

長大トンネル施工監理業務のプロジェクトマネジメントの紹介

INTRODUCTION OF PROJECT MANAGEMENT PRACTICES FOR CONSTRUCTION SUPERVISION OF A LONG HIGHWAY TUNNEL

石本一鶴*

Ichizuru ISHIMOTO

The Hai Van Tunnel Construction Project (the Project) is located near the city of Danang in Central Vietnam. The tunnel civil works were commenced in October 2000. In early 2003 the electrical and mechanical works commenced as a separate contract package. Coordination and scheduling of work presents many challenges because all contractors are required to work simultaneously inside the tunnel to shorten the overall construction period. The author, as Project Manager of the Consultant Team, presents an outline of both the consultant work and the project management procedures used in the Project. Particular emphasis is given to explaining the work scheduling undertaken using the critical path method.

Key Words : project management, construction supervision, highway, tunnel, CPM, FIDIC

1. はじめに

ハイバントンネル建設プロジェクトのコンサルタント業務は1998年1月末の予備設計から開始され、詳細設計と入札過程を経て、2000年10月の着工とともに施工監理を開始した。筆者は2000年8月に現地入り、2002年3月にコンストラクション・エンジニアからプロジェクトマネジャーに昇格した。

本報告は長大道路トンネル建設プロジェクトのコンサルタントの仕事の実際、ならびに筆者が実施してきたプロジェクトマネジメントの内、スケジュール管理とコントラクター間の作業調整について報告する。

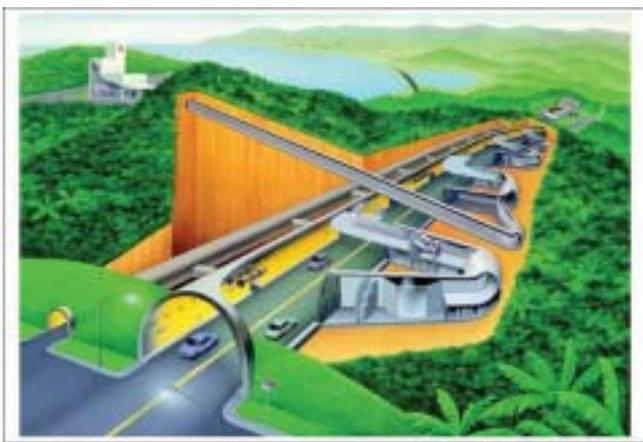


図-1 プロジェクトの施設概要

2. プロジェクトの紹介

(1) 概要

ベトナムの国道1号線は国を南北に縦貫する南北間物流の幹線であり、中部地域においては東西回廊計画の一環を成す最重要道路である。一方、同路線のハイバン峠区間(中部フエーダナン間に位置する全長約22kmの峠)は、道路も狭く、勾配が山岳道路なみにきついで急カーブが多い。また、雨季には落石や路肩の崩落が多発し、国道1号線の中でも最も危険で、道路の維持管理も困難な区間である。今までは同区間の通過には貨物車両で1時間以上を要しており、国道1号線上の円滑な物流、および中部地域の開発を促進する上でボトルネックとなっている。



ハイバントンネル建設プロジェクトでは、国道1号線ハイバン峠区間において、道路交通の安全を確保するとともに、物流の効率化を実現するため、全長約6.3kmの道路トンネル(対向2車線)およびアプローチ道路・橋梁を建設するものであり、2000年10月1日にトンネル土木工事が着工され、トンネル坑口部の軟弱地盤区間の存在、換気用トンネルの出水と技術的課題が連続したが、2003年7月末現在、トンネル掘削は残り800mを割り、本年10月の貫通、2005年春のトンネル供用開始を目指して工事はおおむね順調に進捗している。

* ハイバントンネル開発事務所
URL <http://haivan.cup.com/>

(2) 資金ならびに実施機関

表-1 プロジェクトの資金ならびに実施機関

役割	機関名
資金源 ならびに L/A金額	国際協力銀行 (Japan Bank for International Cooperation : JBIC) L/A No. VNIV-5、1997年3月26日、55億円 L/A No. VNVI-5、1999年3月30日、100億円 L/A No. VNIX-4、2002年3月29日、33.59億円 (合計：188.59億円)
実施機関	運輸省(Ministry of Transport and Communications : MOT) 第85建設局(Project Management Unit No. 85 : PMU85)
コンサルタント	日本工営/ルイスバージャー(アメリカ)共同企業体

(3) 事業費

本プロジェクトの各コントラクターの契約金額は次表にまとめられる。土地収用・補償費や予備費を含めると総額約200億円の事業である。

表-2 プロジェクトの事業費

			(2003.07現在)
工区	工事内容		契約額(百万円)
コンサルタントサービス			1,966
1A	トンネル土木工事	トンネル北工区	5,061
1B		トンネル南工区	3,260
2A	アプローチ道路・橋梁工事	ランコー橋工区	556
2B		南側道路工区	470
3	電気設備工事		2,482
4	機械設備工事		2,767
5	変電所並びに送電線工事		849
6	維持管理用車両の調達		(200)
7	住民移転先インフラ整備工事		51
合計			17,662

注：6工区は推定値。

(4) プロジェクトの各工区

プロジェクトの各工区は下図のように分布し、2003年7月現在、図-3に示すとおり、パッケージ6(維持管理用車両の調達)以外は全て着工している。

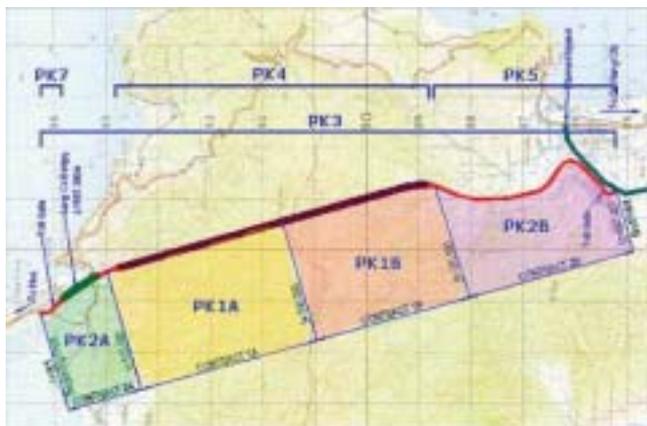


図-2 プロジェクトの各工区配置

(5) コントラクターの紹介

全9工区の内、第7工区を除き国際競争入札(ICB :

International Competitive Bidding)が実施された。第2A/2Bを除く工区は海外企業とローカル企業の共同企業体が受注している。

表-3 プロジェクトのコントラクター

工区	工事内容		コントラクター
1A	トンネル土木工事	トンネル北工区	ハザマJV
1B		トンネル南工区	東亜(韓国)JO
2A	アプローチ道路・橋梁工事	ランコー橋工区	ローカル
2B		南側道路工区	ローカル
3	電気設備工事		ABB(フィンランド)、キンデンJO
4	機械設備工事		松下-伊藤忠
5	変電所ならびに送電線工事		ABB(フィンランド)、キンデンJO
6	維持管理用車両の調達		本年入札
7	住民移転先インフラ整備工事		ローカル

(6) 実施計画と進捗

2003年2月、第3工区：電気設備工事が26ヶ月の工期で着工され、この工区の進捗がプロジェクト全体の進捗に関するコントロールとなっている。現時点での事業実施計画は図-3の通りである。(トンネル土木工事に約3ヶ月の工期延長が承認されている。)

