

2007年9月12日インドネシア南スマトラ地震とその津波による災害調査速報

正会員 地震工学委員会 地震被害調査小委員会委員長、東海大学 アイダン オメル
 正会員 地震工学委員会 津波被害推定ならびに軽減技術研究小委員会委員長、東北大学 今村文彦
 正会員 飛鳥建設(株)インドネシア事務所 鈴木智治

2007年9月12日、南スマトラ沖でマグニチュード8.4の地震が発生した。西スマトラ州パダンや震源に近いベンクル州では、この地震による強い揺れと津波で、多くの人びとや構造物が被害を受け、死者は25名におよんだ。本稿では、この地震における地震動と津波の特徴および被害の概要を速報として報告する。

まえがき

2007年9月12日に発生したインドネシア・南スマトラ沖の地震は、マグニチュード(M)8.4の本震のほか、M7.9、7.1という大きな余震も発生した(図1)。この地震により、西スマトラ州パダンや震源に近いベンクル州では強い揺れや津波で、多くの人びとや

構造物が被害を受け、死者は25名に及んだ。土木学会および日本地震工学会はこの地震の地震動・津波被害について合同調査団を派遣し、10月4日から10月9日の間に調査が行われた。調査は、国立アングラス大学および西スマトラ州のNPO組織KOGAMIの協力を得て、西スマトラ州のパダン市とベンクル州のベンクル市間の地域で行われた。主な調査項目は、津波被害(物理・人的被害、避難、災害情報)、地盤災害(地すべり、盛土、液状化現象による側方流動)、道路、橋梁などライフライン、建築構造物、地震動強さなどであった。ここでは、この地震における地震動と津波の特徴および被害の概要を速報として報告する。

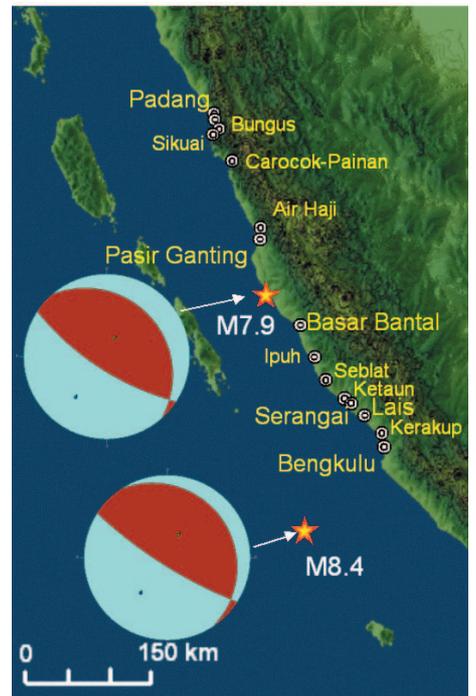


図1 M8.4およびM7.9の地震の震央とその機構

地震および地震動

M8.4の地震は、低角逆断層のプレート境界地震であり、破壊は北西方向に進行したと推定されている(図1)。さまざまな機関によって決定された地震の緒元を表1に示す。この地震の震源域の南隣では、2000年6月4日にM7.8の地震が発生し、ベンクル市で大きな被害を受け、死者は88名に及んだ。M8.4の地震後、翌朝に発生したM7.9地震の震源は、陸に近かったため地震動による被害はより大きくなった。M8.4およびM7.9の地震では津波が発生した。地震動が最も強かった地域は、被害状況からSerangaiおよび

Ketaunであり、気象庁の震度階で6弱と推定された。また、この地震でパダン市近くのSikuai島で初めて強震記録が取得された。図2に3方向の加速度記録を示す。M8.4の地震で最大加速度は40gal(震源からの距離は392km)であった。一方、M7.9の地震で最大加速度は124gal(震源からの距離は165km)であった。図3(a)

表1 各機関が推定したM8.4地震の緒元

Institute	M	LAT (S)	LON (E)	DE (km)	NP1 strike/dip/rake	NP2 strike/dip/rake	T ₀ sec
USGS-HARVARD	8.4	4.514	101.382	34.0	327/12/114	123/79/85	78
NIED	8.4	3.900	101.100	20.0	300/15/90	120/75/90	140

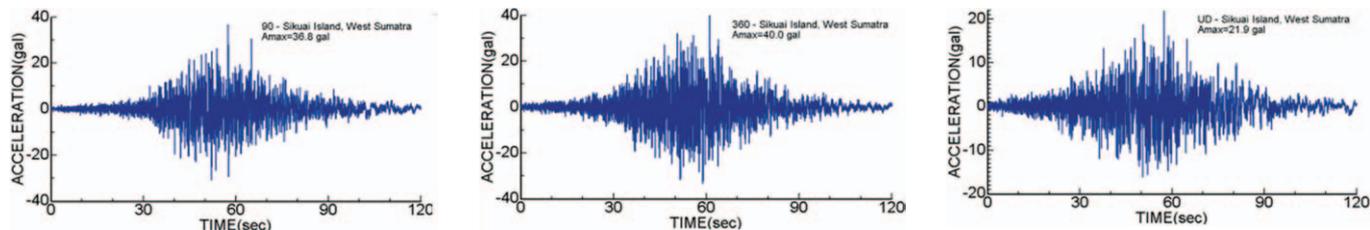


図2 パダン近くのSikuai島で得られた強震記録(データはUSGSより)

