
サンダカン水道施設拡張工事

Sandakan Water Supply Extension Scheme

鹿毛 征二(Seiji Kage) 辻村 修(Osamu Tsujimura) 志村 吉明(Yoshiaki Shimura)
四宮 秀夫(Hideo Shinomiya) 一瀬 康彦(Yasuhiko Ichise) 尾関 史洋(Fumihiko Ozeki)

要旨：

1日最大給水量 62000m³ (2) の能力を持つ水道施設を、マレーシア・サバ州・サンダカン市で施工した。施工範囲は取水施設の土木工事から機械・電気施設の試運転と多岐におよび、建設現場も市内の配水施設現場から遠隔地の取水施設現場まで、90 kmにわたり点在した。河岸での取水施設における鋼管矢板と総重量 50 t の取水管用鋼製架台の現場製作・施工、および深さ 20mの導水ポンプ井の掘削が、本プロジェクトの技術的特徴である。ネットワークによる工程管理、機械・電気機材の調達管理、遠隔地における建設工事管理に関して、プロジェクト・マネジメントの観点から特に留意した。

Synopsis：

Waterworks facilities having a maximum supply capacity of 62 million l/d were constructed in Sandakan, Saban, Malaysia by Kawasaki Steel Corporation. The scope of the work ranged from civil works for intake facilities to commissioning of mechanical and electrical facilities. Furthermore, project sites were located at places ranging from the distribution facility site in the center of the city to the intake facility site which was 90km away in a remote place. Major technical features of this project were the field fabrication and construction of the steel pipe pile retaining-wall, steel-made 50-t intake pipe support structure and the 20-m-deep excavation for conveyance pump well at a river bank. In view of project management, special considerations were given to planning and control for the schedule by CPM, local procurement of mechanical and electrical equipment and construction in the remote place.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

本文は次のページから閲覧できます。

Sandakan Water Supply Extension Scheme



鹿毛 征二
Seiji Kage

エンジニアリング事業
部 地域開発部 主査
(部長補)



辻村 修
Osamu Tsujimura

エンジニアリング事業
部 パイプライン技術
部 主査(課長)



志村 吉明
Yoshiaki Shimura

エンジニアリング事業
部 パイプライン技術
部 主査(課長補)



四宮 秀夫
Hideo Shinomiya
土建技術部 千葉土建
技術室 主査(樹長)



一瀬 康彦
Yasuhiko Ichise
エンジニアリング事業
部 土木技術部土木技
術室



尾関 史洋
Fumihiko Ozeki
川鉄工事(株) 技術本
部設計室

1 まえがき

マレーシア・サバ州・サンダカン市は人口10万人のサバ州第二の都市 (Fig. 1) であるが、長年水源を地下水に依存しており、深刻な水不足が続いていた。サバ州公共事業省 (Public Works Department, Government of Sabah) は、この水不足を解消するために、(1) 導水管・送水管 (口径 900 mm, 総延長 81 km) の製作、(2) 導水管・送水管の敷設、および (3) 取水・浄水・配水施設の建設の三つのスコープからなるサンダカン水道施設拡張第一期工事 (Sandakan Water Supply Extension Scheme, Stage 1) を実施した。当社は1987年1月に、上記スコープの (3) を受注し、1989年11月に竣工した。

当社の施工範囲は、(1) 市内から 90 km 離れたブキット・ガラム村の取水施設、(2) 市内から 80 km 離れたコタ・キナバタン町の浄水施設、(3) サンダカン市内の 8 箇所に点在する配水タンク、配水管、管理棟・保安倉庫、および (4) 取水から配水まで

要旨

1 日最大給水量 62 000 m³ の能力を持つ水道施設を、マレーシア・サバ州・サンダカン市で施工した。施工範囲は取水施設の土木工事から機械・電気施設の試運転と多岐におよび、建設現場も市内の配水施設現場から遠隔地の取水施設現場まで、90 km にわたり点在した。

河岸での取水施設における鋼管矢板と総重量 50 t の取水管用鋼製架台の現場製作・施工、および深さ 20 m の導水ポンプ井の掘削が、本プロジェクトの技術的特徴である。

ネットワークによる工程管理、機械・電気機材の調達管理、遠隔地における建設工事管理に関して、プロジェクト・マネジメントの観点から特に留意した。

Synopsis:

Waterworks facilities having a maximum supply capacity of 62 million l/d were constructed in Sandakan, Sabah, Malaysia by Kawasaki Steel Corporation. The scope of the work ranged from civil works for intake facilities to commissioning of mechanical and electrical facilities. Furthermore, project sites were located at places ranging from the distribution facility site in the center of the city to the intake facility site which was 90 km away in a remote place.

Major technical features of this project were the field fabrication and construction of the steel pipe pile retaining-wall, steel-made 50-t intake pipe support structure and the 20-m-deep excavation for conveyance pump well at a river bank. In view of project management, special considerations were given to planning and control for the schedule by CPM, local procurement of mechanical and electrical equipment and construction in the remote place.



