

ミャンマー連邦共和国  
建設省橋梁局

ミャンマー国  
バゴー橋建設事業詳細設計調査

技術移転完了報告書

平成 30 年 3 月  
(2018 年)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社  
株式会社オリエンタルコンサルタンツグローバル  
首都高速道路株式会社  
株式会社長大  
大日本コンサルタント株式会社

基盤
JR
18-041

ミャンマー連邦共和国  
建設省橋梁局

ミャンマー国  
バゴ一橋建設事業詳細設計調査

技術移転完了報告書

平成 30 年 3 月  
(2018 年)

独立行政法人  
国際協力機構 (JICA)

日本工営株式会社  
株式会社オリエンタルコンサルタンツグローバル  
首都高速道路株式会社  
株式会社長大  
大日本コンサルタント株式会社

# 技術移転完了報告書

## 目次

第1章	序論	1-1
1.1	設計技術移転の背景	1-1
1.2	設計技術移転の目的	1-1
第2章	設計技術移転の構成	2-1
2.1	設計技術移転のスコープ	2-1
2.1.1	設計講義及び基本演習	2-1
2.1.2	題材別の実践演習	2-1
2.1.3	セミナーの開催	2-1
2.2	実施工程	2-2
2.3	科目別の担当講師	2-4
2.4	研修生	2-5
第3章	設計技術移転のプログラム	3-1
3.1	設計講義及び基本演習	3-1
3.1.1	橋梁設計特別講義	3-1
3.1.2	特別講義フォローアップ	3-2
3.1.3	構造解析概論	3-2
3.1.4	上部工の設計概論（コンクリート橋）	3-4
3.1.5	上部工の設計概論（鋼橋）	3-5
3.1.6	下部工・基礎工設計講義	3-7
3.2	実践演習	3-8
3.2.1	鋼斜張橋設計演習	3-8
3.2.2	鋼箱桁橋設計演習	3-10
3.2.3	PC箱桁橋の設計演習	3-12

3.2.4	下部工・基礎工の設計演習.....	3-13
3.3	セミナー.....	3-16
3.3.1	風洞実験セミナー.....	3-16
3.3.2	積算セミナー.....	3-17
第4章	研修効果の評価.....	4-1
4.1	試験.....	4-1
4.2	受講生によるプレゼンテーション.....	4-2
4.3	研修に関するアンケート.....	4-3
4.3.1	アンケート概要.....	4-3
4.3.2	アンケート結果.....	4-5
4.3.3	アンケート結果についての考察.....	4-7
4.3.4	今後の研修に対する提案.....	4-11
4.4	研修における課題.....	4-13

## 付録リスト

- 付録 A 講義及びセミナー資料
- A-1 橋梁設計特別講義
  - A-2 構造解析概論
  - A-3 上部工の設計概論（コンクリート橋）
  - A-4 上部工の設計概論（鋼橋）
  - A-5 基礎工・下部工の設計概論
  - A-6 風洞実験セミナー
  - A-7 積算セミナー
  - A-8 鋼斜張橋の設計演習
  - A-9 鋼箱桁橋の設計演習
  - A-10 PC 箱桁橋の設計演習
  - A-11 下部工・基礎工の設計演習
- 付録 B 理解度測定試験
- B-1 特別講義のプレテスト
  - B-2 上部工の設計概論（コンクリート橋）のプレテスト
  - B-3 基礎工・下部工の設計概論のプレテスト
  - B-4 特別講義の中間試験
  - B-5 上部工の設計概論（コンクリート橋）の中間試験
  - B-6 上部工の設計概論（鋼橋）の中間試験
  - B-7 基礎工・下部工の設計概論の中間試験

付録 C 写真

C-1 講義及びセミナーの写真

C-2 認定書授与式の写真

付録 D 出席表

## 図表リスト

図 1.2.1	詳細設計業務の流れと設計技術移転の着目点.....	1-2
図 2.2.1	設計技術移転の全体スケジュール.....	2-2
図 2.2.2	設計技術移転の詳細スケジュール.....	2-3
図 3.1.1	講師による講義風景.....	3-3
図 3.1.2	受講生によるプレゼンテーション風景.....	3-4
図 3.2.1	設計課題「RC 橋脚+鋼管矢板井筒基礎」の橋梁一般図.....	3-15
図 3.3.1	請負工事費構成.....	3-18
図 4.1.1	プレテスト及び中間試験の試験結果.....	4-1
図 4.2.1	1 スライドに要する説明時間.....	4-3
図 4.3.1	アンケート結果グラフ (100%積上げ) .....	4-6
図 4.3.2	アンケート結果 (1~8) .....	4-7
図 4.3.3	アンケート結果 (9~15) .....	4-7
図 4.3.4	アンケート結果 (16~30) .....	4-8
図 4.3.5	アンケート結果 (31~40) .....	4-9
図 4.3.6	アンケート結果 (41~45) .....	4-9
図 4.3.7	アンケート結果 (46~49) .....	4-10
図 4.3.8	アンケート結果 (50~54) .....	4-10
図 4.3.9	アンケート結果 (55~58) .....	4-11
図 4.3.10	PDCA サイクル.....	4-12
図 4.3.11	PDCA サイクルの改善イメージ .....	4-13
表 2.3.1	科目別の担当講師.....	2-4
表 2.4.1	研修生一覧.....	2-5
表 2.4.2	実践演習のグループ分け.....	2-5

表 3.1.1	特別講義実施スケジュール・内容.....	3-1
表 3.1.2	特別講義フォローアップ実施スケジュール・内容.....	3-2
表 3.1.3	講義内容.....	3-3
表 3.1.4	プレゼンテーションの内容.....	3-4
表 3.1.5	講義内容 (上部工の設計(コンクリート橋)).....	3-5
表 3.1.6	鋼箱桁設計講義実施スケジュール・内容.....	3-6
表 3.1.7	下部工・基礎工講義実施スケジュール・内容.....	3-7
表 3.2.1	鋼斜張橋設計演習実施ステップ・スケジュール・内容.....	3-8
表 3.2.2	鋼箱桁橋演習実施ステップ・スケジュール・内容.....	3-11
表 3.2.3	PC 箱桁橋の設計演習内容.....	3-12
表 3.2.4	下部工・基礎工設計演習の実施内容.....	3-13
表 4.3.1	研修アンケート項目.....	4-3
表 4.3.2	アンケート回答欄.....	4-5
表 4.3.3	アンケート結果.....	4-6
表 4.3.4	カークパトリックの4段階モデル.....	4-11
表 4.3.5	PDCA サイクルの概要.....	4-12
表 4.4.1	研修における実績と課題.....	4-14



## 第1章 序論

### 1.1 設計技術移転の背景

バゴ橋建設事業では、技術的難易度の高い鋼斜張橋、鋼箱桁（鋼床版）、プレキャスト PC 箱桁、鋼管矢板井筒基礎などの構造形式を採用した。これらの構造形式の設計・施工について、建設省橋梁局から技術移転を切望する意向が JICA に伝えられた。

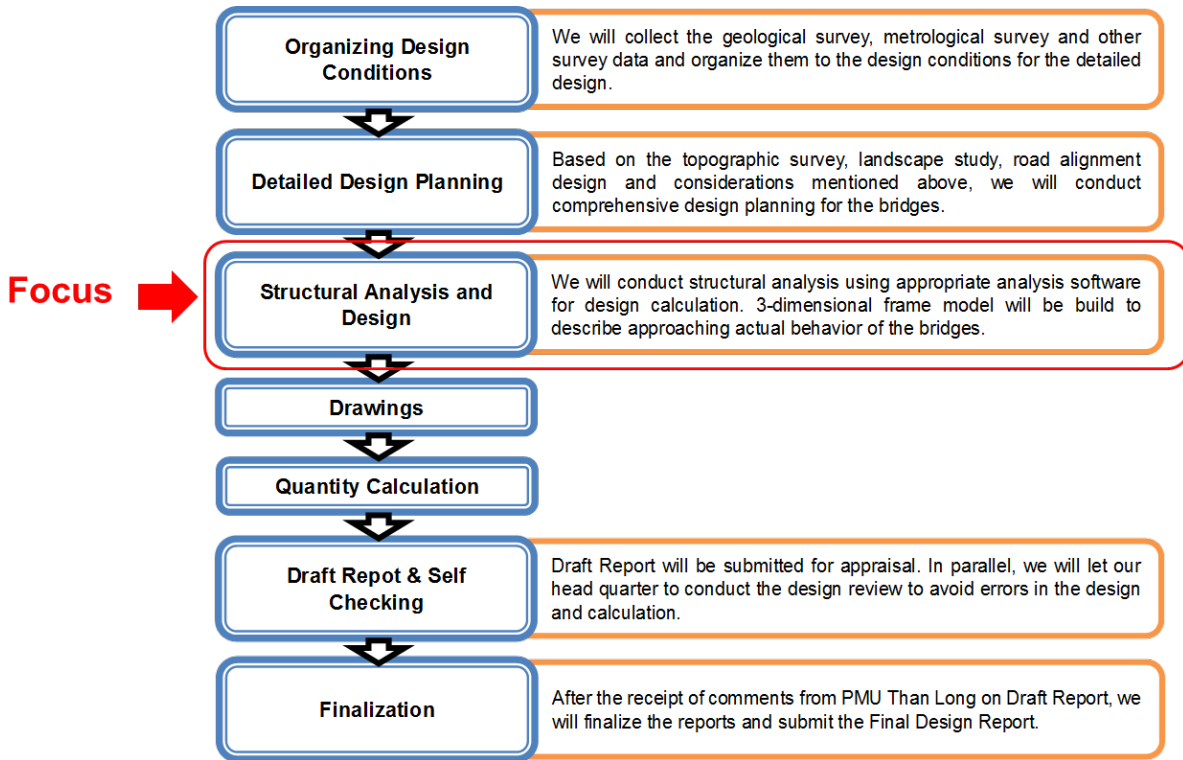
このため JICA と MOC は協議を行い、下記の内容について、詳細設計調査時に設計技術移転を実施することを 2016 年 6 月に合意した。

- 調査団が約 10 名の MOC 橋梁技術者を研修に受け入れ、構造解析ソフトウェアを駆使して橋梁設計技能向上を図ること。
- 事業費積算および風洞実験についてもセミナー形式で内容を説明し、MOC 橋梁技術者が学べるように図ること。

### 1.2 設計技術移転の目的

本技術移転プログラムは、MOC 橋梁技術者が技術的問題点の把握並びに解決策の適用を含む、橋梁詳細設計業務の流れを習得することを目的とする。

橋梁詳細設計業務の流れを図 1.2.1 に示す。図に示された各段階のうち、本技術移転プログラムでは特に「Structural Analysis and Design（構造解析および設計計算）」に注力した。MOC はこれまでに主要河川を渡る 40 以上の橋梁の計画・設計・建設を実施しており、構造解析・設計計算以外の段階の業務については、一般的な技術的知識及び経験を有すると判断されたからである。一方で、MOC では鋼トラス橋、鋼鈹桁橋、PC-I 桁橋、場所打ち杭の設計は実施しているが、その他の橋梁形式については設計を行っておらず、鋼斜張橋や吊橋については中国で設計・製作されたものを輸入し架設している事を事前に聞いていた。



出典：JICA 調査団

図 1.2.1 詳細設計業務の流れと設計技術移転の着目点

## 第2章 設計技術移転の構成

### 2.1 設計技術移転のスコープ

設計技術移転プログラムでは、MOC から研修生として派遣される職員が、詳細設計の流れを理解し、構造計算がある程度まで実施できるレベルになることを目標とする。バゴ橋建設事業で採用される橋梁の各構造形式を対象として、設計講義及び基本演習を実施し、さらに題材別の実践演習として構造解析ソフトウェアを用いた構造計算を実施する。さらに風洞実験及び積算に関するセミナーを開催する。

#### 2.1.1 設計講義及び基本演習

技術移転プログラムの前編として、バゴ橋建設事業に係る各種の設計講義及び構造解析に関する基本演習について、全ての研修生を対象に実施する。

- a) 橋梁設計特別講義
- b) 特別講義のフォローアップ
- c) 構造解析概論
- d) 上部工の設計概論（コンクリート橋）
- e) 上部工の設計概論（鋼橋）
- f) 下部工・基礎工の設計概論

#### 2.1.2 題材別の実践演習

技術移転プログラムの後編では、研修生を題材別の4つのグループに分類し、構造解析ソフトウェアを用いた実践的な演習作業をグループごとに実施する。

- a) 鋼斜張橋の設計演習
- b) 鋼箱桁橋の設計演習
- c) PC 箱桁橋の設計演習
- d) 下部工・基礎工の設計演習

#### 2.1.3 セミナーの開催

バゴ橋建設事業で取扱っている風洞実験及び建設コストの積算に関して、技術移転プログラムの前期にセミナーを開催する。

- a) 風洞実験セミナー
- b) 積算セミナー

2.2 実施工程

設計技術移転プログラムの主な実施工程を以下に示す。

- ・ プログラム前期（2017年10月中旬から12月下旬）では、設計講義及び基本演習を行った。
- ・ 前期の初めでは、研修以前の能力を確認するために事前テストを実施した。
- ・ 前期の終わりでは、研修による理解度を確認するために試験を実施した。
- ・ 前期の終了後、後期の題材別実践演習のためのグループを編成した。
- ・ プログラム後期（2018年1月初旬から2月末）では、題材別の実践演習を実施した。
- ・ 後期の終わりにおいて、研修生からの成果報告会を実施した。

