

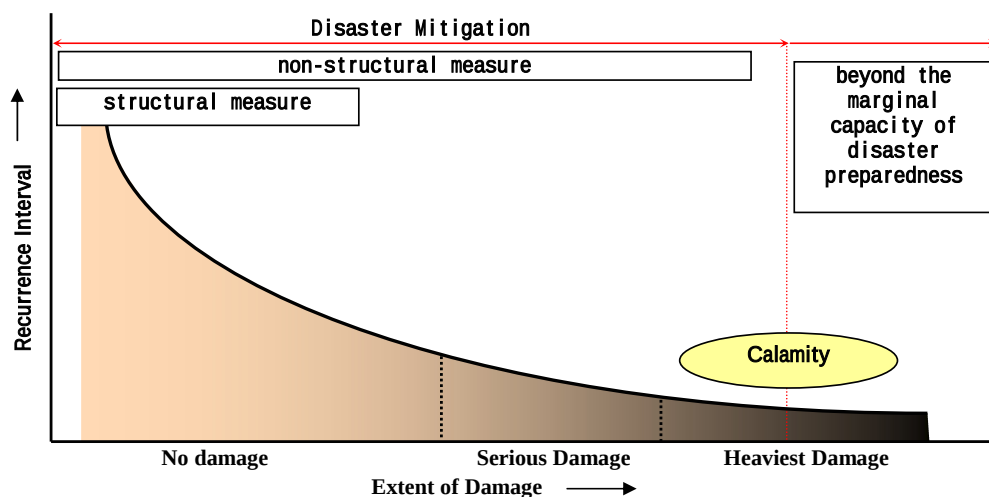
1.9 防災計画

1.9.1 災害制御・軽減計画

災害に強い都市計画としては施設の対策、非施設の対策およびその連携による計画を策定した。防災計画策定における基本方針は以下のとおりである。

- (1) バンダアチェ市は将来的に、津波、高潮、洪水等の災害発生がより少ない南側へ拡大していく。
- (2) 防災計画には施設のおよび非施設の対策を盛り込んでいく。
- (3) 基本インフラの復旧・復興においては段階的な公共投資を行っていく。

総合的な防災に関する概念図を図 1.9.1 に示す。同図の縦軸は自然災害の発生頻度を、横軸は被害の大きさ表すが、これらと災害管理システムにおける施設の対策および非施設の対策の関係は以下のとおりである。



出所: Footnote 1¹

図 1.9.1 総合的な防災に関する概念図

施設の対策による防災計画は一般に想定される自然災害の規模に対応した設計基準を適用して策定される。洪水防御を例にとると、河川堤防は 20 年またはそれ以上の洪水確率に対応できるよう設計が行われる。従って、構造物が設計基準どおり建設されれば、想定された洪水確率に対しては安全性が確保される。

しかし、設計基準を超える自然災害が発生する可能性が存在する。このような構造物による防災能力を超える災害の発生時には、非施設の対策が被害の軽減に寄与する。

バンダアチェ市における人的被害を見た場合、津波は洪水、地震、大火事等の自然災害の中で

¹ Yoshiaki Kawata, Characteristics of Catastrophic Disasters and Philosophy of their Reduction, Journal of Geography, 2001

も最も深刻な自然災害のひとつであると再認識される。しかし大津波に対する構造物による防災対策は、浸水面積や遡上高の縮小には効果があるものの、津波被害を完全に防御することはできない。したがって基本インフラの復旧・復興にあたっては、施設の対策の限界を考慮したうえで、効果的な公共投資を行っていく必要がある。

