

二線堤による津波被害軽減効果に関する実験的研究

1. 研究の目的 東北地方太平洋沖地震津波は多くの地域の海岸堤防を破壊・越流し、氾濫域に大きな被害を及ぼした。その後の復興・防災計画においては、二段階津波の概念が導入され、レベル2津波に対しては海岸堤防や二線堤、土地利用、避難などによる面的で総合的な減災策が必要となる。本研究では、特に二線堤による減災効果に着目し、断面二次元水槽を用いた模型実験に基づきその特性を分析することを目的とした。

2. 研究内容 実験は断面二次元水路(図-1)を用いて行い、縮尺 1/200 を想定して高さや法面勾配の異なる海岸堤防および二線堤模型をアクリル板で作成して配置した(図-2)。二線堤の配置を変えた 5 タイプの実験条件(図-3)に対し、それぞれ 3 段階の異なる高さの段波を作用させ、水路内の 4 地点における水位変動を波高計で計測するとともに氾濫域における流動をハイスピードカメラで撮影した(図-1, 図-4)。取得画像は水平面直角座標上の画像に座標変換し、次に示す手順で氾濫域における水深および流速の時空間分布の推定を試みた。固定床を白色アクリル板で形成し、水を青く着色することにより、氾濫域における水面を上から撮影した画像の輝度値に基づき時々刻々の水深の平面分布を推定した。また表層にスチロール粒子を浮遊させてトレーサーとし、PIV を用いて表層流速の平面分布を求めた。水面の乱れやトレーサー粒子の偏りに伴う水深および流速の推定値の擾乱を除くため、水深推定時には時空間方向にフィルター処理を施し、流速推定時には検査領域の輝度値分布の標準偏差や最大相互相関係数の大きさを判定基準として信頼性の低い流速推定値を除去した。得られた水深および流速の時空間分布に基づき、異なる二線堤の配置に対する減災効果の違いを浸水開始時間や家屋に作用する流体力を指標として比較した。

3. 主要な結論 (1)津波が海岸堤防を越流し始めてから浸水深が 30cm(現地スケール)となるまでの時間を浸水開始時間と定義し、最も大きな津波を作用させた場合における浸水時間の平面分布を比較した(図-5)。海岸堤防と平行に距離を変えながら二線堤を配置した Type1~3 においては、二線堤の背後における浸水開始時間に大きな違いは見られなかった。これに対し Type4 および Type5 では、設置位置がほぼ同じ Type 2 と比べて陸側(図の右側)での浸水開始時間が遅くなった。(2)林ら(2012)と同様に、水深と流速の自乗の積に比例する流体力に相当する物理量の最大値を建物被害の指標として定め、浸水深と同様にもっとも大きな津波を作用させた場合における流体力の平面分布を比較した(図-6)。浸水深と同様に Type1~3 では二線堤周辺の射流域を除き、氾濫域での最大流体力の分布には大きな違いは見られなかったが、特に海岸堤防と二線堤の間では、両者の距離が短くなるほど最大流体力の継続時間は短くなることが確認された。Type4 および 5 では、陸側に張り出した堤防の背後(図の上側)で最大流体力が顕著に低減し、その反対側(図の下側)で増大した。図-6 に示した地点 A, B における Type2 および 4 で計測した水深、流速、流体力の時系列を比較すると(図-7)、海岸堤防に対して二線堤の角度を斜めに設置した Type 4 では、A 点において水深および流速が共に低減し、結果として流体力も低減しているのに対し、B 点では流速には顕著な違いがないものの、水深が増大しており、結果として流体力が増大していることが分かった。(3)作用させた 3 段階の中で最も小さな段波を作用させたケースでは、海岸堤防と二線堤との距離と越流量には明確な負の相関が見られ、また Type4 や 5 では、図-4 に見られるような陸側に張り出した二線堤周辺への氾濫流の集中し、その陸側で越流量が増大するなど、津波の規模により、氾濫流の減災効果の局所的な特性に違いが生じることなどが明らかとなった。

