

ミャンマー国における橋梁建設の現状と課題

平成 24 年 9 月

認定 NPO 法人 国際インフラ調査会

目 次

1. はじめに	1
2. ミャンマー国の橋梁概要	2
3. 2009年にミャンマーにおいて実施された橋梁一斉点検の概要	6
4. 調査橋梁の概要	10
5. 主要課題の整理	49

巻末資料

平成 24 年度「ビルマ橋梁訓練センター技術協力プロジェクトの研修および適用にかかる調査研究」(JICA) の橋梁現況調査によって明らかとなった知見

はじめに

ミャンマー国では、旧国際協力事業団(現国際協力機構、以下 JICA という)によって、Ministry of Construction (以下 MoC という) の下部組織である旧 Construction Corporation (現 Public Works、以下 PW という) の技術者を対象として、1979 年から 1985 年にかけてビルマ橋梁技術訓練センタープロジェクト(以下 BETC という)が実施された。

同プロジェクトでは、同国に派遣された日本人専門家の指導の下に In-Centre Training と On-the-Job Training が実施され、前者では約 60 名の技術者が橋梁下部工、鉄筋コンクリート橋およびプレストレストコンクリート橋の設計法を修得し、後者では中央支間長 100m の片持梁張出し工法によるプレストレストコンクリート橋、Thuwunna 橋が建設された。

On-the-Job Training では、場所打ち杭、バイプロハンマーによる仮設工などが橋梁下部工の施工技術として導入され、プロジェクト終了後もこれらの技術を活用することによって、ミャンマーにおける橋梁の施工能力が飛躍的に向上した。

すなわち、ヤンゴン郊外には中央支間長 300m の斜張橋が、またイラワジ河にはすでに 7 橋の長大橋が建設されており(それまでは 1900 年当初に建設された英国の植民地時代の 1 橋のみ)、イラワジ河には現在も全長 3,000m を超えるものを含む 5 橋が建設中である。

しかし、1990 年以降の日本を含む諸外国からの技術的支援の途絶、要求される非常に厳しい建設工期(橋長 3,000m クラスの橋梁でも 3~4 年)、建設資機材の制約等の中で新規橋梁建設に追われるミャンマーの現状を考えると、BETC 以降のミャンマーの橋梁技術の現状の検証が必要と考えられた。

本報告書は、当調査会が平成 22 年度、23 年度に国土交通省より受託して実施したミャンマーにおける橋梁の実態調査に基づきミャンマーの橋梁建設の現状と課題を整理したものである。

なお、巻末に平成 24 年度に JICA により実施された「ビルマ橋梁訓練センター技術協力プロジェクトの研修および適用にかかる調査研究」の橋梁現況調査により明らかとなった新たな知見の一部を加えさせてもらった(国際インフラ調査会はオブザーバーとして現地調査に参加させていただいた)。

「英訳版の作成について」

本報告書は、PW の技術者のために英訳いたしました。その翻訳にあたってはオリエンタルコンサルタント(株)のご協力をいただきました。

1. ミャンマー国の橋梁概要

ミャンマーの地図を図-2.1に示す。



図-2.1 ミャンマー全国図

ミャンマーの橋梁数に関しては、2009年時点のものと思われる表 - 2.1 のデータがある。このデータは、ミャンマー全体の道路延長 130,050km のうち MoC が管理する道路の延長 34,178km に対応するものである。

これによると、橋数の合計は 4,263 橋で、そのうち橋長 180feet(54m)以上が 276 橋、それ以下が 3,987 橋である。

表-2.1 ミャンマー-MoC 管理の橋梁数

橋長(feet(m))	橋数
50(15)以下	2,886
50(15)~100(30)	777
100(30)~180(54)	344
180(54)以上	276
合計	4,263

さらに、PW が橋長 180feet(54m)の橋梁に対して、1988 年以前に完成したものと以降に完成したものに分けて、各州と各管区の橋数を 2011 年時点で示したデータがある(表 - 2.2)。

これには MoC の管理以外の橋梁も含まれており、橋長 180feet(54m)以上の橋梁について、表-2.1 と表-2.2 の数値を比較すると、MoC 管理の橋梁数は 276 橋で、MoC 管理以外の橋梁を含めた橋梁数は 465 橋であり、調査時点が異なる違いはあるが、この差 189 橋は主に MoC 管理以外の橋梁数と理解できる。

表-2.2 によると、橋長 180feet(54m)以上の橋梁のうち、1988 年以前に完成したものが 198 橋、1988 年以降に完成したものが 267 橋、合計 465 橋である。すなわち、橋長 180feet(54m)以上の橋梁に限ったことではあるが、1988 年以降 2007 年までの約 20 年間に架けられた橋数(267 橋)が、1988 年以前に架けられた橋数(198 橋)を上回っており、この 20 年間における橋梁の建設はそれ以前より速い速度で行われていることが推察される。

表-2.2 ミャンマーの橋長 180feet(54m)以上の橋梁数

州または管区	1988 年以前完成	1988 年以後完成
Kachin 州	27	21
Kayah 州	6	2
Chin 州	2	3
Sagaing 管区	17	21
Magwe 管区	20	23
Mandalay 管区	18	16
Shan 州	24	19
Kayin 州	8	8

Tanintharyi 管区	8	7
Bago 管区	36	20
Mon 州	3	4
Rakhine 州	11	37
Yangon 管区	7	30
Ayeyawady 管区	11	56
合計	198	267
総計	465	

表-2.1 や表-2.2 に示したデータには橋種は示されていないが、2009 年に PW が主要橋梁に対して実施した点検の対象橋梁のうち、Yangon 管区と Ayeyawady 管区の橋種別の橋数は表-2.3 のようになっている。

表-2.3 によれば、両管区の点検対象橋梁は合計 77 橋であるが、点検が主要橋梁を対象に行われたことを考えると、これらは表 - 2.2 に示した橋長 180feet(54m)以上の両管区の橋梁の合計 90 橋の中から選ばれたものと推察される。

両管区の点検対象橋梁合計 77 橋のうち、コンクリート橋が 43 橋(55.8%)、鋼トラス橋が 13 橋(16.9%)、斜張橋・吊橋が 9 橋(11.7%)、ベアリー橋が 12 橋(15.6%)となっている。

すなわち、鉄筋コンクリート橋とプレストレストコンクリート橋が過半数を占めるが、鋼トラス橋、斜張橋・吊橋、ベアリー橋も半数近くに上っている。

表-2.3 2009 年の橋梁点検における Yangon 管区と Ayeyawady 管区の対象橋梁

	RC 橋、PC 橋	鋼トラス橋	斜張橋、吊橋	ベアリー橋	合計
Yangon 管区	19	3	3	5	30
Ayeyawady 管区	24	10	6	7	47
合計	43	13	9	12	77
	55.8%	16.9%	11.7%	15.6%	100%

橋長 180feet(54m)以下の橋梁の橋種についてはデータがないが、ミャンマーのこれまでの橋梁建設の状況を考えると、橋長が短い場合にはコンクリート橋が多用され、橋長が長い場合には鋼橋も用いられる傾向にあることから、橋長 180feet(54m)以下の橋梁では橋長がそれ以上の橋梁よりもコンクリート橋の比率が高く、鋼橋の比率が低い傾向にあるものと思われる。

なお、1.はじめに においてミャンマーの長大橋梁の上部工のほとんどは中国の橋梁メーカーから購入されていると述べたが、ミャンマーにおいては国営企業の Myanmar Economic Corporation が日本企業に発注し、2000 年に鋼板圧延工場およびビルト H の製作工場を、2001 年には最新設備の鋼橋製作工場を完成しており、日本企業の指導のもと鋼橋の製作、

架設の On-the-Job Training として PW により Chindwin 橋が建設された。この橋は支間 104 m の 4 径間連続トラス 2 セットからなる全長 837m、総鋼重 4,000 トン余の長大橋である。

その後、同タイプの 2 橋（ただし、1 セット全長 400m 余）が建設され、また、現在イラワジ河に建設中の 5 橋のうち 2 橋も同様の方式により日本企業の指導のもとにその建設が進められているとのことである。

また、ミャンマーにおいては、従来、中小橋梁のほとんどはベーリー橋かコンクリート橋であったが、上記工場が建設されてからは、ヤンゴンーマンダレー間の高速道路の数多くの橋梁を含む多くのプレートガーダー橋が製作、架設されている。

ところで、途上国における長大橋の建設は、当然のごとく外国の援助で実施されていると思われがちであるが、ミャンマーにおいては自国の資金で自らの責任で多くの橋梁の建設が実施されている。すなわち、長大橋の鋼製上部工こそその設計、製作を外国企業に依存しているが（その一部は上記の通り日本企業の指導でミャンマー国内で製作されている）、橋梁の基本計画、下部工の設計、施工は PW が自ら実施しており、上部工の架設も橋梁メーカーの数人の技術者の指導の下に PW が実施している。

2. 2009年にミャンマーにおいて実施された橋梁一斉点検の概要

2010年8月下旬に来日したヤンゴン工科大学 Daw Khin Than Yu 教授からのヒヤリングおよび入手資料による2009年にミャンマーにおいて実施された橋梁一斉点検の概要は以下の通り。

同教授によると、2009年、政府から関係省庁に「近年、諸外国で落橋事故が発生しているようだが、ミャンマーの橋は大丈夫か調査せよ」との指示があり、PWが中心となって沿岸諸州（Rakhaing 州、Ayeyarwady 州、Yangon 管区、Mon 州、Tanintharyi 州）の橋梁調査が実施されたとのことである。

同教授は5つの調査グループのうちのヤンゴンとイラワジ地域のリーダーである。同教授から同教授の調査グループの報告書（ミャンマー語）および他のグループの調査結果を含む多くの写真を収録したDVDを入手した。

写真-3.1はヤンゴンおよびイラワジ地区の点検チームで、中央がDaw Khin Than Yu 教授である。

写真-3.2は桁が落ちそうな状態で供用されていたコンクリート橋である。上部工はPC桁のようであり、何らかの原因で間違った位置に設置された橋脚上に、製作されていたプレキャスト桁をそのまま架設したと思われる（供用後、何の対策も行わずこのような状態が放置されていたとは考えにくいため、平成23年度調査において当橋を調査した。その結果については後述）。



写真-3.1 ヤンゴン、イラワジ地区の
点検チーム



写真-3.2 下部工から落ちそ
うなコンクリート桁

写真-3.3、3.4は橋台背面が洗掘された事例である。写真-3.3は河川の蛇行により橋台背面が洗掘されたために仮設橋で交通を確保している状況を示している。写真-3.4はその後の出水により仮設橋の橋脚が流され通行止めになった状況を示している。写真の撮影日時から判断すると、点検チームの視察後の出水で通行止めの状態が発生したと思われる。その後、突貫工事でコンクリート橋を2径間延伸したとのことである。



写真-3.3 出水により橋台背面が洗掘され
仮設橋により交通が確保されている



写真-3.4 その後の出水で仮設橋の橋脚
が流され通行止めとなっている

写真-3.5、3.6 はヤンゴンーバセイン道路のイラワジ河派川に架かる Maubin 橋のロッカ一沓の変状である。



写真-3.5 Maubin 橋の沓の変状 (1)



写真-3.6 Maubin 橋の沓の変状 (2)

写真-3.7~10 はイラワジデルタ地帯のベアリー橋およびそのパイプ橋脚の状態を示している。これと同じ形式の橋梁の橋脚が点検チーム視察後に倒壊したとのことである。この地域には海水の浸入があり、橋脚の倒壊は鋼管の腐食が原因のようである。この橋梁も倒壊後直ちにコンクリート橋で再建されたとのことである。



写真-3.7 ベアリー桁による橋梁



写真-3.8 その床構造



写真-3.9 パイプ橋脚



写真-3.10 パイプの劣化状況

写真-3.11～13 および図-3.1 はミャンマーで多用されている形式の橋脚の場所打ちコンクリート杭基礎頭部の施工不良およびその補修の状況を示している。



写真-3.11 杭頭部の施工不良箇所



写真-3.12 杭頭部の施工不良箇所



写真-3.13 杭頭部の補修

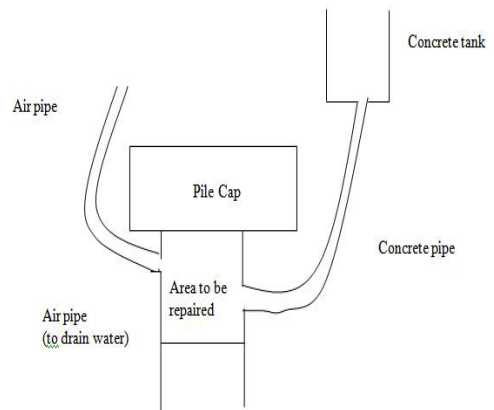


図-3.1 杭頭部の施工不良箇所の補修方法

写真-3.14、3.15は橋梁点検にシュミットハンマーが使用されている様子。写真-3.16、3.17は潜水夫による杭の水中部の調査が行われている様子およびその水中写真。



