

スマトラ島沖地震・インド洋津波による スマトラ島北西海岸での被害（速報）

土木学会・日本地震工学会合同
スマトラ島沖地震津波詳細現地調査団

はじめに



図-1 調査位置図

2004年12月26日に発生したスマトラ島沖を震源とするM9.3の大地震と、それにより発生した津波はインド洋全域に膨大な被害をもたらした。震災後、さまざまな調査活動が行われたが、震源に近いバンダアチェからムラボーまでのスマトラ島北西海岸(図-1)は

GAMと呼ばれる武装集団の活動により現地住民すら立ち入れない状況であったので、本格的な調査が実施されていなかった。これは、スマトラ沖

地震・インド洋津波のメカニズムを議論するうえで大きな不都合となっていた。しかし、昨年末に武装解除が行われ、道路の復旧に伴ってバンダアチェからムラボーまでの道路に立ち入ることができるようになった。土木学会・日本地震工学会ではこの機会に調査団を派遣し、ロンガからムラボーまでの未調査地域(直線距離で約180km)の地震・津波被害を調査することにした。調査期間は7月29日～8月6日、調査団員は左下表のとおりである。

現地調査の概要

(1) 津波

2005年1月に調査されたレオブンにおける、2005年1月と今回の痕跡の比較を写真-1に示す。津波から1年7ヶ月経ち、津波によって樹木が削られた部分にも草が生えているが、津波の高さを知ることは可能である。

地震と津波で被災したブランメ北西部のモスクを写真-2に示す。津波の高さは2階の縁までとして9.5mである。しかし、ドーム下の天井(高さ12m)が破れていたこと、ドーム頂上(高さ17m)



写真-1 レオブンの津波痕跡

- | | |
|--------------------|-------------------------------|
| <団 長> | |
| 宮島昌克 | 金沢大学大学院自然科学研究科 教授 |
| <団 員> | |
| 藤間功司 | 防衛大学校建設環境工学科 教授 |
| 伯野元彦 | 攻玉社工科短期大学 学長 |
| 竹内幹雄 | (株)日水コン下水道本部 技術調査役 |
| 小野祐輔 | 京都大学大学院工学研究科 助手 |
| 幸左賢二 | 九州工業大学建設社会工学科 教授 |
| 庄司 学 | 筑波大学大学院システム情報工学研究科 講師 |
| 田崎賢治 | 大日本コンサルタント(株)構造計画室 |
| 松富英夫 | 秋田大学工学資源学部附属地域防災力研究センター センター長 |
| 榊山 勉 | 電力中央研究所 地球工学研究所 |
| 辰巳大介 | 港湾空港技術研究所 津波防災研究センター |
| 嶋原良典 | 防衛大学校建設環境工学科 助手 |
| チャルレス・シマモラ | 防衛大学校建設環境工学科 |



(1) 外観
写真-2 プランメ北西部のモスク (5°15'N、95°15'E)



(2) 内部



写真-3 ムラボーモスク横の建物に今も残る津波痕跡 (4°8'N、96°8'E)

まで波が達したという証言があったことから、スプラッシュとしては12～17mまで上がっていたと思われる。チャランは壊滅的な被害を受けた都市である。ある家族は家の近くの小山に避難して難を逃れたが、山頂から1mのところまで津波がきたという。これは高さ18.6mになる。チャランからムラボーにかけては低湿地が多く、遡上高は不明だが、ムラボー市内でも5mを越える浸水高があった(写真-3)。

2005年1月～3月の調査で、ロンガ周辺で20～30mの遡上高があったことはすでにわかっていた。今回の調査により、2005年1月に調査したロンガ周辺の痕跡高が最も高いといえる。ただし、ロンガからチャランまでの約100kmにわたり、13～20mの遡上高

があった。チャランからムラボーにかけては5mを越える浸水高があり、もし小山があったとしたら、10m以上の遡上高になっていたと思われる。インド洋津波はスマトラ島北端から10kmの範囲では20～30m、100kmの範囲では13～20m、そして200kmの範囲で

10m前後の遡上高となる規模だったと考えられる。

(2) 橋梁被害

図-2の詳細調査図に調査ルートと橋梁位置を示すが、海岸線は数kmにわたり津波の浸水を受けており、従来の道路も多くは流失や水没している。このため、図-2のA、B、Cの地域では水没した地域の道路を復旧するのではなく、山の中に新たに未舗装の道路を切り拓いており、凹凸が激しく、ジープでも時速10km程度の走行となっている。表-1に示すようにJICAの報告書¹⁾によると、道路全体(247km)の85%近くの210kmで流失や水没を含む被害が発生している。また、橋梁についても、142橋のうち83橋で流失などの被害が発生している。表-2に、同ルートを踏破して確認した橋梁の一覧表を示す。西海岸道路は、各国の

