

ミャンマー地方部における防災に根ざした
沈下橋建設技術普及事業
(イトネ・クリーク橋再建事業)

ミャンマー連邦共和国, Bago Region, Kyauktaga Township

Itone Creek 橋 災害復旧架橋調査

認定NPO法人

国際インフラパートナーズ

(Japan Infrastructure Partners JIP)

事業地位置図 (ミャンマー)



 事業地 (Itone Creek, Kyauktaga Township, Bago Region)

事業地付近の航空写真



Itone Creek 橋（災害復旧）事業地 [橋梁流失前に撮影]

Itone Creek 橋 災害復旧架橋調査 報告書

目 次

	Page
1. 事業概要 -----	1
2. 関連写真 -----	2
3. 災害の概要 -----	3
3.1 概要 -----	3
3.2 Itone Creek 橋の被災状況(地元の人たちからのヒヤリング) ----	3
4. 架橋地点の周辺状況 -----	6
4.1 周辺道路の状況 -----	6
4.2 渡河交通の状況 -----	6
5. Itone Creek について -----	8
5.1 流域の概要 -----	8
5.2 河川洪水の状況と流域の将来像 -----	9
5.3 Itone Creek 橋近傍の水文・水理状況 -----	10
6. Itone Creek 橋の建設 -----	12
6.1 沈下橋の採用 -----	12
6.2 通常橋との比較 -----	12
 < 補 論 >	
Yaw 川流域における沈下橋と道路の河川横過に関わる課題 [JIP(水文)中尾忠彦]	
1. Yaw 川流域の沈下橋 -----	16
2. 道路の河川横過に関わる課題 -----	19
参考 Yaw 川流域における橋梁建設 [JIP(橋梁)朝倉肇] -----	22

1. 事業概要

国際インフラパートナーズ(JIP)は、かねてからミャンマー建設省の橋梁技術者との交流を通してミャンマーにおける橋梁の調査検討を行ってきたところであり、これらの成果を「ミャンマー国における橋梁建設の現状と課題」としてまとめたところであるが(JIPホームページに掲載)、当報告書の対象外であるミャンマーの農山村部における橋梁建設についても大きな関心を持ってきたところである。

ミャンマーの農山村部の現状は、わが国の昭和初期といっても過言ではないような状況であり、多くの河川が縦断するミャンマーにおいては著しく道路整備が遅れており、その原因のひとつが費用のかかる橋梁建設にある。

特にイラワジ川中流域においては、多くの涸れ川がありその多くには幹線道路においてさえ橋梁建設がされておらず、Causeway と称して河床に直接道路を建設しているのが現状である。

そこで、建設省の技術者に数年前から費用のかかる通常橋梁(拔水橋)と Causeway の中間として沈下橋の検討を進めてきたところであり、彼らも大いに関心を示したところであるが、彼らは大変多忙なこともあり、また、河川工学の知見も不可欠ということもあり、沈下橋という新しいタイプの橋梁への取り組みは見られなかった。

そのような状況の中、先昨年9月ミャンマーに滞在中の朝倉が Itone Creek の橋が流されたという新聞記事を目にし、その復旧に沈下橋を採用し、この事業を通してミャンマーにおける沈下橋建設技術の教育、普及を行い、ミャンマーの今後の発展に少しでも寄与できればと考えたところである。

2. 関連写真



写真1 現地視察状況



写真2 現地視察集合写真



写真3 Kyauktaga Township Office 会議状況



写真4 Bago Region Office 会議状況



写真5 Bago Region Office 会議状況



写真6 レター受領状況

3. 災害の概要

3.1 概要

Itone Creek 橋は、ミャンマー国 Bago Region Kyauktaga Township の Innpetlei 村と Bontaw 村の間を流れる Itone Creek に架けられた全長約 60m の橋で、毎日学童が登下校に利用するほか、地域住民も徒歩・自転車・バイクで頻繁に往来している。現在の状況を写真 3.1 に示す。



写真 3.1 学童が徒歩で渡っている状況

Itone Creek は、乾期には水深が 20cm 位と、歩いて渡れる程度に浅い川であるが、雨期には水深が 1 m 程度以上になり危険なので、Township 開発委員会によって 2013 年に架橋されたが、2014 年、2015 年の雨期の出水時に流失しており、増水しても流されない橋が望まれている。

3.2 Itone Creek 橋の被災状況（地元の人たちからのヒヤリング）

2014 年に地元の人たちが、建設した橋は図 3.1 に示す通りで、上下部とも木材で作られていた。しかし、雨季の出水時に、流木により簡単に壊され流されてしまった。

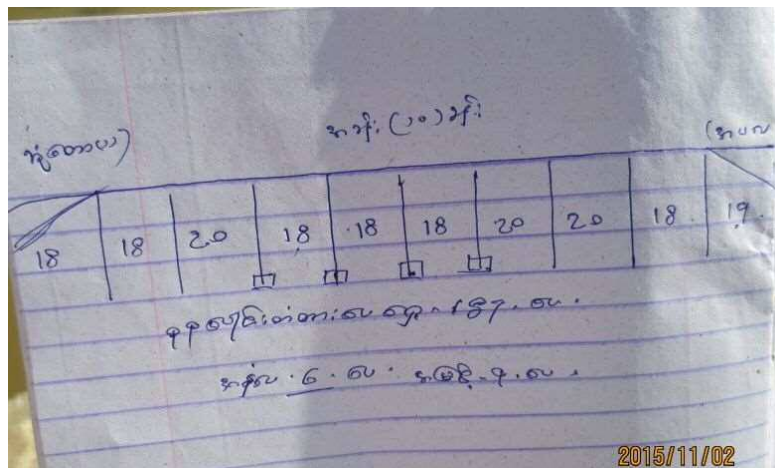


図 3.1 設計図のメモ(2014 建設)

2015 年には、流木対策として型鋼を調達して主流部の支間を約 20m に延ばし、かつ桁の高さをアプローチ部より高くした(図 3.2 を参照)。また、主流部の橋脚は基礎に木杭を打ち込み躯体にはレンガを用いてその強度を高めた (写真 3.2 を参照)。

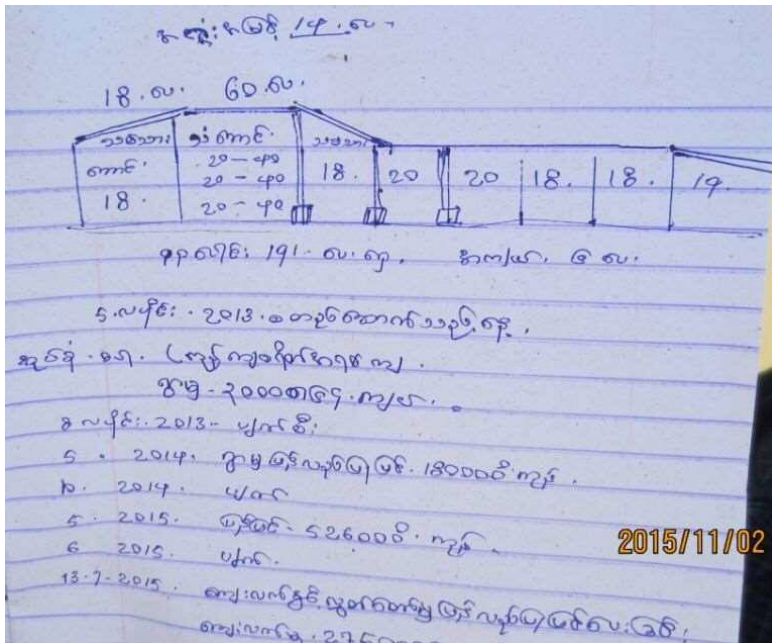


図 3.2 設計図のメモ(2015 建設)



