

津波によるスマトラ西海岸の橋梁被害分析

九州工業大学大学院 学生会員 ○宮原 健太
株式会社ウエスコ 正会員 二井 伸一

九州工業大学 正会員 幸左 賢二
筑波大学 正会員 庄司 学

1. はじめに

2004年12月26日のスマトラ島北西沖のインド洋で発生した地震により、巨大津波が発生した。現在までに、多くの現地調査が行われているが、バンダアチェに近接した狭い地域での調査が大半を占め、津波によるスマトラ島西海岸の広域調査は少ない。著者らは津波被災前後における橋梁周辺の被害分析を行うため、橋梁被害調査を4回実施した。調査区間であるバンダアチェからムラボー間(250km)で確認できた橋梁は41橋であった。本研究では、これら調査橋梁の上部工被害に着目し、桁の損傷程度を簡易手法により評価した。

2. 分析手法

図-2に損傷ランク判定例を示す。本研究では、橋梁の使用可否に着目し、桁流失により使用不可能な橋梁を損傷ランクA、桁の移動が見られるが使用可能な橋梁を損傷ランクB、高欄等の付属物の損傷に留まっているものを損傷ランクCとした。

図-3に部材別損傷ランクを示す。分析対象は、カルバート、津波が到達していない橋梁、構造諸元が不明な橋梁を除く26橋梁とした。調査橋梁を上部工、下部工、土工部に分類し、各部材別に損傷ランクと基数を整理した。図-3より、上部工は、損傷ランクAが13橋と半数を占める。一方、下部工は損傷ランクAが4橋、土工部は損傷ランクAが7橋となり、上部工と比較すると損傷ランクAの割合は小さく、津波による橋梁被害は上部工で多く発生することが分かる。

次に、評価式を用いて橋梁種別による上部工の津波被害程度の分析を行う。分析手法は、作用波力(F)と橋梁の抵抗力(R)の比 β を求め評価する。 β の算定を式(1)に示す。津波に対する橋梁の抵抗力(R)は、上部工重量(W)と摩擦係数 μ の積で求める。一方、作用波力(F)は、津波流速(V)と津波が衝突する桁側面を被圧面積(A)と仮定し求める。

$$\beta = \frac{R}{F} = \frac{\mu W}{\frac{1}{2} \rho_w C_d V^2 A} \quad (1)$$

図-4に示す代表例として Lueng Ie 橋を用いて算定結果を示す。Lueng Ie 橋は、桁長 19.1m、幅員 10.2m、構造高 1.7m の RC 桁橋である。被圧面積 A は、構造高と桁長の積で 32.4m² となる。効抗力係数 C_d は道示より 1.5 である。津波流速 V を 5.0m/s と仮定すると、

目的

津波による橋梁の損傷原因の究明

対象橋梁

スマトラ島調査橋梁：41橋(調査対象)

分析手法

- (1) 実損傷ランク判定と作用力抵抗力比
- (2) 橋梁種別と損傷ランク判定

図-1 研究フロー



(損傷例：ランク A)



(損傷例：ランク B)



(損傷例：ランク C)

図-2 損傷ランク判定

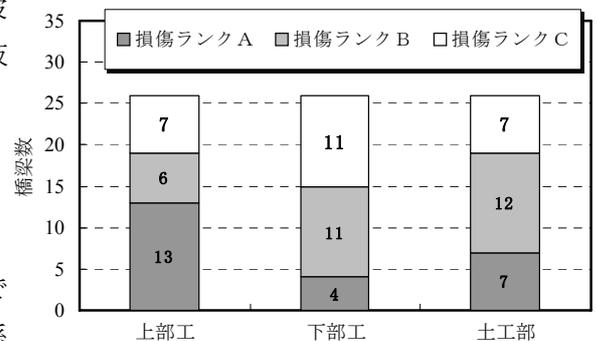


図-3 部分別損傷ランク

キーワード 津波, 津波被害分析, 橋梁被害, 波力, スマトラ地震

連絡先 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 九州工業大学耐震デザイン研究室 TEL 093-884-3123

作用波力は 608.8kN と算定される。次に、上部工体積より概略算定した上部工重量 W は 1765.5kN であり、 μ を 0.5 と仮定すると抵抗力は 882.8kN となる。以上より、作用力抵抗力比 β は 1.45 となる。

3. 分析結果

図-5 に β と実損傷の関係を示す。なお、本図から津波により大半が流出しており、その構造諸元を完全に把握できない鋼トラスは割愛した。損傷ランク A の β の平均値は 1.21 となり、損傷ランク B、損傷ランク C の β の平均値は 1.48, 1.72 となる。同図に平均ラインを示したが、損傷ランクと β には相関性があり、 β の低下に伴い損傷程度が大きくなることが分かる。しかしながら、 β の差異はランク A とランク C で 0.5 程度であることから、各橋梁地点の作用波力(津波流速)の差異の影響が大きいと考えられる。

