

構造物に対する津波作用の 研究と今後の展望

国土交通省 国土技術政策総合研究所

危機管理技術研究センター 地震防災研究室

報告の内容

研究の背景と目的

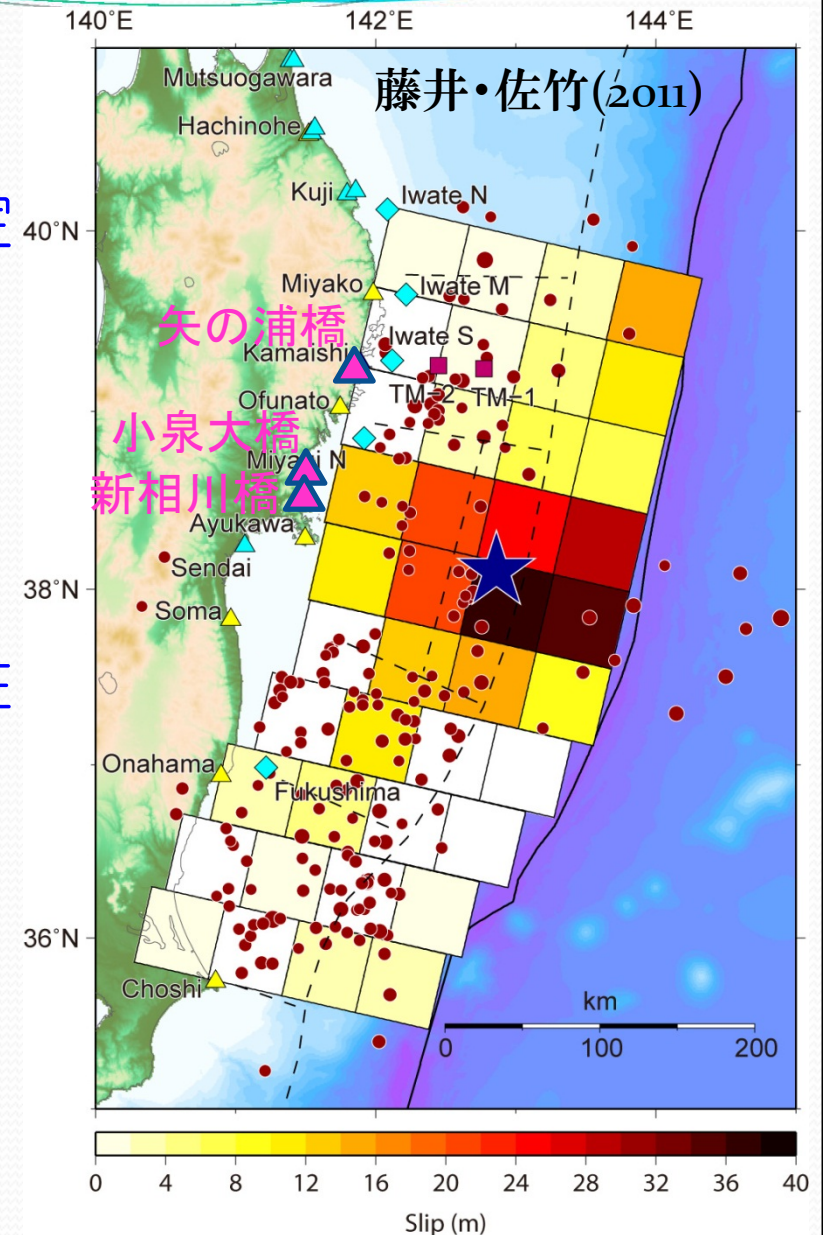
1. 道路橋に作用した津波の推定

- ケース1：小泉大橋
- ケース2：新相川橋
- ケース3：矢の浦橋

2. 道路橋に作用した津波の特性

- 作用力と抵抗力の比較
- 浸水深の時間変化
- 流速の時間変化

3. まとめと今後と展望



研究の背景と目的

土研CAESAR提供

津波が桁の高さまでに達し、支承が破壊して上部構造が流出した橋



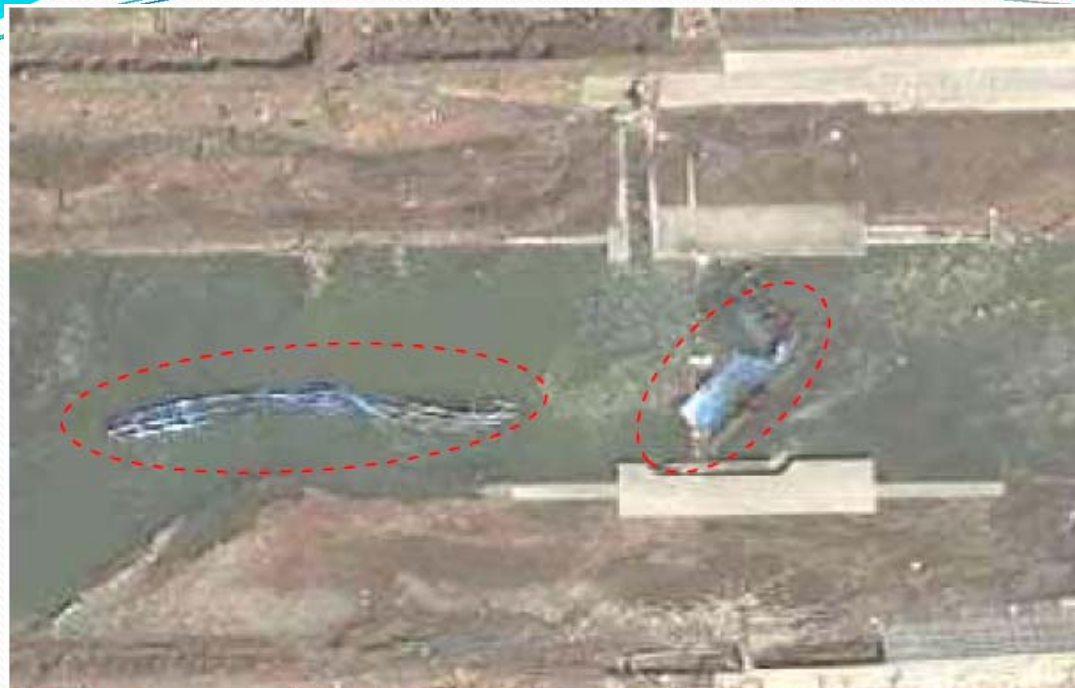
津波が桁の高さまでに達したが、
上部構造が流出しなかった橋



研究の背景と目的

- 東日本大震災では橋の上部構造の流出が多発
 - 従来の設計では、津波の影響を特別には考慮せず
 - 影響が避けられなくとも工夫して減災できないか？
そのために設計はどうあるべきか？
- 設計で用いる津波作用の提案
- 道路橋には実際にどのような津波が作用したのか？
数値シミュレーションで被災の有無、程度を再現
- 推定される津波の特性は？