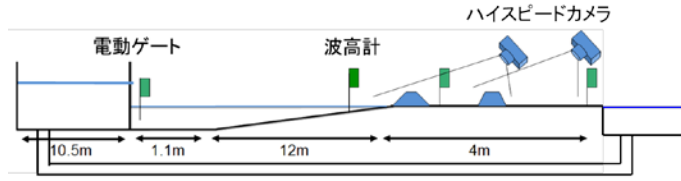


図-1 実験装置

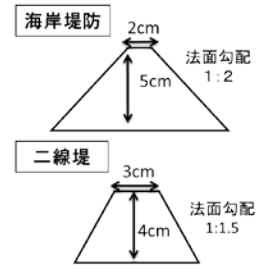


図-2 堤防断面図

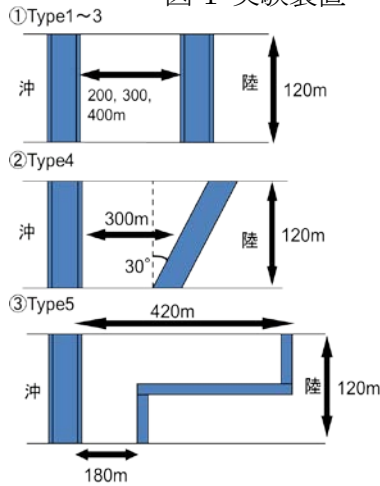


図-3 実験条件(現地スケールに換算)

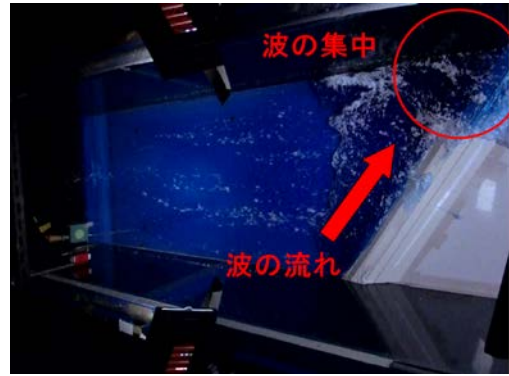


図-4 撮影画像例(Type4)

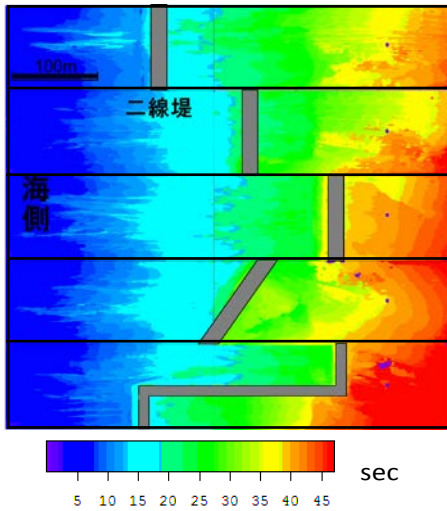


図-5 浸水開始時間の平面分布

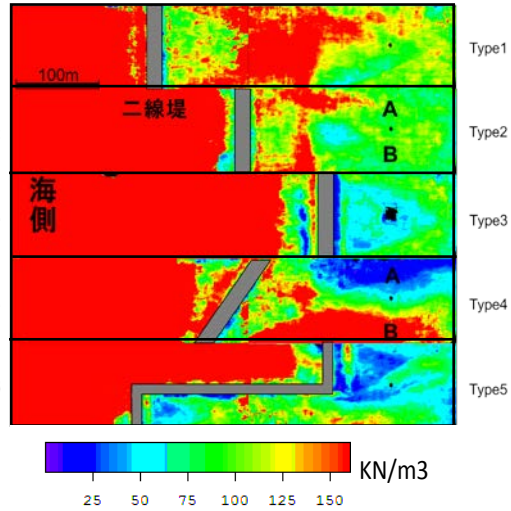


図-6 最大流体力の平面分布

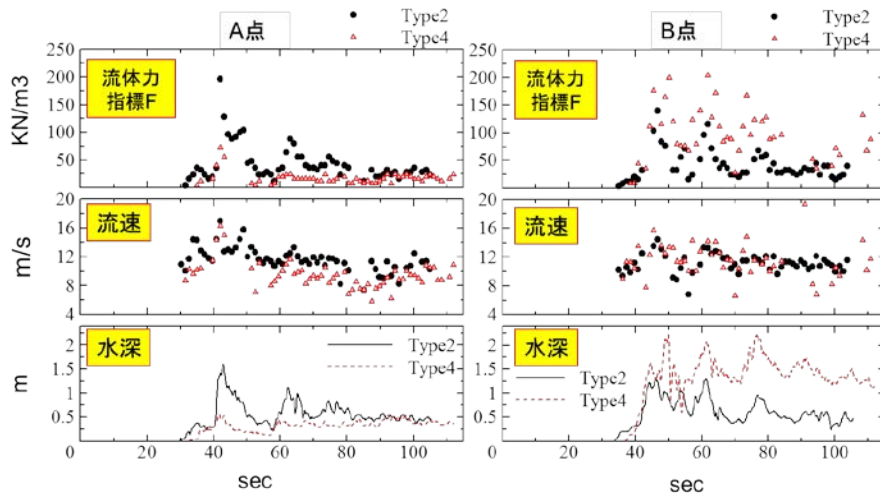


図-7 A点・B点における抗力・流速・水深の時間変化