写真 3.2 橋脚

しかし、そのような対策を講じたにもかかわらず、2015 年の雨季に数十年経験しなかったという出水により再び流されてしまった (図 3.3 の新聞記事および写真 3.3、写真 3.4 を参照)。

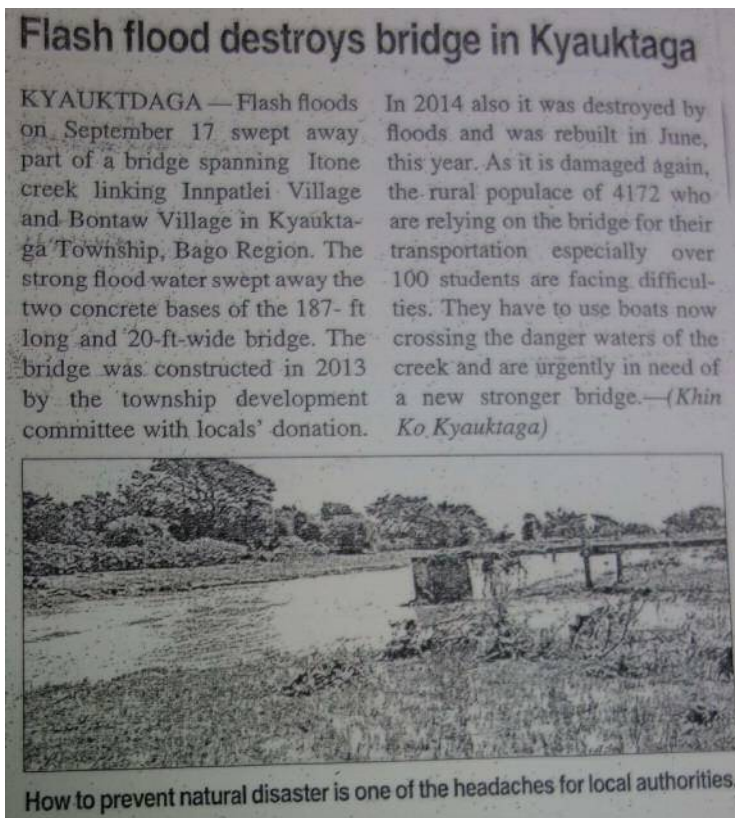


図 3.3 Itone 橋の流失を伝える新聞記事



写真 3.3 流失前の状況



写真 3.4 流失後の状況

この出水時の最高水位はアプローチ部の桁上面を 15cm 上回る程度であったということであり、主流部の桁の高さまでは達していなかったようである。

写真 3.5 および写真 3.6、写真 3.7 は、出水後に橋梁周辺に打ち上げられていた流木であり、大きなものは数トンにもなると思われる。このように大きな流木が地元の人たちが作った橋脚にぶつかればひとたまりもないであろう。しかし、このような大きな材木が流下するのは、出水のピーク時のごく短時間とのこと。写真 3.8 および写真 3.9 は、地元の人たちが苦労して調達した型鋼を使って作った橋げたの残骸。



写真 3.5 Itone 橋の流失直後の流木



写真 3.6 流木の状況(1)



写真 3.7 流木の状況(2)



写真 3.8 流失した橋梁上部工(1)



写真 3.9 流失した橋梁上部工(2)

4. 架橋地点の周辺状況

4.1 周辺道路の状況

対象の Itone Creek 橋は、ヤンゴンとネピドーの中間の位置であり、Bago Region, Kyauktaga Township にある。

Itone Creek 橋周辺は、平地であり集落もあるが、道路状況は極めて悪い。道路といえば西の高速道路、東の国道であり、この Itone Creek 橋周辺は舗装していないばかりか、高速道路の途中の自然発生的な出入口から Kyauktaga に至る道路も雨季には乗用車の走行が困難なぬかるみ状態となる。

すなわち

- ① 高速道路・国道間に Itone Creek を渡る橋はこの Itone Creek 橋だけである。
- ② 橋の北側の集落から高速道路にアクセスするには、この橋をとおるのが便利。
- ③ 現在、橋の両側の道路はバイクが通れる程度のもので、幅は狭い。
- ④ 雨季にはぬかるみ道路となる劣悪な路面状況であるが、ネットワーク的には社会経済的重要路線である。

Google Kyauktaga



図 4.1 周辺地図

4.2 渡河交通の状況

① 渡河交通量の測定は、雨季に入りかけている 2016 年 6 月 6 日(月)と同 7 日(火)の平日 2 日間にわたり行われた。

② 方向別、6 時～18 時の 12 時間交通量、

利用者別 (生徒、一般大人、モーターサイクル (自転車含むが、極めて少数))

③ 往復交通量 692 (生徒 189、一般大人 371、モーターサイクル 132)

交通量調査結果を次頁に示す。

Time (Hour)	Students	Adult	MotorCycle	Total
6-7 (am)	16	34	7	56
7-8 (am)	50	50	14	113
8-9 (am)	4	30	12	46
9-10 (am)	0	34	13	47
10-11 (am)	0	27	10	37
11-12 (am)	13	25	9	47
12-13 (pm)	35	21	7	63
13-14 (pm)	0	28	9	36
14-15 (pm)	0	27	10	37
15-16 (pm)	66	38	15	119
16-17 (pm)	3	39	14	56
17-18 (pm)	4	22	13	38
Total	189	371	132	692

歩行者計:	560
(内、生徒)	(189)
(内、一般)	(371)
モーターサイクル	132
(自転車含むが10%程度)	
総計:	692

表4.1 渡河日交通量 (Bontaw~Innpetlei間) 2016・6・7(月) ~8(火) : 6am~18pm
2日間平均昼間12時間交通量

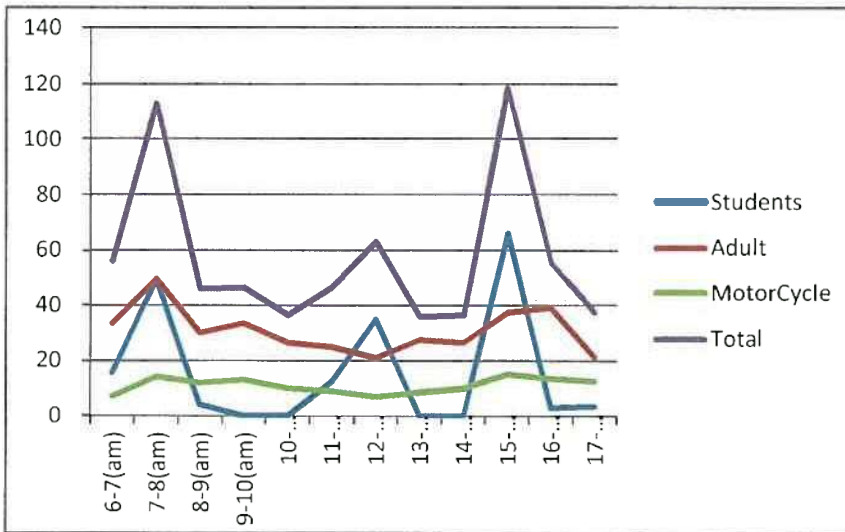


図4.1 渡河交通量の時間変化(往復)

