

# スマトラ沖地震津波による タイ西部海岸での被害実態調査の報告

SURVEY REPORT OF DAMAGE IN THAI WESTERN COAST  
DUE TO TSUNAMI CAUSED BY SUMATRA EARTHQUAKE

山本吉道<sup>1</sup>・中山正広<sup>2</sup>・岩井健浩<sup>3</sup>

Yoshimichi YAMAMOTO, Nakayama MASAHIRO and Iwai TAKEHIRO

<sup>1</sup>フェロー 博(工) 東海大学教授 連合大学院理工学研究科 (〒259-1292 平塚市北金目1117番地)

<sup>2</sup>非会員 報道ディレクター (株)TBSテレビ報道局編集センター (〒107-8006 港区赤坂5-3-6)

<sup>3</sup>非会員 ニュースキャスター (株)TBSテレビ編集局アナウンス部 (同上)

The great earthquake of M9 was generated in the North Sumatra offing at 7:58 on December 26th, 2004, and the serious tsunami calamity was produced in every coast of Indian Ocean. We report on the damage survey that we carried out from January 9th to 12th in Thai western coast where typical tsunami damage was produced.

(1) The tsunami height of Khoa Lak coast was about 9m on the sea level, and almost all walls and pillars of buildings within 30m of coastal line were toppled. The flood region had reached to 1km or more inland.

(2) The tsunami height of Patong beach was about 6m on the sea level, and almost all walls and pillars of buildings within 30m of coastal line were not toppled but the flood depth was about 2m.

(3) The tsunami height of Phi Phi island is 6-7m on the sea level at the north side and 3.5-5m on the sea level at the south side.

*Key Words: Sumatra Earthquake, tsunami, Thai western coast, hazard, tsunami height*

## 1. 研究の目的

2004年12月26日7時58分に北スマトラ沖合でM9の巨大地震が発生し、インド洋沿岸で死者・不明者数が30万人に達する甚大な津波災害が生じた。我々はインドネシアの滞在許可取得が当時困難であったアチェ特別州は諦めて、隣国のタイ西部海岸の津波被害実態調査を、今後の津波防災・減災に活かす為に、1月9日から12日にかけて実施したので、ここに報告する。

## 2. 研究の内容

図-1に示す説明図で、震源地と遮蔽物となる北スマトラと各調査対象地点との位置関係を考えれば、シミラン諸島、カオラック海岸、プーケット島、ピピ島の順で、津波来襲高が低減すると考えられるが、各地点の地形的



図-1 調査対象域の説明図

条件と土地利用実態によって、津波被害の程度は異なっていた。以下に、地点ごとの特徴を説明する。

### (1) シミラン諸島

本諸島はカオラックの西70km沖合に位置し、世界有数のサンゴ礁海域である。海底サンゴは調査前の予想通り、津波来襲側の西部海岸と、島と島の間が狭まり水路状になっている箇所の東側海岸で酷く破壊されていた。陸上の被害は、人口密集地帯が無いので他地点に比べて微小である。

### (2) カオラック海岸とタプラム港

タイ西海岸のこの時期は静穏期で、海中の透明度は良好なのが普通であるが、カオラック海岸(図-2参照)から3km沖合の水深10m程度まで、津波来襲後半月経過した現時点でも濁って何も見えなかった。本海岸から8km沖合の水深20m地点で峰間1.5m程度の砂漣が続いているのを発見した。砂漣の峰線と津波の向きが直交していることと、当時の波浪と潮流が穏やかなことから、津波によると考えられる。

