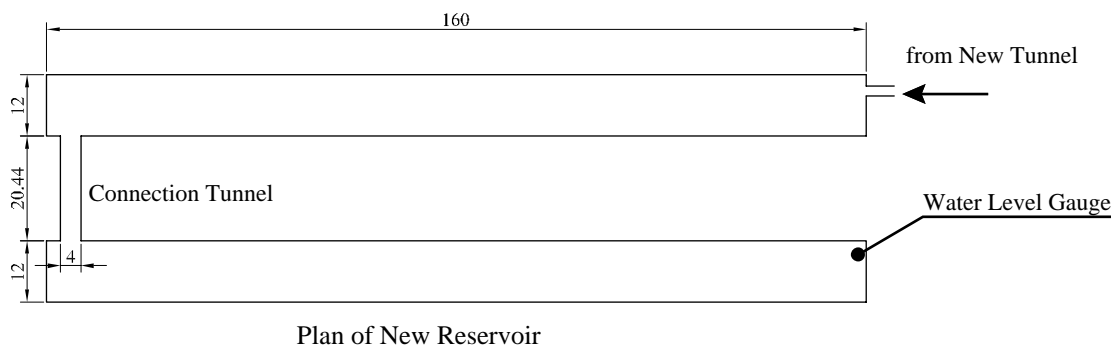
らの流入による水面波の影響を受けない位置に超音波式水位センサーを設置し、十分な配慮がなされている。

ワリ貯水池への流入水量の測定手法は、測定原理が明快で、設置している水位計の精度も十分であるため、問題ないと判断した。

図 1.10 に新貯水池への新トンネル吐出口の様子の写真、また、図 1.11 に新貯水池の平面図および縦断図を示す。



図 1.10 新貯水池への新トンネルからの流入状況



Cross Section of Connection Tunnel

Profile of Inlet Channel and New Reservoir

図 1.11 新貯水池平面、連結トンネル形状および流入水路敷高

(e) トンネル分岐管の分流量について

新トンネルからは、TD2,490 地点のバッシマ分流管および TD9,475 地点のアラヨン分流管があり、測定期間中は両分流管からの分流を停止させていた。新トンネルにおける漏水量測定の精度を確保するためには、有効な手法である。

なお、両分流管からの分流量は自動観測されており、フィジェ湧水池やワリ貯水池でのモニタリングが可能となっている。

7.1.3 現地調査手法

DAWSSA の漏水量調査手法と既往の調査結果についてレビューした結果を踏まえ、当調査団は、トンネル全体の漏水量の把握と、有意な漏水が確認された場合の漏水区間の特定を目的に、旧トンネルおよび新トンネルを対象に漏水量調査を行った。

以下に、それぞれの調査内容を説明する。

7.1.3.1 旧トンネル

調査団が現地作業を実施した 12 月は、旧トンネルの送水量は約 300 l/s、水深にして 25～30 cm 程度、流速は 0.8 m/s 程度であり、トンネル内に立ち入っての流量観測が十分に実施できる状況であった。また、旧トンネルにはトンネル内に立ち入り可能なゲートがトンネルの途中に 9 箇所ある。

そこで、調査団は水位計および流速計を用いて縦断的に流量観測を行い、区間ごとの漏水量を把握した。

(a) 調査対象地点

旧トンネルのアクセス可能なゲートと選定された観測地点を表 1.5 および図 1.12 に示す。

予備調査では、漏水があるとすれば、サイフォン部が疑わしいと指摘している。また、フィジェ湧水池から Gate No.7 (TD 3,090) までの上流区間、また、TD8,800 から TD10,800 の中流区間では、樹根の侵入や亀裂が確認されている。以上の点を念頭におき、旧トンネルの縦断的な流量の変化の把握を目的として、観測地点をアクセス可能なゲートから選定した。

表 1.5 流量観測地点一覧

観測地点 (TD)	アクセス	備考
260	トンネル入り口	
997.5	Gate No.5 から坑内に入り、坑内を移動	パイプより地下水流入
1,655	Gate No.5	
3,090	Gate No.7	
8,379	Gate No.20	
12,300	Gate No.32 (サイフォン上流地点)	
12,620	Gate No.33 (サイフォン下流地点)	
16,254	Gate No.38	

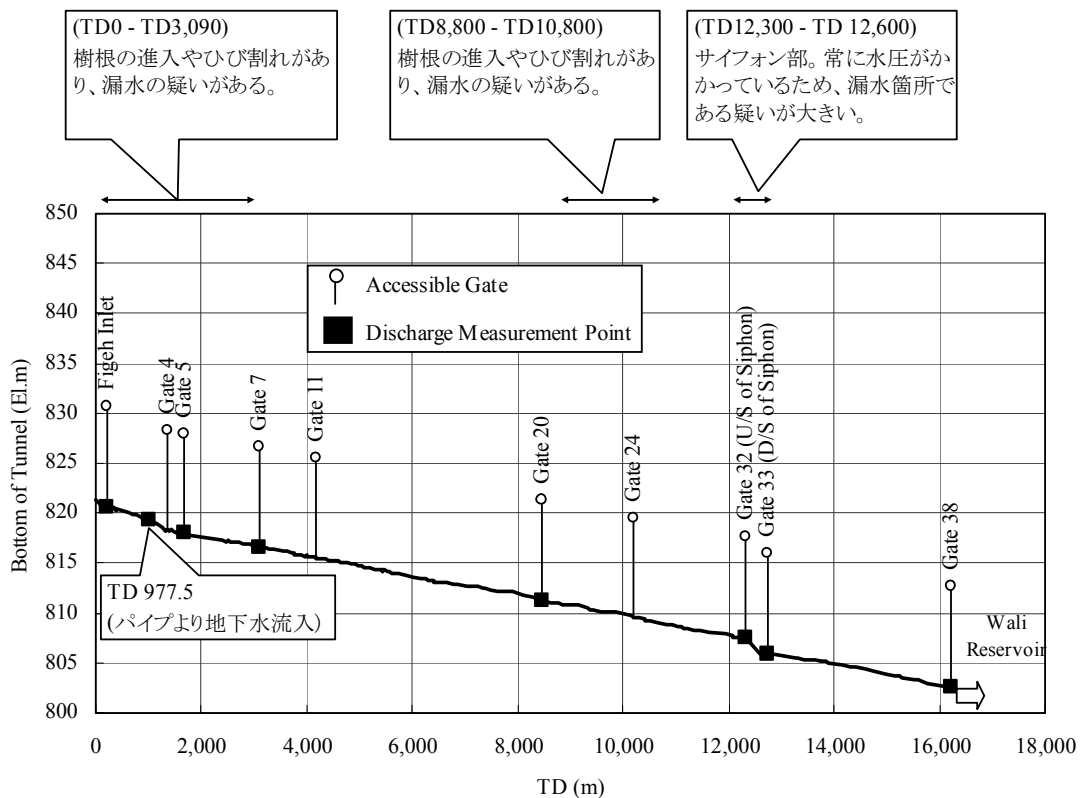


図 1.12 坑内立ち入り可能なゲートと流量観測地点

(b) 調査工程

選定された 7 地点の流量観測は、DAWSSA の協力の下で、以下の操作を行って定常流と近似できる条件を整えてもらい、原則として上流より順に観測を行った。

- ・ フィジエ湧水池の旧トンネルへの分水堰におけるゲート開度を一定にすることで、凡そ一定の流量が旧トンネルに流入するようにした。
- ・ 旧トンネルの分岐管からの配水は遮断した。

厳密には、フィジエ湧水池からトンネル入り口の分水堰に流入してくる流量は、地中からの湧水量の経時変化により一定でない。このため、ゲート上流側の水位（水頭）は時間とともに変動し、定常流を維持するためには細かなゲート開度制御が必要となる。しかしながら、現状の設備でそのような複雑な操作は不可能である。そこで、流れの時間変動については、フィジエ - Gate No.5 の区間で同時流量観測を行い、フィジエからの送水量に有意な変化があるかを把握した上で漏水量を評価した。

実際の調査工程を表 1.6 に示す。

表 1.6 旧トンネル縦断流量観測工程

調査日：2004年12月13日

時刻	流量測定箇所	備考
8:00 まで		旧トンネル分流管からの分流停止
10:40 - 10:50	Figeh	旧トンネル入り口より 20m 程度入った位置で観測を試みたが、新・旧トンネル分流堰越流後の流れの乱れが激しく、測定できなかった。軍施設内(サイフォン)への立ち入り時間が定められているため、後に再度実施することとした。
11:45 - 12:15	Gate No.5 (TD1,655)	
12:45 - 13:15	Gate No.7 (TD3,090)	
13:35 - 13:55	Gate No.20 (TD8,379)	
15:05 - 15:25	Gate No.32 (U/S of Siphon, TD12,300)	
15:50 - 16:10	Gate No.33 (D/S of Siphon, TD12,620)	
17:00 - 17:20	Figeh (TD260)	旧トンネル入り口より入り、流れの安定している箇所を視認、流速計で判断した。
18:20 - 18:40	Gate No.38 (Wali, TD16,254)	

(c) 流量測定手法

選定した流量観測地点に直接立ち入り、圧力式水位計（場合によっては、直接スケールでの水位測定）と電磁誘導式流速計を用いて流量観測を行った。流量観測手順を下記に示す。また、旧トンネル断面内における流量測定箇所の説明図を図 1.13 に示す。

流量測定手順

1. ゲートより坑内に立ち入り、付近で視認および流速計で流れの偏向がなく安定している箇所を選定する。
2. 水路幅を測定し、測線を決定する。測線は、水路幅の中央、左右壁より水路幅の2割の3測線。（図 1.13 参照）
3. 水位計で中心測線上の水位を測定。
4. 流速計のセンサーを6割水深の位置に設定。（図 1.13 参照）
5. 3測線上の6割水深箇所の流速を流速計で測定。
6. 3-5. の手順を5回繰り返して記録。

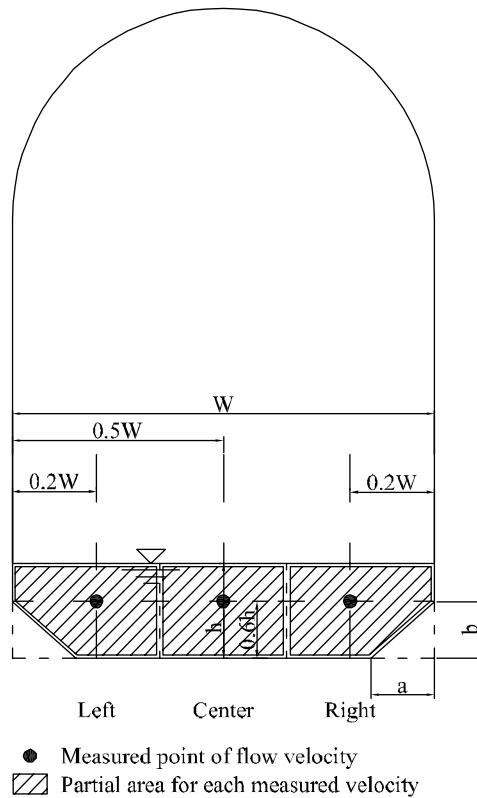


図 1.13 旧トンネル流量観測箇所

測定された水位と 3 箇所の流速を用いて、下式のようにして流量 (Q) を求めた。

$$Q = v_{\text{left}} A_{\text{left}} + v_{\text{center}} A_{\text{center}} + v_{\text{right}} A_{\text{right}}$$

ただし、v: 流速、A: 流速測定点に関係付けられる断面積であり、添え字の left, center, right は、測線位置を意味する。

また、TD 977.5 には、トンネル内右壁上部のパイプより大量の地下水の浸入がある。これについては、バケツを満水にするまでの時間を計測して流入量を測定した。

7.1.3.2 新トンネル

調査団が現地作業を実施した 12 月は、新トンネルの送水量は約 $5 \text{ m}^3/\text{s}$ 、流速は 2 m/s を超えるため、プロペラ式や電磁誘導式流速計を用いた人力による流速測定は困難である。また、流速を直接測定できるようなアクセス箇所がないため、流速計による流量調査は不可能であると判断し、DAWSSA と同様の観測手法で新トンネルの漏水量調査を行うこととした。