Fig. 1 Project site

の機械・電気施設と工種が多岐におよび、建設現場も 90 km にわたり面的に分散していた。本報文は、今回の工事の技術的特徴である河岸における取水施設の土木工事と、工種の多様性、建設現場の面的分散、遠隔地での工事運営について報告するものである。

* 平成3年3月25日原稿受付

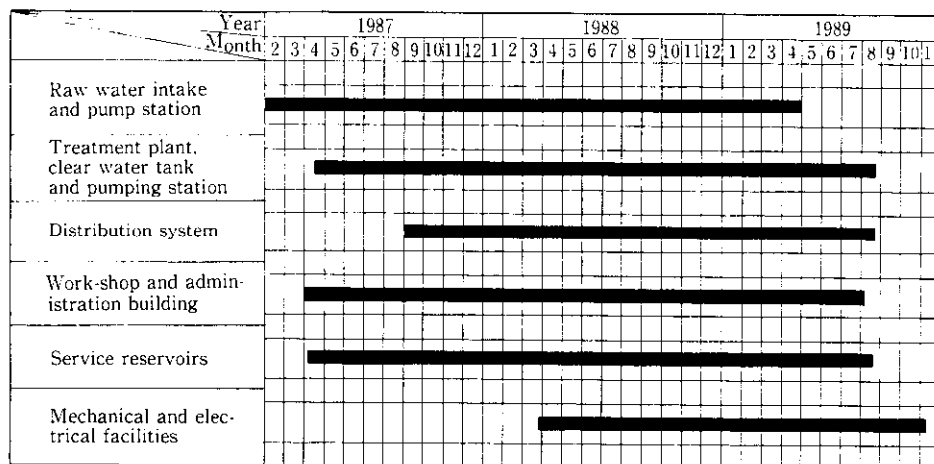


Fig. 3 Actual execution of construction

2 プロジェクト概要

サンダカン水道施設拡張工事は、第1期分と第2期分とに分かれている。第1期分で取水施設から浄水施設までは日量 65 000 m³、送水施設以降は日量 62 000 m³ の施設能力を有し、第2期分が加わると施設能力は2倍になる。さらに第1期分のうち、取水施設の土木構造物、導水管・送水管の規模は、第2期分の必要水量をも考慮のうえ決定されている。当社が今回施工したのは、第1期拡張工事のうち取水施設、浄水施設、配水施設および機械・電気施設である。Fig. 2 はサイト配置図であるが、サンダカン市内からキナバタンガ

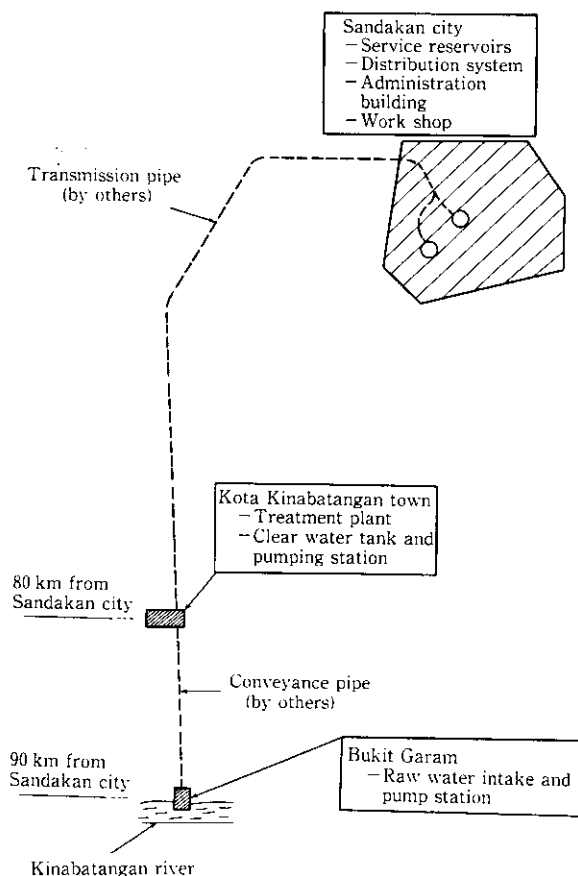


Fig. 2 Site location

ン川への行程の大半は未舗装であり、雨期には取水施設、浄水施設サイトへのアクセスが遮断されることもあった。Table 1 に工事数量、Fig. 3 に実施工程表を示す。

3 技術的特徴

3.1 鋼管矢板の現場製作と施工

3.1.1 鋼管矢板の現場製作

キナバタンガ河の河岸に設置された取水施設は、洪水、流木、侵食などから保護するために、Fig. 4 に示すような護岸構造物が計画されていた。この護岸構造の原案は Fig. 5 のような組み合わせ鋼矢板が多用されていたが、組み合わせ鋼矢板製作時の溶接歪み、打ち込み時の偏心、支持層への貫入が困難などの問題が考えられ

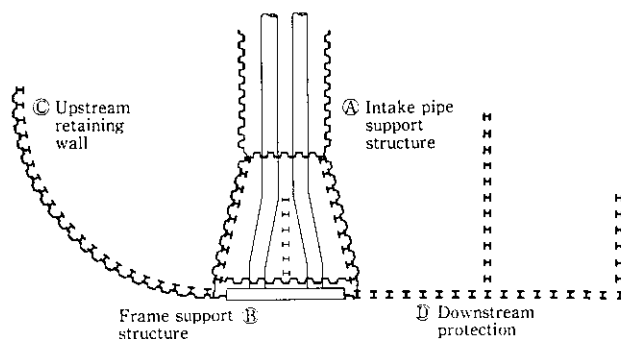


Fig. 4 Intake structure

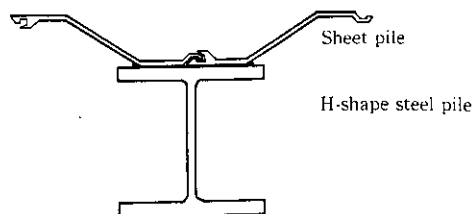


Fig. 5 Original plan "combined section pile" (changed to alternative plan)