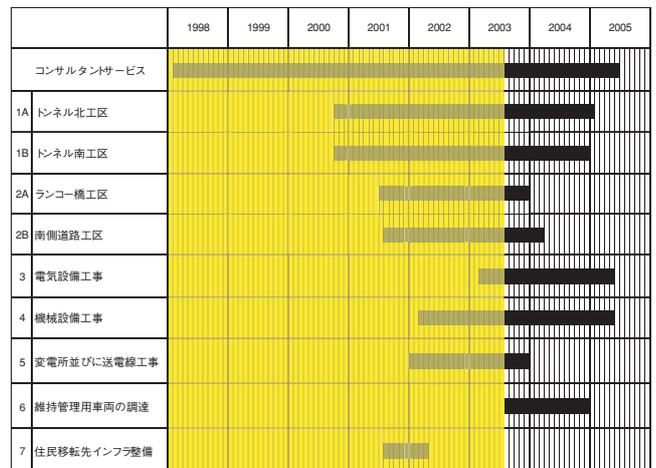


図-3 プロジェクトの実施計画



図-4 トンネル掘削の進捗(2003年7月)

(7) 現場の規模

現場のワーカーは家族でキャンプに住んでいるため、プロジェクト全体では5千人規模の集落(南/ダナン側)の様相を呈しており、郵便局、診療所に加えて食堂街が形成されている。

表-4 現場のワークフォース(2003年7月)

工区	チーム名	外国人	ベトナム人	
--	クライアント(PMU85)	1	12	
---	コンサルタント	7	62	
1A	トンネル土木工事	トンネル北工区	28	414
1B		トンネル南工区	2	770
2B	アプローチ道路・橋梁	ランコー橋工区	0	243
3B	工事	南側道路工区	0	329
3	電気設備工事	10	5	
4	機械設備工事	5	1	
5	変電所並びに送電線工事	3	66	
6	住民移転先インフラ整備工事	0	1	
	合計	56	1903	



写真-1 現場の風景(南:ダナン側の宿舎・事務所街)



図-5 現場の風景(北:フエ側)

(8) プロジェクトの特徴

本プロジェクトの特徴は一般の運輸セクターのプロジェクトと比較すると次のような点である。

- ① 事業規模が大きく、ベトナムの6つの国家事業の内のひとつであり、注目度が高い。
- ② 東南アジアでは初めての長大トンネル工事(6.3km)であり、縦流式の換気設備と総合監視システム(SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition)が計画されている。

- ③ 同一空間(トンネル内)で複数のコントラクター(土木、電気、機械)の作業が輻輳する。

3. 施工プロジェクトにおけるコンサルタントの役割

(1) コンサルタントのバイブル「FIDIC」

日本のODA事業のうち円借款と呼ばれる有償資金事業は工事の契約案件書としてFIDIC¹⁾を基本とすることが多いが、当プロジェクトでもFIDICに基づいた契約方式を採用している。

日本では建設業法第18条に示される「信義則」によって事業が実施されるが、海外では「契約則」事業が実施されることが多い²⁾。

表-5 プロジェクトに適用されているFIDIC1987版

工区	適用されているFIDIC 1987(4版/3版)
1A	Conditions of Contract for Works of Civil Engineering Construction, PART I GENERAL CONDITIONS, 4th Edition, 1987 土木建設工事の契約条件書、第1部一般条件、1987(第4版) (通称Red Book)
1B	
2A	Conditions of Contract for Electrical and Mechanical Works, 3rd Edition, 1987 電気および機械設備工事の契約条件書、1987(第3版) (通称Yellow Book)
2B	
3	Conditions of Contract for Electrical and Mechanical Works, 3rd Edition, 1987 電気および機械設備工事の契約条件書、1987(第3版) (通称Yellow Book)
4	
5	

(2) コンサルタントの役割

図-6に日本方式とFIDIC1987版方式の工事監理方式を示す。FIDICではエンジニア(コンサルタント)に中立的なアンパイアとしての大きな査定権限を与えていることが特徴である²⁾。

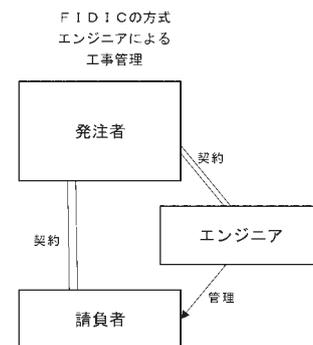
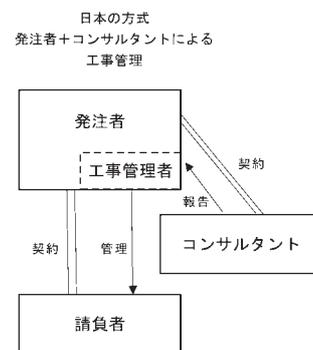


図-6 コンサルタントの役割²⁾

(3) 施工監理コンサルタントの仕事

社内の施工監理ガイドライン³⁾はFIDIC4版(土木)に基づいて作成されており、施工監理プロジェクトにおけるコンサルタントの仕事は次のように分類されている。

- ① 義務と権限の管理
- ② コミュニケーションと文書の管理
- ③ 進捗管理
- ④ 品質管理
- ⑤ コスト管理
- ⑥ 図面管理
- ⑦ 安全管理
- ⑧ 環境管理

4. コンサルタントの仕事の紹介

(1) コンサルタントサービスの流れ

コンサルタントサービスは1998年の1月より開始され、予備設計(Special Survey)、詳細設計(Detailed Design)、入札支援(Tendering Assistance)、施工監理(Construction Supervision)とサービスを提供してきている。

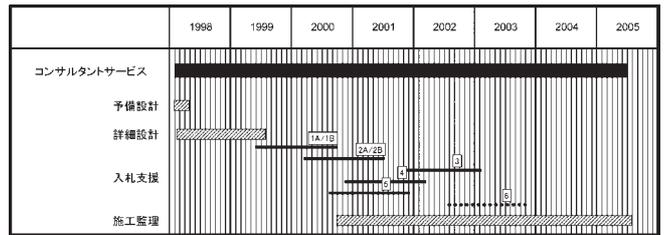


図-7 コンサルタントサービスの経緯

(2) コンサルタントチームの組織

コンサルタントチームの組織は工事着工後、数回に亘り見直され、2001年6月末に図-8に示す構成となった。

Quantity Surveyチーム(契約・出来高管理担当)とGeotechnicalチーム(地盤技術担当)はプロジェクトの実際の要求に併せて工事開始後に新規に準備したチームである。