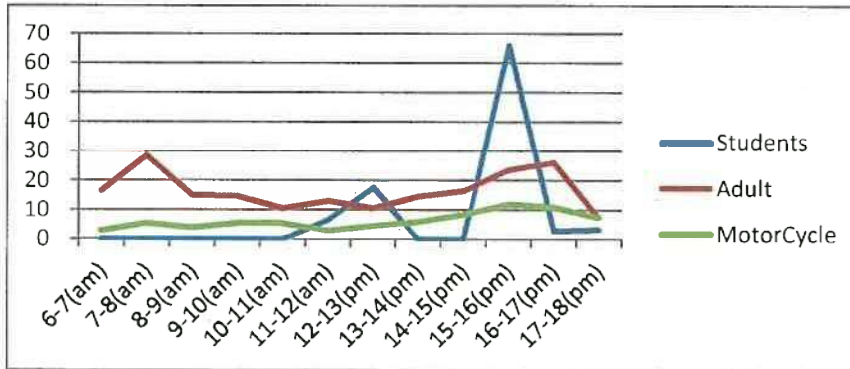


図4.2 渡河交通量の時間変化(北行、片道) (Bontaw→Innpetlei)

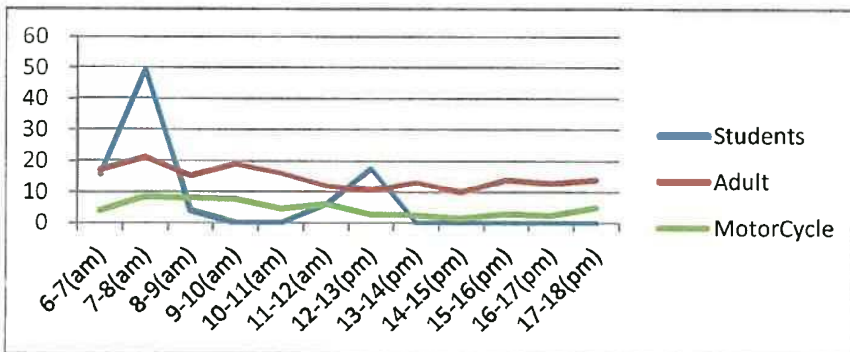


図4.3 渡河交通量の時間変化(南行、片道) (Innpetlei→Bontaw)

5. Itone Creek について

5.1 流域の概要

Itone Creek は、ネピドーの付近に発して Bago Region の中央部を南に流下してインド洋に入るシッタン川 (Sittang) の右小支川である。Itone Creek 橋より上の流域面積は Google Earth Pro を用いた測定で約 90km² である (図 5.1)。

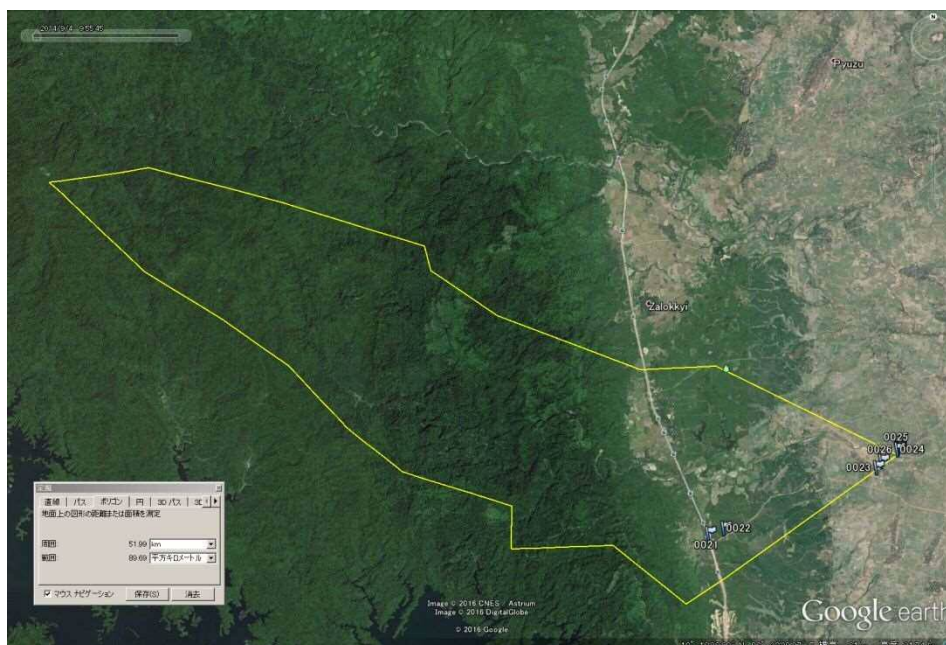


図 5.1 Itone Creek 流域図 (Itone Creek 橋より上流)

流域 (集水域) はほぼ全域が樹林に覆われている。最高地点の標高は約 480m (米国航空図に 1600ft ピークとある) に達するが、全体としては 200~300m であり、下流平地の 40m と比較してもあまり高くない丘陵地である。

ヤンゴン~マンダレー間の高速道路は、この付近では丘陵と平地の境界線付近を通っており、Itone Creek も高速道路橋梁付近から下流が平地部となるが、扇状地は形成されていない。

近隣の河川流域には多数のダムが築造されているが、Itone Creek は河川の規模が小さいためかダムが存在しない。また、河道においても取水堰のような構造物は設置されていないようである。隣接する河川に設けた取水堰からの導水路が Itone Creek 橋の下流の河道近くまで延びていることから、Itone Creek は周辺平地の排水河川として最も低い部分を流れているようである。

Itone Creek に沿う縦断面図を図 5.2 に示す。橋梁付近での Itone Creek の勾配は延長 13.25km に対して高低差 17m と、約 1/780 となっている。