Table 1 Quantities of work items

Raw water intake and pump station	
Excavation	8 400 m ³
Sheet pile (type-5L)	154 t
Steel pipe pile (OD=660, t=17 mm)	261 t
H pile	186 t
Steel pipe (OD=660/864, t=12.5 mm)	347 m
Structural concrete	981 m ³
Building floor area	320 m ²
Treatment plant, clear water tank and pumping station	
Site clearance	126 600 m ²
Excavation	51 400 m ³
Concrete bored pile (φ 300 mm)	2 044 m
Asphaltic concrete pavement	7 782 m ²
Steel pipe (OD=914, t=9.53/6.35 mm)	200 m
Structural concrete	4 738 m ³
Building floor area	1 980 m ²
Distribution system	
Wood pile (φ 150 mm)	1 597 m
Pipe bridge (at 6 locations)	105 m
Asphaltic concrete pavement	982 m ²
Ductile iron pipe (φ 100 to 450 mm)	23 200 m
Sluice valve (φ 100 to 450 mm)	103 nos
Structural concrete	809 m ³
Workshop and administration building	
Site clearance	40 700 m ²
Excavation	65 800 m ³
Wood pile (φ 150 mm)	123 m
Asphaltic concrete pavement	10 387 m ²
Structural steel	84 t
Structural concrete	968 m ³
Building floor area	3 210 m ²
Service reservoirs	
Site clearance	28 200 m ²
Excavation	81 700 m ³
Asphaltic concrete pavement	2 342 m ²
Structural concrete	2 195 m ³
Ductile iron fittings (φ 300 to 500 mm)	191 nos
Sluice valve (φ 300/400 mm)	12 nos
Mechanical and electrical facilities	
Submersible pump with 132 kW motor	8 units
Centrifugal pump with 400 kW motor	6 units
Centrifugal pump with 250 kW motor	3 units
Centrifugal pump with 37 kW motor	2 units
Milliscreen	1 unit
Inline mixer	1 unit
Flashmixer	1 unit
Clarifier (flat bottom upward flow sludge blanket)	2 nos
Filter (dual media sand/anthracite rapid gravity)	8 nos
Chemical dosing facilities	1 set
Instrumentation	1 set
Telemetry and radio telephone	1 set
Pipe work and fittings	1 set

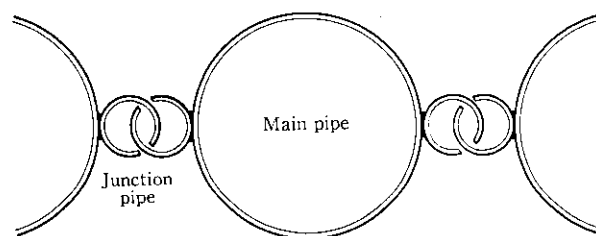


Fig. 6 Alternative plan "interlocked steel pipe pile (ISPP)", applied in water intake structure

Table 2 Comparison of combined section pile and interlocked steel pipe pile

Item	Combined section pile	Interlocked steel pipe pile
Section efficiency	○	○
Man power for fabrication	×	○
Characteristic of quality	△	○
Fabrication period	×	○
Characteristic of construction	×	○
Construction period	×	○
Total cost	△	○

Note ○: Good △: Normal ×: Bad

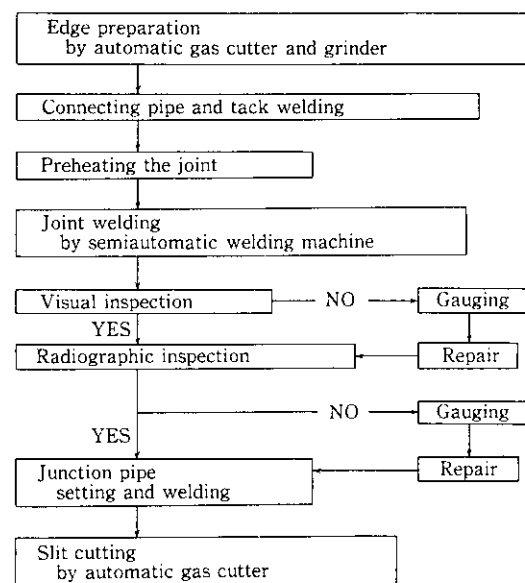


Fig. 7 Interlocked steel pipe pile fabrication flow chart

とで、上記の施工上の問題点を事前に解消した。

鋼管矢板は当社が開発し、多くの実績があるが、鋼管矢板を日本から輸入すると工期の点で不利であるため、現地で入手した鋼管を用いて鋼管矢板を現地製作することにより工期の点での不利を解消するようにした。現地製作に当たっては、溶接検査はCSWIPの資格を持つ試験官により行うこと、円周溶接は100% X線検査を行うこと、また曲がり、そりは全長の1/1 000以内とすることが要求されたが、鋼管矢板の円周溶接は半自動溶接機およびターニングローラーを用いて行うことにより、この要求を満足した。組み合わせ鋼管矢板と現場製作の鋼管矢板の技術的内容の相違をTable 2に、鋼管矢板の現地製作のフローチャートをFig. 7に、現地製作の様子を