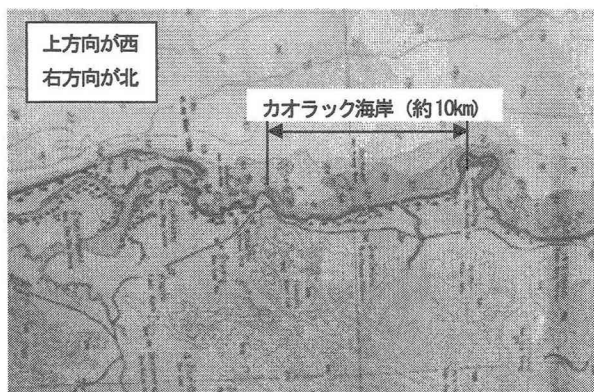


図-2 カオラック海岸の平面図

海側からカオラック海岸を眺めると、図-3(1),(2),(3)に示すように、ほぼ全域で海岸沿いの多くの建物が2階部分まで破壊されていた。被災時の潮位(満潮時)に調査時の潮位を考慮すると、地盤高(被災時の海面上3m前後)+2階上端までの高さ(6m程度)から、海岸線での津波高は平均的に被災時海面上9m程度と見なせた。ただし、南端部では岬の遮蔽域になるため、やや低く同海面上7m~8mと見なせた。

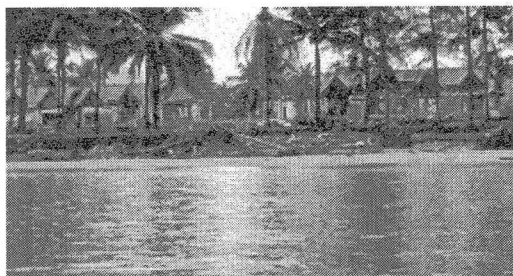


図-3 (1) カオラック海岸線の被災状況  
(中央部は二階の屋根まで崩れている)



図-3 (2) カオラック海岸線の被災状況  
(前面の家屋は柱の一部を残すのみである)

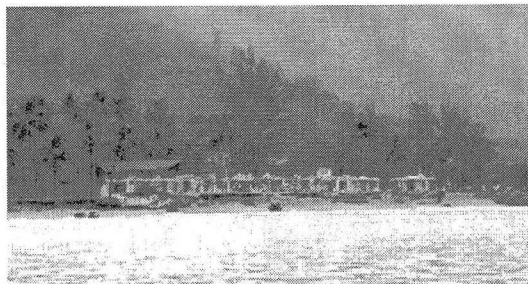


図-3 (3) カオラック海岸線の被災状況  
(海岸線の家屋は柱と屋根の一部を残すのみである)

次に、カオラック海岸の中央付近で海岸から内陸部へ向かって、破壊の程度を調べてみた。

図-4に示すように、汀線から内陸へ30m程度間は、被災時海面上の後浜高1.5m程度の砂浜で、次に、被災時海面上高さ3m程度の崖(戻流れによる洗掘痕が各所にあった)があり、ここから内陸へ30m程度間の建物は壁が無く、多くの鉄筋コンクリートの柱(断面は一辺25~30cmの正方形で鉄筋が6~4本)が折れた無残な状態であった。



図-4 カオラック海岸の砂浜~浜崖~  
内陸30m間の被災状況

図-5に示すように、さらに内陸へ50m程度間の建物は、柱は残っていたが壁は相当に壊れていた。さらに内陸へ低地が続いており、そこにある建物は、1階部分が相当に傷んでいる状態であった。そして、1km以上内陸側の山に迫っている地点で、警察艇を発見した。これから、山の麓まで浸水深が2m程度かそれ以上あったことも推定できる。