表 1.7 に新トンネル調査手法、表 1.8 に調査工程を示す。

表 1.7 新トンネル漏水調査手法

測定地点	流量測定手法	備考
フィジェ湧水池送水量	<ul style="list-style-type: none"> 新トンネル内 TD81 に設置されている超音波式センサーによる水位測定値を記録。 DAWSSA による水位—流量曲線により、記録した水位を流量に変換。 	
分流量 バッシマ(TD2,485) アラヨン(TD9,498)	<ul style="list-style-type: none"> 測定期間中は両分岐管を完全に遮断する。 	<p>分流量は完全に遮断させる予定だったが、実際には完全に遮断することが出来なかった。</p> <p>両分岐管には、流量測定器が設置されており、フィジェやワリでモニタリングが可能であり、これを利用した。</p>
ワリ貯水池流入量	<ul style="list-style-type: none"> 新貯水池の 3 および 4 番貯水池を用いて容量を測定。 	

表 1.8 新トンネル漏水調査の実施工程

調査日：2004 年 12 月 7 日

時刻	調査地点		
	フィジェ 水位センサー (TD81)	分岐管 (バッシマ、アラヨン)	ワリ貯水池
12:00		<ul style="list-style-type: none"> 分流量の遮断開始 バッシマ完全に遮断(分流量 0 m³/s) アラヨン遮断できず 	
12:20	<ul style="list-style-type: none"> 水位モニター読取開始 (10 分間隔) 	<ul style="list-style-type: none"> アラヨン分流量読取開始 (10 分間隔) 	
15:20	水位記録継続	アラヨンへの分流量の記録継続	<ul style="list-style-type: none"> ワリ新貯水池の 3,4 番貯水池の水位を 1.5m まで低下させる。
15:25			<ul style="list-style-type: none"> 新貯水池のバルブ操作 - 新トンネルからの送水を全て 3, 4 番貯水池へ流入 - 3,4 番貯水池からの流出バルブを遮断 ●水位記録開始(5 分間隔)
16:30	水位記録終了	アラヨンへの分流量の記録終了	<ul style="list-style-type: none"> ●貯水池内水位が流入水路敷高 6.0m に到達。観測終了

7.1.4 観測結果

7.1.4.1 旧トンネル縦断流量調査結果

流速計を用いた旧トンネルの縦断流量調査結果を表 1. 9、図 1. 14 に示す。また、調査区間の 100m 当たりの漏水量比較を図 1. 15 に示す。また、各地点の水位・流速観測結果および流量算定について付属資料-4 に示している。

これらの結果から明らかになった事項を箇条書きで以下に示す。

- ・ 調査団が流速計を用いて流量観測した結果、フィジェからワリまでの全区間の漏水率は、27.5%となった。
- ・ DAWSSA が調査した全区間の漏水率は 46.7%または 60.3%であり、上記の調査団の結果に比べるとやや過大であり、観測手法にも幾つか問題がある。しかしながら、今回の調査により、旧トンネルには修復を要する程度の漏水があることが判明した。
- ・ DAWSSA の主張や予備調査の推察では、サイフォンが最も漏水箇所として疑わしい区間とされていたが、予想に反して漏水はほとんど認められなかった。
- ・ 最も漏水率の多い区間は、フィジェ – Gate No.5 の区間であった。予備調査報告書に基づく当初の想定では、漏水源となるような樹根の侵入や亀裂が少ないとされていたため、予想を上回る結果であった。なお、調査団はフィジェ – Gate No.5 の区間において目視による坑内踏査を行い、漏水源と疑われる亀裂等を新たに発見した。詳細は後述する。
- ・ フィジェ – Gate No.5 の区間は、調査区間 100m 当たりの漏水量比較（図 1.15 参照）においても 3.61 l/s/100m と他区間よりも漏水量の多い評価となった。
- ・ Gate No.20 – サイフォン上流までの区間も漏水箇所として疑わしいとされていたが、2%程度の漏水にとどまった。測定誤差を勘案すれば、実質漏水は無いと考えられる。

表 1.9 旧トンネル縦断流量調査結果 (2004 年 12 月 13 日実施)

Measurement location	TD	Measured discharge (l/s)	Ratio of measured discharge to Figeh discharge	Ratio of discharge loss to Figeh discharge	Rate of discharge loss in stretch between upstream site of measurement	Discharge loss per unit length (l/s/100m)
Figeh	260	343.5	100.0%	0.0%		
Gate No.5	1,655	291.1	84.7%	-15.3%	-15.3%	3.76
Gate No.7	3,090	266.9	77.7%	-22.3%	-7.0%	1.68
Gate No.20	8,379	257.2	74.9%	-25.1%	-2.8%	0.18
U/S of Siphon	12,300	250.9	73.0%	-27.0%	-1.8%	0.16
D/S of Siphon	12,620	250.7	73.0%	-27.0%	-0.1%	0.07
Wali	16,254	249.2	72.5%	-27.5%	-0.4%	0.04

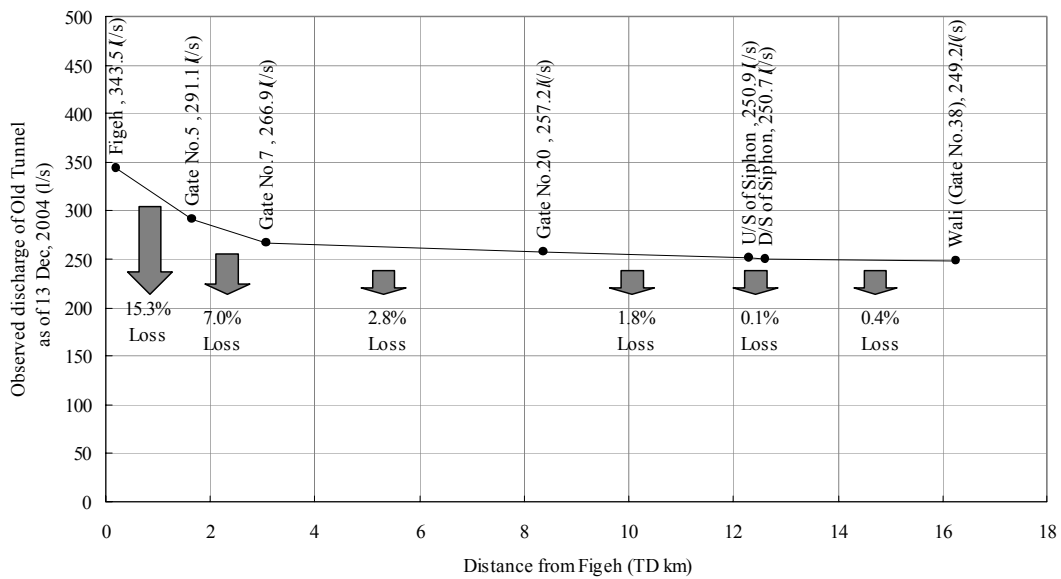


図 1.14 旧トンネル縦断流量調査結果

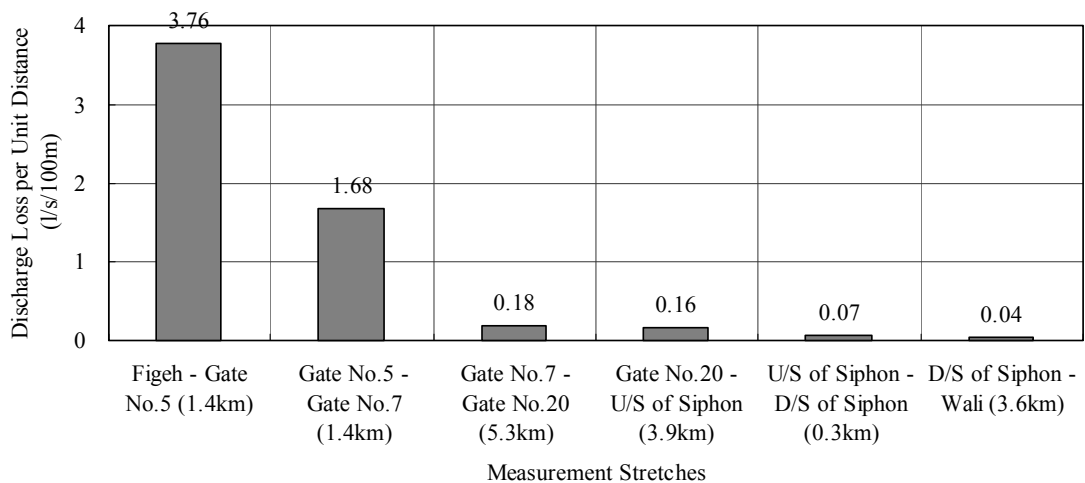


図 1.15 調査区間の 100m 当たり漏水量

7.1.4.2 旧トンネル漏水量調査に関する確認調査

流速計を用いた旧トンネルの縦断流量調査結果の妥当性を確認するため、以下の追加調査を実施した。

表 1.10 旧トンネルにおける確認調査内容

No.	要確認事項	確認調査
1.	フィジェ湧水池の流量は安定しているか	フィジェと Gate No.5 で同時流量観測を再度実施
2.	フィジェから Gate No.5 区間の漏水箇所はどこか	旧トンネルへの送水を停止し、トンネル坑内を踏査
3.	サイフォンからの漏水はないのか	サイフォン内の水を抜き、内部踏査

- (a) フィジェ - Gate No.5 間の同時流量観測 (2004 年 12 月 15 日実施)
同時流量観測は以下の内容を確認する目的で実施した。

- ・フィジエおよび Gate No.5 両地点で同時観測を実施し、漏水率を再確認した。
(2004年12月13日に行った流量観測では、軍の都合によりフィジエと Gate No.5 付近の観測時刻に約5時間の時間差が生じたため。)
- ・10分ごとの流量観測を3時間継続することで、フィジエの送水量の安定性を確認した。
(Gate No.5 付近の流量観測は、DAWSSA の都合により2時間20分間とした。)

同時流量観測結果を図 1.16 に示す。また、流速および水位の測定結果、流量算定結果については、付属資料-5 に示している。同時流量観測の結果、以下の点が確認された。

- フィジエ - Gate No.5 間の漏水量について
 - ・今回の観測でも平均 14.9%の漏水が観測された。12月13日実施の縦断流量観測結果と整合する。
- フィジエからの送水量の安定性について
 - ・フィジエからの送水量は3時間の間で約 30l/s の変動があり、送水量の約 1割に相当する。今回の調査では、3時間の間でフィジエからの送水量は減少する傾向にあった。
 - ・同時流量観測で得られた観測流量の時系列データをみると、フィジエ付近で観測した結果と Gate No.5 の結果は、約 30分の時間差をもって概ね整合する(図 1.16 参照)。平均的な流速は約 0.8m/s、区間距離は約 1,400m である。送水の移流時間は約 30分となるため、妥当な観測結果が得られたといえる。

Time	$Q_{\text{Figheh}} (l/s)$	$Q_{\text{GateNo.5}} (l/s)$
11:20	316.8	
11:30	327.5	
11:40	323.1	264.5
11:50	321.5	280.5
12:00	325.4	276.3
12:10	321.9	269.1
12:20	331.4	265.9
12:30	319.8	270.5
12:40	322.3	273.7
12:50	310.1	281.7
13:00	312.7	264.3
13:10	307.7	272.0
13:20	321.4	273.0
13:30	305.1	270.5
13:40	305.5	268.1
13:50	310.2	265.5
14:00	309.0	260.6
14:10	304.7	
14:20	300.1	
$Q_{\text{Max}} (l/s)$ 331.4 281.7		
$Q_{\text{Min}} (l/s)$ 305.1 260.6		
$Q_{\text{Ave}} (l/s)$ 317.7 270.4		
$Q_{\text{loss}} (l/s)$ 47.3		
Average Loss Ratio (%) 14.9%		