ケース1：小泉大橋（宮城県気仙沼市）



小泉大橋

400m流出した桁

国総研資料646号／土研資料4202号より

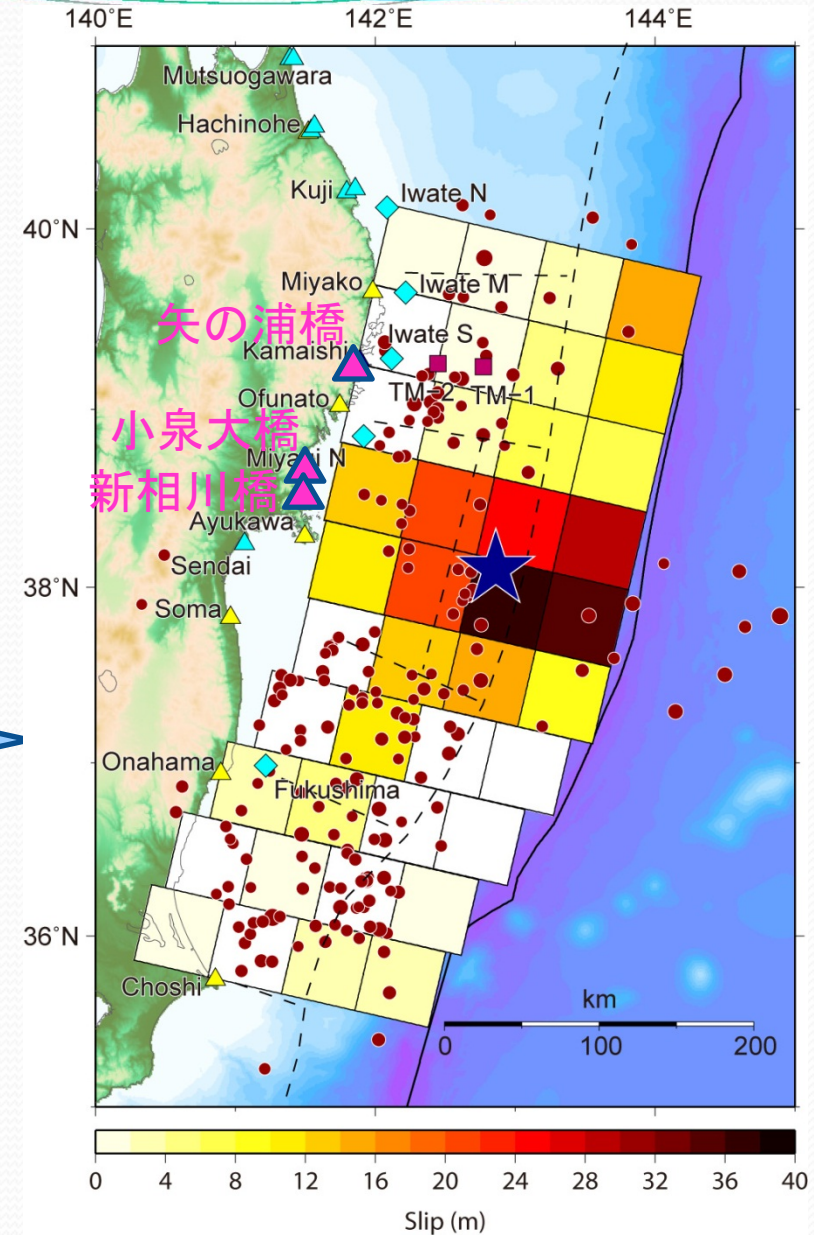
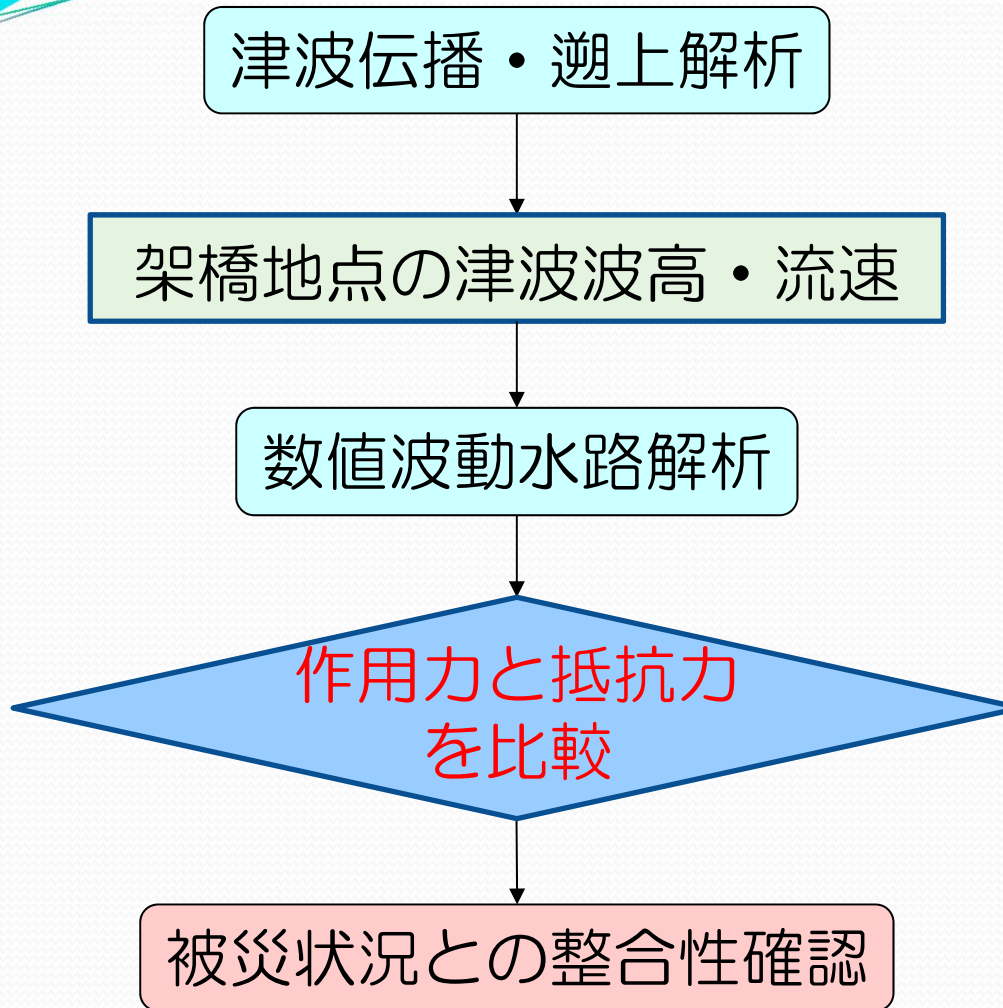
ケース1：小泉大橋（3径間連続鋼桁 S47指針）

東日本大震災調査報告会資料

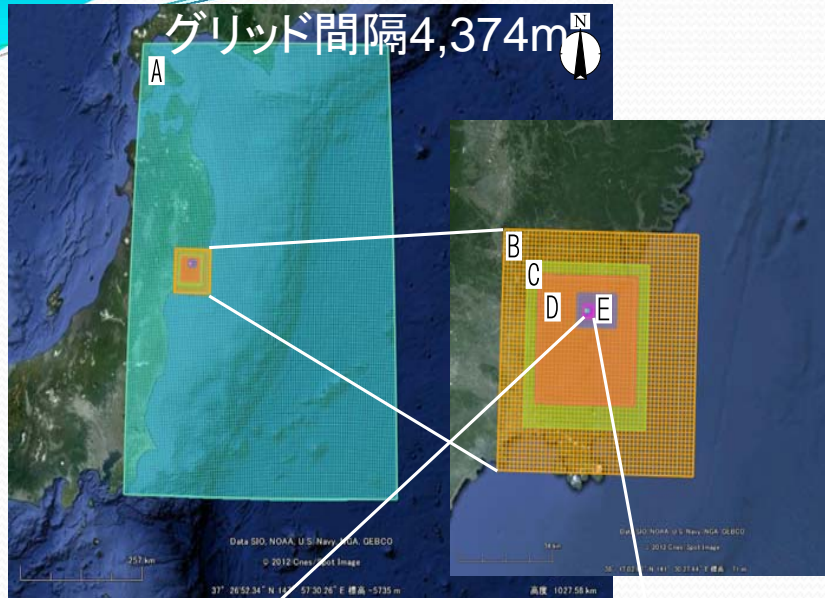


作用した津波の推定手順

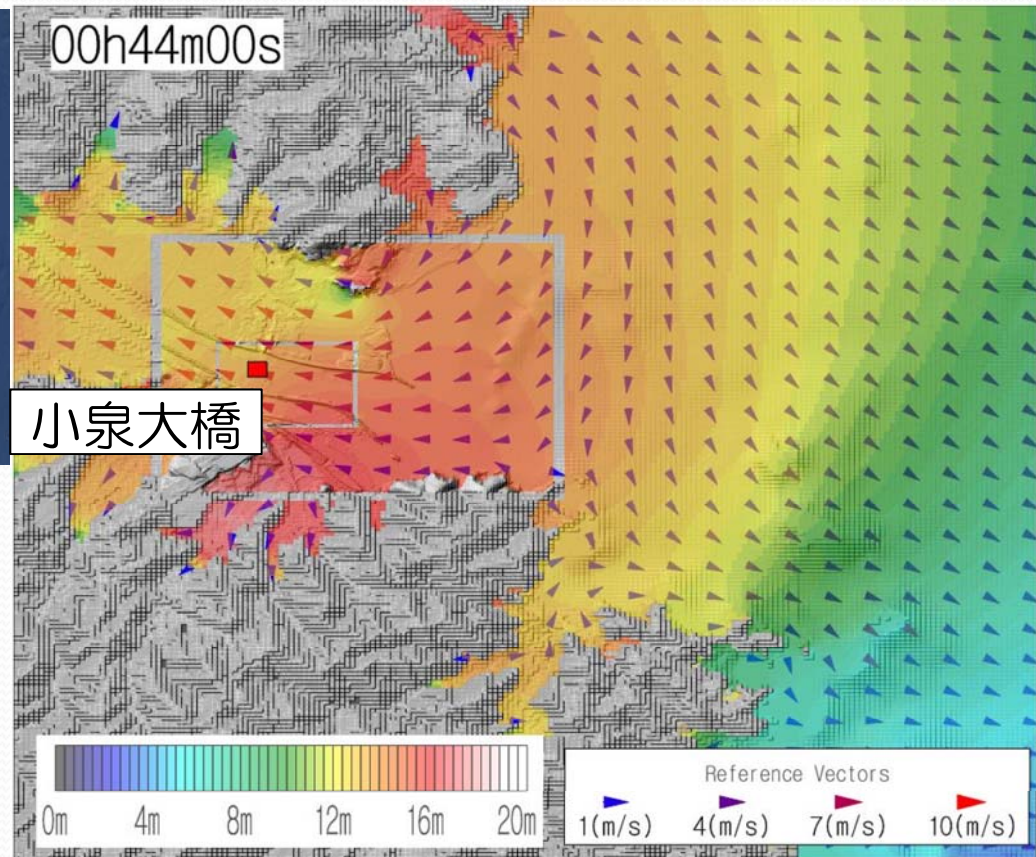
藤井・佐竹Ver.4.6(2011)



