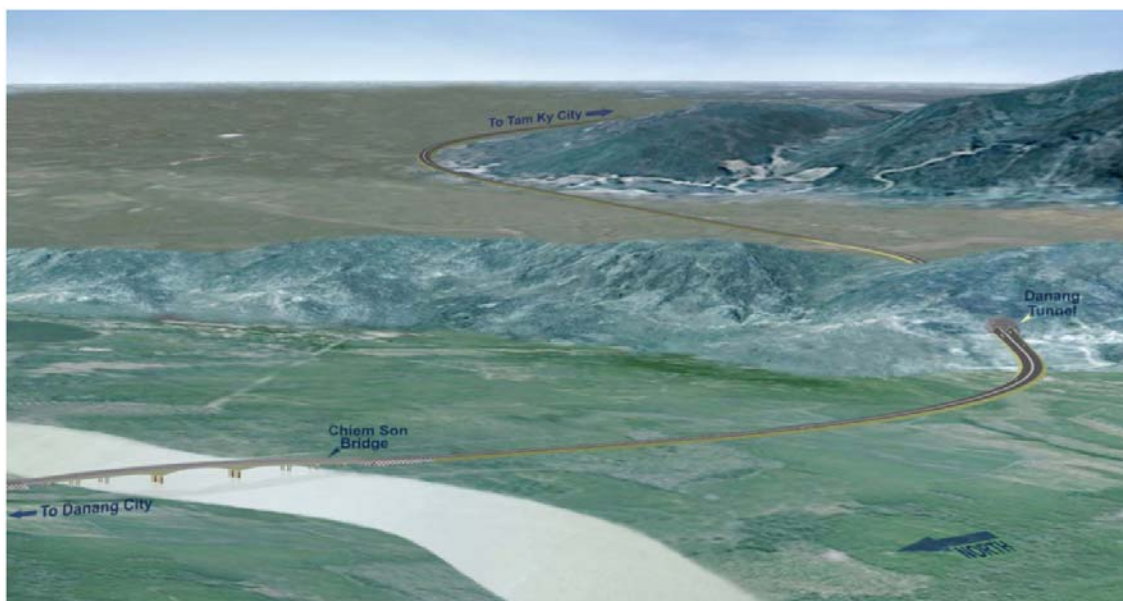


海外 OJT 研修報告書

～ダナン-クワンガイ高速道路詳細設計業務～



大阪支店技術第二部 a6837 杉森 健作

(研修実施期間：2012/9/3～2012/10/15)

1. 事業概要

1.1. 背景

本事業は、ベトナム中部の中心都市であるダナン (Da Nang) 市とクワンガイ (Quang Ngai) 省を結ぶ高速道路 (総延長 139.2km : 高速道路区間 131.5km、接続区間 7.7km) を建設する計画である。2000 年から 2005 年にかけて検討された BOT による当初計画は、資金が調達できず実現されなかったが、2 年後の 2007 年にベトナム政府はこの事業を最優先事業の一つとして認可し、円借款による事業の実現に向け JETRO による調査を実施した。一方、WB は 2007 年 11 月に本事業に IBRD ローンを供与することを発表、JETRO 調査を補完する FS 調査を実施した。2009 年ベトナム政府は FS 調査の更新を TEDI に委託、更新版 FS は 2010 年 9 月に MOT により承認され、本事業の詳細設計が WB、RNIP プロジェクトの資金を活用して実施されることとなった。

1.2. 位置図

ダナン-クワンガイ高速道路は、ベトナムの南北高速道路建設計画の一区間にあたり、国道 1 号線



図 1-1 高速道路の位置図

と南北鉄道に平行した位置に計画されている。本高速道路の位置図を図 1-1 に示す。

1.3. 事業の必要性

本事業の必要性については、主に以下の 3 点が挙げられる。

① 輸送需要の拡大

近年におけるベトナム経済の発展は、交通量の急速な増加を促している。国全体の車両所有台数に着目すると、2020 年には 1995 年比で 300%増加すると予測されている。このことから、今後の道路網の整備・拡大は必要不可欠である。