設計技術移転の全体及び詳細スケジュールを図 2.2.1 及び図 2.2.2 に示す。

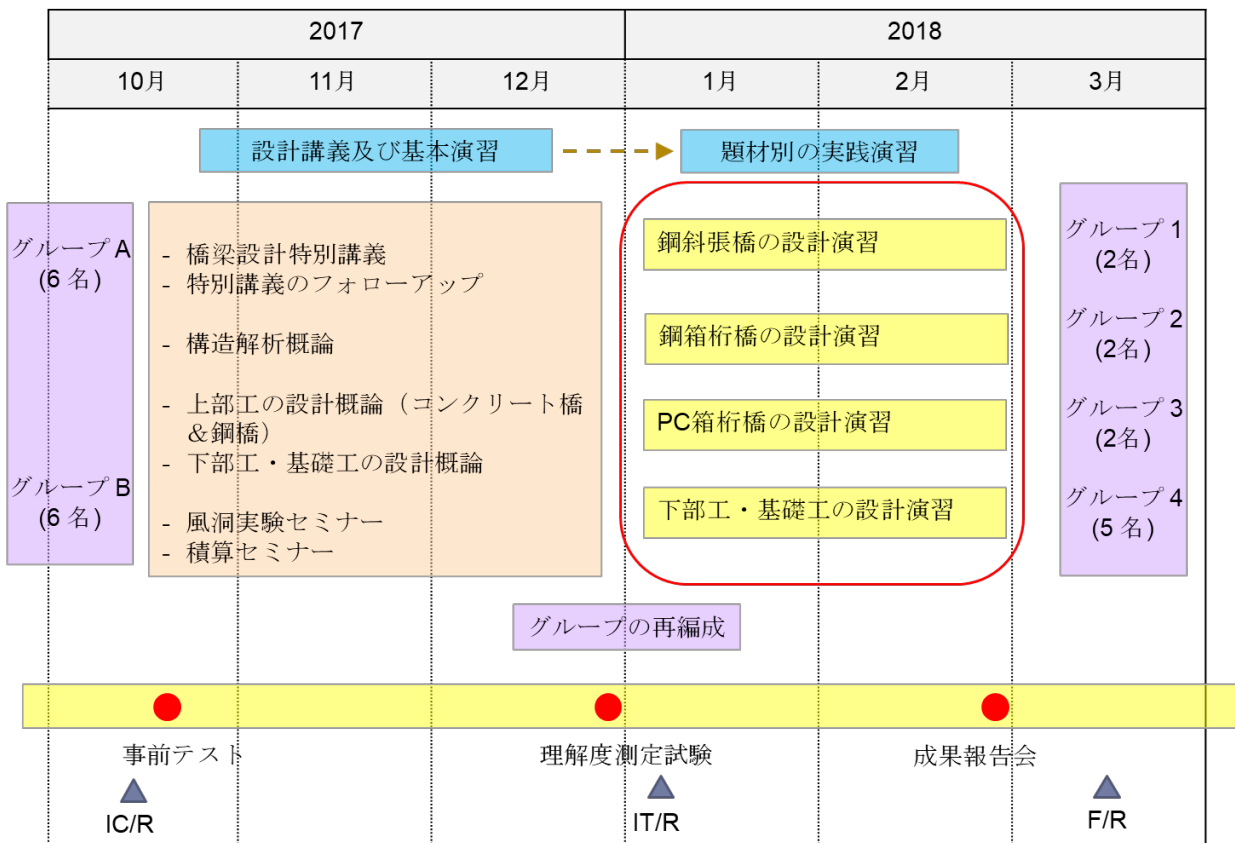
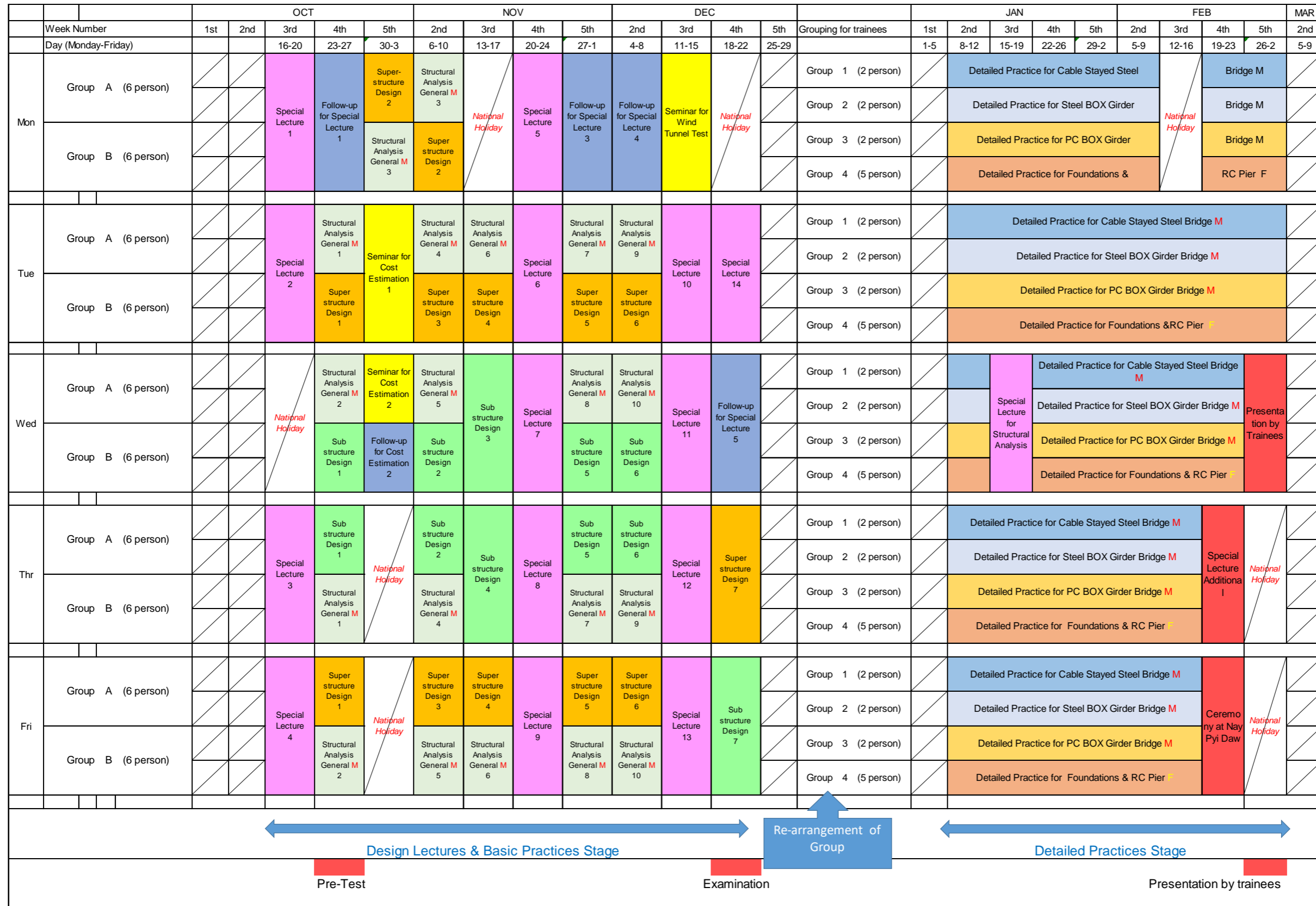


図 2.2.1 設計技術移転の全体スケジュール



出典: JICA 調査団

図 2.2.2 設計技術移転の詳細スケジュール

## 2.3 科目別の担当講師

設計技術移転の科目別の担当講師について表 2.3.1 に整理する。

表 2.3.1 科目別の担当講師

実施期	科目	主な担当講師
設計講義及び 基本演習	橋梁設計特別講義	長井名誉教授(長岡技術科学大学) 岩崎教授(長岡技術科学大学) 友田団員
	特別講義のフォローアップ	徳丸団員 夏団員
	構造解析概論	早川副総括 徳丸団員
	上部工の設計概論(コンクリート橋)	大山団員
	上部工の設計概論(鋼橋)	田中団員
	下部工・基礎工の設計概論	今田団員 高岡団員
実践演習	鋼斜張橋の設計演習	徳丸団員 友田団員
	鋼箱桁橋の設計演習	田中団員
	PC 箱桁橋の設計演習	大山団員
	下部工・基礎工の設計演習	高岡団員
セミナー	風洞実験セミナー	白土教授(京都大学) 佐野総括
	積算セミナー	倉持団員

出典: JICA 調査団

2.4 研修生

設計技術移転プログラムの研修生について表 2.4.1 に整理する。また実践演習時の研修生のグループ分けを表 2.4.2 に示す。実践演習のグループ分けは、研修の効率化及び使用するパソコン及び構造計算ソフトウェアのライセンス数の制約によるものである。

表 2.4.1 研修生一覧

Sr.No.	名前	所属・ポジション	備考
1	Daw Ei Htwe San	Deputy Director (Civil)	
2	Daw Nant Thar Hmwe	Deputy Director (Civil)	
3	Daw San Phyu Phyu Saw	Assistant Director (Civil)	
4	Daw Yu Yu Naing	Staff Officer (Civil)	
5	Daw Lai Mon Phyo	Junior Engineer (1) (Civil)	
6	Daw Kyi Thar Soe	Junior Engineer (1) (Civil)	
7	Dr. Hay Man Myint Maung	Junior Engineer (1) (Civil)	
8	Daw Htet Tint Wai	Junior Engineer (3) (Civil)	Attended till mid of Nov.
9	Daw Shwe Yamin Myat	Junior Engineer (3) (Civil)	
10	U Hein Zaw	Junior Engineer (4) (Civil)	
11	Dr. Khin Su Su Htwe	Professor (YTU)	Attended beginning only
12	U Phyo Hein Kyaw	Ph.D (Thesis) (YTU)	Attended beginning only
13	Daw Swe Hnin Aye	Junior Engineer (1) (Civil)	Assigned from Nov.
14	Daw Hnin Ei Ei Chaw	Junior Engineer (2) (Civil)	Assigned from Nov.

出典: JICA 調査団

表 2.4.2 実践演習のグループ分け

	グループ	研修生名	
a	Steel Cable Stayed bridge	Daw Ei Htwe San	Daw Nant Thar Hmwe
b	Steel Box Girder Bridge	Dr. Hay Man Myint Maung	Daw Shwe Yamin Myat
c	PC BOX Girder Bridge	Daw Lai Mon Phyo	Daw Kyi Thar Soe
d	Foundation & Substructure	Daw San Phyu Phyu Saw	Daw Yu Yu Naing
		Daw Swe Hnin Aye	Daw Hnin Ei Ei Chaw
		U Hein Zaw	

出典: JICA 調査団

### 第3章 設計技術移転のプログラム

#### 3.1 設計講義及び基本演習

##### 3.1.1 橋梁設計特別講義

###### 3.1.1.1 特別講義の目的

本特別講義は、鋼斜張橋を設計するための基礎的な事項を学習するとともに、講義中の演習を通じて橋梁技術者として必要な知識を習得してもらうことを目的とする。

###### 3.1.1.2 特別講義の概要

斜張橋における設計上の基本事項から橋の歴史から構造力学、部材設計、斜張橋の設計に至るまで、幅広い内容について講義を行った。

###### 3.1.1.3 特別講義の内容

橋梁特別講義は全 14 回、以下のスケジュール・内容で実施された。

表 3.1.1 特別講義実施スケジュール・内容

講義実施日		1 時限目 (9:00~10:30)	2 時限目 (10:45~12:00)	3 時限目 (13:15~15:00)
10 月	10/16	第 1 回 序論	橋の歴史と崩落事故	橋梁一般
	10/17	第 2 回 床版&桁橋	トラス橋&アーチ橋	斜張橋&吊橋
	10/19	第 3 回 構造力学	応力&ひずみ	断面諸元
	10/20	第 4 回 梁の曲げ&せん断	桁の応力	トラス構造の軸力
11 月	11/20	第 5 回 橋の劣化現象	維持管理	モニタリング
	11/21	第 6 回 桁の影響線	トラスの影響線	設計手法
	11/22	第 7 回 柱の座屈	梁、梁-柱の座屈	板の座屈
	11/23	第 8 回 ボルト接合	溶接	疲労設計
	11/24	第 9 回 床版の設計	桁橋の設計	トラス橋の設計
12 月	12/12	第 10 回 振動の基礎1	振動の基礎2	振動映像
	12/13	第 11 回 斜張橋の歴史と名称	斜張橋設計パラメータ1	斜張橋設計パラメータ2
	12/14	第 12 回 斜張橋の断面力1	斜張橋の断面力2	斜張橋設計演習
	12/15	第 13 回 ケーブルの設計と架設	斜張橋主桁設計	斜張橋主塔設計
	12/19	第 14 回 主桁&主塔の架設	耐風設計	斜張橋の限界支間長