津波伝播・遡上解析（藤井・佐竹モデルVer4.6を改変）

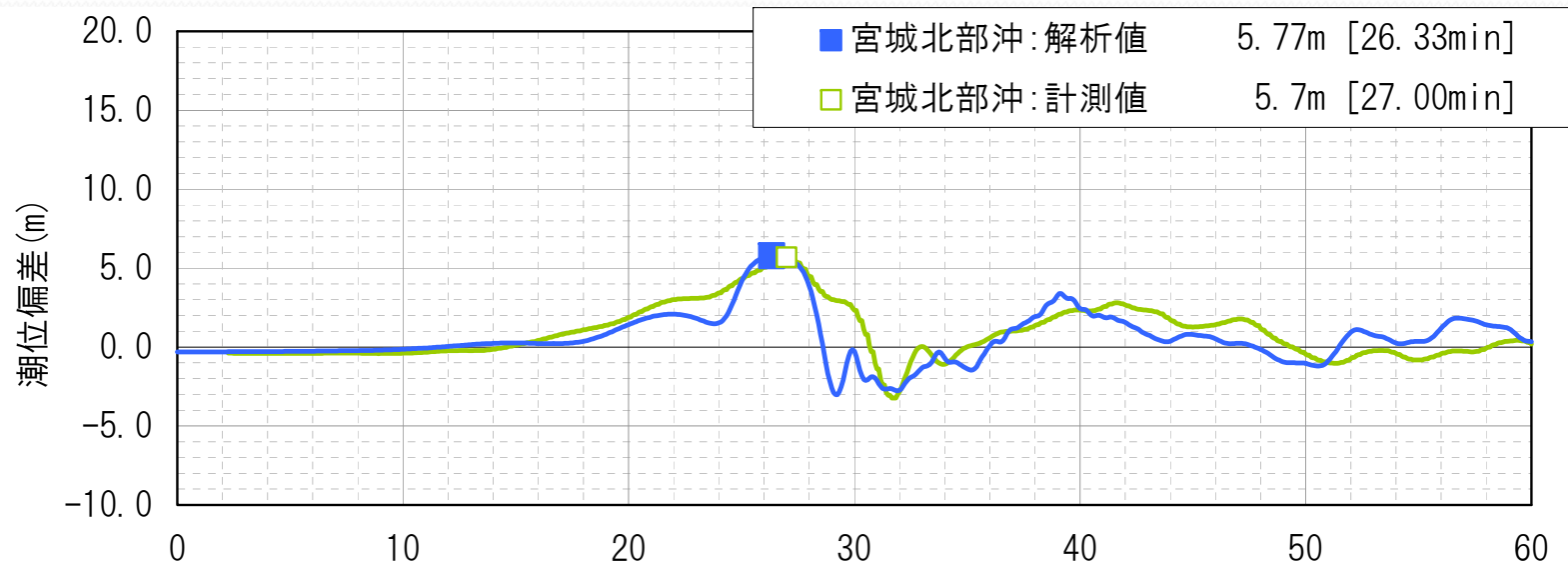


地震・津波発生41分後（波高最大）

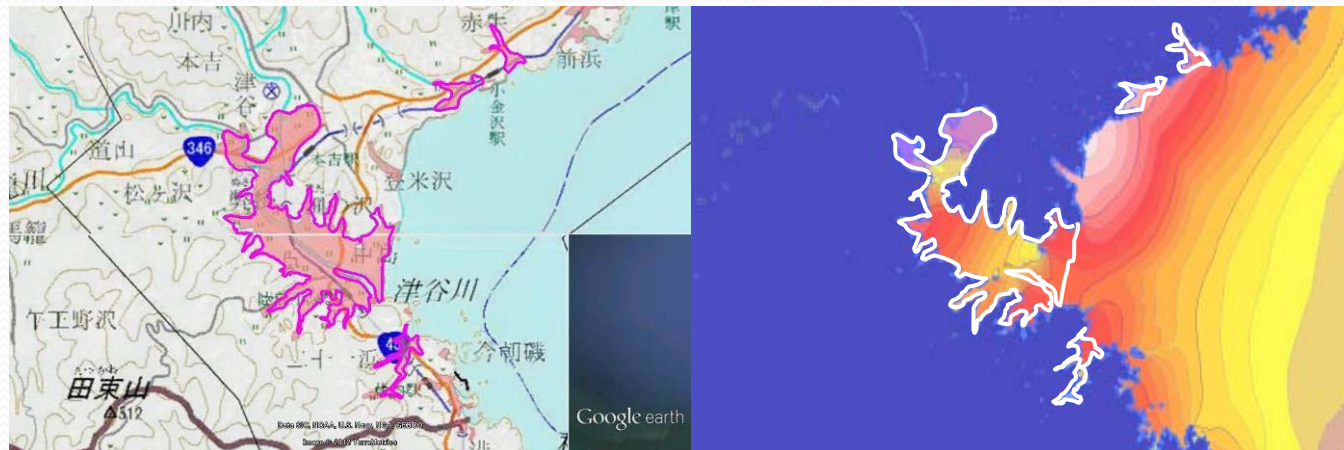


津波伝播・遡上解析の検証

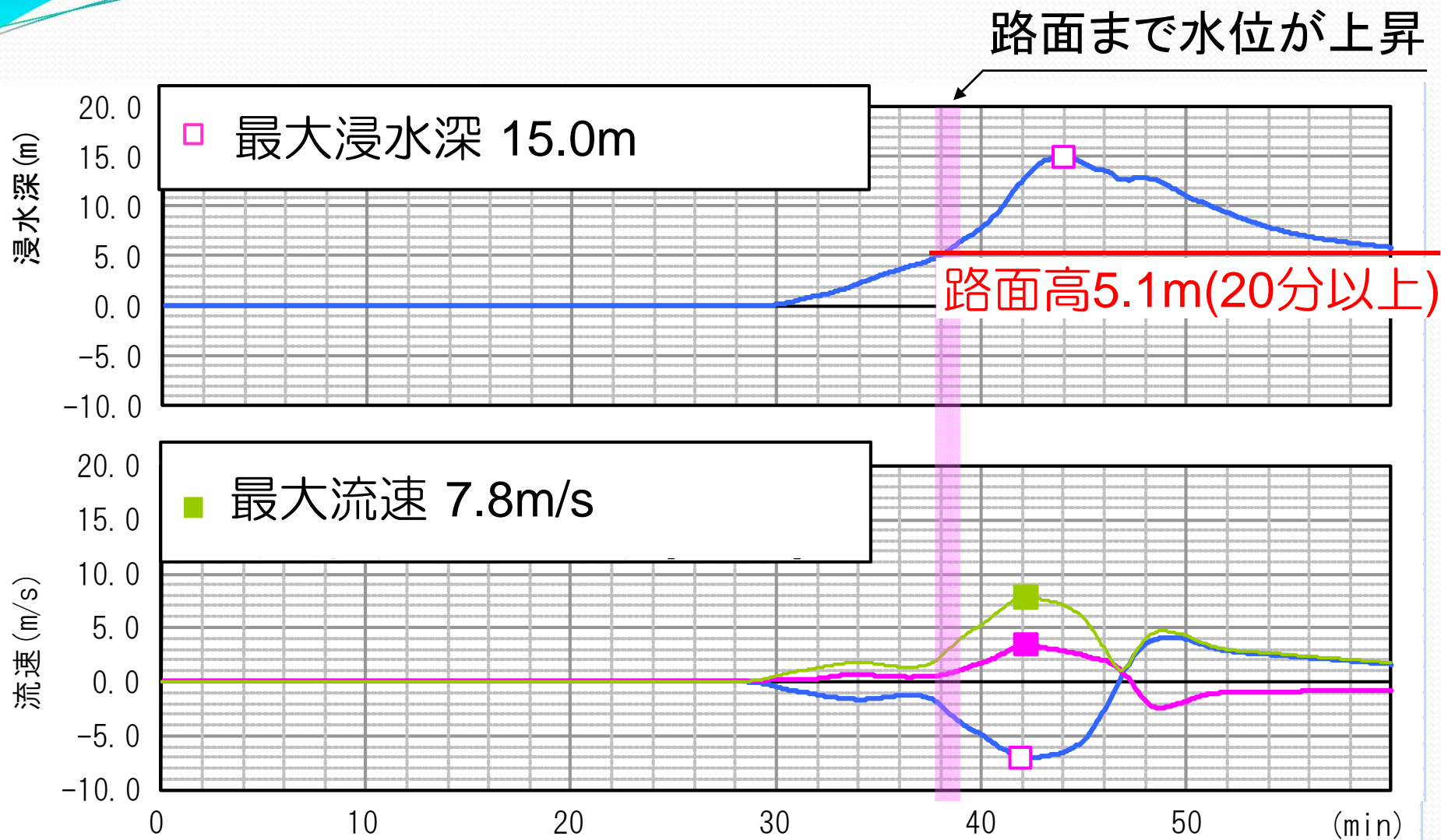
GPS波浪計の計測値との比較



国土地理院の浸水域との比較

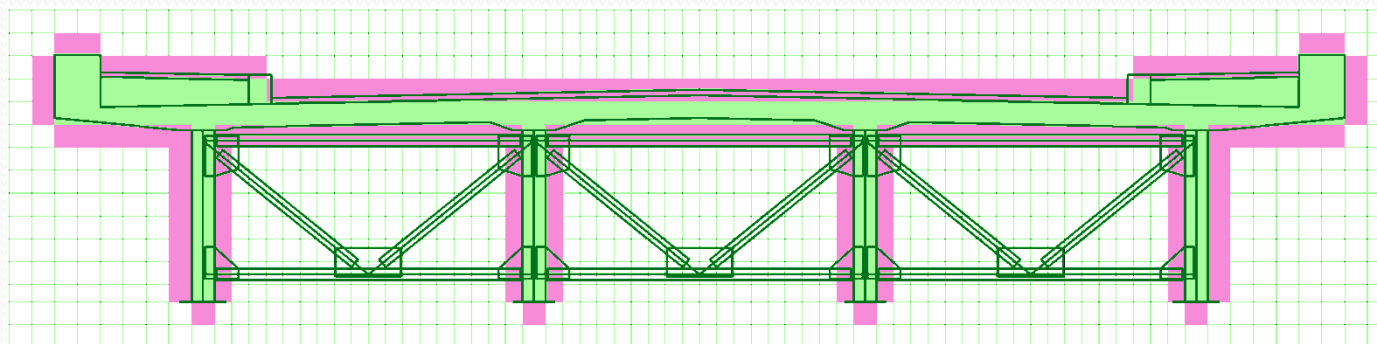


小泉大橋に作用した津波の推定結果