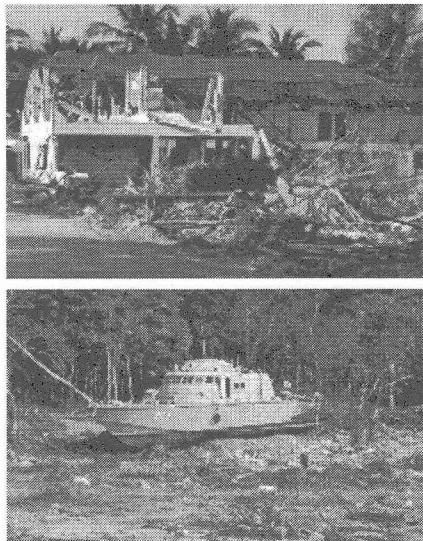


図-5 カオラック海岸のさらに内陸の被災状況

建物の岸沖方向の骨組構造を、高さ3mで、柱の間隔5mの門形ラーメンでモデル化し、飯塚・松富<sup>1)</sup>の算定式で求まる波力が建物の海側の壁に作用し、柱1本で幅×長さ×厚さが2.5m×5.0m×0.6mのコンクリート版でモデル化した屋根荷重を支えているとして、海側の柱の根元に作用する曲げモーメントとせん断力を求めた。次に、柱は一辺が25cmの正方形断面に直径2.2cmの異型鉄筋を海側3本、陸側3本をかぶり厚0.5cmで埋め込んだ複鉄筋コンクリートとし、柱の自重も考慮して、海側の柱の根元に作用するコンクリートの引張応力と主鉄筋の圧縮応力を算定したところ、表-1のようになった。ここで、浜崖から30m間の浸水深は、2階の屋根まで浸かっていたことから、6mとした。また、さらに50m間の浸水深は、1階の屋根まで浸かっていたことから、3mとした。

浜崖から30m間は、津波力の作用する幅が0.25m以上になると耐えられない結果となった。すなわち、この間の建物の多くが柱ごと倒壊していることを裏付けており、首藤<sup>2)</sup>の被害基準とも整合する。さらに50m間は、津波力の作用する幅が0.5m以上になると耐えられない結果となったが、この間の建物の多くが柱を残して壁の相当部分が崩れていたことと整合する。

さらに、カオラック海岸南端から7km南側のタブラム港でも調査した。本港でも図-6に示すように、海軍のフリゲート艦をはじめ、多数の船舶が岸へ打ち上げられ、護岸沿いの木造家屋も大きく破損していた。

表-1 建物の岸沖断面を門形ラーメンとした場合の海側の柱の根元における曲げモーメントとせん断力による応力計算の一覧表

項目	波崖から陸側 30m間	さらに内陸 50m間
越流高 (m)	6	3
流速 (m/s)	8.4	6.0
津波力の作用幅 (m)	0.25	0.5
等分布津波力 (N/m)	18321	18321
ラーメンの高さ (m)	3	3
ラーメンの柱間隔 (m)	5	5
津波力による曲げモーメント (Nm)	39981	39981
津波力によるせん断力 (N)	43864	43864
津波力によるコンクリート圧縮応力 (N/m <sup>2</sup> )	12527433	12527433
津波力による主鉄筋引張応力 (N/m <sup>2</sup> )	213695396	213695396
津波力による副鉄筋圧縮応力 (N/m <sup>2</sup> )	87509774	87509774
津波力によるせん断応力 (N/m <sup>2</sup> )	877275	877275
屋根荷重の作用幅 (m)	2.5	2.5
単位面積屋根荷重 (N/m <sup>2</sup> )	8056	8056
等分布屋根荷重 (N/m)	20139	20139
屋根荷重による曲げモーメント (Nm)	16137	16137
屋根荷重によるせん断力 (N)	16137	16137
屋根荷重によるコンクリート圧縮応力 (N/m <sup>2</sup> )	5056339	5056339
屋根荷重による主鉄筋引張応力 (N/m <sup>2</sup> )	86252010	86252010
屋根荷重による副鉄筋圧縮応力 (N/m <sup>2</sup> )	35320807	35320807
屋根荷重によるせん断応力 (N/m <sup>2</sup> )	322740	322740
柱の自重 (N)	2517	2517
柱の自重による圧縮応力 (N/m <sup>2</sup> )	40278	40278
全コンクリート圧縮応力 (N/m <sup>2</sup> )	17624050	17624050
許容コンクリート圧縮応力 (N/m <sup>2</sup> )	19600000	19600000
全主鉄筋引張応力 (N/m <sup>2</sup> )	299947406	299947406
許容主鉄筋引張応力 (N/m <sup>2</sup> )	295000000	295000000
全副鉄筋圧縮応力 (N/m <sup>2</sup> )	122830581	122830581
許容副鉄筋圧縮応力 (N/m <sup>2</sup> )	295000000	295000000
全コンクリートせん断応力 (N/m <sup>2</sup> )	1200015	1200015
許容コンクリートせん断応力 (N/m <sup>2</sup> )	14700000	14700000