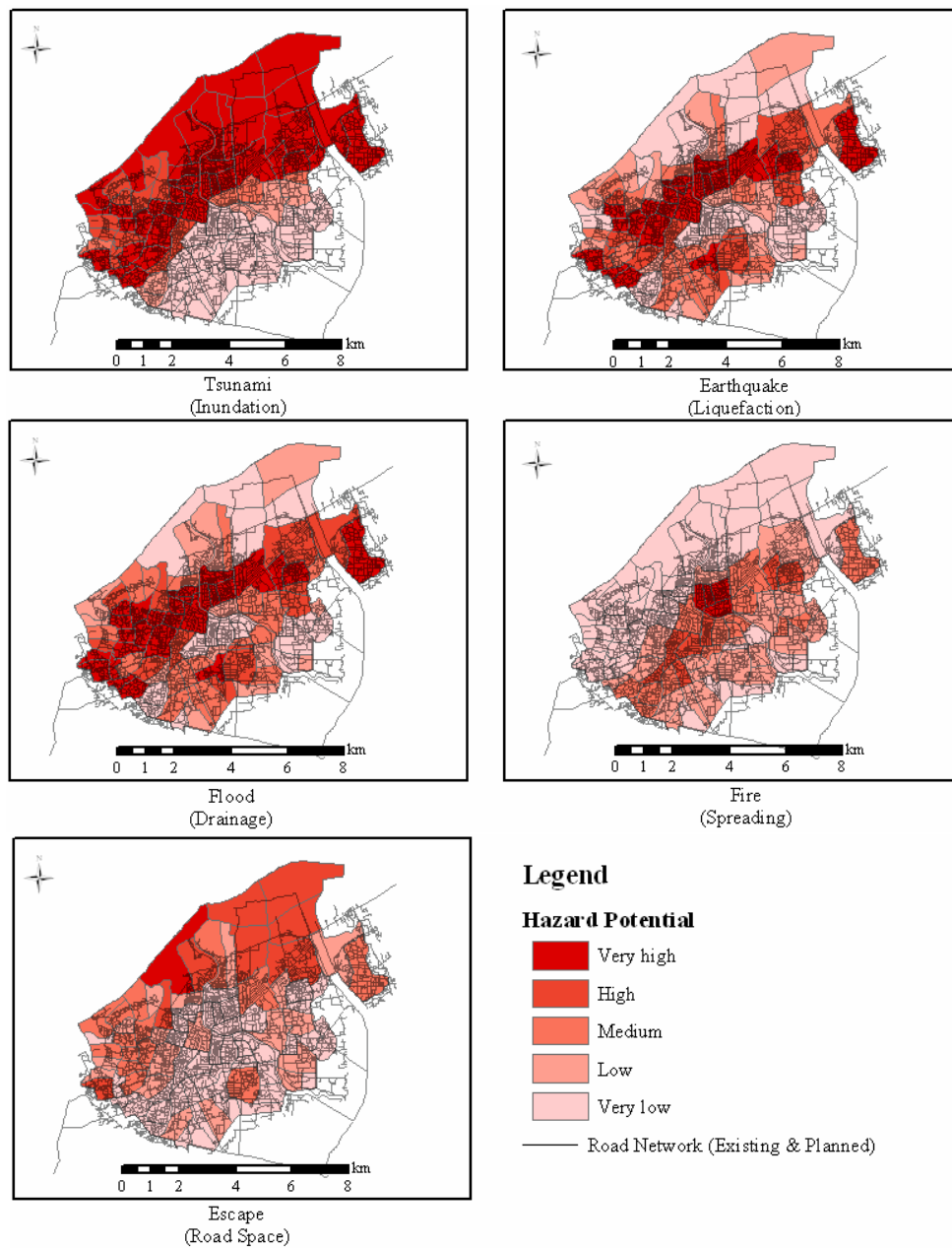
1.9.2 ハザード・ポテンシャル（潜在的災害危険）

ハザード・ポテンシャルの評価は、特定の自然災害に対する潜在的な危険を確認するうえで非常に重要である。本調査では、地形、道路面積、人口密度等をリスク要因としてとらえ、これらのリスク要因が複合的に存在する地区を識別し、ベースマップのうえに色づけすることによってハザードマップの作成を行った。

特定の自然災害に対するリスク要因を分類し、表 1.9.1 に示した。これらのリスク要因を Desa 毎に自然災害の種別（津波による浸水、地盤液状化、排水問題、大火事等）に応じて分析し、ハザード・ポテンシャルマップを作成した。結果を以下に示す。

表 1.9.1 自然災害に対するリスク要因

Natural Hazard	Topographic Factors	Physical Factors
(1) Tsunami inundation	Coastal lowland zone	Land area of Desa
(2) Earthquake (Liquefaction)	Depression/Lowland zone	Land area of Desa
(3) Flood (drainage)	Depression/Lowland zone	Land area of Desa
(4) Fire spreading	none	Building Area/Land Area
(5) Escaping activity	none	Road Space/Land Area