写真-3.14 シュミットハンマーによる調査



写真-3.15 同左



写真-3.16 杭の水中部の調査



写真-3.17 杭の水中部の写真

3. 調査橋梁の概要

22年度および23年度に調査した主な橋梁について、建設年次順に整理しなおした。

表-4.1 調査対象橋梁およびその諸元

No	Bridge name	Type(Main bridge)	Completion	Span arrangement (Main bridge)
1	Kyaungkong	Truss	1989	$4 \times 36.58 = 182.9\text{m}$
2	Thakhut	Concrete Girder	1991	$9 \times 16.5 = 148.5\text{m}$
3	Thanlyin	Truss with rail	1993	$80 \times 3 + (104 + 112 \times 2) + (112 \times 3) + (112 \times 3) + (112 \times 2 + 104) + 80 \times 3 = 1,808\text{m}$
4	Bayinaung	Truss	1994	$65.6 + (3 \times 123) + 65.6 = 501.1\text{m}$
5	Myaungmya	Suspension	1996	$39.6 + 182.9 + 39.6 = 262.1\text{m}$
6	Maubin	Truss	1998	$(4 \times 120) = 480\text{m}$
7	Bomyatun	Truss	1999	$96 + (3 \times 120) + (4 \times 120) + (4 \times 120) + (3 \times 120) + 96 = 1872\text{m}$
8	Yar Yamaung	Suspension	1999	304.8m
9	Da let- Chaung	Bailey	1999	301.8m
10	Aungzaya	Cable Stayed	2000	$140.8 + 300 + 140.8 = 581.6\text{m}$
11	Mahar Bandoola	Cable Stayed	2000	$55 + 130 + 55 = 240\text{m}$
12	Shwe Pyithar	Truss	2001	$84 + 120 \times 3 + 84 = 528\text{m}$
13	Min Chaung	Truss	2006	$(64 + 84 + 64) = 212\text{m}$
14	Lonedawpauk	Truss	2004	$35 + 60 + 35 = 130\text{m}$
15	Pathein	Suspension	2004	$86 + 255 + 86 = 427\text{m}$
16	Min Kyaung Chaung	Truss	2006	$(3 \times 35) + 60 + (3 \times 35) = 270\text{m}$
17	Twantay	Suspension	2006	$80.8 + 263.3 + 80.8 = 424.9\text{m}$
18	Dagon	PC Cantilever Girder	2007	$27.4 + (48.8 \times 16) + 27.4 = 835.6\text{m}$
19	Tha Yu-Pa-PA done	Suspension	2010	122m

1) Kyaunkong 橋

Kyaunkong 橋は、スイス国の援助および技術指導で 1980 年代に改良されたヤンゴンーバセイン道路の 11 橋の中小トラス橋のうちの 1 橋で 1989 年に完成している(写真-4.1)。

これらの橋の上部エトラスはオーストラリアのメーカーから購入されている。



写真-4.1 Kyaunkong 橋

このトラス橋のコンクリート床板はスイスの技術指導で設計されており、床板下部に厚さ 3.5 インチのプレキャストコンクリート部材が使用されているが、このプレキャスト部材の中に引っ張り主鉄筋が配置されており、さらにその上に打設された場所打ちコンクリート部との一体性についても特別な配慮がなされていないといったものである。

このようなコンクリート床板は、設計荷重相当の重車両による繰り返し荷重には耐えられないものと思われるが、現時点では、特に劣化の兆しは見受けられない(写真-4.2)。

これらと同じ設計のコンクリート床板が、2000 年代に入ってから建設された Kyaukphyu 島のトラス橋にも使用されているが、当地域ではコンクリートの練り混ぜに海水が使用されたこともあり、それらのコンクリート床板には甚大な損傷が発生している。



写真-4.2 Kyaunkong 橋の床板

2) Thakhut 橋

Thakhut 橋は、ヤンゴン市街のヤンゴン川対岸のデルタ地帯（当地域の地盤はイラワジデルタ地域に比しても非常に軟弱とのこと）に 1991 年に建設されたプレストレストコンクリート桁橋で、平成 22 年度の報告書にも記したコンクリート桁が今にも橋脚から落ちそうになっていた橋である（写真－4.3～5）。



写真－4.3 Thakhut 橋



写真－4.4 下部工から落ちそうな
コンクリート桁



写真－4.5 設置された仮支持

図－4.1 は、一般図および橋脚頂部を拡幅する前と後の写真を示す（一般図と写真を撮影した方向は逆）。

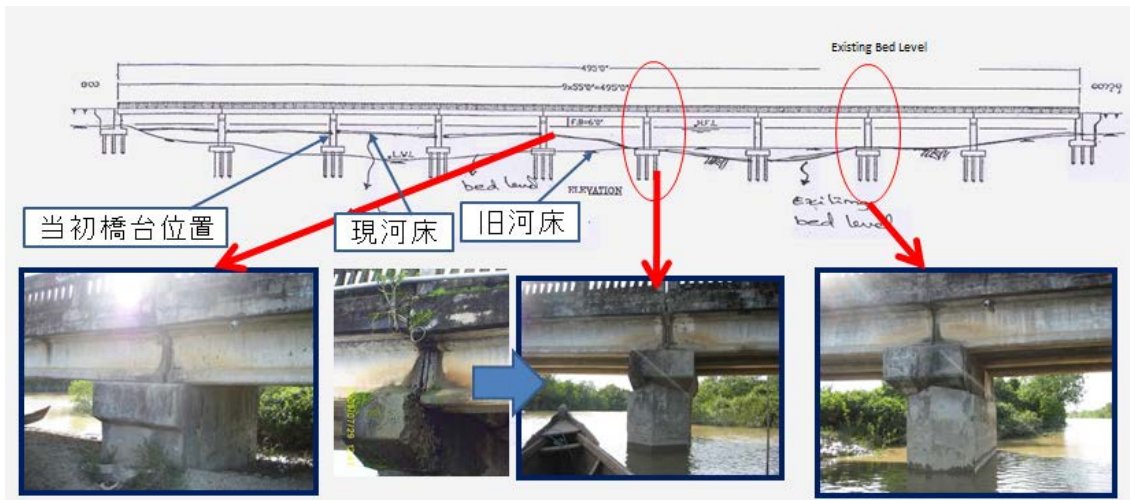


図-4.1 一般図および補修前後の写真

当橋においては、建設時、ヤンゴン側の橋台の背面に盛土した時点で、橋台が前方に大きく動いたため、その対策としてヤンゴン側のコンクリート桁橋を2径間延伸している。

建設時、橋台が動いた時点で中央部の橋脚において22年度報告書にあるようにコンクリート桁が落ちそうであったのなら、当然橋脚頂部の拡幅が行われていたはずであり、また、この橋脚は橋台からかなり離れており橋台が動いた時にこの橋脚も動いたとは考えにくい。

それでは、どうしてその後橋脚が動いたのであろうか。

以下のように考察した。

当該地域は、イラワジ地域に比しても軟弱なデルタ地帯であり、また、感潮区間であり干満の差が大きい。そのため、当該橋梁部においては毎日かなり早い上下流が発生し、河道が容易に動く（デルタ地域の河川は激しく蛇行しており、河跡湖も多く見られる。）。

当該橋梁部においても、橋梁建設後の約20年の間に河道が大きく動き、河床面も大きく変動している。

すなわち、河床面上昇により軟弱な地盤が側方流動しその上の橋脚が移動したものとされる。

PWの人たちが、建設時に橋台が動いた時点で、この事象に大きな関心を持ち、その後の当橋梁の挙動についても計測等を継続していたら、軟弱地盤上の橋梁下部工が容易に動くということに気がつき、その後の同様のトラブルを少なからず防止できたのではないかと言うのは、新規橋梁の建設に追われてきた彼らに酷であろうか。

3) Thanlyin 橋

Thanlyin 橋は、ヤンゴン南東部のバゴー河に中国の無償援助で 1993 年に完成した道鉄併用橋である（写真－4.6、7）。単線の鉄路の両側に 1 車線の車道という構造で、かつパイプラインも添架されている。



写真－4.6 Thanlyin 橋



写真－4.7 同左

当橋はその後のミャンマーにおける橋梁建設と異なり、中国政府の責任で建設されその施工もほとんど中国人の手で実施された。

橋梁の維持管理は、鉄道省が行っているということであったが、供用後 20 年近く経っているが、比較的良好に維持管理されているように見受けられた。

4) Bayinaung 橋

Bayinaung 橋は 1994 年に完成したヤンゴン西部の Hlaing 河に架かる最初の橋で、2 車線のトラス橋である（写真-4.8。図-4.2）。



写真-4.8 Bayinaung 橋

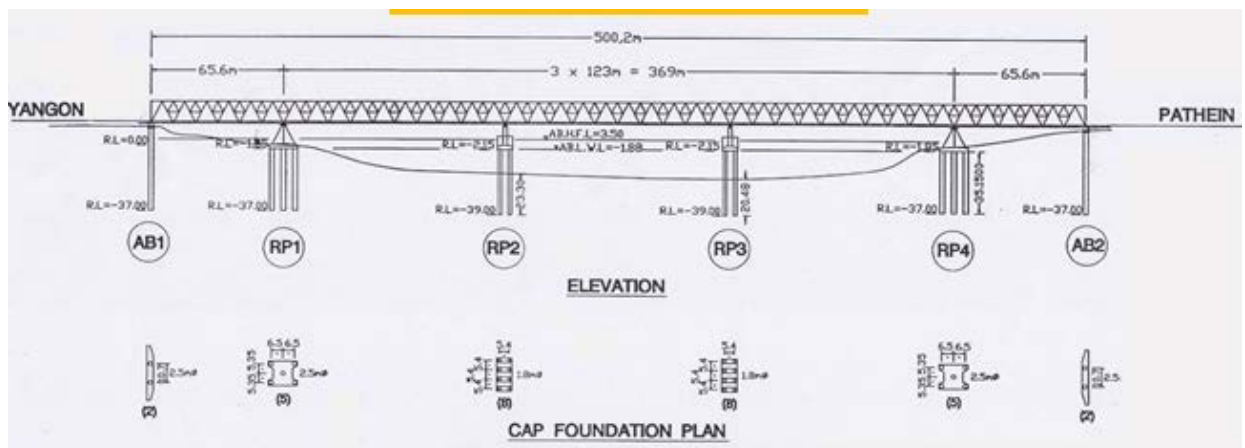


図-4.2 Bayinaung 橋一般図

当地域の地盤は典型的な軟弱層であり（図-4.3）、ヤンゴン対岸のコンクリート橋台が背面の土圧で押され前方に移動し、トラス上部工を両側から圧迫するようになったため、2003 年に大規模補修を実施している。

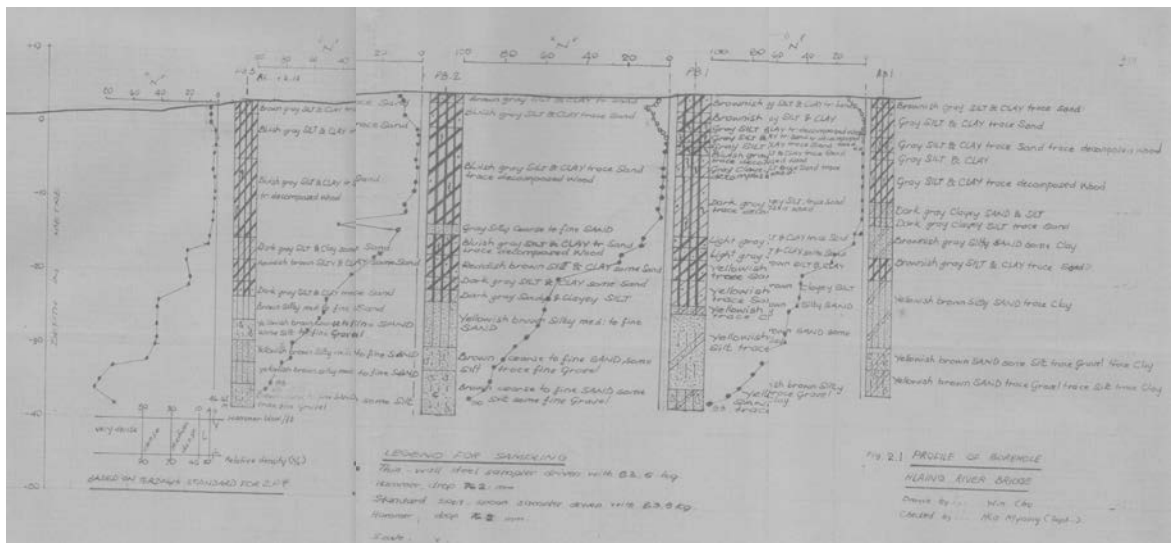


図-4.3 Bayinaung 橋の地盤柱状図

写真-4.9は、ベアリングプレートを継ぎ足したというヤンゴン側の可動沓である。対岸側の沓については、写真-4.10に示すように比較的健全に機能しているように見受けられた。