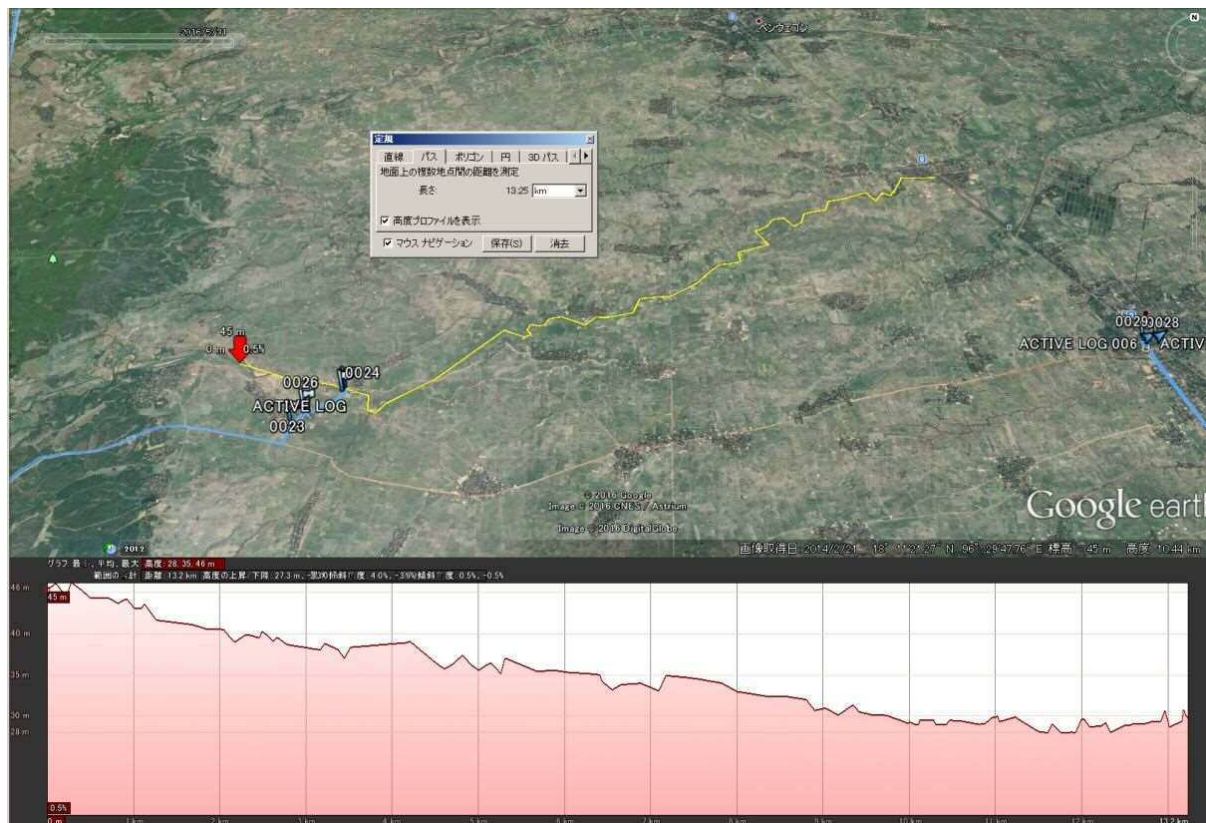


図 5.2 Itone Creek 縦断面図

5.2 河川洪水の状況と流域の将来像

河川の沿岸に平坦な土地が広がり、全体が東に向かって低くなっており、集落は周辺より 3m ほど高い微高地に位置しているという状況から、増水して河岸よりも水位が高くなったときに、氾濫した水は広く低地に広がってゆっくりと流れ、住居は容易に浸水しないことがうかがわれる。また、沿川の低地は農地になっており、短時間の湛水は許容できるものと考えられる。Itone Creek に限らず、近隣の河川はいずれもこのような状況にある。また、衛星写真による限り近隣河川において堤防が築造されている様子は見られず、現地を踏査したときにも堤防らしい高まりは観察されなかった。

このことから、近隣の河川において、なかんずく Itone Creek において、両岸に連続した堤防を構築するという河川改修方法は今後とも採用されず、洪水防御対策としては河岸の浸食対策が重要であると考えられる。すなわち、Itone Creek 橋の復旧にあたって、近い将来における築堤による水理状況の変化は考慮しなくてよいと判断されよう。

5.3 Itone Creek 橋近傍の水文・水理状況

Itone Creek 橋の近傍での水文・水理状況について考察する。ただし、Kyauktaga において2年分の月降水量が得られているだけで日降水量・時間降水量記録がなく、橋より上流での降水量は得られていない。また、河川水位記録等もないので精度が低いことに留意する必要がある。

表 5.1 Itone Creek 橋付近の水位

事 項	値 (m)	根 拠	考 察
橋面高	-0.46	無償資金協力計画書の付図	雨期通常水位+桁高 0.5m +桁下クリアランス 0.3m
異常高水位	0.34	地元住民ヒアリング	流された桁の上面+0.15m
雨期通常水位	-1.26	地元住民ヒアリング	
河床高	-2.26	無償協力計画書から読み取り	
5月25日水位	-2.00	橋面高と水深から目測・推定	水深約 0.2m

異常高水位と雨期通常水位での流量と流速をマンニング式で推算する。

$$\text{マンニング式} : Q = A v = (1/n) A R^{2/3} I^{1/2}$$

ここで、Q：流量(m³/s)、v：流速(m/s)、n：マンニングの粗度、R：径深（≒水深）、I：水面勾配 である。

nとして国土交通省水管理・国土保全局制定の河川砂防技術基準調査編の「自然河川で平地の小水路」の値 0.030、勾配は図 3.5 の縦断面図から 1/700 とする。

雨期通常水位の場合、横断面図から流水断面積を 25.3m²を求め、

$$Q = 25.19\text{m}^3/\text{s}、v = 1.00\text{m}/\text{s} \text{ となる。}$$

最大水深が 92cm あることから、この流速は、水深・流速と歩行可能性を実験的に調べた須賀らの研究から、大人でも歩行困難で危険をとまなうものである。雨期に橋が無いと交通は途絶すると考えられる。

異常高水位の場合、水面幅が広がるが橋の長さに対応する流水断面積 116.16m² を用いて、

$$Q = 227.83\text{m}^3/\text{s}、v = 1.96\text{m}/\text{s} \text{ となる。当然、歩行は不可能となる。}$$

雨期通常水位時の流量と、異常高水位時の洪水ピーク流量とに対応する降雨強度を合理式 $Q = (1/3.6) f r A$ を用いて計算する。

ここで、f：流出係数、r：降雨強度(mm/hr)、A：流域面積[集水面積](km²)である。流出係数として国土交通省告示「流出雨水量の最大値を算定する際に用いる土地利用形態ごとの流出係数」から耕地・原野の値 0.2 をとる。r は、上流の豪雨がこの場合 Itone Creek 橋に到達するまでの間（洪水到達時間という）の平均雨量強度である。洪水到達時間は Kraven の式を用いて流域の勾配と流路の延長から求められるこ

とが多い。Itone Creek 橋上流については 120 分と概算される。流域面積は 90km² であり合理式の適用範囲から外れるので、結果は大まかな見当を与えるものと解釈すべきである。

雨期通常水位に対応する流量 25.19m³/s に対応する降雨強度は 5.3mm/hr となる。異常高水位に対応する降雨強度は同様に 45.6mm/hr と算定される。

Kyauktaga での 7 月平均降雨量は 825.5mm、平均降雨日数は 27 日であることから、日平均は約 30mm となる。このとき 5.3mm/hr すなわち 10.6mm/120min 程度の降雨は、ほとんど毎日観測されるであろう。たしかに雨期「通常」水位であると思われる。異常高水位に対応する 45.6mm/hr すなわち 91.2mm/120min は、当地方の水文データが不足しているので判断が困難であるが、数十年に 1 回というよりも頻度が高いであろう。日本の例と比較してみる。

Kyautaga の年間降雨量は 3,000mm に達し、しかも乾期と雨期があって雨期の降雨量は、非常に大きい。日本国内で年間降雨量が大きく、かつ多少とも季節変化がある地点として足摺（土佐清水）（年間降水量 2,421mm）観測所について高知県が短時間確率降雨量を計算して公表しているのと比較する。

足摺の年最大 120 分雨量を図上で外挿して求めたところ、50mm/120min となった。雨期通常水位に対応する先の 10.6mm/120min は 50mm/120min に比べてかなり小さく、やはり「通常」の水位であると判断される。

一方、異常高水位に対応する 91.2mm/120min は足摺において 1/5 程度の生起確率となるので、これも異常洪水というには生起確率が大きすぎる（起こりやすい）と考えられる。実際にはもっと異常洪水時の流量が大きいのではないかと思われる。すなわち、数十年に一度という大洪水になると上流で氾濫するなどして、全部の流量が Itone Creek 橋断面を流れないのではなかろうか。異常洪水の場合には橋の上流で氾濫が生じることによって、橋地点ではそれ以上に水位が上昇することはほとんどないという可能性は十分にある。

6. Itone Creek 橋の建設

6.1 沈下橋の採用

当プロジェクトの対象河川の Itone Creek は流域がごく小さく、田んぼの中を流下する小さな川であるが、雨季に流域に集中豪雨が襲来すると、ごく短時間ではあるが水位が上昇し、その際は数トンもある材木が流下してくる。そのため、地域の人たちが建設した橋はひとたまりもなく流されてしまったわけである。

そこで、短時間の出水時は水面下となるが、雨季の通常の水位をクリアできる高さに橋げたを設ける沈下橋が当該地点に最適と考えた。

この沈下橋は、その建設が地方の小規模建設業者でも可能な鉄筋コンクリートを主体とし、また、十分な強度、耐久性等も考慮し、維持管理を必要とする沓、ジョイントも極力減らした桁と橋脚を一体とした鉄筋コンクリートラーメン構造とした。

従来の橋梁は、3.2 で述べたように当初は支間 18~20 尺 (5~6m)、次に中央部支間 18m の木橋として建設されていたが、今回は支間 10m の鉄筋コンクリートラーメン構造としているので、構造的耐力は、比較できないほど上昇しているといえる。