出典：JICA 調査団

受講者の理解促進のために、講義中に演習問題の実施や施工中動画の紹介も取り入れた。各講義資料は付録に掲載する。



### 3.1.2 特別講義フォローアップ

#### 3.1.2.1 フォローアップの目的

特別講義フォローアップでは、特別講義および積算セミナー、風洞実験セミナーで学んだ内容の復習・演習および解説を行い、受講者の理解をより深めることを目的とする。

#### 3.1.2.2 フォローアップの概要

特別講義フォローアップは基本的に直前に実施された特別講義を対象とし、演習問題および問題の解説等が行われた。

#### 3.1.2.3 フォローアップの内容

特別講義フォローアップは全5回、以下のスケジュール・内容で実施された。

表 3.1.2 特別講義フォローアップ実施スケジュール・内容

フォローアップ実施日		内容
10/23	第1回	特別講義 第1～4回を対象とした演習問題 (断面二次モーメント、梁の反力・モーメント、トラスの軸力等)
11/01	第2回	積算セミナー演習問題 (日本の積算基準に沿ったPC桁・場所打ち杭・土工等の積算)
11/27	第3回	特別講義 第5～9回を対象とした演習問題 (影響線、活荷重作用時のモーメント、柱の座屈等)
12/04	第4回	特別講義 第5～9回を対象とした演習問題およびPC上部工設計補足説明 (ボルト接合、溶接、床版のモーメント等およびPCストランドロスの計算)
12/20	第5回	特別講義試験および解説 (梁の反力、影響線、トラスの変形、ボルト接合、溶接、床版等)

出典：JICA 調査団

また受講生の理解度を測るために、第5回目のフォローアップにおいて試験を実施している。試験結果の考察については4章に記載する。

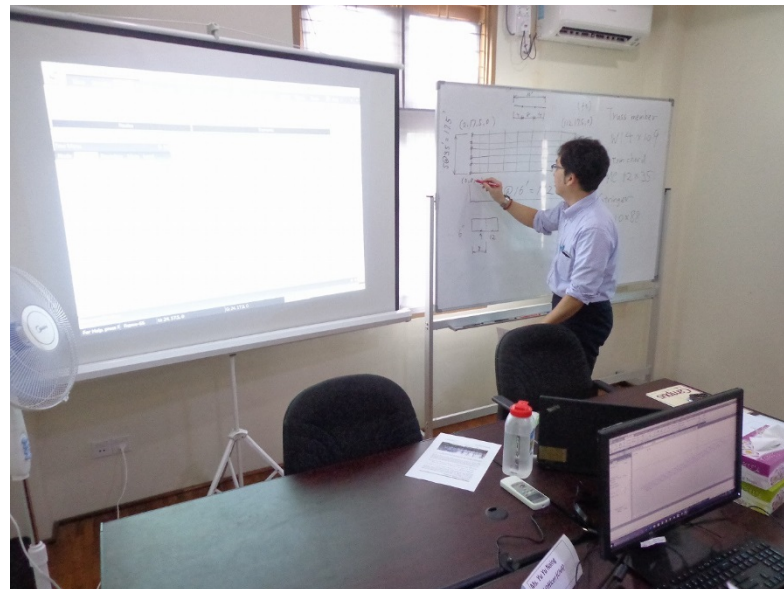
### 3.1.3 構造解析概論

構造解析概論では、構造解析プログラムであるMIDAS/Civilの基礎的な操作方法・解析の流れを習得することを主眼とした。講義には6台のデスクトップPCを用意し、受講生のグループを2つに分けてそれぞれに同内容の講義を行った。講師が実際の操作をスクリーンに映しながら受講生に構造解析プログラムの操作方法を解説した。

表 3.1.3 講義内容

講義回	講義内容
1	はじめに、単純桁(コンクリート)の設計(棒要素)
2	形鋼を用いた単純桁の設計(平面梁要素)
3	鋼トラス橋の設計(立体梁要素)及び設計モデルの作成方法
4	PPTを使用したプレゼンテーション
5	チュートリアルを用いた AASHTO LRFD による橋梁設計
6	AASHTO LRFD による鋼橋設計、車線載荷方法
7	AASHTO LRFD による PC 橋設計
8	ケーブル構造物の設計方法(吊橋、斜張橋)
9	練習設計(新ペイナウン橋、トラス組アーチ橋)
10	練習設計及び設計結果の発表

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 3.1.1 講師による講義風景

英語版の MIDAS/Civil は道路橋示方書に準拠した設計・照査ができないため、まず AASHTO LRFD の概略について説明し、MIDAS/Civil において AASHTO による設計を行う場合の手順を講義することとした。AASHTO 活荷重 (HL-93) によるレーン載荷方法及び荷重係数・抵抗係数を用いた荷重組合せについて、MIDAS/Civil の機能で解析できることを説明した。

構造解析概論においては、2 度解析結果について発表を行う事を要請した。受講生たちはこれまでにプレゼンテーションの経験がないと聞いていたため、プレゼンテーションの基本的な技術を講義するとともに、Microsoft PowerPoint を用いた 10 分間のプレゼンテーションを実施した。

表 3.1.4 プレゼンテーションの内容

発表回	講義内容
第 4 回講義	鋼トラス橋の解析方法及び設計結果について
第 10 回講義	新ベイナウン橋の再現設計及び設計結果について

出典：JICA 調査団



出典：JICA 調査団

図 3.1.2 受講生によるプレゼンテーション風景

本講義においては、特定の試験を実施しなかった。但し受講生の課題への取り組み姿勢やプレゼンテーション内容から判断して、全員の受講生が MIDAS/Civil の基本的操作（モデルの作成方法、材料・断面の入力方法、荷重載荷方法、解析実行と結果表示等）を理解したと判断した。

### 3.1.4 上部工の設計概論（コンクリート橋）

#### 3.1.4.1 講義の目的

上部工の設計(コンクリート橋)における研修は、受講者が主に MOC のエンジニアであり、事業計画及び発注者を担うことになると考えられることから、コンクリート橋の計画及び設計の概要を理解することを目的として実施した。

#### 3.1.4.2 講義概要

講義では、受講者はコンクリート橋の計画（形式選定、架設工法）・設計の概要を学んだ。

#### 3.1.4.3 講義内容

講義では以下の内容を扱った。

表 3.1.5 講義内容（上部工の設計(コンクリート橋)）

項目	内容
1. コンクリート橋の歴史	- コンクリート橋の歴史について概説 - 本プロジェクトで採用されているプレキャストセグメント工法を用いた歴史的橋梁についての紹介
2. 「プレストレストコンクリート」とは	- プレストレストコンクリートの原理、特徴、及びプレストレストコンクリートが適用されている構造物についての紹介。
3. プレストレストコンクリート橋の計画	- PC 橋の計画にあたっての留意事項
4. プレストレストコンクリート橋の構造形式	- PC 橋の構造形式と適用支間長、架設工法の概要 - プレキャストセグメント工法及び SBS 工法の特徴
5. プレストレストコンクリート橋の設計の基礎	- PC 橋の設計の概要、構造寸法の決定方法、プレストレスト量の設定方法、各部材の設計方法及び設計上の留意点

出典：JICA 調査団

### 3.1.5 上部工の設計概論（鋼橋）

#### 3.1.5.1 講義の目的

鋼橋の特質はコンクリートや石などの材料に比べ、単位面積あたりの強度が高い鋼板を用いるため軽量の構造にできることにある。また工場製作によってできる単部材を組み合わせることで、支間に応じた構造にすることが可能になる。橋梁を計画する技術者にとって、橋梁の規模（幅、長さ）に相応しい橋梁形式を選択することが求められるが、別途行われる特別講義にて、橋梁の種類とその特性などは習得されるため、本講義では薄肉構造物の概念を知って、その設計手法を習得することを目的として行った。

#### 3.1.5.2 講義内容とスケジュール

鋼橋、特に箱桁が薄い鋼板を組み合わせた形状になるため、特別講義で行われた線形理論から補剛板の座屈理論までを十分、理解していることが必要である。そのため、その復習及び演習で理解を深めることを目的に、以下の講義内容をスケジュールに沿って行った。

表 3.1.6 鋼箱桁設計講義実施スケジュール・内容

講義実施日		内容	
11/14	Group A	第 1 回	<p>鋼橋の製作手順と工場見学</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 基礎理論の講義を行う前に、鋼箱桁がどのような薄肉部材から構成されているのかの学習</li> <li>- その構成部材は表記されている設計図面から、どのように鋼材の調達が行われるのか</li> <li>- 鋼材の品質を保證するミルシートはどのような物であるか。</li> <li>- 工場に入荷した鋼材を部品に切断する工程や設備は</li> <li>- 箱桁を段階的に組み立てる手順</li> <li>- 工場で行われる仮組の目的は</li> <li>- 工場から現地の運搬、架設するための条件は</li> <li>- 以上の座学に加え、鋼橋製作工場を訪問、現物を見て上記作業の認識を深める見学を行った。(J&amp;M 工場見学実施)</li> </ul>
11/15	Group B		
11/28	Group A	第 2 回	<p>基礎的設計理論に基づく断面性能と応力度の関係</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 鋼橋設計に基本である。Hook's Law と Bernoulli の定理について補足説明を行った</li> <li>- 外力の釣合いとその外力と釣り合う内力の関係について、荷重と内力の方程式について補足説明を行った。</li> <li>- 曲げモーメントによるたわみについて微分方程式による解説を付け加えた。</li> <li>- 断面一次モーメント及び断面二次モーメントの物理的意味とその計算演習</li> <li>- 橋梁形式と主たる設計断面力</li> <li>- 2 径間連続桁に関し、不静定反力と曲げモーメントの関係についてたわみの微分方程式からの積分による解法から説明</li> <li>- さらに影響線による解法も説明するとともに、支間中央の曲げモーメントの算出法についても説明。</li> </ul>
11/29	Group B		
12/5	Group A	第 3 回	<p>薄肉構造物設計の最重要項目であるある座屈理論と、これに基づく具体的な設計基準の説明</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Buckling 現象とは</li> <li>- 回転二次半径と許容応力度の関係およびオイラー座屈と降伏点応力度との相関性</li> <li>- 降伏点応力および初期ひずみを考慮した柱の耐荷力曲線</li> <li>- 道路橋示方書に示す柱の許容圧縮応力度</li> <li>- 柱断面の座屈許容応力度計算演習</li> <li>- 4 辺拘束の無補剛板の 2 次元座屈現象</li> <li>- 座屈係数と耐荷力曲線、許容応力度の算定</li> <li>- 4 辺拘束の補剛板の座屈現象</li> <li>- 座屈係数と耐荷力曲線および強応力度算定</li> <li>- 補剛材(縦リブ)の所要剛度とアスペクト比</li> <li>- 水平補剛材の配置と所要剛度および計</li> </ul>
12/8	Group B		

出典: JICA 調査団

3.1.6 下部工・基礎工設計講義

3.1.6.1 講義の目的

橋梁基礎工として一般的な場所打ち杭に加え、バゴ橋や新タケタ橋で採用された本邦技術である鋼管矢板基礎に重点を置いて、下部工 RC 橋脚含めた下部・基礎工を設計するための基礎的事項を学習するとともに、講義中の演習を通じて、橋梁技術者として必要な知識を修得してもらうことを目的に講義を行った。

3.1.6.2 講義内容とスケジュール

下部工・基礎工の講義は、前期試験含め計7回実施された。そのスケジュールと各回の講義内容を下表に示す。

表 3.1.7 下部工・基礎工講義実施スケジュール・内容

講義実施日			内容	
10月	25日	Group B	第1回	<p><u>下部・基礎工の計画</u></p> <p>基礎形式として直接基礎、ケーソン基礎、杭基礎、鋼管矢板基礎、地中連続壁基礎、深礎基礎、また下部工形式としてベント、壁、梁、ラーメンタイプ等の概要を紹介した。また、基礎形式選定にあたって一般的な留意事項を説明し、道路橋示方書にある基礎形式選定基準一覧表を紹介した。</p> <p>そして、バゴ橋における基礎形式選定において考慮された地形(局所洗堀)、土質・地質条件(液状化)、施工条件、環境条件等を概説し、杭基礎と鋼管矢板基礎が選定された経緯を説明した。また、液状化の実験を行った。</p> <p>事前テストでは、上述の基礎形式選定基準一覧表を用いて、ある条件下での適用可能な基礎形式を選定すること、液状化の判定、杭基礎の極限支持力算出について試験を行い、回答を説明した。</p>
	26日	Group A		
11月	8日	Group B	第2回	<p><u>場所打ち杭の設計と演習</u></p> <p>場所打ち杭の設計について、設計条件、安定計算、断面力算定、杭体の設計、杭頭部とフーチング結合部の設計の理論を説明し、演習を通して理解を深めた。</p>
	9日	Group A		
	15日	Group A&B	第3回	
	16日	Group A&B	第4回	<p><u>鋼管矢板基礎の特徴と施工方法</u></p> <p>鋼管矢板基礎を理解するために、新タケタ橋を事例にその特徴と施工方法を説明し、受講者の理解促進のために施工動画を上映した。</p>
	30日	Group A	第5回	<p><u>鋼管矢板基礎の設計と演習</u></p> <p>設計条件の確認、許容支持力計算、弾性床土上の有限長ばりによる変位・断面力計算、仮締切りの設計、合成応力度の照査、頂板設計、頂版結合部の設計の理論を説明し、演習を通して理解を深めた。</p>
12月	1日	Group B		