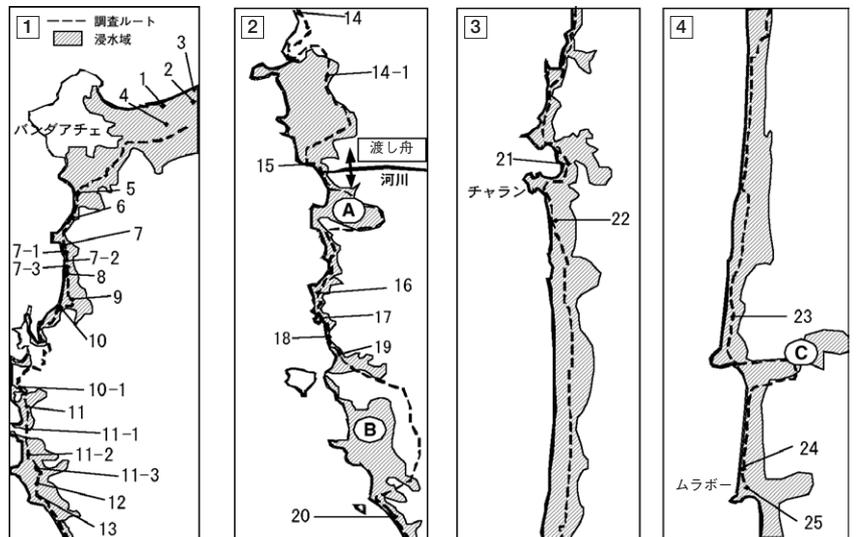


図-2 詳細調査図

表-1 西海岸における道路、橋梁の被害状況¹⁾

道路 (km)		橋梁 (橋)	
流失、水没区間	29.6	流失あるいは崩壊	76
全壊区間	60.1	被害あり	7
中規模被害区間	94.1		
小規模被害区間	26.0		
小計	209.8	小計	83
被害なし	37.2	被害なし	59
合計	247.0	合計	142



写真-4
ラムベウソ橋梁
(No.15) の被災状況
(5°3'N、95°20'E)



写真-5
ロッカチャ橋梁 (No.9)
の桁の流出
(提供：国連)
(5°22'N、95°16'E)

ODAにより建設されたものであり、20mまでの短スパンはRC床版桁、30mを超えるスパンは鋼トラス桁を標準としている。時間の制約があり、142橋のうち損傷度を確認したものは33橋であるが、そのほとんどの橋梁では桁流失などにより、橋梁の機能そのものが消失していた。たとえば、写真-4に示すラムベウソ橋梁は、周辺の大規模な洗掘により道路は水中に陥没し、橋台が海上に浮かぶ状況であった。このため、数キロ内陸側に新たな道路を建設中であった。これに対して、バンダアチェ周辺の橋梁では、桁は移動により流失したのもあったが、橋台や橋脚の背面土の洗掘などが認められたものの、機能は確保されていた。

ここでは、詳細調査から損傷状況を推定した4橋梁のうちの、バンダアチェ市から10km南に位置するロッカチャ橋梁の損傷状況について説明を加える。河川の両側が小高い丘陵となっており、津波が集積する地形となっている。このことは、現地のヒヤリングや写真-5に示すように桁の移動距離が80mに及ぶことから裏づけられる。図-3は、

表-2 橋梁の被災程度一覧

No.	橋梁種別	ランク	特徴
1	3径間PC桁橋	B	桁が50cm移動
2	1径間PC桁橋	B	桁が50cm移動
3	10径間PC桁橋	A、B	桁流失、柱流失、橋台裏側の洗掘
4	2径間PC桁橋	B	桁が80cm移動
5	2径間鋼トラス桁橋	A	トラス橋が下流へ流失
6	3径間ボックスカルバート桁橋	C	損傷なし
7	2径間RC桁橋	C	損傷なし
7-1	RC桁	C	損傷なし
7-2	RC桁	C	損傷なし
7-3	RC桁	C	損傷なし
8	スパン25mRC桁	A	桁流失
9	鋼トラス桁、鋼I桁	A	桁流失
10	2径間RC桁	A	桁流失
10-1	ボックスカルバート桁橋	C	損傷なし
11	鋼トラス桁橋	A	桁流失
11-1	ボックスカルバート桁橋	C	損傷なし
11-2	RC桁	B	桁が3m移動
11-3	RC桁	B	桁が1m移動
12	2径間トラス桁	C	損傷なし
13	1径間鋼I桁	B	桁が2.4m移動
13-1	2径間鋼トラス桁橋	A	桁流失
14	1径間鋼トラス桁橋	A	桁流失
14-1	1径間鋼トラス桁橋	C	損傷なし
15	6径間PCI桁橋	A	桁流失
16	3径間PCI桁橋	A	桁流失
17	1径間RCスラブ橋	A	桁流失
18	1径間鋼トラス桁	A	桁流失
19	1径間鋼トラス桁	A	桁流失
20	未確認	A	桁流失、橋台裏側の洗掘
21	未確認	A	桁流失
22	2径間鋼トラス桁	A	桁流失
23	3径間鋼トラス桁	C	無損傷
24	未確認	A	橋梁周辺の大規模な洗掘
25	鋼トラス桁橋	A	桁流失、橋梁周辺の大規模な洗掘