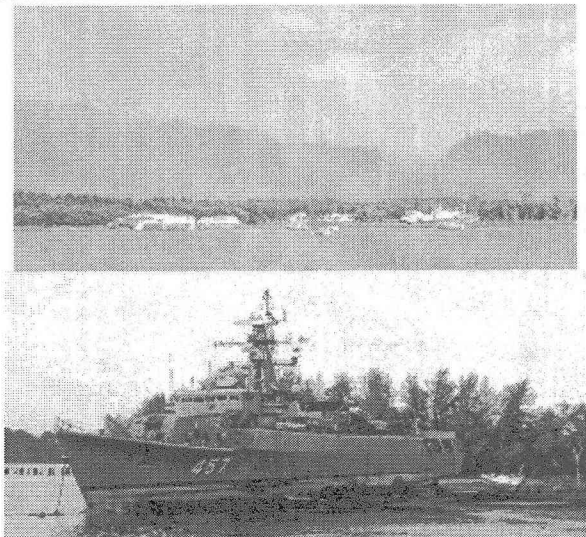


図-6 タブラム港内の船舶の被災状況

図-7に示すように、港湾内での津波高は、被災時海面上地盤高+1~2mと見なせ、被災時海面上4m~5mであったことが判る。さらに、500m内陸まで続く海軍基地のコンクリート壁が倒されていたことから、500m内陸まで水深1m程度がそれ以上の浸水があったと推定できる。

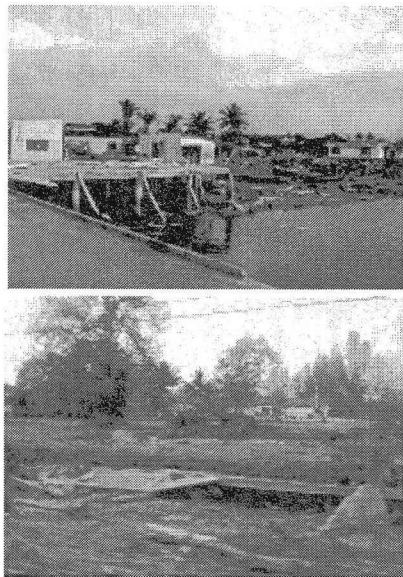


図-7 タプラム港内と海軍基地の施設被災状況

### (3) プークェット島

プークェット島南西海岸のパトンビーチにて調査した。我々が調査に行った時点では、随分片付けられて、海岸道路沿いは静まり返っていたが、一本陸側の通りではすでに活気を取り戻しているようであった。図-8に示されるように、汀線から内陸~30m程度間は、被災時海面上の後浜高1.5m~2mの砂浜で、次に、被災時海面上高さ3m程度のコンクリート護岸(戻流れによって、海側前面の砂浜は全体的に深さ1m程度洗掘していたが、後浜から護岸天端までの高さが低く、かつ、天端部に出張りが無かったため、破損箇所は少なかった)があり、ここから内陸~30m程度間の建物は、鉄筋コンクリートの柱と壁はほぼ残っていたが、1階部分の窓ガラスと室内の天井板が著しく破損した状態であった。このことから、海岸線での津波高は被災時海面上6m程度と推定された。これより陸側の店舗は開店営業しており、密集した鉄筋コンクリート造りの建物群が津波の勢いを相当に殺いだと推定される。また、道路上の砂の溜まり具合から、一本陸側の通り付近まで、津波が押し寄せたと思われるが、この付近の地盤高は海岸線での津波高とほぼ一致しており、被害は軽微であったことが伺える。