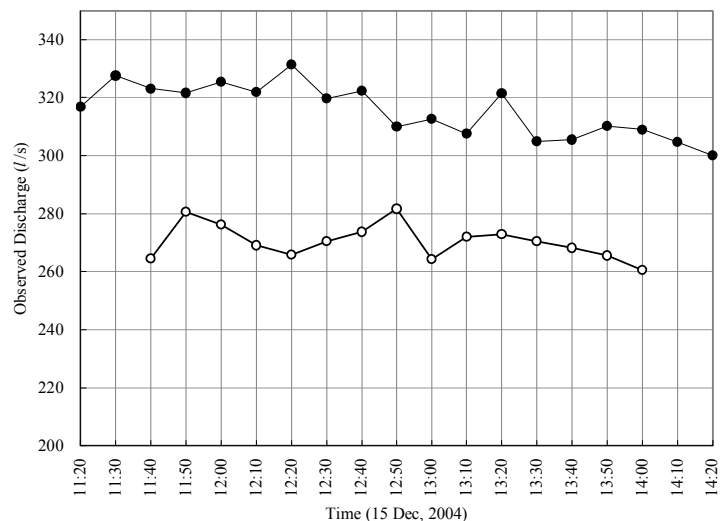


図 1.16 フィジエ - Gate No.5 間の同時流量観測結果(2004年12月15日実施)

iii) 同時流量観測の結果を踏まえての提案

同時流量観測の結果を踏まえると、流速計によってトンネル各区間の漏水量を的確に把握するためには、観測地点間の観測時刻に十分に留意する必要がある。従って、今後の維持管理においては、今回の観測手法と同様な3時間程度の同時流量観測の実施を推奨する。

(補足：調査団が12月15日に実施した流量観測では、時間的制約から、下流の Gate No.5 付近の観測終了時刻がフィジェ付近の観測よりも早いですが、本来は、観測地点間の送水の移流時間を考慮して、上流側よりも遅い観測終了時刻を設定する必要がある。また、下流側の観測開始時刻についても同様に、観測地点間の送水の移流時間を考慮して設定することになる。サイフォン区間では上下流ともに同時刻計測が必要となるが、Gate No.7 – Gate No.20 の区間(5.3km)や、Gate No.20 – サイフォン上流までの区間(3.9km)は、観測地点間の距離が離れており、1.5時間程度の時間差があっても問題ないことになる。)

(a) フィジェ – Gate No.5 間の踏査

フィジェ – Gate No.5 間の漏水箇所を確認するために、2004年12月18日に坑内踏査を実施した。踏査に当たっては、トンネル敷の視認を容易とするために、旧トンネルへの送水を停止した。

踏査の結果、TD80 – 1,200 の区間においてトンネル敷に漏水源と想定される亀裂や欠損部を確認することが出来た。特に、TD300 – 330、TD1,000 – 1,025 には、2mm – 3mm 幅の亀裂があった。また、TD1,217 地点では、植物根の侵入による直径4cm程度の穴が開いていた。図1.17にTD1,217地点で見られた植物根の侵入状況を示す。

また、フィジェ湧水池のトンネル入り口にあるゲートの戸当りからは、かなりの漏水が認められた。調査団は、今後の維持管理に必要な調査として、流速計を用いた流量観測によるマンングの粗度係数の定期照査及びトンネル各区間の漏水量調査(同時流量観測)を提案しており、フィジェ湧水池からの送水流量を的確に制御するためにもゲートの交換が必要と判断した。

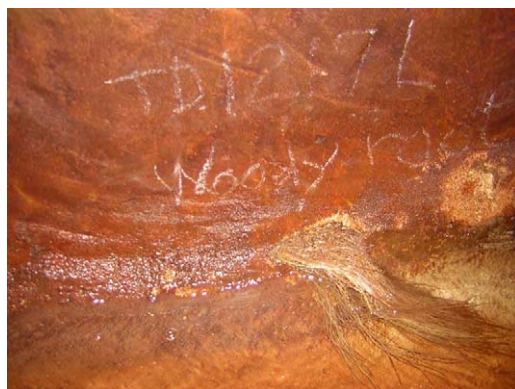


図 1.17 TD1,217 地点の植物根侵入状況

(b) サイフォン内部踏査

サイフォンは図 1.18 に示すように、4 本で構成されているが、調査当初、損傷を受けやすいアスベストコンクリート管からの漏水に疑念を抱いていた。しかしながら、縦断流量測定結果によると、サイフォン区間の漏水は僅少であった。そこで、2004 年 12 月 20 日にサイフォン内を抜水し、現在、主系統として常用している管径 $\Phi = 1,400\text{mm}$ のアスベストコンクリート管内に立入り、目視にて確認調査を行った。

調査の結果、コンクリート内部の状況は極めて健全であった。ジョイントが多少ずれている箇所が認められるが、砂などの付着がないため、水密性は確保されていると判断できる。また、サイフォンの地表部分は溪谷となっているが、水が染み出しているような箇所は全くなかった。図 1.19 にアスベストコンクリート管サイフォン内部の写真を示す。

以上より、サイフォンからの漏水がないという縦断流量測定結果は妥当であると判断される。

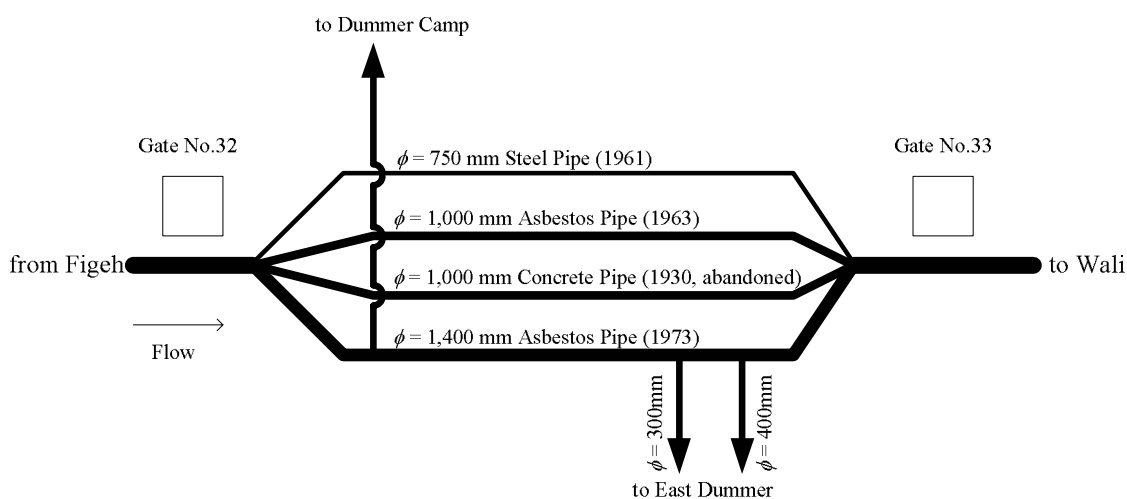


図 1.18 サイフォン部模式図



図 1.19 サイフォン内部状況写真

7.1.4.3 新トンネル漏水調査結果

(a) 水量観測結果

新トンネルでは、バッシマ(TD2,490)およびアラヨン(TD9,475)の2ヶ所から分流されており、漏水調査中は2地点からの分流を停止させる予定であった。バッシマからの分流は停止できたが、アラヨンは停止することが出来なかった。そのため、新トンネルの水収支を評価するために、以下の3項目の水量を観測した。観測結果を表1.11に示す。

- ・ フィジエからの送水量 (V_{Figeh})
- ・ アラヨンからの配水量 ($V_{Al.Ayoun}$)
- ・ ワリ貯水池への流入量 (V_{Wali})

表 1.11 新トンネル漏水量調査観測結果

Time	Figeh		Al Ayoun	Wali Reservoir	
	Observed Water Depth (m)	Discharge (m^3/s)	Distributed Discharge (m^3/s)	Observed Water Depth of Reservoir (m)	Water Volume in Reservoir (m^3)
13:30	1.13	5.169	0.362		
13:40	1.14	5.243	0.378		
13:50	1.13	5.169	0.38		
14:00	1.12	5.095	0.385		
14:10	1.12	5.095	0.389		
14:20	1.13	5.169	0.391		
14:30	1.12	5.095	0.401		
14:40	1.14	5.243	0.403		
14:50	1.13	5.169	0.402		
15:00	1.13	5.169	0.412		
15:10	1.14	5.243	0.422		
15:20	1.13	5.169	0.428		
15:30	1.12	5.095	0.445		
15:40	1.12	5.095	0.463	2.64	10,353
15:50	1.13	5.169	0.464	3.36	13,168
16:00	1.13	5.169	0.466	4.09	15,998
16:10	1.12	5.095	0.464	4.81	18,762
16:20	1.13	5.169	0.464	5.52	21,489
16:30	1.13	5.169	0.463	6.23	24,215
16:40	1.14	5.243	0.462		
16:50	1.13	5.169	0.462		
17:00	1.13	5.169	0.463		

(b) 新トンネル水収支算定

新トンネル内の水収支と関係する水量の関係を図1.20に図示する。トンネル内の貯留効果の影響を少なくするために、フィジエで観測された流量がワリ貯水池に到達する時間、また、アラヨンでの分流により減少したトンネル内水量の影響がワリ貯水池に到達するまでの時間を平均流量で以下のように推定した。ワリ貯水池の観測水量に対して、110分前のフィジエ観測水量および40分前のアラヨン観測水量を用いて、新トンネル内の水収支を算定した。

- ・ 観測期間中の新トンネル平均流速: 2.2 m/s
- ・ フィジエ観測流量(TD81)からワリ貯水池(TD14,353)までの到達時間
 $= (14,353 - 81) / 2.2 / 60$
 $= 108 \text{ min} \approx 110 \text{ min}$
- ・ アラヨン分流(TD2,485)の影響がワリ貯水池まで到達する時間
 $= (14,353 - 2,485) / 2.2 / 60$
 $= 37 \text{ min} \approx 40 \text{ min}$

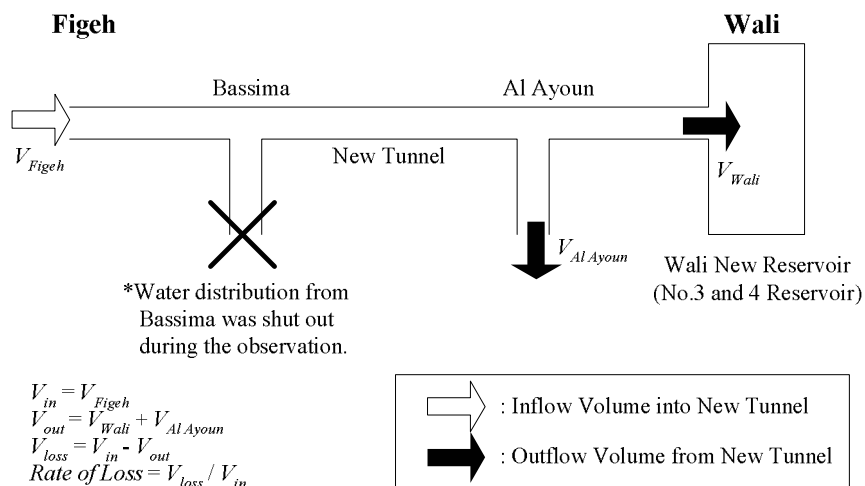


図 1.20 新トンネル内水収支の模式図

水量算定結果を表 1.12、また、損失水量算定結果を表 1.13 および図 1.21 に示す。なお、16:30 におけるワリ貯水池の観測水位 6.23m は、流入トンネル敷き高 6.00m を越えているため、算定対象外とした。