基礎の杭長は、ボーリング調査の結果を参考に 18~20m で計画されており、場所打ちコンクリート杭であるので安全性は問題ない。杭の本数は総計 18 本である。

沈下橋の幅員であるが、車道 3 m 歩道 0.6m で計画されている (次頁以降に沈下橋と通常橋の一般図を示す)。

沈下橋の計画は、地元で手に入る材料を使用しており、地元の中小ゼネコンで十分施工できるものである。

6.2 通常橋との比較

当該橋梁において沈下橋として建設した場合と、通常橋として建設した場合の工事費を比較してみたが、通常橋の方が約 2 倍かかる。

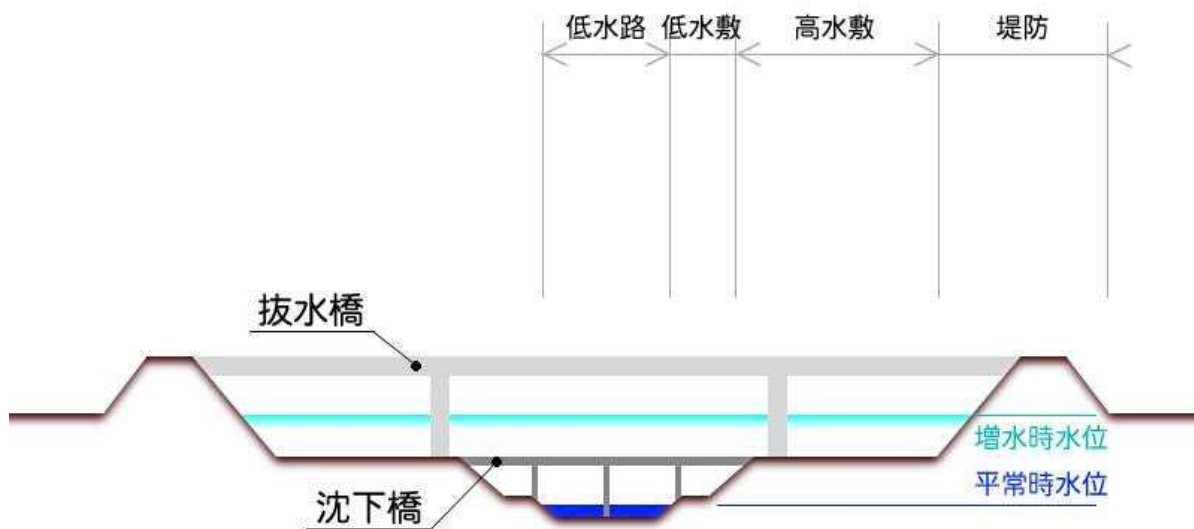
上記の数字は本件の建設条件での比較であり、建設条件によってはさらに大きな差が出る場合もあると考える。

また、建設費のみでなくその建設についても、当該沈下橋は杭の施工以外はほとんど小規模な建設業者でも建設可能であるという利点がある。

さらに、もっと長大な架橋地点においては、その建設費が大きなハードルとなるが、沈下橋の場合は、桁の高さが低いため暫定的な取り付けが容易で、流水部をまず建設し、引き続き残りの部分を建設するという数年にわたる段階施工が可能である。一方、通常橋の場合はその建設費が高いばかりでなく、橋梁全線が完成するまで利用できないため、短期間で供用するためには、多額の建設費が必要となり、特に地方部の道路においては、建設が困難となる。

《 参 考 》

◆ 沈下橋（Submersible Bridge）のイメージ



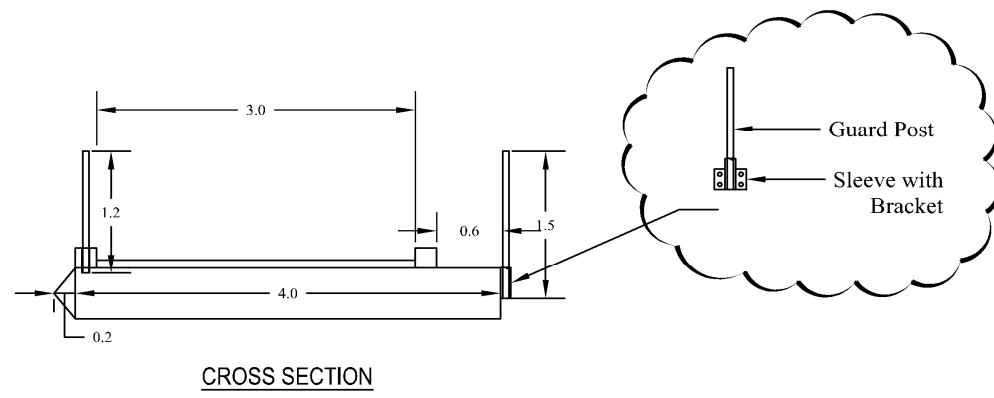
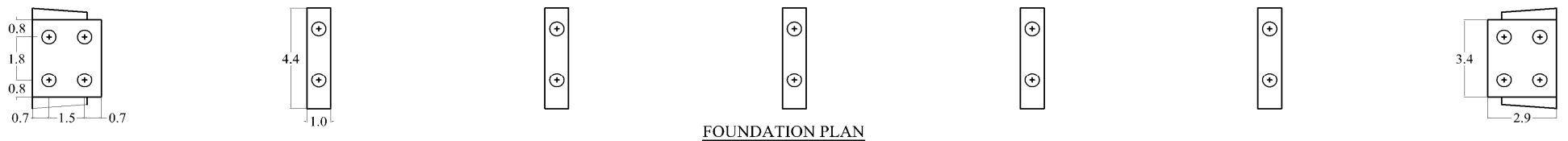
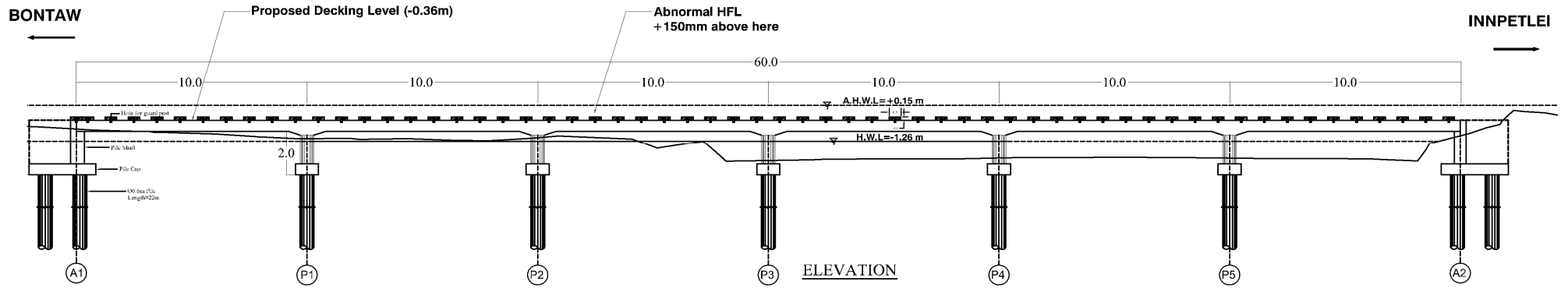
◆ 日本における沈下橋の例（高知県：通称佐田沈下橋）