② ベトナム中部の社会経済開発の促進

本事業は、ベトナム中部における地域間の結びつきを強め、社会経済発展を支援する重要なインフラ事業である。本事業により都市間移動時間の短縮や、チューライ (Chu Lai 経済特区)・ズンクワット (Dung Quat) 工業団地の更なる発展が期待されている。

③ 南北高速道路計画の一部

本事業は、将来的にハノイ (Ha Noi) - ホーチミン (Ho Chi Minh) 間を結ぶ南北高速道路計画 (総延長 3,262km) の一部区間となっている。

1.4. 事業の目的

本事業の主な目的は、ダナン (Da Nang) - クワンガイ (Quang Ngai) 高速道路を建設することにより移動時間の短縮や安全性を高め、またベトナム中部の社会経済発展に貢献することである。

1.5. 事業内容

本事業のプロジェクトオーナー、発注者等に関する概要について、表 1-1 に示す。

表 1-1 本業務の概要

項目	内容
プロジェクトオーナー	VEC (Vietnam Expressway Corporation)
発注者	PMU85
受注者	日本工営(株)、大日本コンサルタント(株)、(株)長大、タイ・エンジニアリング
契約金額	約10億円(日本工営:6億円)
履行期間	2011/12/01~2013/01/31

本事業区間は総延長 139.2km に及び、事業区間内における主要土木構造物の概要を表 1-2 示す。

表 1-2 主要土木構造物の概要

主な構造物	概要
道路延長	139.204km(上下各2車線合計4車線、将来的には上下1車線ずつ拡幅し合計6車線を計画予定)
長大橋梁	4橋(1044.70m、750.2m、455.00m、444.00m)
その他橋梁	135橋
トンネル	1箇所(530m)
インターチェンジ	9箇所

2. 研修目的および内容

2.1. 研修目的

OJT 研修における主な研修目的は以下のとおりである。

- ① 海外コンサルタント業務における理解を深める、グローバルな視点を養う。
- ② 海外業務において求められる専門分野の技術・能力を把握する。
- ③ 海外業務におけるコミュニケーション能力の向上を図る。

2.2. 主な研修内容

本事業では、表 2-1 に示すように 131.5km の高速道路区間を 13 の Package に区間分けし、詳細設計が実施されていた。本研修では、軟弱地盤が厚く堆積する区間である PKG-1 (0.000km～8.000km) に関して、1)現場土質調査・室内土質試験の視察、2)現場調査・室内土質試験結果のとりまとめ、3)道路盛土の安定・圧密沈下検討および軟弱地盤対策工法の検討という業務に携わった。

表 2-1 事業範囲の区間分け

Package	Section	Package	Section
PKG-1	Km000+000 ~ Km008+000	PKG-7	Km052+000 ~ Km065+000
PKG-2	Km008+000 ~ Km016+750	PKG-A1	Km065+000 ~ Km081+150
PKG-3A	Km016+750 ~ Km018+750	PKG-A2	Km099+500 ~ Km099+500
PKG-3B	Km018+750 ~ Km021+500	PKG-A3	Km099+500 ~ Km110+100
PKG-4	Km021+500 ~ Km032+600	PKG-A4	Km110+100 ~ Km124+700
PKG-5	Km032+600 ~ Km042+000	PKG-A5	Km124+700 ~ Km131+180
PKG-6	Km042+000 ~ Km052+000		

1) 現場土質調査・室内土質試験の視察

PKG-1 (0.000km～8.000km) においては、現場土質調査としてボーリング調査が 141 孔（総掘進長：2591m）、ベーンせん断試験が 70 箇所で行われていた。これらの現場土質調査の実施状況について現地視察を行った。写真 2-1 にボーリング調査状況を示す。また、ベーンせん断試験の調