コンサルタントの事務所はダナン側(南)の主事務所とランコー側(北)の北事務所の2つがあり、総勢約70名の体制である。

(3) コンサルタントの仕事の実際

当プロジェクトで実施しているコンサルタントの施工監理作業の実際はおおむね下記の通りである。

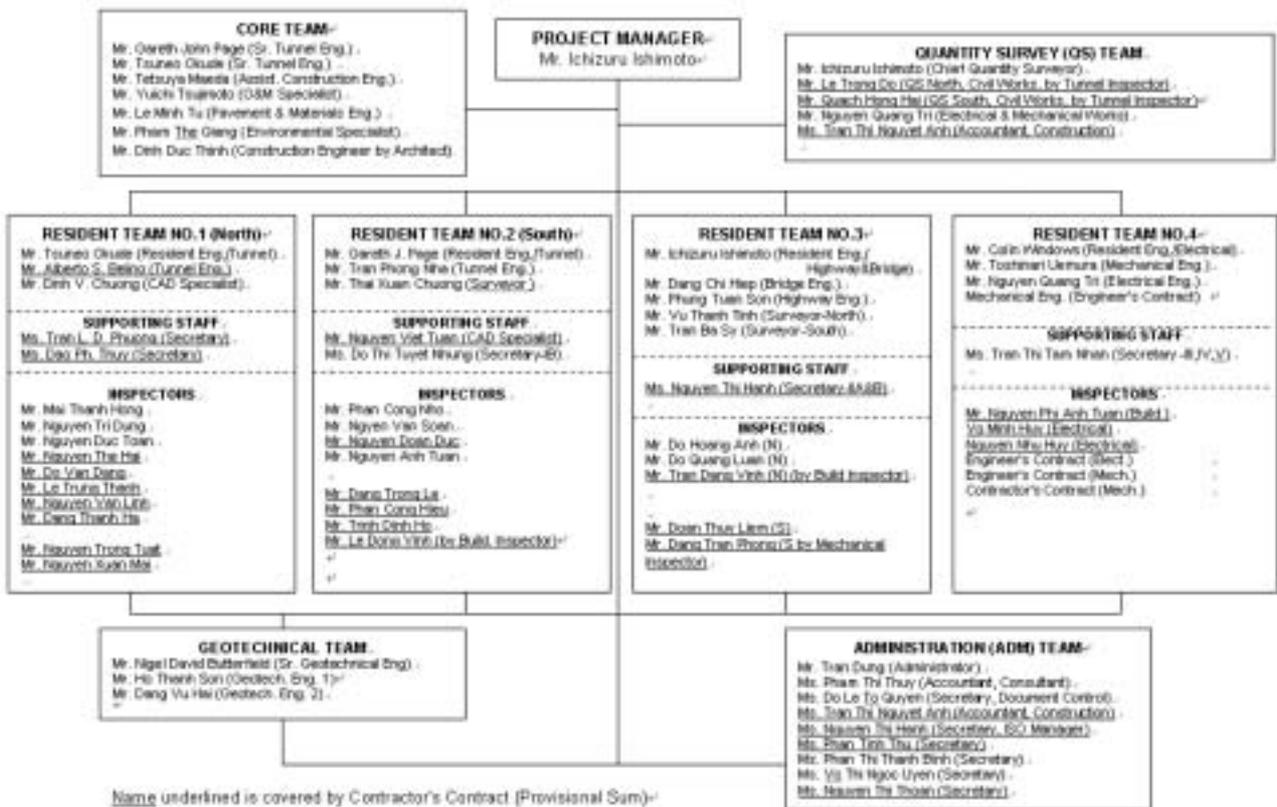


図-8 コンサルタントチームの組織(2003年7月)

1) レターの作成

表一六に示すようにコンサルタントチームは年間1,500通以上のレターを出状しており、一日に5~10通のレターを作成している状況である。

表一六 コンサルタントの通信文書量

Address		1998	1999	2000	2001	2002	2003.06
1A	In	---	---	139	397	248	145
	Out	---	---	106	302	166	92
1B	In	---	---	67	778	432	184
	Out	---	---	93	662	469	178
2A	In	---	---	---	242	239	93
	Out	---	---	---	72	198	76
2B	In	---	---	---	224	321	91
	Out	---	---	---	130	191	70
3	In	---	---	---	---	5	88
	Out	---	---	---	---	2	52
4	In	---	---	---	---	61	48
	Out	---	---	---	---	19	25
5	In	---	---	---	11	244	132
	Out	---	---	---	8	160	93
7	In	---	---	---	54	36	2
	Out	---	---	---	18	26	2
PMU	In	55	22	97	181	173	118
	Out	133	137	172	332	412	162
Others	In	61	31	51	17	62	0
	Out	14	6	9	8	1	49
TOTAL	In	116	53	354	1904	1821	901
	Out	147	143	380	1532	1644	799

2) 会議と打合せ

議事録を作成しているオフィシャル会議には次のようなものがある。

- ① 月例各工区会議
- ② 月例安全会議
- ③ 月例工程調整全体会議
- ④ 月例コンサルタント会議
- ⑤ 技術・工程・契約会議
- ⑥ クライアントとの会議
- ⑦ 作業監理委員会

オフィシャル会議の他、各種の打合せがクライアント、コンサルタントとコントラクターの間で毎日続いている。

3) 現場視察・検査

毎日の現場視察はレジデントエンジニアによって実施され、必要に応じて「エンジニアの指示」が口頭もしくは書面にて実施されている。各種の検査はインスペクター(検査員)が担当している。

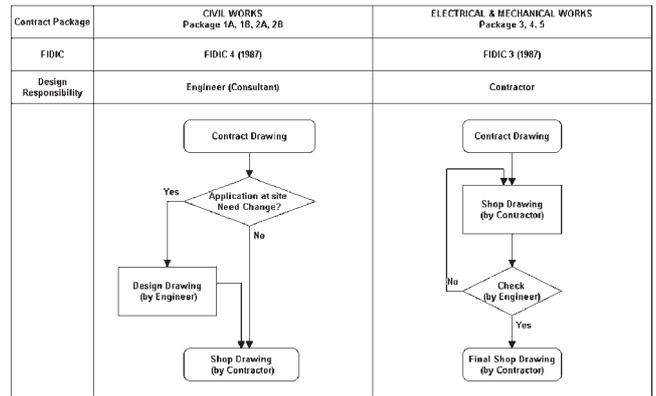
また毎月の安全パトロールがクライアント、コンサルタントとコントラクターで実施され、現場の安全管理が行われている。

4) 月報の作成

工事の進捗とコンサルタントの毎月のサービスを総括したレポートを作成し、クライアントに提出する。

5) 設計図面作成と照査

プロジェクトにおける設計責任は土木工区と機電工区では異なる。土木工区の設計責任はコンサルタントに有り、機電工区のそれはコントラクターにあるとそれぞれのFIDIC 1987版に規定されている。



図一六 設計図面作成と照査

6) 支払い証明書作成

FIDICに基づく工事では、見積工事数量に基づいて契約金額が決まるが、実際の支払いは施工数量に基づいて実施される(出来高精算: Remeasurement Contract)。

コントラクターは施工数量が契約金額の2%に達するごとに「出来高証明書」を提出し、コンサルタントは添付されている検査・計測書類、計算書などを精査の上、「支払い証明書」をクライアントに提出する。

7) 設計変更のためのレポート

設計変更の大半はVariation Order (VO)の発行で対応してきているが、トンネル内換気施設の位置変更、ならびにトンネル内排水施設の管径・材料変更については別途技術説明書を作成し、クライアントの本省(運輸省、ハノイ)にて説明会を実施した。

8) 入札支援業務

上記図一七に示したように、コンサルタントは施工監理業務と平行して入札支援業務を順次提供してきた。

9) 維持管理組織の立ち上げ

ベトナム国では初めての長大トンネルであるため、日本の道路公団の維持管理手法の事例紹介等を含めて、維持管理組織の設立を支援している。

10) その他

コンサルタント・サービスに関して、要員の派遣日程の修正や支払い請求書の作成業務、また本社への毎月の各種レポート作成作業などがある。

5. プロジェクトマネジメントの紹介

(1) プロジェクトマネジャーのバイブル「PMBOK(ピンボック)」

PMBOK⁴⁾とは「プロジェクトマネジメントの知識体系ガイド(Guide to the Project Management Body of Knowledge)」の略号で、プロジェクトマネジメント協会(PMI: Project Management Institute)が発行している。プロジェクトマネジメントに関するアプローチ、方法論、ツールや技法などの

知識と実務慣行を体系化している。PMBOK2000の英語版は2001年に、また日本語版はPMI東京支部により翻訳され2003年に刊行された。

PMBOKの規定するプロジェクトマネジメントは土木分野のみならず全ての産業分野を想定しており、各分野ごとに「拡張版(Extension)」が刊行されはじめています。

FIDICが施工監理コンサルタントのバイブルであるとするれば、PMBOKはプロジェクトマネジャーのバイブルである。従って、施工監理コンサルタントのプロジェクトマネジャーは両書籍の内容に精通することが望ましい。

(2) プロジェクトとは

PMBOKはプロジェクトを次のように定義して、定常業務と区別している^{4b)}。

「独自の製品やサービスを創造するために実施される有期的な業務」

(3) プロジェクトマネジメントとは

PMBOKはプロジェクトマネジメントを次のように定義している^{4b)}。

「プロジェクトの要求事項を満足させるために、知識、スキル、ツールおよび技法をプロジェクト活動へ適用すること」

(4) PMBOKによるプロジェクトマネジメント

PMBOKでは表-7に示すように9つの知識エリアでプロジェクトマネジメントを整理している^{4b)}。

(5) 施工監理プロジェクトのプロジェクトマネジメントの特徴

コンサルタントの実施する施工監理プロジェクトでは、コンサルタントチームのマネジメント(A)と工事のマネジメント(B)の2つのプロジェクトマネジメントが必要である。さらに工事のマネジメントはプロジェクト全体のマネジメント(B1)と各工区のマネジメント(B2)を区別して実施することが求められる。