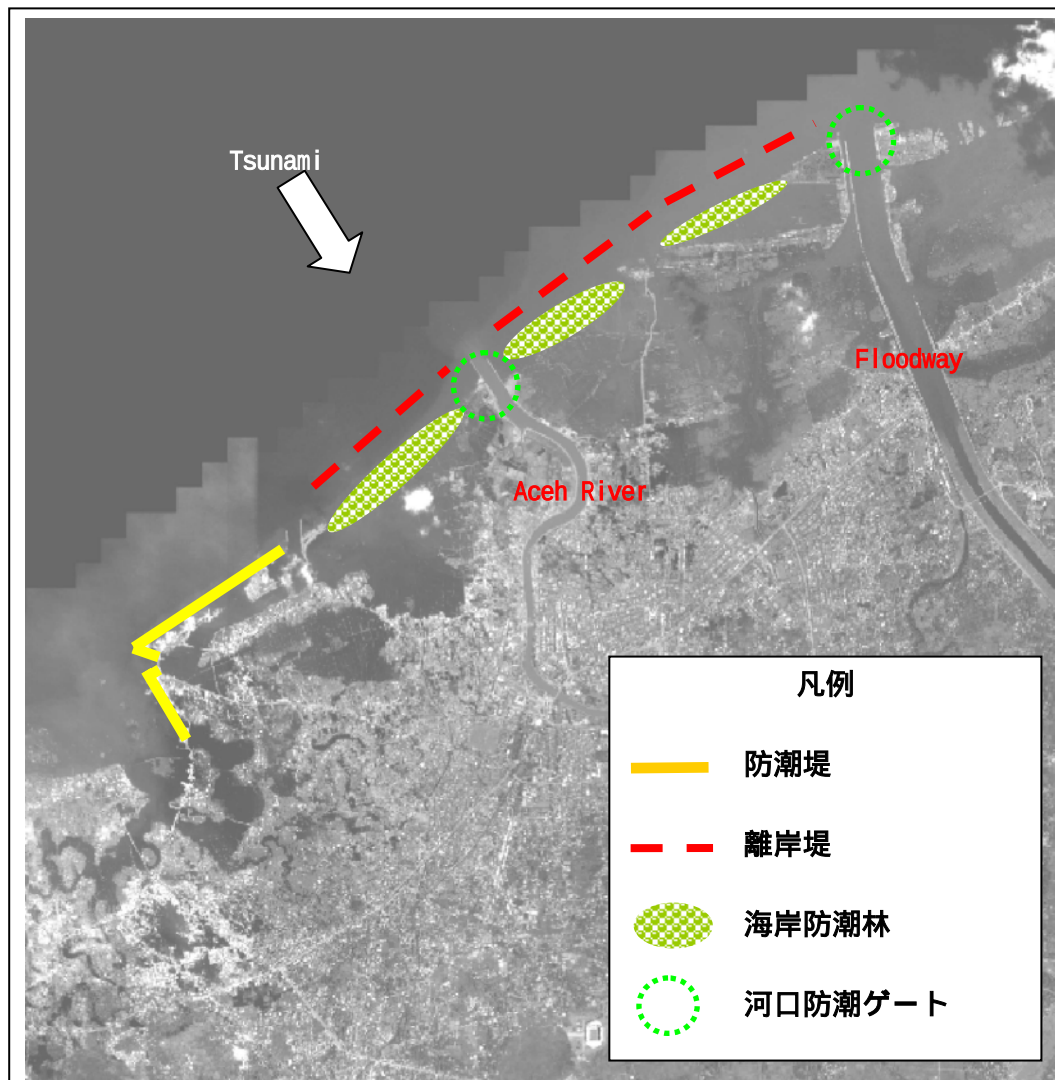
出所: ARRIS (GIS) JICA 調査団

図 1.9.2 ハザード・ポテンシャルマップ

1.9.3 海岸部における災害軽減策

2004 年 12 月 26 日のスマトラ島沖地震によって発生した津波高は、バンダアチェ市の沿岸部でおよそ 10m にまで達したと推測される。同様の大津波からバンダアチェ市を完全を守るためには、同市の沿岸部に 15m 高の防潮堤を建設する必要がある。しかし、このような大規模な防潮堤の建設には多大なる公共投資を要するとともに、自然環境保全上の問題ともなる。したがって、同市における施設の対策としては、中小規模の津波を想定し、次にあげる 4 つの構造物を組み合わせることを提案する (i) 離岸堤、(ii) 防潮堤、(iii) 海岸防潮林、(iv) 河口防潮ゲート。

沿岸部におけるこれら施設の位置関係を図 1.9.3 に示す。



出所: ARRIS (GIS) JICA 調査団

図 1.9.3 沿岸部における施設の位置関係

(1) 離岸堤

離岸堤は、通常、海岸線に平行した沖浜に設置され、中小規模の津波や嵐による高波のエネルギーを分散することによって隣接する海岸を保護する（図 1.9.4）。

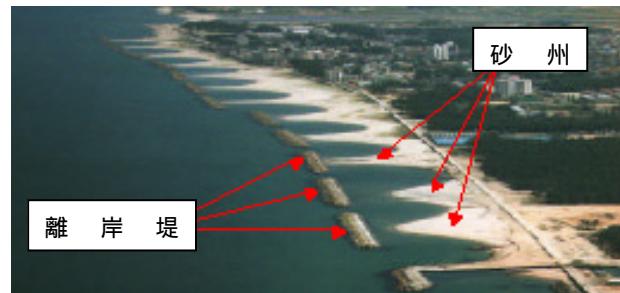


図 1.9.4 離岸堤の設置例

壁型の離岸堤は一般的に砂利基礎のうえにケーソン(潜函)²を形成し、外壁は垂直またはわずかに傾斜をつけて建設される（図 1.9.5）。また、上端は高潮時水位よりも高く、水面より上に突起する。

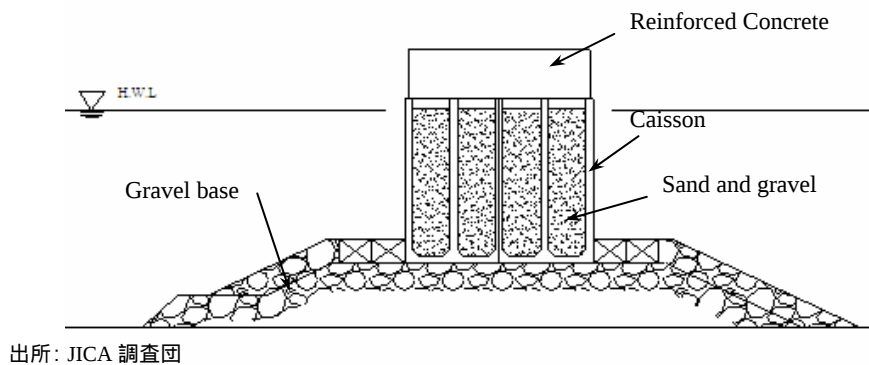


図 1.9.5 離岸堤の断面図 (合成壁型構造)

(2) 防潮堤

防潮堤は海岸線に沿って建設される構造物であり、海岸侵食を食い止めるとともに背後の建造物を保護する役割をもつ。防潮堤は捨石、コンクリートおよび蛇籠をつかって建設されるのが一般的であり、外壁は垂直型、カーブ型、ステップ型、スロープ型が存在する。図 1.9.6 に一般的な防潮堤の断面図を示す。