た。そこで、Fig. 6の鋼管矢板による代案を提案し、承認を得るこ



Photo 1 Site fabrication of interlocked steel pipe piles

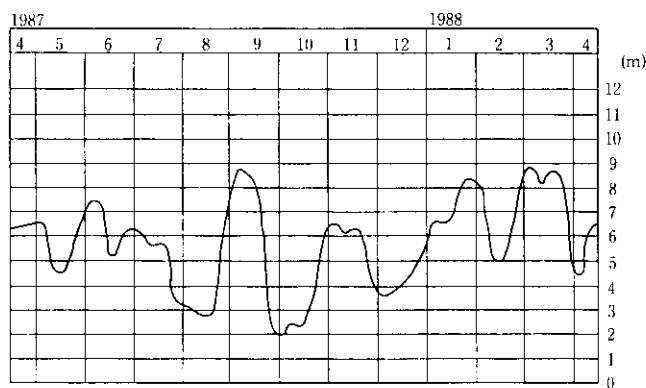


Fig. 8 Kinabatangan river water level

Photo 1 に示す¹⁾。

3.1.2 鋼管矢板の施工

キナバタンガン河の水位は、Fig. 8 に示すように渇水期と雨期の水位差が約 7 m あり、かつ水位の上昇速度が非常に速く、上流での降雨により水位は 1 日で 3~4 m と上昇する。また、河床は軟弱な粘性土が堆積しており、鋼管杭打設のために巻き出し工法を行うと荷重により斜面が崩壊する危険性があった。

そこで、鋼管杭の打設には、H 形鋼と覆工板から仮設栈橋を用いるものとし、鋼管矢板の設計天端 4 m に対し、仮設栈橋の天端は既往の過去 5 年の水位変動記録より 7 m とし、水位の上昇が施工にあまり影響を与えないように、また仮設栈橋の天端をあげすぎて施工効率が落ちないようにした。

鋼管矢板の打設に当たっては、取水施設基礎の土質条件が、軟弱な粘性土の下に支持層のマッドストーンが広がっているため、鋼管矢板は支持層に 4.5 m 以上打ち込むことが要求された。そこで、鋼管矢板の打設は 90 kW 級の振動杭打機にて杭の建て込みを行い、4.5 t 級のディーゼルハンマーにて設計天端までの打設を行うことにした。Fig. 9 に鋼管矢板の杭打ち記録の一部を示すが、特に問題もなく支持層に 5.0 m 以上打ち込むことができ、要求を満足することができた。

3.2 導水ポンプ井

3.2.1 地盤特性と掘削方法

導水ポンプ井は Fig. 10 に示すように、河の中に設けられた取水

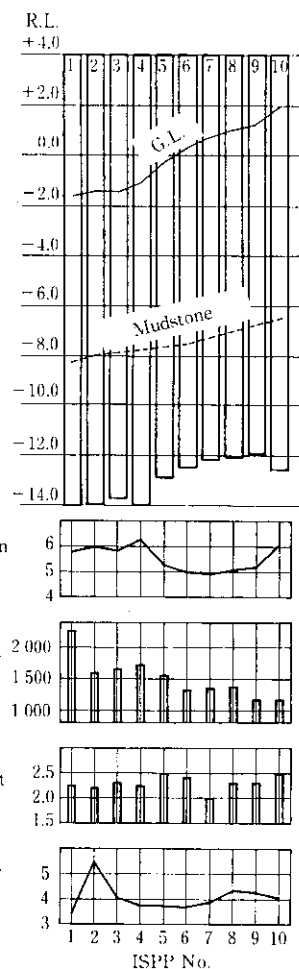


Fig. 9 Pile driving record

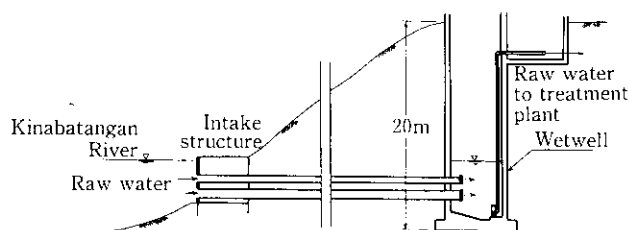


Fig. 10 Raw water intake structure

施設から取り入れた原水を浄水施設に送水するための鉄筋コンクリート製の構造物であり、その構築には現地盤から深さ約 20 m の掘削が必要であった。当現場の土質は地表面下約 5 m までを占める第四紀の未固結堆積層と、その下に広く分布するマッドストーンと呼ばれる固結した第三紀層から構成されていた。導水ポンプ井の施工にあたり主に掘削対象となるマッドストーンは、シンガポールに見られる Jurong Formation に類似しており、以下に示すような性質がある。

- (1) 一軸圧縮強度は 700~2 500 kN/m² で、軟岩の範ちゅうにはいる。
- (2) 乱さない状態では非常に硬く、通常の杭打では数 m の根入れが限界である。
- (3) 降雨や日光による乾湿の影響により、もろく層状に崩壊する。
- (4) 山留め工に作用する土圧が経時的に増加する傾向がある。

Table 3 Comparison of excavation method

Excavation method	Execution	Economy	Safety	Remark	Judgement
Open-cut with slope sides	○	△	○	Open cut area becomes bigger than project work area.	○
Open-cut with shoring	△	×	○	Difficult to get sufficient retaining wall pile penetration into the mudstone stratum	△
Open-cut with earth anchoring	×	△	×	Lack of reliance on applying this method to the mudstone stratum Necessary to procure the special equipment	×
Open-cut with slope sides and shoring with timber wall	○	○	○	Easy to procure required steel material and timber for walling	◎

