

スマトラ沖地震の橋梁被害調査

九州工業大学 学生会員 小屋拓郎
 独立行政法人土木研究所 正会員 運上茂樹

九州工業大学 正会員 幸左賢二
 筑波大学大学院 正会員 庄司学

1. はじめに

2006年1月と9月に図-1に示すバンダアチェ〜ムラボー間247kmの橋梁被害状況を調査した。橋梁被害には桁の移動や流失等、津波特有の被害が確認された。本論文では現地調査によって確認された橋梁被害に着目し、詳細な被害調査および個別要素法による橋梁損傷シミュレーションを行い、津波による桁移動や桁流失の損傷メカニズムの解明を試みた。

2. 調査概要

図-2に各地域の橋梁位置を示す。また、図-3に調査橋梁34橋の橋梁種別および損傷ランクの比率を示す。橋梁種別については鋼トラス桁橋が35%と最も多く、続いてRC桁橋、PC桁橋の順であった。損傷ランクを見ると、全34橋中半数を越える橋梁が桁流失等により使用が不可能となる損傷ランクAと判断された。ここでは全34橋中、特徴的な津波被害である桁移動や桁流失に着目し、詳細調査を行った。

3. 詳細調査

詳細な橋梁の被害分析を行うため、バンダアチェ近郊の6橋について詳細調査を実施した。表-1に詳細調査をおこなった橋梁の一覧を示す。また、詳細調査を行った橋梁位置、損傷ランクおよび津波高を図-4に示す。表-1および図-4より、バンダアチェの北側海岸では津波高は約10m前後であり、橋台の被害は桁移動が発生する程度で、軽微であった。一方、西海岸沿いでは20mを超える津波高が観測され、桁移動や桁流失に加え、橋台裏の盛土が洗掘するなど、大規模な損傷が生じている。西海岸沿いの橋梁には作用津波が大きかったにも関わらず、桁移動が生じていない橋梁も確認された。これらの橋梁は1径間もしくは2径間のRC桁橋であり、津波の上揚力や水平力の作用が小さいこと、および比圧面積が小さいため軽微な損傷であったと考え