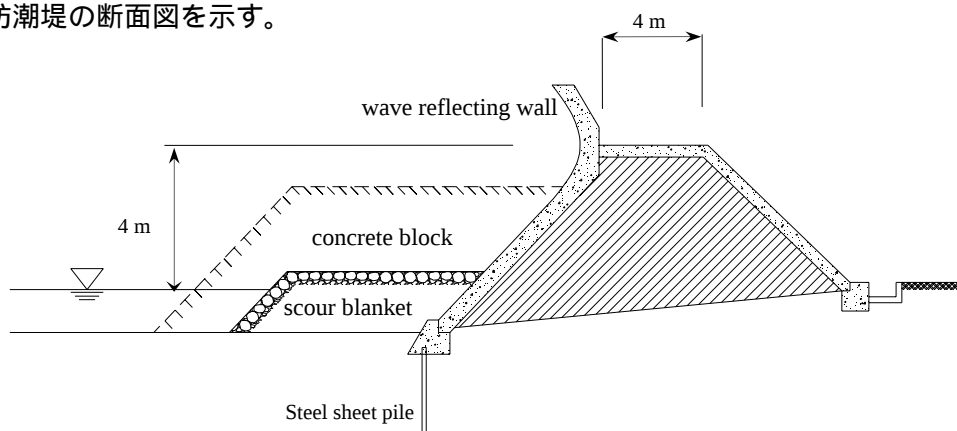
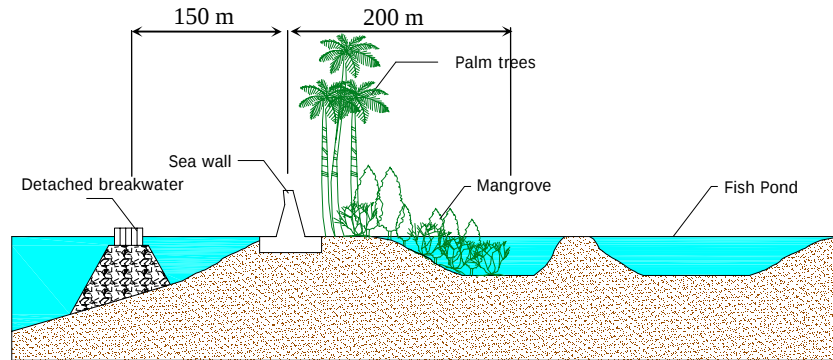


図 1.9.6 一般的な防潮堤の断面図

² コンクリートまたは鉄で作った水密の箱に砂または砂利を詰めたもの。

(3) 海岸防潮林

マングローブ、サゴヤシ、ココナッツ・ツリー等から形成される海岸防潮堤は津波の力を軽減させる効力を有するとともに、人工的な構造物対策の欠点を補う方策の1つであることが知られている。また、防潮堤、防波堤と海岸防潮林の組み合わせにより津波前の環境に近づけていくことができる(図 1.9.7)。



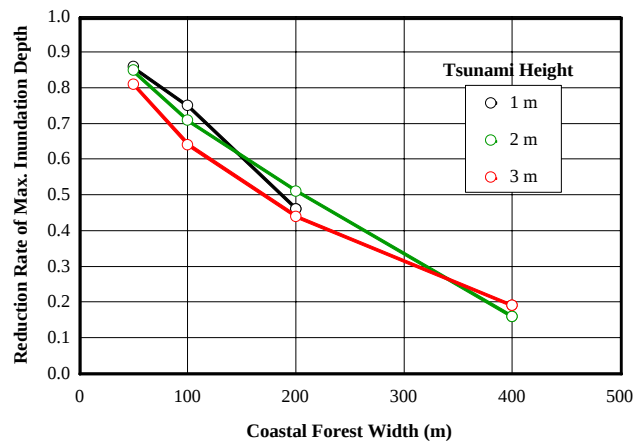
出所: JICA 調査団

図 1.9.7 海岸防潮林の概念図

過去の数値的データに基づいて、海岸防潮林の効果を予備的に検証した調査によれば³、海岸防潮堤は通常 4m を超える津波によって破壊されるが、3m 程度の津波に対しては、幹の直径 15cm の木が 30 本/100 m² の密度を持った防潮林が幅 200m 存在すれば、津波による浸水高を 50-60%、流速を 40-60%軽減することができる(図 1.9.8)。

防潮林の効果を数量的に評価するパラメーターとしては、森林密度、木の幹の太さ、森林幅等があるが、このなかでも津波による浸水高の軽減にもっとも寄与するのは森林幅である。このように、津波による浸水高の軽減を目的とした場合、200m 以上の幅を持った海岸防潮林を形成することが望ましいと考えられる。

将来的に、中小規模の津波に対応した防潮堤が全ての海岸線に建設されるまでの間は、海岸防潮林を離岸堤とともに整備していくことにより、その対策を講じていく必要がある。



出所: Footnote 3

図 1.9.8 海岸防潮林の幅と津波による浸水高の関係

³ Kenji Harada and Yoshiaki Kawata, "Study on the effect of coastal forest to tsunami reduction", Annuals of disaster prevention, Research Institute of Kyoto Univ., No.47C, 2004

(4) 防潮ゲート

津波は高潮となって河川を遡る。2004 年 12 月 26 日の大津波による浸水地域は、沿海部で海岸線から約 3.5km の距離であるのに対し、アチェ川の放水路沿いでは河口から約 6.5km 上流まで遡上して被害をもたらした。また、津波の河川遡上による橋梁崩壊も多く見受けられた。