査状況を写真 2-2 に示す。ボーリング調査およびベーンせん断試験は、日本基準の試験方法とほぼ同様であり、ボーリング機械については日本製のものが使用されていた。



写真 2-1 ボーリング調査実施状況



写真 2-2 ベーンせん断試験実施状況

現場土質調査で採取された攪乱および不攪乱の土質試料は、現場近くの室内土質試験室に速やかに運搬され、室内土質試験が実施されていた。

PKG-1 においては、物理試験一式（土粒子の密度試験、土の含水比試験、土の粒度試験、土の液性・塑性限界試験）が 543 試験、圧密試験が 122 試験、一軸圧縮試験が 97 試験、三軸圧縮試験(UU 条件)が 25 試験、三軸圧縮試験 (CU 条件) が 19 試験と膨大な量の室内土質試験が実施されていた。室内土質試験室における試験状況を写真 2-3 に示す。室内土質試験の試験機は中国製であり、所々にサビやキズが多くみられた。また、試験室は整理整頓が出来ておらず、試験器具や土質試料が床や机

に無秩序に並べられており、土質試験を実施する環境としてはあまり良好ではないと感じた。



写真 2-3 室内土質試験の試験状況

2) 現場調査・室内土質試験結果のとりまとめ

現場調査・室内土質試験結果のデータ整理に関して、私の担当した主な作業は以下の2点である。

- ① PKG-1 の試験データ（ボーリング柱状図、室内土質試験結果等）が所定の期日までにベトナムのサブコントラクターから提出されているかをチェックする。期日を過ぎても試験結果が提出されない場合や数量に不足がある場合には、ベトナムのサブコントラクターと話し合い、速やかに試験結果の提出を求める。
- ② 全ての試験データが揃った後、高速道路盛土の安定検討や圧密沈下検討に使用する地盤定数を設定する。

PKG-1 においては、前述したとおり膨大な量の現場調査および室内土質試験が実施されていたため、作業①を実施して全ての試験データが提出されているかを確認するだけで1週間以上の時間を要した。また、提出されてきた試験データには、所々で記入ミスや誤字・脱字等の間違いがあり、修正の依頼をすることが頻繁にあった。試験結果の提出を催促する際や試験データの修正を依頼す

る際には、ベトナム人のサブコントラクターは、すんなりと私の要求を理解してくれず、何度も話し合わなければいけないことがあった。英語を使って自分の意見を具体的に分かりやすく相手に伝えることの難しさを感じた。

全ての試験データが揃った後に作業②を実施し、高速道路盛土の安定検討や圧密沈下検討に使用する地盤定数を設定した。基礎地盤および盛土の土質定数を表 2-2 に示す。なお、盛土の土質定数については、盛土材料の材料試験が終了していなかったため、今回は Feasibility study 時に設定された値を引用した。ボーリング調査で採取した試料の観察や標準貫入試験結果、室内土質試験結果に基づき、PKG-1 (0.000km~8.000km) では、19 の土層に区分した。

3) 高速道路盛土の安定・圧密沈下検討および軟弱地盤対策工法の検討

PKG-1 (0.000km~8.000km) では、特に Layer4 と Layer7 (表 2-2 に赤枠で示す) の粘性土層が非常に軟らかく (N 値が 0~3 程度)、また区間全体に厚く堆積していることから、高速道路盛土の安定および圧密沈下に対して検討を行った。なお、PKG-1 は 8.0km もの長さがあるため、基礎地盤の土層構成や道路盛土の盛土高さなどを考慮しながら、45 区間に細分化を行い、盛土の安定・圧密沈下検討を実施する方針とした。本研修では、45 区間のうちの 1 区間 (1.790km~1.905km 区間) について、安定・圧密沈下検討および軟弱地盤対策工法の検討を行った。図 2-2 には、1.790km~1.905km 区間の代表断面 (1.850km 地点) を示