表-8 マネジメントの対象

No.	対 象
A	コンサルタントチーム
B1	プロジェクト全体
B2	プロジェクトの各工区

表-7 PMBOK によるプロジェクトマネジメントの知識エリア^{4b)}

知識エリア	プロセス群	立上げ	計画	実行	コントロール	集結
4. プロジェクト統合マネジメント			4.1 プロジェクト計画の策定	4.2 プロジェクト計画の実施	4.3 統合変更管理	
5. プロジェクト・スコープ・マネジメント	5.1 立上げ		5.2 スコープ計画 5.3 スコープ定義		5.4 スコープ検証 5.5 スコープ変更管理	
6. プロジェクト・タイム・マネジメント			6.1 アクティビティ定義 6.2 アクティビティ順序設定 6.3 アクティビティ所要時間見積り 6.4 スケジュール作成		6.5 スケジュール・コントロール	
7. プロジェクト・コスト・マネジメント			7.1 資源計画 7.2 コスト見積り 7.3 コストの予算化		7.4 コスト・コントロール	
8. プロジェクト・品質・マネジメント			8.1 品質計画	8.2 品質保証	8.3 品質管理	
9. プロジェクト・人的資源・マネジメント			9.1 組織計画 9.2 要員調達	9.3 チーム育成		
10. プロジェクト・コミュニケーション・マネジメント			10.1 コミュニケーション計画	10.2 情報配布	10.3 実績報告	10.4 完了手続き
11. プロジェクト・リスク・マネジメント			11.1 リスク・マネジメント計画 11.2 リスク識別 11.3 定性的リスク分析 11.4 定量的リスク分析 11.5 リスク対応計画		11.6 リスクの監視・コントロール	
12. プロジェクト・調達・マネジメント			12.1 調達計画 12.2 引合計画	12.3 引き合い 12.4 発注先選定 12.5 契約管理		12.6 契約完了

6. コンサルタントチームのプロジェクトマネジメント

(1) PMBOKによるコンサルタントチームの作業分担

表-9 コンサルタントチームへのプロジェクトマネジメント

担当	PM	LBTL	RE	ADM	ACC
4. プロジェクト統合マネジメント	●	○			
5. プロジェクト・スコープ・マネジメント	●	○			
6. プロジェクト・タイム・マネジメント	●	○		○	
7. プロジェクト・コスト・マネジメント	●				○
8. プロジェクト・品質・マネジメント	●		○		
9. プロジェクト・人的資源・マネジメント	●	○	○		
10. プロジェクト・コミュニケーション・マネジメント	●		○	○	
11. プロジェクト・リスク・マネジメント	●	○			
12. プロジェクト・調達・マネジメント	●	○			○

PM: プロジェクトマネジャー、LBTL: JV相手のリーダー、RE: レジデントエンジニア
ADM: アドミニストレーター、ACC: 会計
●: 主責任、○: 副責任

(2) コンサルタントのアサインメントスケジュール

最新のコンサルタントのアサインメントスケジュール(入札・施工監理)は図-10に示すとおりである。アサインメントスケジュールはこれまで表-10のように修正されてきた。工事費が当初予想より大幅に縮小されたこと、ならびに

表-10 アサインメントスケジュールの修正

No.	修正月	修正理由
1	1999年8月	詳細設計の終了時
2	2000年5月	主に工事の開始が約1年遅れたことによる修正
3	2001年6月	主にJV先のエンジニアの交替による修正 NKとLBGの分担ポジションを変更
4	2002年3月	PM交代時の修正、O&M Specialist, Contract Engineer, Assist. Construction Engineerのポジションを追加
5	2003年2月	トンネル掘削の4ヶ月の遅れをカバーするための修正
6	2003年6月	上記に関する表記の間違いを修正

入札期間延長時に消費したMan-Months (MM) が大きいため、事業費に対するコンサルタントフィーが11%と高くなっており、追加のMMが認められないため、複数のポジションがPMの兼任ということで処理されている。

(3) その他のマネジメント

工事が開始されてすでに34ヶ月が経過し、コンサルタントチームは図-8に示すように約70名体制であり、事務所運営、労務管理、車両管理、購入管理などは安定している。文書管理には社内のISOを基本⁶⁾としているが本年はISO9000:2000へ移行する必要がある。