中小規模の津波に対応し、河川沿いの被害を軽減するため、

アチェ川放水路の河口部には防潮ゲートを建設する必要がある (図 1.9.9)。



図 1.9.9 防潮ゲート

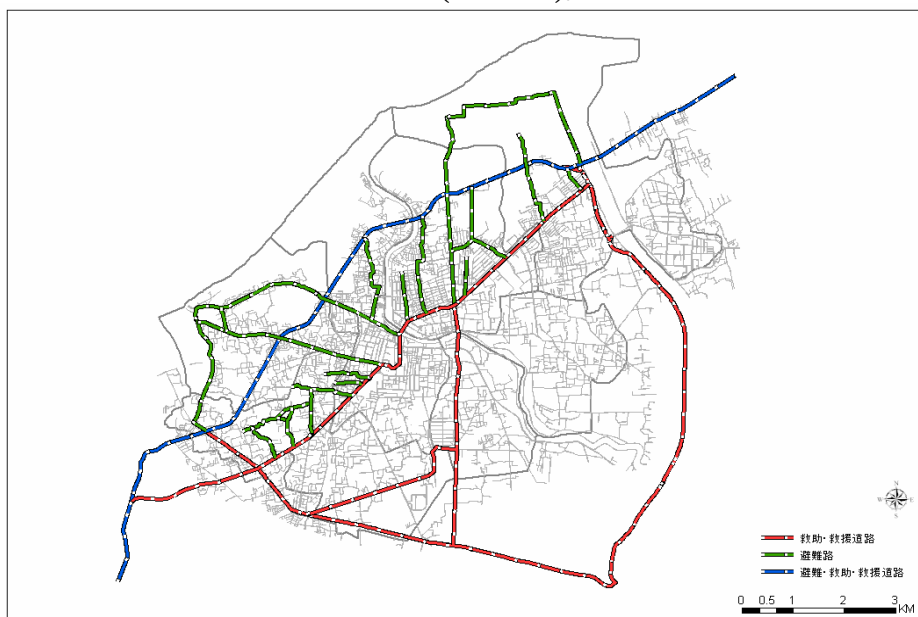
但し、防潮ゲートの建設には多額の費用を要するため、その優先度は他の対策に対して低く設定し、河川沿い地域の開発が進んだ段階で実施する必要がある。

1.9.4 緊急時の施設計画

(1) 緊急時道路網

緊急時道路網は(i) 住民が短時間で災害から逃れることのできる緊急避難道路、および(ii) 避難民に対する迅速な応急処置、救援物資の供給を行う救援道路、から構成される。また、これらの道路網は大きな災害に対する危険性がより少ない市の南方地域への接続を確保するものとする。

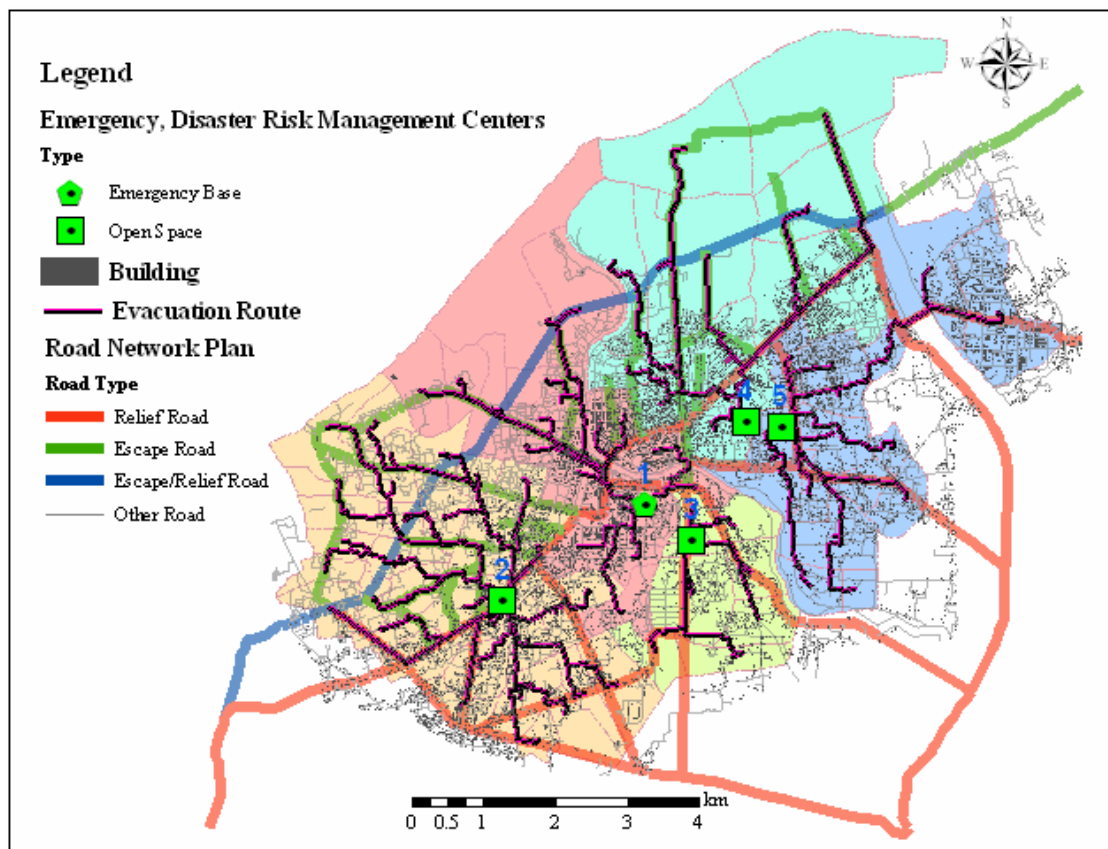
緊急時道路網は災害発生時における迅速な住民避難および政府機関による救援・救助活動の実施を目的として整備を行う。緊急避難道路は住民をより安全な場所に避難させる役割をもつ。また、救援道路は住民の更なる退避および被災住民に対する応急処置、緊急物資の供給を行うために利用される (図 1.9.10)。



出所: ARRIS (GIS) JICA 調査団

図 1.9.10 緊急時道路網

各 Desa から防災基地または緊急管理センターまでを最短距離で移動するための避難道路を GIS を用いたシミュレーションにより検証した。結果を図 1.9.11 に示す。