表 2-2 土質定数一覧表

Layer No.	Soil	Color	N value	Unit weight γ_t (t/m ³)	Adhesive force c (kPa)	Internal friction angle ϕ (deg.)	Strength increase rate m	Compression index Co	Swelling index Cs	Overconsolidation ratio OCR	Coefficient of consolidation $C_v \times 10^{-3}$ (cm ² /s)						
1a	Lean CLAY	yellowish brown	5	1.83	Test Ave.	32.4	qu/2	0.34	qu/2	0.208	Test Ave.	0.045	Test Ave.	1.0	0.522	Test Ave.	
1b	Clayey SAND	yellowish brown	8	1.87	Test Ave.	0.0	31.0	$\sqrt{(15 \cdot N)+20}$	-	-	-	-	-	-	-	-	
1c	Lean CLAY	yellowish brown	11	1.91	Test Ave.	36.2	1a qu/2	0.34	1a qu/2	0.208	1a Test Ave.	0.045	1a Test Ave.	1.0	0.522	1a Test Ave.	
2	Clayey SAND	greenish grey, blackish grey	5	1.82	Test Ave.	0.0	28.7	$\sqrt{(15 \cdot N)+20}$	-	-	-	-	-	-	-	-	
3	Silty SAND	yellowish brown, yellowish grey	12	1.82	2 Test Ave.	0.0	33.4	$\sqrt{(15 \cdot N)+20}$	-	-	-	-	-	-	-	-	
4	Fat CLAY	greenish grey, blackish grey	2	1.65	Test Ave.	33.7	VST	0.0	0.21	7 VST	0.733	Test Ave.	0.115	Test Ave.	1.0	0.335	Test Ave.
4a	Lean SAND	greenish grey, blackish grey	2	1.75	Test Ave.	0.0	25° 42'	C _u bar	-	-	-	-	-	-	-	-	
5a	Lean CLAY	yellowish grey, greenish grey	8	1.87	Test Ave.	46.4	qu/2	0.32	qu/2	0.156	Test Ave.	0.035	Test Ave.	1.0	0.531	Test Ave.	
5b	Lean CLAY	yellowish grey, greenish grey	11	1.91	Test Ave.	46.4	5a qu/2	0.32	5b qu/2	0.156	5b Test Ave.	0.035	5b Test Ave.	1.0	0.531	5b Test Ave.	
6	Lean CLAY	yellowish brown, greenish grey	16	1.82	2 Test Ave.	0.0	35.5	$\sqrt{(15 \cdot N)+20}$	-	-	-	-	-	-	-	-	
7	Lean CLAY	blackish grey, greenish grey	2	1.69	Test Ave.	30.2	VST	0.21	VST	0.324	Test Ave.	0.065	Test Ave.	1.0	0.358	Test Ave.	
8	Lean CLAY	yellowish brown, greenish grey	11	1.92	Test Ave.	55.5	5a qu/2	0.28	5a qu/2	0.183	Test Ave.	0.045	Test Ave.	1.0	0.377	Test Ave.	
9	Silty GRAVEL	greenish grey, yellowish brown	37	2.00	Assumed	0.0	43.6	$\sqrt{(15 \cdot N)+20}$	-	-	-	-	-	-	-	-	
10	Lean CLAY	yellowish brown, yellowish grey	27	1.98	Test Ave.	81.3	qu/2	0.25	qu/2	-	-	-	-	-	-	-	
11	Silty SAND	greenish grey, yellowish brown	25	2.00	Assumed	0.0	39.4	$\sqrt{(15 \cdot N)+20}$	-	-	-	-	-	-	-	-	
12	Silty GRAVEL	yellowish brown, greenish grey	31	2.00	Assumed	0.0	41.6	$\sqrt{(15 \cdot N)+20}$	-	-	-	-	-	-	-	-	
L1	Lean CLAY	blackish grey, greenish grey	3	1.73	Test Ave.	14.3	5a qu/2	0.34	1a qu/2	0.208	1a Test Ave.	0.045	1a Test Ave.	1.0	0.522	1a Test Ave.	
L2	Silty SAND	greenish grey	11	1.82	2 Test Ave.	0.0	32.8	$\sqrt{(15 \cdot N)+20}$	-	-	-	-	-	-	-	-	
L3	Clayey SAND	yellowish brown	4	1.86	Test Ave.	0.0	27.7	$\sqrt{(15 \cdot N)+20}$	-	-	-	-	-	-	-	-	
Embankment	-	-	-	2.1	-	14.0	-	15.2	-	-	-	-	-	-	-	-	