表 1.12 水量算定結果

Wali Reservoir		Figeh			Al Ayoun		
Observed Time	Cumulative Inflow Volume (m ³)	Observed Time	Supplied Water Discharge (m ³ /s)	Cumulative Supplied Water Volume (m ³)	Observed Time	Distributed Water Discharge (m ³ /s)	Cumulative Distributed Water Volume (m ³)
15:40	0	13:50	5.169	0	15:00	0.412	0
15:50	2,815	14:00	5.095	3,079	15:10	0.422	250
16:00	5,645	14:10	5.095	6,136	15:20	0.428	505
16:10	8,410	14:20	5.169	9,215	15:30	0.445	767
16:20	11,136	14:30	5.095	12,294	15:40	0.463	1,040

表 1.13 新トンネル漏水率算定結果

Elapsed Time	$V_{in} = V_{Figeh}$ (m ³)	$V_{out} = V_{Wali} + V_{Al Ayoun}$ (m ³)	$V_{loss} = V_{in} - V_{out}$ (m ³)	Rate of Water Loss = V_{loss} / V_{in}
0:00	-	-	-	-
0:10	3,079	3,065	14	0.4%
0:20	6,136	6,150	-14	-0.2%
0:30	9,215	9,177	38	0.4%
0:40	12,294	12,176	119	1.0%

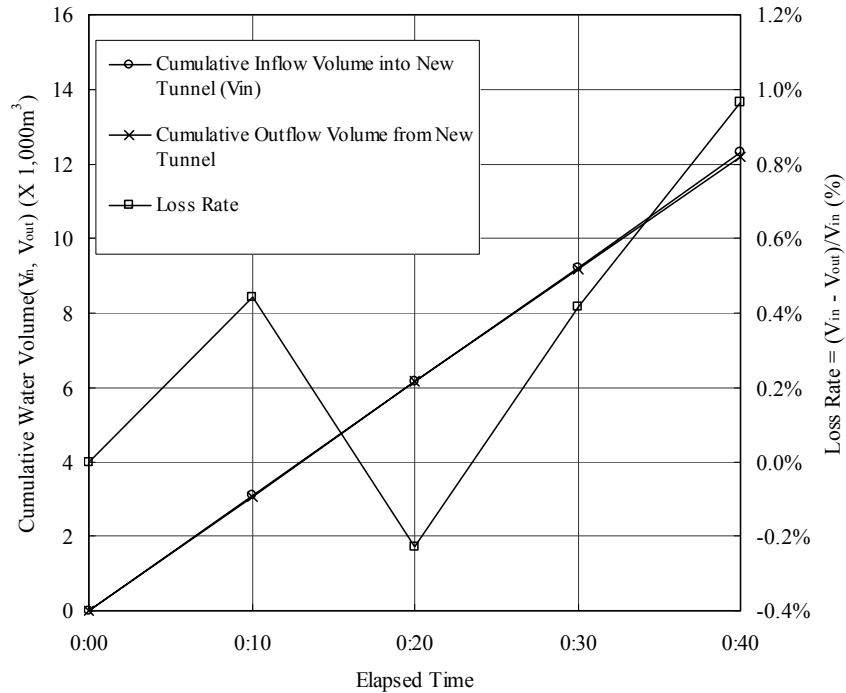


図 1.21 新トンネル漏水率算定結果

以上の観測結果より、新トンネルの漏水率は観測終了時の 1.0%であると評価した。DAWSSA による過去 3 回の漏水量調査結果（表 1.2 参照）と比較して、ほぼ同様の調査結果となった。観測手法の精度限界を考慮すると、新トンネルの漏水は僅少で問題ないものと判断した。

7.1.5 結論

旧トンネルおよび新トンネルの漏水量調査より得られた結論を以下に箇条書きで示す。

旧トンネル漏水量調査

- ・ 旧トンネル全体での漏水量は約 30%にものぼり、修復が必要と判断した。
- ・ 特に、フィジェ湧水池のトンネル入り口から Gate No.5(TD1,655)までの区間における漏水量が多く、次いで Gate No.5 から Gate No.7 までの区間で漏水量が多い。
- ・ サイフォン区間での多量の漏水が事前に予想されていたが、漏水はほとんどなく、管内目視調査からも有害な劣化は認められないため、健全な状態と判断した。
- ・ 今後の維持管理のためには、①水位センサー設置地点(TD223)前後のトンネル敷勾配の確認、②流速計を用いた流量観測によるマンシングの粗度係数の定期照査及びトンネル各区間の漏水量調査（同時流量観測）、③既設の簡易堰（アルミニウム製）を利用した流量観測の可否検討、が必要である。
- ・ また、上記の維持管理を的確に行うためには、トンネル入り口のゲート交換が必要と判断した。

新トンネル漏水量調査

- ・ 新トンネルではほとんど漏水が認められない。

付属資料- 1 DAWSSA による漏水量調査資料

旧トンネル漏水調査資料 1 (2003 年 9 月調査)

Memory

Water losses in the
old tunnel

According to the most recent Leakage measurement
held on the 30/9/2003 DAWSSA team discover
the following result:

Sended quantity $1500 \text{ m}^3/\text{hour}$
 $\approx 36000 \text{ m}^3/\text{day}$
Received quantity (the end of the tunnel)
 $800 \text{ m}^3/\text{hour}$
 $19400 \text{ m}^3/\text{day}$ the lossed water quantity
 $16600 \text{ m}^3/\text{day}$.

the original report is made in arabic
by Directorate of production in DAWSSA.

Wesam

10/10/2003 ISSAADA

Deputy general director

OLD TUNNEL.

Water Leakage Measurement Report.

The Old Tunnel leakage test was conducted on the 24 of October 2004 by following the procedures listed below:

- 1- Keeping the water level stable, in the old small Wali reservoir, in 150 cm. water depth.
- 2- Closing the isolating valves which connect this reservoir with the big one.
- 3- Closing the outlet of the distribution lines Ø1000 - Ø 500.

30 minutes after starting the water depth Measurement, the total measured depth became 250 cm. and when doing the mathematical calculations, the result shows that this is equivalent to a water flow of 750 m³/h.

If we take into consideration the flow sent from FigeH site at the beginning of the old tunnel with 1890 m³/h capacity, we easily found that the water leaks for: $1890 - 750 = 1140 \text{ m}^3/\text{h}$.

Careful check for the whole existing outlet was conducted.

Notice : This test was conducted on the 23rd of October 2004 with flow around 900 m³/h and no water received in Wali reservoir after 4 hours.

Eng. Mounther AMEEN

Eng. Faisal ADWAN

Director of exploitation and maintenance dept.

Eng. Marwan SOUMAN

新トンネル漏水調査資料 1 (2003 年 6 月調査)

SR/4R 002J 5/8

NEW TUNNEL

Date of test	Sended flow m3/sec	Received flow m3/sec	Deference	
			m3/sec	m3/day
25/6/2003	5.324	5.244	0.08	6912
26/6/2003	7.596	7.533	0.063	5443

average quantity of losses
in the new tunnel $\frac{6912 + 5443}{2} =$

6200 m³/day

30/9/2003

Director of Studies and design

新トンネル漏水調査資料 2 (2003 年 6 月調査)

New Tunnel

تجربة تدقيق التصريف في النفق الجديد بالطريقة الحجمية

Date	Point Sensor المستشعر النقطي	التصريف m ³ /s	معايرة الخزان Tank Calibration m ³ /s	Difference الفرق m ³ /s	Daily Discharge اليومي m ³ /يوم	العداد الصوتي Ultrasonic Sensor m ³ /s	ملاحظات Remarks التجربة غير دقيقة
2003/6/22	50.00	2.74	2.58	+ 0.16	13824	3.8	
2003/6/23	67.4	3.894	3.89	+ 0.004	346	4.9	
2003/6/25	87.2	5.324	5.244	+ 0.08	6912	5.7	
2003/6/26	117.7	7.596	7.533	+ 0.063	5443	7.04	

Fish Wall

付属資料-2 新トンネル水位流量曲線式

新トンネル標準断面は、2つの異なる径の円を組み合わせた形状となっており、水深 0.182m までは直径 $R_1 = 2.053\text{m}$ の円、また、水深 0.182m 以上は直径 $R_2 = 1.250\text{m}$ の円となっている。右に新トンネルの標準断面図を示す。

DAWSSA は、TD81 および TD86 地点に水位観測器を設置し、等流を仮定した水位・流量曲線によって観測された水位を流量に変換している。等流計算に関わるパラメータは、流速計を用いた流量観測によってキャリブレーションされており、以下のような値となっている。

- 水路勾配： 0.00127
- マニングの粗度係数： 0.0116 (= 1/86.2)

(i) $0 < h < 0.182\text{m}$ のとき

水深 h に対応する大半径 r_1 の円の中心角 θ_1 :

$$\theta_1 = 2 \cos^{-1} \left(\frac{r_1 - h}{r_1} \right)$$

潤辺 S_1 : $S_1 = r_1 \theta_1$

流積 A_1 : $A_1 = \frac{r_1^2}{2} (\theta_1 - \sin \theta_1)$

したがって、径深 R : $R_1 = \frac{A_1}{S_1} = \frac{r_1}{2\theta_1} (\theta_1 - \sin \theta_1)$

(ii) $h \geq 0.182\text{m}$ のとき

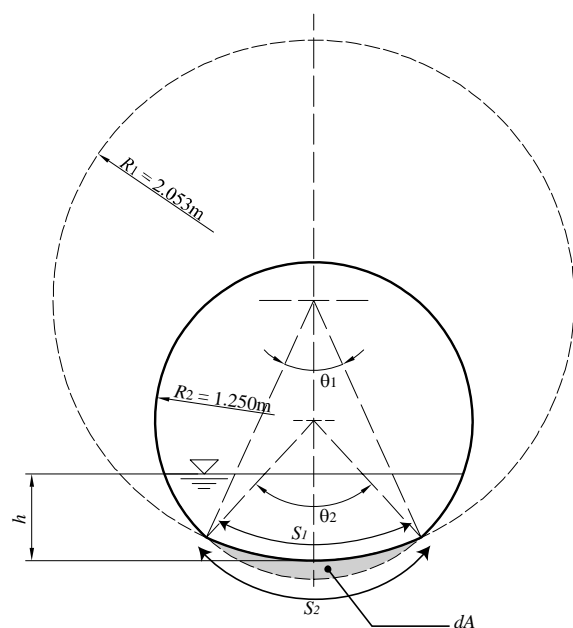
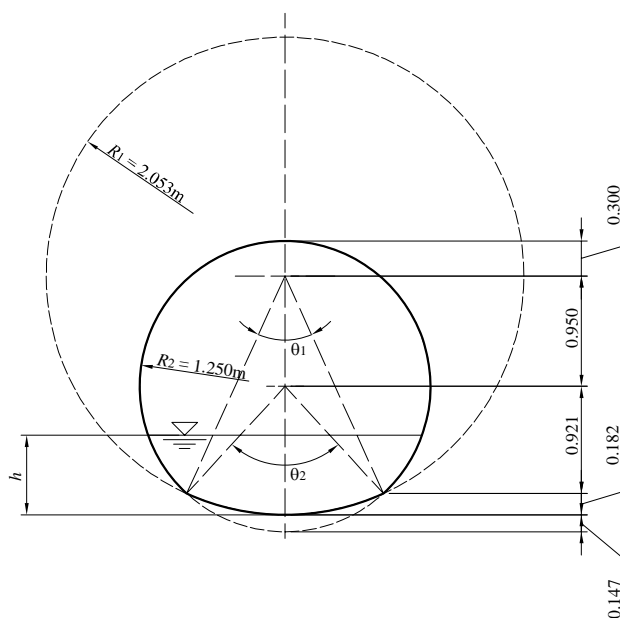
水深 h に対応する小半径 r_2 の円の中心角 θ_2 は、異なる円の底の標高差 0.147 をシフトした $h' = h + 0.147$ を用いれば、以下のようなになる。

