

パキスタン・Makran 沈み込み帯における津波ハザードの検討

東北大学 正会員 ○ 柳澤英明・正会員 今村文彦・正会員 越村俊一
東京海上日動リスクコンサルティング 渡部弘之・江頭達郎

1. 背景と目的

世界で大規模災害が発生する中、自然災害に脆弱なインド洋沿岸地域では津波に対する警戒能力の向上が強く求められている。インド洋において、巨大津波の被害をもたらした地震の震源域は、インドネシアからミャンマーへと延びる Sunda – Sumatra – Arakan 海溝とパキスタン・イラン沖合の Makran 沈み込み帯に特定される(図 1) [1]。インド洋大津波以後、インドネシアやタイなどの津波被災地では、津波対策の強化が積極的に実施され、津波の警戒体制が整備されつつある。しかし一方で、Makran 沈み込み帯に近接する地域では、津波ハザードを評価するための技術や社会的な環境整備が整っておらず十分な津波対策が実施されていない。特にパキスタンでは、1945 年に M8.0 – 8.2 の地震によって津波が発生し、300 – 4000 人規模の人的被害が発生しており[1]、津波警戒体制の整備が必要である。そこで本研究では、過去の地震記録に基づき津波の数値シミュレーションを実施し、パキスタン沿岸域での津波ハザードを検討する。

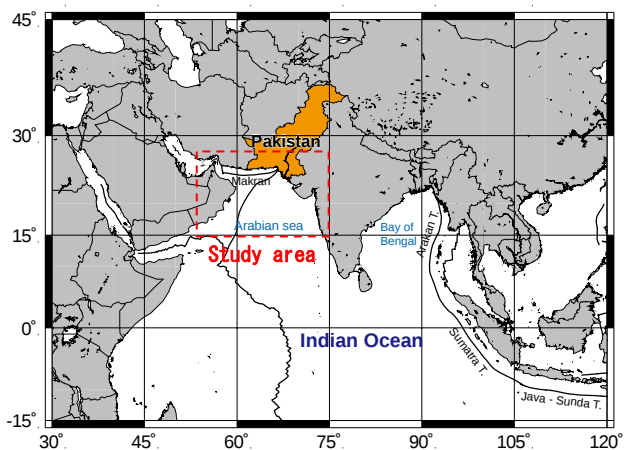


図 1 インド洋におけるプレート境界

2. 地震・津波シナリオの設定

想定地震の震源は過去発生した大きな地震[2] (1765 年, 1851 年, 1945 年) を参考に設定し、断層破壊面は震源の中央, 左端, 右端に設定した(図 2)。地震の規模は、既往最大となる 1945 年 Makran 地震を参考に設定し、断層面積およびすべり量は相似則[3]によって評価した(表 1)。地震断層の走行は、Makran 沈み込み帯周辺で発生した地震の約 6 割が $270^{\circ} \pm 24^{\circ}$ に収まることを考慮し、 246° , 270° , 294° の 3 ケースを想定した。震源の深さはプレート境界[2]に基づいて決定し、傾斜角、すべり角は[2]を参考とした。今回設定した想定地震断層は全 27 ケースである。

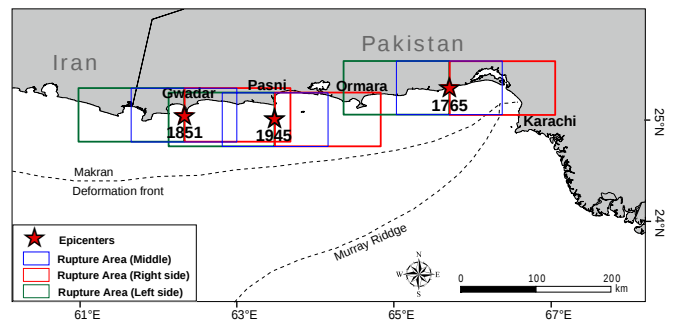


図 2 断層の想定位置 (走行 270° のケース)

3. 解析領域と手法

解析領域をオマーンからインド西岸までの範囲とし(図 1)、広領域にはグリットサイズ 1350 m、狭領域には 450 m の地形データを作成した。データには、海図 (1:20,000 – 1:50,000) と General Bathymetry Chart of the Oceans (GEBCO) を利用した。津波解析には、Manning 粗度を考慮した非線形長波方程式を用いた。

パキスタン沿岸の堆積物は、主にインダス川からの

表 1 想定断層の断層パラメータ

Mw	Dislocation (m)	Length (km)	Width (km)	Dip ($^{\circ}$)	Slip ($^{\circ}$)	Strike ($^{\circ}$)	Depth (km)
8.1	8.0	130	65	7	90	246, 270, 296	11 ~ 21

キーワード：1945 年 Makran 津波，パキスタン，Makran 沈み込み帯，津波ハザード，数値シミュレーション

連絡先：宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-11-1106 TEL:022-795-7515 FAX:022-795-7514

供給によって形成されており[2], また 1945 年の断層近傍には泥火山が存在しているため, 底質の粒径は一般と比較し細かい. そこで本研究では, パキスタン沿岸の底質分布[4]を考慮し, 以下のマニング・ストリクラ一式によってマニング係数 n を評価した.

$$n = 0.13 \frac{k_s^{1/6}}{\sqrt{g}} \quad (1)$$

ここで, k_s は相当粗度 (=底質の代表粒径 d とする), g は重力加速度である.