す。また、盛土の施工条件については、表 2-3 に示す。盛土の安定検討に関しては、盛土施工直後および道路供用開始時について検討し、盛土安定に関する基準安全率を表 2-4 に示す。

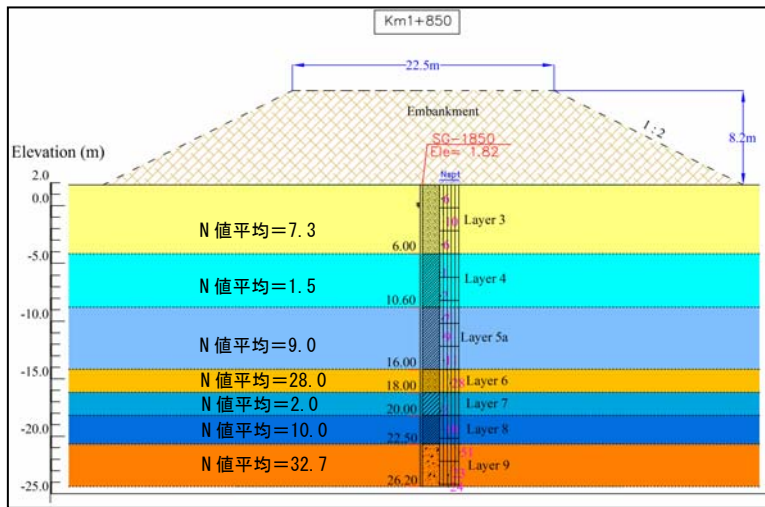


図 2-1 盛土および基礎地盤の横断面図(1.790km~1.905km 区間)

表 2-3 盛土の施工条件

盛土の施工条件	
・盛土の施工速度	5cm/日
・盛土高さ	820cm
・盛土の施工期間	164日
・盛土施工後の放置期間	365日(1年)
・道路供用開始後の許容残留沈下量	30cm以内

表 2-4 盛土安定における基準安全率

安定計算における基準安全率	
・盛土施工後の安全率 ※	$F_s \geq 1.10$
・道路供用開始時の安全率 ※	$F_s' \geq 1.25$

※:「道路土工-軟弱地盤対策工指針」に従う

まず、基礎地盤が無対策の場合における圧密沈下検討を実施した。表 2-5 に圧密沈下検討結果を示す。また、図 2-2 に圧密沈下検討のモデル図を示す。

表 2-5 圧密沈下検討結果(無対策)

盛土施工直後 ※			地盤の最終沈下量 (cm)
沈下量L1 (cm)	圧密度(%)	残留沈下量(cm)	
38.6	32.2	81.5	120.2
道路供用開始時(盛土施工後に365日経過) ※			L2 < 30cm
沈下量L2 (cm)	圧密度(%)	残留沈下量(cm)	
66.9	55.7	53.3	×

※:盛土中央部における圧密沈下量が最大値を示すため、代表値として本表に示す

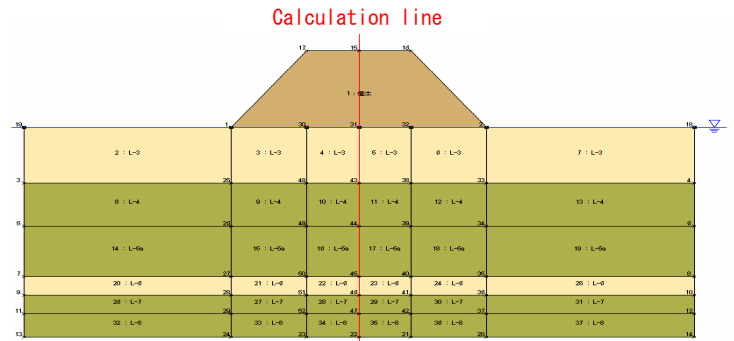


図 2-2 圧密沈下計算のモデル図(無対策)