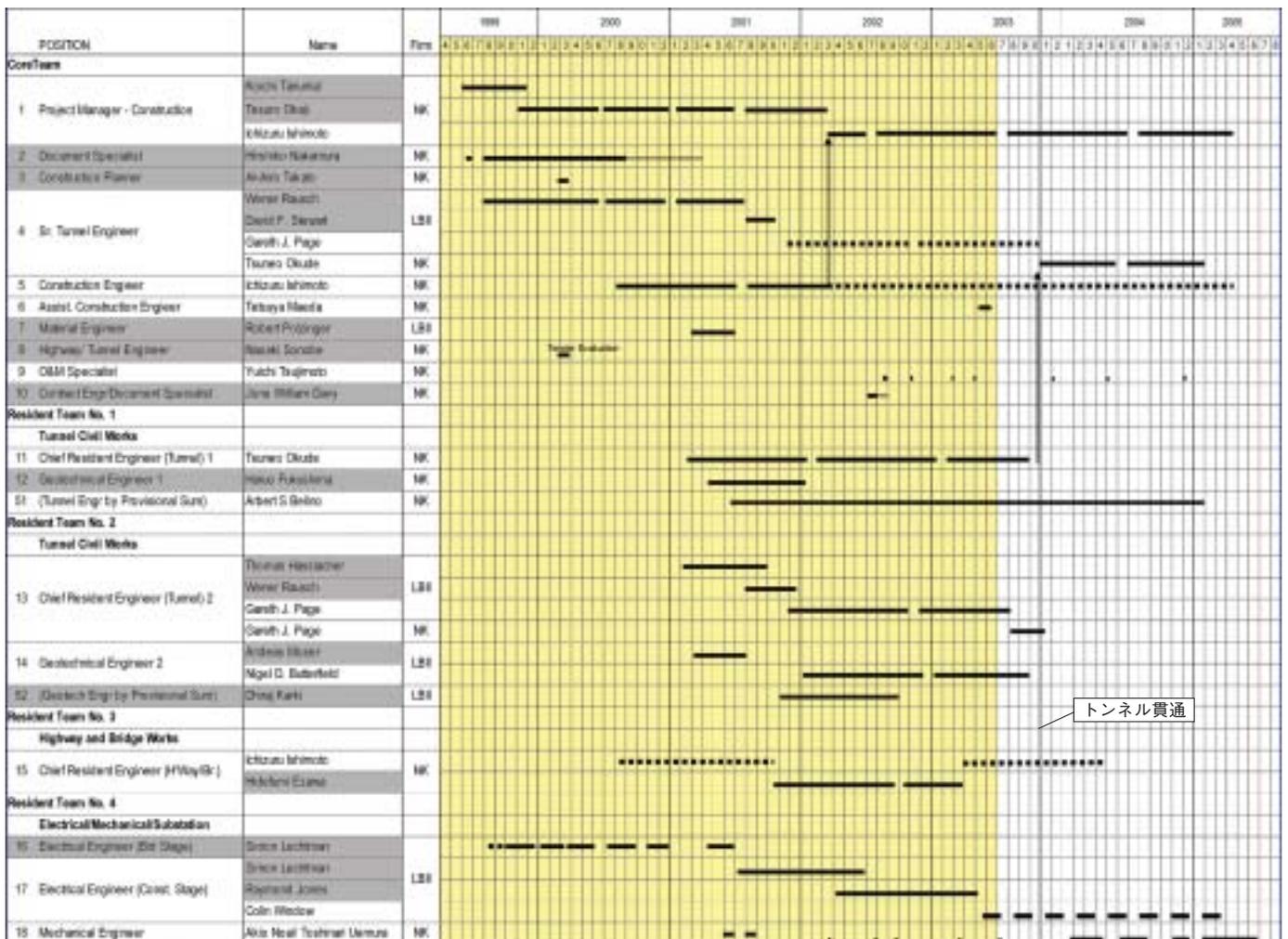


図-10 コンサルタントのアサインメントスケジュール

7. 工事のプロジェクトマネジメント

(1) 責任分担の考え方

表-8に示したように、工事のプロジェクトマネジメントには、各工区と全体を区別する必要がある。

表-11 工事のプロジェクトマネジメント

目的	プロジェクト全体			各工区		
	PM	FE	他	PM	FE	他
4. プロジェクト統合マネジメント	●	○		●	○	
5. プロジェクト・スコープマネジメント	●	○	OS	○	●	
6. プロジェクト・タイムマネジメント	●	○	SM	○	●	SM
7. プロジェクト・コストマネジメント	●		OS		○	OS
8. プロジェクト・品質マネジメント	●				●	GEO
9. プロジェクト・人的資源マネジメント	●	○		●	○	
10. プロジェクト・コミュニケーションマネジメント	●	○	ADM	○	●	ADM
11. プロジェクト・リスクマネジメント	●	○	OS	○	●	
12. プロジェクト・調達マネジメント	●		ADM	●	○	ADM

PM: プロジェクトマネジャー, FE: レジデントエンジニア, OS: 契約・積算エンジニア
 SM: スケジュール・マネジャー, GEO: 地盤エンジニア, ADM: アドミニストレーター
 ●: 主責任, ○: 副責任

各エンジニアの権限はFIDIC2.3項が規定するように明示されなければならない。次々と生起する作業の担当が明示的に示されているとチームワークが乱れない。

(2) コンサルタントチームの運営ルール

当プロジェクトでのコンサルタントチームのルールは次のようなものである。

- ① 各工区の品質管理はレジデントエンジニアの責任である。
- ② 全てのレターはプロジェクトマネジャーのサインで出状する。
- ③ レジデントエンジニアは「Engineer's Instruction」を出状して現場を管理する。
- ④ 全体的な事項、スケジュールリングや作業調整についてはプロジェクトマネジャーがイニシアティブをとる(スケジュール・マネジャーの責務)。
- ⑤ 支払い証明書は、QSチームが作成する(契約・積算エンジニアの責務)。
- ⑥ 契約に関連する事項は、チーム内でコンセンサスが必要であるからチーム内協議の上、チームとしてのアクションを決定する。
- ⑦ 設計報告書はレジデントエンジニアの資料に基づきプロジェクトマネジャーが作成する。

(3) その他

当プロジェクトのコンサルタントチームの当初の要員計画にはQS「契約・積算エンジニア」やSM「スケジュール・マネジャー」のポジションが用意されていなかった。QSは全ての施工監理プロジェクトに、SMは複数のコントラクターの工事が輻輳するプロジェクトに必須であると思われる。

8. スケジュール管理の実際と考察

(1) 工事開始のタイミング

1) 実際

プロジェクトの入札プロセスは詳細設計時の入札計画から乖離してしまい、結果として各工区の工事開始のタイミングも当初の全体計画とかなり異なるものとなった。

実際には第5工区(送電線)の入札の遅れでプロジェクト全体の電力供給プランの変更が余儀なくされ、第3工区(電力設備)の遅れで第4工区(機械設備)の運転調整が遅れると予測されている。

表-12 工事開始のタイミング

工区	Addendum 2 (1999.8)	実際	差 (ヶ月)
1A/1B	1999.10/48	2000.10	12
2A/2B	2001.10/30,32	2001.07	-3
3	2001.10/36	2003.02	17
4	2001.10/36	2002.03	5
5	2001.04/18	2001.12	8

2) 考察

入札図書書の準備時には最適な着工時期のみが検討され提案されている。実際的には各工区の着工が遅れた場合の他工区への影響を検討し、影響を軽減する措置を入札図書に示すような配慮が必要である。

(2) トンネル工事の工程表の表示方式

1) 表示方式(1) 斜線ダイヤグラム

詳細設計時にコンサルタントが作成した施工計画は従来のトンネル工事で一般的に採用されてきた斜線ダイヤグラムであった。

2) 表示方式(2) バーチャート

トンネル北工区(PK1A)および南工区(PK1B)の提出した工程表はバーチャートであり、コンサルタントはこれを契約工程(FIDIC14.1)として承認した。

3) 考察

トンネルは線形構造物であり、できるだけ速く掘削することが全体工期の短縮に直結する性格を有している。したがって、斜線ダイヤグラムやバーチャートによる工程表でも工事の予実の対比は可能ではある。

しかしながらこれらの表示方法では日数計算ができないため、複数のクリティカル・パス(Critical Path)を比較できず、したがって適切なタイミングでコントラクターにスケジュールに関する指示を示すことは困難である場合が多い。

(3) 工期延長と下請契約

1) 工事進捗の実際

PK1Aコントラクターは、1)工事が雨季に開始され現場へのアクセスが困難であった、2)本杭に軟弱地盤区間があった、

3)換気用トンネルに異常出水があった、4)換気用トンネルが144m長くなったなどの理由から5ヶ月の工期延長を要求した。

トンネル掘削は契約工程より約6ヶ月遅れていた。コンサルタントはPK1Aコントラクターに対して工区の南側区間の掘削をPK1Bコントラクターに下請させることを強く提案した。

PK1Aコントラクターの工期延長をコンサルタントは3.5ヶ月と査定し、クライアントもこの査定に口頭で同意した(南側PK1Bコントラクターには2.5ヶ月)。PK1Aコントラクターは工期延長クレームをとりあえず中断し、下請方式を採用することに同意した。

2) 考察

コンサルタントの詳細設計時の施工計画、PK1Aコントラクターの入札時の施工計画はともに換気用トンネル(約2km、突っ込み掘削)で出水が無いものとして計画されていた。実際には異常レベルの出水に遭遇したが、コントラクターは契約上の工期延長を今のところ正当化できていない。

正当化できない理由のひとつは契約工程がバーチャート方式であったため、それぞれの遅延要因によるクリティカル・パスへの影響を適正に評価し、説明できなかったからである。

コントラクターもコンサルタントもCPM(Critical Path Method)による工程表を契約工程とすべきであり、工事の進捗の早遅に対してその原因分析をタイムリーに実施すべきである。

(4) CPMによる工程表の作成

1) CPMの必要性

2002年11月に機械設備工事工区(PK4)の現場作業、2003年2月に電気設備工事工区(PK3)がそれぞれ開始され、トンネル土木工区との作業調整が必要となった。

トンネル工事は地山の状態によって工事の進捗が大きく異なり、工事の進捗も「掘ってみなければわからない」という面が強い。しかしながらプロジェクトの全体工程を確定するためには、機電工区はトンネル土木工事の進捗を仮定して施工計画を作成する必要があり、トンネル土木工事の進捗とリンクして適宜更新できる仕組みの施工計画を作成する必要があった。

2) 利用したソフトウェア

トンネル土木工区(PK1A/PK1B)、電気設備工区(PK3)、機械設備工区(PK4)の工事計画を総合しプロジェクト全体の工事計画をCPMによって作成するためにPrimavera社⁵⁾のProject Planner(P3)というソフトウェアを利用した。

3) 作業ゾーンの設定

トンネル内での土木コントラクターと機電コントラクターの作業調整を実施するために、トンネル内変電所の位置を考慮し、段階的な電力供給を想定して次のような作業ゾーンを設定し、各ゾーンごとのモニタリング用CPMを作成した。