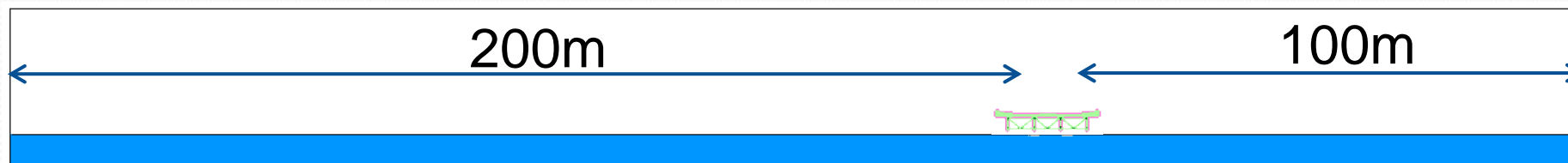


数值波動水路解析 (CADMAS-SURF)

上部構造



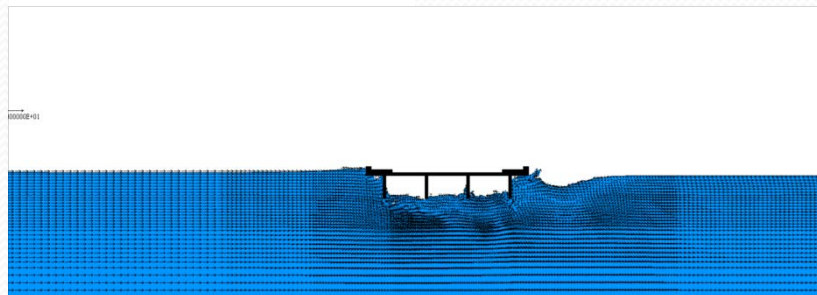
数值波動水路全体



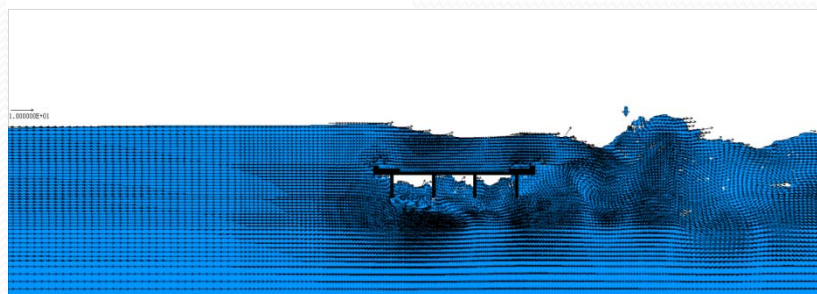
作用力と抵抗力の比較

作用力 < 抵抗力

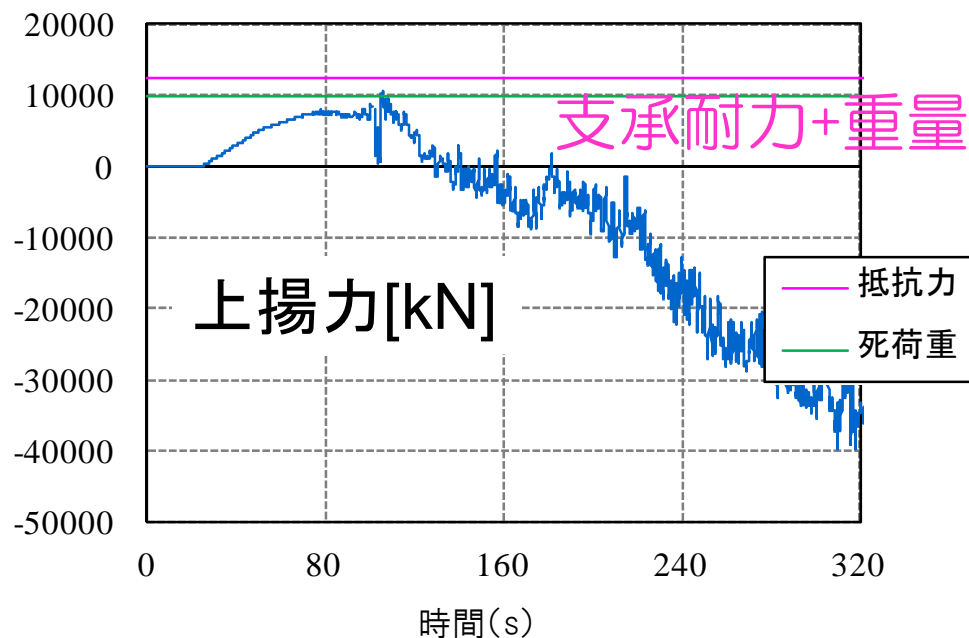
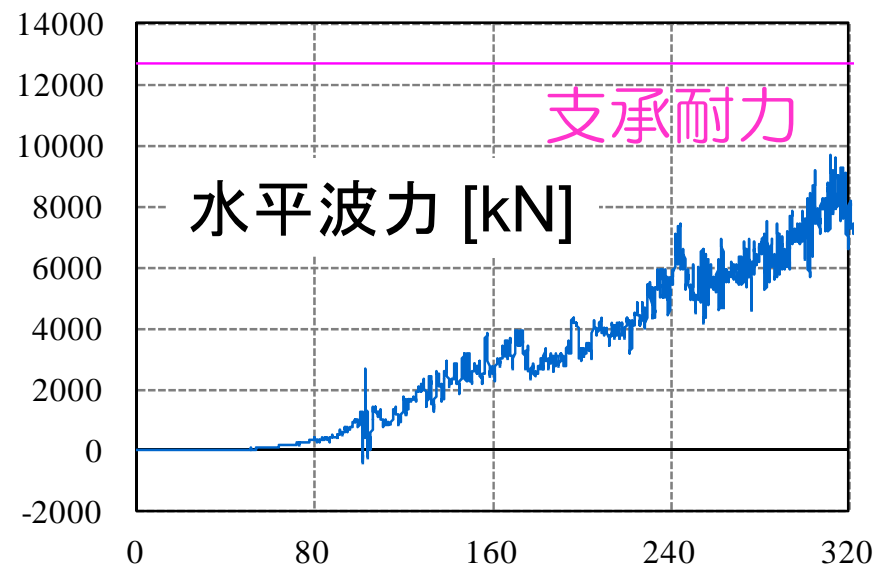
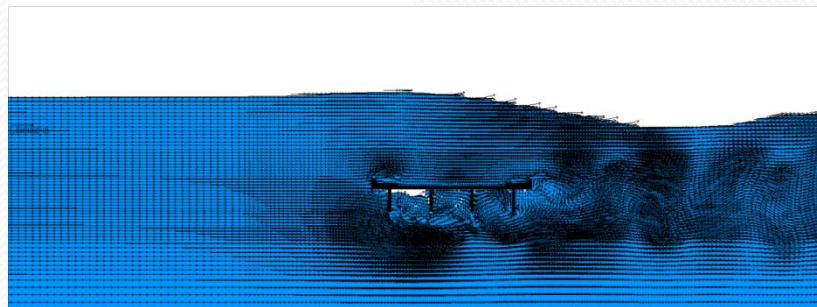
造波100秒後