	6日	Group B	第6回	鉄筋コンクリートRC橋脚の設計と演習 断面照査位置として柱基部と梁部を最大・最小鉄筋量や曲げモーメント、せん断力、軸力による応力にて照査する方法について理論を説明し、演習を通して理解を深めた。また、道路橋示方書に基づく配筋要領を説明した。
	7日	Group A		
	22日	Group A&B	第7回	前期試験 6回に渡る講義内容の理解度を確認するため試験を行った。出題内容は、杭基礎照査方法、液状化判定、鋼管矢板基礎の技術的特徴(記述)、施工順序、許容支持力計算、梁の断面力算出と引張鉄筋照査であった。

出典：JICA 調査団

なお、本講義では下部工・基礎工の設計手法として道路橋示方書に準拠した許容応力度法を適用し、レベル1地震時に対する照査（震度法）まで含まれている。各講義資料を付録に掲載する。

### 3.2 実践演習

#### 3.2.1 鋼斜張橋設計演習

##### 3.2.1.1 設計演習の目的

プログラム前半の設計講義及び基本演習では『特別講義』にて橋梁工学および斜張橋の基礎的理論を学び、『構造解析概論』『鋼橋設計』『コンクリート橋設計』『基礎工・下部工設計』の講義を通して設計の基本的な知識・理論について学習する。よってプログラム後半の本演習では、具体的な設計演習として、鋼斜張橋の形式選定→全体解析→断面照査までの一連の流れを習得することを目的とする。

##### 3.2.1.2 設計演習の概要

演習はバゴ橋の鋼斜張橋を対象とし、予備設計レベルの設計演習が行われた。演習では主に6つのテーマ(解析モデル作成・ケーブルプレストレス・パラメトリック解析・断面計算・耐震設計・設計演習)を設定し、3.3.1.3に示す内容にて実施された。

##### 3.2.1.3 設計演習の内容

演習は以下に示すスケジュール・内容で実施された。

表 3.2.1 鋼斜張橋設計演習実施ステップ・スケジュール・内容

演習テーマ・スケジュール	内容
Step 1: 概要説明 (01/08)	[目的:斜張橋設計に必要な検討項目を学ぶ] - 設計演習内容・スケジュール説明 - バゴ橋鋼斜張橋の基本設計・詳細設計概要説明

Step 2 : 解析モデル作成 (01/09 ~ 01/11)	[目的:斜張橋の構造解析モデル構築を習得する] - 節点・要素の構築 - 材料特性値の設定 - 断面形状の設定 - ケーブルモデルの設定 - 設計荷重(死荷重・活荷重・温度・風・プレストレス)、荷重組合せの設定 - 境界条件の設定
Step 3 : ケーブルプレストレス (01/12 ~ 01/15)	[目的:ケーブルプレストレスの決定方法を習得する] - 完成時:主桁モーメントの平準化 - 完成時:主塔モーメント $\approx 0$ - 施工時:主桁最終ブロック閉合時 接合部モーメント $\approx 0$
Step 4 : パラメトリック解析 [ケーブル・主桁・主塔] (01/15 ~ 01/26)	[目的:パラメトリック解析を行い構造物の傾向を把握する] - 主桁剛性(桁高・主桁幅)の検討 - 主塔高の検討 - ケーブル配置の検討 - ケーブル本数の検討
Step 5 : 断面計算 (01/29 ~ 02/07)	[目的:断面計算シートを作成し道路橋示方書における照査方法を学ぶ] - 断面力 $\Rightarrow$ 応力の計算 - 許容応力度の計算 - 応力の照査、変位の照査 - 曲げ+軸圧縮、曲げ+せん断の組合せ応力の照査
Step 6 : 耐震設計 (02/08 ~ 02/09)	[目的:道路橋示方書における耐震設計の概要を学ぶ] - 道路橋示方書における耐震設計概要説明 - 解析モデルへの地震荷重の入力
Step 7 : 設計演習 (02/13 ~ 02/21)	[目的:Step 2~6を再度実施し計算の流れを習得する] - 設計対象・条件の説明 - 各受講生による設計演習 - 計算結果レポート作成
Step 8 : 演習成果総括 (02/26 ~ 02/28)	[目的:結果を整理し相手に説明する方法を学ぶ] - 設計演習全体の取纏め - 各受講生による成果発表プレゼン

出典:JICA 調査団

プログラム前半の設計講義および基本演習では、受講生に対し設計技術を『教える』ことが主な目的であったが、本設計演習では『受講生自らで考え、結果を考察し、結論を出す』という点に重点を置いて実施された。

なお、本設計演習における受講生の達成度および今後の課題については、4章に記載する。



### 3.2.2 鋼箱桁橋設計演習

#### 3.2.2.1 演習目的

前半の特別講義及び鋼橋の基礎的な設計理論の実践的応用を図ることで、設計の流れとその段階的なアウトプットを検証することにした。特に薄肉構造である箱桁橋では、座屈補剛板の組み合わせ構造となるため、骨組解析によって得られる断面力に対して、座屈耐荷力を考慮した許容応力に基づく断面決定をどのような手順で行うかを習得することを目的とした。

#### 3.2.2.2 鋼箱桁橋の設計演習の概要

実践的な設計演習として2径間連続箱桁形式(65m+65m)を設計することにし、以下の設計手順により桁断面を決定し、その概算数量までを算出することを行った。

そのため、第1段階では計算手順に沿った手計算による断面決定をトレースすることとし、その理解を得てから第2段階としてモデルを若干変更した演習課題を、解析ソフト(MIDAS)を用いて自らの計算手順に沿って断面諸元を決定し、使用材料のから数量表の作成を行うものとした。

#### 演習課題

1. 橋長 131m=0.5m(桁尻長)+65m+65m+0.5m(桁尻長)
2. 幅員 15.2m=0.6m(地覆幅)+4@3.5m(車道)+0.6m(地覆幅)

#### 設計項目

1. 死荷重の算定
2. 主桁数の決定
3. 手計算による断面力算定
4. 骨組解析ソフトによる断面力算出
5. 主桁断面の諸元決定
6. 補剛材断面の決定
7. 主桁添接の計算
8. 断面構成図の作成
9. 主桁構成部材の材料表作成
10. 製作キャンバ

## 3.2.2.3 設計演習の具体的内容およびスケジュール

表 3.2.2 鋼箱桁橋演習実施ステップ・スケジュール・内容

演習テーマ・スケジュール	内容
Step 1: 演習課題の説明 (01/08)	2 径間連続桁設計事例として(2@50m、上下 2 車線(合計 4 車線)+歩道付きのモデルにて、設計手順を説明
Step 2: 荷重条件の設定とその荷重分配の手法 (01/09 ~ 01/12)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・死荷重項目とその載荷分布荷重の算定、AASHTO 荷重の載荷条件</li> <li>・各主桁への荷重分布を 1-0 法による強度算定および 2 径間連続の影響線図から反力、曲げモーメントの算定を行う。(Excel による計算)</li> </ul>
Step 3: 解析ソフト(MIDAS)への入力および操作習得 (01/15 ~ 01/19)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・骨組構造の座標の入力</li> <li>・主桁部材の入力(断面寸法と板厚入力)。補剛材も含む換算板厚</li> <li>・横桁ピッチと断面寸法(I 形鋼相当の断面)</li> <li>・AASHTO 荷重の載荷方法(Tandem 荷重と Wheel 荷重の載荷)</li> </ul>
Step 4: 解析結果照査 (01/22 ~ 01/26)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・死荷重の載荷方法</li> <li>・解析結果のうち死荷重反力と入力した総死荷重との整合性および対称性の確認</li> </ul>
Step 5: スパン変更の試設計 (01/29 ~ 02/02)	・モデルを変更し、65m+65m の 2 径間連続、3.5m 幅員の 4 車線構造の鋼箱桁橋の試設計に着手。断面構成図までの作成を行う。
Step6 補剛材設計および添接設計法 (02/05—02/09)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水平補剛材の段数と垂直補剛材間隔によるウェブ板厚の照査</li> <li>・補剛材の断面寸法決定(Excel による計算)</li> <li>・添接に要する高力ボルトの本数とその配置(Excel による計算)</li> <li>・添接板の設計(Excel による計算)</li> </ul>
Step7 断面構成図の作成 (02/12—02/15)	・各桁の断面変化位置における断面寸法および縦リブ、ウェブ補剛材を含む断面構成図の作成(Excel による計算)
Step8 材料表の作成 (02/17—02/22)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・断面構成図から部材寸法を抽出し、材料表を作成(Excel による計算)</li> <li>・概算の主桁・横桁の全部材の材料表から鋼重を算定(Excel による計算)</li> </ul>
受講修了証授与式 (02/23)	・ネビドーにて修了式
Step9 プレゼンテーション準備 (02/26-02/27)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・プレゼンに向けて受講した成果のまとめ。</li> <li>・Power Point によるプレゼン資料作成(Midas の解析結果および EXCEL での計算結果を挿入)</li> </ul>
Step10 プレゼンテーション (02/28)	・プレゼンテーション

出典: JICA 調査団

本設計演習では現物の橋梁設計条件に基づく試設計を行うことで、設計項目ごとの計算手順を習得することで、設計の最終目的である数量表の作成まで行うことができた。なお、本設計演習における受講生の達成度および今後の課題については、4 章に記載する。

3.2.3 PC 箱桁橋の設計演習

3.2.3.1 設計演習の目的

PC 箱桁橋の設計演習は、PC 箱桁橋の詳細設計の手順及び実際の設計計算の基本事項を理解することを目的として実施した。

3.2.3.2 設計演習の概要

設計演習では、受講者はPC 箱桁橋の設計計算（曲げに対する設計及びせん断に対する設計、いずれも使用性(設計荷重時)及び安全性(終局荷重時)について実施)を経験した。PC 箱桁橋の設計における実務的事項を理解するため、研修は設計講義・基本演習段階に説明した「プレストレストコンクリート橋の設計の基礎」を参照しつつ単径間箱桁の橋軸方向の設計に集中して実施し、併せて4 径間連続桁及び箱断面の解析(断面力の算出)を実施した。

3.2.3.3 設計演習の内容

設計演習では以下の内容を扱った。

表 3.2.3 PC 箱桁橋の設計演習内容

項目	内容
講義の復習	- 講義で説明した「プレストレストコンクリート橋の設計の基礎」の再確認
設計条件の検討	- 設計演習のためのサンプル橋梁の設計条件の理解と検討
主桁の設計(単径間)	解析モデルの準備 - 断面諸元、荷重等 プレストレスの損失の計算 - 手計算による練習 設計計算書用の図面作成 - 構造寸法、PC 鋼材配置、解析モデル、荷重など 断面力の算出 - 手計算、ソフトウェアによる解析、クロスチェック - 断面力の集計 曲げに対する設計 - 手計算、ソフトウェアによる解析、クロスチェック - 設計荷重時：荷重による応力度、必要プレストレス量、合成応力度の照査、鋼材応力度の照査、引張鉄筋 - 終局荷重時：曲げ破壊抵抗モーメントの計算、終局荷重時曲げモーメントの計算、曲げ破壊安全度の照査 せん断に対する設計 - 手計算、ソフトウェアによる解析、クロスチェック - 終局荷重時のウェブ圧壊に対する耐力 - 設計荷重時の斜引張応力度

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 設計荷重時の平均せん断応力度</li> <li>- 設計荷重時の斜引張鉄筋の計算</li> <li>- 終局荷重時の斜引張破壊に対する耐力</li> <li>- せん断に対する軸方向鋼材の計算</li> </ul>
箱断面(横断方向)の設計	- 構造解析 (断面力の算出)
主桁の設計 (4径間連続)	- 構造解析 (SBS 架設による施工段階を考慮した断面力の算出)

出典: JICA 調査団

### 3.2.4 下部工・基礎工の設計演習

#### 3.2.4.1 設計演習の目的

下部工・基礎工の設計演習では、今回対象とする RC 橋脚、場所打ち杭、鋼管矢板井筒基礎に関して設計計算ソフトウェア (Forum8)を用いることで主に設計計算を中心とした設計技術やノウハウを習得することを目的とする。設計基準はバゴ橋同様に道路橋示方書に準拠とし、耐震設計の範囲はレベル 1 地震時に対する照査 (震度法) までを含むものとする。

#### 3.2.4.2 設計演習の内容

下部工・基礎工の設計演習で用いた設計計算ソフトウェアを以下に示す。

- Pier 3D bar arrangement Ver.14 English Edition (FORUM8 「橋脚の設計」の特注英語版)
- Foundation 3D bar arrangement Ver.2 English Edition (FORUM8 「基礎の設計」の特注英語版)