表-13 作業ゾーンの設定

As of 12 June 2003

Zone (MT)	Zone (EP/VA HLR)	Location	Station		
			Start	End	Distance (m)
NPP		North Portal Plaza	01+515	01+643	128
Z3		NPP - EP1	01+643	03+500	1,857
EP1		EP1	03+500	03+672.5	172.5
	EP1	03+605			153.0
Z4		EP1 - VAB	03+672.5	04+175	502.5
VAB			04+175	04+300	125
	VAB	0-060 - 0-135.11			75.1
	VA	1+752.5 - 0-060			1,812.5
VAT		Ventilation Adit Portal			
Z5		VAB - EP2	04+300	05+050	750
EP2		EP2	05+050	05+200	150
	EP2	05+129			153
Z6		EP2 - EP3	05+200	06+150	950
Z6a		EP2 - 05+500	05+200	05+500	300
Z6b		05+500 - EP3	05+500	06+150	650
EP3		EP3	06+150	06+275	125
	EP3	06+210			153
Z7		EP3 - SPP	06+275	07+923	1,648
SPP		South Portal Plaza	07+923	08+020	97
	HLR	High Level Reservoir	---	---	---

4) レイアウト作成

P3は多彩な表示が可能であるが、全体の作業工程の調整と各コントラクターの作業工程の検討のために次の2つの基本レイアウトを作成した。

トンネル貫通まではこのレイアウトを基本とし、貫通後はさらに詳細なスケジューリングを実施するために作業ゾーンを詳細化し、レイアウトを追加する予定である。

表-14 CPMの2つの基本レイアウト

No.	レイアウト名	利用目的
1	Area-Contractor-Work	各作業ゾーンにおける各コントラクターの作業の関係を検討・調整する
2	Contractor-Work	各コントラクターが作業の順番と生産性を検討・調整する

Activity ID	Activity Name	Start	Finish	Duration	ES	EF	LS	LF	TF	FF	TF	FF
EP1 Contractor												
0100	Excavation/Level EP1			1	0	000100	000100					
0105	Water Proofing Membrane EP1			42	0	000142	000184					
0110	Concrete Laying EP1			30	42	000174	000204					
0115	Reinforcement EP1			30	42	000174	000204					
EP2 Contractor												
0200	Excavation/Level EP2			30	30	000230	000260					
0205	Water Proofing EP2			30	30	000230	000260					
0210	Concrete Laying EP2			18	48	000248	000266					
0215	Reinforcement EP2			1	48	000249	000250					
EP3 Contractor												
0300	Excavation/Level EP3			20	20	000320	000340					
0305	Water Proofing EP3			30	30	000320	000350					
0310	Concrete Laying EP3			100	100	000350	000450					
0315	Reinforcement EP3			30	30	000350	000380					
0320	Water Proofing EP3			40	40	000380	000420					
EP4 Contractor												
0400	Excavation/Level EP4			100	100	000400	000500					
0405	Water Proofing Membrane EP4			100	100	000400	000500					
0410	Concrete Laying EP4			100	100	000400	000500					
EP5 Contractor												
0500	Excavation/Level EP5			30	30	000530	000560					
0505	Water Proofing EP5			30	30	000530	000560					
0510	Concrete Laying EP5			30	30	000530	000560					

図-11 レイアウト1の例：各ゾーンの作業

図-12 レイアウト2の例：各コントラクターの作業

5) クリティカル・パスの把握

CPMによる工程表を作成したことにより、プロジェクト全体のクリティカル・パスの推移と進捗が明示され、日数計算が可能となった。プロジェクト全体工期に対する各コントラクターの作業時間の影響が定量的に管理できるようになった。

(5) CPMによる進捗モニタリングのレポート

1) CPMによる工程管理の基本方針

CPMによる工程管理の基本方針は次のとおりである。

- ① トンネル貫通までは BLP1 (Base Line Program No.1) を Target Programとして設定する。
- ② BLP1は毎月のモニタリングとする。
- ③ トンネル貫通後、BLP2を作成する。
- ④ BLP2は毎週のモニタリングとする。

2) BLP1の作成

BLP1の作成により、プロジェクトの全体工程のクリティカル・パスが確認でき、関連コントラクターに作業時間短縮のためのより詳細な作業工程の作成・提出を指示した。

3) 進捗モニタリングのレポート

BLP1作成以後、毎月の進捗をTracking Programとして入力し、BLP1からの差違をレポートしている。図-11、12の「Slippage from BLP1」のカラムに差違が日数で示されている。

9. 作業調整に関する実際と考察

(1) 調整会議

1) 基本方針

トンネル土木工事 (PK1A, PK1B)、電気設備工事 (PK3) と機械設備工事 (PK4) のそれぞれの作業がトンネル内で輻輳するため、全体調整会議 (Overall Coordination Meeting) を毎月開催している。

2) 2つの調整対象と個別調整会議

主な打合せ内容は次のとおりである。

- ① 設計調整
- ② 施工調整

それぞれの個別の調整項目について、関連コントラクター間で個別調整会議を開催し、重要な調整会議はクライアントとコンサルタントが参加して議事録を作成している。

3) 作業調整のモニタリング

各調整のモニタリングのためにWCST (Work Coordination Summary Table) を作成し、作業調整の緊急度と調整の進捗をモニターしている (表-15)。

(2) トンネル土木工事の下請契約

PK1Aコントラクターは最終的に約450m分のトンネル掘削工事をPK1Bコントラクターに下請契約することとなったが、この契約が締結されるまでに半年あまりを費やした。機電工区の施工計画は、このトンネル土木工区の下請契約の完了とそれに伴ったトンネル土木工事の施工計画の修正に基づいて作成された。

表-15 作業調整のモニタリングシート (部分)

Work Coordination Summary Table

WC No.	Status	Related Contractors	Deadline of Decision	Work Place	Work Description	Work Quantities in Priority Basis		Work Responsibility of each Contractor	Work Schedule	List of Related Specifications	List of Related Drawings	Other requirements, if any	Reference
						Qty Item	Quantity						
1A-01	4-06	EC, PK3, PK4	May 03	Electrostatic Precipitator	Clarify center drain pit in Facility Machine Rooms	New	Yes	Confirmed	Yes		REV 001-VE-003 REV 01A-TN-014 (P4-004-05-014)		
1A-02	4-01	EC, PK4	May 03	Connection of Main Tunnel and Ventilation Airt	Clarify center drain pit in Electric Room	New	Yes	Confirmed	Yes		REV 001-VE-008 (P4-004-05-008)		
1A-04		EC, PK3, PK4	May 03	Ventilation Airt	Clarify cable duct - to decrease cross section area	ESC18-02	Yes	Confirmed	Yes		PJ-TN-193		
1A-05	4-03	EC, PK1B, PK3, PK4	Dec 02	Main Tunnel	Clarify cable duct - detail when cable conduct number changes	ESC18-02	Yes	Confirmed	Yes		PJ-TN-007, 171, 215A, 215B		
1A-06		EC, PK1B, PK3, PK4	Dec 02	Emergency Call Niche	Detailing of inside - necessity of independent hydrant, etc.	REV	REV	Confirmed	Yes		PJ-TN-215		
1A-07	4-05	EC, PK1B, PK3, PK4	Dec 02	Main Tunnel	Detailing of man-hole - location of concrete well	ESC18-30	Yes	Confirmed	Yes		PJ-TN-215c, 216		
1A-08		EC, PK1B, PK3, PK4	May 03	Main Tunnel Lay-by	Clarify SOW of DCI Pipe, necessity of hydrant on lay-by left	ESC18-01, 2518-23	Yes	Confirmed	Yes		PJ-TN-215, 216		
1A-09		EC, PK1B, PK3	Dec 02	Main Tunnel	Detailing of man-hole - exact location and bottom elevation	ESC18-02	Yes	Confirmed	Yes		PJ-TN-224		