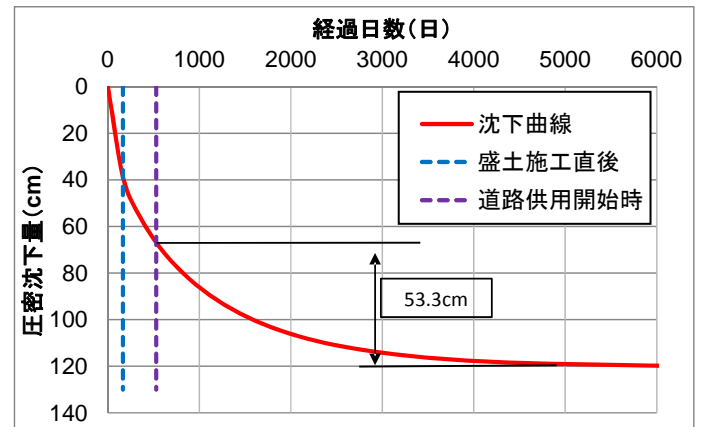


図 2-3 沈下曲線(無対策)

基礎地盤が無対策の場合には、道路供用開始時(盛土施工後 365 日経過)には残留沈下が 53.3cm となるため、許容残留沈下量の条件を満たさない結果となった。そのため、本検討区間(1.790km~1.905km 区間)においては基礎地盤の軟弱地盤対策工法の検討が必要となった。本検討では、SD (Sand Drain) 工法および PVD (Prefabricated Vertical Drain) 工法について、2つの軟弱地盤対策工法の比較を行った。

① SD 工法

地盤中に適当な間隔で鉛直方向に砂杭を施工し、水平方向の圧密排水距離を短縮することで粘性土の圧密沈下を促進する工法である。図 2-4 に圧密沈下検討のモデルを示す。SD 工法は、砂杭の配

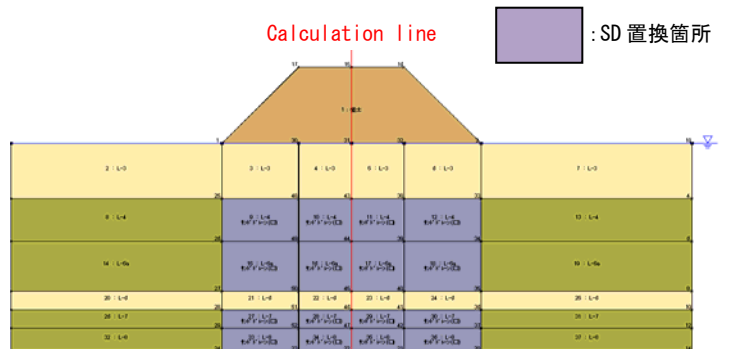


図 2-4 圧密沈下検討のモデル図(SD 工法)

置方法を正方形配置と三角形配置の2種類について検討を行った。表2-6に圧密沈下検討結果を示す。表2-6より、正方形配置の場合は砂杭の打設間隔が1.9m、三角形配置の場合は砂杭の打設間隔が2.1mとなると道路供用開始時における許容残留沈下量を満足することが分かる。

表2-6 圧密沈下検討結果 (SD工法)

配置	打設間隔 (m)	地盤の最終沈下量 (cm)※	盛土施工直後※			道路供用開始時※			L2<30cm
			沈下量 L1 (cm)	圧密度 (%)	残留沈下量 (cm)	沈下量 L2 (cm)	圧密度 (%)	残留沈下量 (cm)	
正方形	2.0	120.2	38.1	31.7	82.1	88.5	73.7	31.6	×
	1.9		40.3	33.5	79.9	92.4	76.9	27.8	○
三角形	2.2	120.2	37.2	30.9	83.0	86.7	72.2	33.5	×
	2.1		39.0	32.5	81.1	90.3	75.1	29.9	○

※: 盛土中央部における圧密沈下量が最大値を示すため、代表値として本表に示す

次に、圧密沈下検討で許容残留沈下量を満たした解析ケースに対して、盛土施工直後および道路供用開始時における基礎地盤（粘性土地盤）の強度増加が見込まれた場合の盛土の安定検討を実施した。表2-7に盛土の安定検討結果を示す。また、盛土施工直後および道路供用開始時における安定検討のモデル図を図2-5～図2-8に示す。