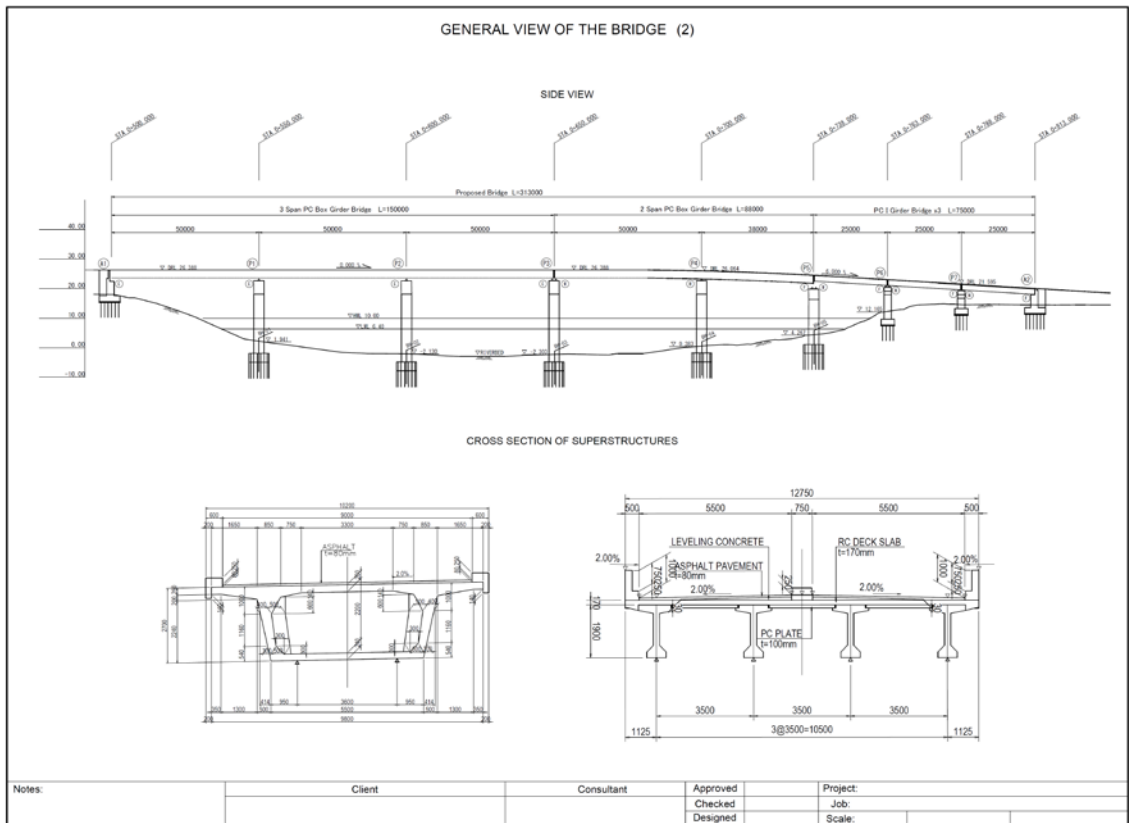
下部工・基礎工の設計演習では、対象とする RC 橋脚、場所打ち杭、鋼管矢板井筒基礎に関して、上記設計計算ソフトウェアの操作練習および2つの設計課題をおこなった。設計演習の実施日と実施内容を表 3.2.4 に整理する。

表 3.2.4 下部工・基礎工設計演習の実施内容

実施日		テーマ	実施内容
1月	8日	設計ソフトウェアの操作練習 「RC 橋脚」	設計ソフトウェアの概要、操作の全般的説明
	9日		データ入力練習 (梁、柱、フーチング)
	10日		データ入力練習/出力確認 (結果総括表)
	11日		計算結果の確認 (梁の応力度照査)
	12日	計算結果の確認 (柱の応力度照査)	
	15日	設計ソフトウェアの操作練習 「場所打ち杭」	データ入力練習 (設計条件、地盤条件、杭配置)
	16日		データ入力練習 (外力、杭体配筋、杭頭配筋)
	18日		計算結果の確認 (支持力、杭体応力度)

	19日		計算結果の確認(杭頭部、フーチング)
	22日	設計課題	設計ソフトウェアを使用して、一体のRC橋脚及び場所打ち杭の設計作業をおこなった。
	23日	「RC橋脚+場所打ち杭」	以下の配布資料を与条件として、RC橋脚及び場所打ち杭の構造配置を検討し、安定計算及び部材の照査を実施した。
	24日		・橋梁一般図
	25日		・地質柱状図
	26日		・上部工反力
	29日		
	30日		
	31日		
2月	1日		設計作業を通して以下の資料を作成した。
	2日		・場所打ち杭の杭径比較表 ・橋脚、場所打ち杭の配筋要領図
	5日	設計ソフトウェア	データ入力練習(設計条件、地盤条件、杭配置)
	6日	の操作練習	データ入力練習(外力、切梁腹起し、頂版、接合部)
	7日	「鋼管矢板井筒基礎」	計算結果の確認(支持力、切梁腹起し、仮締切)
	8日		計算結果の確認(本設鋼管、頂版、杭頭接合部)
	9日	設計課題	設計ソフトウェアを使用して、一体のRC橋脚及び鋼管矢板井筒基礎の設計作業をおこなった。
	13日	「RC橋脚+鋼管矢板井筒基礎」	以下の配布資料を与条件として、RC橋脚及び鋼管矢板井筒基礎の構造配置を検討し、安定計算及び仮締切、本設部材の照査を実施した。
	14日		・橋梁一般図
	15日		・地質柱状図
	16日		・上部工反力
	19日		
	20日		
	21日		
	22日		設計作業を通して以下の資料を作成した。
		・仮設工設置時の施工ステップ図	
		・鋼管矢板井筒基礎の一般図	
26日	発表準備	プレゼンテーション資料の作成	
27日		プレゼンテーション資料の作成	
28日	成果発表会	プレゼンテーションの実施	

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 3.2.1 設計課題「RC 橋脚+鋼管矢板井筒基礎」の橋梁一般図

### 3.3 セミナー

#### 3.3.1 風洞実験セミナー

京都大学大学院の白土博通教授は2種類の特別セミナー、バゴ橋斜張橋を対象とした風洞実験、および、耐風構造（風工学）を実施した。

##### 3.3.1.1 バゴ橋斜張橋を対象とした風洞実験

###### (1) セミナーの目的

京都大学橋梁工学研究所で実施されたバゴ橋斜張橋を対象とした風洞実験の概要を紹介する。

###### (2) セミナーの概要

本セミナーは2017年12月11日午前に開催された。その概要は下記の通りである。

- バゴ橋斜張橋の概要
- 実験に使用した風洞
- 等価質量
- 風洞実験の検討項目
- バゴ橋斜張橋の風洞実験結果
- 風速風向記録の統計解析
- ケーブル振動抑制対策
- 結論と推奨案

##### 3.3.1.2 耐風構造（風工学）

###### (1) セミナーの目的

風工学の概要ならびに耐風設計の知見を紹介する。

###### (2) セミナーの概要。

本セミナーは2017年12月11日午後で開催された。その概要は下記の通りである。

- 1 構造物の空力特性
  - 構造物の空力特性
  - 風による振動現象
- 2 自然風の特徴と設計風速

- 自然風
- 最大風速と生起確率
- 流れの可視化

3 耐風設計基準

- テイ橋、タコマ橋、フェリーブリッジクーリングタワーの教訓
- 耐風設計の手順
- 耐風安定性の検討

上記のトピックスの中で、白土教授は風速観測の重要性について説明し、その観測体制および精度がミャンマーにおける耐風設計に不可欠であることを強調した。

3.3.2 積算セミナー

3.3.2.1 セミナーの目的

事業実施者の立場から国際入札における事業費積算の意義と重要性を理解してもらうことを主目的として積算セミナーを実施した。

3.3.2.2 セミナー概要

積算セミナーは11月1-2日の2日間、計6回にわけて行われた。

そのスケジュールと各回の講義内容を下表に示す。

表 3.3.1 積算セミナースケジュール

日時	プログラム	時間	内容
10月31日	積算セミナー①	9:00 - 10:15	1.1 導入(積算の目的、積算方法、日本の積算基準)
		10:30 - 11:45	1.2 事業費積算書・代価表構成について
		13:00 - 15:00	1.3 積算体系(構成工種)の組立
11月1日	積算セミナー②	9:00 - 10:15	2.1 下部工積算実習(バゴ橋ランプを例に)
		10:30 - 11:45	2.2 上部工積算実習(バゴ橋ランプを例に)
		13:00 - 15:00	2.3 積算実習まとめ

出典: JICA 調査団



3.3.2.3 セミナー内容

1 積算セミナー①

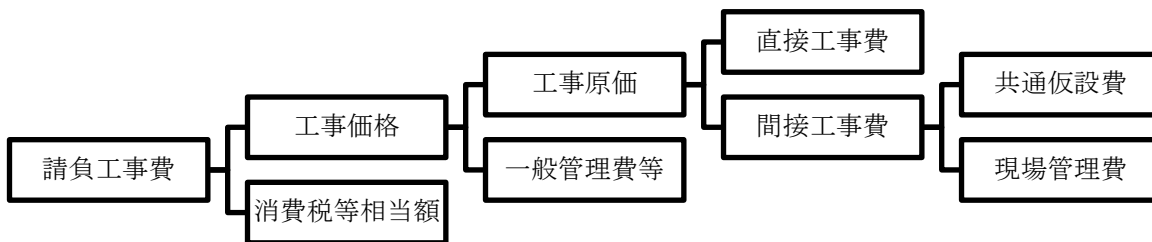
1.1 導入（積算の目的、積算手法、日本の積算基準）

公共工事において契約図書作成は事業者の業務であり、事業者である官公庁が、公共工事の品質確保の観点から概算事業費算定のために、積算業務を行うことの意義を説明した。また、国際競争入札において FIDIC における ”The Engineer” および積算の位置づけを説明した。

上記を踏まえ、現状の日本積算基準の概説を行い、ミャンマー国の積算基準との比較を行った。

1.2 積算代価表構成について

事業費積算書・代価表の内訳説明を行った。主に日本の積算基準で考慮されている請負工事費の構成(図 3.3.1 参照)を、工事価格を構成する工事原価・一般管理費、そして工事原価を構成する直接工事費および間接工事の各構成要素を説明した。



出典：JICA 調査団

図 3.3.1 請負工事費構成

1.3 積算体系（構成工種）の組立

“1.2 積算代価表構成について” で積算の大枠を把握したのちに、直接工事費の積算体系を組み、橋梁・土工工事の積算工種構成を実習形式で実施した。

2 積算セミナー②

2.1 下部工積算実習(バゴ橋ランプを例に)

“1.3 積算体系（構成工種）の組立” で組み立てた積算体系を基本に、橋梁下部工の積算を日本の積算基準を参考に積み上げた。実習にあたり、まず日本積算基準の構成を示して、単価表に倣い各項目の指定事項を満たすように代価表を組み上げていくことを説明した。その後、バゴ橋のランプ橋梁を例に、諸情報をもとに場所打杭基礎・躯体工事の積上げを行った。研修生の進捗・理解度を確認しながら、各工種の積算における留意点も合わせて概説した。

## 2.2 上部工積算実習(バゴ橋ランプを例に)

“1.3 積算体系(構成工種)の組立”で組み立てた積算体系を基本に橋梁上部工の積算を日本の積算基準を参考に積み上げた。バゴ橋のランプ橋梁を例に、図面および諸情報からPCプレキャストI桁の製作から架設までを積み上げた。各工種の積算における留意点も合わせて概説した。

## 2.3 積算実習まとめ

二日間で組み上げた代価表を総括表にまとめて、概算工事費の算出を行った。

積算セミナーのまとめを行い、ミャンマー積算基準のさらなる整備への期待をこめて挨拶を行い、セミナーを完了した。

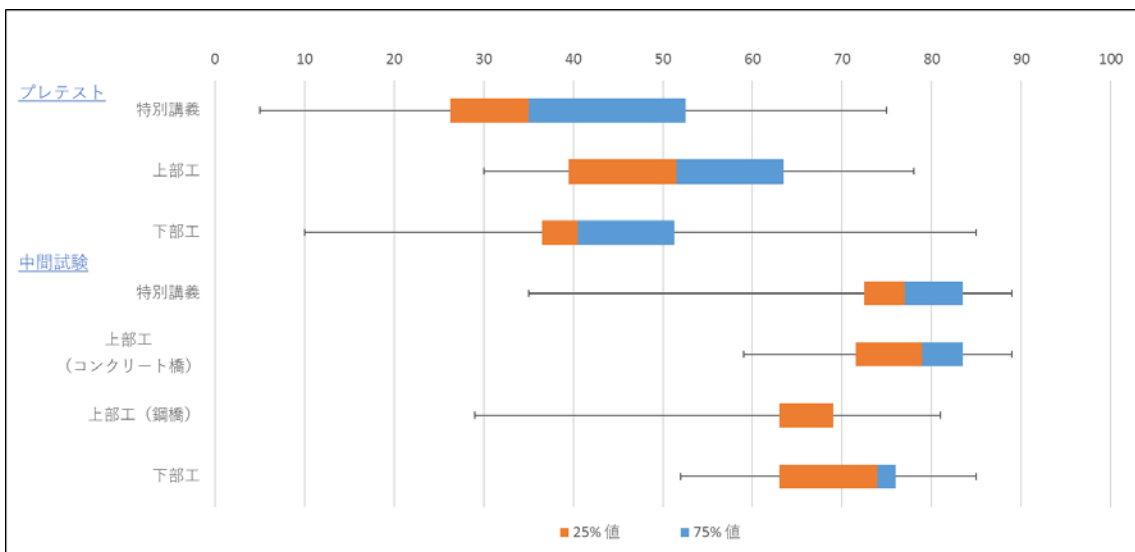
## 第4章 研修効果の評価

### 4.1 試験

今回の技術移転では、前半の研修開始時にプレテストとして特別講義及び上部工・下部工に関連した試験を実施した。また、前半の研修終了時（12月末）に、研修効果の測定及び後半の技術移転のグループ分け（得意分野への適正）の検討材料とする目的で、特別講義及び上部工（鋼橋）・上部工（コンクリート橋）・下部工に関連した試験を行った。