次に、プークェット島南東海岸のシャロンビーチは、今回の津波に対して遮蔽域にあるため、津波高が高くないことを予想できたが、木造の古い栈橋が流された以外に、たいした被害報告は無かった。図-9はシャロン湾栈橋の近くの海岸状況を示しているが、護岸の天端高は被災時海面上3~3.5mに対して、浸水被害がほとんど無

かったことから、津波高は被災時海面上3m以下であったと推定できる。

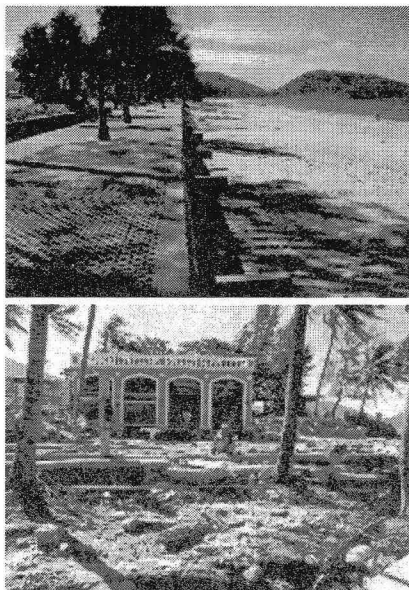


図-8 パトンビーチの被災状況

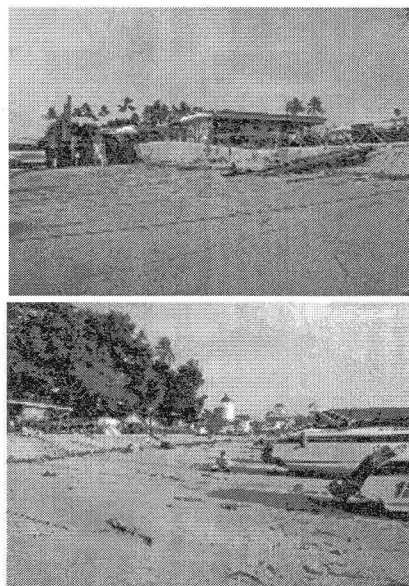


図-9 シャロンビーチの被災状況

### (4) ピピ島

プークェット島南東海岸のシャロン湾から南東沖合50kmの位置にピピ島がある。ピピ島は、図-10に示すように、北西から南東へ走る二列の山並みから成り、人々はこの二つの山並みの間に堆積してできた砂洲(被災時海面上3m~4m)に多く住んでいる。通常波長の高波に対しては、この山並みが天然の消波壁となるが、波長が非常に長い津波は消波することなく山並みの背後にある砂洲へ容易に進入できる。南側の入り江は深く、港湾として利用しているが、北側の入り江は相当な遠浅海岸で、南側の入り江に比べて貯水容量が少ない。したがって、津波は両方の入り江から大きな時間差無く進入したと思わ

れるが、北側の入り江から侵入した津波の方がより大きな高さとなり、津波は北側から南側へ通過したようになり、多くの家財等が南側へ流されたと推定される。

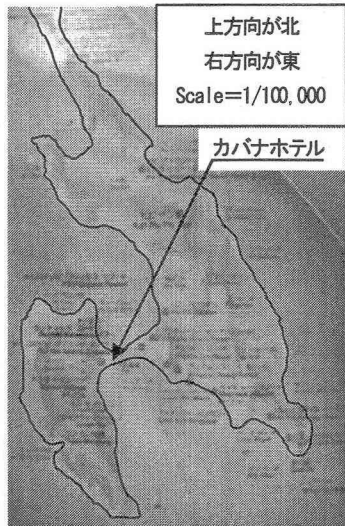
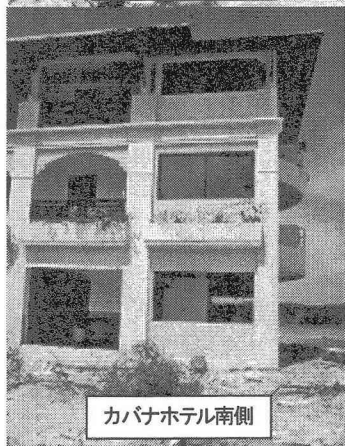