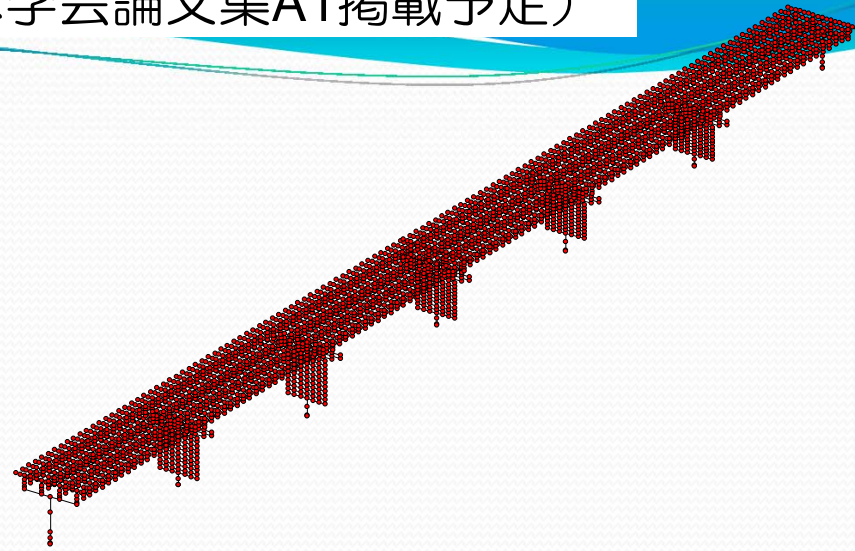
造波200秒後



造波300秒後



被害再現解析の手順 (土木学会論文集A1掲載予定)



数値解析モデル作成

地震応答解析

本震の地震動推定

余震観測

津波応答解析

数値波動水槽解析

津波伝播・遡上解析

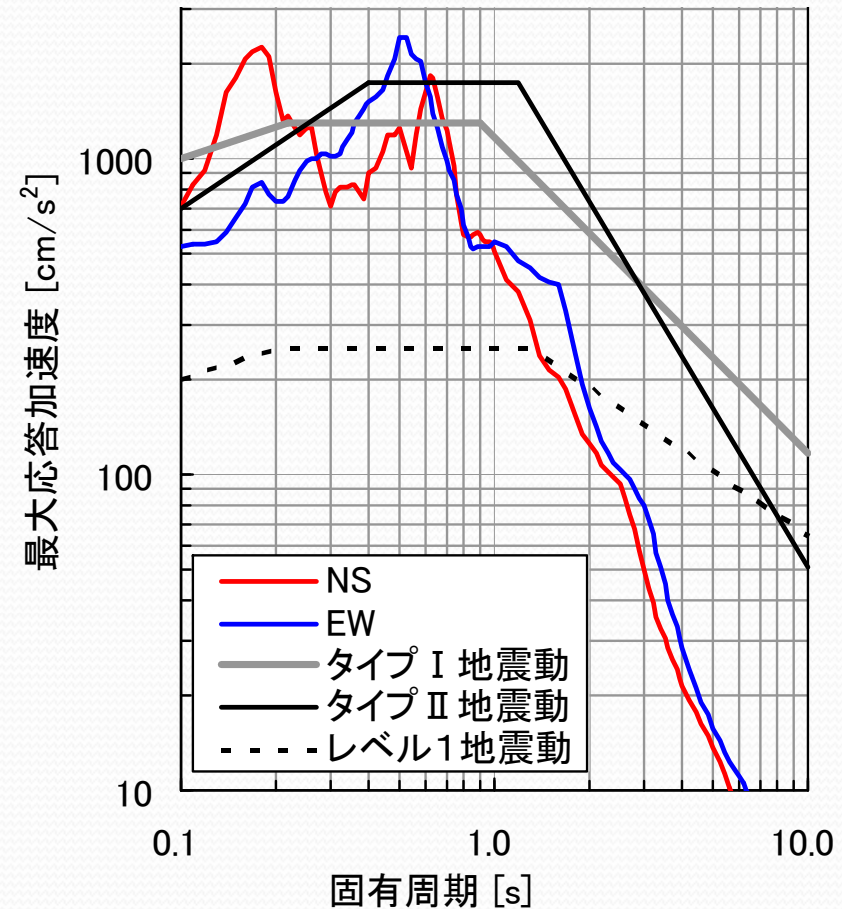
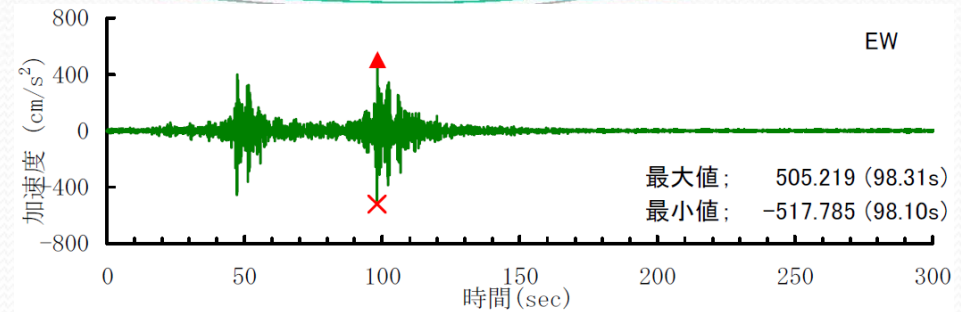
被災状況との整合性確認