全長：291.6m 幅員：4.2m S 47 建設

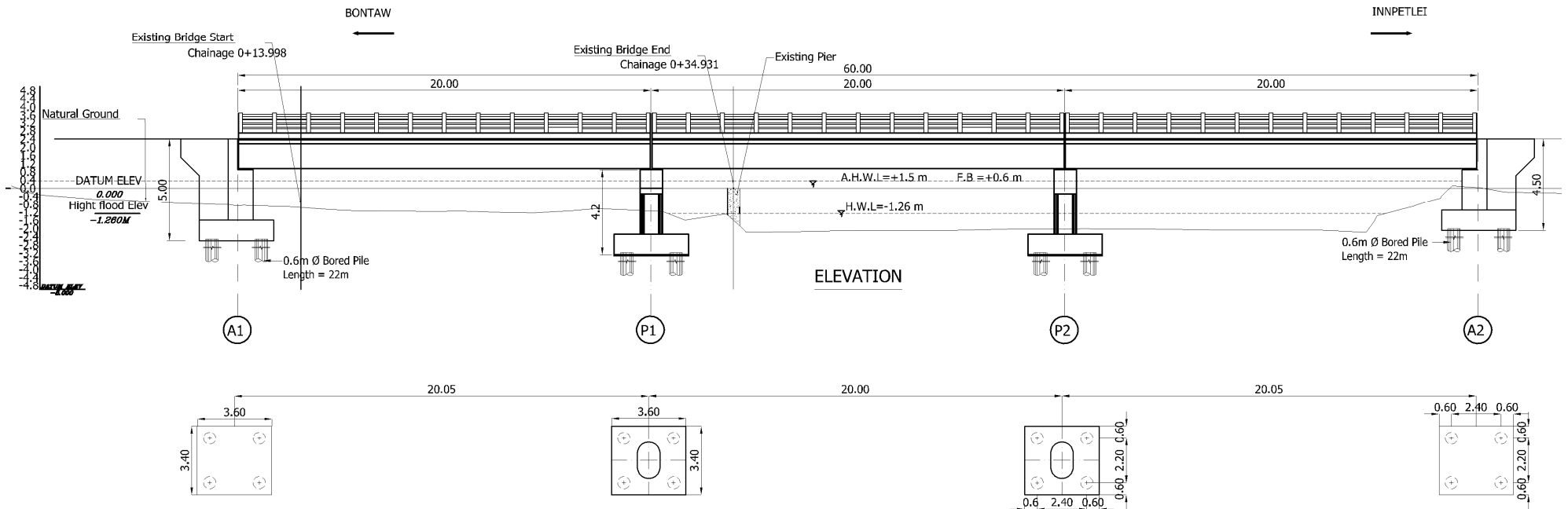
沈下橋の全体一般図

ITONE BRIDGE

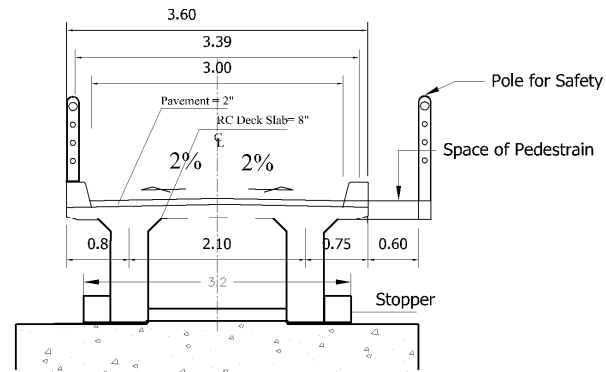


通常橋の全体一般図

ITONE BRIDGE



FOUNDATION PLAN



< 補 論 >

Yaw 川流域における沈下橋と道路の河川横過に関わる課題 [JIP(水文)中尾忠彦]

1. Yaw 川流域の沈下橋

Yaw 川はイラワジ川の右支川で、アラカン山脈の東斜面を流域としている。その本川・支川は、インド亜大陸がユーラシア大陸に衝突して生じたヒマラヤ山脈に続く巨大な褶曲を反映して激しく屈曲している。気候データが得られていないが、ミャンマーの他の地域と同様に乾期と雨期が存在するモンスーン気候で、降水量が少ないことは、植生が貧弱であるため衛星写真からその地形・地質がはっきりと見えることから推測できる。Itone Creek のある Bago の山地では植生の下の地形・地質が判読できなかったのと対照的である。

JIP は、Yaw 川の流域を踏査したことがあるが、近年 MOC が Yaw 川の流域に沈下橋や長大な橋を架設しているとのことであつたので、今回その状況を視察するためネピドーの MOC 本省で沈下橋を設計した技師とともに現地を訪れた。

図 補 1 に Yaw 川流域の主要部分を示す。調査団はパコックから西に向かう国道によって Yaw 川流域の中心部に向かい、左岸から反時計回りに右岸にまわって踏査し、主要地点ではより詳しく視察するとともにミャンマー技術者と意見交換し、実例を前に指導した。