Note ◎: Very good ○: good △: Normal ×: Bad

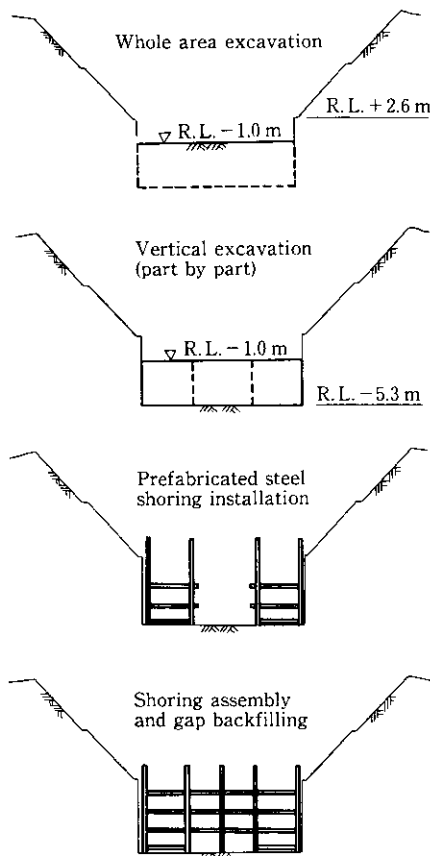


Fig. 11 Excavation execution plan

(5) 吸水性が高く、膨潤性がある。

このような地盤において深い掘削施工を行うため、オープン掘削、山留め掘削などを含め、Table 3 に示すような各種工法の検討を行った²⁻⁴⁾。その結果、のり付きオープンカットを一部併用した親杭横矢板工法を採用することにより、掘削壁面の鉛直自立高さを低く抑え、安全かつ経済的な施工を行うことができた。Fig. 11 に施工フローを示す。

3.2.2 現場計測

導水ポンプ井の施工において掘削を実施するにあたり、施工上の安全対策を主目的として2種類の計測工事を行った。一つは掘削ビット内に挿入式傾斜計、地表面変位計および水位計を配置し、施工中の掘削壁面に変位などの異常が認められた場合、対策工法が迅速に実施できるよう、掘削壁面の挙動を監視した。もう一つは、鋼製支保工の切梁間にロードセルを設置し、ポンプ井構築時の掘削壁面

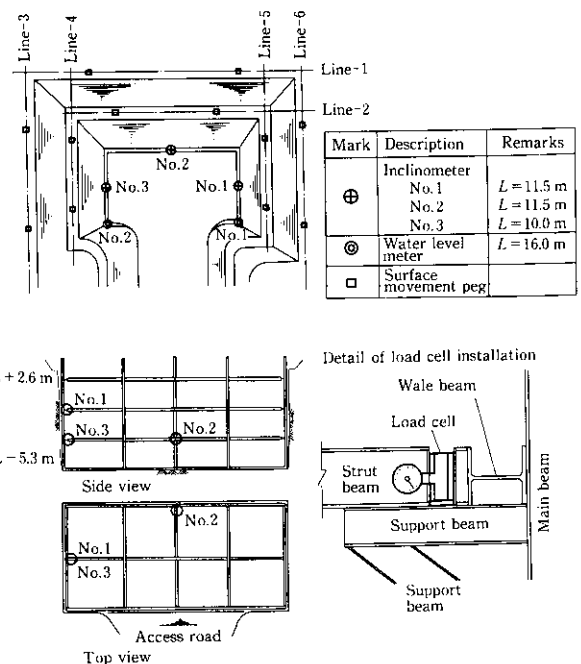


Fig. 12 Measurement system arrangement for excavation work

にすべりなどが発生した場合、鋼製支保工部材への影響をリアルタイムで察知し、早急な補強対策を講じる手段とした。

各々の計測機器の取付位置を、Fig. 12 に示した。またデータの一例として、ビット内の鉛直掘削開始から支保工設置・横矢板裏込めまでの、挿入式傾斜計の計測データを Fig. 13 に示した。鉛直掘削壁面の挙動に関しては、許容変形量を 20 mm 以内と設定し変位の観察を行った。これらの変位データの推移を観察し、支保工設置や裏込め施工時の壁面崩壊に対する安全作業性を確保した。

導水ポンプ井施工時には中小を含め3回の壁面崩壊が発生したが、いずれの場合も崩壊の傾向を事前に察知し適切な対策工を施すことができたため、工程上大きな支障をきたすことなく安全に施工を完了することができた。

3.3 取水管用鋼製架台の現場製作と設置

取水管用鋼製架台とは Fig. 14 に示すように、原水を取水するために上下2条ずつ配置された取水パイプを保持する、総重量約 50 t の鋼製フレーム構造物である。その施工位置は河岸より約 10 m 河

