

ミャンマー国吊橋の耐震性能照査に係わる報告 3 ～Pathein 橋解析と考察～

日本工営（株）	正会員	○野末康博	合田哲朗
東京大学	正会員		長井宏平
北海道大学	正会員		松本浩嗣
長岡技術科学大学	正会員		岩崎英治

1. はじめに

ミャンマー国吊橋の耐震性能照査に係わる報告 1 及び 2（以降、報告 1、報告 2 と記載する）では、Twantay 橋に係る時刻歴応答解析を実施し、断面照査及び現況再現による影響の検討を行った。本論文では、ミャンマー国に存在する類似構造を有する吊橋の一つである Pathein 橋を対象とした解析の検討を報告する。また、Twantay 橋の解析結果と比較した際の違いについて考察を行う。

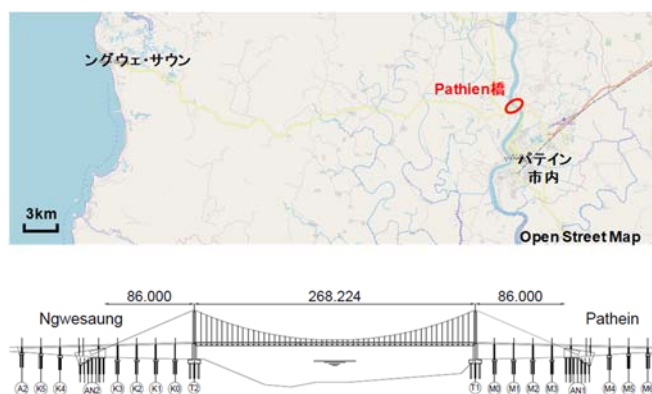


図 1 Pathein 橋 - 位置図（上）・側面図（下）

2. Pathein 橋及び解析概要

Pathein 橋はミャンマー国南西部に位置する吊橋であり、ベンガル湾に面する観光地（ングウェ・サン）への重要なアクセス道路である。その橋梁形式は Twantay 橋と同様であり、場所打ち杭基礎を有するアンカレイジにより主ケーブルを定着している。中華人民共和国により設計が実施され、同国の支援のもとミャンマー国建設省が施工を行い、2004 年に竣工し供用開始となった。

Pathein 橋には目視可能なレベルの変状が生じており、これまでに長井ら¹⁾は、3D レーザースキャナーを用いて、Pathein 橋の変状を計測している。主要な変状を下記に記載する。

- T1 側（Pathein 側）の主塔頂部は主径間方向に 21.4cm 変位しており、T2 側（Ngwesaung 側）の主塔頂部は主径間方向に約 30.7cm 変位している。
- 主塔付近と主径間中央付近において、顕著な吊材の傾きが確認でき、最大で 5°程度 T1 方向に傾斜している。
- 路面が鉛直下方向に変位しており、設計図面と計測データを比較すると最大 74.2cm の差が確認されている。



図 2 Pathein 橋の変状例

Twantay 橋は、アンカレイジの主径間方向への移動を仮定して現況の状態（主塔の傾きや路面の低下）を再現していたが、Pathein 橋の変状は現時点で原因が特定されておらず現況を再現したモデルを作成することが困難である。上述の理由より、Pathein 橋の耐震性能照査は、設計図面から作成されたモデルを用いて実施することとした。モデル作成にあたり、Pathein 橋の設計図面を一部入手することが困難であったため、主塔やアンカレイジ基礎の杭断面など必要に応じて Twantay 橋の設計図面を参照した。

解析条件や解析手順は、報告 1 及び報告 2 で掲載した Twantay 橋解析と同様としている。入力地震動は Pathein 橋のサイト特性に合わせて、Twantay 橋と同様の手順でミャンマー建築基準を参照し作成した。

キーワード 耐震性能評価、動的応答解析、ミャンマー、吊橋、TDAPIII、Pathein 橋

連絡先 〒102-8539 東京都千代田区九段北 1-14-6 日本工営株式会社 交通・都市事業部 TEL 03-5276-7659

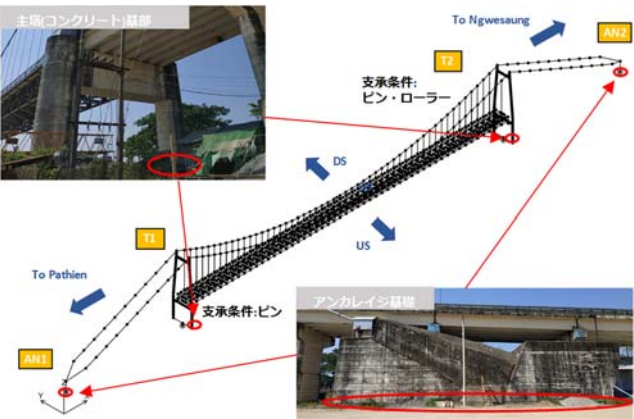


図 3 断面計算箇所

表 1 発生応力度 - 主塔（コンクリート）基部
＜地震動-L1 (III 種)＞

箇所	応力度[N/mm ²]			
	σ_c	σ_{ca}	σ_s	σ_{sa}
T1-Pathien	25.2	21.0	828	300
T2-Pathien	7.18	21.0	108	300