本震の推定地震動による地震応答解析

橋の耐震性に影響の
大きい周期帯では
レベル2地震動以下
レベル1は超過

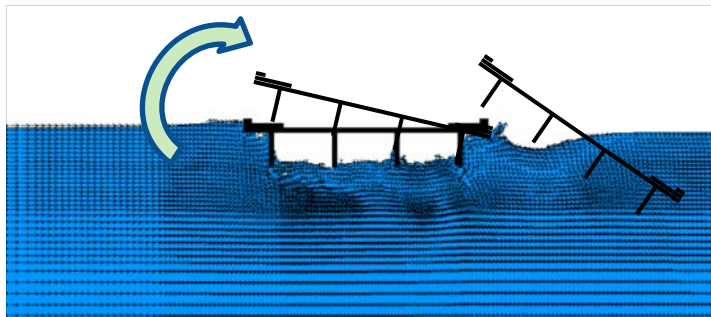
地震応答解析の結果、

- ① 支承の降伏耐力を超える
地震力が作用
- ② P3橋脚が塑性化



解析結果と被災状況の比較

- ①地震作用により大部分の支承が損傷
- ②地震作用によりP3橋脚基部が塑性化
- ③津波作用により全支承が損傷、P3橋脚せん断破壊



地震動の影響、支承の各個撃破で被害状況を説明可能

ケース2：新相川橋（宮城県北上町）

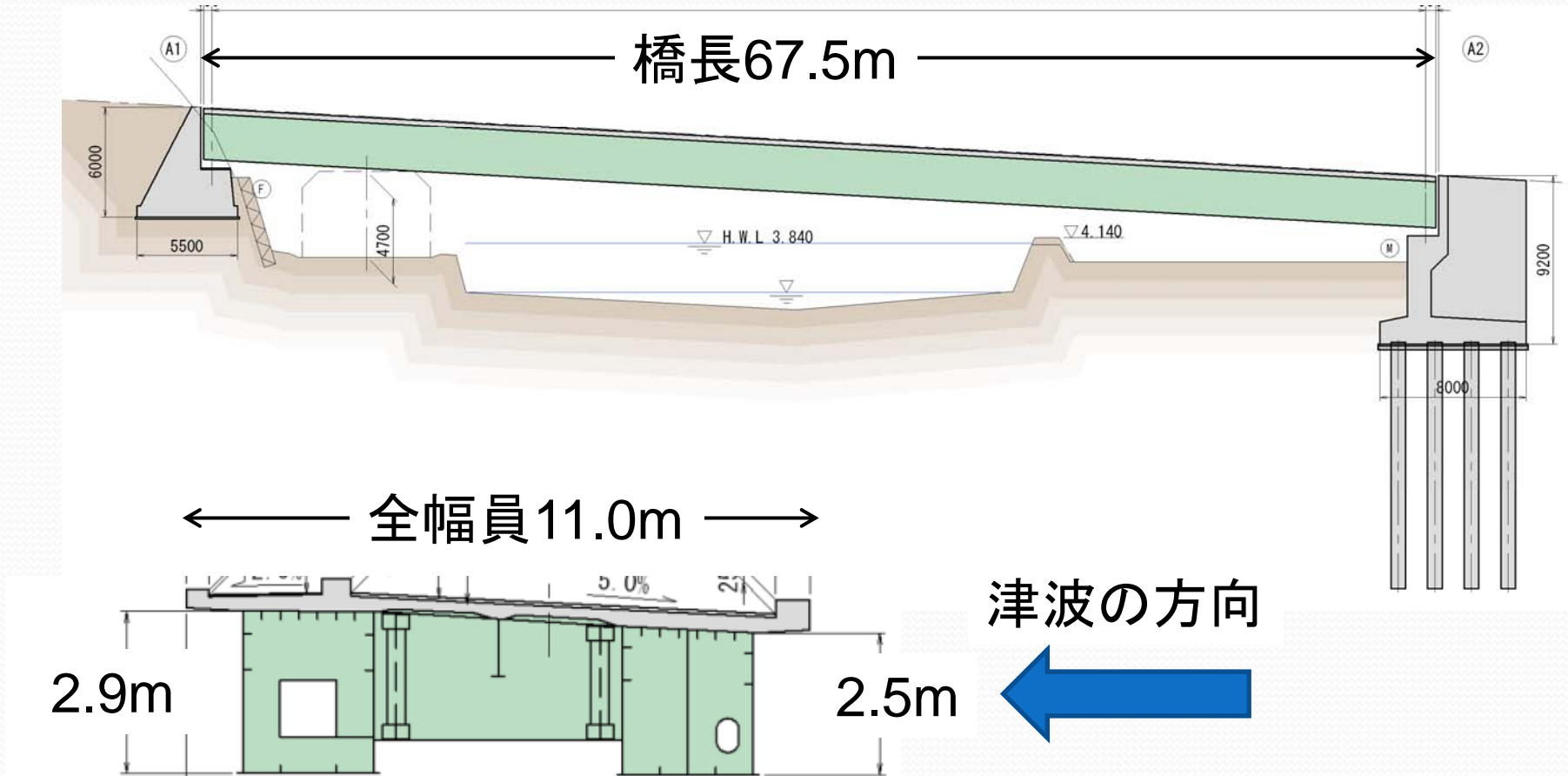


上部構造が引き波で500m流出

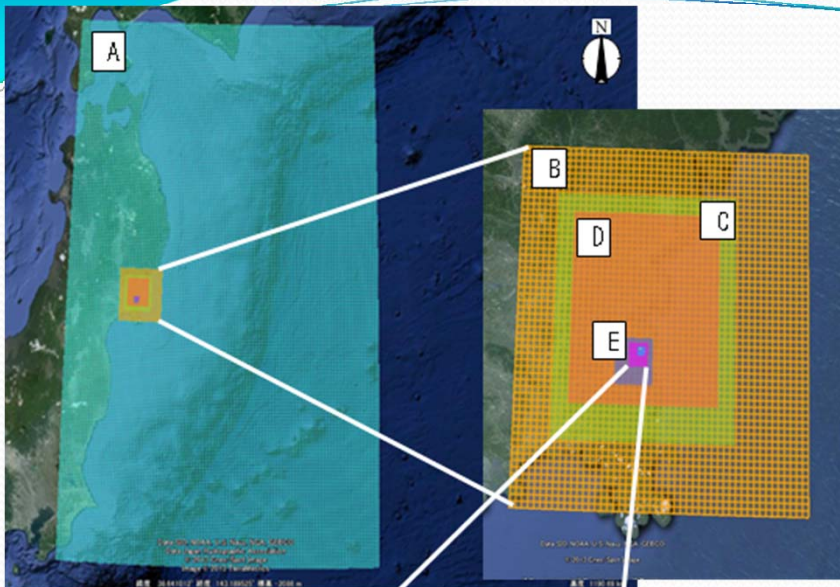


Google earth

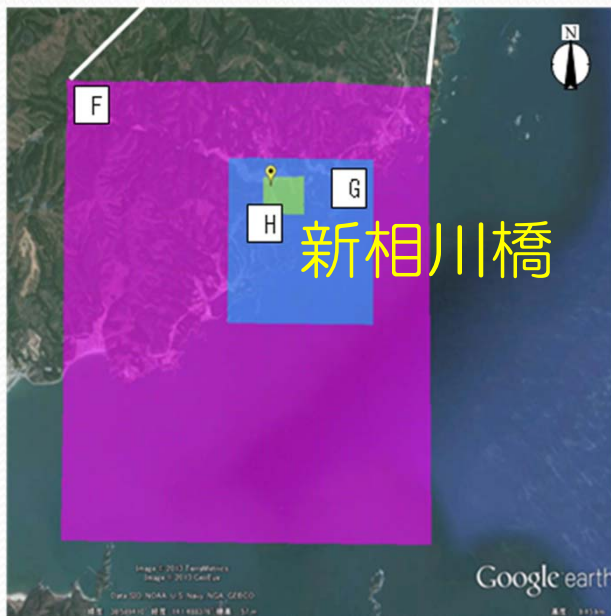
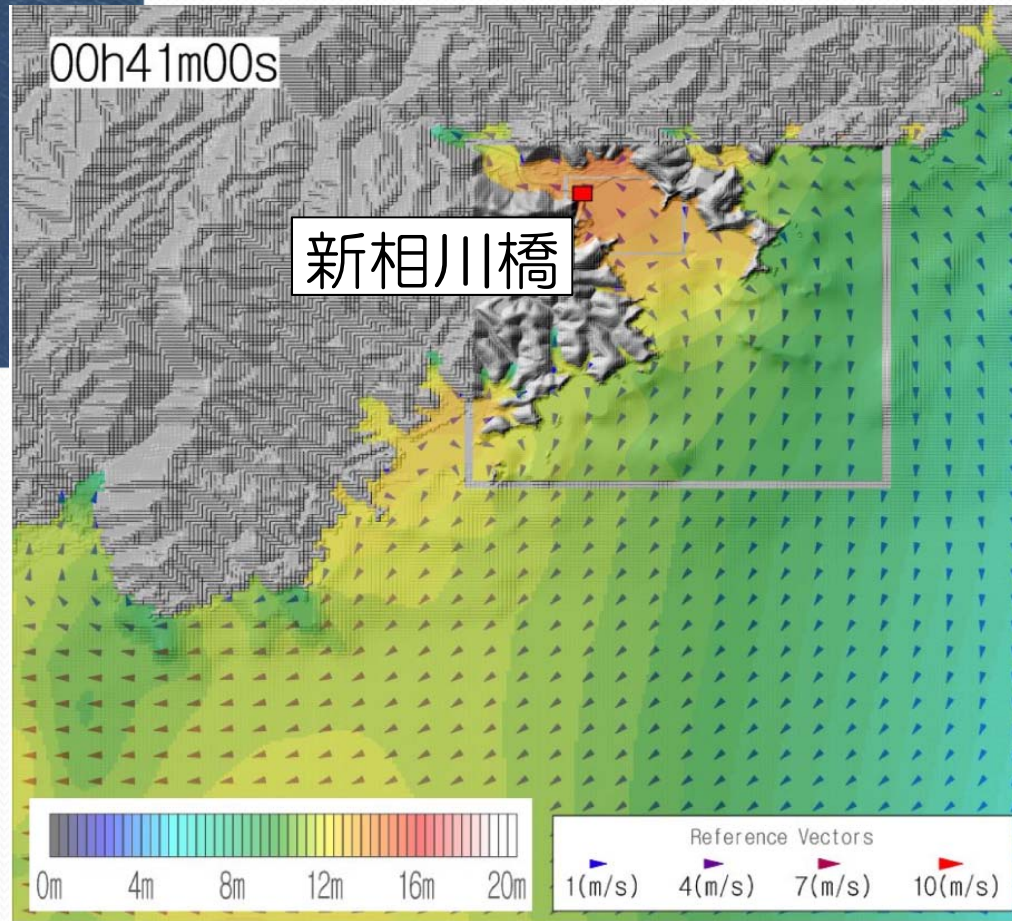
ケース2：新相川橋（鋼単純箱桁橋 S55道示）



