

発展途上国の橋梁維持管理に関する現状調査

Survey of the Condition Bridge Maintenance in Developing Countries

苫小牧工業高等専門学校 正 員 松尾 優子 (Yuko Matsuo)
苫小牧工業高等専門学校 ○学生員 金田 祐樹 (Yuki Kaneda)
北海道土木設計株式会社 正 員 和田 隆宏 (Takahiro Wada)
北海学園大学 正 員 小幡 卓司 (Takashi Obata)

1. はじめに

我が国の公共施設は高度経済成長期の 1960 年代から 1980 年代にかけて急速に整備され、今後、これらの施設の老朽化により大規模改修や更新の時期を一斉に迎え、巨額の更新修繕費用が集中して発生することが懸念されている。このような社会基盤構造物の老朽化における課題は全世界的な問題であり、特に発展途上国では独立前の政権やODA 支援により建設された橋梁などの構造物は、資金、技術力等の不足により自国で適切な維持管理や維持補修を行っていくのは極めて難しい状態である。そのため、定期的かつ予防的な維持管理が実施されていないことに起因し劣化が進行し、設計寿命を下回る期間に再整備が必要な事例が多発している。さらに途上国ではセメント業、鉄鋼業などの維持補修に関連する産業が発展しておらず、製品の質の悪さ、材料の輸入によるコスト増、技術力不足により、先進国以上に補修補強が困難な背景を抱えている。そこで、本研究ではこれらの発展途上国について、将来的に可能な限り自国の技術で維持補修し、LCC 最適化を実現するためにはどのような技術提供や支援が必要であるかを提案することを目的とする。

本稿では、発展途上国における道路、特に橋梁維持管理の実態を把握するため、JICA 研修のために来日した 9 か国の道路管理者の立場にある技術者にアンケート調査及びヒアリングした結果を報告する。

2. 研究方法

アンケート調査は、平成 28 年 8 月に JICA 研修の道路維持管理研修に参加した、アフガニスタン、イラク、バングラディッシュ、パキスタン、ブラジル、ラオス、ミャンマー、スリランカ、東ティモールの計 9 か国の土木技術者を対象に、道路建設・橋梁維持に関する項目について直接配布・回収方式で実施した。対象者は国家公務員または首都等の地方公務員であり、主に道路整備、維持管理に従事している。

加えてアンケート結果の詳細を確認するために、上記のアフガニスタン、パキスタン、ミャンマー、スリランカの計 4 か国の技術者にヒアリング調査を行った。

3. 調査結果

発展途上国の道路建設・橋梁維持管理の現状把握のため、アンケートでは設計・施工の発注形態、材料の調達方法、橋梁点検・維持管理の項目について尋ねた。表 1～表 10 にアンケート調査の結果を示す。

3.1 発注形態

新規のプロジェクトに関する設計、施工業務の発注形態について表 1 に示す。表より、ほとんどの国が日本と同様に設計はコンサル、施工はゼネコンに分けて発注している。その他を回答しているミャンマー、スリランカではプロジェクトの規模により発注形態は変わるものの、設計は民間コンサル（または直営）、施工はゼネコンとコメントしている。また、規模が大きいプロジェクトは一括して国外の会社に発注している。

設計・施工の一括発注の場合、オーバーデザインや施工金額のかさ増し等により適切な金額で受注されない可能性が生じる。そのため「どのようにして業務内容、金額が適切か判断するか」についてヒアリングを行った。パキスタンでは第 3 者機関が積算をし、業務内容と照らし合わせて審査している。ミャンマー、スリランカ、アフガニスタンは、発注者側が積算し日本と同様に入札金額が超過した場合は落札されないシステムになっている。

表 1 プロジェクトの発注形態

問 1. 設計・施工の発注形態はどのようになっているか					
設計業務	民間コンサル	国営コンサル	一括して国内の会社に発注	一括して国外の会社に発注	その他
施工業務	ゼネコン	ゼネコン			
アフガニスタン		○			
イラク	○				
バングラディッシュ	○	○		○	
パキスタン	○			○	
ブラジル	○				
ミャンマー					○
ラオス	○				
スリランカ	○				○
東ティモール		○			
計	5	3	0	2	2