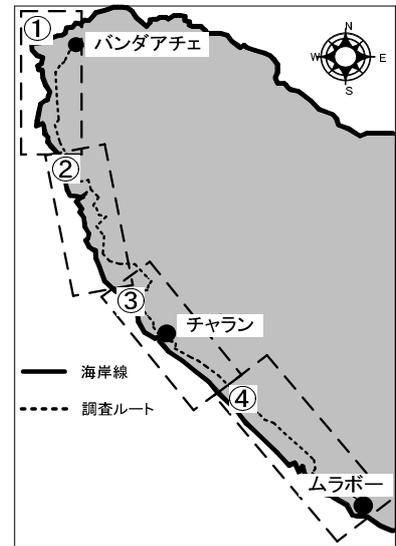


図-1 調査位置

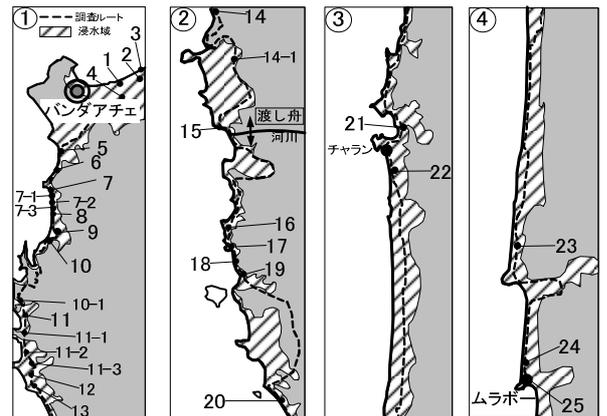


図-2 調査橋梁位置

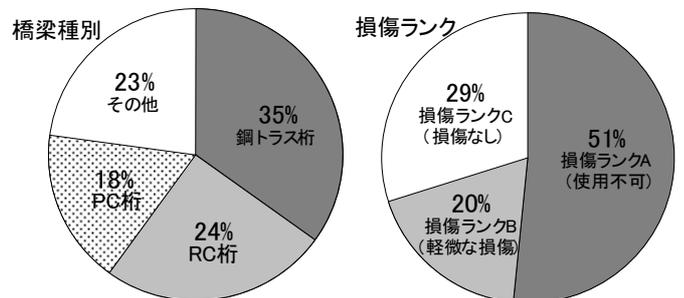


図-3 橋梁種別と損傷ランク

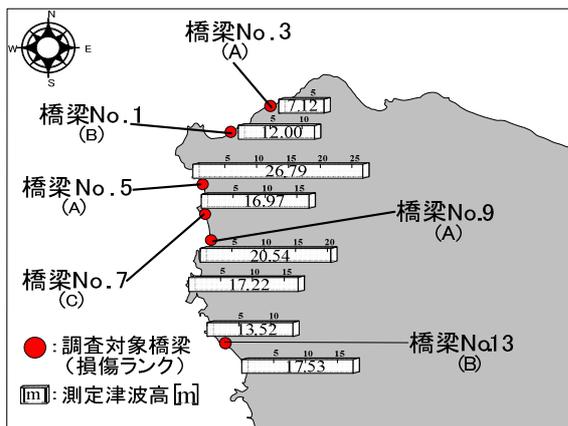


図-4 対象橋梁位置と津波高

表-1 詳細調査対象橋梁一覧

No.	橋梁種別	ランク	特徴(被害状況)
1	3径間PC桁橋	B	桁が50cm移動
3	10径間PC桁橋	A, C	桁流失, 柱流失, 橋台裏側の洗掘
5	2径間鋼トラス桁橋	A	トラス橋が下流へ流失
7	2径間RC桁橋	C	損傷なし
9	鋼トラス桁, 鋼桁	A	桁流失(100m)
13	1径間鋼桁	B	桁が2.4m移動

られる。以上より、津波に対する橋梁の被災メカニズムの解明を目的に、損傷分析を行った。

4. 損傷分析

代表例として、No.1 橋梁について詳細分析例を示す。図-5 に No.1 橋梁の構造一般図を示す。No.1 橋梁は津波により、桁が橋軸直角方向に 30cm 移動するとともに、桁移動に伴い桁遊間の開口と閉口が認められた。津波高は 12m 程度と推測されており、桁高よりも高くなったため、高欄部においても著しい損傷が認められた。また、桁に対する作用力と摩擦力のつり合いより津波流速を求めた結果、約 4.0m/s 以上と算出された。

次に、橋梁における上部構造の桁移動被害に着目し、測定津波高および推定流速を用いて、No.1 橋梁の損傷シミュレーションを行った。解析モデルを図-6 に示す。解析手法には個別要素法を用いた。解析モデルには文献 1) に示す運上らが行った解析モデルを用いている。桁下高は対象橋梁と同様に 5.00m とし、津波高は推定津波高の 12.00m とした。実施解析ケースを表-2 に示す。検討パラメータは支承部の摩擦係数と津波流速である。

図-7 に case3 の桁の挙動および支承反力を示す。図中には各橋桁上部(床版部)と橋桁下部(支承部)の変位も共に示している。解析の結果、津波が桁に衝突すると、その直後に桁が変位し始めた。(a)1.0 秒時には G1 桁は支承部に留まっているが、ステップの進展と共に桁は移動し、(b)3.0 秒後に桁 G1 が支承外部へ変位し、G1 桁分の支承反力が他の 3 つの桁に配分された。特に G2 桁の支承反力が増加していることから、G1 桁の落橋に伴い、上部構造物自体が反時計回りに回転し始めたと推察される。その後、(c)6.0 秒後には G2 桁も支承外部へ変位し、上部構造物が落橋する結果となった。以上より、本解析モデルを用いることにより、津波による上部構造の流失被害をある程度は再現可能であった。

5. まとめ

1) バンダアチェ北側海岸では津波高は約 10m 前後であり、主な損傷として桁移動は発生するが、橋台の被害は軽微であった。一方、西海岸沿いでは 20m を超える津波高が観測され、桁移動や桁流失に加え、橋台裏の盛土が洗掘する大規模な損傷が見られた。