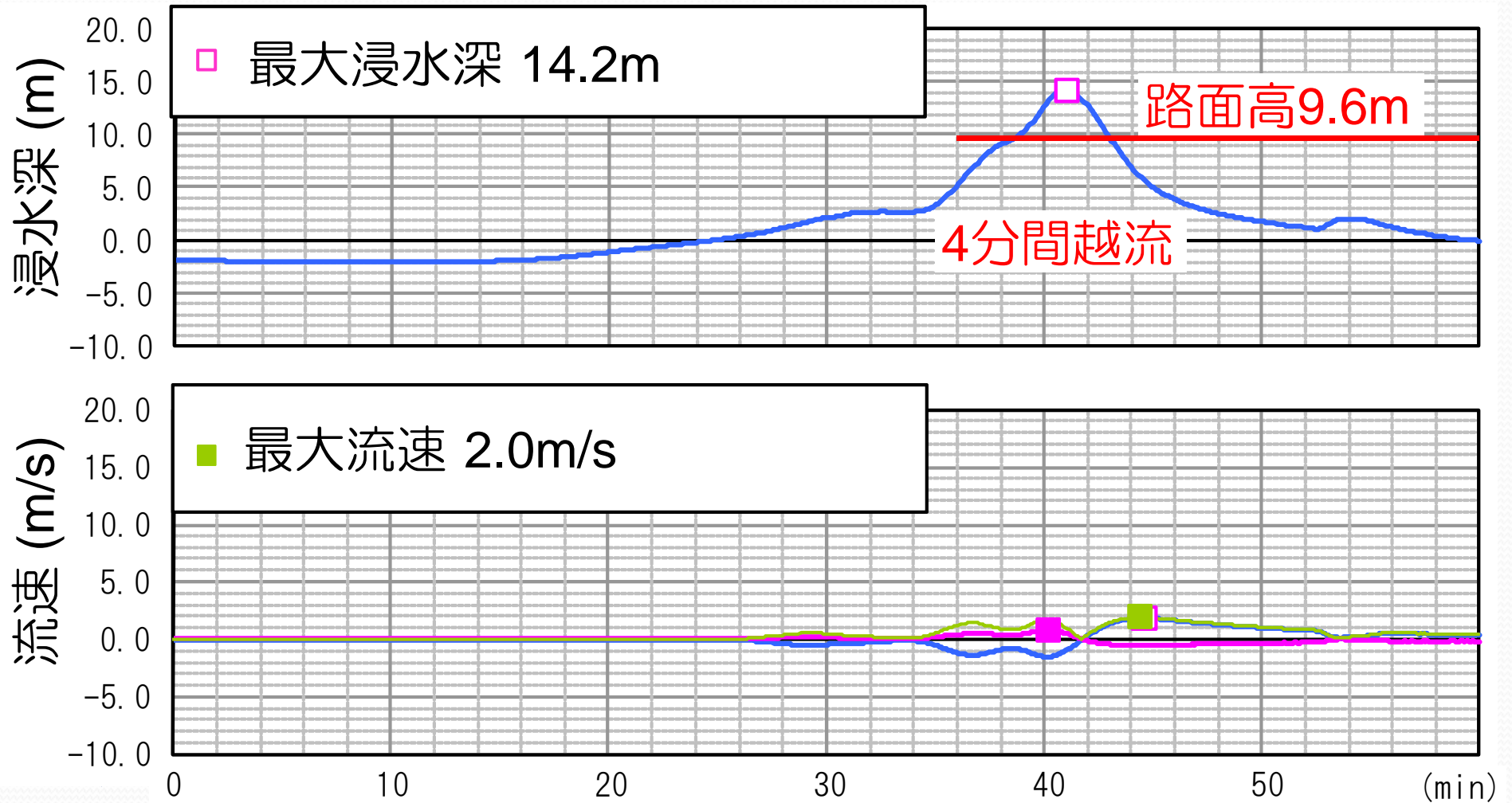
津波伝播・遡上解析



地震・津波発生41分後（波高最大）



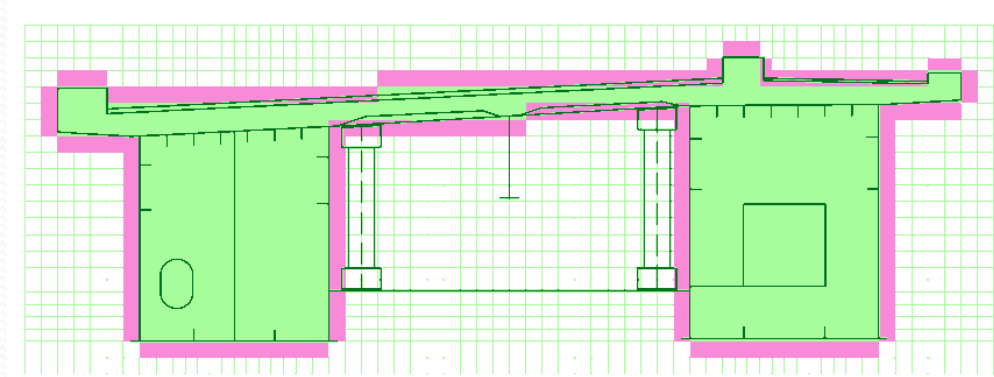
新相川橋に作用した津波の推定結果



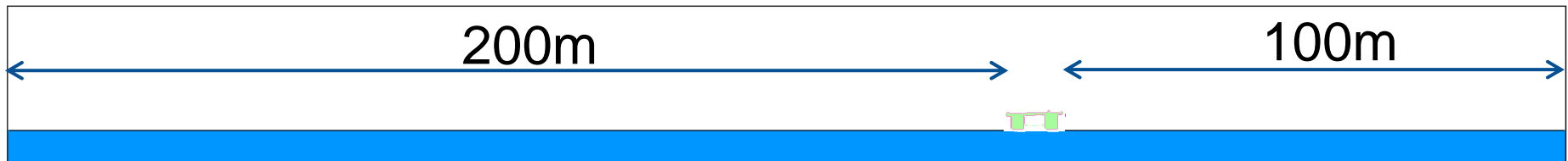
陸域での津波遡上速度は平均6.0m/s (Kosa, 2012)

数值波動水路解析(CADMAS-SURF)