3.2 材料の調達

日本では当たり前のように調達できる建設材料も国や地域によって異なることから、碎石・アスファルト・鋼材などの建設材料の調達先についてアンケート調査を行った。その結果を表 2、表 3 に示す。表より、碎石についてはほとんどの国が国内で調達可能であるが、アスファルトは 5 か国が輸入している。鉄筋および建設用鋼板は多くの国が近隣の国から輸入している。例えば、アフガニスタンでは 20%程度をイラン、ウズベキスタンから輸入している。

ここで各国の鉄鋼業に着目して、対象国と表 3 の輸入先となっている国の粗鋼生産量を比較したものと圧延

表－2 砕石・アスファルトの調達先

問 2. 砕石・アスファルトの調達先						
種類	砕石			アスファルト		
調達先	国内	国内と国外	国外	国内	国内と国外	国外
アフガニスタン	○				○	イラン,パキスタン ウズベキスタン
イラク	○			○		
バングラデッシュ	○	○	インド,ブータン	○		
パキスタン	○			○		
ブラジル	○			○		
ミャンマー	○					シンガポール
ラオス	○	○	タイ,ベトナム 中国			タイ,シンガポール
スリランカ	○					インド,中国 シンガポール
東ティモール		○				インドネシア シンガポール

表－3 鋼材の調達先

問 3. 鋼材の調達先						
種類	鉄筋			建設用鋼板		
調達先	国内	国内と国外	国外	国内	国内と国外	国外
アフガニスタン		○	20%イラン ウズベキスタン			パキスタン ウズベキスタン
イラク	○			○		
バングラデッシュ	○			○		中国,インド
パキスタン	○			○		
ブラジル	○			○		
ミャンマー		○	日本,中国		○	日本,中国
ラオス		○	タイ,ベトナム 中国		○	タイ,ベトナム,中国
スリランカ		○	インド			インド
東ティモール			インドネシア シンガポール			インドネシア シンガポール マレーシア,オーストラリア

鋼材総生産容量について表－4、表－5 に示す。表中の統計データは WSA および SEASI の Steel Statistical Yearbook より参照した。表－4 を見ると、パキスタンでは粗鋼生産量が 2,423 千トンあり、自国で鋼材の調達が可能であり、近隣のアフガニスタンに輸出していることがわかる。表－3 の鋼材をほとんど輸入に頼っているミャンマー、スリランカの粗鋼生産量は 35 千トン以下と低い水準で推移している。輸入先の国であるベトナム、インドネシア、タイの粗鋼生産量は 4,000 千トン以上（表－4）と高い水準であり、さらに建設鋼材となる 3mm 以上の圧延鋼板（表－5）も生産されている。鉄鋼業が発展していない近隣の国の調達先となっていることが確認できる。

3.3 橋梁点検

橋梁点検の現状についての調査結果を表－6 に示す。橋梁点検はほとんどの国が直営で年 1 回の頻度で行っているが、アフガニスタンでは橋梁点検をするという概念がなく、点検を行える技術者がいないという回答であった。しかし、ヒアリング調査を行った 4 か国では橋梁点検に必要な機材が少なく、点検手法は目視のみで機材を使用した詳細な点検はあまり行われていない。次に橋梁点検マニュアルの有無について聞いたところ、8 か国が有と回答した。橋梁点検マニュアルは JICA 等による技術支援でほとんどの国がすでに整備されており、マニュアルには損傷度合が区分され、それに応じて損傷度を判断し、損傷度が多い橋梁については継続的に観察している。「橋梁点検の結果を電子データで管理し保管しているか」については、4 か国のみの実施に留まっており、点検結果の体系的な運用は浸透していないことが伺える。また、「橋梁点検に関して国外からの技術支援を受けているか」という問に対しては、世界銀行、日本、韓国、中国という回答があり、マニュアル等はこれらの技術支援によって整備されたものと推測できる。

次に国内技術者の橋梁に関する技術力と予算の状況についての調査結果を表－7 に示す。ここでは橋梁管理者の立場にある政府または自治体の職員（土木技術者）の「橋梁点検（目視）のスキル」と「点検・検査結果に基づき適切な補修工法の選定や検討を行う能力」について

表－4 各国の粗鋼生産量(単位:千トン)

	国名	1994 年	2004 年	2014 年
輸入先	ベトナム	301 (63)	689 (58)	5,847 (26)
	インドネシア	3,220 (32)	3,682 (37)	4,428 (32)
	タイ	1,461 (41)	4,533 (34)	4,095 (34)
	ウズベキスタン	364(61)	602(61)	723(56)
	シンガポール	530(56)	610(60)	540(64)
	パキスタン	1,000(44)	1,145(47)	2,423(40)
対象国	ミャンマー	25(86)	25 (86)	35(84)
	スリランカ	30(82)	30(83)	30(85)