図-6 に β と桁長の関係を示す。鋼 I 桁の β の平均値は 1.25 となり、RC 桁、PC 桁の β の平均値は 1.31, 1.57 となる。抵抗力に影響する 1m あたりの上部工重量の平均値は RC 桁が 67.8kN/m, PC 桁が 63.6kN/m, 鋼 I 桁が 40.9kN/m であった。一方、作用波力に影響する構造高の平均値は RC が 0.7m, PC が 1.2m, 鋼 I 桁が 0.9m であった。RC については、構造高が小さく重量が重い為、 β が大きくなった。PC と鋼 I 桁は、鋼 I 桁の方が構造高は小さいが、重量が軽い為、PC 桁よりも β が小さくなるが、大きな差が生じない結果となった。このことから、橋種による抵抗係数の影響は比較的少ないと判断される。一方、 β が 0.76 と極端に小さいコンクリート橋が 2 橋存在する。この 2 橋は、Cut 川を併設して渡河する橋梁であり、主に歩道橋として使用されている。図-7 に Cut 川橋の断面図を示す。Cut 川橋について式(1)を用い考察する。Cut 川橋の構造高は 1.7m であり、作用波力は 601.8kN となる。一方、抵抗力については幅員が 2.8m で上部工の規模は小さく、457.3kN となる。以上より作用力抵抗力比は 0.76 となる。また、本橋の上部工重量は 1m あたり 7.0kN/m であり、全コンクリートの平均値 65.7kN/m の 1 割程度という非常に軽い橋梁でもある。以上のように、Cut 川橋のような場合、構造高のわりに幅員が狭く、上部工重量が小さい場合は流失しやすい傾向を示す。

4. まとめ

- (1) 上部工は、桁流失等の損傷ランク A が 26 橋のうち 13 橋と半数を占め、下工部は 4 橋、土工部は 7 橋であることと比べると上部工の被害度は高い。
- (2) 全調査橋梁の β を求めると、損傷ランク A は 1.21, 損傷ランク B は 1.48, 損傷ランク C は 1.65 となり β の低下に伴い損傷程度が大きくなる傾向を示す。
- (3) 全調査橋梁の β を求めると、RC 桁、PC 桁と鋼 I 桁の差異は小さい。なお、幅員が短い橋梁は、上部工重量が軽く抵抗力が小さい。そのため、作用波力に耐えられず、流失しやすい傾向を示すことが分かった。

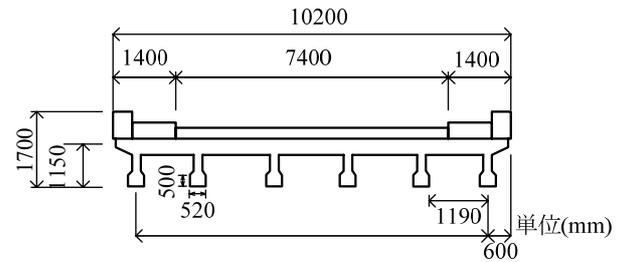


図-4 橋梁諸元(Lueng Ie 橋)

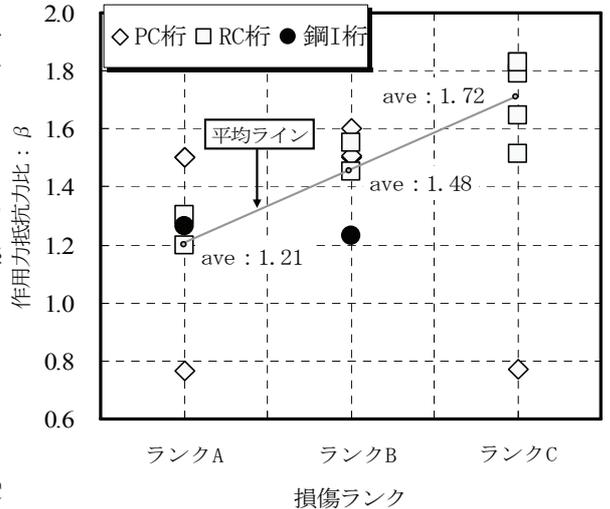


図-5 作用力抵抗力比と実損傷の関係

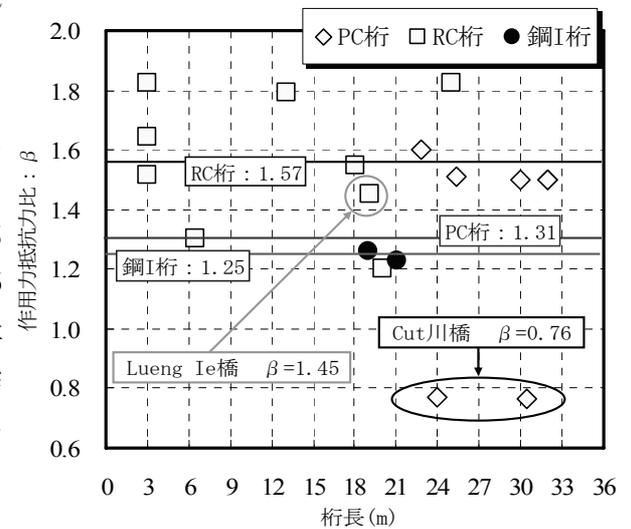


図-6 作用力抵抗力比と桁長の関係

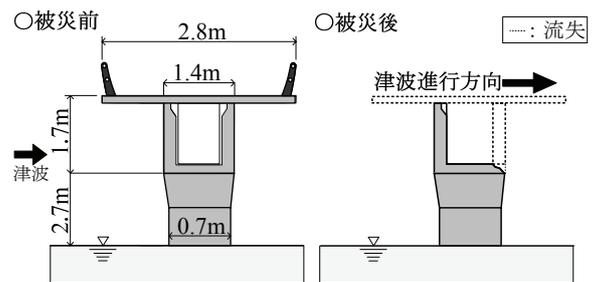


図-7 Cut 川橋断面図