$$\theta_2 = 2 \cos^{-1} \left(\frac{r_2 - h'}{r_2} \right)$$

小半径と大半径の円による潤辺の差 $dS = S_2 - S_1$ と流積の差 dA を求めると以下のようなになる (右図参照)。

$$dS = 0.1142\text{m}$$

$$dA = 0.1748\text{m}^2$$



したがって、潤辺 S_2 および流積 A_2 、径深 R_2 は、以下のようになる。

$$S_2 = r_2 \theta_2 + 0.1142$$

$$A_2 = \frac{r_2}{2} (\theta_2 - \sin \theta_2) - 0.1748$$

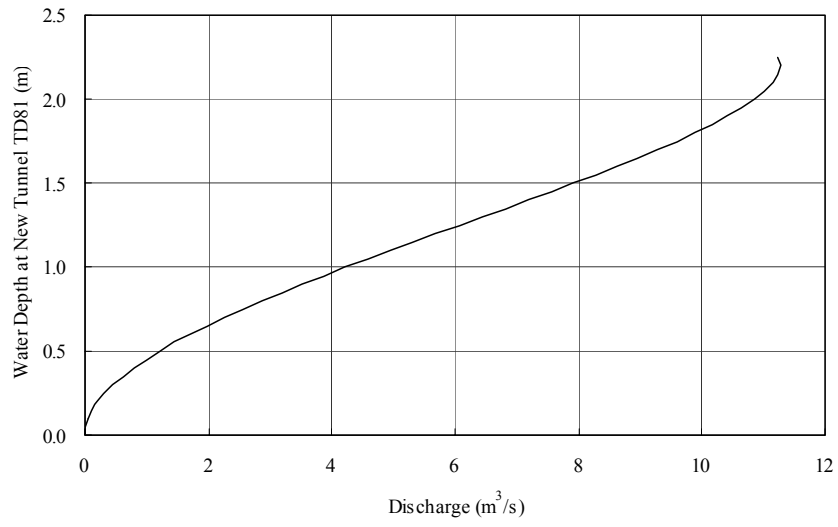
$$R_2 = \frac{A_2}{S_2} = \frac{\frac{r_2}{2} (\theta_2 - \sin \theta_2) - 0.1748}{r_2 \theta_2 + 0.1142}$$

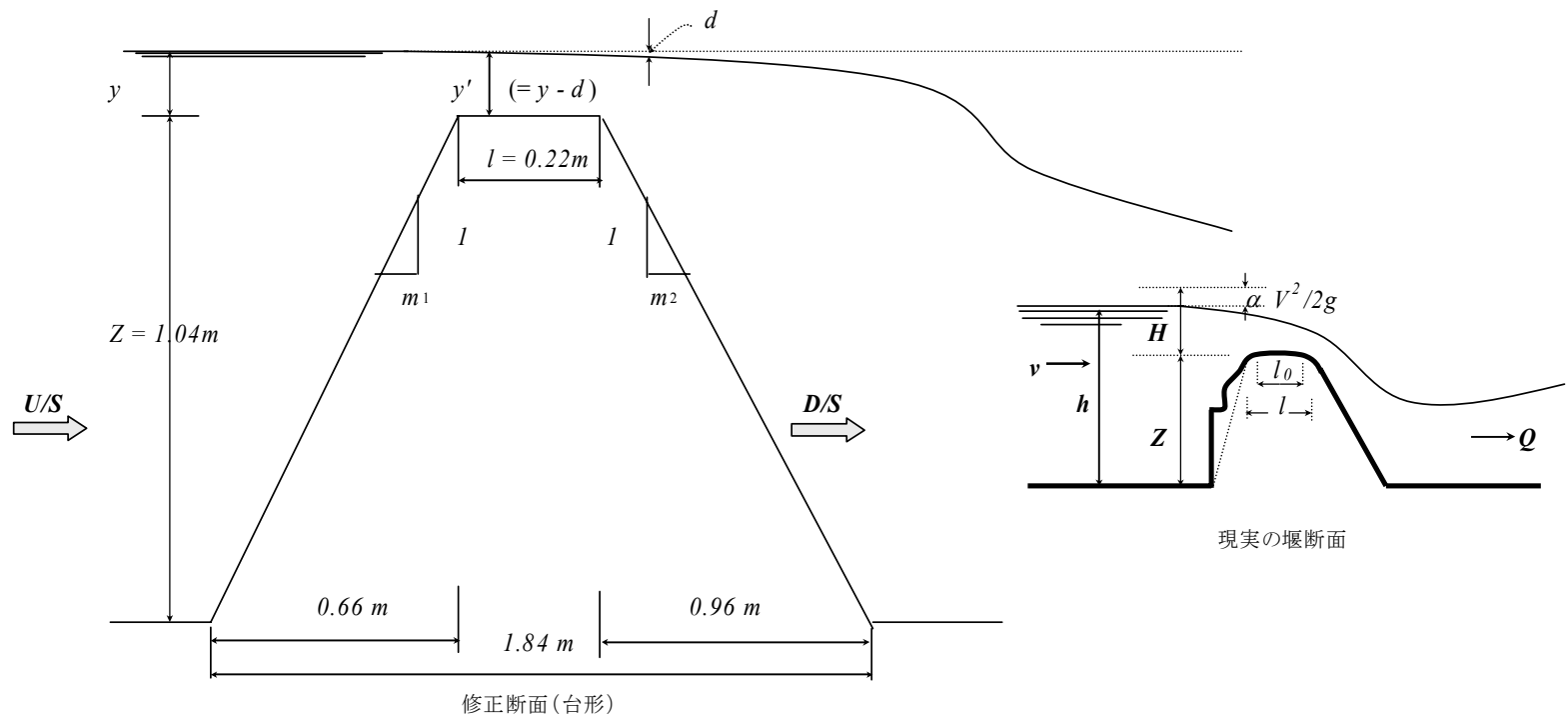
上記のようにして求まる流積 A および径深 R を用いて、等流の式より、流量は以下のようにして求まる。

$$Q = \frac{A}{n} R^{2/3} i^{1/2}$$

新トンネルにおける水位-流量曲線を次頁に示す。

h (m)	θ_1 (rad)	θ_2 (rad)	S_1 (m)	A_1 (m ²)	S_2 (m)	A_2 (m ²)	S (m)	A (m ²)	R (m)	v_{uni} (m/s)	Q_{uni} (m ³ /s)
0.05	0.221	0.569	0.908	0.030	1.423	0.180	0.908	0.030	0.033	0.317	0.010
0.10	0.313	0.639	1.287	0.085	1.599	0.251	1.287	0.085	0.066	0.501	0.043
0.15	0.385	0.704	1.579	0.155	1.759	0.329	1.579	0.155	0.098	0.654	0.102
0.182	0.424	0.742	1.742	0.207	1.856	0.382	1.742	0.207	0.119	0.742	0.154
0.20	0.445	0.764	1.827	0.238	1.909	0.413	1.795	0.238	0.132	0.798	0.190
0.25	0.499	0.820	2.047	0.331	2.049	0.501	1.935	0.327	0.169	0.938	0.307
0.30	0.547	0.873	2.248	0.434	2.183	0.595	2.069	0.420	0.203	1.062	0.446
0.35	0.593	0.924	2.433	0.545	2.311	0.693	2.197	0.518	0.236	1.173	0.608
0.40	0.635	0.974	2.607	0.663	2.434	0.795	2.320	0.620	0.267	1.274	0.790
0.45	0.675	1.021	2.771	0.788	2.553	0.900	2.439	0.725	0.297	1.368	0.991
0.50	0.713	1.067	2.927	0.920	2.669	1.008	2.554	0.833	0.326	1.455	1.212
0.55	0.749	1.113	3.077	1.057	2.781	1.118	2.667	0.944	0.354	1.537	1.450
0.60	0.784	1.157	3.221	1.199	2.892	1.232	2.777	1.057	0.381	1.613	1.705
0.65	0.818	1.200	3.360	1.347	3.000	1.347	2.886	1.172	0.406	1.685	1.976
0.70	0.851	1.243	3.495	1.499	3.106	1.465	2.992	1.290	0.431	1.753	2.261
0.75	0.883	1.285	3.626	1.655	3.211	1.584	3.097	1.409	0.455	1.817	2.560
0.80	0.914	1.326	3.754	1.816	3.315	1.704	3.201	1.530	0.478	1.878	2.872
0.85	0.945	1.367	3.879	1.980	3.417	1.826	3.303	1.651	0.500	1.935	3.196
0.90	0.974	1.408	4.001	2.149	3.519	1.949	3.405	1.774	0.521	1.989	3.530
0.95	1.004	1.448	4.121	2.320	3.620	2.073	3.506	1.898	0.541	2.041	3.873
1.00	1.032	1.488	4.238	2.495	3.721	2.197	3.607	2.022	0.561	2.089	4.225
1.05	1.060	1.528	4.354	2.673	3.821	2.322	3.707	2.147	0.579	2.135	4.583
1.10	1.088	1.568	4.468	2.853	3.921	2.447	3.807	2.272	0.597	2.178	4.948
1.15	1.115	1.608	4.580	3.036	4.021	2.572	3.907	2.397	0.614	2.218	5.317
1.20	1.142	1.648	4.690	3.222	4.121	2.697	4.007	2.522	0.629	2.256	5.689
1.25	1.169	1.689	4.800	3.410	4.222	2.821	4.107	2.646	0.644	2.291	6.064
1.30	1.195	1.729	4.908	3.600	4.323	2.945	4.208	2.770	0.658	2.324	6.439
1.35	1.221	1.770	5.015	3.792	4.424	3.068	4.310	2.893	0.671	2.355	6.813
1.40	1.247	1.811	5.121	3.985	4.527	3.190	4.413	3.015	0.683	2.383	7.185
1.45	1.273	1.852	5.226	4.181	4.630	3.311	4.516	3.136	0.694	2.409	7.554
1.50	1.298	1.894	5.330	4.378	4.735	3.430	4.621	3.255	0.704	2.432	7.917
1.55	1.323	1.936	5.433	4.576	4.841	3.548	4.727	3.373	0.714	2.453	8.273
1.60	1.348	1.980	5.536	4.776	4.949	3.663	4.835	3.489	0.722	2.471	8.621
1.65	1.373	2.024	5.638	4.977	5.059	3.777	4.945	3.602	0.728	2.487	8.958
1.70	1.398	2.069	5.740	5.178	5.172	3.888	5.058	3.713	0.734	2.500	9.283
1.75	1.423	2.115	5.841	5.381	5.287	3.996	5.173	3.822	0.739	2.510	9.594
1.80	1.447	2.162	5.942	5.584	5.406	4.102	5.291	3.927	0.742	2.518	9.889
1.85	1.472	2.211	6.043	5.788	5.528	4.204	5.414	4.029	0.744	2.523	10.164
1.90	1.496	2.262	6.143	5.993	5.655	4.302	5.541	4.127	0.745	2.524	10.418
1.95	1.521	2.315	6.244	6.198	5.788	4.396	5.674	4.222	0.744	2.522	10.648
2.00	1.545	2.371	6.344	6.403	5.928	4.486	5.814	4.311	0.742	2.517	10.850
2.05	1.569	2.430	6.444	6.608	6.076	4.570	5.962	4.395	0.737	2.507	11.019
2.10	1.594	2.494	6.544	6.814	6.235	4.649	6.121	4.474	0.731	2.493	11.152
2.15	1.618	2.564	6.644	7.019	6.409	4.721	6.295	4.546	0.722	2.473	11.240
2.20	1.642	2.642	6.744	7.224	6.604	4.785	6.490	4.610	0.710	2.446	11.275
2.25	1.667	2.733	6.844	7.428	6.832	4.840	6.718	4.665	0.694	2.409	11.238