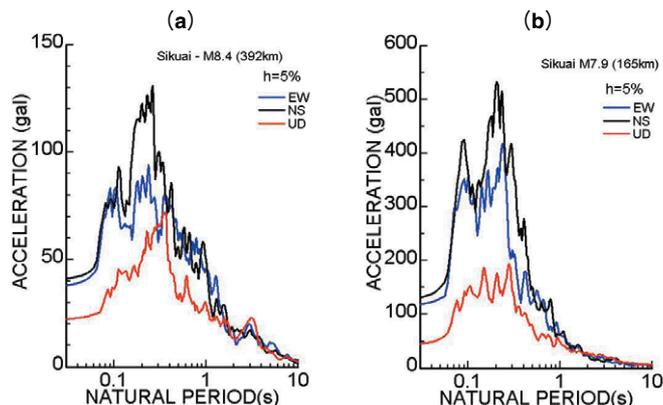


図3 パダン近くのSikuai島で得られた強震記録の加速度応答スペクトル

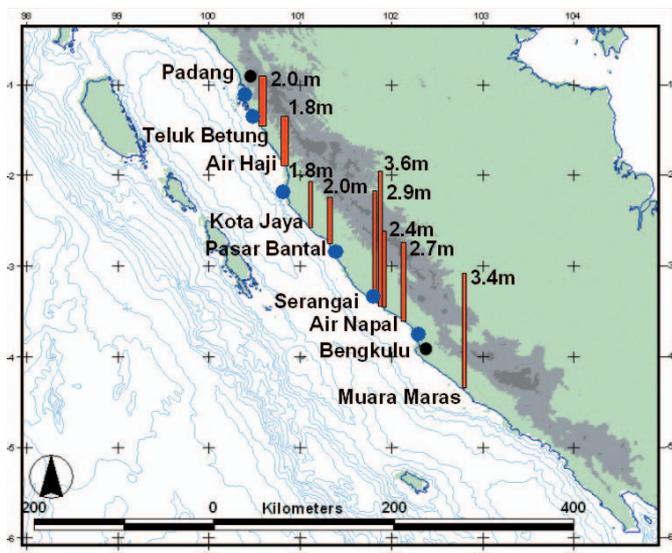


図4 計測された津波の遡上高さ(他の調査チームの結果と集約、Subandono,2007)



写真1 Serangaiにおける津波による家屋の被害

津波

は津波が発生し、M8.4の地震にM8.4およびM7.9の地震で、同様の傾向が見られる(図3(b))。

に、減衰定数5%の加速度応答スペクトルを示す。NS方向成分では約0.26秒に、EW方向成分では0.24秒あたりにピークがあり、卓越振動数が高いことを示している。また、上下成分は約0.35秒で卓越している。M7.9の地震の場合も、同様の傾向が見られる(図3(b))。

よる津波の高さは、Serangaiで4m以上であった(図4)。また、津波による被害はSerangaiで最も大きかった写真1。この場所は波源の中心の対岸に位置しており、エネルギーの指向性により大きな波高が伝播しやすい。また、津波高さだけではなく流力(流体力)も最大であったと考えられる。この地域では、ポケットビーチなどのような地形特性も考慮しなければならぬ。今回、沿岸での津波遡上高さは2~4m程度であり、M8.4の地震による規模としては、小

さいと評価できる。これは、断層の傾きが12度以下であり、断層運動による海底の鉛直変位成分が小さかったためと推定できる。巨大な津波が生じた2004年のアチェ地震(2004年スマトラ沖地震)による津波被害の教訓が生かされ、地震直後に住民は高台に避難した。本震や余震(最大)の際の、地震・津波情報の収集、住民の対応、避難の実態、その後の対応などについて、ヒアリング調査を行った。強い地震動の後に、沿岸では迅速な避難が実施できたと判断できた。

その結果、津波による人的被害はゼロになり、最小限の被害にとどまったと思われる。2004年スマトラ地震・インド洋津波の後に、メディアなどを通じた啓発により、津波に対する意識は高まった。ただし、このような高い認識を今後、どのように継続するのか? 体感震度で避難を判断したり、引き波を確認してから避難しようという状況もあり、これらは改善・克服しなければならない。また、地域によっては、自然の高台がない場合もあり、耐震性・耐波性の優れ