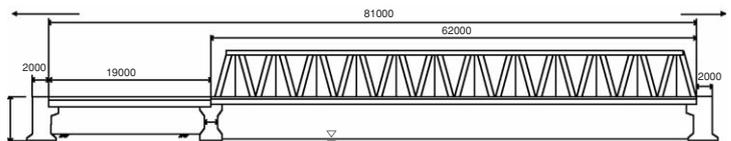


図-3 橋梁一般図

衛星より推定した橋梁一般図であるが、短スパンはRC床版鋼I桁橋、長スパンはトラス桁構造となっている。現地調査の結果、両桁とも80m上流側に流されているのが確認された。また、橋台背面土の2m以上洗掘されており、津波が大規模であったことを裏づけている。そこで、短スパン桁が桁移動に至る流速を、抗力係数2.0、被水圧面積19m²、桁の重量を浮力考慮せずに604,000Nとして求めるとV=3.0 m/sとなる。しかしながら、I桁および鋼トラスともに80mも流されていることから、本地点では地形条件により波高や流速を増

した大規模な津波が発生したことが考えられる。

同様の手法で詳細調査した4橋に対する桁移動解析では鋼桁で2.4m/s、3.0m/s、コンクリート桁で3.9m/s、4.4m/sで桁移動が発生する結果となった。これに対して、現地におけるビデオ映像を用いた分析では5.2m/sの流速推定が報告されており、おおむね対応した結果であると推測される²⁾。

(3) タンク被害

写真-6にムラボーから15km北西に行った地点クアラ・ブブンにあったパームオイルタンクの津波前後の様子を示す(提供：(株)カリヤタナスブル)。タンクは海岸線に直交して2基建設されており、海側のタンクは容量2,000tで空に近い状態、陸側のタンクは容量1,500tでほぼ満杯で出荷直前であった。陸側の満杯のタンク(写真左側)が陸側へ3km流され、海側の空のタンクが側板上部の異常な凹みを残して留まった(写真-7)。従業員の話では津波は濁水だけでなく、建物や樹木などさまざまなものと一緒に来襲したとのことである。な



写真-6 被災前のパームオイルタンク(4°12'N、96°2'E)



写真-7 被災後のパームオイルタンク



写真-8 プルタミナのオイルタンク群(4°9'N、96°8'E)

お、津波以後、海岸線は徐々に浸蝕されこの地点で約100m後退している。写真で見る構造物は現在すべて水没している。

写真-8にプルタミナのオイルタンク群を示す。このうち白っぽく見える2号タンクが最初の押しで浮上し、引きで沖合500m程度に流され、次の押しで陸側1kmの地点まで漂流した。周囲の樹木や建物の関係で2号タンクに津波が集中したという。写真のタンクは津波後に新築されたものである。

おわりに

地震直後には立ち入ることができなかったバンダアチェからムラボーまでのスマトラ島北西海岸の津波と橋梁被害、ムラボー周辺におけるタンク被害について報告した。多くの橋梁、道路が被災し、その被災程度がさまざまであるので、今後、各地点における津波高さや流速が精度よく推定されることにより、津波が構造物被害に及ぼす影響を詳細に検討できるものと期待される。

なお、現地調査では片平エンジニアリングインターナショナルの犬下副武氏、宮崎清治氏に多大な協力をいただいた。ここに記し謝意を表する。

参考文献

- 1) 国際協力機構社会開発部、北スマトラ沖地震津波災害緊急復旧・復興プログラム最終報告書、2005.6
- 2) Sakakiyama, T., H. Matsutomi, Y. Tsuji and Y. Murakami, Comparison of Current Velocities of Tsunami Inundated Flow Based on Analysis of Video Picture and Field Survey, Abstract for the December 26, 2004 Off-Sumatra Earthquake meeting, Japan Assoc. for Earthquake Eng., pp.33-38, 2005.
- 3) 井合 進、本田利器、飛田哲男、3.5.1.スマトラ島の強振動と地盤災害、スマトラ島沖大地震及びインド洋津波被害に関する緊急調査研究、平成16年度科学振興調整費緊急に対応を必要とする研究開発等報告書、2005