

## 2004年スマトラ島沖地震の特徴と課題

後藤 洋三

Yozo GOTO

(独)防災科学技術研究所 川崎ラボラトリー

この報告では、2004年12月26日スマトラ島沖地震インド洋津波により最も大きな被害を受けたインドネシア・スマトラ島北西端アチェ州の被害について、著者が参加した土木学会調査団による調査結果と著者が防災科学技術研究所の一員として実施した調査結果、著者も参加している文部科学省科学技術振興調整費「スマトラ型巨大地震・津波の軽減策」で小川等が調査した結果、ならびに現地で復旧復興に取り組んでいるインドネシアの研究者達の報告を基に、アチェ市とその周辺部の橋梁、港湾、ライフライン、産業施設の被害の特徴、ならびに復旧復興の取り組みの特徴を紹介する。

周知のようにこの津波の被害はインド洋沿岸諸国に及んでおり、地勢や文化が異なる各国の被害の特徴を俯瞰しその課題をとりまとめることは容易に出来ない。また、共通の課題として必要性が明白な津波の早期警報システムや防災教育については、既に多くの報文が出されているので、ここでは触れない。

### 1. はじめに

20万人以上が死亡したとされる2004年12月26日スマトラ島沖地震インド洋津波災害について、土木学会は2005年3月に最も大きな被害を受けたインドネシア・スマトラ島バンダアチェ (Banda Aceh) 市とその周辺部に調査団を派遣し、報告書を取りまとめている<sup>1)</sup>。ただし、被害統計値は不明確であったため、この報告では2005年12月に東京で開催された国際シンポジウム

「International Workshop on the Restoration Program from Giant Earthquakes and Tsunamis」でインドネシアの研究者達が報告した被害統計<sup>2), 3), 4)</sup>をまず紹介する。次に、土木学会調査団の調査結果と著者が防災科学技術研究所の一員として実施した調査結果<sup>5)</sup>に基づいて、橋梁と港湾施設とライフラインならびに産業施設の内の貯油槽類の被害について報告する。最後に、復旧復興活動の状況と課題を、文部科学省科学技術振興調整費で小川等が調査した結果<sup>6)</sup>に基づいて紹介する。

### 2. スマトラ島アチェ州の被害の概況

上述したシンポジウムで、Syiah Kuala 大学の Prof. Taufiq Saidi<sup>2)</sup>と Prof. Agussalim Sslim<sup>3)</sup>ならびにインドネシア研究技術省の Dr. Pariatmono Sukamdo<sup>4)</sup>の報告内容を以下に要約する。

津波の影響を受けた海岸線：800km  
死者：132,000名、行方不明：37,000名  
避難民：572,000名、家屋被害：148,000  
橋梁被害：226橋 (2,450m)

(Dr. Pariatmono の報告では 18 橋となっていた。統計の範囲、被災の定義の相違によると思われる。)  
道路被害：5,403km (国道、県道、地方道を含む)、特

に西海岸沿いの幹線道路 250km が大打撃  
港湾：8カ所、燃料施設：4カ所  
水道施設：85%が被害、下水道施設：92%が被害  
被害を受けた学校：2,112校、生徒：150,000名  
死亡した教師：1,823名、死亡した生徒：17,228名  
医療施設被害：690カ所  
稲田の被害：23,000ha  
被害を受けた小規模事業者：100,000件  
被害総額：US\$45億 インドネシア GDP の 2.2%  
アチェ州 GDP の 97%

### 3. 橋梁被害の特徴

多くの橋梁が流失、桁の移動、取り付け盛土の流失、橋梁添架物の流失などの被害を受けた。特に、バンダアチェ市からからメラボウ (Meulaboh) 市に至る海岸沿いの幹線道路では比較的小規模のワレントラスが多用されており、高さ 20m 級の津波の直撃を受けて壊滅的な被害を受けた。写真-1 はその例で、トラスが河口より上流側に流されている。



写真-1 流されたトラス橋 (Aceh Besar 地区)

この地域ではトラスの固定シューのボルトも引きちぎられており（写真-2），コンクリート橋脚も構造的被害を受けている（写真-3）．一方，コンクリート桁橋でシアーキー（Shear Key）が有る物は被害を免れた（写真-4）．コンクリート桁橋でもシアーキーが無い桁は横ずれを起こしているが，回転を伴ったズレであるため両端が橋台に接触して摩擦が増し流失を免れたと推定される橋が多かった（写真-5）．