図-10 ピピ島の平面図



カバナホテル北側



カバナホテル南側

図-11 カバナホテルの北側と南側の浸水差

そのことは、図-11の上のカバナホテル北側を見ると、二階の窓まで破損し、二階ベランダの花が枯れていることから、津波高が被災時海面上6m～7m（＝被災時海面上地盤高2.5m～3m＋二階一部3.5m～4m）に対して、同図下のホテル南側を見ると、一階の窓しか破損しておらず、二階ベランダの花が枯れていないことから、

津波高は北側より1m～2m低い値であったと推定できること、図-12に示すように、津波による洗掘痕（洗掘深1m～2m）が南側海岸の各所に残っていたこと、さらに、図-13に示すように、南側の入り江には大量の家財などが沈んでいたが、北側の入り江にはまったく無かったことなどから証明できる。



図-12 ピピ島南側海岸の洗掘状況

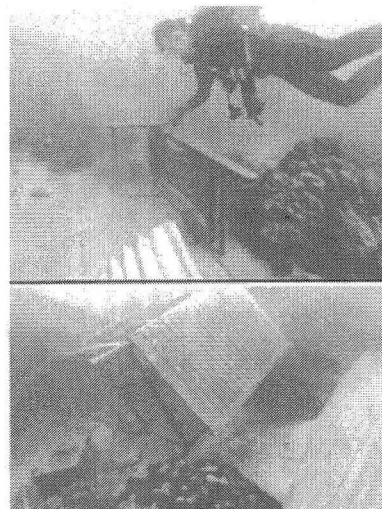


図-13 ピピ島南側入り江の海底ゴミ散乱状況

また、南側海岸の東部は陸側背後に山が迫っているため、図-14に認められるように、津波高は被災時海面上3.5m～5m（＝被災時海面上地盤高2.5m～3m＋一階途中1m～2m）と推定できた。

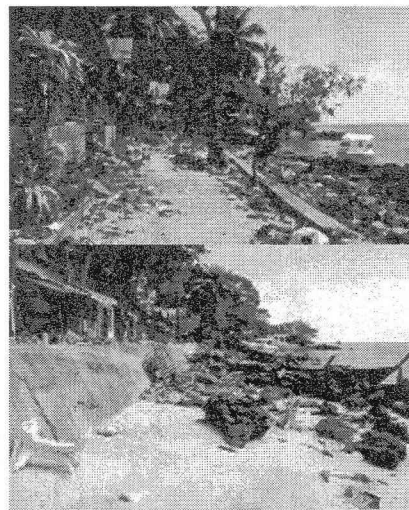


図-14 ピピ島南側海岸東部の被災状況

### 3. 主要な結論

調査地点ごとに、地形的条件と土地利用実態によって、津波被害の程度が異なってくることが明らかになった。また、家屋の被災の程度も 飯塚・松富<sup>1)</sup>の算定式や首藤<sup>2)</sup>の被災基準で説明できることも確認できた。

最後に、カオラック南端部の展望台の小売店を営んでいた兄弟から、次の大変印象深い証言を得たことを報告する。彼等は、先に津波被害を受けたプーケット島にいた義兄から電話で警告を受けていたため、家族全員が助かった。そして、近隣ビーチにあるリゾート・ホテルに電話で津波来襲の危険を伝えたが、誰も信じてくれな

かったとのことである。この話や、北スマトラのウエ島住民の多くが先祖からの言い伝えを守って早期避難し助かったことなどから、早期警報システムの整備と住民の意識改革が非常に重要なことを再確認できた。

#### 参考文献

- 1) 飯塚秀則・松富英夫：津波氾濫流の被害想定，海岸工学論文集第47巻，pp. 381-385，2000.
- 2) 首藤伸夫：津波強度と被害，津波工学研究報告第9号，pp. 101-136，1994.