図 4.1.1 に試験結果を示す。試験はすべて 100 点満点で採点され、難易度が全体でほぼ同等となるように問題を設定した。なお、プレテストは受講生（MOC 職員）10 名分の結果であり、中間試験は 11 名（2 名が MOC から追加派遣され、1 名は出産のため途中から欠席した）の結果である。

試験結果は「箱ひげ図」として表した。これは、ひげ部分が最高得点と最低得点の範囲として表され、青とオレンジの箱はそれぞれ平均点から上に 25%（50~75%）、下に 25%（25~50%）を表示している。



出典：JICA 調査団

図 4.1.1 プレテスト及び中間試験の試験結果

ここから考察すると、

- プレテストは平均 42.0 点であった。受講生の点数のばらつきが大きく、最高得点と最低得点の幅が広い。25%の範囲も広い。この時点では、受講生の得意分野や能力に大きな開きがあった。
- 中間試験は全体的に平均点が上がり（74.8 点）、またばらつきが小さくなっている。つまり全体的にレベルアップし、研修内容がある程度習熟されたと考えられる。

以上から、前半の講義による研修効果は非常に高く、知識の面では全体的にレベルアップしたと考えられる。一方で、個々の受講生にはバックグラウンドがあり、不得意分野においては研修による能力向上が見られなかったと考えられる。総合的には、受講生全体の知識レベル向上に寄与したと考える。

#### 4.2 受講生によるプレゼンテーション

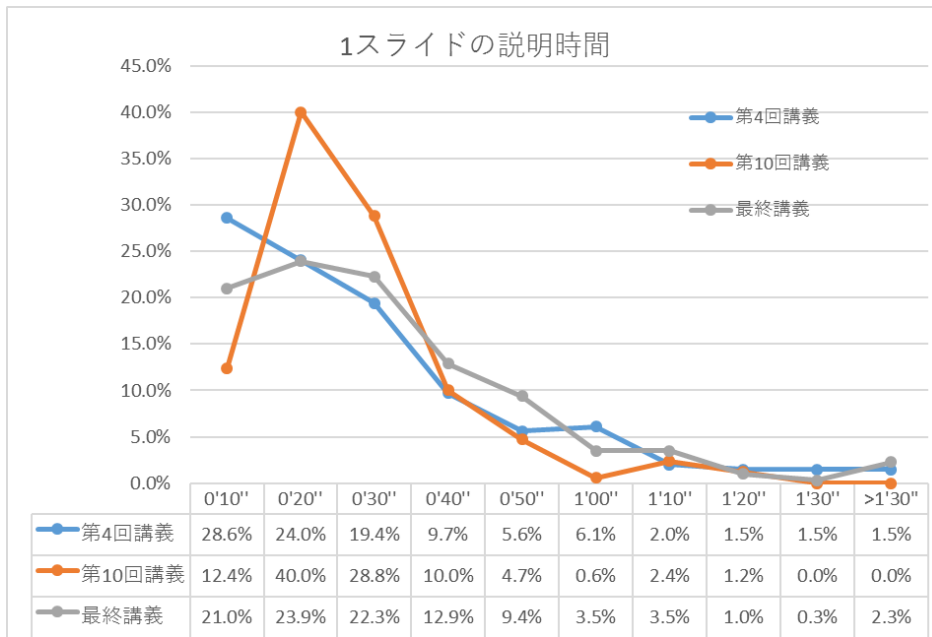
受講生によるプレゼンテーションは、構造解析概論において2回（第4回講義、第10回講義）と、応用演習の最後に研修の発表会として1回行った。

研修開始当初、実際にプレゼンテーションを行ったことがない受講生がほとんどであったため、構造解析概論のプレゼンテーションはとりあえず自分で発表資料を作成し、グループに対して説明を行うことを目的としていた。このため、個々の受講生に対して発表方法の指導等は行っていない（特に気になった発表については、発表終了後に良い点・改善した方がよい点については言及した）。感想としては初回（第4回講義）より第10回講義、さらに応用演習発表会のほうが説明方法が向上したと言える。

数値で示すことができるものとして、1スライド当たりの説明時間を記録した（図 4.2.1）。日本ではよく「1スライドにつき1分程度説明するとよい」と言われており、それを初回講義で説明した。ただ、実際のプレゼンテーションでは非常に短い時間（5秒以内）で小刻みにスライドを変え、解析結果を説明する受講生が何人かいたため、より多くの時間をかけてゆっくり説明するように指導した。第10回講義のプレゼンテーションでは全てとは言わないが1スライドに最低でも10秒以上をかけるようになり、下図でも20秒～30秒の割合が多くなっている。応用演習の発表会では、発表時間はより平準化され、第10回講義で突出していた10～20秒の割合が減り、時間をかけて発表するようになったと言える。

4回目講義では、解析結果を1枚のスライドで延々と説明する（多い場合は2分以上）受講生がいたため、あまりに多くの内容を詰め込むより何枚かに分割するように指導した結果、第10回講義の発表では1スライドに1分以上かけて説明する割合が減った。一方、応用演習の発表会では習ったこと全てを発表したいと考えた受講生が何人かいたため、やや説明時間が長くなる傾向があった。

こうした考察からも全般的には、プレゼンテーションの技術が向上したと考えられる。



出典: JICA 調査団

図 4.2.1 1スライドに要する説明時間

### 4.3 研修に関するアンケート

#### 4.3.1 アンケート概要

研修受講生の研修に対する満足度を測定する目的で、研修の終盤（2018年2月8日）にアンケートを行った。アンケートは回答選択式で、表 4.3.1 に示す 8 項目 58 細目について、受講者全 11 人に対して実施した。無記名とし、英語を使用言語とした。アンケート作成には、「研修効果測定法」（学校法人産業能率大学編）を参考にした。

表 4.3.1 研修アンケート項目

#### 1. 研修全体の感想

- 1 この研修では、橋梁設計に関する新しい知識の習得ができた。
- 2 この研修では、実用的な技術や新しい工学的経験、手法の習得ができた。
- 3 この研修で、新しい知識を得たことによって、ものの見方・考え方が転換できた。
- 4 この研修では、自分の経験や考え方の整理をし、更なる知識の強化ができた。
- 5 この研修では、講師の存在や働きかけによって、仕事への意欲が高まった。
- 6 この研修では、研修テーマや研修内容によって、仕事への意欲が高まった。
- 7 この研修で学んだことは、私の将来に役立つと考える。
- 8 この研修で学んだ事は、今の仕事ですぐに活用できそうだ

#### 2. 事前準備

- 9 研修を受ける前に、私はこの研修の目的・内容を理解していた。
- 10 私は、この研修の学習上の目標を理解していた。
- 11 私は、この研修で私の仕事に対する意識・知識、スキルが向上することを期待していた。
- 12 私の上司・同僚は、この研修で私の仕事に対する意識・知識、スキルが向上することを期待していた。
- 13 上司・同僚とは、この研修の目的・目標について、私と事前に話し合いをしていた。

- 14 私は、この研修を受講するにあたり、事前準備をした。
- 15 私のこれまでの経験や能力を考えると、研修のレベルは適切だった。

### 3. 学習内容

- 16 この研修は、私の学習上の目標を達成させるような内容であった。
- 17 この研修の学習内容の難易度は、私にとって適切であった。
- 18 この研修における学習量は、私にとって適切だった。
- 19 この研修の学習内容の範囲は、私にとって適切であった。
- 20 この研修の学習内容は、受講者の理解を促進する順序で配列されていた。
- 21 この研修における講義方法は、受講者の研修内容理解に効果的であった。
- 22 特別講義(橋梁設計全般、構造力学)は有益であった。
- 23 特別講義(維持管理)は有益であった。
- 24 特別講義(風洞実験、振動工学)は有益であった。
- 25 特別講義(構造解析)は有益であった。
- 26 講義(構造解析一般)は実用的だった。
- 27 講義(下部工設計)は実用的だった。
- 28 講義(上部工設計)は実用的だった。
- 29 講義(積算)は実用的だった。
- 30 応用演習(斜張橋、鋼箱桁、PC箱桁、下部工・基礎工)は実用的だった。

### 4. 講師の指導状況

- 31 講師は、この研修の学習上の目標を受講生に説明した。
- 32 講師は、この研修内容に関連した高い専門性を持っていた。
- 33 講師は、十分な経験とこの研修内容に関連した多くの事例を有していた。
- 34 講師の説明は、表現を工夫して理解しやすかった。
- 35 講師の話のスピードは適切であった。
- 36 講師は、受講生の質問に対して十分な回答をした。
- 37 講師は、受講生と積極的にコミュニケーションを取ろうとしていた。
- 38 講師は、受講者同士の相互交流を促進しようと働きかけていた。
- 39 講師は、研修における時間管理を適切に行っていた。
- 40 講師の研修に対する取り組み姿勢は好感が持てた。

### 5. 研修機材

- 41 配布されたテキストの内容は、研修内容の理解促進に役立った。
- 42 テキストは今後の実務に利用できそうだ。
- 43 ビデオ教材は研修内容の理解促進に役立った。
- 44 ビデオ教材の内容は分かりやすかった。
- 45 講師のプレゼンテーションスライドは分かりやすかった。

### 6. 相互学習

- 46 私は研修を通じて、講師だけでなく他の受講生からも自分に有用な情報を得ることができた。
- 47 私は研修を通じて、他の受講生の姿勢や態度から学ぶ点があった。
- 48 この研修は、受講生相互の意見交換ができる機会となった。
- 49 この研修では、受講生同士が研修終了まで適度な緊張感を保つことができた。

### 7. 受講環境

- 50 講義を受けた教室の環境(照明、空調など)は適切であった。
- 51 教室の広さ、机の広さなどは適切であった。
- 52 パソコン及びソフトウェアは問題なく動作した。
- 53 休憩などの場所は充分だった。
- 54 プロジェクト事務所の場所は通いやすい場所にあった。

### 8. 研修時間

- 55 研修日数は適切であった。
- 56 研修時間帯(9:00~15:00)は適切であった。
- 57 研修時期(10月~2月)は適切であった。
- 58 各講義の講義回数は適切であった。

出典: JICA 調査団

### 4.3.2 アンケート結果

アンケートは表 4.3.2 に示す 5 段階の選択回答式とした。5 段階の他に 0 (No answer) の項目を設けたが、設問に対して 0 と回答した受講生はいなかった。また、全般的に 3 以上の回答が得られ、1 と回答された設問もなく、2 も 4 か所のみであった。

表 4.3.2 アンケート回答欄

回答番号	回答(英語)	回答(和訳)
1	Never think so	決してそう思わない
2	Rather not think so	そう思わない
3	Between 2 and 4	ふつう
4	Rather think so	そう思う
5	Strongly think so	強くそう思う
0	No answer	回答なし・該当なし