写真-2 引きちぎられたアンカーボルト



写真-3 トラスを支えていた橋脚の被害



写真-4 シアーキーのあるコンクリート桁橋  
（バンダアチェ市中心部）



写真-5 ズレたが流失を免れたコンクリート橋  
（バンダアチェ市海岸部）

#### 4. 港湾被害の特徴

菅野，富田，Wong の調査<sup>1)</sup>によれば，高さ 10m 級の津波を受けたバンダアチェ市北海岸のウーレレ（Ulee Lhue）港では護岸の巨石（約 3 トン）が流され栈橋に打ち上げられていた（写真-6）．大きな潮力が作用していたと推定されるが，直杭の栈橋や斜杭のドルフィンに大きな被害はなかった．杭式の港湾構造物は波の透過性がよいので被害を受けにくいのであろう．また，この港ではフェリーターミナルビルが建設中であったが，1F は潰れた（横に流されていないことから地震動によると推定される）ものの建設中で壁がなかった 2F は流されずに残った（写真-7）．



写真-6 栈橋に打ち上げられた巨石（菅野<sup>1)</sup>）



写真-7 建設中のフェリーターミナル，1F は潰れているが 2F は残った．（菅野<sup>1)</sup>）

一方、高さ 20m 級の津波の直撃を受けた西海岸ロンガ (Lho'nga) のセメント工場用の港では、護岸のテトラポッドが流された。復旧工事を請け負っている五洋建設の Wong 氏によると、テトラポッドが栈橋の杭に当たって変形させたとのこと (写真-8)。さらに、停泊中の船舶が転覆し、栈橋の端部が曲がって復旧工事が必要となった (写真-9)。



写真-8 セメント工場の杭式栈橋



写真-9 セメント運搬船が転覆し栈橋が破損

## 5. 津波によるライフラインの被害

バンダアチェ市にはアチェ河から取水する上水道システムが設備され、市内の 60% に給水していた。津波により水管橋や橋梁添架管が流失し (写真-10)、洗掘された地域では埋設水道管も流失して、給水域は津波前の 25% に低下した。被災から 8 ヶ月後に著者が調査した時点で給水域は 40% に回復していたが、漏水が多いため給水量は津波前と同じだった。洗掘域では 50~80cm の深さの水道管でも流失しているとのこと。

市内の雨水・生活排水は水路を流れて 9 ヶ所のポンプ場で川に排出されていたが、8 ヶ所のポンプ場が津波の被害を受け (写真-11)、8 ヶ月たっても復旧していなかった。市内低湿地は地殻変動の影響を受けて数十センチ沈降しており、排水の改善が大きな課題となっていた。なお、普及率は不明であるがバキュームカーで持ち込む日量 50m<sup>3</sup> の下水処理場が稼働しているとのこと<sup>6)</sup>。

電力は港に係留されていた発電バージが 3km も内陸

に流されるなどの被害を受けたが、需要が低下しているため、供給能力が不足する事態には陥っていない。



写真-10 橋梁添架水道管の被害 (運上<sup>1)</sup>)



写真-11 下水ポンプの被害



写真-12 3km も内陸に流された発電バージ

## 6. 津波による産業施設の被害<sup>5)</sup>

バンダアチェ市東方 25km のクルンラヤ (Krueng Raya) 港にインドネシア石油公社 (PERTAMINA) が管理する石油類の供給ターミナルがある。9 基のタンクの内、ほぼ空だった 3 基 (表-1 の No. 1, 3, 7) が高さ 3~5 m の津波で浮き上がり、約 300m 移動した (写真-13)。また、浮き上がったタンクの一つは隣接タンクに衝突し、衝突されたタンクは 70cm 移動した (写真-14)。



アチェ州庁提供

写真-13 石油類供給ターミナルの被害

表-1 はインドネシア石油公社の技術者が提示した 9 基のタンクの寸法と被災時の液深を示している。検査のため空だったタンクと液深が小さかったタンクが浮上し移動した事が分かる。