両側の伸縮装置は、歯がぶつかる状態となったため大規模補修の際に爪を切って対応している。しかし、現在、伸縮装置の遊間量がなくなっており（写真-4.11）、部分的に破断した箇所も見受けられることから（写真-4.12）、橋台はその後も移動していると考えられ、何らかの対策が求められる。



写真-4.9 可動沓（ヤンゴン側）



写真-4.10 可動沓（ヤンゴン対岸側）



写真-4.11 伸縮装置
（ヤンゴン側）



写真-4.12 伸縮装置
（ヤンゴン対岸側）

写真-4.13 はプレキャストコンクリート床板。このプレキャスト床板には補強リブが設けられており、場所打ちコンクリートによる継ぎ目部の強度には問題が無さそうに見受けられた。

写真-4.14 は 2009 年の一斉点検時に撮影されたものであるが、橋脚を支持する頂板(PW ではパイルキャップと呼んでいる) 下面の状況であり鉄筋が露出している。

BETC のフォロープロジェクトとして建設された Naguwun 橋において採用された橋脚基礎の形式が、Bayinnaung 橋を含むミャンマーの大河川に建設されているが、その設計、施工については要検討。



写真-4.13 プレキャストコンクリート床板



Coverless of Pile Cap bottom surface
at Bayintnaung Bridge

写真-4.14 パイルキャップの下面

トラスの格点部にはごみなどが溜まり、腐食しやすい状態となっている(写真-4.15、16)。トラス格点部の腐食防止は維持管理上重要な事項であることを指摘した。

なお、本橋において2003年に実施した補修工事がどのような現状分析に基づいてどのように実施されたか改めて検証することは、ミャンマーにおける今後の橋梁の補修、補強対策にとって非常に有意義なことと思われる。



写真-4.15 トラスの格点部



写真-4.16 トラスの格点部のごみ

5) Myaungmya 橋

Myaungmya 橋はイラワジデルタ地帯の中央部に 1996 年に建設された吊橋(写真-4.17)。



写真-4.17 Myaungmya 橋



写真-4.18 南側アンカーレッジ

当橋においては、吊橋の主ケーブル架設時に橋台が前方に動き出したため、橋台背面からの土圧を除くために橋台背面の盛土をコンクリート橋に変更し、さらに橋台周辺に杭を打設するという対策がとられている。写真-4.18 はその南側橋台である。主塔の頂点が 1 m 以上も変位しており、写真-4.19 から主塔が傾いていることが解かる。

管理担当者もこの橋の強度には不安を持っているようで、写真-4.20 に見られるように路面に石を並べて 2 車線の幅を 1 車線にして車両の通行を規制していた。



写真-4.19 傾いた塔



写真-4.20 路面の石は通行規制？

また、主ケーブルおよびハンガーの接合部はセメントモルタルと思われる材料で防食がなされており、主ケーブルは写真-4.22 に示すように床版にそのまま貫通させている。路面にはI型鋼で形成されており、橋台との間の伸縮装置は写真-4.23 に示すような簡単なものが用いられていた。

いずれも耐久性に不安があるものであって、この橋の維持管理はこれらのことを念頭において行うことが必要であるとことを指摘した。



写真-4.21 セメントモルタルによる防食？



写真-4.22 ケーブルの路面貫通部



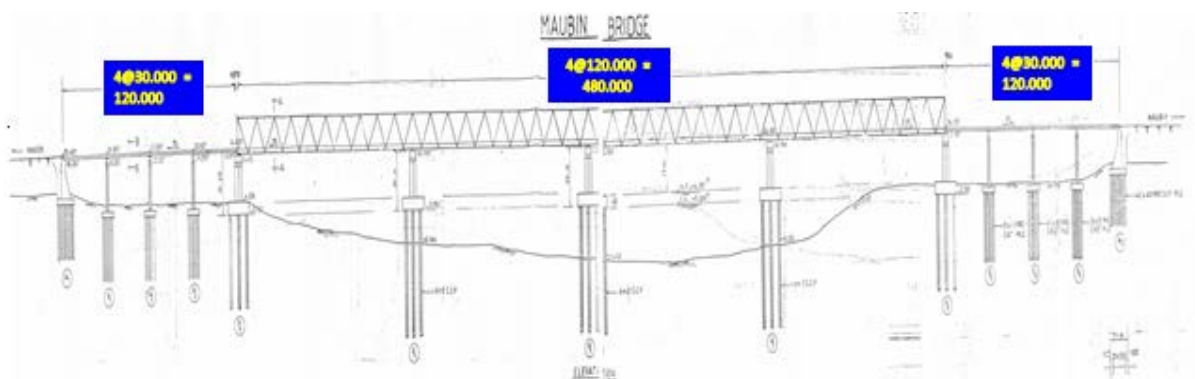
写真-4.23 簡易な伸縮装置

4) Maubin 橋

Maubin 橋は 1988 年に完成したイラワジデルタ地帯の軟弱な地盤の地域に建設された橋で、橋梁の沓が大きく変状している（写真－4.24、図－4.4、5）。



写真－4.24 Maubin 橋



図－4.4 Maubin 橋の一般図

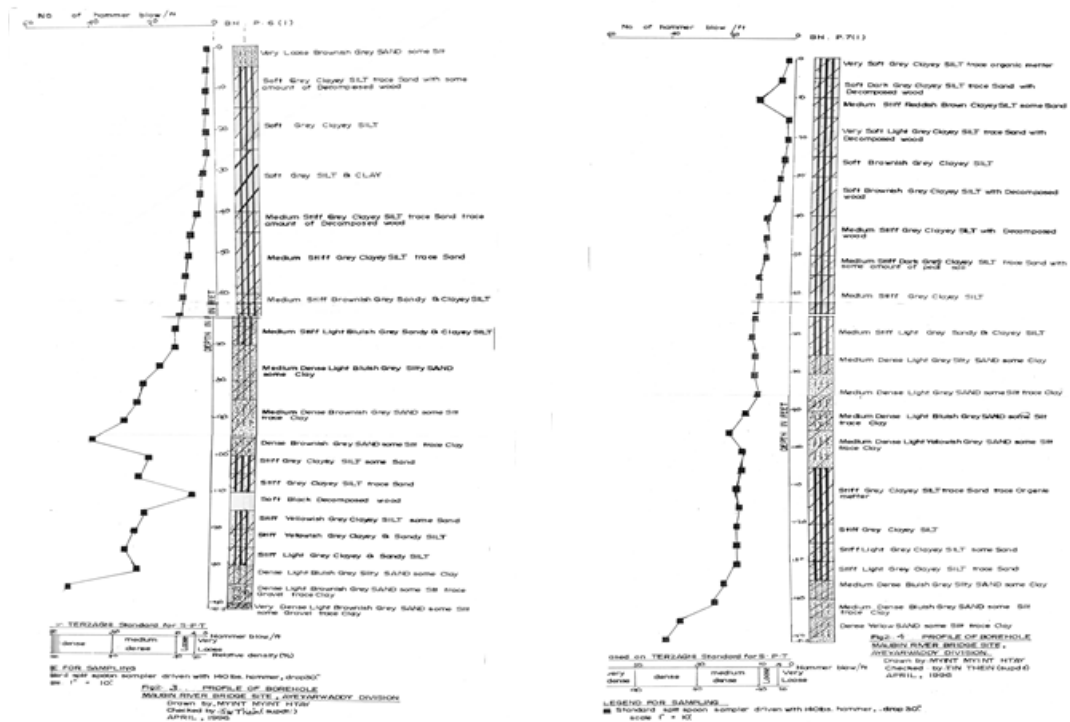


図-4.5 Maubin 橋の地盤柱状図

本橋も、先の Bayinaung 橋と同様に、軟弱地盤上のアプローチのコンクリート橋の橋台が背面の土圧で前方に動き、トラス上部工を圧迫しているものと思われる。

写真-4.25 は、トラス橋端部の橋脚上のアプローチのコンクリート橋のゴム沓であるが、大きくせん断変形しており、橋脚がコンクリート橋側から押されていることがわかる。



写真-4.25 大きくせん断変形したゴム沓

写真-4.26、27 に示すようにロッカー沓本体が大きく変形し、Maubin 側については下沓のストッパーが逸脱している。



写真-4.26 支承 (Yangon 側)



写真-4.27 支承 (Maubin 側)

また、写真-4.28、29 はアプローチのコンクリート橋の橋台上の伸縮装置およびパラペットであるが、橋台背面の土圧を受けていることが明らかである



写真-4.28 伸縮装置 (Maubin 側)

မအူပင်တံတား: (မအူပင်ဘက်ခြမ်း)

September 08,2007



写真-4.29 橋台 (Maubin 側)

この橋にもプレキャストコンクリート床版が用いられているが、プレキャスト床板間の場所打ちコンクリートのうち継ぎ目にはプレストレスは導入されておらず、その耐久性が懸念される (写真-4.30)。



写真-4.30 プレキャストコンクリート床板

7) Bomyatun 橋

Bomyatun 橋はヤンゴン～バセイン道路のイラワジ河の派川に 1999 年に完成したトラス橋で、当時はミャンマー最長の橋であった（写真－4.31、4.32）。



写真－4.31 Bomyatun 橋



写真－4.32 同左

22 年度調査では、トラスの各点部に錆が認められたが（写真－4.33）、それ以外の劣化損傷は確認されなかった。



写真－4.33 トラス格点部の錆

23 年度の調査では、一部の舗装に痛んだ部分が認められたため、床板下面を見たところ床板を補修した後が見受けられた（写真－4.34、35）。



写真-4.34 アスファルト舗装の損傷



写真-4.35 コンクリート床版補修跡

8) Yar Yamaung 橋

Yar Yamaung 橋は、1999 年に完成した単径間吊橋（写真－4.36）。



写真－4.36 Yar Yamaung 橋

当橋では交通量が少ないため 2 車線あるにもかかわらず、ほとんどの車が幅員中央を走行するため、橋面の型鋼に変形が生じている（写真－4.37）。センターライン上に小さなブロック（日本でならチャッターバー）を設置する等して、車線を守らせる等の措置をとることが望ましい。



写真－4.37 橋面型鋼の変形

写真－4.38 は、セメントモルタルのようなものによる主ケーブルの被覆である。同様のものが 22 年度調査したイラワジ地域の Myaunmya 橋でも使用されていたが、Myaunmya 橋はミャンマーでもごく初期に架けられた吊橋で、その状況からも例外的な低品質の吊橋と認識していたが、同様の品質のケーブルが当橋でも使用されている。

主ケーブルの被服が割れ、欠け落ち、内部のケーブルが露出し腐食が見られる。ケーブルの腐食の状況から、このケーブルは防錆処理がされていない可能性あり（写真-4.39）。



写真-4.38 主ケーブルの被覆



写真-4.39 主ケーブルの被覆の割れと腐食

9) Da let-Chaung 橋

当橋は 1999 年に建設されたベアリー橋であるが、2011 年の出水時に橋脚が流され復旧中（写真－4.40）。

河床が軟岩でオープンケーソン基礎の根入が不十分であったため、洗掘により橋脚が流された模様。

今後の出水により、再度同様のトラブルが発生しないよう原因を十分究明し再建するとともに、残存橋脚についても必要性あれば洗掘対策等の措置を行う要あり。



写真－4.40 復旧中の Da let-Chaung 橋

10) Aungzaya 橋

Aungzaya 橋はヤンゴン西部を流れる Hlaing 河に 2000 年に完成した中央支間長 300m、4 車線の斜長橋で、桁は鋼トラスである（写真－4.41）。



写真－4.41 Aungzaya 橋



写真－4.42 路面排水による錆



写真－4.43 路面排水による錆



写真－4.44 プレキャストコンクリート床板

鋼トラスには、路面からの排水パイプが中途までしかないために（写真では暗く見えない）排水がトラスにかかり錆が発生している（写真－4.42、43）。橋の維持管理には、設計施工段階における細かい配慮が必要。