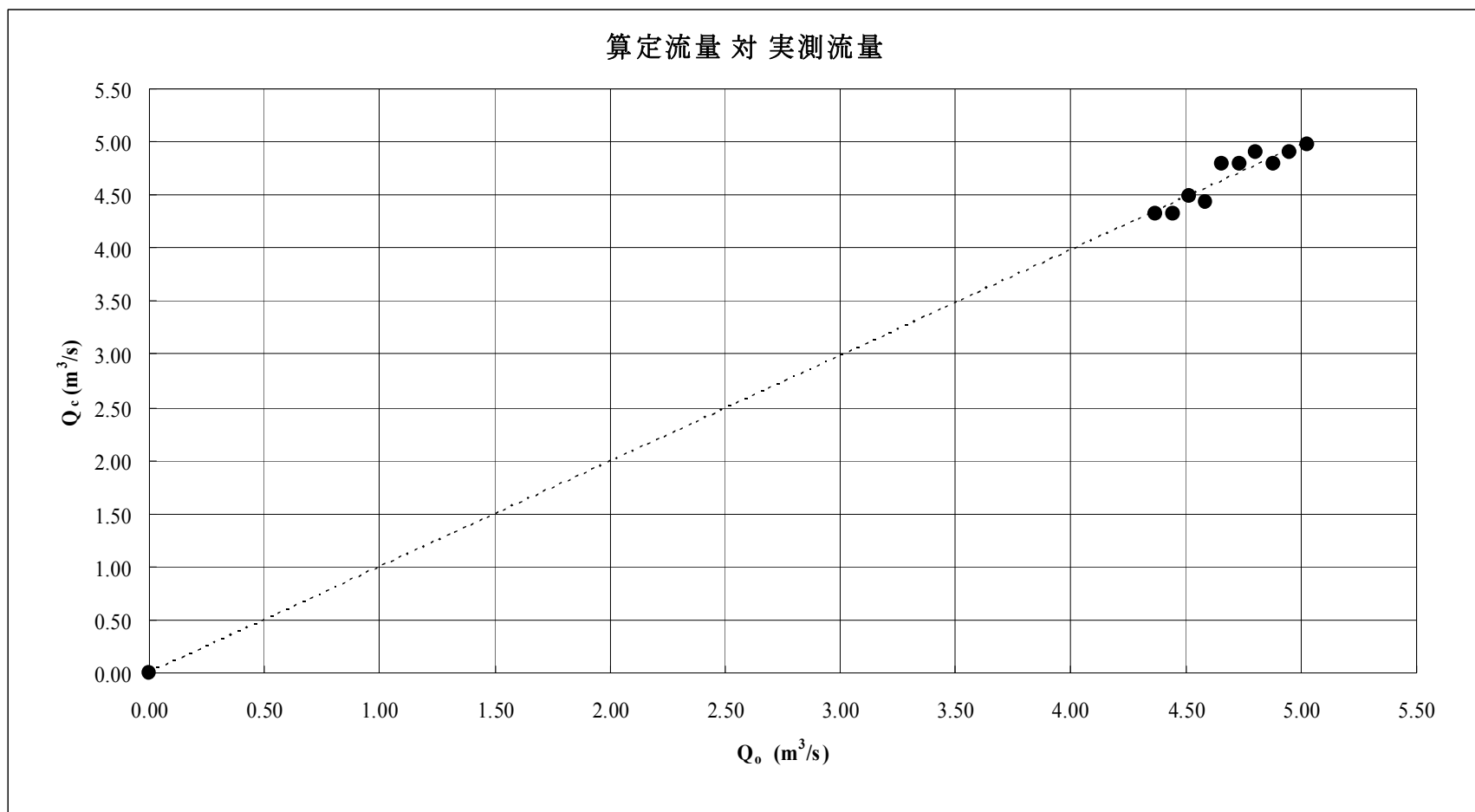
$$Q = C * B * y^{3/2} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

$$m_1 = 0 \sim 2/3, m_2 = 1/1 \text{ の場合 } C = 1.28 + 1.42 (y/Z)$$

ここに、 Q : 越流量 (m^3/s), B : 堰の幅 (m), y : 越流水深 (m), Z : 堰高 (m), h : 上流水深 (m), C : 流量係数 ($\text{m}^{1/2}/\text{s}$), m_1 : 上流面勾配, m_2 : 下流面勾配.

Source: 水理公式集(第1章 堰と越流頂 台形堰の越流量ページ245)

堰高 "Z" (m)	TD100の センサー 記録	TD100 での水深 (m)	実測流量 "Qo" (m^3/s)	上流水深 "h" (m)	堰の幅 "B" (m)	越流水深 $y = (h - Z)$ (m)	y/Z	下流面 勾配 m_2	上流面 勾配 m_1	流量係数 "C" ($\text{m}^{1/2}/\text{s}$)	算定流量 "Qc" (m^3/s)	Q_o / Q_c
1.04	0.7409	1.02	4.370	1.780	2.965	0.740	0.712	0.923	0.635	2.290	4.323	1.011
1.04	0.7509	1.03	4.442	1.780	2.965	0.740	0.712	0.923	0.635	2.290	4.323	1.028
1.04	0.7609	1.04	4.514	1.795	2.965	0.755	0.726	0.923	0.635	2.311	4.495	1.004
1.04	0.7709	1.05	4.586	1.790	2.965	0.750	0.721	0.923	0.635	2.304	4.437	1.034
1.04	0.7809	1.06	4.659	1.820	2.965	0.780	0.750	0.923	0.635	2.345	4.790	0.973
1.04	0.7909	1.07	4.732	1.820	2.965	0.780	0.750	0.923	0.635	2.345	4.790	0.988
1.04	0.8009	1.08	4.805	1.830	2.965	0.790	0.760	0.923	0.635	2.359	4.911	0.979
1.04	0.8109	1.09	4.878	1.820	2.965	0.780	0.750	0.923	0.635	2.345	4.790	1.018
1.04	0.8209	1.10	4.952	1.830	2.965	0.790	0.760	0.923	0.635	2.359	4.911	1.008
1.04	0.8309	1.11	5.025	1.835	2.965	0.795	0.764	0.923	0.635	2.365	4.972	1.011



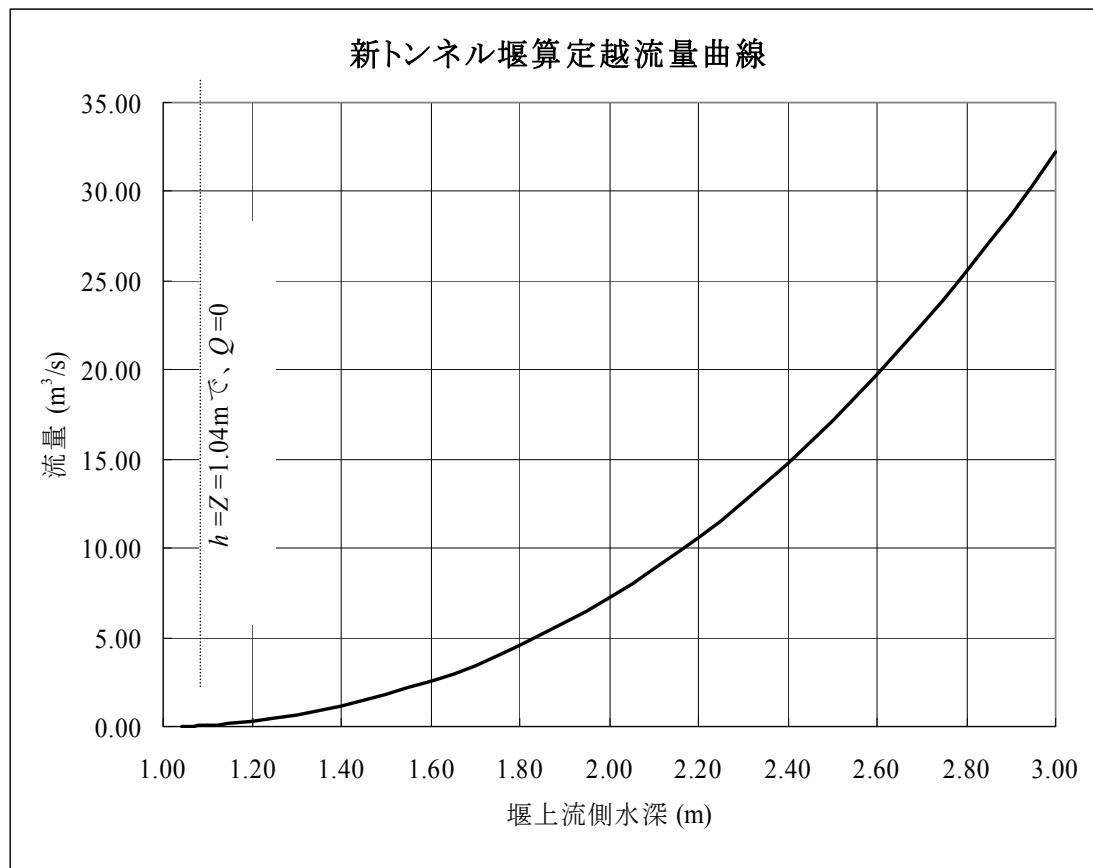
付属資料-3 新トンネル堰水理設計 (台形堰の越流量公式適用)

条件及び勧告:

(*) 水面収縮"d"を避けるため、越流水深 "y" を堰上流面から十分な距離を保て静水面のところで測定する。各流量で現実標準越流頂の水面形を作成し、水深測定適用点を決定する。水面形で決定された水深測定適用点の位置で水位測定器(センサー)を設定し、越流水深 "y" を算定すると勧告する。

新トンネル堰算定越流量

堰の幅 "B" (m)	堰高 "Z" (m)	上流水深 "h" (m)	越流水深 $y = (h - Z)$ (m)	y/Z	下流面 勾配 m_2	上流面 勾配 m_1	流量係数 "C" ($m^{1/2}/s$)	算定流量 "Q _c " (m^3/s)
2.965	1.04	1.04	0.00	0.000	0.923	0.635	1.280	0.000
2.965	1.04	1.10	0.06	0.058	0.923	0.635	1.362	0.059
2.965	1.04	1.20	0.16	0.154	0.923	0.635	1.498	0.284
2.965	1.04	1.30	0.26	0.250	0.923	0.635	1.635	0.643
2.965	1.04	1.40	0.36	0.346	0.923	0.635	1.772	1.135
2.965	1.04	1.50	0.46	0.442	0.923	0.635	1.908	1.765
2.965	1.04	1.60	0.56	0.538	0.923	0.635	2.045	2.540
2.965	1.04	1.70	0.66	0.635	0.923	0.635	2.181	3.468
2.965	1.04	1.80	0.76	0.731	0.923	0.635	2.318	4.553
2.965	1.04	1.90	0.86	0.827	0.923	0.635	2.454	5.803
2.965	1.04	2.00	0.96	0.923	0.923	0.635	2.591	7.225
2.965	1.04	2.10	1.06	1.019	0.923	0.635	2.727	8.825
2.965	1.04	2.20	1.16	1.115	0.923	0.635	2.864	10.609
2.965	1.04	2.30	1.26	1.212	0.923	0.635	3.000	12.582
2.965	1.04	2.40	1.36	1.308	0.923	0.635	3.137	14.752
2.965	1.04	2.50	1.46	1.404	0.923	0.635	3.273	17.122
2.965	1.04	2.60	1.56	1.500	0.923	0.635	3.410	19.700
2.965	1.04	2.70	1.66	1.596	0.923	0.635	3.547	22.490
2.965	1.04	2.80	1.76	1.692	0.923	0.635	3.683	25.498
2.965	1.04	2.90	1.86	1.788	0.923	0.635	3.820	28.729
2.965	1.04	3.00	1.96	1.885	0.923	0.635	3.956	32.187



付属資料- 4 旧トンネル縦断流量観測(2004/12/13 実施)

2004/12/13 Discharge Measurement (Old Tunnel)