2) 損傷シミュレーション解析を実施した結果、橋桁の移動現象をある程度は再現可能であった。

参考文献

1) 遠藤和男, 運上茂樹: 平成 16 年スマトラ島沖大地震による津波を想定した橋梁の応答特性に関する解析的検討, 土木学会第 61 回年次学術講演会, I-436

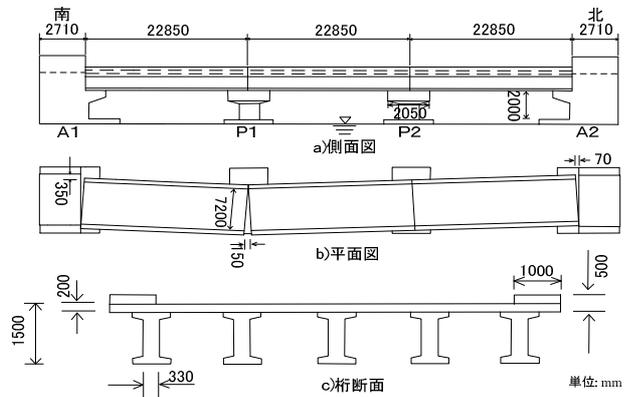


図-5 橋梁一般図 (No. 1)

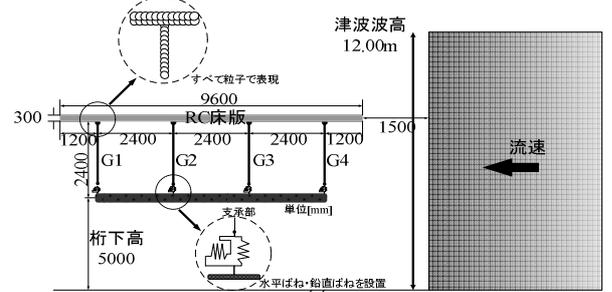


図-6 解析モデル

表-2 解析ケース

ケース	津波高[m]	フルード数 Fr	支承部摩擦係数	流速[m/s]	パラメータ	解析時間
case1	12.00	1.5	0.2	9.6	津波流速	3.0s
case2	12.00	1.0		7.8		
case3	12.00	-	0.3	4.0	支承摩擦	6.0s
case4	12.00	-	0.7	4.0		

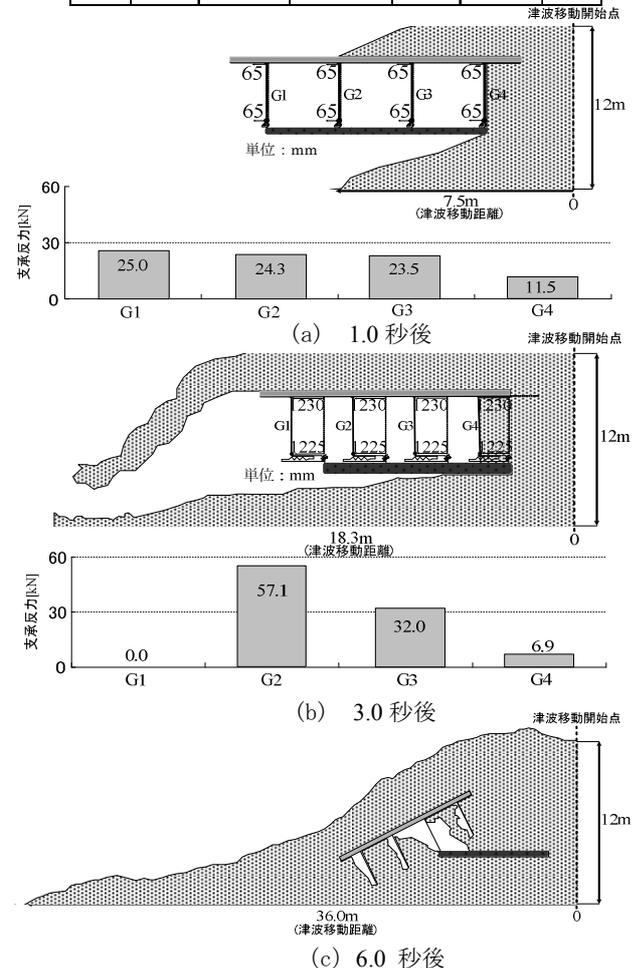


図-7 橋桁の時系列変化と支承反力 (case3)