表2-7 安定検討結果 (SD工法)

配置	打設間隔 (m)	盛土施工直後安全率Fs	Fs>1.10	道路供用開始時安全率Fs'	Fs'>1.25
正方形	1.9	1.113	○	1.279	○
三角形	2.1	1.111	○	1.273	○

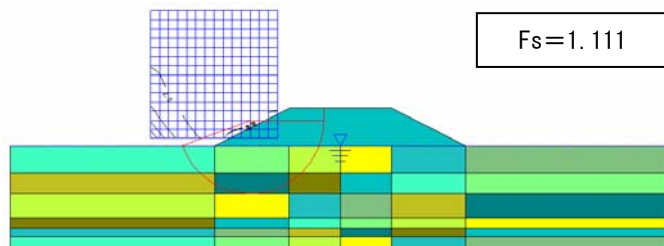


図2-7 安定検討のモデル図 (三角形配置・盛土施工直後)

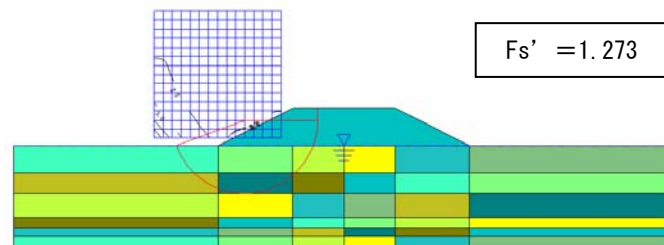


図2-8 安定検討のモデル図 (三角形配置・道路供用開始時)

表2-7に示すように、正方形配置および三角形配置の両ケースにおいて、盛土施工直後と道路供用開始時の基準安全率を上回る結果となった。従って、SD工法では、正方形配置の場合は砂杭の打設間隔を1.9mピッチに設定し、三角形配置の場合は砂杭の打設間隔を2.1mピッチに設定すれば所定の安全率を確保できることが確認できた。

② PVD工法

地盤中に適当な間隔で鉛直方向にドレーン材（プラスチックやファイバー等）を施工し、水平方向の圧密排水距離を短縮することで粘性土の圧密沈下を促進する工法である。一般的なドレーン打設機械の規格は、表2-8に示すとおりである。また、表2-9にはドレーン打設機の打設可能なN値の範囲を示す。

表2-8 ドレーン打設機械の規格

区分	規格			摘要
	打込長			
	20m以下	30m以下	40m以下	
ドレーン打設機	機関出力 81kW(110ps)	96kW(130ps)	147kW(200ps)	
分類	標準機	中型機	大型機	

表2-9 打設機の打設可能なN値の範囲

分類	機種	対象層 N 値				備考
		5	10	15	20	
標準機	機関出力 81kW(110PS)	■	■	■	■	
	機関出力 96kW(130PS)	■	■	■	■	
大型機	機関出力 147kW(200PS)	■	■	■	■	
		■	■	■	■	

凡例: ■ フリクションローラによる圧入
□ 特殊圧入装置使用による圧入

「NCB ドレーン協会の設計施工マニュアル」より引用

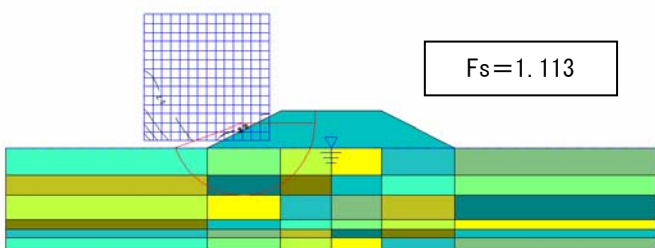


図2-5 安定検討のモデル図 (正方形配置・盛土施工直後)