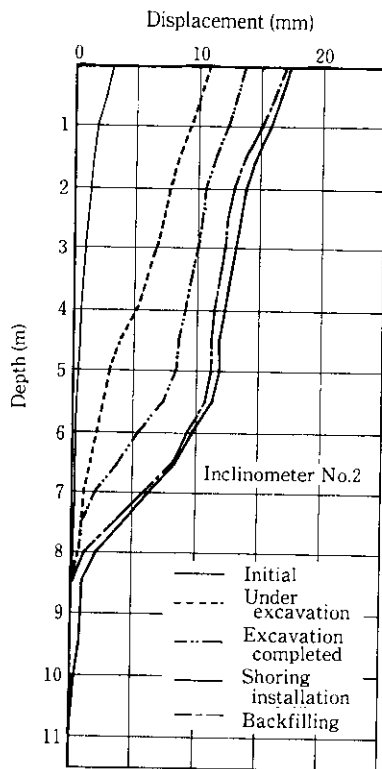


Fig. 13 Inclinator data

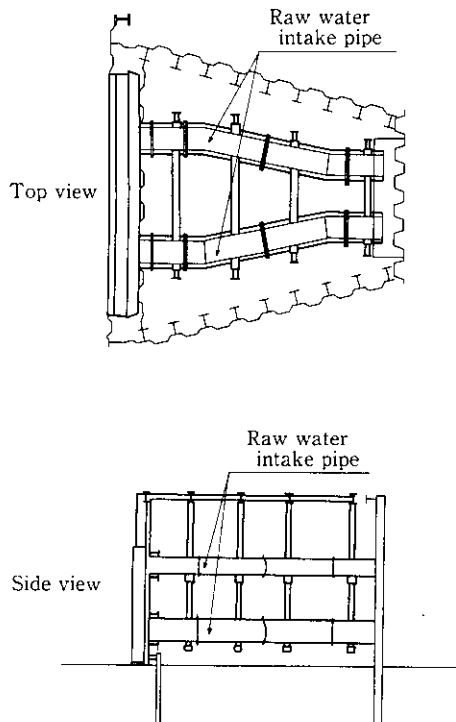


Fig. 14 Raw water intake structure

の中央へ張り出しており、構造物の一部は常時水没している。

本鋼製架台の製作・設置作業においては、品質の確保できる加工工場で一体加工した架台を現場に搬入・設置するという一般の海上ジャケット設置工事などで行われる方法は、以下のような理由から適用できないという問題があった。

(1) 大型構造物の輸送経路は河川しかなく、輸送用機械や輸送方

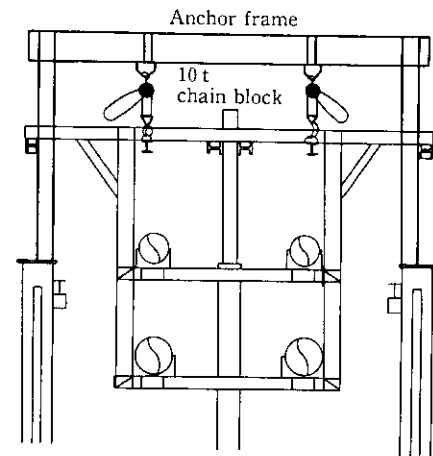


Fig. 15 Intake structure installation

法などに制約がある。

(2) 設置用大型重機の国外調達や輸送などを行った場合に、架台の製作重量に比べてコストがかかりすぎ、経済的でない。

このほかにも、変動する河川水位の影響で、架台設置期間が乾期でも短期間に制約されるという問題点があった。

これらの条件下で鋼製架台を製作・設置するため、現場ヤードで組立部材のプレファブ化加工を行い、設置現位置上で架台を組み立て所定位置へ設置するという方法を採用した。

組立部材は、その製作材料を現場加工ヤードに搬入し、現有クレーンの作業能力を超えない範囲で可能な限りプレファブ化した。また、現場溶接加工に際しての品質管理については、溶接監理者の指導下で、BS規格に準拠する溶接方法に基づき技量試験合格者が溶接を行うことで、適切な品質を確保した。

架台の組立ては50tクレーンを用いて行い、プレファブ加工したフレームを仮受け部材にあずけて、設計レベルよりも3mほど高い位置で各々の部材を溶接接合し、一体化する方法とした。

組み上がった架台の設置方法は、信頼性の高いシンクロジャッキを用いる案なども検討されたが、施工性、経済性、工期（設備の調達）などの問題から、最終的に10t吊りチェーンブロック10台を用いて吊り降ろす方法を採用した。設置方法はFig. 15のように、アンカービームに設置したチェーンブロックにより、鋼製架台全体を吊り上げた後、仮受け部材を切断して所定位置まで吊り降ろすという方法であった。設置に先立っては、吊降ろし時にチェーンブロックにかかる荷重の配分や、2台のトランシットと箱尺を用いた水平レベルの管理・調整方法などの事前検討を十分に行い、設置作業を行った。

上記のような製作・設置方法の採用により、以下に示すような品質面での向上と工期的・経済的効果を達成することができた。

- (1) 組立位置に比べ作業条件のよい加工ヤードで大部分の溶接ができたため、品質的にも良好な施工ができた。
- (2) 水中での架台組立て作業がなくなり、施工性が向上した。
- (3) 組立作業時間を短縮できたため、乾期でも変動しやすい河川水位の影響が少なかった。
- (4) 特殊機器を調達・使用することなく、設置を完了した。

4 プロジェクト・マネジメント

当面の技術的課題を解決し、要求された品質の施設を完成させることは、建設工事においても実施に当たっての第一要件である。

FIDIC 国際契約約款のような国際的契約条件の下で建設工事を実施する場合は、その第一要件を満たすためにも、プロジェクトを契約面、コスト面などさまざまな観点も含め総合的に管理することが、国内建設工事実施の場合以上に必要とされる。