写真3 れんがが積みおよび木造家屋の崩壊



写真2 パダン市におけるRC構造物の崩壊

た建物の利用も検討しなければならぬ。

地震動による 土木・建築物の被害

M8.4の地震の震源より約400 km離れているパダン市で、3階以上のRC建築物は大きな被害を受け、1階がショールームとして利用されている2つの建物が崩壊した(写真2)。崩壊要因としてこれらの建物に弱階問題があったことと別に、地震動の長周期成分や地盤状況も考えられる。今後、西スマトラ沖で推定される強大地震を考慮すると、今回の地震の教訓を生かして、RC構造物の耐震補強が最も重要な課題となると考えられる。また、この地震でれんが積みの家屋も大きな被害を受け、それらの耐震補強も重要な課題である。基礎地盤が盛土の場合、盛土の崩壊によって木造家屋が被害を受けた(写真3)。

Pasir Ganingy、1年前前に建設された長さ60 mのアーチ橋が大きな被害を受け、橋脚は1.5 m以上沈下し、上部構造物が崩壊した(写真4)。また、Seblat川に架かる長さ100 m以上のトラス橋の橋脚に不等沈下が発生した(写真5)。



写真4 地盤の液状化に伴うアーチ橋の被害



写真5 地盤の液状化に伴って不等沈下が発生したSeblat川トラス橋

かし、2005年のNias地震(2005年スマトラ沖地震)で見られたような大きな被害は発生しなかった。さらに多くの橋の橋台取り付け部の沈下が発生した。

地盤被害

海岸および河川周辺地域で液状

化現象が発生した。Pasir Bantaiでは、高さ20 mのヤシの木が地盤の液状化で倒れた(写真6)。液状化した地盤から採集した試料の粒度分布を図5に示す。山岳地域で火山性風化岩盤斜面の破壊が見られた。大半の斜面崩壊は平面すべりあるいは円形すべりであった。

道路の盛土被害は多く見られた



写真6 地盤の液状化によって倒れたヤシの木

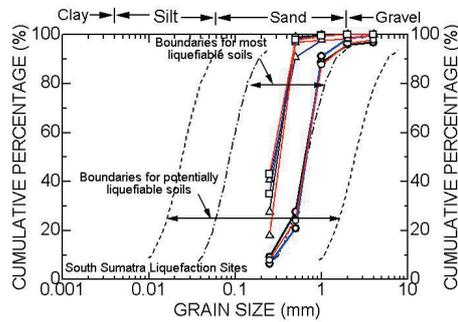


図5 液状化した地盤の粒度分布

産業施設とライフライン

が、交通に与える影響は軽微であった。しかし、山岳地域での沈下は1 m以上であった。被害状況は、2007年能登半島地震における能登有料道路の盛土被害に類似していた。

パダン港、Painanおよびベンクル周辺にさまざまな産業施設があるが、今回の地震や津波で産業施設に大きな被害は発生しなかった。被害があった施設でも被害は軽微であった。

今回の地震で、ライフライン被害は軽微であった。Keitamの一部と電柱が倒れた地域以外で電気は当日復旧した(写真7)。



図6 予想される巨大地震の位置

提言

現在、西スマトラ州沖では、2007年と2005年の地震破壊領域の間に大きな空白域が存在している。予想される地震マグニチュードは8.7~8.8であり(図6)、大きな地震動と大きな津波がパダン市を襲う可能性がある。したがって、この地域に予防防災の立場から下記の3項目を提言する。

- ①日本の津波警告システムのよ
うな津波警告システムの導入。
- ②パダン市においては、標高5 mの高さに達するためには、海岸からの距離が3 kmにも及ぶため、津波に対する鉛直避難対策として、地震動に強い外付け階

段が備えられていて、かつ屋上にテラスを有する建築物が必要である。また、既設構造物および既設土木構造物とその基礎の耐震診断、耐震補強が必要である。

- ③地震動などの計測システムを強化すべきである。

なお、報告の詳細は土木学会ホームページ(<http://www.jsc.or.jp/report/45/index.html>)を閲覧いただきたい。

謝辞 調査団派遣にあたり、土木学会社会支援部門、地震工学委員会、地震被害調査小委員会の関係の皆様と日本地震工学会に大変な尽力いただいた。(この)に記して感謝申し上げます。また、調査に同行お



写真7 斜面と盛土の崩壊による道路被害

よびご協力いただいたインドネシア国立アンタラス大学の工学部長であるL. Febrian教授はじめスタッフの皆様、NPO組織KOGAM IのD.Patra様には厚く感謝申し上げます。

参考文献

- (一) JSCE-JAEE: A reconnaissance report on the Bengkulu earthquake of September 12, 2007. 67 pages, 2007
- (二) NIED: <http://www.hinet.bosai.go.jp/topics/2007>
- (三) Subandono Dipsasaptono: Personal communication, 2007
- (四) USGS: U.S. Geological Survey, National Earthquake Information Center, Golden, CO, USA. <http://earthquake.usgs.gov/>