※表中の（ ）内の数値は国際順位を表す

表－5 各国の圧延鋼材総生産容量 2014 年(単位:千トン)

国名	熱間圧延鋼板 (3mm 以上)	熱間圧延鋼板 (3mm 以下)	冷間圧延鋼板 (3mm 以下)	亜鉛メッキ鋼板 (3mm 以下)	その他
ベトナム	600	0	5,215	2,780	2,035
インドネシア	5,210	0	1,690	1,478	130
タイ	1,300	7,100	2,700	1,898	555

表－6 橋梁点検の現状

問 4. 橋梁点検					
	実施者	頻度	マニュアル	データ管理	技術支援
アフガニスタン	—	—	○	×	世界銀行
イラク	—	—	○	×	
バングラデシュ	民間	不定期	○	○	日本
パキスタン	直営	年 1	○	×	
ブラジル	直営	年 1	○	×	
ミャンマー	直営	年 1	○	○	日本,韓国 中国
ラオス	直営	年 1	○	○	
スリランカ	直営	年 1	×	×	日本
東ティモール	直営	年 1	○	○	

尋ねた。アフガニスタン以外の国では目視点検と補修工法の選定を行える技術者はいるが、そのうち5か国はこれらの技術ある職員は数名しかいない。また、6か国では職員向けの橋梁点検に関する研修を行っている。問6の予算では、全体の橋梁維持管理費における橋梁点検費の占める割合を示している。対象国のうち5か国が0.5%しか確保できておらず、運用が困難な状態であることがわかる。

次に橋梁点検・維持管理に使用する機材の有無について表-8に示す。表より、簡易橋梁点検器（カメラ）、鋼材用非破壊検査器はほとんどの国が保有しているが、橋梁点検車、ひび割れ測定器、コンクリート用非破壊検査器を保有している国は少ない。対象国の既設の橋梁形式の多くがコンクリート橋であることから、詳細な橋梁点検・維持管理を行うには難しい状況にあることが考えられる。また、橋梁点検車、コンクリート用非破壊検査器を保有している国が少ないことから、前項3.3にも述べたように橋梁点検に必要な機材が少ないという現状が確認できる。

3.4 橋梁維持管理

橋梁維持管理の現状についての調査結果を表-9に示す。橋梁の維持管理に関するマニュアルの有無について訊いたところ、対象国のすべての国が有と回答した。しかし、橋梁台帳（図面）の有無については、ミャンマーでは保管しておらず、スリランカでは地方によって管理方法が異なるという回答であった。また、「橋梁の補修履歴を電子データで管理し保管しているか」については、5か国のみの実施に留まっており、橋梁点検マニュアルと同様に補修履歴においても体系的な運用が浸透していないと考えられる。問9の予算では、全体の道路維持管理費における橋梁維持管理費の占める割合を示している。ミャンマーおよびスリランカでは全く確保できておらず、その他の国も0.5～10%と低い水準であり、橋梁よりも道路維持管理に費用をかけていることがわかる。これらの国では雨季に道路が冠水してしまうことが多く、予算配分からも道路の状況が悪いことが推察される。

発展途上国では技術面、資金面から特に橋梁維持管理を困難としている国が多いことから、橋梁維持管理における課題について尋ねた。その結果を表-10に示す。表より、予算の不足が課題であると回答した国は7か国で最も多かった。いずれの国も持続可能な財源確保のための政策および国外からの資金援助が必要とされている。「建設機械の不足」については、4か国が不足していると回答しており、ヒアリングでは機械が少ないため人力を使って道路を施工していると述べていた。「体系的な維持管理体制が確立されているか」という問に対しては、4か国が整っていないと答えた。表-6、表-9にあるように、橋梁点検および維持管理に関して電子データで管理している国が少なくことから、管理体制における課題が確認できる。40年以上供用している橋梁の老朽化問題については、4か国が深刻であると回答している。また、「耐荷重の超過」では発展途上国では既設橋の多くが旧植民地時代または戦時中に建設されたものであり、構造物の老朽化だけでなく、当時の設計基準と現在の利