4. 解析結果と考察

図 3 に, 1945 年の震源右 (走行 246°) に想定した断層による津波水位分布を示す. これによると, 約 30–90 分の間に第一波が Pasni や Ormara に到達する. その後, 多重反射を繰り返し, 240 分後に Pasni で最大波が発生する. パキスタン沿岸地域は, 浅瀬が続き, その後急激に深くなるような地形を形成しており, 津波のエネルギーは大陸棚にトラップされやすくなっている. このような地形では数時間後に最大波が発生する場合もあり, 避難解除までに長時間の警戒体制の維持が必要となる. 図 4 には, 各想定断層によってシミュレーションされた水位分布の結果において汀線で最大となる値を整理した. パキスタン西岸では津波のハザードが高く, 特に, Pishukan, Gwadar, Ormara では 3–5m 以上の津波が襲来しており津波対策の強化が必要であるといえる. また津波高 1–3m の地域であっても被害が発生する危険性は高く, Karachi などの人口密集地域では津波対策を早期に実施することが望まれる.

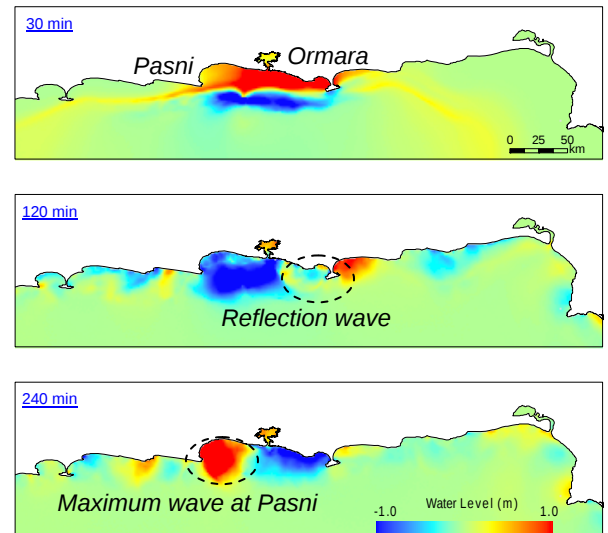


図 3 数値シミュレーションによる津波の水位分布 (1945 年の震源右, 走行 246° に想定)

参考文献

- [1] Okal ほか(2007): Far-field tsunami hazard from mega-thrust earthquakes in the Indian Ocean, *Geophysical Journal International* 172, pp.995–1015. [2] Byrn ほか(1992): Great Thrust Earthquakes and Asismic Slip Along the Plate Boundary of the Makran Subduction Zone, *Journal of Geophysical Research*, Vol.97, No.B1, pp.449–478. [3] Wells, D.L ほか (1994): New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement. *Bulletin of the Seismological Society of America* 84, pp.974–1002. [4] Uchupi, E. ほか (2005): Morphology and Late Quaternary sedimentation in the Gulf of Oman Basin, *Marine Geophysical Researches* 23, pp.185–208.

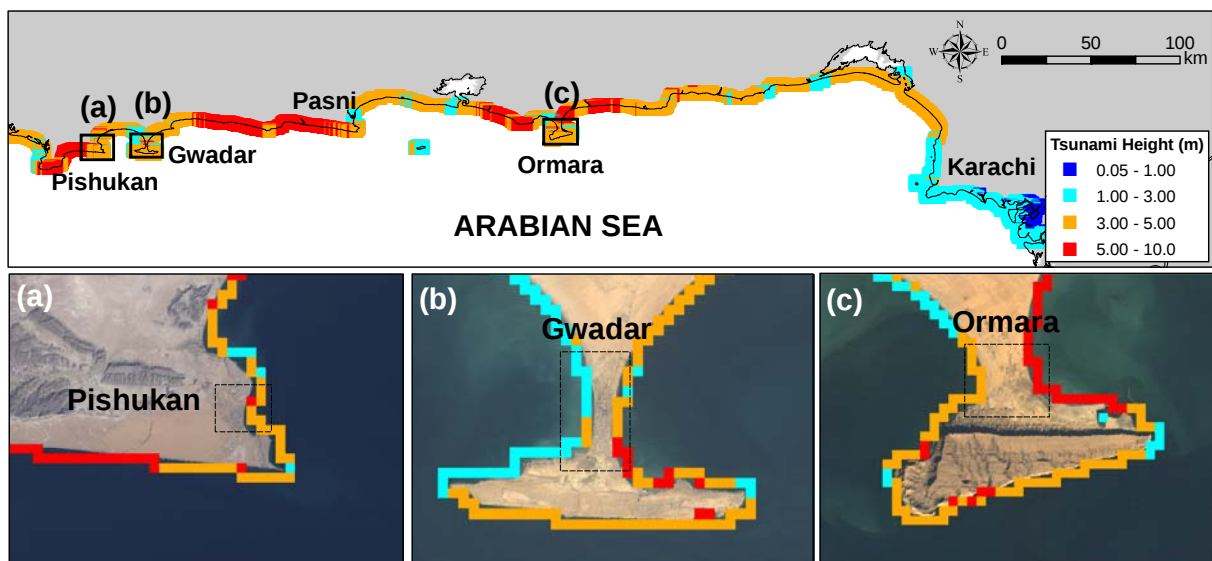


図 4 パキスタン沿岸における津波ハザード (a) Pishukan (b) Gwadar (c) Ormara