表-1 タンクの諸元、液深と被災状況

タンク No	用途と寸法			地震時		被害の状況等
	油種	直径 m	高さ m	貯量 kl	液深 m	
1	ガソリン	17.07	11.11	250	1.1	浮上し数100m移動
2	軽油	17.07	11.11	600	2.6	
3	軽油	17.07	11.11	0	0	浮上し数100m移動
4	灯油	17.07	11.11	1,500	6.6	
5	ジェット	10.98	6.23	200	2.5	衝突され70cm移動
6	ジェット	10.98	6.23	413	5.3	
7	ガソリン	18.10	10.98	250	1.1	浮上し314m移動
8	灯油	18.10	10.98	1,600	7.0	
9	軽油	18.10	10.98	549	2.4	

一方、地上配管も移動する被害を受けたが、破断はせず、取り付け部を補修して再使用されていた。また、配管とタンクとの取り付け部にはフレキシブルジョイントが設けられており、配管あるいはタンクが移動した際にジョイントの継ぎ手がヒューズとなって抜け外れ、タンクに過大な力が働かないようになっていた。タンク側のバルブは閉められていたので、配管内に滞留していた油が約 10ton 漏れたのみであったとのことである。

一般に、石油基地は海岸の側に作られる事が多い。石油類のタンクは通常アンカーされていないので、世界中のどの基地でも同じ被害が発生しうる。特に大きな津波が発生し複数の石油備蓄基地が同時に被害を受けると、



写真-14 衝突され凹み 70cm 移動したタンク



写真-15 配管とタンク取り付け部の仮復旧

環境が汚染されるばかりか、世界経済が影響をうけることも懸念される。



写真-16 ロンガ (Lho'nga) のセメント工場の被害

バンダアチェ市の西隣、震源域に直面した西側岸のロンガ (Lho'nga) に、採石場、キルン、サイロ、積出港を備えた大規模なセメント工場があり、20m を超す津波に直撃された。目撃談によれば、3 基の大型タンクを含む 10 基のタンクが流され、防液堤やベルトコンベア一橋に衝突してなぎ倒したとのこと。3 基の大型タンク (直径 23.3m、高さ 14.62m) の被災時の貯液量は 100% から 50% であり、原形をとどめないほどに潰れていた。また、漏れた重油によって工場内の一部が汚染した。防液堤はタンクに衝突されて壊れたほか、一部が外からの津波の圧力によって倒壊した。防液堤は通常、内部からの漏液圧に耐えるように設計され、外部からの液圧力に耐えるようには設計されていない。



写真-18 潰されたタンクと重油漏れのあと



写真-17 大型タンク、軽油が 50% 入っていたとのこと



写真-19 タンクが衝突して壊れた防液堤

## 7. 復旧・復興の努力

### (1) ブループリント

2005年4月にインドネシア政府 BAPPENAS (State Ministry of National Development Planning) はアチェ州およびニアス島を対象とする復旧復興の基本計画、通称ブループリントを作成した。その基本理念は災害の再来を考慮した土地利用計画、すなわち次の4つのゾーニングである。

- ① 居住禁止地区：海に面した地域。災害からのバッファゾーンとして、マングローブなどの林から構成される。
- ② 居住制限地区：居住にあたっては、建築基準、床の高さ、防護設備などを整うことが出来ればすむことが可能。
- ③ 居住地域：津波被害が比較的小さかった地域。居住を許可する。
- ④ 安全地域&居住推奨地域：新たに住居を構えることを推奨している地域。

### (2) 復旧復興局BRR

さらに、インドネシア政府は2005年4月30日にアチェ州およびニアス島復旧のマネジメントを主たる任務とする復旧復興局 (Badan Rehabilitasi dan Rekonstruksi, BRR) を設立、資金配分や汚職監視も含め復旧復興を円滑に進めるための調整に当たらせている。国際社会に対して復旧復興を民主的に運営できることをアピールする役割も担っているようである。BRRは4年間(2009年末まで)の时限組織で、3つのセクターで構成されている。第1は諮問委員会でBRRを総括する、第2は監視評価評議会、学識者などの委員会である。第3は復興事業執行部局、実行部隊である。