床板には鉄筋コンクリート製のプレキャスト床版が用いられている（写真－4.44）。

ミャンマーにおいては、厳しい建設工期が要求されるために、現場で打設する鉄筋コンクリート床板に代わってプレキャスト床板が用いられている。現時点では場所打ちコンクリートによる継ぎ目部には漏水等の劣化の兆しは認められないが、その設計、詳細構造等については検討の必要がある。

コンクリート製高欄の表面にひびわれがみられた（写真－4.45）。このひびわれはアルカリ骨材反応でよくみられるひびわれパターンであるため、その原因となる使用骨材の調査が必要であることを指摘。

橋台背面には写真-4.46 のようなひびわれが見られた。経過観察が必要であることを指摘。



写真-4.45 コンクリート高欄のひびわれ



写真-4.46 コンクリートのひびわれ

2011年4月に Aungzaya 橋の伸縮装置が損傷したためその対応について指導してほしいとの要請があり、23年度調査で対応。

中国製の伸縮装置（ドイツのマウラージョイントの模造品）が用いられており、写真-4.47、48 に示すようにビームの大半が破断しサポートビームに乗っているだけで、車の走行状況によっては、ビームが飛び上がっている状況であった。

PWから補修対策の指導要請があった2011年4月から明らかに損傷が進展している。破断したビームは掛違い橋脚天端上に落下（写真-4.49）しており、その空隙部には木材を詰めている状況である。

2011年6月に現地を視察し、日本では1日も放置しない状況であり、少なくとも損傷したジョイント部を鉄板でカバーする、通行車両の徐行を指示する等の措置をとるよう指摘したにもかかわらず2011年12月の23年度調査まで何もされていなかった（23年度の調査で再度指摘したところ、やっと鉄板でカバーしたようである）。

なお、当橋で用いられている伸縮装置と同タイプのものが、中国から購入されているその他の多くのトラス橋でも使用されており、その維持管理には特に注意を払う必要がある。



写真-4.47 伸縮装置の損傷状況



写真-4.48 破断したビーム



写真-4.49 橋梁天端に落下していたビーム

11) Mahar Bandoola 橋

Mahar Bandoola 橋はヤンゴン中心部に 2000 年に完成した 6 車線の中央支間長 130m の斜張橋である(写真-4.50)。補剛桁には鋼トラスが用いられている。



写真-4.50 Mahar Babdoola 橋



写真-4.51 ケーブル定着部

写真-4.51 はケーブルの補剛トラスへの定着部である。定着部への雨水の浸入を防止するためゴム製の保護具が巻かれているが、大きく割裂しており本来の機能を果たしていないものが見受けられた。

取付部のコンクリート高架橋(写真-4.52)のコンクリート床版がここ数年、年に数回抜け落ちているとこと。写真-4.53 は床版の補修状況を示す。

床版の損傷原因を詳査し、所要の対応策を検討する要あり。



写真-4.52 アプローチのコンクリート橋



写真-4.53 床板補修中

12) Shwe Pyithar 橋

Shwe Pyithar 橋は 2001 年に完成した Hlain 河の最上流の 4 車線のトラス橋である（写真-4.54）。



写真-4.54 Shwe Pyithar 橋

この橋の上部工には大きな劣化損傷は見られなかったが、トラスの主構部材や格点部に発錆が見られた(写真-4.55、56)。

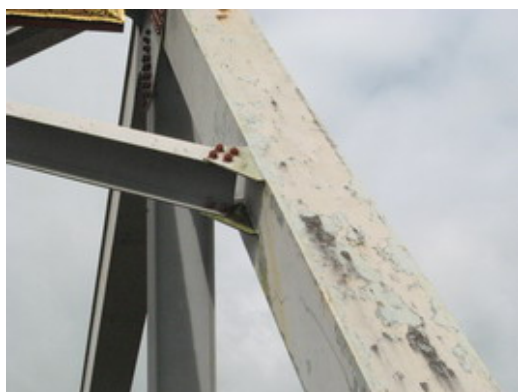


写真-4.55 トラス主構の錆



写真-4.56 トラス主構の錆

伸縮装置には損傷が放置されている部分があった(写真-4.57)。

アプローチのコンクリート橋の床板には工期短縮のために床板下面に埋め殺しプレキャストコンクリート型枠を採用している（写真-4.58）。



写真-4.57 痛んだ伸縮装置



写真-4.58 アプローチのコンクリート橋の床板

13) Min Chaung 橋

Min Chaung 橋はシットウェイ東部の湿地帯の水路に架かるトラス橋である(写真—4.59)。



写真—4.59 Min Chaung 橋

周辺の状況からみて多量の清水を得ることはかなり困難と思われ、当橋の建設に当たってはコンクリートの練り混ぜに海水が使われた模様。砂についても当然のことながら洗わない海砂が使われたものと思われる。

コンクリート橋脚はコンクリートが大きく剥がれ、鉄筋が露出し破断している(写真—4.60)。コンクリートの剥がれは大きく一部は落下し散乱している(写真—4.61)。



写真—4.60 大きくコンクリートが剥がれ落ちた橋脚



写真—4.61 橋脚の周りに散乱している剥がれたコンクリート片

剥がれた内部は鉄筋が腐食し黒赤さび色となり塩害特有の色相をしめしている(写真—4.62)。

一部のコンクリート橋脚においてコンクリート巻き立てによる補強が行われている(写真—4.63)。



写真-4.62 鉄筋の腐食とコンクリートかぶり



写真-4.63 Min Chaung 橋の橋脚のコンクリート巻き立て補強

鋼部材の腐食についてみると、橋全体に腐食が進行しており、部材を深くえぐる孔食が見られる。塗り替え工事（写真-4.64）によるケレンで落下した錆は塩分腐食特有の錆であり、飛来塩分・潮風の影響による塗膜劣化と鋼材腐食であることを確認（写真-4.65）。



写真-4.64 塗り替え作業（円内は命綱だけで作業する職人）



写真-4.65 落下していた錆片

塗り替えはプライマ処理、さび止め塗料の 2 回塗りであり、塗り回数が少ないだけでなく（日本では 4 回塗り以上が標準）、使用されているさび止め塗料は日本では使用をやめた低品質のものようで、この塩害環境では長期の寿命は期待できない。

塗装作業は、塗装の品質管理もなく、ただ塗るだけというもので、本来行うべき塗装前調査や膜厚管理も行われていない。このようなやり方では、早晩また塗り替えをすることになり、塗り替えのたびに部材がやせ、部材強度を著しく損なうこととなる。

14) Lonedawpauk 橋

Lonedawpauk 橋は 2004 年に完成した Yangon-Kyaukphyu 道路の Kyaukphyu 地域に建設された 10 橋のうちの 1 橋で、Min Kyaung Chaung 橋を含め同一の設計が行われている。

当地域は多量の清水を得るのが困難と思われる地域で、当橋のコンクリートには海水が使われたものと思われる。コンクリートの施工も良くない（写真-4.66、67）。



写真-4.66 アプローチのコンクリート橋の歩道部下面



写真-4.67 アプローチのコンクリート橋の横梁

写真-4.68 に見られるように、すでに床板の損傷が始まっている。



写真-4.68 床板の損傷に伴う路面の陥没

鋼部材の腐食についてみると、写真-4.69、70 に見られるようにトラス部材に塗膜のはがれが広く見られ、塗膜のはがれは塗膜自体の付着性が低いことを示しており、塗膜の全面破壊の前兆ともみなされることから、はがれの原因を調査する必要がある。

はがれた部位では、膜厚が半分以下になることもあり、その防錆性が大きく損なわれるので、はがれの原因を明らかにした上で早急に塗り替え（塗り重ね）を行う必要がある。



写真-4.69 トラス構造物部材の塗装はがれ

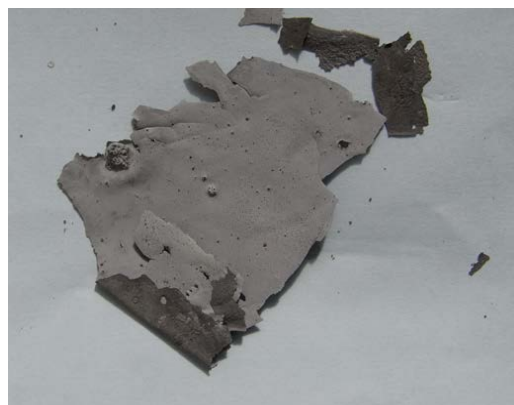


写真-4.70 はがれた塗膜

15) Pathein 橋

Pathein 橋は 2004 年に建設された中国の同じメーカーで製作された Twantay 橋とほぼ同規模の吊橋である（写真-4.71、図-4.6、7）。



写真-4.71 Pathein 橋

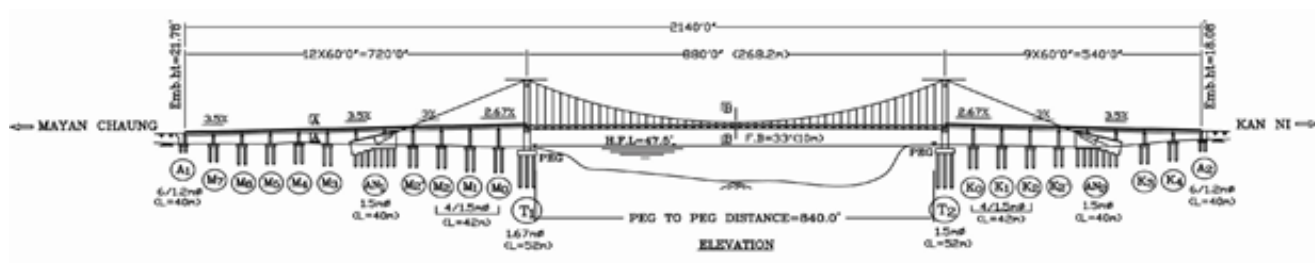


図-4.6 Pathein 橋の一般図

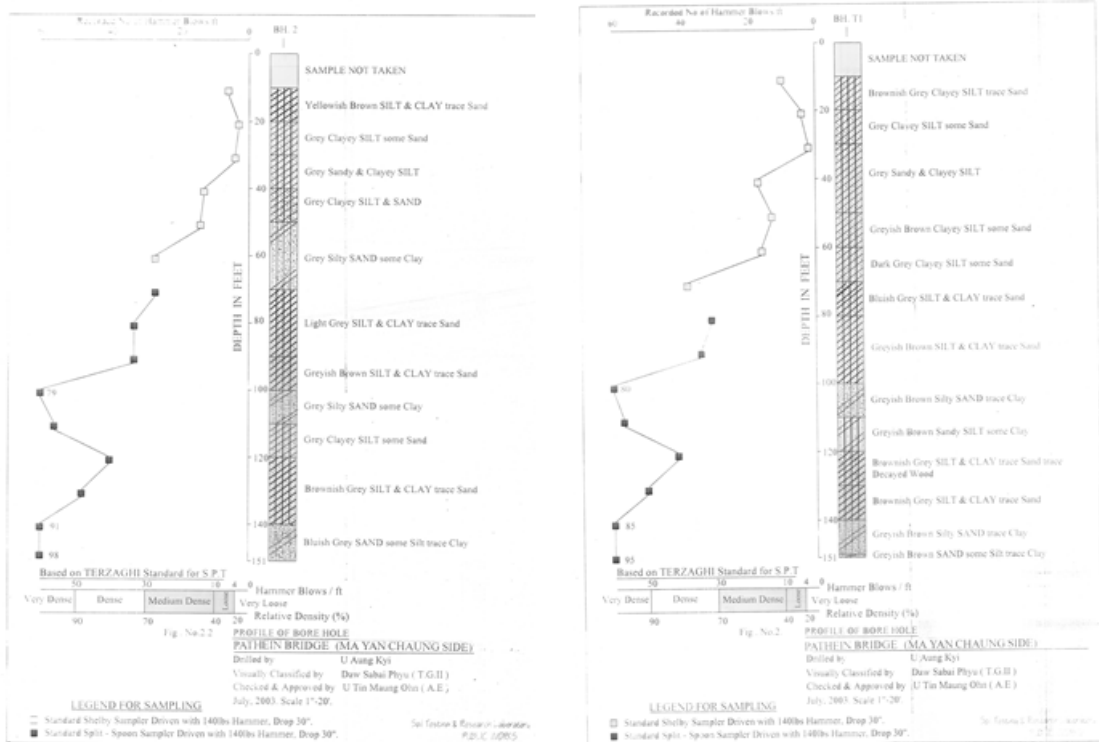


図-4.7 Patheingyi 橋の地盤柱状図

2006 年に建設された Twantay 橋とほぼ同様の問題点が所見された。

それに加え、遅れ破壊によると思われる高力ボルトの破断が少なからず見受けられた（写真-4.72）。とりあえず、ボルトの品質を検査し、橋梁を製作したメーカーと連絡をとり、今後の対策を講じるよう指摘。