サンダカン水道施設拡張工事においては、工種の多様性、プロジェクトサイトの面的広がり、遠隔地での工事運営などの要素も加わり、プロジェクト管理は難度の高いものであった。このような条件に対応するため、本プロジェクト実施時には、(1) ネットワークによる工程管理、(2) 機械・電気機材の調達管理、(3) 遠隔地での建設工事管理という点で留意した。

4.1 ネットワークによる工程管理

海外工事において、工程管理は次の二つの重要な側面を有している。

(1) 工事進捗の管理

進捗状況を把握し、計画と実際のずれを早期に発見し、適切な是正処置を講ずるための管理。

(2) 工期を調整のための管理

計画時の工程は、施工途中に生じる設計変更、フォース・マジュールなどの要因により影響を受ける。それらの要因を抽出し、それによって受けた計画工程への影響を定量的に示すことによって、工期を調整するための管理。

本プロジェクトでは、工事進捗の管理はバーチャート手法により実施した。しかしながら施工途中に発生した各種設計変更などを工期調整に結びつけるためには、バーチャート方式では不十分であったため、多様な工種間の順序・相互関係を表現するのにすぐれているネットワーク手法を導入した。その具体的手順は以下のとおりである。

手順1: バーチャート手法による当初の計画工程をネットワーク手法で書き直し、クリティカル・パスを確立(as-planned)。

手順2: 設計変更などに起因する工期の遅れ(delay)を定量的

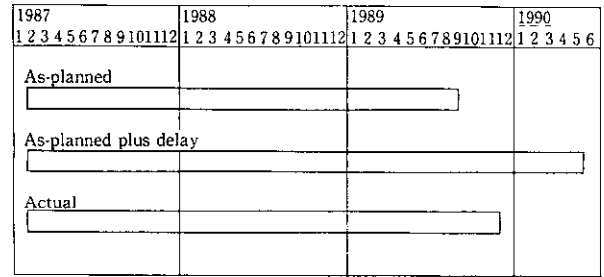


Fig. 16 Critical path method (CPM) analysis for construction period

に算出し、as-planned プログラムに組み込むことにより、設計変更などの影響を考慮したネットワークを展開し、クリティカル・パスを確立(as-planned plus delay)。

Fig. 16 は、このようにして作成されたクリティカル・パスを単純化して長さで表すとともに、実際工程(actual)の長さを表したものである。as-planned と as-planned plus delay の間には 8.7 箇月の違いがあるが、これは計画時の機械・労働者数および作業時間による工事進捗で工事を実施していたら、設計変更などの影響により施工が 8.7 箇月遅れていたことを示している。しかし実際は機械・労働者数を増加し作業時間を延長して工事進捗を早めたため、actual は as-planned に対して 2.7 箇月のみの遅れとなっている。このことを別の角度から説明すると、理論的には 8.7 箇月の工期延長があったが、6 箇月の工事の促進が行われたため、実際の工期延長は 2.7 箇月になったということになる。本プロジェクトでは以上のようにネットワーク手法を用いて、設計変更などに起因する工期調整を実施した。