表-7 国内技術者の橋梁に関する技術力と予算状況

問5. 国内技術者の技術力				問6. 予算
	橋梁点検 (目視)	補修工法 の選定	橋梁点検 の研修	橋梁点検費/橋梁維持費
アフガニスタン	×	×	×	20%
イラク	○	○	○	0.5%
バングラデシュ	○*	○*	○	0.5%
パキスタン	○	○	○	0.5%
ブラジル	○	○	○	0.5%
ミャンマー	○*	○*	○	10%
ラオス	○*	○*	×	1.5%
スリランカ	○*	○*	×	0%
東ティモール	○*	○*	○	0.5%

※スキルを持った技術者はいるが少人数である

表-8 橋梁点検・維持管理に使用する機材の有無

問7. 使用されている機材						
	橋梁 点検車	簡易 橋梁 点検器	携帯情 報端末 システム	ひび割 れ幅測 定器	非破壊検査器 (鋼材用)	非破壊検査器 (コンクリート用)
アフガニスタン		○				
イラク					○	
バングラデシュ		○			○	
パキスタン		○	○	○	○	○
ブラジル			○		○	
ミャンマー	○	○	○	○	○	○
ラオス	○	○	○	○		
スリランカ	○	○			○	
東ティモール		○				
計	3	7	4	3	6	2

表-9 橋梁維持管理の現状

問8. 橋梁維持管理				問9. 予算
	マニュアル	橋梁台帳	データ管理	橋梁維持費/道路維持費
アフガニスタン	○	○	×	20%
イラク	○	○	○	5%
バングラデシュ	○	○	×	10%
パキスタン	○	○	×	0.5%
ブラジル	○	○	○	5%
ミャンマー	○	×	○	0%
ラオス	○	○	○	10%
スリランカ	○	×	×	0%
東ティモール	○	○	○	15%

表-10 橋梁維持管理における課題

問10. 橋梁維持管理における課題						
	予算不足	機材不足	体系的な 管理体制	橋梁 老朽化	耐荷重の超過	過積載車両
アフガニスタン	○		○			
イラク				○		○
バングラデシュ	○		○	○		○
パキスタン	○			○	○	○
ブラジル	○					
ミャンマー	○	○			○	○
ラオス		○				
スリランカ	○	○	○	○	○	○
東ティモール	○	○	○			
計	7	4	4	4	3	5

用状況が大きく異なっている。そのため、建設当時に比べ車両交通量や車両重量が増大したことにより、既設橋の耐荷重性能の限界を越えているという回答が3か国からあった。次に「過積載車両の通行による橋梁の劣化進行」については、5か国が回答した。ほとんどの国はトレーラーなどの過積載車両の取り締まりが導入されているが、その数が減らないのが現状であり、日本の過積載車両の対策に大きな関心を示していた。

4. おわりに

本稿の調査結果より、調査を行った9か国の現状について以下のことが明らかになった。

- ・発注形態はほぼ日本と同様に設計はコンサル、施工はゼネコンに発注している。
- ・橋梁点検は多くの国がマニュアルに基づき直営で年1回の頻度で行っている。
- ・橋梁点検（目視）のスキル、補修工法を選定する能力を持った技術者は少人数しかいない。
- ・橋梁維持管理に関してはマニュアル、橋梁台帳は整っているが、橋梁の点検結果や補修履歴の電子データを用いた管理は半数の国しか行っていない。
- ・課題として予算不足、建設機械・点検用機材の不足、

過積載車両の通行を挙げている国が多い。

最後に、鋼材はほとんどの国が輸入していることから、国内の鉄鋼業の発展により自国で一部を生産可能となれば鋼材コストの削減となり、LCC 最適化に寄与することが期待できる。

謝辞

本研究の調査実施にあたり、独立行政法人国際協力機構（JICA）の方々にご協力を頂いた。また、本研究は（社）日本鋼構造協会の助成研究である。ここに記して深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 松尾優子、金田祐樹、小幡卓司：ODA 支援国の橋梁維持管理と自国産業に基づいた支援策に対する検討、土木学会第71回年次学術講演会、I-092、2016.
- 2) 西宮宜昭、他2名：道路・橋梁維持管理の技術協力の現状と課題、土木学会論文集A、Vol167、2011.
- 3) World Steel Association HP: Steel Statistical Yearbook、<https://www.worldsteel.org/>
- 4) SEACSI HP: 2015 Steel Statistical Yearbook、<http://www.seacsi.org/>