また、Yaw 川がイラワジ川に合流する Seikpyu 付近と、ヤンゴンにも近いイラワジ川右支川 Maton 川流域 Ton 付近の状況を示す写真も収集した。

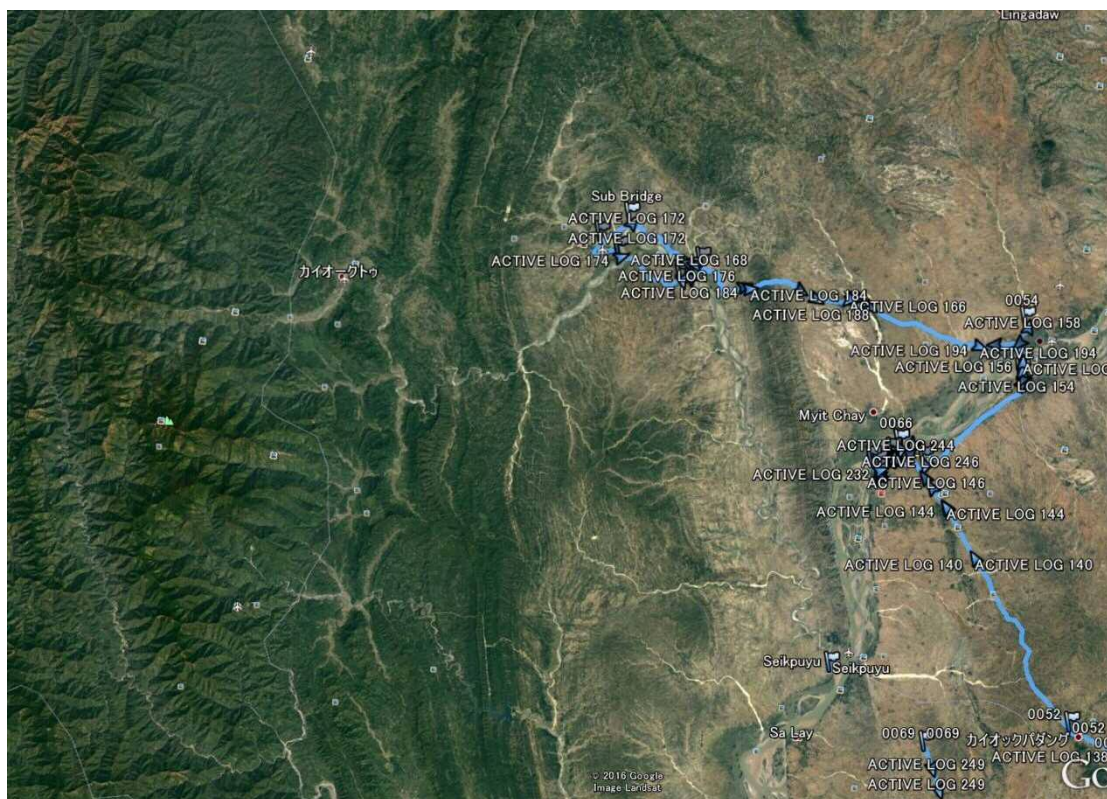


図 補 1 Yaw 川流域の概況

踏査した区間の詳細を図 補 2 (次頁) に示す。

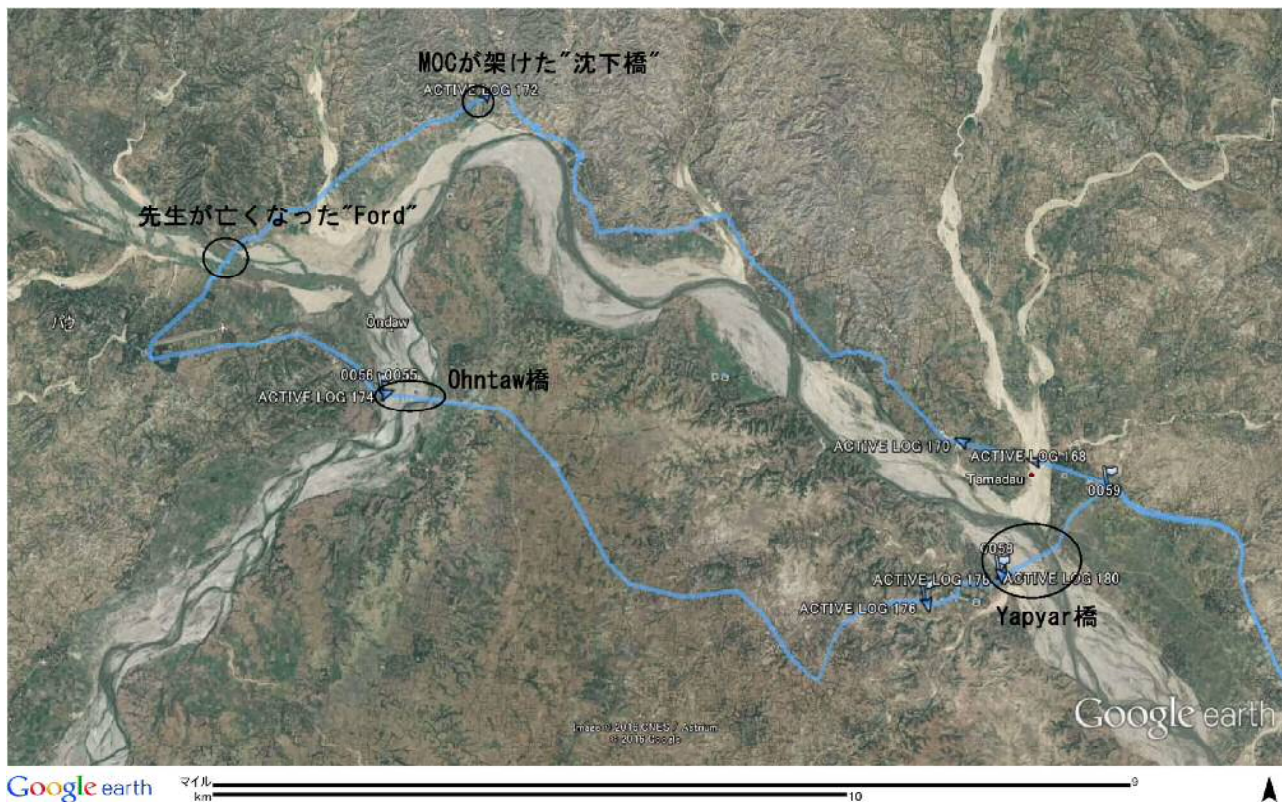


図 補 2 現地踏査行程の詳細図

行程を通じて、沿道の植生は貧弱で、僅かな雨でも崩壊しそうな山腹が多かった（写真 補 1 を参照）。降雨量が少ないので土砂流出がこの程度に収まっているのであろうと思われた。左右岸の山腹から山腹まで土砂がほぼ水平に堆積しており、主流路は山腹から山腹まで自由に蛇行しているようである（写真 補 2 を参照）。時期の異なる衛星写真からもその状況がわかる。

図 補 1、図 補 2 に見えるように、この間多くの支川を横切った。しかし、川の流れが見られたのは図で「先生が亡くなった"Ford"」、「Ohntaw 橋」、「Yapyar 橋」と注記したところだけで、他の支川には流水が見られなかった。

ネピドーの建設省本省で沈下橋として設計された橋梁を視察した。写真 補 3、補 4 で見ると高欄が桁に固定されていて、流体力や流下物による衝撃力を受けやすい一方で、溪流からの高さが高いいことから沈下橋とは呼びにくいものであった（計者にこの橋がなぜ沈下橋なのかと尋ねたら、水位が上がって桁の高さを超えても流されない強度があるとの答えが返ってきた）。

また、近年架設された大規模な橋梁を視察した。いずれも主流部にかかる部分は水面から高く、橋の幅も広くしてある。主流部にかかる部分を高くしてあるのは、主流部には流木などが流下してくるのでクリアランスを大きくするという意図からかもしれない。しかし、河床面が平坦になっているのは、主流の縁に土砂が堆積すると、より低いところに主流が移るというプロセスを繰り返しているためであり、次の洪水の後では主流の位置が移ることも考えられることであり、適切な措置とは思われない（現に現在の主流部は橋が流された 2011 年の出水時とは反対側を流れている）。



写真 補 1 Yaw 川流域の植生



写真 補 2 Yaw 川の平坦な河床面



写真 補 3 ミャンマー建設省が設計・施工した「沈下橋」



写真 補 4 高欄の状況

2. 道路の河川横過に関わる課題

道路が河川を渡るときには、拔水橋、沈下橋、浮橋、Causeway と Ford というような方法がある。以下その特徴を簡単に説明する。

拔水橋：河川の計画高水位、あるいは計画高水位が定められていないばあい、既往最高水位などよりも高く、樹木などの流下を見込んで十分なクリアランスをとって橋を架ける方法で、道路が河川を渡るときの基本形である。

沈下橋：道路面を計画高水位や既往最高水位よりも低くして、ある程度以上の規模の洪水時には水没するように橋を架ける。交通量が少なくして工事費を少なくしたいときなどに採用される。このうち、水没したら桁が橋脚から外れて流下することによって橋脚に加わる水平方向の荷重を低減させるものを流れ橋というが、洪水のたびに復旧作業が必要となる。

浮き橋：舟などの浮体を連結して浮かせ、その上を通行する方式であるが、流速や水位変動が大きいときには不適當である。

Causeway：川を横断して土砂などを盛って高くし、上を舗装して道路とする。常時の河川水はその上を浅く流れるようにするか、盛土を横断して管路やカルバートを設けて下流に流す。

Ford：自然のままの河床、あるいは適宜に整地して通行するものである。Itone Creek 橋では橋が流失したので、現在はやむを得ず Ford の方式によっていることになる。

Yaw 川の流域は乾期と雨期があり、乾期の小支川はほとんどが涸れ川になっている。これら涸れ川になっている小支川を渡るときには路面を舗装し、洪水時には河川水が路面を横断して流れるようにしている。流水が下流側を洗掘するのを防ぐため、下流側はコンクリートで被覆し、コンクリート面に減勢工となることを意図して地覆のようなコンクリートブロックを配置している。これは Causeway と Ford の中間的なものと考えることができる。

Yaw 川の大支川には、平常時にも流水が見られるにもかかわらず Ford の方式によっているところがある。図 補 2 に示したように調査団も渡った「先生が亡くなった Ford」もそういう箇所の一つであるが、雨季に水位が上がり、小船で対岸の学校に渡ろうとした先生の船が転覆して亡くなったということで1日も早い沈下橋の建設が望まれる。(写真 補 5 を参照)