4.2 水道機械・電気機材の調達管理

Fig. 17 に機械・電気施設のフローを示す。主要施設が遠隔地に

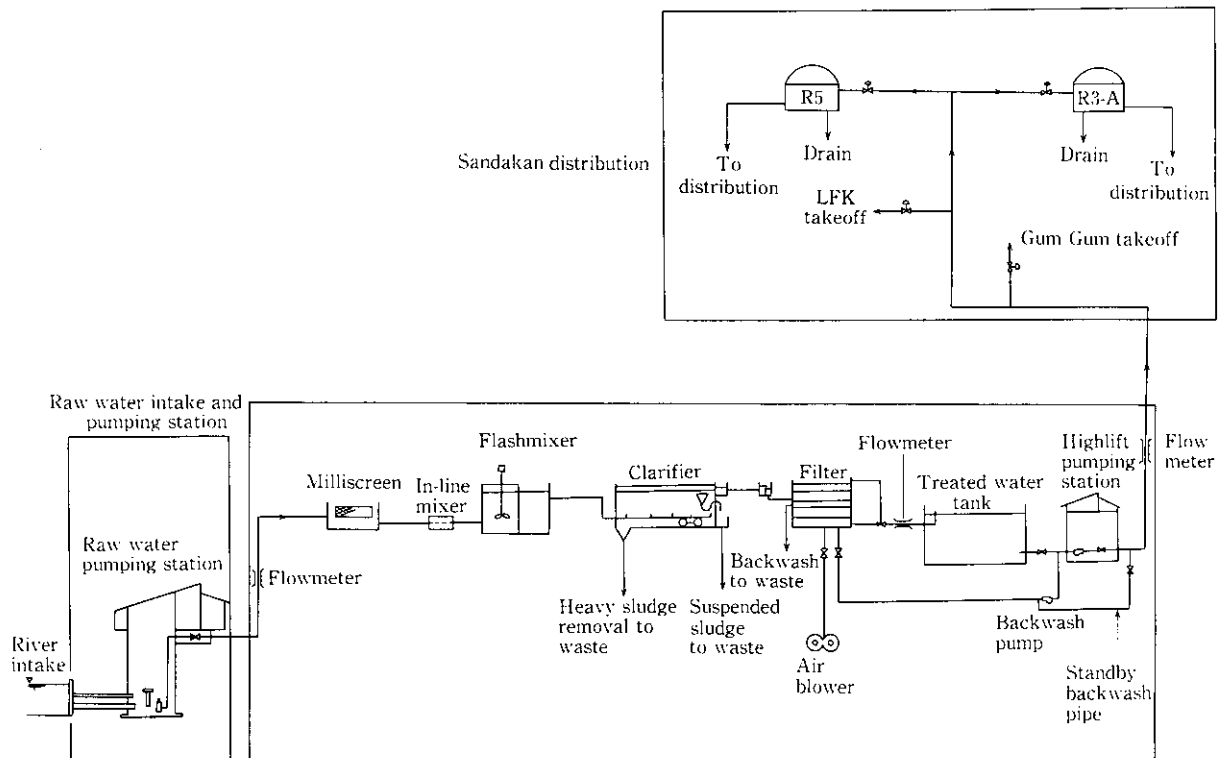


Fig. 17 Flow diagram of Sandakan water supply extension scheme stage I

Table 4 Procurement of various mechanical and electrical materials

Materials	Country
Sluice valve ($\leq \phi 300$)	China
Sluice valve ($\geq \phi 350$)	Thailand
Butterfly valve	Thailand
Check valve ($\leq \phi 250$)	Thailand
Check valve ($\geq \phi 350$)	Japan
Air valve	Malaysia
Penstock	Malaysia
Flat valve	Thailand
3-way valve	U. S. A.
Flexible joint	Japan
Specialized valve	Canada
Electric actuator	U. K.

あることから、比較的単純なシステムとなっている。このようなシステムであっても、今回のプロジェクトの場合、全機材の調達先は10箇国におよび、その管理能力の良しあしは、品質、工期の要件に対する達成度、強いてはプロジェクトの採算にも影響する。今回のプロジェクトにおいては、サンダカンという地理的条件から、大部分の機材の調達は海上輸送によらなければならなかった。そのような状況下で、各機材について複数の調達先を品質、納期、保守管理、価格の面から比較検討し、プロジェクトの進捗具合を考慮しながら、最良の調達先選択を行った。その一例として、バルブなどの資材の調達先実績を Table 4 に示す。

4.3 遠隔地の建設工事管理

4.3.1 現地雇用者の起用

本プロジェクトは、サイト配置図に示したとおり、現場が広い範囲に点在しており、現場事務所も何箇所か設置する必要が生じた。それに応じて現場および事務所を管理する要員も増加し、非効率となった。また、特に遠隔地においては、その土地に独特の風俗や習慣があり、邦人スタッフのみでは対処しかねる状況も懸念された。そこで本プロジェクトでは、効率の悪い要員に伴う経済的デメリットと作業環境面での問題点を克服する策として、現地雇用者を技師レベルにまで積極的に投入した。

4.3.2 コンクリート骨材の搬入

遠隔地工事における原価管理で最も問題となるものの一つが材料の輸送費である。その中でも特に、コンクリートの骨材は多量になるためコスト的な影響が大きい。また当地で通常用いられていたダンプトラックによる輸送は、コスト高のほか整備状態の悪い搬送路が降雨でしばしば不通となり工程上問題があった。そこで骨材を下流(都市)よりバージで輸送する方法を採用したが、大量輸送によるコストセーブと安定供給が達成された。

5 まとめ

本報文では、マレーシアのサンダカン市で実施した水道施設拡張工事について報告した。この結果は以下のとおりである。

- (1) 原案は鋼矢板・H型鋼の合成による護岸構造であったが、鋼管矢板による代案が承認、実施された。現地調達したパイプによる本管・継手の製作を行ったため、工期・費用の面で有利であった。
- (2) 20 mの深さの導水ポンプ井の掘削に関しては、マッドストーンの土質を確認し、安全からの検討も含め経済的な掘削方法を比較した。その結果、親杭横矢板工法により地山の崩壊を防ぐとともに、傾斜計などにより現場計測を行い、施工の安全性を確保した。
- (3) 50 tの取水鋼管用鋼製架台を現場製作し、河川水位変動、施工機械の制約の中で水中に架設した。
- (4) 設計変更、フォース・マジュールなどの不測の事態に対応するため、ネットワーク手法による工程管理を行い、工期調整を実施した。
- (5) 水道機械・電気機材について、品質、納期、保守管理、価格の面から比較検討し、調達先の選択を行い、調達先は10箇国におよんだ。その結果が要件である仕様を満たすとともに、採算性の向上に寄与した。
- (6) 遠隔地の建設工事管理のため、現地技術者の積極的起用、輸送管理に特に留意した。

本プロジェクトは、不安定な地盤における取水施設の建設、多様な工種、広域なサイトおよび遠隔地でのプロジェクト運営と難度の高いプロジェクトであったが、今回の実績を今後のプロジェクト運営の中に反映していきたい。

最後となりましたが、工事の実施にあたり御協力をいただきました関係各位に深く謝意を表します。

参考文献

- 1) Y. Shimura, H. Shinomiya and F. Ozeki: "Application of Interlocked Steel Pipe Pile in Water Intake Structure", Piletalk International '90, Jakarta, Indonesia, July (1990)
- 2) N. Janbu: "Stability analysis of slope with dimensionless parameters", *Harvard Soil Mechanics Series*, No. 46 (1954)
- 3) 松崎彬磨編: 「増補版現場技術者のための仮設工事施工便覧」, [近代図書]
- 4) 山口柏樹: 「改訂増補土質力学」, [技報堂出版]