写真-4.72 トラス添接版のボルトの欠

鋼部材の腐食についてみると、主ケーブルラッピング材内部に水が回っており、ケーブル

ル下面にみずみちが見られる（写真－4.73）。このような現象時には内部ではケーブルワイヤが腐食している可能性が高い。図面には防錆のための材料が記載されておらず、保護材の品質が劣っている可能性がある。



写真－4.73 主ケーブルラッピングに見られるみずみち

ハンガー保護材にも腐食が見られる（写真－4.74）。保護材には FRP が使われているが、めくれ、割れなどが発生しており早急な補修が必要。



写真－4.74 ハンガーの FRP 被覆の割れと剥がれ

16) Min Kyaung Chaung 橋

Min Kyaung Chaung 橋は 2006 年に完成した橋である（写真-4.75）。



写真-4.75 Min Kyaung Chaung 橋

当橋では、コンクリートの練り混ぜには海水を使用していないとのことで、橋脚等のコンクリートは比較的健全。

ところが、トラス部のコンクリート床板は写真-4.76 に見られるように、床板下面に用いられたコンクリートプレキャスト版のかぶりコンクリートが剥落している。これは、プレキャスト版の製作では海水が使用されたためと思われる。



写真-4.76 プレキャストコンクリート版の損傷

写真-4.77 は損傷した床板の補修工事の説明写真である。

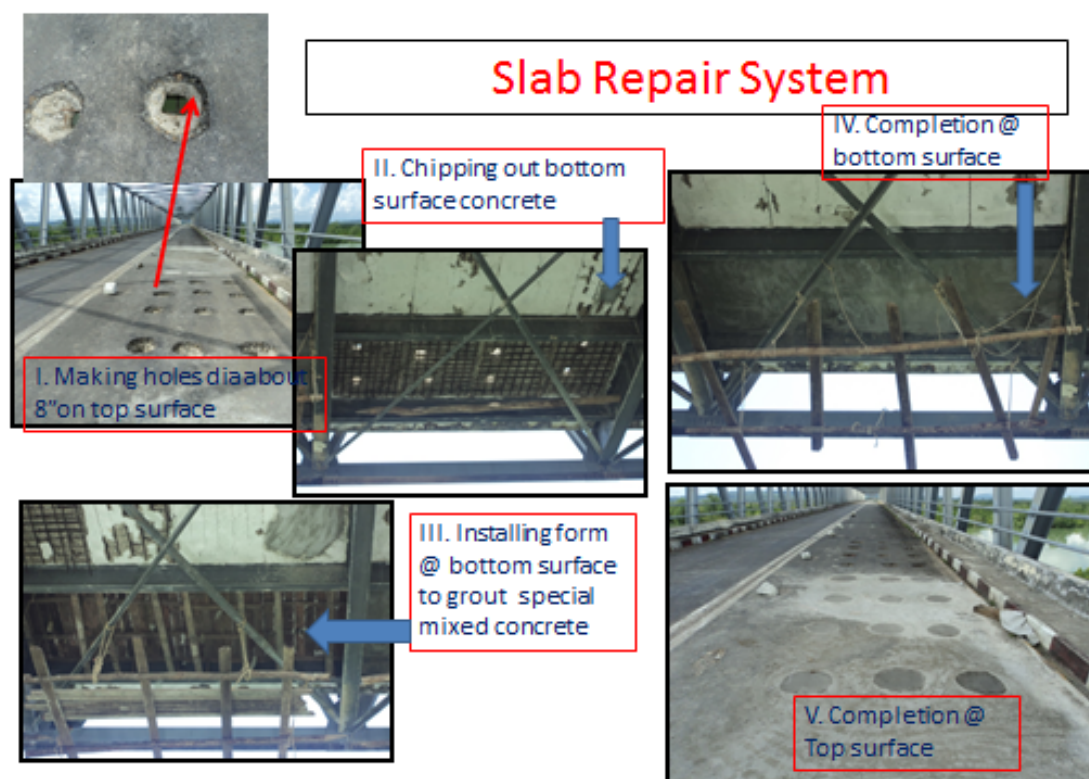


写真-4.77 当地域で行なわれている床板補修の説明写真

プレキャスト版を除去し、床板下面のコンクリートを打ちかえているようであるが、路面に大きな穴をたくさん開け作業をしており、その意図は全く理解しかねるものである。

コンクリートの床板の設計はスイスの援助で改良されたヤンゴン-バセイン道路の Kaungkong 橋を含む一部のトラス橋で最初に採用されたようであるが、床板下面のコンクリートプレキャスト版に床板の引っ張り主鉄筋を配置するという鉄筋コンクリートの基本を逸脱した設計がされている。

17) Twantay 橋

Twantay 橋はヤンゴン郊外に 2006 年に建設された、2004 年に建設された Pathein 橋とほぼ同規模の単径間吊橋で、上部工は中国のメーカーから購入されている（写真-4.78、図-4.8）。



写真-4.78 Twantay 橋

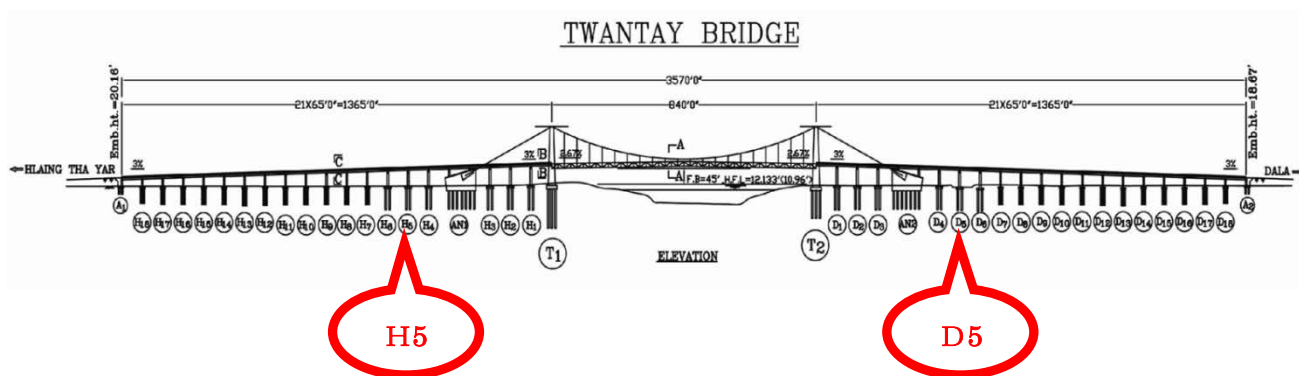


図-4.8 Twantay 橋一般図

この地域は図-4.9 に示す通り軟弱な沖積地盤である。

この吊橋は、完成後キャンバーが大きく下がっており、22 年度の調査においてアンカーレッジが場所打ちコンクリート杭（直径 1.2m）に載せただけであるため、主ケーブルの水平力によるアンカーレッジが前方に移動している可能性を指摘したところである。

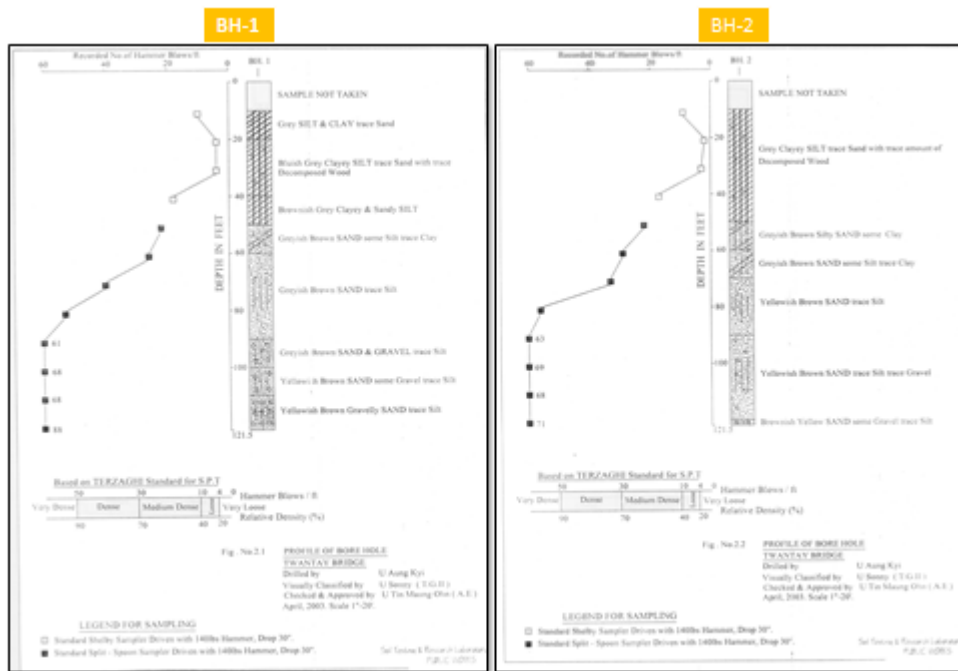


図-4.9 Twantay 橋の地盤柱状図

アンカーレッジ周辺の地盤表層の状況（写真-4.79）、アプローチのコンクリート橋の伸縮装置の開き（写真-4.80）、その下の橋脚の横梁のコンクリートの剥がれ（写真-4.81）等から、キャンバーの変化は主にアンカーレッジの移動によるものと思われる。

速やかに吊橋の挙動の計測をするとともに、その結果によっては、アンカーレッジの移動を防止するための対策工を講じる必要あり。



写真-4.79 主塔と背面地盤の隙間



写真-4.80 伸縮装置 H5 の現況



写真-4.81 H5 橋脚横梁のコンクリートの剥がれ

写真-4.82 示すようにハンガーロープとトラス上弦材はボルトにて接合しているが、ボルト頭部が腐食している。早急にトラスに水抜き孔を設けるとともに、ボルトの防錆処理をするように指摘（22年度の調査で水抜きを設けるように指摘したにもかかわらず実施されていなかった）。

また、写真-4.83に示す上弦材の腐食も激しいことから同様に防錆処理の必要性を指摘するとともに、床版端部下面の水切り構造を提案。



写真-4.82 ハンガーロープ定着部



写真-4.83 上弦材の腐食

18) Dagon 橋

Dagon 橋はヤンゴン東部のシッタン河に 2007 年に完成した全長 800m 余の 6 車線のコンクリートゲルバー橋である（写真－4.84、85）。

建設工期に対する要求の厳しいミャンマーでは数少ないコンクリート長大橋である。セメントの供給の問題もあり 7~8 年かけて完成した。ヤンゴン中心部とヤンゴン東部の新港および新工業団地を結ぶ幹線に建設されているが、少し下流に上記の Thanlyin 橋があること、当面、さほどの交通量が見込まれないということでコンクリート橋が採用されたものと思われる。

ゲルバー構造のため多数の伸縮装置があり重量トラックの通過の際、伸縮装置の振動は激しく、近い将来に損傷が発生することが懸念される。



写真－4.84 Dagon 橋と同タイプの橋



写真－4.85 交通量はまだ少ない

19) Tha Yu-Pa - PA done 橋

Ann 市郊外に完成したばかりの吊橋（写真－4.86）。



写真－4.86 Tha Yu-Pa - PA done 橋

小規模とはいえ、PW の自前の設計で、主ケーブルを中国のメーカーから購入している外は、通常入手可能な資材で建設したとのこと。

しかし、使われている主ケーブルは、イラワジの Myaungmya 橋と同じセメントモルタルのようなもので被服されていた。

また、橋床に使われている型鋼の表面にはチェッカー(縞目)がなく、2 輪車のスリップ事故が懸念される（一般には、このような橋床の型鋼にはチェッカー付のものが使用されているが、本橋では、たまたま在庫がなかったとのこと。厳しい工期のなせる業か）。