Measurement Location: 20m downstream section of DAWSSA water depth sensor at Figh (TD260)

Channel Width: 135 cm

Dimension of bottom corner triangle: a = 0 cm
b = 0 cm

Remarks:

Observed Record

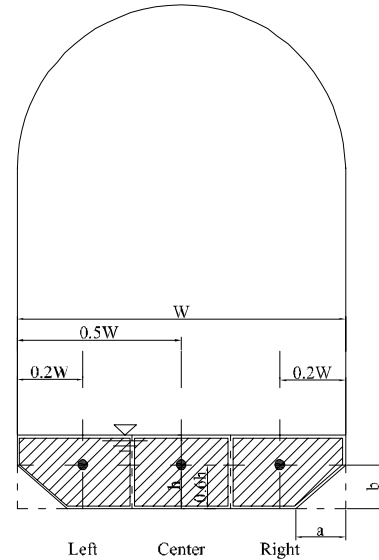
Time	h (m)	Flow Velocity (m/s)		
		Left	Center	Right
17:00	0.286	0.855	0.923	0.882
17:05	0.291	0.876	0.889	0.926
17:10	0.290	0.833	0.890	0.885
17:15	0.288	0.869	0.887	0.921
17:20	0.285	0.879	0.879	0.867

Partial area of each measured point (m²)

Time	a _{left}	a _{center}	a _{right}	A _{total}
17:00	0.135	0.116	0.135	0.386
17:05	0.137	0.118	0.137	0.393
17:10	0.137	0.117	0.137	0.392
17:15	0.136	0.117	0.136	0.389
17:20	0.135	0.115	0.135	0.385

Partial discharge of each measurement point and calculated discharge (m³/s)

Time	q _{left}	q _{center}	q _{right}	Q _{total}
17:00	0.116	0.107	0.119	0.342
17:05	0.120	0.105	0.127	0.353
17:10	0.114	0.105	0.121	0.340
17:15	0.118	0.103	0.125	0.347
17:20	0.118	0.101	0.117	0.337



● Measured point of flow velocity
 ▨ Partial area for each measured velocity

Average of Q_{total}: **0.344 m³/s**
 = **343.55 l/s**

2004/12/13 Discharge Measurement (Old Tunnel) - Gate 5

Measurement Location: Upstream section of Gate No. 5 (TD1655)

Channel Width: 134 cm

Dimension of bottom corner triangle: a = 0 cm
b = 0 cm

Remarks: Observed flow velocity of the left side is faster than that of the right side, and it is conceivable affection of curved allignment of the upstream reach of the measurement site.

Observed Record

Time	h (m)	Flow Velocity (m/s)		
		Left	Center	Right
11:45	0.265	0.891	0.787	0.761
11:55	0.260	0.905	0.829	0.811
12:00	0.260	0.898	0.840	0.782
12:05	0.260	0.891	0.812	0.776
12:10	0.265	0.847	0.805	0.793

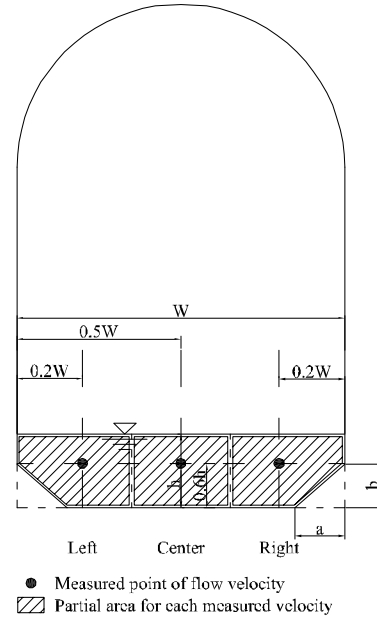
Partial area of each measured point (m²)

Time	a _{left}	a _{center}	a _{right}	A _{total}
11:45	0.124	0.107	0.124	0.355
11:55	0.122	0.105	0.122	0.348
12:00	0.122	0.105	0.122	0.348
12:05	0.122	0.105	0.122	0.348
12:10	0.124	0.107	0.124	0.355

Partial discharge of each measurement point and calculated discharge (m³/s)

Time	q _{left}	q _{center}	q _{right}	Q _{total}
11:45	0.111	0.084	0.095	0.289
11:55	0.110	0.087	0.099	0.296
12:00	0.110	0.088	0.095	0.293
12:05	0.109	0.085	0.095	0.288
12:10	0.105	0.086	0.099	0.290

Average of Q_{total}: **0.291 m³/s**
= **291.09 l/s**



2004/12/13 Discharge Measurement (Old Tunnel) - Gate 7

Measurement Location: Upstream section of Gate No. 7 (TD3090)

Channel Width: 131 cm

Dimension of bottom corner triangle: a = 0 cm
b = 0 cm

Remarks: Observed flow velocity of the right side is fastest among the other measured points, and it is conceivable affection of curved allingment of the upstream reach of the measurement site.

Observed Record

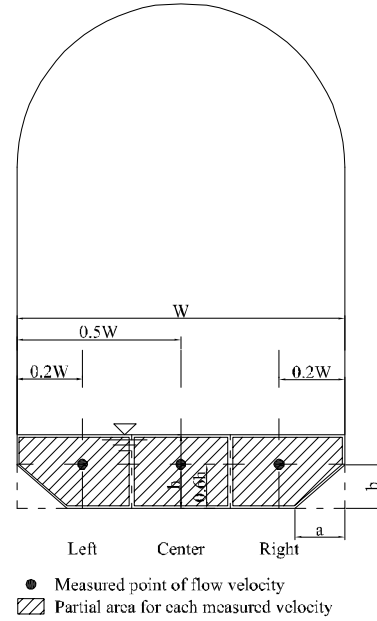
Time	h (m)	Flow Velocity (m/s)		
		Left	Center	Right
12:45	0.265	0.726	0.754	0.773
12:50	0.270	0.751	0.758	0.783
12:55	0.265	0.758	0.772	0.793
13:00	0.265	0.759	0.777	0.791
13:05	0.265	0.747	0.764	0.784

Partial area of each measured point (m²)

Time	a _{left}	a _{center}	a _{right}	A _{total}
12:45	0.122	0.104	0.122	0.347
12:50	0.124	0.106	0.124	0.354
12:55	0.122	0.104	0.122	0.347
13:00	0.122	0.104	0.122	0.347
13:05	0.122	0.104	0.122	0.347

Partial discharge of each measurement point and calculated discharge (m³/s)

Time	q _{left}	q _{center}	q _{right}	Q _{total}
12:45	0.088	0.079	0.094	0.261
12:50	0.093	0.080	0.097	0.270
12:55	0.092	0.080	0.096	0.269
13:00	0.092	0.081	0.096	0.269
13:05	0.091	0.080	0.095	0.266



Average of Q_{total}: **0.267 m³/s**
 = **266.94 l/s**

2004/12/13 Discharge Measurement (Old Tunnel) - Gate 20

Measurement Location: Upstream section of Gate 20 (TD8379)

Channel Width (W): 135 cm

Dimension of bottom corner triangle: a = 12 cm
b = 10 cm

Remarks:

Observed Record

Time	h (m)	Flow Velocity (m/s)		
		Left	Center	Right
13:35	0.264	0.783	0.753	0.738
13:40	0.254	0.789	0.728	0.705
13:45	0.255	0.777	0.766	0.736
13:50	0.261	0.816	0.766	0.733
13:55	0.266	0.789	0.770	0.729

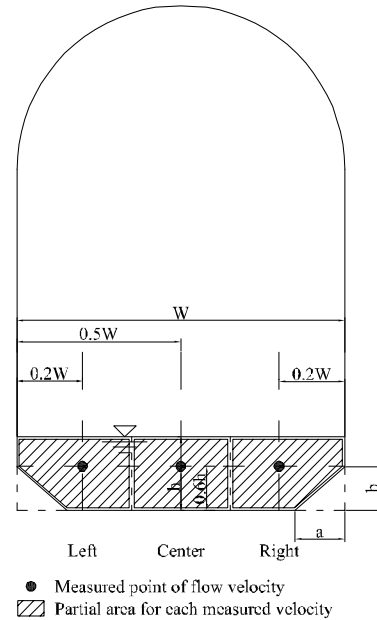
Partial area of each measured point (m²)

Time	a _{left}	a _{center}	a _{right}	A _{total}
13:35	0.119	0.107	0.119	0.344
13:40	0.114	0.103	0.114	0.343
13:45	0.114	0.103	0.114	0.344
13:50	0.117	0.106	0.117	0.352
13:55	0.120	0.108	0.120	0.359

Partial discharge of each measurement point and calculated discharge (m³/s)

Time	q _{left}	q _{center}	q _{right}	Q _{total}
13:35	0.093	0.081	0.088	0.261
13:40	0.090	0.075	0.080	0.245
13:45	0.089	0.079	0.084	0.252
13:50	0.096	0.081	0.086	0.263
13:55	0.094	0.083	0.087	0.265

Average of Q_{total}: **0.257 m³/s**
= **257.20 l/s**



2004/12/13 Discharge Measurement (Old Tunnel) Upstream of Siphon

Measurement Location: Upstream section of Siphon (TD12300)
 Channel Width (W): 137 cm
 Dimension of bottom corner triangle: a = 12 cm
 b = 10 cm

Remarks:

Observed Record

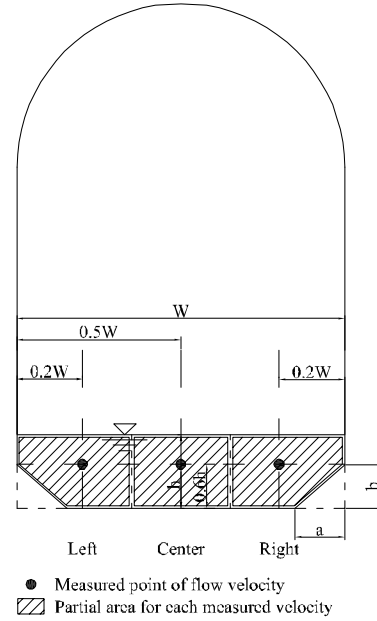
Time	h (m)	Flow Velocity (m/s)		
		Left	Center	Right
15:05	0.242	0.771	0.758	0.762
15:10	0.244	0.768	0.765	0.769
15:15	0.252	0.790	0.789	0.775
15:20	0.247	0.777	0.777	0.729
15:25	0.255	0.750	0.757	0.748

Partial area of each measured point (m²)

Time	a _{left}	a _{center}	a _{right}	A _{total}
15:05	0.110	0.099	0.110	0.320
15:10	0.111	0.100	0.111	0.334
15:15	0.115	0.104	0.115	0.345
15:20	0.112	0.102	0.112	0.338
15:25	0.116	0.105	0.116	0.349

Partial discharge of each measurement point and calculated discharge (m³/s)

Time	q _{left}	q _{center}	q _{right}	Q _{total}
15:05	0.085	0.075	0.084	0.244
15:10	0.085	0.077	0.085	0.247
15:15	0.091	0.082	0.089	0.261
15:20	0.087	0.079	0.082	0.248
15:25	0.087	0.079	0.087	0.254



Average of Q_{total}: **0.251 m³/s**
 = **250.91 l/s**

2004/12/13 Discharge Measurement (Old Tunnel) Downstream of Siphon

Measurement Location: Downstream section of Siphon (TD12620)

Channel Width: 128 cm

Dimension of bottom corner triangle: a = 12 cm
b = 10 cm

Remarks:

