

## ミャンマー国吊橋の耐震性能照査に係わる報告 1 ～Twantay 橋解析概要と結果～

日本工営 (株)	正会員	○吉田 剛	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

2018年4月1日に発生した Myaungmya 橋（中華人民共和国が設計、1996年より供用開始）の崩壊を受けて、ミャンマー国では既設橋梁に対する劣化状況の把握・健全性の評価が喫緊の課題である。特に、ミャンマー国には崩壊した橋と類似した橋梁形式を有する橋が数多く存在しており、それらの安全性を確認する必要がある。

これまでに同国では大規模な地震動がたびたび観測されている一方、明確な耐震設計基準が存在しておらず、既設橋梁の耐震性能は不明であることが多い。本論文では、長井・松本ら（東京大学）及び岩崎（長岡技科大）により点検・モニタリング・解析的検討<sup>1)</sup>が進められてきた Twantay 橋を対象とした線形時刻歴応答解析による耐震性能照査結果を報告する。

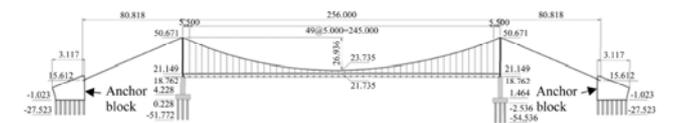


図1 Twantay 橋 - 位置図 (上)・側面図 (下)

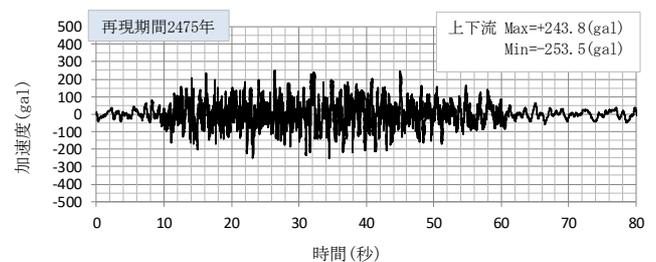
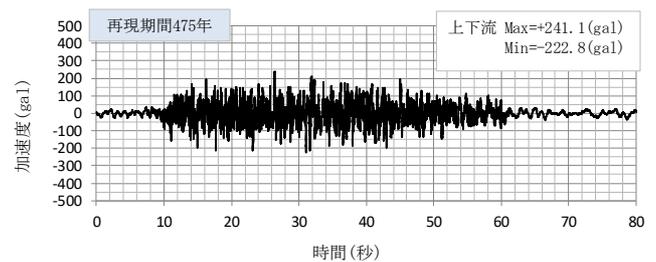


図2 入力地震動

### 2. Twantay 橋及び解析モデル概要

Twantay 橋は、ヤンゴン市街地より南西に位置する Hlaingtharya と Dala の 2 つのタウンシップに架かる吊橋である。主径間長は 256m、側径間長は 80.818m 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固定している。本橋梁は、中華人民共和国の支援のもと、ミャンマー国建設省により建設が実施され、2006年に竣工/供用開始となった。

文献<sup>1)</sup>に記載のとおり、Twantay 橋には竣工と同年に総重量約 300t のコンクリート防護柵が橋面に載荷され桁が鉛直下方向に変位している。2009年に当該防護柵は撤去されたものの、竣工当初のキャンバー高さまで標高は回復していない。また、TLS (3D Terrestrial Laser Scan) による計測の結果、主塔が主径間方向に傾いていることが確認されている。(両頂部で 15-20cm 程度の傾きを観測)

本解析モデルには、上述した過去の外力履歴及び主塔の傾き (Dala 側のアンカレイジを主径間方向に 15cm 水平移動することで再現) を考慮して作成された現況状態 (Step5)<sup>1)</sup> を解析モデルとして使用した。本解析を実施するにあたり、各基礎はばねとしてモデル化し、アンカレイジや主塔には図面より節点荷重を算出して付与した。要素は全て 3D フレーム要素で、線形弾性体としてモデル化している。

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、Twantay 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

### 3. 入力地震動の設定

本解析における入力地震波には、道路橋示方書のL1地震動の加速度波形及び対象地点で想定される地震動に整合するように振幅調整した2波形(図2)の計3波形を採用した。地盤種別は、利用可能なボーリングデータを参照し、道路橋示方書で「III種地盤」、アメリカ土木学会の基準例で「Site Class E」と推定した。振幅調整は、ミャンマー建築基準に準拠して、設定した地盤種別を参照しつつ $S_S$ と $S_1$ (固有周期0.2sと1.0sでの加速度応答スペクトル値)の値を用いて実施した。