実際には2003年7月上旬よりPK1BコントラクターがPK1Aコントラクターの工区を掘削開始している。

(3) 斜線ダイヤグラムによる全体工程

斜線式ダイヤグラムはプロジェクトの工期全体を把握するに優れた表示方法であると判断し、表示方法はAutoCADの外部参照機能を利用することとして各コントラクターにそれぞれの工程を作成・提出させて、コンサルタントがそれを総合する方法とした。

コントラクターは工程の変更ならびに毎月の実績を各自のAutoCADファイルで提出する。

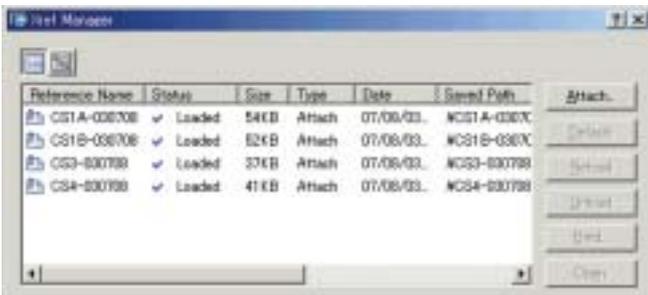


図-13 AutoCADの外部参照機能による工程表の総合

(4) CPMによる工程表

1) 作業調整のためのCPMによる工程表

一方、上述したCPMによる工程表は各工区の概略的な作業の順序と必要作業日数を明示している。コントラクター間の作業の関係も各アクティビティのリンクとして反映されているため、一つのアクティビティの作業の早遅がプロジェクト全体の工程へ反映される。

図-15に示すとおり、アクティビティ各行の上段に目標であるTarget Barが、下段に実際の進捗であるProgress Barが表示される。

当プロジェクトでは斜線ダイヤグラムとCPMによる工程表を整合させることで、全体と各作業の進捗管理が実施されている。

クリティカル・パスは2カ所に存在しており、それらの最長経路をいかに短縮するかを現在模索している。

2) 考察

コントラクター間の作業調整において問題となるのは、現実的な作業調整による工事工程と契約上のマイルストーンとの不一致である。

例えば、PK1Aコントラクターは契約上のマイルストンの内の2つが達成できない。PK3コントラクターはタイムリーな現場の引き渡し(Access to Site)が実施されない場合は工事

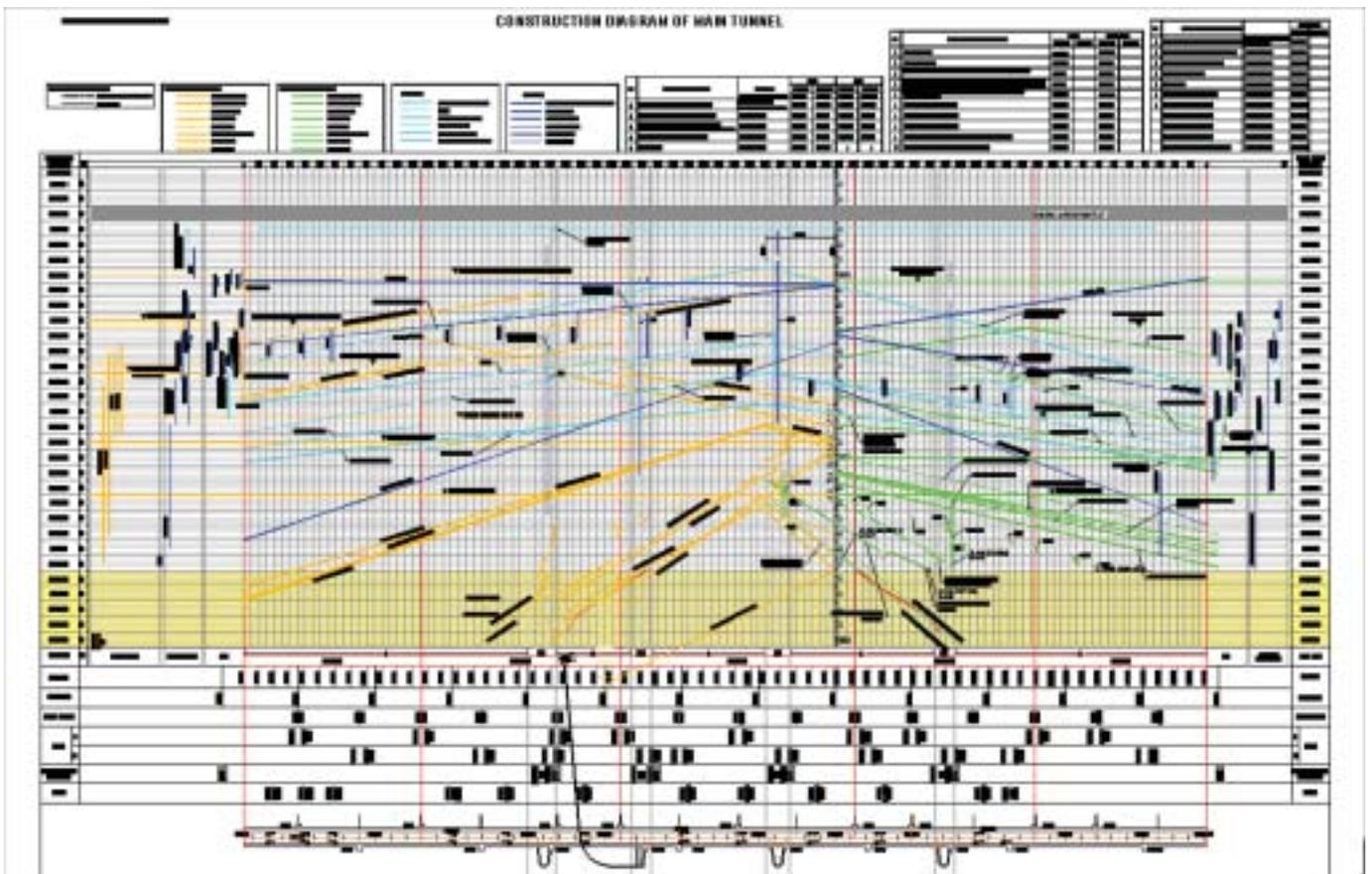
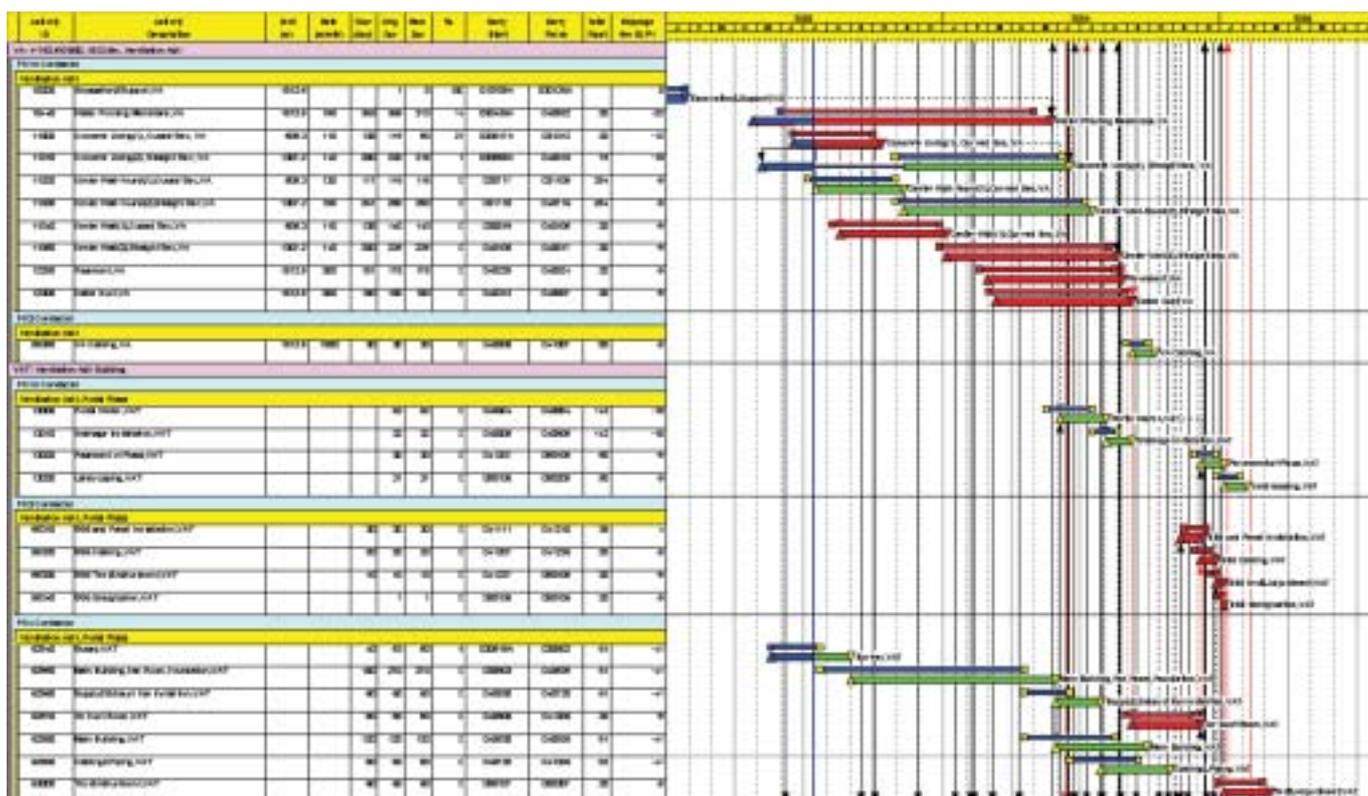