σ_c : コンクリートの圧縮応力度、 σ_s : 鉄筋の引張応力度
※橋軸方向の結果のみ記載

3. 解析結果

本論文には、図 3 に示すように主塔（コンクリート）基部とアンカレイジ基礎に着目した結果を示す。

・主塔（コンクリート）基部の結果

表 1 に両主塔（コンクリート）基部に発生した応力度を示す。報告 2 で述べた Twantay 橋の設計図面モデル（Step1）で得られた結果と同様に、支承条件がピンとなっている T1 側のみ、コンクリートの圧縮応力度が許容応力度を超過し、鉄筋の引張応力度は降伏応力を大幅に超過する結果となった。

・アンカレイジ基礎の結果

表 2 にアンカレイジ基礎に発生した応力度を比較のため両橋併せて掲載する。Pathein 橋のアンカレイジ基礎では、コンクリートの圧縮応力度が許容応力度を超過し、鉄筋の引張応力度が降伏応力を大幅に超過する結果となった。ここで Twantay 橋の結果と比較すると、Pathein 橋の両アンカレイジ基礎では発生応力度が低いことが確認できる。表 3 に示す設定より下記の傾向があると言える。

- Twantay 橋のアンカレイジ重量は Pathein 橋に比べおよそ 1.5 倍大きく、発生する慣性力の違いにより Twantay 橋のアンカレイジ基礎でより厳しい結果となった。
- Pathein 橋の AN1 と AN2 では地盤設定に違いがあり、相対的に地盤条件が悪い AN2 でより厳しい結果となった。

表 2 発生応力度- アンカレイジ基礎

＜地震動-L1 (III 種)＞

箇所	応力度[N/mm ²]			
	σ_c	σ_{ca}	σ_s	σ_{sa}
AN1-Twantay	60.3	12.0	3700	300
AN2-Twantay	60.9	12.0	3793	300
AN1-Pathien	17.9	12.0	1040	300
AN2-Pathien	25.7	12.0	1407	300

σ_c : コンクリートの圧縮応力度、 σ_s : 鉄筋の引張応力度
※橋軸方向の結果のみ記載、杭頭接合部の最大発生応力度を記載

表 3 両橋のアンカレイジに係る設定

＜N 値＞

地表面からの深度[m]	AN1-Twantay	AN2-Twantay	AN1-Pathien	AN2-Pathien
0-12m	1 (粘)	1 (粘)	8 (砂)	3 (粘)
12-24m	10 (砂)	10 (砂)	22 (粘)	18 (砂)
24-36m	50 (砂)	50 (砂)	38 (粘)	36 (粘)
36m 以深	50 (砂)	50 (砂)	50 (粘)	50 (粘)

＜重量＞

AN1, AN2 - Twantay	AN1, AN2 - Pathein
233620 [kN]	157860 [kN]

4. おわりに

- 実際の Pathein 橋の主塔の傾きは Twantay 橋より大きく、主塔にはより大きな初期断面力が発生していると考えられ、算出される応力度が増加することが予測される。
- Twantay 橋と比べて Pathein 橋では、アンカレイジの重量が小さく地盤条件が良いことから、杭体に発生する応力度が小さくなった。

先述のとおりミャンマー国には同形式の橋梁が多数存在しており、今後耐震対策を行っていく場合、対策実施の優先度付けが必要となる。両橋の解析を通して、杭基礎を有するアンカレイジが構造的な弱部となることが判明しており、アンカレイジの重量・地盤条件・設計地震動・杭情報などをパラメータとして、それらが解析結果に及ぼす影響を簡易的に評価することが課題として挙げられる。

本業務は、国土交通省「平成 30 年度海外における交通インフラ事業に関する基礎情報調査及び新規案件形成等検討業務」の一環として実施された。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- 1) N. Kitratporn, et al.: Structure Deformation Measurement with Terrestrial Laser Scanner at Pathein Bridge in Myanmar, Journal of Disaster Research Vol. 13 No.1, 2018