小川等<sup>6)</sup>がBRR監視評価評議会議長のProf. Abdullah Aliから聴取した復旧復興の时期的区分と評価は次の通りである。

1. 緊急援助期：2004年12月26日から2005年3月26日まで。生き延びた人々に支援の手をさしのべる段階。良くやれたと評価、学校も1ヶ月くらいで復旧、通信の復旧も早かった。疫病の流行はなく、法と秩序は守られた。最低限のインフラも復旧した。
2. 復旧期：2005年3月から2007年半ばまで。家を失った人々を恒久住宅に住まわせ、インフラを整備する。オフィス、学校、モスクの整備は上手くいっている。
3. 復興期：2007年半ばから2009年。復旧から復興への移行期が大変難しい。しっかりした生活支援計画、法的支援が必要。

### (3) Community based Village Planning

バンダアチェ市はブループリントを受けてマスタープランを策定することになっている。2006年12月に最終案が策定され、議会の審議に付された。ブループリントに基づきながら市のマスタープランを作成する理由のひとつは、ブループリントに示されたゾーニングに基づいて市民の移住を厳格に行おうとすると、行政がそのための土地を購入する必要性が出てくる。それは現実的に困難で、また人々に海岸沿いの地域に戻ってくるな、というのは大変難しいことである。そのため避難経路、避難ビル、公共施設等を考慮した村落計画 (Village plan) を立てることで居住を認めることとした。

現在はこのマスタープランを受けて住民合意型の地域復旧復興計画作りであるCommunity based "Village Planning"がボトムアップのプロセスで取り組まれている。

### (4) 復興の課題

Prof. Abdullah Ali<sup>6)</sup>は次のように要約している。

1. 家は11万棟が必要とされ、現在まで3.6万棟が完成しているのみである。道路については、たとえば海岸部を走っている道路はその場所で復旧させてよいのかといった、質的考慮も求められる。
2. 経済的な課題の多くは漁民の問題であり、経済的な繁栄(あるいは福祉)が考慮されるべきである。従来の漁場は海岸から6kmまでとされていたが、現在は18kmまで沖に出られるような大型船が求められる。また、海外に売れるような質も求められる。
3. 教育者の人数のみならずその質の確保が重要な課題である。学校の先生も多数が犠牲になった。Syiah Kuala大学でも4,5名の正教授を含む110名の教育スタッフが死亡している。
4. さまざまなセクターが復興事業の推進にかかわっている。それらがばらばらに実施されることによって、全体としての整合性が取れないことが課題である。そのためコーディネーションが非常に重要である。
5. インドネシアのこれからの復興には、①海外の援助国、②海外の援助機関、③海外のNGO、④国内のNGOや財団、⑤インドネシア政府の支援によるMDF(多機関による資金作り)、が重要な役割を担う。



Prof. Taufiq

### 参考文献

- 1) 土木学会スマトラ島沖地震・インド洋津波被害調査特別委員  
スマトラ島調査団：THE DAMAGE INDUCED BY SUMATRA  
EARTHQUAKE AND ASSOCIATED TSUNAMI OF DECEMBER  
26, 2004.  
<http://www.jsce.or.jp/committee/2004sumatra/report.htm>
- 2) Taufiq Saidi and Elysa Wulandary, MT: The Challenge of  
Rehabilitation and Reconstruction of Banda Aceh City, Memorial  
Conference on the 2004 Giant Earthquake and Tsunami in the Indian  
Ocean, Tokyo Dec. 2005
- 3) Agussalim: Damage of Infrastructures Caused by December  
2004 Great Earthquake and Tsunami in Aceh Region  
Indonesia, Memorial Conference on the 2004 Giant Earthquake and  
Tsunami in the Indian Ocean, Tokyo Dec. 2005
- 4) Pariatmono and Santosa Y. Warsono: Current Status of Indonesian  
Tsunami Early Warning Systems, Memorial Conference on the 2004  
Giant Earthquake and Tsunami in the Indian Ocean, Tokyo Dec.  
2005
- 5) 後藤洋三：スマトラ地震の津波災害による屋外タンク貯蔵所  
等の被災事例調査報告，危険物保安協会 Safety & Tomorrow, No.  
104, pp.60-73, Nov. 2005pp. 1-8, 1998.
- 6) 小川雄二郎，小村隆史：津波からの復興-バンダアチェにおけ  
る被災から1年後の復興状況調査，文部科学省科学技術振興  
調整費「スマトラ型巨大地震・津波被害の軽減策」H17年度  
報告書