4. 主要課題の整理

1) コンクリートの塩害

ラカイン州ベンガル沿岸はベンガル湾からの西風を受け高温多湿なことから、コンクリート構造物の塩害が顕著である。

しかし、これらの悪条件に加え、コンクリートの塩害に対する基本的な対応がなされていないといっても過言でない。

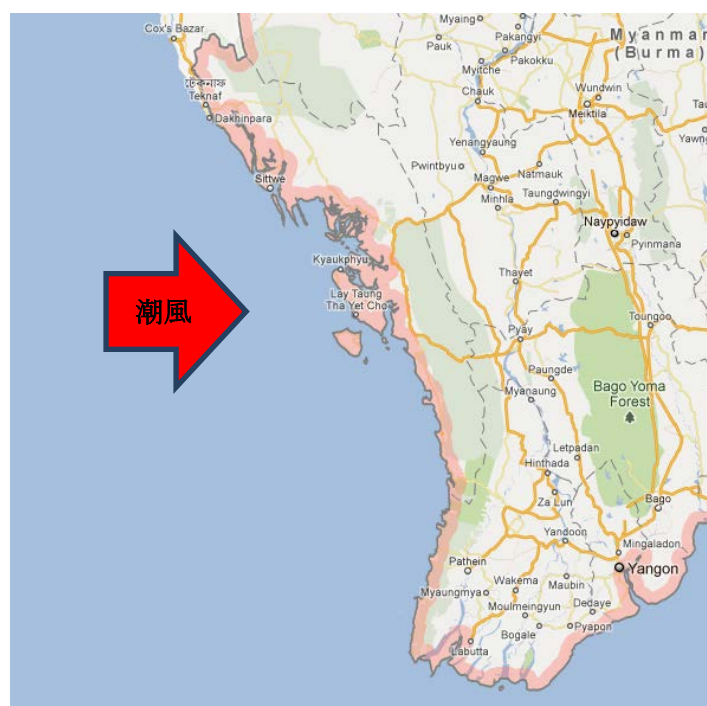


図-5.1 ミャンマーのベンガル湾

すなわち、当地域の沿岸の島嶼部では、大量の清水の確保が困難なことから、海砂を洗わずに使うばかりでなく、一部の現場ではコンクリートの練り混ぜに海水が用いられていると思われる。鉄筋コンクリートの練り混ぜに海水を用いれば、コンクリートの塩害が顕著になるのは言うまでもない。海水の使用は絶対に禁止しなければならない。

また、海砂を使用する場合は、清水で洗うことが原則である。大量の清水の確保が困難で海砂を洗うことが困難な場合は、海砂のマウンドを雨期に十分露天にさらし、その上層部の砂をその塩分濃度が規定値を下回ることを確認した上で使用するようすべきである。

また、鉄筋コンクリートの設計にあたっては、十分なコンクリートかぶりを確保することは当然であるが、エポキシ塗装鉄筋等の防食技術の導入も検討すべきである。

いずれにしろ、まず、海水がコンクリートの練り混ぜに使用されていたという現実を直視し、真剣なコンクリートの塩害対策の取り組みが不可欠である。

また、すでに深刻な塩害の発生しているコンクリート構造物の補修、補強も早急を実施

しなければならない。

一部で補修工事が実施されているようであるが、これらの補修工事は個別の担当管理者の判断で実施すべきレベルのものではなく、PWの組織を挙げての取り組みが必要である。

2) 橋梁のコンクリート床板の設計

ミャンマーにおいては、施工性や工期短縮の観点から橋梁の床板には一般にプレキャストコンクリート版を利用したものが多く。

それらを以下に示す。

Type Iは一般にコンクリート桁橋で使用されているものであり（写真-5.1、図-5.2）、プレキャスト版は型枠としてのみ使用され、コンクリート断面としては無視している。その場合、場所打ちコンクリート床板の厚さは6インチとなり、荷重条件によっては断面厚不足が懸念される。



写真-5.1 コンクリート桁橋の床板（Type I）

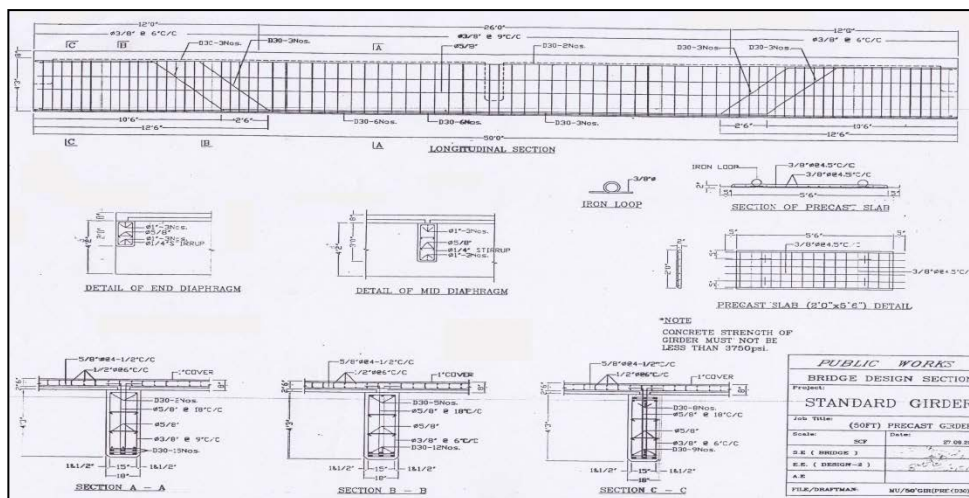


図-5.2 コンクリート桁橋の床板（Type I）の一般図

このタイプの床板が使用されているヤンゴン市内の交通量の多い MaharBandoola 橋では、近年床板の抜け落ちが頻発しているようである。

Type II は Bayinaung 橋で用いられているリブ付きのプレキャスト床板であり(写真-5.2)、十分な剛性があるため継ぎ目等に異常は見受けられない。

この橋のトラスはイタリアのメーカーによるものであり、このタイプの床板が採用されているのは本橋のみである。



写真-5.2 Bayinaung 橋の床板 (Type II)

Type III は日本企業によるものも含め中国のメーカーによるほとんどのトラス橋で採用されているプレキャスト床板である(図-5.3、写真-5.3)。

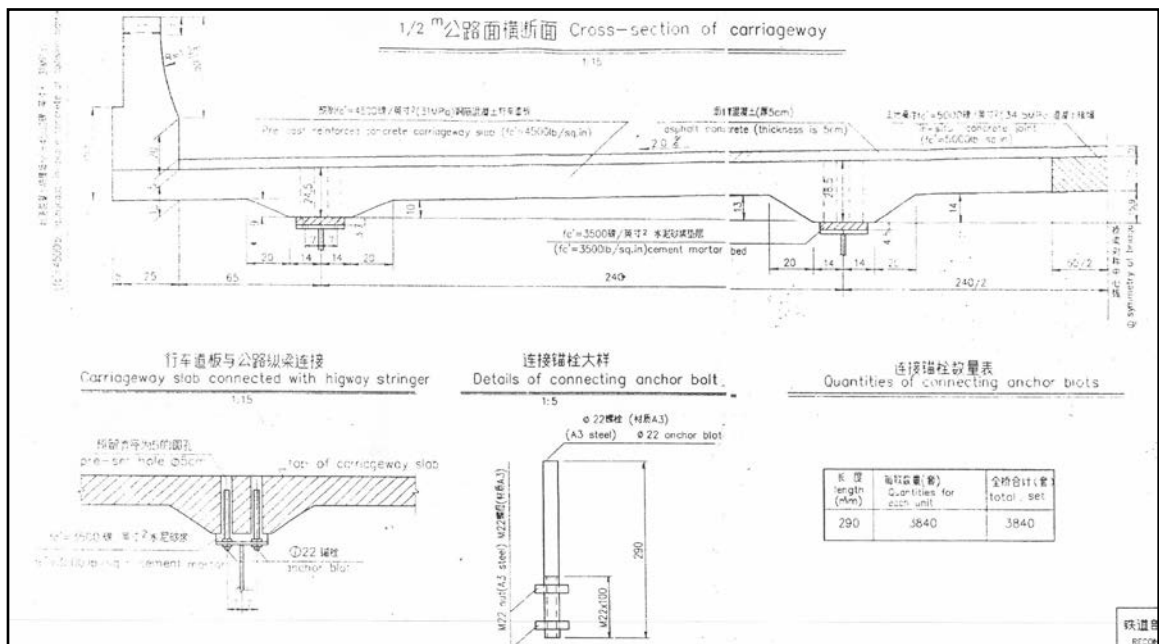


图-5.3 Type III 床板的一般图



写真-5.3 一般的なトラス橋のプレキャスト床板 (Type III)

プレキャスト版の場所打ちコンクリートによる打ち継ぎ目（プレストレスは導入されていない）の耐久性が懸念されているところであるが、現時点では継ぎ目に劣化の兆しが認められるものは見受けられなかった。

しかし、長期的には継ぎ目の損傷が懸念されるので、いずれかの時期には、たとえばアスファルト舗装を除去し、場所うち鉄筋コンクリートでの床板の増し厚等の対策を検討すべきと思われる。

Type IV はスイスの援助 1980 年代で改良されたヤンゴンーバセイン道路の中小トラス橋で採用されている床板である(写真-5.4、図-5.4)。



写真-5.4 Type IV の床板

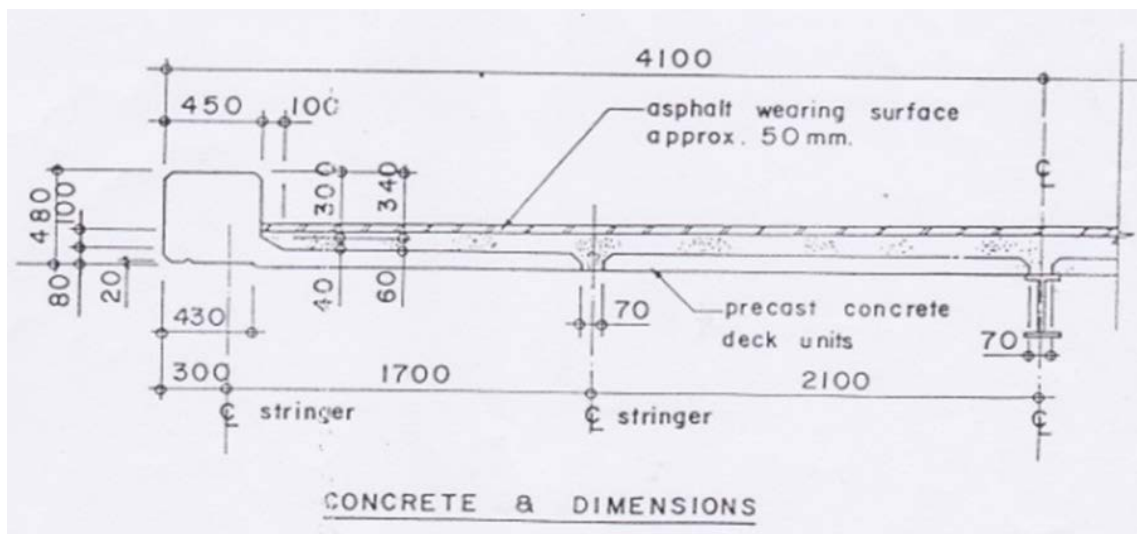
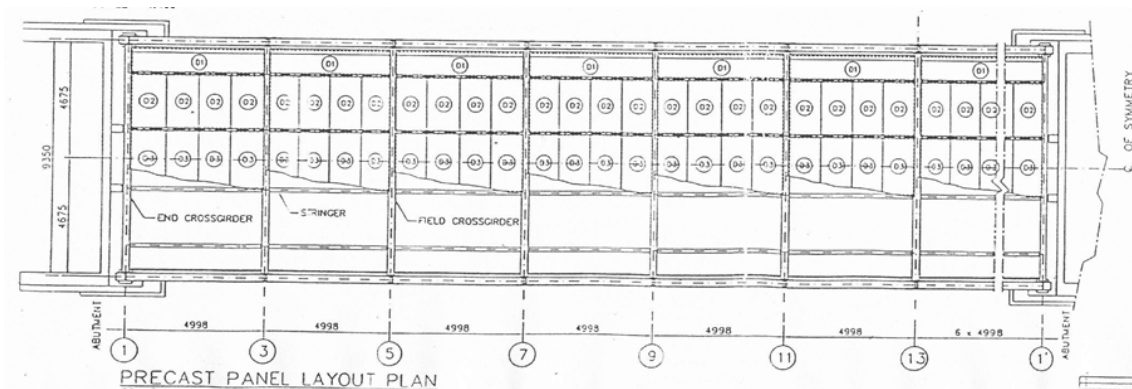


図-5.4 Type IV の床板の一般図

この床板はトラス床組のストリンガーの上に配置したプレキャスト版の上に場所うちコンクリートを打設するものであるが、プレキャスト版の中に床板の引っ張り主鉄筋を配置している。

設計図書を見ると、設計者は鉄筋コンクリートの原理を全く理解していないことが判明。床板設計に係る説明は以下の通り。

All panels are reinforced with S16 bars and with 25 mm clear bottom cover. The outer panels are designed for a kerb edging to be cast with the slab.