Observed Record

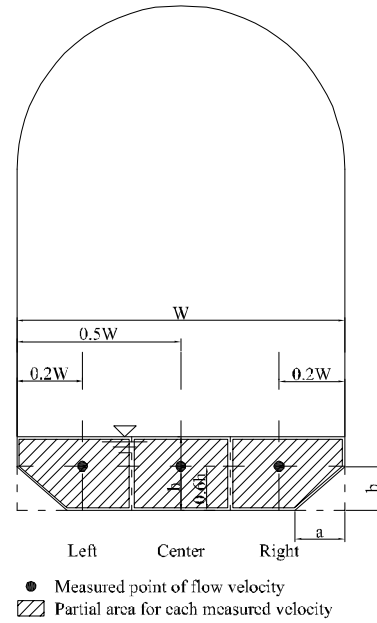
Time	h (m)	Flow Velocity (m/s)		
		Left	Center	Right
15:50	0.267	0.770	0.773	0.746
15:55	0.260	0.777	0.758	0.744
16:00	0.270	0.776	0.773	0.773
16:05	0.265	0.770	0.750	0.758
16:10	0.270	0.762	0.747	0.752

Partial area of each measured point (m²)

Time	a _{left}	a _{center}	a _{right}	A _{total}
15:50	0.114	0.103	0.114	0.330
15:55	0.110	0.100	0.110	0.333
16:00	0.115	0.104	0.115	0.346
16:05	0.113	0.102	0.113	0.339
16:10	0.115	0.104	0.115	0.346

Partial discharge of each measurement point and calculated discharge (m³/s)

Time	q _{left}	q _{center}	q _{right}	Q _{total}
15:50	0.087	0.079	0.085	0.251
15:55	0.086	0.076	0.082	0.244
16:00	0.089	0.080	0.089	0.258
16:05	0.087	0.076	0.085	0.249
16:10	0.088	0.077	0.086	0.251



Average of Q_{total}: **0.251 m³/s**
 = **250.70 l/s**

2004/12/13 Discharge Measurement (Old Tunnel) Gate 38 (Wali)

Measurement Location: Wali, Upstream section of Gate No. 38 (TD16254)

Channel Width: 128 cm

Dimension of bottom corner triangle: a = 22.5 cm
b = 17 cm

Remarks: Measured section is just upstream of constrained section of Gate No.38. Critical flow is observed on the constrained section of Gate No.38.

Observed Record

Time	h (m)	Flow Velocity (m/s)		
		Left	Center	Right
18:20	0.298	0.700	0.723	0.712
18:25	0.307	0.723	0.723	0.732
18:30	0.299	0.708	0.701	0.725
18:35	0.300	0.703	0.721	0.740
18:40	0.304	0.707	0.693	0.736

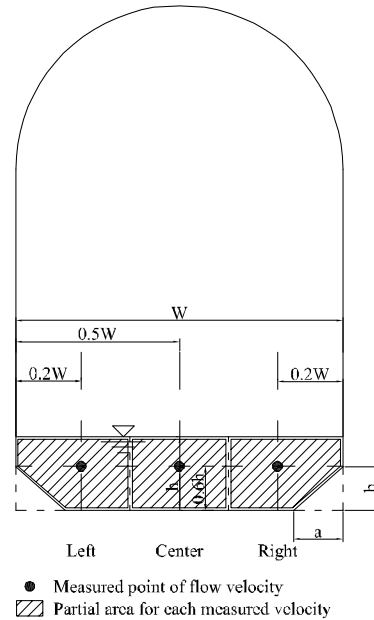
Partial area of each measured point (m²)

Time	a _{left}	a _{center}	a _{right}	A _{total}
18:20	0.114	0.114	0.114	0.343
18:25	0.118	0.118	0.118	0.393
18:30	0.115	0.115	0.115	0.383
18:35	0.115	0.115	0.115	0.384
18:40	0.117	0.117	0.117	0.389

Partial discharge of each measurement point and calculated discharge (m³/s)

Time	q _{left}	q _{center}	q _{right}	Q _{total}
18:20	0.080	0.083	0.081	0.244
18:25	0.086	0.085	0.087	0.258
18:30	0.081	0.080	0.083	0.245
18:35	0.081	0.083	0.085	0.249
18:40	0.083	0.081	0.086	0.250

Average of Q_{total}: **0.249 m³/s**
= **249.20 l/s**



付属資料- 5 ファイジエおよび Gate 5 同時流量観測結果(2004/12/15 実施)

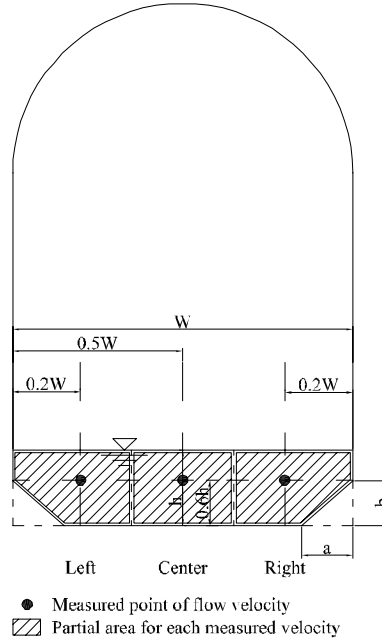
2004/12/15 Discharge Measurement (Old Tunnel)

Measurement Location 20m downstream section of DAWSSA water depth sensor at Figh (TD260)

Channel Width: 135 cm
 Dimension of bottom corner a = 0 cm
 triangle: b = 0 cm
 Remarks:

Observed Record

Time	h (m)	Flow Velocity (m/s)		
		v _{left}	v _{center}	v _{right}
11:20	0.320	0.746	0.735	0.720
11:30	0.328	0.741	0.761	0.721
11:40	0.325	0.731	0.757	0.724
11:50	0.322	0.713	0.745	0.761
12:00	0.325	0.729	0.777	0.724
12:10	0.320	0.773	0.720	0.739
12:20	0.330	0.741	0.784	0.713
12:30	0.320	0.773	0.740	0.708
12:40	0.330	0.756	0.729	0.686
12:50	0.325	0.712	0.717	0.692
13:00	0.325	0.737	0.718	0.684
13:10	0.315	0.734	0.733	0.704
13:20	0.322	0.738	0.785	0.702
13:30	0.320	0.687	0.724	0.709
13:40	0.325	0.713	0.677	0.696
13:50	0.325	0.729	0.718	0.676
14:00	0.320	0.727	0.731	0.690
14:10	0.322	0.710	0.691	0.700
14:20	0.320	0.712	0.670	0.699



Partial area of each measured point (m²)

Time	a _{left}	a _{center}	a _{right}	A _{total}
11:20	0.151	0.130	0.151	0.432
11:30	0.155	0.133	0.155	0.443
11:40	0.154	0.132	0.154	0.439
11:50	0.152	0.130	0.152	0.435
12:00	0.154	0.132	0.154	0.439
12:10	0.151	0.130	0.151	0.432
12:20	0.156	0.134	0.156	0.446
12:30	0.151	0.130	0.151	0.432
12:40	0.156	0.134	0.156	0.446
12:50	0.154	0.132	0.154	0.439
13:00	0.154	0.132	0.154	0.439
13:10	0.149	0.128	0.149	0.425
13:20	0.152	0.130	0.152	0.435
13:30	0.151	0.130	0.151	0.432
13:40	0.154	0.132	0.154	0.439
13:50	0.154	0.132	0.154	0.439
14:00	0.151	0.130	0.151	0.432
14:10	0.152	0.130	0.152	0.435
14:20	0.151	0.130	0.151	0.432

Partial discharge of each measurement point and calculated discharge (m³/s)

Time	q _{left}	q _{center}	q _{right}	Q _{total}
11:20	0.113	0.095	0.109	0.317
11:30	0.115	0.101	0.112	0.328
11:40	0.112	0.100	0.111	0.323
11:50	0.109	0.097	0.116	0.322
12:00	0.112	0.102	0.111	0.325
12:10	0.117	0.093	0.112	0.322
12:20	0.116	0.105	0.111	0.331
12:30	0.117	0.096	0.107	0.320
12:40	0.118	0.097	0.107	0.322
12:50	0.109	0.094	0.106	0.310
13:00	0.113	0.095	0.105	0.313
13:10	0.109	0.094	0.105	0.308
13:20	0.112	0.102	0.107	0.321
13:30	0.104	0.094	0.107	0.305
13:40	0.110	0.089	0.107	0.305
13:50	0.112	0.095	0.104	0.310
14:00	0.110	0.095	0.104	0.309
14:10	0.108	0.090	0.106	0.305
14:20	0.108	0.087	0.106	0.300

Average of Q_{total}: **0.316 m³/s**
 = **315.58 l/s**

2004/12/15 Discharge Measurement (Old Tunnel)

Measurement Location Upstream section of Gate No. 5 (TD1655)

Channel Width: 134 cm

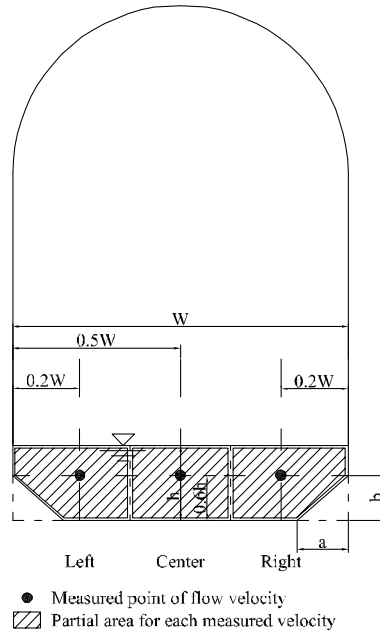
Dimension of bottom corner a = 0 cm

triangle: b = 0 cm

Remarks:

Observed Record

Time	h (m)	Flow Velocity (m/s)		
		Left	Center	Right
11:40	0.260	0.727	0.763	0.789
11:50	0.270	0.749	0.731	0.840
12:00	0.270	0.719	0.777	0.797
12:10	0.260	0.732	0.763	0.822
12:20	0.260	0.737	0.745	0.805
12:30	0.260	0.736	0.746	0.843
12:40	0.260	0.757	0.763	0.833
12:50	0.270	0.752	0.772	0.811
13:00	0.260	0.741	0.736	0.796
13:10	0.260	0.764	0.773	0.804
13:20	0.260	0.749	0.760	0.838
13:30	0.260	0.778	0.731	0.813
13:40	0.260	0.720	0.766	0.823
13:50	0.260	0.733	0.754	0.798
14:00	0.250	0.751	0.741	0.837



Partial area of each measured point (m²)

Time	a _{left}	a _{center}	a _{right}	A _{total}
11:40	0.122	0.105	0.122	0.348
11:50	0.127	0.109	0.127	0.362
12:00	0.127	0.109	0.127	0.362
12:10	0.122	0.105	0.122	0.348
12:20	0.122	0.105	0.122	0.348
12:30	0.122	0.105	0.122	0.348
12:40	0.122	0.105	0.122	0.348
12:50	0.127	0.109	0.127	0.362
13:00	0.122	0.105	0.122	0.348
13:10	0.122	0.105	0.122	0.348
13:20	0.122	0.105	0.122	0.348
13:30	0.122	0.105	0.122	0.348
13:40	0.122	0.105	0.122	0.348
13:50	0.122	0.105	0.122	0.348
14:00	0.117	0.101	0.117	0.335

Partial discharge of each measurement point and calculated discharge (m³/s)

Time	q _{left}	q _{center}	q _{right}	Q _{total}
11:40	0.089	0.080	0.096	0.265
11:50	0.095	0.079	0.106	0.281
12:00	0.091	0.084	0.101	0.276
12:10	0.089	0.080	0.100	0.269
12:20	0.090	0.078	0.098	0.266
12:30	0.090	0.078	0.103	0.271
12:40	0.092	0.080	0.102	0.274
12:50	0.095	0.084	0.103	0.282
13:00	0.090	0.077	0.097	0.264
13:10	0.093	0.081	0.098	0.272
13:20	0.091	0.079	0.102	0.273
13:30	0.095	0.076	0.099	0.271
13:40	0.088	0.080	0.100	0.268
13:50	0.089	0.079	0.097	0.266
14:00	0.088	0.074	0.098	0.261

Average of Q_{total}: **0.270 m³/s**
 = **270.42 l/s**