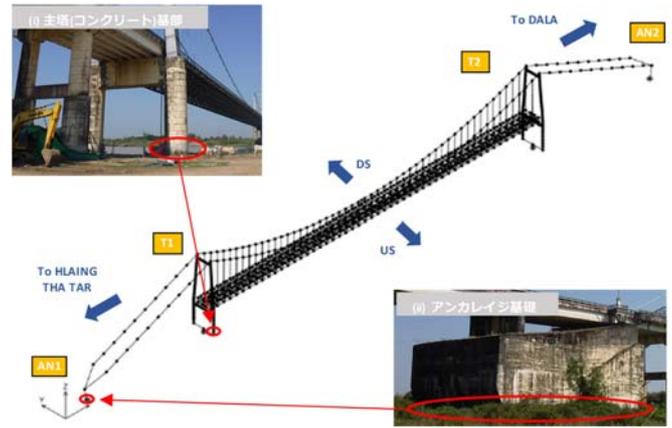


図3 断面計算箇所

### 4. 解析概要と結果

#### (1) 解析概要

作成した解析モデルを用いて TDAPIII により固有値解析及び時刻歴応答解析を実施した。固有値解析では、全振動モードの有効質量比の合計がほぼ100%になる計100モードから、応答値に与える影響の小さいモード(アンカレイジのみが動くモード等)を避けてレイリー減衰を設定した。時刻歴応答解析では、入力波形データの時刻歴間隔0.01sに対し積分ステップを0.002sと設定し、Newmark $\beta$ 法の一定加速度法を採用した。算出した断面力を用いて、主要部材に対する断面計算を行い、発生応力度を評価した。

#### (2) 解析結果

本論文には、特に発生応力度が許容応力度を大きく超過した2カ所の解析結果(橋軸方向のみ)を掲載する。(図3)両箇所において設計図面記載の材料は中国規格に準拠するものであったが、解析では物性値の近いJIS規格の材料を設定して計算を実施していることに注意されたい。

- 主塔(コンクリート)基部では、L1-III地震動において、コンクリートの圧縮応力度が許容応力度を超過し、主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。(表1)
- アンカレイジ基礎では、L1-III地震動において、コンクリートの圧縮応力度が耐力を大幅に超過し、主鉄筋の引張応力度も降伏応力を大幅に超過する結果となった。(表2)アンカレイジ+杭基礎という組み合わせが、構造力学上に理にかなっておらず、本吊橋において構造的な弱部となることが確認された。

表1 発生応力度 - 主塔(コンクリート)基部

Case	応力度[N/mm <sup>2</sup> ]			
	$\sigma_c$	$\sigma_{ca}$	$\sigma_s$	$\sigma_{sa}$
1. L1-III種	22.2	21.0	706	300
2. 475年	28.4	21.0	973	300
3. 2475年	47.5	21.0	1799	300

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

表2 発生応力度 - アンカレイジ基礎

Case	応力度[N/mm <sup>2</sup> ]			
	$\sigma_c$	$\sigma_{ca}$	$\sigma_s$	$\sigma_{sa}$
1. L1-III種	60.3	12.0	3700	300
2. 475年	93.6	12.0	6151	300
3. 2475年	116	12.0	7000	300

$\sigma_c$ : コンクリートの圧縮応力度、 $\sigma_s$ : 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

### 5. おわりに

本論文では、ミャンマー国の吊橋である Twantay 橋を対象とした線形時刻歴応答解析を実施し、主部材に発生する応力度を許容応力度と比較することで耐震性能を評価した。冒頭にも述べたように、ミャンマー国には同様の橋梁形式を有する吊橋が数多く存在しているが、特にアンカレイジ+杭基礎が地震に対して構造的な弱部となることを確認した。

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。

### 参考文献

- 1) K. Matsumoto, et al.: Performance Assessment Using Structural Analysis and Spatial Measurement of a Damaged Suspension Bridges: Case Study of Twantay Bridge, Myanmar, J. Bridge Engng., ASCE, Vol.23, Issue 10, August 2018.