写真 補 5 近年死者が出た Ford

このようにミャンマーでは Causeway 方式がかなり用いられているようであるが、Causeway は河川から見れば帯工・落差工に相当する構造物である。すなわち、河床と同じ高さ、あるいは河床からほぼ水平に突出させて河床の縦断形状を安定させようとする構造物と水理的に類似している。このような構造物を設けるとその頂面で流速が増大し、下流の通常河床に移るときに流速が低下することになって渦が生じ、下流側を洗掘することが多い。下流側の洗掘が上流に及んで本体の破壊につながる災害が多いのでその処理に留意する必要がある。現地で収集した写真（写真 補 6）では確かにそのような現象が生じていると見られる例がある。

Yaw 川の沿川の Causeway では、道路の縁石または、下流面から突出したコンクリートブロックを配置して流れの減勢工としているものと推測される例が多かった（写真 補 7）。しかし、この程度では減勢工の役割を十分果たさないものであり、下流側に蛇籠などを配置するか捨石して、減勢と河床保護の効果を高める措置が必要であろうと思われた。

今回は踏査できなかったが、Yaw 川とイラワジ川との合流点 Seikpyu でも写真 補 8 のように、乾季には地元で簡単な橋を架けて歩行者や軽車両の交通に対応しているが、雨季には写真 補 9 のようになり歩行者等の交通も途絶される。



写真 補 6 破壊しつつある Causeway



写真 補 7 現地で見た Causeway の下流側



写真 補 8 Seikpyu の仮橋



写真 補 9 雨季に入り流される仮橋

Yaw 川流域に限らず、イラワジ川沿川には、当面安価な沈下橋・Causeway で横過すべき河川が多いと思われる。たとえばヤンゴンから直線距離 280 km (Yaw 川流域は約 550 km) と近いイラワジ川右支川 Maton 川流域 Ton 付近でも学童が川を歩いて渡っているという (写真 補 10 および補 11 を参照)。この地点では河川の状態から Causeway ではなく沈下橋の適地のように見える。このような横過箇所は多いことであろう。



写真 補 10 Maton 川流域の徒渉状況

写真 補 11 荷を頭上に掲げ渡ってきた学童

着実な経済成長を遂げているミャンマーであるが、橋の無い川を解消することは困難であると考えられる。通常の抜水橋でなくとも地域の特性に応じた方式で川を渡る手法についてさらに検討すべきであり、今回 Itone Creek 橋の復旧を通じて沈下橋など、比較的安価な手法で河川を渡る方法についてミャンマー技術者の知識を高めれば、単に Itone Creek だけでなく全国多くの場所で応用できると思われる。

イラワジ川を渡るパコックの橋を自力で建設したミャンマー橋梁技術者の能力は高いものであり、ミャンマーに対するわが国による技術移転の成果であろう。しかしながら、細部について、特に水回りの処理についてはなお理解を高める余地があると思われた。ワークショップなどを行って技術者の知見を広めることが有効であろう。

今回の現地視察で、いくつかの橋には水位標が設置されているのを見たが、水文専門家として、新しい橋には原則として独立の水位標を設置するか、少なくとも橋脚または橋台の適切な位置に水位板をとりつけるなど水位の測定ができるようにして適時に観測することを提案したい。河川を渡る橋にとって当該河川の水位・流速は最も基本的な外力パラメータであると考えられるからである。また、かなりの数のダム貯水池・溜池が設置され、用水路も敷設されているので降水量の観測もされていると推察されるが、そのデータは必ずしも容易には入手できないようである。適時に沈下橋などの通行を止めたり、道路を閉鎖するのに降雨量観測は重要であり、データの流通を良くするとともに、必要な場合には道路管理者みずから、あるいは住民のコミュニティで観測するような体制が望まれるところである。

参考 Yaw 川流域における橋梁建設 [JIP(橋梁)朝倉肇]

補論の図 補 2 の「Ohntaw 橋、Yapyar 橋」の建設に係わる経緯等について以下に述べる。

JIP として建設省の要請により、2011 年の異常出水により流されたという Yaw 川の橋の調査を 2012 年 2 月に実施した。なお、この調査の途上に橋梁の整備されていない多くの涸れ河を渡河したことが、ミャンマーにおける沈下橋の検討のきっかけとなった。

Yaw 川は、河幅が 1,000m ほどで河床には厚さ 10m ほどの土砂が堆積しており、大きな出水ごとにその河道が大きく移動するという特殊な河川である。

写真 補 12 は、Yaw 川の河畔（後に建設された Yapyar 橋の東側取り付け付近）から撮った写真であるが、写真の右遠方に見えるのは、出水により上部工（ベアーリー橋）が流された橋の下部工である（写真 補 13）。すなわち、この橋を建設した当時は流水部がこの位置にあったということであるが、残りの区間は河川内を盛土で横過したということである。



写真 補 12 Yaw 川の右岸上流から



写真 補 13 補 12 右遠方の拡大

当然のことながら、雨季の出水時盛土部がダムとなり、水位が上昇し橋梁上部工および盛土部が流された。写真 補 14 は、その際の状況写真である。

次頁の写真 補 15 は、翌年 2013 年の雨季の出水時の写真であり、2012 年に上部工が流された橋梁の下部工の横梁近くまで水位が達していることから、橋梁建設時には橋脚を嵩上げするようにアドバイスしたところである。

写真 補 16 および補 17 は、今回撮影した写真である。

昨年雨季前に全長約 1,000m の河川全幅の橋梁が完成したということで、昨秋訪緬の際工事を担当した技術者の案内で現地を訪れた。

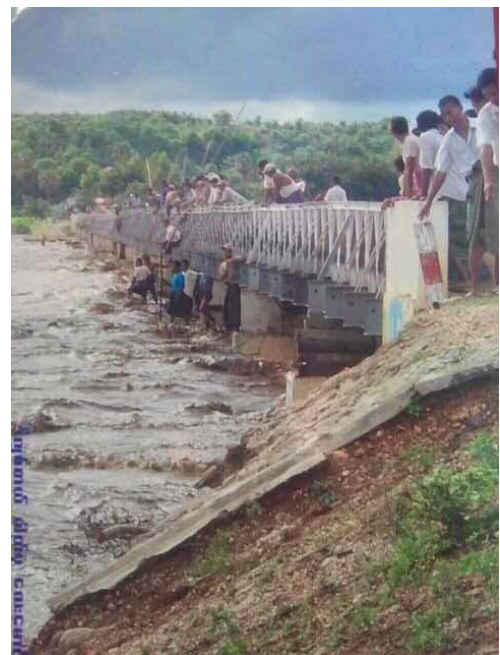


写真 補 14 出水状況写真



写真 補 14 2013 年出水時



写真 補 15 2013 年乾季

その結果、先の出水で流された橋梁の区間には、下部工を嵩上げしないまま上部工が建設されており、かつての盛土区間には桁下クリアランスを確保した橋梁が建設されていた。結果的に同一橋梁において桁下クリアランスの異なる(橋面高さの異なる)橋梁が建設されていた。

2013 年の出水時の水位から考えると、今後の出水時に桁のところまでの水位上昇が考えられるが、どうして下部工の嵩上げしなかったのか尋ねたら、工事費を極力節約するため下部工の嵩上げを行わず、この橋を沈下橋と考え高欄には剛性の低いものを使っているという奇妙な回答が帰ってきた。

2011 年に流された橋の上部工はベアリー橋であり、水位が上昇した際、流木等の漂流物の圧力で容易に破壊され、結果的に下部工の損傷は見られなかった。新しく建設された橋(写真 補 16 および補 17 を参照)は鉄筋コンクリート橋であり、今後の異常出水で上部工まで水位が上昇した際には、漂流物等の圧力で橋全体が流されることが懸念される。



写真 補 16 2015 年に完成した Ohntaw 橋



写真 補 17 2015 年に完成した Yapyar 橋