出所: ARRIS (GIS) JICA 調査団

図 1.9.11 各 Desa からの避難道路

(2) 救援道路

救援・救護活動を迅速な実施を図るため、バンダアチェ市の住居地区周辺道路を市南部および新たに整備される東西、南北の各幹線道路と結び、避難道路と救援道路との接続を確保する。

救援道路については、“フェイル・セーフ”の概念に基づき、市東部に位置する Syiah Kuala 郡と西部の Jaya Baru 郡の双方向から被災地へのアクセスを確保できるよう線形を描く。また、救援道路は市中心部と衛星副中心地区とをベルトライン状に結び、主な防災基地、避難施設へのアクセスを確保する。

(3) 避難道路

避難道路網は救援道路と市を東西に貫く国道との間に整備され、住民が災害発生から短時間のうちに避難することを可能とする。

災害発生時には、住民をより安全な市南部にいかにより迅速に避難させることができるかが最も重要な課題となる。既存のいくつかの南北道路は災害時の住民避難道路として活用されることが考えられる。また、夜間の避難も想定し、標識と誘導灯を整備する。

市から最も近い断層において地震津波が発生した場合、住民の避難にあてられる時間は非常に短い。したがって、避難道路沿いに存在する、ある程度の高さをもつビル、タワーには野外に公共階段を設置して緊急の避難場とする。

緊急時の避難ビル、タワー、橋の位置と必要個数については、人口分布、避難道路網、および各住居からの距離を考慮して検討をおこなう。人間が徒歩で避難を行える距離は半径 900m と予測される(老人、子供、障害者の歩行平均速度を 1.0 m/sec. とみた場合、移動に 15 分かかる計算)。

(4) 緊急避難施設

緊急避難施設は次の 4 つから構成される (i) 避難ビル、(ii) 避難橋、(iii) 避難広場、(iv) 公園。

各避難施設については、以下の機能と利用期間を想定した(表 1.9.2)。

表 1.9.2 緊急避難施設の種類と求められる利用期間、機能

	避難施設	利用期間	機能
1.	避難ビル	一時的 (半日から 1 日)	• 津波浸水からの一時的な避難。
2.	公共施設の緊急時 利用	短期 (2 ~ 3 日)	• 津波発生直後の住民の収容。
3.	避難広場、公園	中長期 (1 ~ 2 ヶ月)	• 政府機関、NGO による救援・救助活動の 基地 • 避難民に対する住居(テント)の提供
4.	仮設住宅	長期 (2 ヶ月以上)	• 公用地における仮設住宅の提供

(a) 避難ビル

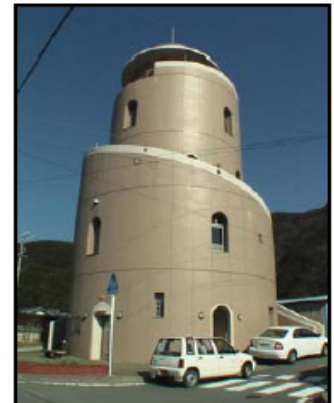
緊急避難時に逃げ遅れた住民は、避難道路沿いに設けられる避難ビルに避難する。避難ビルには住民が道路から直接屋上に逃げられるよう、平らな屋上をもつビルに野外階段を設置することで整備を図る。避難ビルに求められる屋上高さは、2004 年 12 月 26 日の津波を参考とすれば、沿岸地域で 10m、国道周辺で 2m と推測される。

避難ビルは津波および地震の双方に耐えるものでなければならない。学校、モスク、市場、賃貸アパート、フェリーターミ

ナル等が避難ビルの候補となる。また、既存の民間ビルも避難ビルの候補となる。沿岸地区においては、10m を超える建物が存在しないことから、漁師や観光客の避難場所を考え、避難タワーを建設することも検討される (図 1.9.12)。

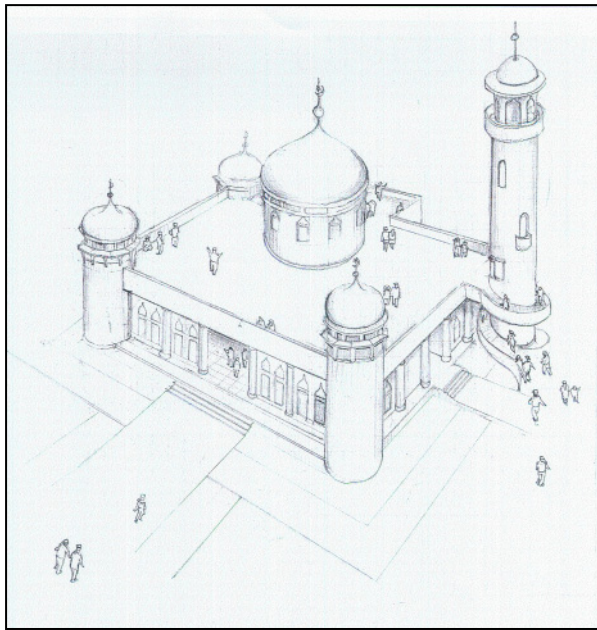
また、既存のモスク、学校、公共施設、ショッピングセンターの屋上を平らにし、野外階段を取り付けることによって、避難ビルとして改築するといった行政指導も必要である。

モスクおよび学校の改築プランを図 1.9.13 に示す。学校校舎の場合、2 階を災害時対応のための倉庫として利用することも可能である。必要となる避難施設の位置を図 1.9.14 に示す。