It is considered that a 25% increase in permissible loads is acceptable under the combined action of the above loads for construction conditions. The effective span length is taken as the clear distance between supports plus the depth of panel, as given by AASHTO Article 8.8.

If the applied moment for the inner slab panel is less than the uncracked moment capacity of the section, provision of nominal reinforcement, central within the slab, is satisfactory. Stress in the reinforcement for the working load condition is negligible, however, the reinforcement is taken into account in the ultimate condition giving a load factor against collapse.

In similar manner, the outer panels are found to have a moment due to total load which is less critical for the internal panels.

The permanent deflection of the simply supported precast panels may be calculated from elastic theory since the sections remain uncracked. It is considered acceptable if the deflection is less than the span divided by 2400.

すなわち、もしコンクリートにひび割れが発生しなければ通常の荷重によって発生する鉄筋応力は極めて小さいとっている。鉄筋コンクリートの原理を逸脱した設計と言わざるを得ない。

プレキャスト版と場所打ちコンクリートの一体化についても何の配慮もされていない。

PW 技術者は、床板は上部工の一部でメーカーの責任でなされているとの態度で、その設計を疑ったことがなかったようである。

しかし、このような設計にもかかわらず、現時点では自動車荷重が小さく、コンクリートに引っ張りひび割れが発生していないせいか特に異常は見られない。

現時点で損傷が見られないだけに、その対応には難しいものがあるが、交通量および重車両の交通が増大すれば、致命的な損傷が発生することは間違いなく、なんらかの対応の必要である。

Yangon-Kyaukphyu 道路の Kyaukphyu 地区の 10 橋のトラス橋では、同様の考え方で設計されたコンクリート床板が採用されているが（この橋梁群ではアプローチのコンクリート橋にもこの方式が採用されている）、この地域では、プレキャスト部材のコンクリートに海水が使用されているため、プレキャスト部材の鉄筋が腐食し下面コンクリートが剥落し始めており、すでに深刻な床板の損傷が発生している。

一体打ちの場所打ち鉄筋コンクリート床板に打ち代えるより方法はないと思われる。

（帰国後判明したことであるが、入手資料から 1996 年に設計された Maubin 橋のアプローチのコンクリート橋でもこのタイプの床板が採用されており、ミャンマーにおいてはこのタイプのコンクリート床板がかなり広範に使用されているようである）。

Type V は、比較的最近建設された吊橋で採用されているもので、補剛トラスの横げたを支点とした縦方向のプレキャスト床板である（写真-5.5、図-5.5）。



写真-5.5 Type V の床板

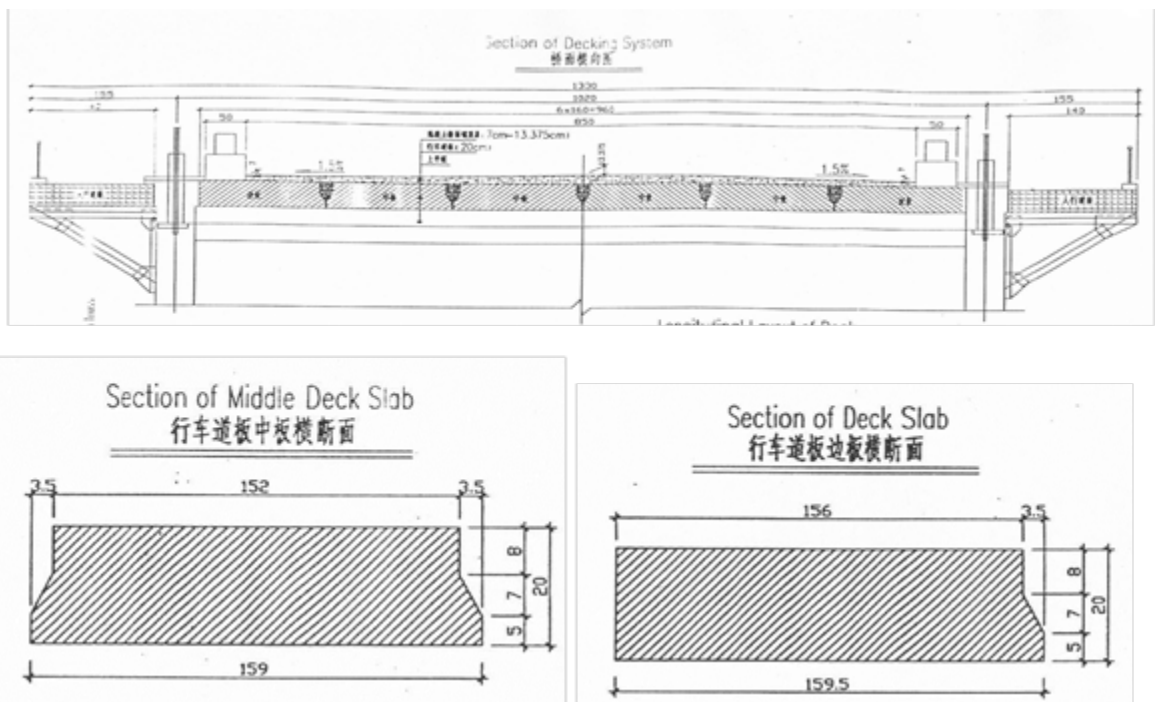


図-5.5 Type V の床板の一般図

現時点ではプレキャスト版の縦方向の目地にも異常は見られず健全な状態と見受けられた。

しかし、当コンクリート床板は、一般的な床板に比しその支間長が大きいことから、その設計断面力がどのように算出されているか等を検証する必要あり。

以上、各タイプについて述べたが、Type IV は直ちにその採用を中止すべきであり、Type

IIIについても今後の採用は疑問とするところである。

いずれにしても、橋梁コンクリート床板の設計を橋梁メーカーまかせにせず、床板が損傷すれば直ちに交通に支障をきたすという事実を踏まえ、今後のコンクリート床板の設計、施工、維持管理、補修にあたっては、PWの総力をあげて取り組むべき課題である。

橋梁床板の劣化についての基本的考え方は以下の通り

コンクリート床板の損傷は、ひび割れの発生したコンクリート断面に作用する輪荷重の繰り返し载荷による交番せん断応力によるものである（図-5.6）、Type IIIの床板のコンクリート打継ぎ目は、前記の理由で損傷の恐れがある（図-5.7）、Type IVの床板では、コンクリートにひび割れが発生すると、プレキャスト版と場所打ちコンクリート部との打継ぎ面に大きなせん断力が作用するため、プレキャスト版と場所打ちコンクリート部の一体性が損なわれ、床板として機能しなくなる（図-5.8）。

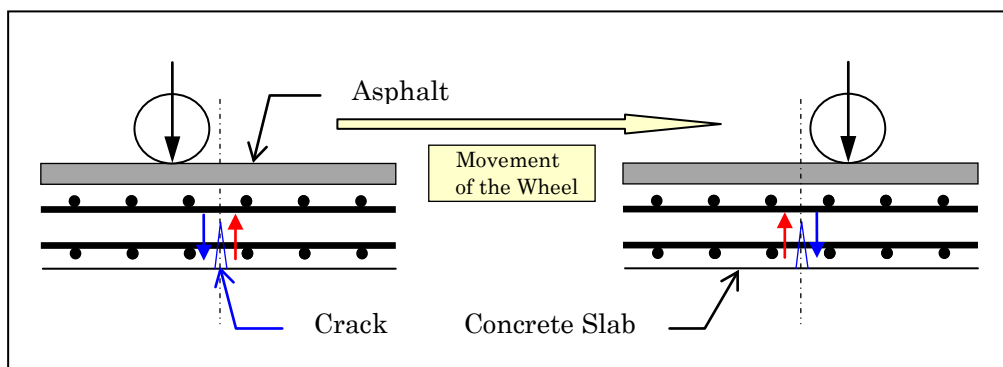


図-5.6 橋梁のコンクリート床板劣化の原因

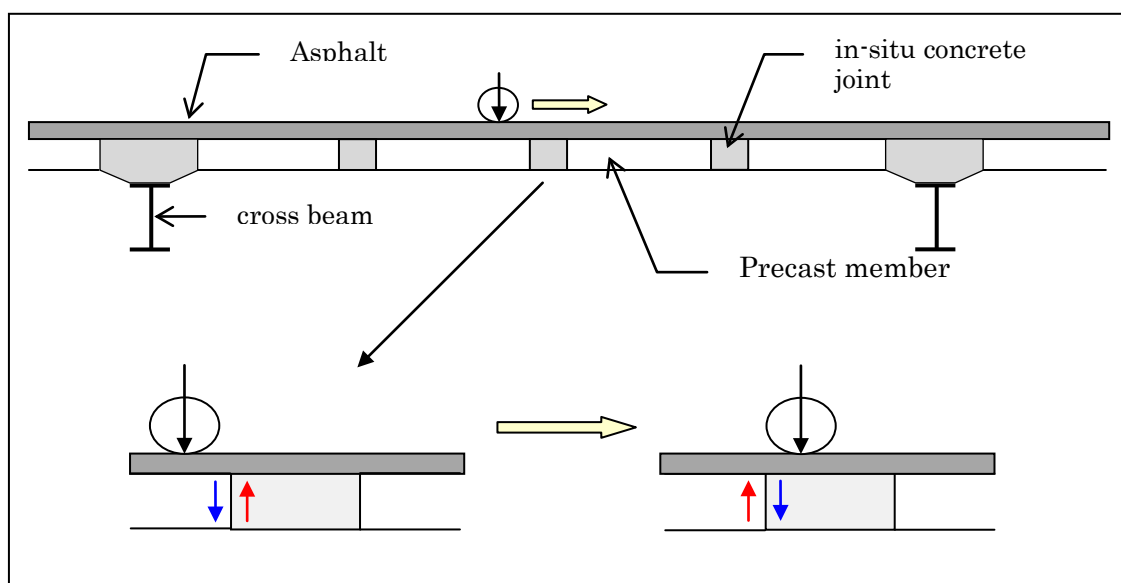


図-5.7 Type IIIの床板の打継ぎ目の劣化

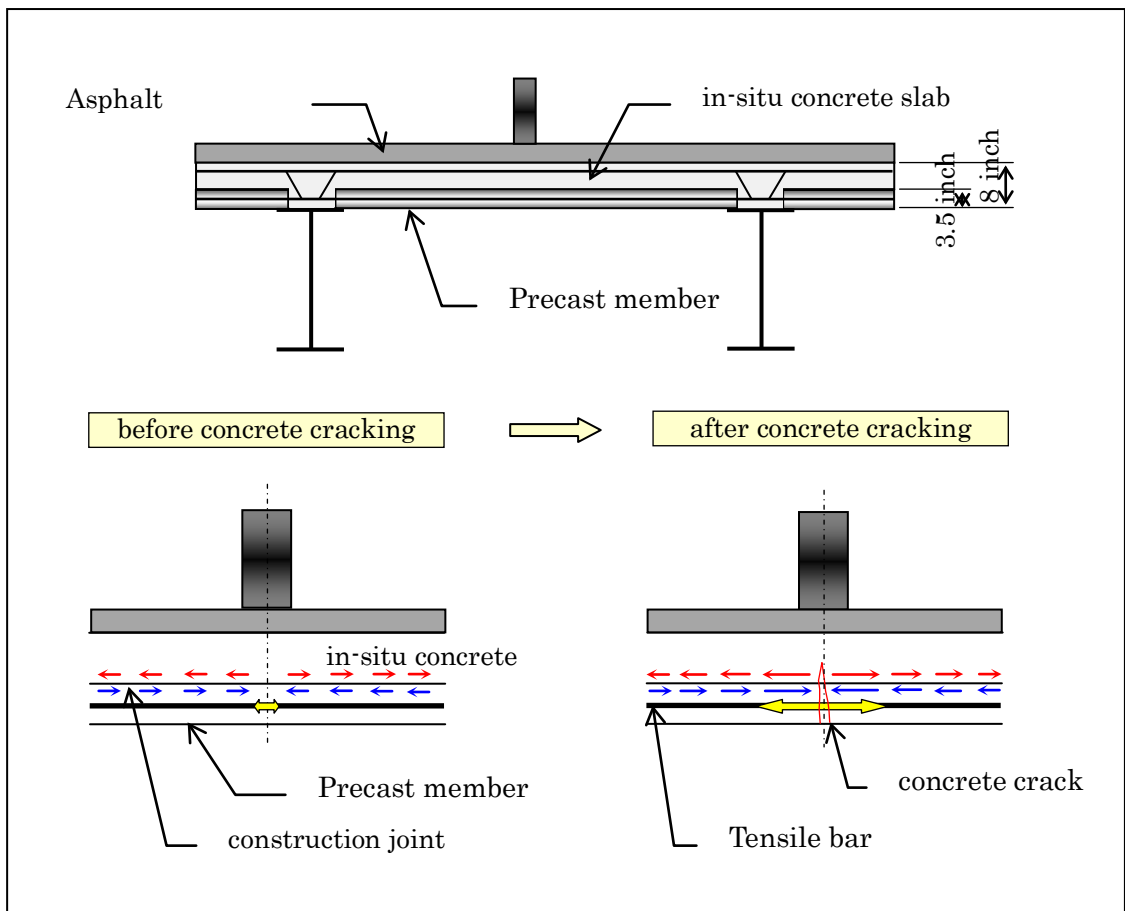


図-5.8 Type IV の床板の打継ぎ目の劣化

なお、日本では自動車荷重による橋梁のコンクリート床板の損傷を防止するため、コンクリートに大きなひび割れが発生するのを抑えるため鉄筋の許容応力度を他の構造物より小さくする、コンクリートに発生するせん断応力を小さくするため床板の最小厚を定める等の規定を設けている。