図-14 全体工程把握のための斜線式ダイヤグラム (AutoCAD2004による)



図一15 CPMによる全体工程(部分)(Primavera Project Planner(P3)による)

が遅れると主張する。PK4コントラクターはPK3からの受電が始まらなると機械設備の最終調整ができないと主張する。

コントラクターの工事が入札図書作成時に想定したとおりにタイムリーに開始されず、各工区の作業が同一空間で輻輳する現場では、実際の作業工程と契約工程のギャップは常に存在すると思われる。

このような場合に関係者間で「現実的な解決方法(Practical Solution)を合意するためにも、CPMによる工程表に基づいた議論が不可欠である」と考える。

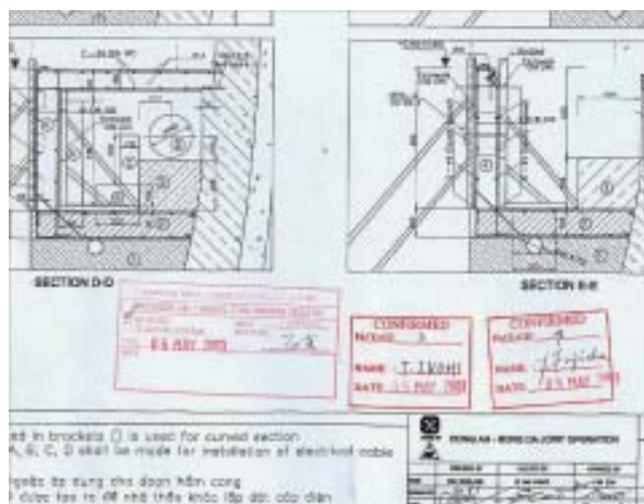
(5) 設計調整のための施工図の承認手続き

1) 複数コントラクターに関連する図面

設計調整の後、土木コントラクターが作成した施工図(Shop Drawing)は関連コントラクターの確認サイン後、コンサルタントが承認サインする手順としている。

2) Website上での図面情報提供

各工区でコンサルタントが承認した図面はその図面番号と図面名をプロジェクトのWebsite上に示している。各コントラクターはこのWebsiteにより他のコントラクターの図面承認の進捗を確認できるとともに、自工区に関連する図面がある場合はコンサルタントから図面を入手できる⁶⁾。



図一16 設計調整後の施工図の承認(部分)

10. まとめ—プロジェクトマネジメントのポイント

(1) 情報管理—ISOの利用

「タイムリーに適切なレターを出状する」ということがコンサルタントの仕事の大半であり、そのためにはプロジェクトに関連する全ての情報を的確にファイリングし、いつでも参照できる状態に保っておくことが必要である。社内ISOの管理対象情報はプロジェクト全体の情報をカバーしていない⁶⁾。

(2) CPMによる工程表の作成

プロジェクトマネジメントは関係者への説得力が必要であり、スケジュール管理や作業調整のための材料としてはCPMによる工程表の作成が効果的である。

CPMによる工程表では各コントラクター間の作業の連携をリンクとして明示している。契約上の工程と実務的な工程をいかに摺り合わせるのかという点にコンサルタントの仕事がある。

(3) 作業調整の方法

作業調整における各コントラクター間の合意を形成し確認するアプローチとして、作業調整管理台帳(Work Coordination Summary Table)を作成し、調整会議で確認してきた。

複数のコントラクターに関連する施工図面は、設計調整の結果として「Confirmed Sign」をスタンプしている。

(4) PMBOKの利用

コンサルタントチーム内での仕事の仕分けや意思決定のためにPMBOKの利用は有効である。コンサルタントチームの各スタッフのベクトルがプロジェクトの成功に向かうようにチームビルディングを実施する。

(5) プロジェクトマネジメントにおけるITの利用

プロジェクトの現場事務所はコンピュータ・ネットワーク(LAN)が構築され、各ユーザ間の効率的なファイル転送、サーバ内のプロジェクト情報管理やアウトプット機器(プロッターやカラープリンター)の共有が達成できている。

また、文献⁶⁾に示したようにプロジェクト内の情報共有にはWebを積極的に利用すべきである。Webの利用によって情報の配信効率が向上し、検索時間も短縮できる。先進的なIT(情報技術)のハードウェアとソフトウェアを積極的に利用することにより、効率的・効果的なプロジェクトマネジメントが実現できる。

(6) プロジェクトマネジメントの文化的側面

プロジェクトマネジメントの成功のためには技術的な側面以外に途上国の文化、欧米人スタッフの有する文化を理解し、それらを包括・融合する「プロジェクトの文化」を構築してゆく意識と実践が必要である。

11. おわりに

筆者が当プロジェクトに従事して早3年が過ぎ、その間上述したプロジェクトマネジメント手法の適用に挑戦してきたが、幸いクライアントからも評価されている。

本報文が読者の施工監理コンサルタントの仕事に対する理解を促進し、若手技術者がプロジェクトマネジャーを目

指して自己研鑽する際の参考となることを期待する。

当プロジェクトの進捗はプロジェクトWeb上に公開しています。興味のある方は是非覗いてみてコメントください。

URL：<http://haivan.cup.com>

参考文献

- 1) a) FIDIC：Conditions of Contract for Works of Civil Engineering Construction, PART I GENERAL CONDITIONS, 4th Editions, 1987
b) FIDIC：Conditions of Contract for Electrical and Mechanical Works, 3rd Edition, 1987
c) 日本コンサルティング・エンジニア協会：土木建設工事の契約条件書、第I部 一般条件、1987(第4版)
d) 日本コンサルティング・エンジニア協会：電気および機械設備工事の契約条件書、1987(第3版)
- 2) (社)海外建設協会：海外建設工事の契約管理、第1部 契約管理の基礎知識、まえがき、2000年4月
- 3) 日本工営(株)：施工監理ガイドライン(FIDIC第4版対応)、QS-K-G004-01、1999
- 4) a) PMI：A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide) 2000 Edition, 2001
b) PMI：プロジェクトマネジメント知識体系ガイド、2003
- 5) www.primavera.com
- 6) 石本一鶴：施工監理プロジェクトのホームページの研究、日本工営技術情報、No.23、pp.143-151、平成15年