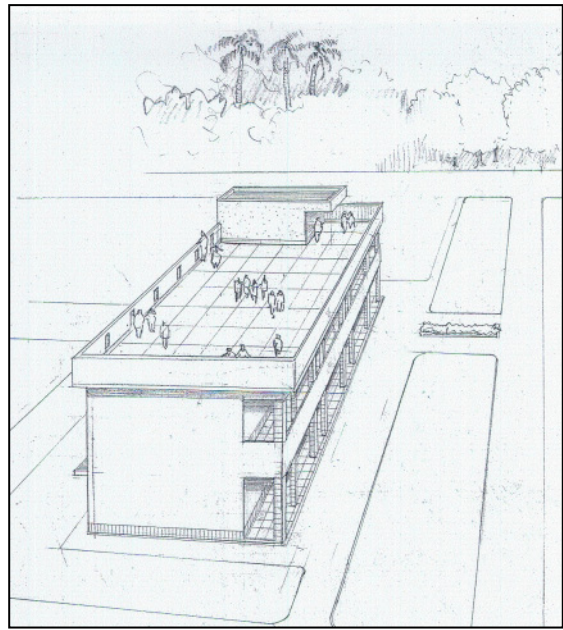


出所：Guideline for tsunami-escape building, 2005

図 1.9.12 避難タワー



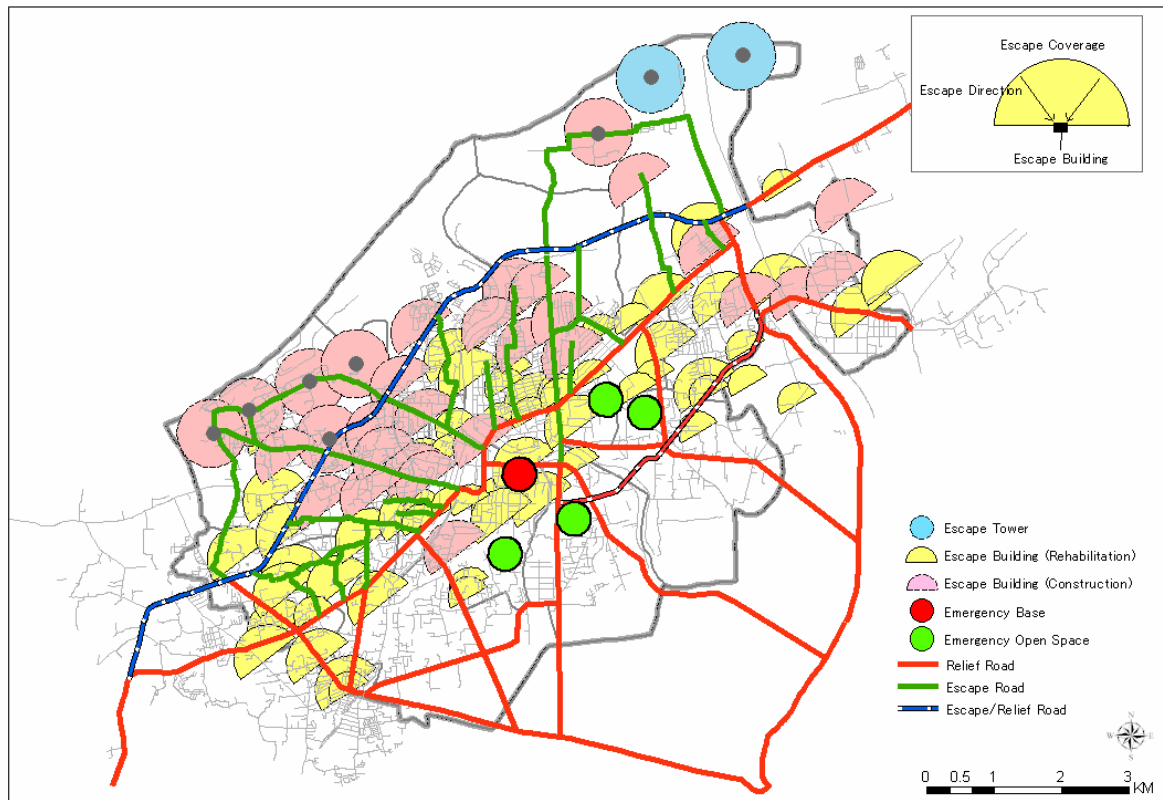
a) モスクを活用した避難ビル



b) 学校を利用した避難ビル

出所: JICA 調査団

図 1.9.13 避難ビル

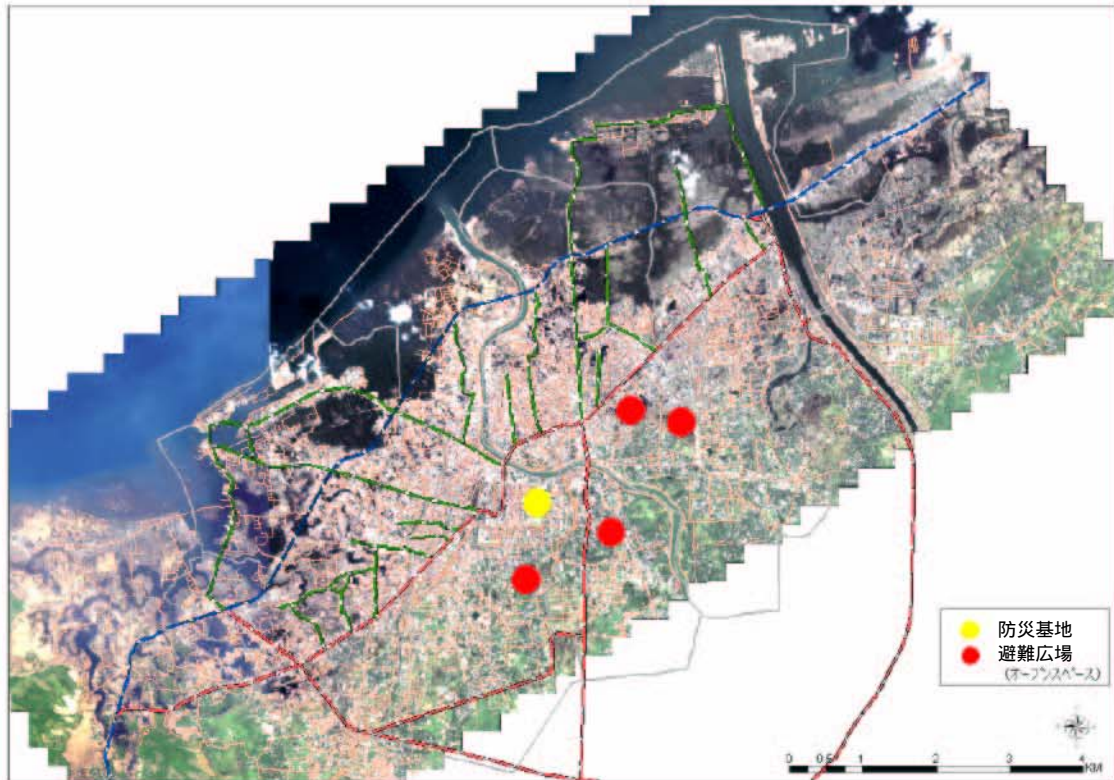


出所: ARRIS (GIS) JICA 調査団

図 1.9.14 緊急避難施設の位置図

(b) 防災基地および避難広場

防災基地および避難広場は住民の避難場所としてのみならず、救援・救護活動ならびに仮設住宅提供の拠点として活用される。図 1.9.15 に位置図を示す。



出所: ARRIS (GIS) JICA 調査団

図 1.9.15 防災基地および避難広場位置図

防災基地は次の条件を満たす必要がある。(i) 幹線道路沿いに位置する、(ii) 潜在的災害危険地区に隣接している、(iii) 市中心部および副中心地に近い。防災基地は、通常の非災害時には市の行事やイベントを行う会場として利用されるが、災害発生時には緊急救援・救助活動および情報収集・発信の中心拠点となり、これらの活動にかかる運営・管理は市が行う。防災基地の建物は平らな屋上と野外階段を設置するとともに、上階には災害発生時に利用できる十分なスペースと設備を整備する。

オープンスペースを利用した防災広場においては、避難住民へのテント住宅および仮設住宅の提供を行う。また、各 Desa にあるモスクを防災広場として活用することも検討する。

市南方の救援道路沿い存在する低地帯も、土地を嵩上げすることによって緊急時の避難広場として利用することが可能である。