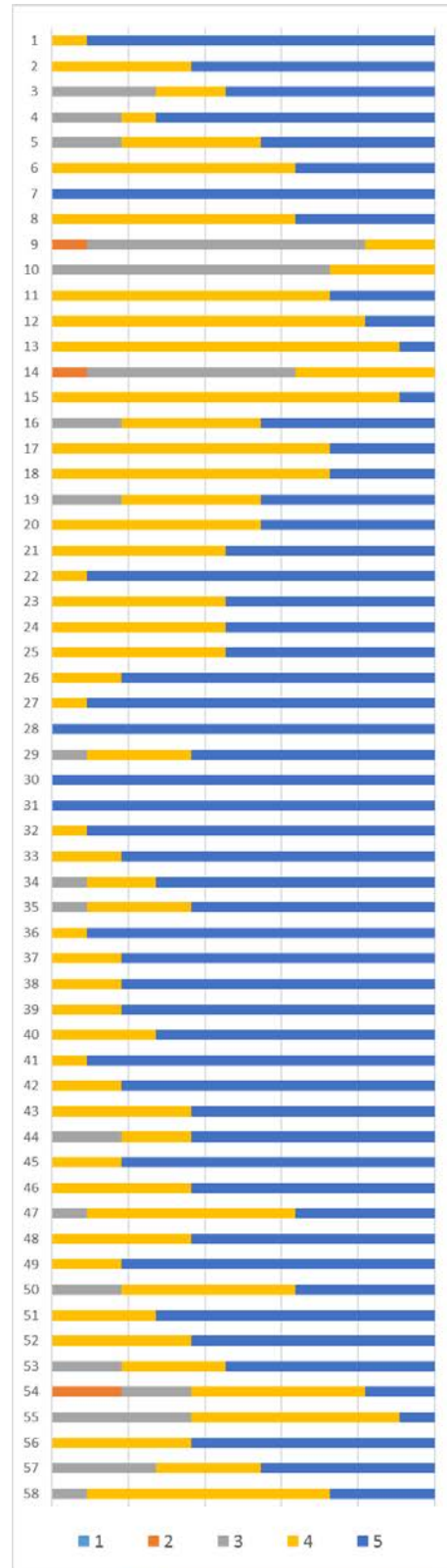
出典: JICA 調査団

次頁にアンケート結果を示す。

表 4.3.3 アンケート結果

Q	1	2	3	4	5	Ave
1	0	0	0	1	10	4.909
2	0	0	0	4	7	4.636
3	0	0	3	2	6	4.273
4	0	0	2	1	8	4.545
5	0	0	2	4	5	4.273
6	0	0	0	7	4	4.364
7	0	0	0	0	11	5.000
8	0	0	0	7	4	4.364
9	0	1	8	2	0	3.091
10	0	0	8	3	0	3.273
11	0	0	0	8	3	4.273
12	0	0	0	9	2	4.182
13	0	0	0	10	1	4.091
14	0	1	6	4	0	3.273
15	0	0	0	10	1	4.091
16	0	0	2	4	5	4.273
17	0	0	0	8	3	4.273
18	0	0	0	8	3	4.273
19	0	0	2	4	5	4.273
20	0	0	0	6	5	4.455
21	0	0	0	5	6	4.545
22	0	0	0	1	10	4.909
23	0	0	0	5	6	4.545
24	0	0	0	5	6	4.545
25	0	0	0	5	6	4.545
26	0	0	0	2	9	4.818
27	0	0	0	1	10	4.909
28	0	0	0	0	11	5.000
29	0	0	1	3	7	4.545
30	0	0	0	0	11	5.000
31	0	0	0	0	11	5.000
32	0	0	0	1	10	4.909
33	0	0	0	2	9	4.818
34	0	0	1	2	8	4.636
35	0	0	1	3	7	4.545
36	0	0	0	1	10	4.909
37	0	0	0	2	9	4.818
38	0	0	0	2	9	4.818
39	0	0	0	2	9	4.818
40	0	0	0	3	8	4.727
41	0	0	0	1	10	4.909
42	0	0	0	2	9	4.818
43	0	0	0	4	7	4.636
44	0	0	2	2	7	4.455
45	0	0	0	2	9	4.818
46	0	0	0	4	7	4.636
47	0	0	1	6	4	4.273
48	0	0	0	4	7	4.636
49	0	0	0	2	9	4.818
50	0	0	2	5	4	4.182
51	0	0	0	3	8	4.727
52	0	0	0	4	7	4.636
53	0	0	2	3	6	4.364
54	0	2	2	5	2	3.636
55	0	0	4	6	1	3.727
56	0	0	0	4	7	4.636
57	0	0	3	3	5	4.182
58	0	0	1	7	3	4.182

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

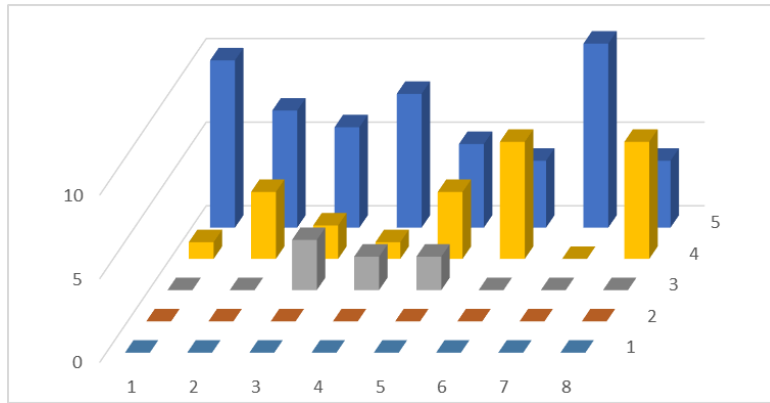
図 4.3.1 アンケート結果グラフ(100%積上げ)



4.3.3 アンケート結果についての考察

4.3.3.1 研修全体の感想（設問 1～8）

研修についての満足度を直接質問したものであり、概して高い満足度が得られたと言える。特に設問 1（新しい知識の獲得）や 7（研修が将来役に立つか）は特に高い評価が得られた。一方で 3（自分の考え方の変化）や 4（自分の知識の再構築）、5（講師の激励によるモチベーションの向上）、6（研修による自分のモチベーション向上）、8（講義が自分の業務にすぐ役立つか）といった項目についてはやや評価が低かった。研修全体の評価として、研修が現在の仕事に直接結びつき、すぐに役に立つというよりは、将来的に役に立つという位置づけであったと解釈できる。また今回の研修を、変化を求めるといよりは自分の業務の一環・延長上にあるものとしてとらえ、初めから高いモチベーションで取り組んだと想像される。

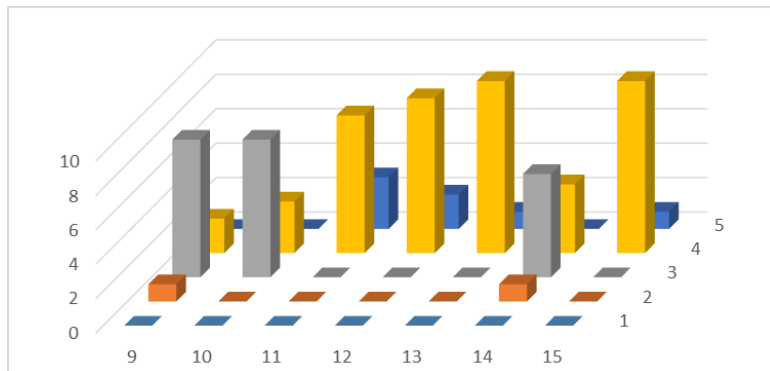


出典: JICA 調査団

図 4.3.2 アンケート結果(1～8)

4.3.3.2 事前準備

事前準備という事で、研修前に目的・内容を理解していたか、事前に上司や同僚が研修にどのような期待をしていたか、予習をしたか等を訪ねた。



出典: JICA 調査団

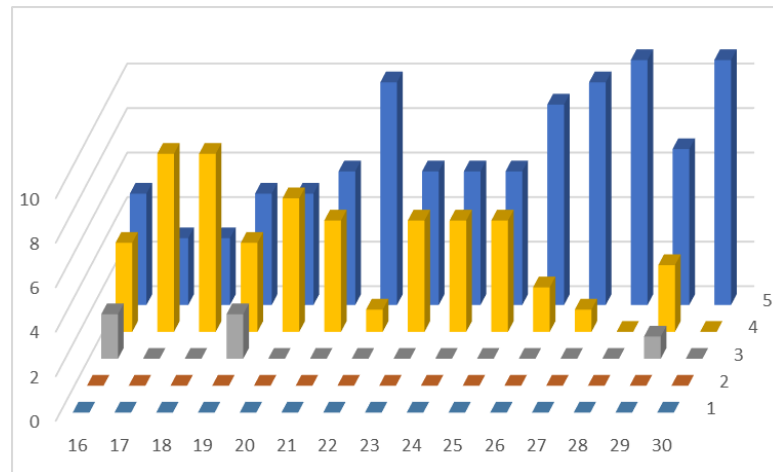
図 4.3.3 アンケート結果(9～15)

結果はやや低い評価となった。特に9（研修の目的や内容）、10（研修のゴール）、14（受講に際しての予習）などについては低評価であった。研修内容については概ね MOC 側に連絡していたものの、研修のためのテキスト等は研修を行いながら作成していたため、受講生が事前には具体的な内容が把握できず、こうした評価となった可能性がある。一方で、受講生が研修の目的・内容等を十分伝えられずに研修に参加した可能性も考えられる。

4.3.3.3 学習内容

16～19 の設問は研修のレベルや量などを尋ねたものであるが、おおむね好評価であるものの、全体的にはやや低い結果となった。研修内容については調査団で検討したが、事前に MOC や受講生にヒアリングを行って具体的な内容を決定した訳ではないので、こうした評価はやむを得ないとする。また 55 の設問（研修期間の長さ）について評価が低いことから、研修期間と研修内容のバランスについては若干の不満があったものと予想される。

講義の順序や講義方法（PPT を使用）については高評価を得た。また大学教授による特別講義や調査団の専門家による設計概要の講義にはおおむね高い満足度が得られた。後半の応用演習についても、アンケート実施時には研修途中であったが、高い満足度が確認できた。

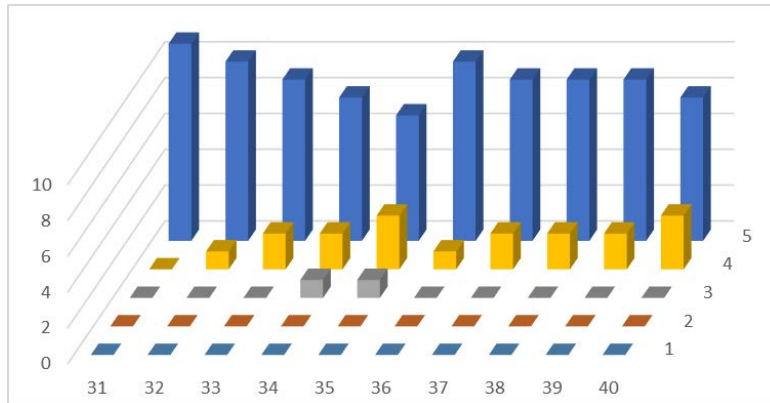


出典: JICA 調査団

図 4.3.4 アンケート結果(16～30)

4.3.3.4 講師の指導状況

講師の指導状況についての設問には、おおむね高い評価が得られた。講義はすべて英語で行ったが、双方にとって外国語であったこともあり、34（説明の難易度）や 35（説明の速度）については多少低い評価であったものの、36（質問に対する講師の回答）や 37（講習生とのコミュニケーション）といった項目で高評価であったことから、講師の態度についてはおおむね良好な印象・評価が得られたものと判断する。



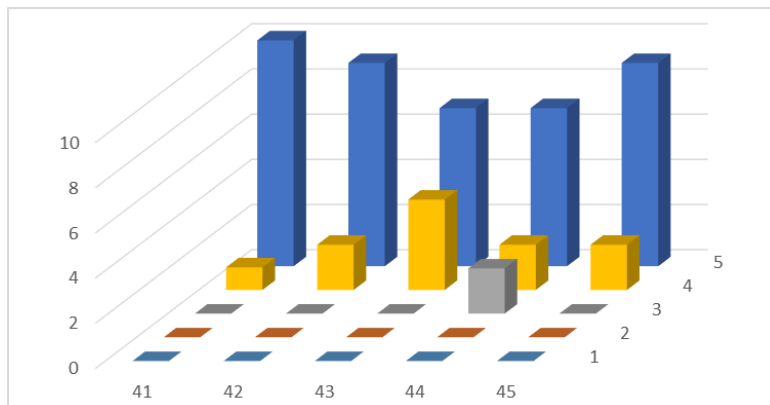
出典: JICA 調査団

図 4.3.5 アンケート結果(31~40)

#### 4.3.3.5 研修機材

研修に用いた資料についても、概ね高い評価を得た。資料（配布資料、PowerPoint スライド等）は調査団の専門家が本研修のために独自に作成したものである。

ただ、44（ビデオ教材の理解度）については、受講生にやや不満であったことが読み取れる。ビデオ教材は、日本の道路管理者・メーカー等が作成した橋梁建設に関わる紹介ビデオを使用した。中には解説が日本語のものがあ（適宜、英語で補足的に解説）、内容についても事業概要を主体にしたものなど、受講生の興味とは若干異なったものが含まれていたことが低評価の原因であったと推測される。

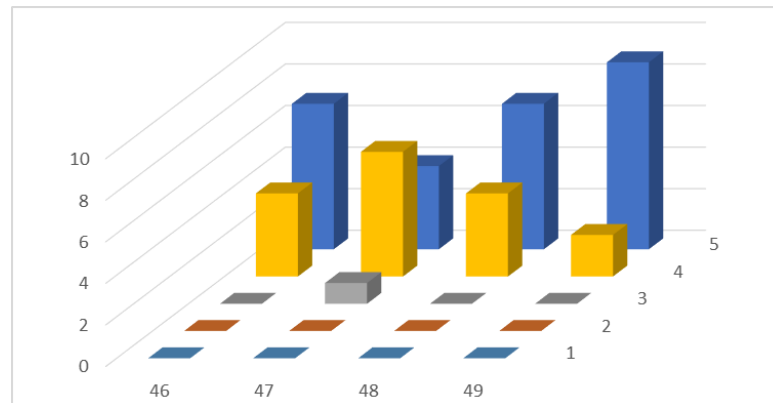


出典: JICA 調査団

図 4.3.6 アンケート結果(41~45)