3) 軟弱地盤上の橋梁下部工の移動

表-5.1 は、軟弱地盤上の橋梁下部工が動いたと思われる事例を時系列的に列挙したものである。

表-5.1 軟弱地盤上の橋梁下部工が動いたと思われる事例

No	Bridge	Completion
1.	Thakhut Bridge	1991
2.	Bayinaung Bridge	1994
3.	Myaungmya Bridge	1996

4.	Maubin Bridge	1998
5.	Pathein Bridge	2004
6.	Twantay Bridge	2006

1の事例は、BETC 後 PW が本格的に橋梁を建設し始めた初期のコンクリート橋であり、建設時の橋台背面の盛土による変状およびその後の河床面高さの変化により橋脚の移動が起きた事例である。2 および 4 の事例は橋台背面の盛土圧により、トラス橋本橋に悪影響をおよぼしている事例であり、事例 3、5、6 は吊橋のアンカーレッジが主ケーブルの張力により動いたと思われる事例である。

すなわち、ミャンマーにおいては、軟弱地盤上の下部工は水平力により容易に動くということは何度も経験してきているにもかかわらず、その対応がほとんどなされてこなかったわけである。

今回の調査では、PW の技術者に軟弱地盤上の橋梁下部工は容易に動くということを確認してもらうことができた。特に吊橋のアンカーレッジの動きが止まっていない場合は、橋梁の崩壊の危険性さえある。

また、広大なイラワジデルタをかかえ、さらに先のサイクロナルギス対応のために当地域に 800 余 km の道路ネットワークを建設しようとしている PW の技術者にとっては、軟弱地盤対策は重大な課題である。

4) 橋梁の伸縮装置および沓の補修

橋梁の伸縮装置および沓については、橋梁下部工が移動したと想定されることに起因した損傷が主であった。伸縮装置および沓については、機能を満足しているかは別として材料そのものは比較的健全なものが多く、再利用できると考えられる。ただし、補修設計を検討する上で必要となる橋梁一般図や設計計算書が存在しなかったことから、PW の担当者が補修方法を検討するのが困難であったのも事実である。まだまだ橋梁の建設に力を注いでいることから補修に関する技術者が少ないのが現状ではあるが、同じ損傷を繰り返さないためにも補修技術の習得にも力を注いでいくべきだと考える。また、各種の補修工事についても、どのような内容の補修工事を実施してきたかの記録を残し、同種の損傷が発見されたときに対応できるようにすることが必要となってくると考えられる。インフラ整備が進むと、橋梁延長および老朽化する橋梁が増大する時代が確実に近づいてくることを考えると、橋梁諸元、補修工事内容などを記録していくデータベースの構築も必要であることを認識させる必要がある。

Aungzaya 橋に設置されていた中国製の伸縮装置については、Maubin 橋にも使用されるなど中国で設計された多くの長大橋でも使用されているが、この伸縮装置の設計詳細がわからない状況であった。この伸縮装置を設置している橋梁については、PW 自らが構造を理解でき、自国でも製作が可能なフィンガージョイントへの交換を勧めた。

橋梁の設計計算については、日本の道路橋示方書を基本としており、一部のフィンガージョイントについては、設計資料もPWが有り(ただし自ら計算したことはないようだ)、伸縮装置の設計については経験を積めば自ら実施できると考える。ただし、伸縮装置を取り換える補修工事については経験がなく、日本で実施している補修工事の事例を参考にしながら指導していくことが望まれる。

沓については、Maubin 橋のロッカー沓およびゴム沓の損傷が見受けられたが、いずれの沓も想定された変位を超える水平方向の移動量が沓本体に加わったことによる損傷とみられる。Maubin 橋のロッカー沓を始め他の橋梁での沓の取り換え時には、ジャッキアップによる取替えが一般的と考えられるが、桁の補強構造やジャッキアップの手順などを十分に理解したうえで実施する必要がある。特にコンクリート桁の場合については、同時に均等量のジャッキアップを行わないと、橋梁本体に損傷を与える場合もある。このような補修工事についても技術支援が望まれる。

5) 橋梁塗装

沿岸部の鋼製橋梁においては、潮風の影響を受けて塗装がいたみやすいことは知られている。ミャンマー国においても鋼橋のいたみは早く 10 年しないうちに腐食が橋全体に見られ塗替えに迫られている。

しかし、同じような品質の悪い塗装を繰り返しても、鋼橋のいたみが激しくなるだけである。防錆効果に優れる塗装を採用しなければならない。

塗装が早く劣化する原因のひとつは、橋梁塗装の品質に問題があるためである。塗装の品質が悪いのは、信頼できるスペックが無い、塗料の品質が悪い、工事が不良、受け入れ検査、点検体制が不備であるなど、多くの理由がある。

ミャンマーの鋼橋塗装を見ると、いずれも不十分あるいは全く実施されていないというのが現実である。

まず、適切な塗料を選定することが塗装品質を向上させる基本であるが、塗料は有機材であることから、太陽光により劣化しやすく、また、高湿度に弱い塗料もある。このため、ミャンマー国の風土に適した塗料を選定するた塗料耐久性試験を行う必要がある。

また、その品質が塗装工の作業レベルによって影響を受けやすい塗装工事にあっては、適切な品質管理を行うことも不可欠である。

さらに、塗装の維持管理にあたっては、塗膜の点検を定期的に行い、腐食がはげしくなる前に塗替え、ライフサイクルコストを最小にすることが望ましい。

吊橋ケーブルの腐食も深刻な課題である。今回は詳しくは調査できなかったが、防食方法、ケーブル保護方法については全面的に改めるべきと考える。

6) 高力ボルト

Pathein 橋にて見つかった高力ボルトの破損は、部材及び高力ボルトに外力が加わらなく

ても、突然ボルトが脆性的に破損することがある遅れ破壊のほかに、繰返し荷重などによる疲労破壊、過度の载荷などによる延性破壊があり、それぞれの破壊は、ボルトの破面を観察することにより判別できる。特に遅れ破壊は鋼材の強度が高いほど発生しやすく、高力ボルトの場合、鋼材の引張強さが $1,200\text{N/mm}^2$ を超えると発生が顕著になることがわかっている。このことから引張強度およびボルトの破面観察を実施し、ボルトの破断の原因を推定することを勧める。

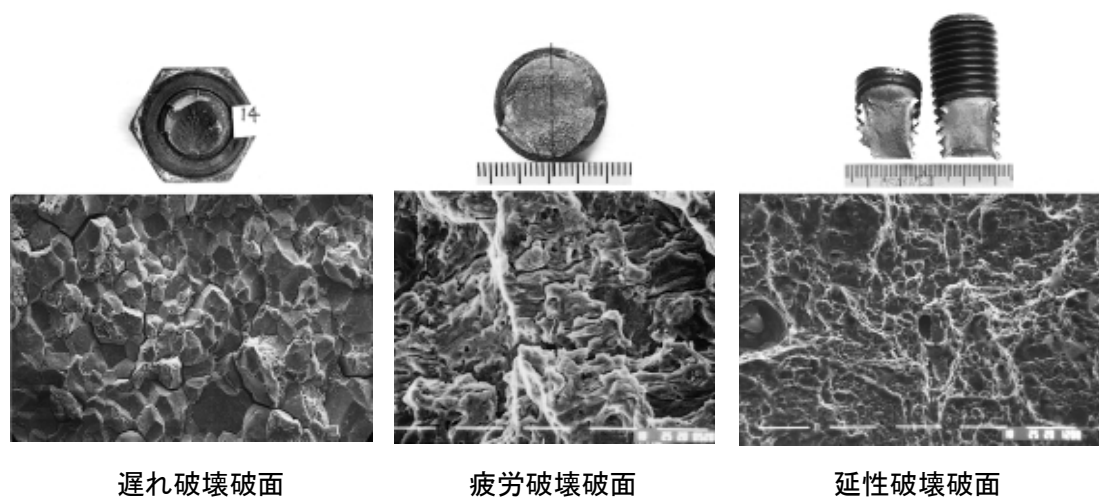
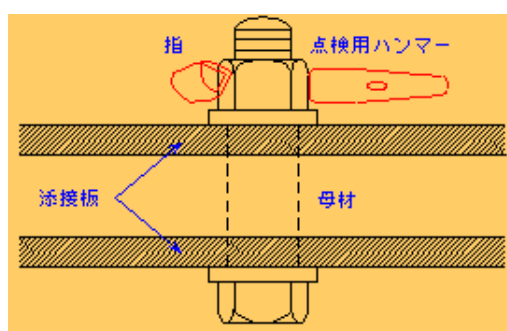


写真-5.6 ボルトの破壊破面の種類

また、併せて損傷した高力ボルトと同一ロットで製造された全ボルト、あるいは損傷した高力ボルトと同一継手(添接板)部の全ボルトを点検用ハンマーでたたいて、指の感触や音、振動などに異常がないかを確認し、未然にボルトの欠落を防止するための点検を実施することも勧める。



点検用ハンマーによるたたき点検

図-5.9 たたき点検要領

7) その他の課題

ミャンマーでよく採用されている場所打ち杭を水面まで立ち上げて使用している橋脚については、場所打ち杭の使い方としては問題なしとはしないところであるが、設計については、突出杭としての弾性解析をしており、船舶衝突による水平力の検討もしているようである。

洗掘については、過去の具体的事例を検証し、基礎的な知識の取得から始める必要がある（洗掘被害橋梁の現地調査の際、地図さえ用意されていなかった）。

骨材のアルカリシリカ反応については、ラカイン州のコンクリート損傷の一因ではないかという話もあったが、特にそのような事象は見受けられなかった。しかし、骨材のアルカリシリカ反応について詳しいダム関係者とコンタクトし、この問題について勉強することが望ましい。

巻末資料

平成 24 年度「ビルマ橋梁訓練センター技術協力プロジェクトの研修および適用にかかる調査研究」(JICA)の橋梁現況調査によって明らかとなった知見

ミャンマーにおいては、数年前からイラワジ河に新たに 5 橋の長大橋を建設しており、このうち 3 橋はすでに完成している。

完成した橋のうちの Pakokku 橋は、イラワジ河の中流域に建設され 2011 年 12 月 31 日供用した。

この橋は、主橋部だけでも 3,484m の道鉄併用の長大橋で、その上部エトラスの鋼重は約 30,000 トンある。

建設機材も十分でないミャンマーにおいて、この橋が下部工も含めわずか 2 年間で完成されている。

一体どのような設計、施工が行われたのであろうか。

橋梁のコンクリート床板については、ほとんどのトラス橋で採用されている TYPEⅢの床板(P51)の施工において、一部の橋梁現場では、プレキャストコンクリート版の製作において地上でその下側半分のコンクリートを打設し、トラス上に搬送後残りの上側コンクリートを打設している。これは、搬送機材の能力不足に対応した選択だと思われるが、このような方法はコンクリート部材製作の基本を大きく逸脱している。

床板の耐久性が大変懸念される場所である。

このようなプレキャストコンクリート床板の製作が実施されている背景には、ミャンマーにおいて TypeⅣ(P52)のコンクリート床板(P54-55で述べたように、このタイプの床板の設計は鉄筋コンクリートの基本概念を逸脱している)が広く使われてきたことと無縁ではないと思われる。

また、トラス橋のアプローチのコンクリート橋においては、鉄筋コンクリート橋(主桁をプレキャスト化している)、プレテンションプレストレスト橋、ポストテンションプレストレスト橋のいずれにおいても、プレキャストコンクリート桁と横桁との連結が極端に簡略化されている。

	ミャンマー国における橋梁建設の現状と 課題
発 行 者	認定NPO法人 国際インフラ調査会
発行年月	平成 24 年 9 月