(c) 防災市民公園

2004 年 12 月 26 日の大津波は、バンダアチェ市において 70,000 人を超える死者・行方不明者をだした。大惨事を招いた大きな原因のひとつに、住民の地震津波に対する知識不足があった。

住民に対する防災啓蒙、教育活動の効果向上を目的とし、以下の機能を備えた防災市民公園を設置する。

- a) 住民教育 : 津波被害の恐ろしさは世代を重ねるごとに薄れていくと考えられる。津波の恐ろしさを後世に伝え、住民の地震津波に対する危険性意識を保持していくことを目的とし、2004 年の大津波に関する科学的情報および市の防災システムを展示した博物館を建設する。
- b) 避難広場 : 市民公園には災害時の必需品を備え、緊急避難所の一部として利用する。
- c) レクリエーション : 市民公園は通常の大災害時には市民および観光客にレクリエーションおよび休息を与える憩いの場として利用される。
- d) 記念公園 : 墓地周辺に津波による犠牲者を追悼する記念公園を建設する。

防災市民公園の位置図およびパースをそれぞれ図 1.9.16、図 1.9.17 に示す。

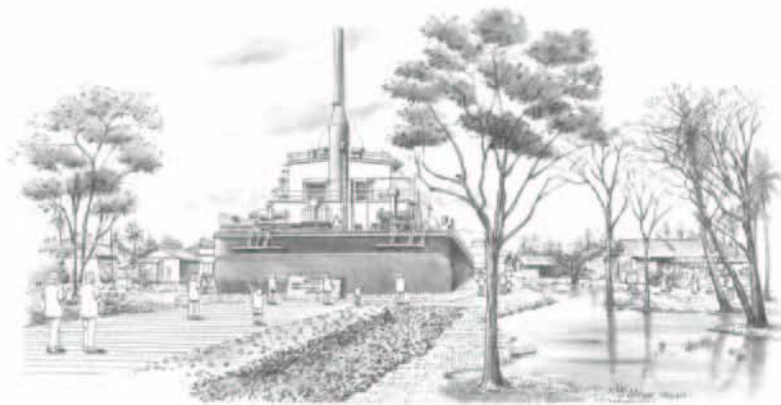


出所: JICA 調査団

図 1.9.16 防災市民公園の位置図



a) City Park utilized a Big Tree as a Symbol (Big Tree)



b) City Park utilized PLN barge (Big Ship)



b) City Park located in low-lying Areas (Tsunami Park)

出所: JICA 調査団

図 1.9.17 防災市民公園に関するパース