#### 4.3.3.6 相互学習

技術移転の直接的な目的ではないが、設問として受講生間の相互理解について尋ねた。結果として比較的高い満足度が得られた。但し 47（他の受講生からの研修態度についての学び）についてはやや満足度が低めであった。

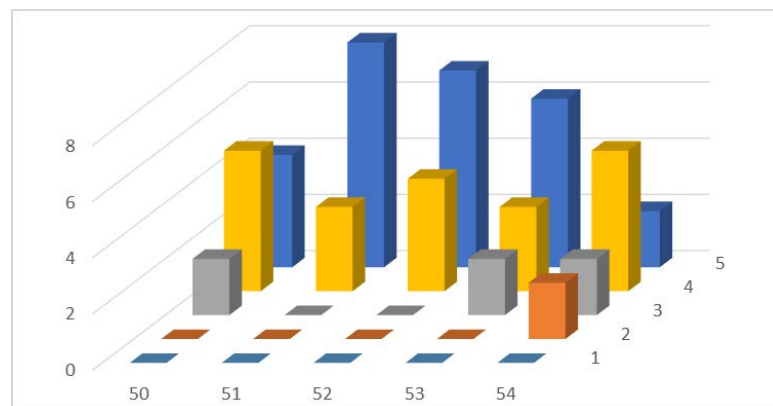


出典: JICA 調査団

図 4.3.7 アンケート結果(46~49)

#### 4.3.3.7 受講環境

技術移転は調査団事務所（タケタ地区のタンリン橋付近）で実施した。3 階建ての一般住宅（賃貸）を事務所として使用しており、受講生にとっては設計演習を行うための十分な広さのスペースではなかった、という結果であった。また旧市街地から遠く、通勤の便が良い（設問 54）とは言い難かった。一方で研修に使用した PC は詳細設計時に用いたものを使用し（設問 52）、特に大きな不満は聞かれなかった。

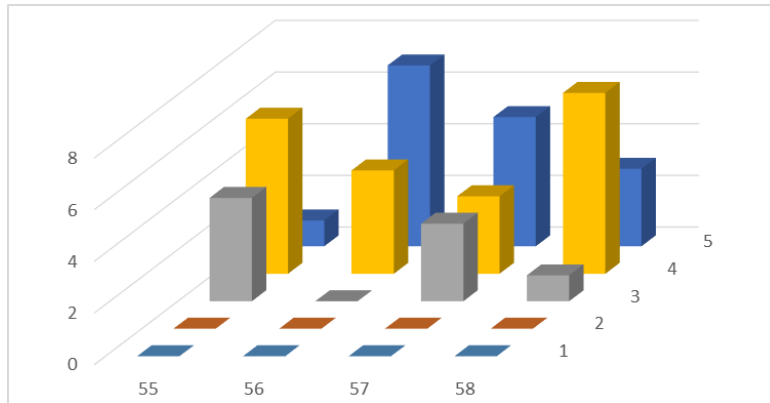


出典: JICA 調査団

図 4.3.8 アンケート結果(50~54)

#### 4.3.3.8 研修時間

研修の時間等について尋ねた。55（研修期間）についてはやや低い回答が得られた。これは JICA 調査の期間や MOC からの要望、MOC 職員の実務繁忙度などの要素が関わってくるため、研修の適切な長さは調査団としては判断できない。57（研修実施が 10 月から翌 2 月であったこと）についても同様に、JICA 調査団として最適な時期を設定できた訳ではないため、点数が低いが参考程度と考える。



出典: JICA 調査団

図 4.3.9 アンケート結果(55~58)

#### 4.3.3.9 総合評価

アンケートによる満足度調査の結果は、全体的に高い評価となり、事前学習・受講環境などを除けば受講生にとってよい研修であったと評価された。

#### 4.3.4 今後の研修に対する提案

本研修は、アンケート結果から高い研修満足度が得られるとともに、試験成績の向上から学習効果も見られた。また MOC 幹部からの評価も高く、研修として成功であったと言える。

しかし、研修として実施した内容を研修生が実務で生かすことができなければ、研修そのものが良いものであったとしても意味をなさない。また、受講生個人のスキルアップだけでなく、職場及び組織のパフォーマンス向上が達成できなければ、研修の本当の目標を達成できたとは言い難い。

インセプション・レポートにおいて、表 4.3.4 に示すカークパトリックの 4 段階モデルによる研修評価・効果測定を提案した。本研修で実施した効果測定は「レベル 1：研修満足度」（アンケート調査による）及び「レベル 2：学習の到達度」（試験・プレゼンテーション実施による）である。

表 4.3.4 カークパトリックの 4 段階モデル

レベル	説明
4. Results (成果達成度)	研修受講による、受講者や職場の業績向上度合いの評価
3. Behavior (行動変容度)	受講者自身へのインタビューや、他者評価による行動変容の評価
2. Learning (学習到達度)	筆記試験やレポート等による受講者の学習到達度の評価
1. Reaction (研修満足度)	受講直後のアンケート調査等による、受講者の研修に対する満足度の評価

出典:「研修効果測定法」産業能率大学

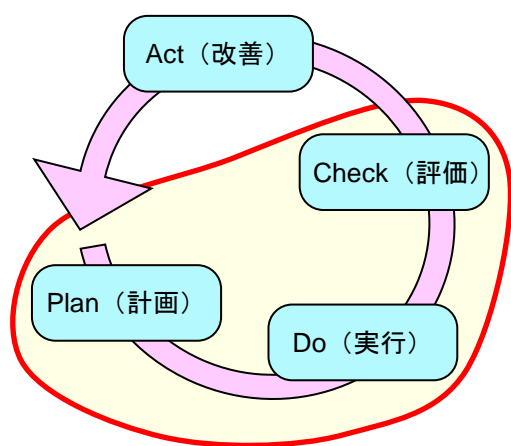
JICA 調査団は技術移転を実施するにあたり、受講生である MOC 職員の技術レベルを想定した上で

到達可能な技術レベルを設定し、研修プログラムを作成した。言わば「よかれと考えて」実施した研修であり、これが DOB 設計チームの、ひいては MOC 組織の目標と方向性が同じであったかどうかは分からない。今回の研修において測定できたレベルは、試験として「学習の到達度」及びアンケートとして「研修満足度」であるため、これが組織の目標や業績の向上にどの程度寄与するかどうかについては、現時点で不明である。

さらに上位のレベルで研修効果を発揮させるためには、

- 1) MOC が所属員の研修を計画し、組織の目標から研修の目標や内容を企画立案する必要がある。
- 2) 研修実施時には、今回と同様なフォームを用いて研修満足度のアンケートを行い、比較することで研修の課題を発見し、次回研修に生かす取り組みを行う。
- 3) 受講生の現場・所属先へのアンケートを行い、研修効果をヒアリングするとともに次回研修に生かす取り組みを行う。

図 4.3.10 に一般的な PDCA サイクルを示す。このうち、今回の研修でできた部分は P→D→C までであり、今後 A（改善）を行って新たな人材育成・研修に生かす取り組みを期待したい。図 4.3.11 に示すように、PDCA サイクルを P<sub>1</sub>→D<sub>1</sub>→C<sub>1</sub>→A<sub>1</sub>→P<sub>2</sub>→D<sub>2</sub>→C<sub>2</sub>→A<sub>2</sub>→P<sub>3</sub>→…と回し、改善していくことが必要である。



出典: JICA 調査団

図 4.3.10 PDCA サイクル

表 4.3.5 PDCA サイクルの概要

実行段階	概要
Plan (計画)	学習目標の明確化 研修計画の立案
Do (実行)	研修実施
Check (評価)	評価、効果測定
Act (改善)	評価結果の分析・考察 学習内容の改善提案

出典: JICA 調査団

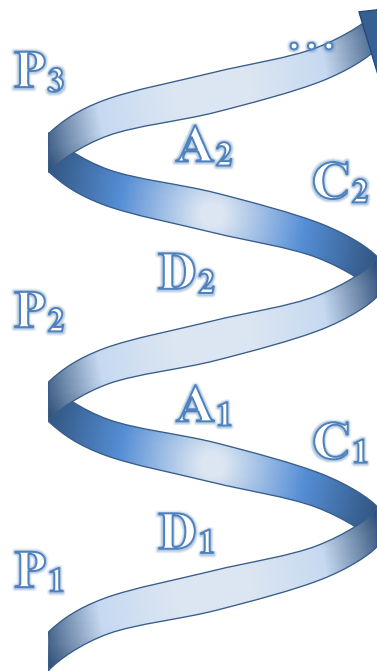


図 4.3.11 PDCA サイクルの改善イメージ

出典: JICA 調査団

#### 4.4 研修における課題

本調査（バゴ橋建設事業詳細設計調査）に技術移転を組みこむことになった際、MOC の建設事務次官（当時）からは当初「受講生がバゴ橋の詳細設計を行えるように研修を実施して欲しい」との要請があった。しかし、詳細設計期間が限られており、研修を実施しながら JICA 調査団が詳細設計を同時並行で進めることは技術者の負担が大きく困難であることから、技術移転の研修は詳細設計が終了した後に行う事とした。また、研修に与えられた 5 か月間（応用演習は 2 か月間）では、詳細設計に必要な技術的内容をすべては説明できないため、詳細設計に必要な項目のうちポイントを絞って説明を行った。

表 4.4.1 に、応用演習において実施できた項目とできなかった項目について示した。今後、受講生が詳細設計を実施するための研修や自己学習を行う際には、実施できなかった項目に着目して行うのがよいと考える。

なお、応用演習においては、設計計算ソフトウェアによる設計の習得を目標としたが、設計計算ソフトウェアは必要なデータをインプットすれば自動的に計算結果が算出されるため、設計者が注意しなければ結果を評価できず間違った設計結果のまま施工されてしまう危険性があることを受講生に繰り返し説明した。どのような計算理論に基づき計算が実施されているかについては、応用演習の中でも必要に応じて説明を行った。

表 4.4.1 研修における実績と課題

	実施した項目	実施できなかった項目
鋼斜張橋	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 解析モデル作成</li> <li>➢ ケーブルプレストレスの導入</li> <li>➢ パラメトリック解析</li> <li>➢ 構造部材断面計算</li> <li>➢ 耐震設計(静的解析)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ ケーブルプレストレスの最適化</li> <li>➢ 耐震設計(動的解析)</li> <li>➢ 施工時検討</li> <li>➢ 終局強度解析</li> <li>➢ ケーブル定着部 FEM 解析</li> <li>➢ 弾塑性解析</li> </ul>
鋼箱桁橋	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 死荷重の算定</li> <li>➢ 主桁本数の決定</li> <li>➢ 手計算による断面力算定(1-0法)</li> <li>➢ 解析プログラムを使用した断面力算定</li> <li>➢ 補剛材断面の決定</li> <li>➢ 主桁添接の計算</li> <li>➢ 断面構成図の作成</li> <li>➢ 製作キャンバーの検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 仮定鋼重の推定</li> <li>➢ 横曲げ及びびりに対する断面性能計算</li> <li>➢ 支点上ダイアフラム・垂直補剛材の設計</li> <li>➢ 中間ダイアフラムの設計</li> <li>➢ コンクリート床版の設計</li> <li>➢ 横桁・主桁接合部の応力照査</li> </ul>
PC 箱桁橋	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 主桁の設計(断面力算出、必要プレストレスの計算、曲げ及びせん断に対する設計)</li> <li>➢ 主桁ボックス断面(橋軸直角方向)の断面力算出</li> <li>➢ 構造概要図及び PC 鋼材配置概要図の作成</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ ボックス断面の部材照査及び横締 PC 鋼材の配置、配筋</li> <li>➢ 主桁設計における、PC 鋼材配置の検討</li> <li>➢ セグメント継目の設計(SBS 工法)</li> <li>➢ 横桁の設計</li> <li>➢ デビエーター・定着突起・リブ等の設計</li> <li>➢ 詳細図面の作成</li> </ul>
下部・基礎工	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 設計プログラムを用いた場所打ち杭・鋼管矢板井筒工法の基本的設計方法の理解</li> <li>➢ 鋼管矢板井筒工法の施工方法・施工手順を考慮した設計コンセプトの理解</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 地盤条件の評価・モデリング</li> <li>➢ 設計外力の考え方、設定</li> <li>➢ 経済性を考慮した基礎工検討</li> <li>➢ 基礎工の施工方法・施工手順の設計への反映</li> <li>➢ 材料調達性を考慮した設計</li> </ul>
設計全般		<ul style="list-style-type: none"> <li>➢ 設計条件の設定(幅員構成、設計荷重設定、使用材料の選定等)</li> <li>➢ 構造計画(橋長、支間割、桁高、断面形状の設定等)</li> <li>➢ 線形計算</li> <li>➢ 橋梁付属物の設計(支承、伸縮装置、防護柵等)</li> <li>➢ 数量計算</li> <li>➢ 計算チェック、取り纏め</li> </ul>

出典: JICA 調査団

なお、ミャンマー国において設計基準が未整備であったことから、研修においては設計基準として AASHTO と道路橋示方書を適宜用いた。本来はミャンマー国の設計基準を用いて演習を行うのが適切であり、今後設計基準や下位基準が整備されることを期待する。