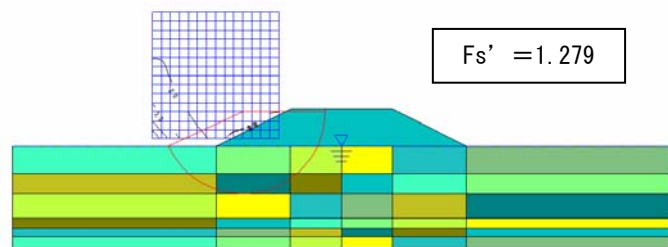


図2-6 安定検討のモデル図 (正方形配置・道路供用開始時)

図 2-1 に示すように、本検討区間（1.790km～1.905km 区間）では、軟弱粘性土層である Layer7 の上位に N 値平均が 28 の砂質土層（Layer6）が堆積している。そのため、表 2-9 に示す打設可能な N 値の範囲には収まらないことがわかる。

従って、本検討区間（1.790km～1.905km 区間）では、PVD 工法は適用できない結果となった。

<工法の選定>

以上の結果より、本検討区間（1.790km～1.905km 区間）では、SD 工法（正方形配置の場合は砂杭の打設間隔を 1.9m ピッチ、三角形配置の場合は砂杭の打設間隔を 2.1m ピッチ）を軟弱地盤対策工法として適用することが望ましいと考える。

4) 今後の課題

今後の課題について、以下に示す。

- ・ 本検討では、表 2-3 に示す盛土の施工条件に従って圧密沈下検討および安定検討を実施しているため、施工条件が変更になる場合には、再度検討し直す必要があると考えられる。
- ・ 盛土の土質定数については、盛土材料の材料試験が終了していないため、今回は Feasibility study 時に設定された値を用いた。材料試験の結果が出た後に、盛土の土質定数を再度設定し直すことが必要と考えられる。
- ・ 本検討では、軟弱地盤対策工法として SD 工法と PVD 工法を比較検討したが、両工法が適用できない地盤となる場合には、SCP（Sand Compaction Pile）工法等の新たな工法を検討する必要があると考えられる。

3. 研修を終えて

本業務は日本国内の業務に比べて、業務規模がかなり大きく、業務に関わるスタッフ数も 80 名程度であり、大規模なプロジェクトであった。このような大規模プロジェクトを円滑に進めていくためには、プロジェクトマネージャーや各専門分野のシニアエンジニアの工程監理が極めて重要になると感じた。本業務は、ベトナム中部の中心都市であるダナン (Da Nang) 市とクワンガイ (Quang

Ngai) 省の地域間の結びつきを強め、社会経済発展を支援する重要なインフラ事業であることから、ベトナム国民からの期待は大きく、プロジェクトを円滑に進めていく開発コンサルタントの役割が極めて重要であると感じた。

地盤環境分野の技術に関して、日本国内のノウハウが部分的に活用できると感じた一方で、海外ではその技術をどのようにして客先やローカルスタッフに伝えるかということが重要な課題であると感じた。モノの見方・考え方が異なる海外での技術指導は、その国の国民性、土木技術の発展度合い、またその国独自の土木基準等を十分に理解することが重要になると感じた。

本プロジェクトのボーリング調査現場や室内土質試験室等を視察し、ローカルコントラクターの安全管理に対する認識が低いことを感じた。現場では、半袖・短パン・サンダル・素手・裸足等の服装で作業を実施していることがあり、日本に比べると安全管理への関心があまり高くないことが伺えた。

本研修では、約 1.5 ヶ月に渡って開発途上国の建設プロジェクトに関わることができ、非常に貴重な体験ができたと感じる。今後は、海外および日本国内のどちらでも活躍できるような建設コンサルタントエンジニアを目指していきたい。

4. 謝辞

約 1.5 ヶ月という短期間ではありましたが、業務だけではなく、滞在期間中の生活全般に渡り、石本所長を初め、研修担当である岩本氏、野末氏、野口氏、長井氏、前田氏、Ms. Vu Thi Bich Thao、Mr. Bui Xuan Hanh、Mr. Van Ba Phi、その他にもお世話になった皆様にこの場を借りて御礼申し上げます。本当にありがとうございました。



写真左：石本所長との写真



写真右：野末氏、岩本氏およびローカルスタッフとの写真