上部構造

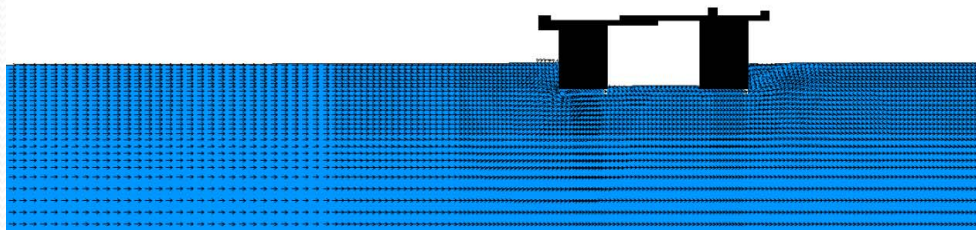


数值波動水路全体

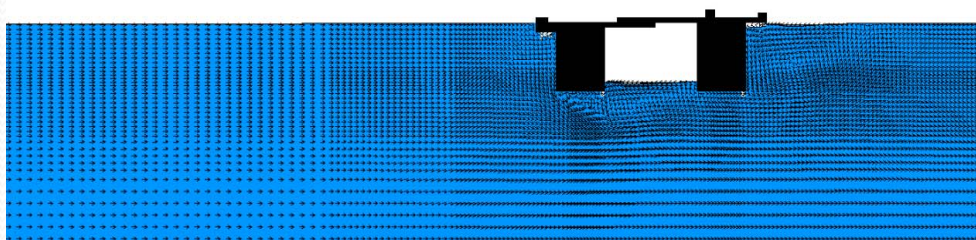


作用した力と抵抗力の比較

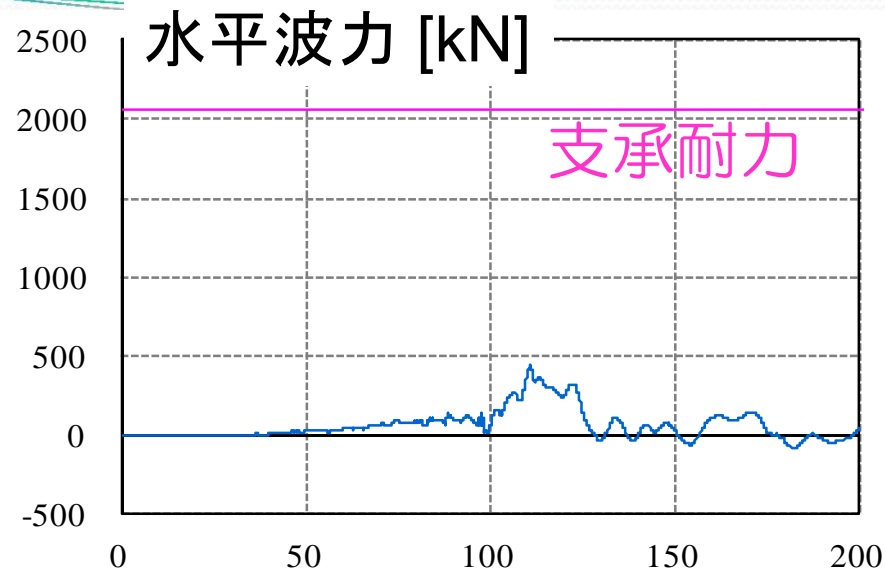
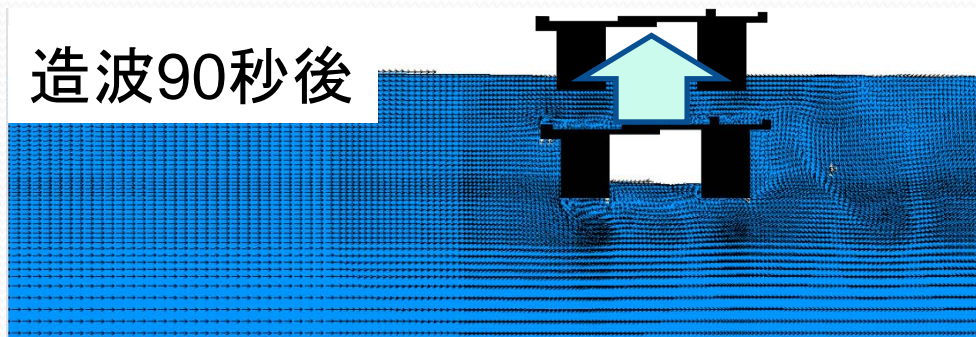
造波30秒後



造波60秒後



造波90秒後



上揚力 > 抵抗力 . . . 被害状況と整合

ケース3：矢の浦橋（岩手県釜石市）



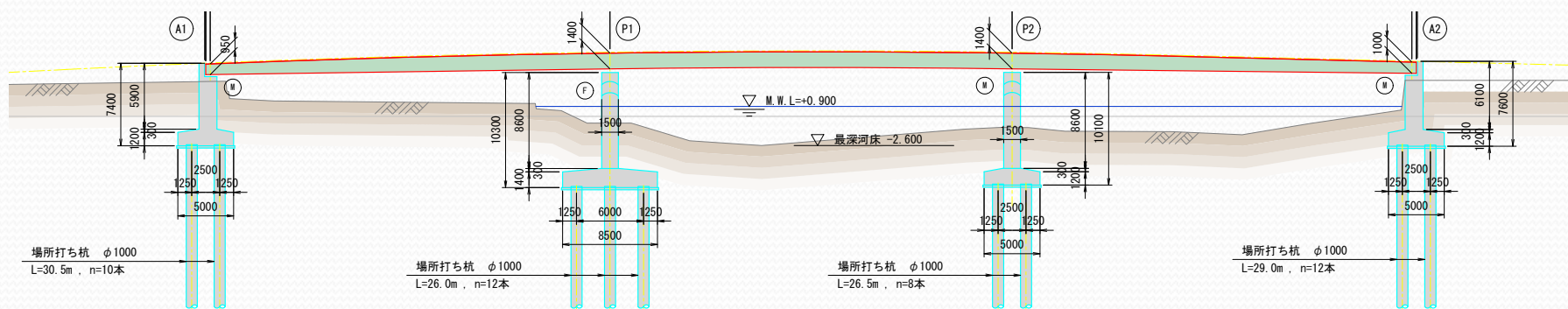
下流A1橋台側 構造は健全、照明柱程度の被災



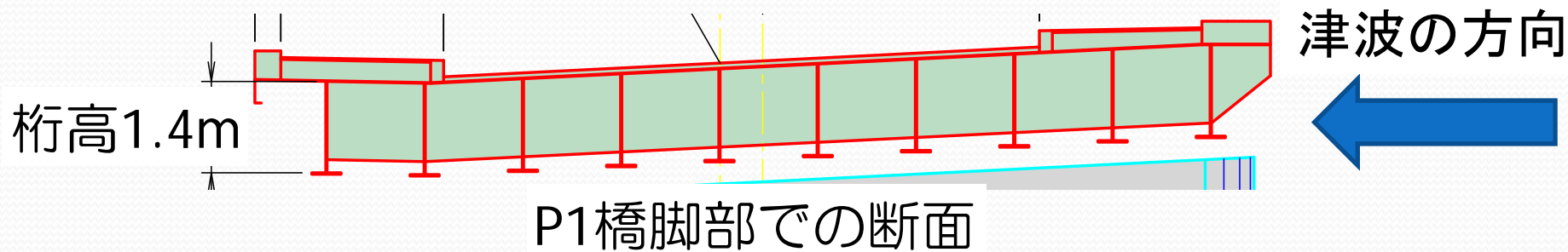
上流側の水管橋は2支間が流出

ケース3：矢の浦橋（3径間連続鋼 I 桁橋 S55道示）

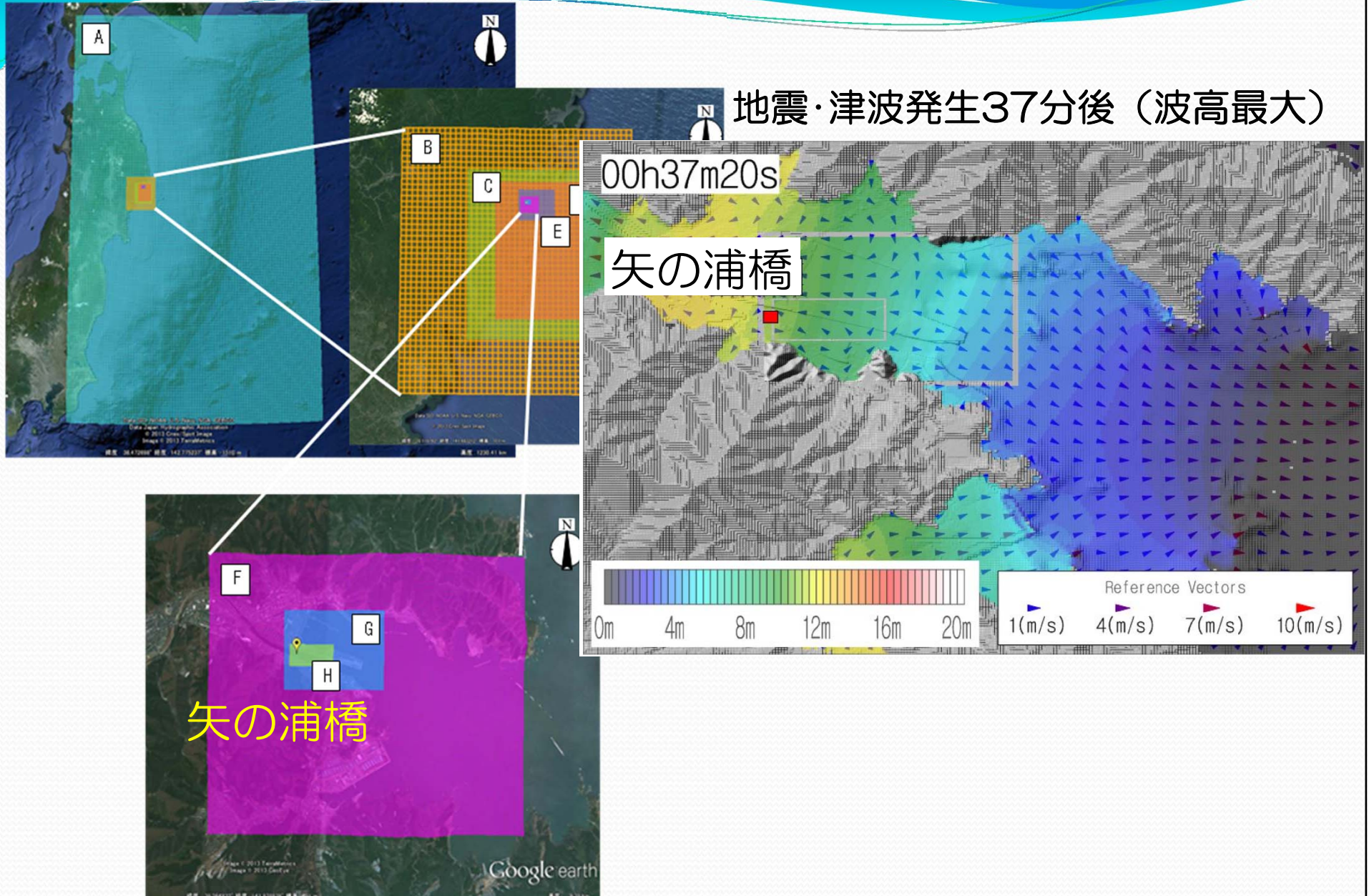
橋長108.6m



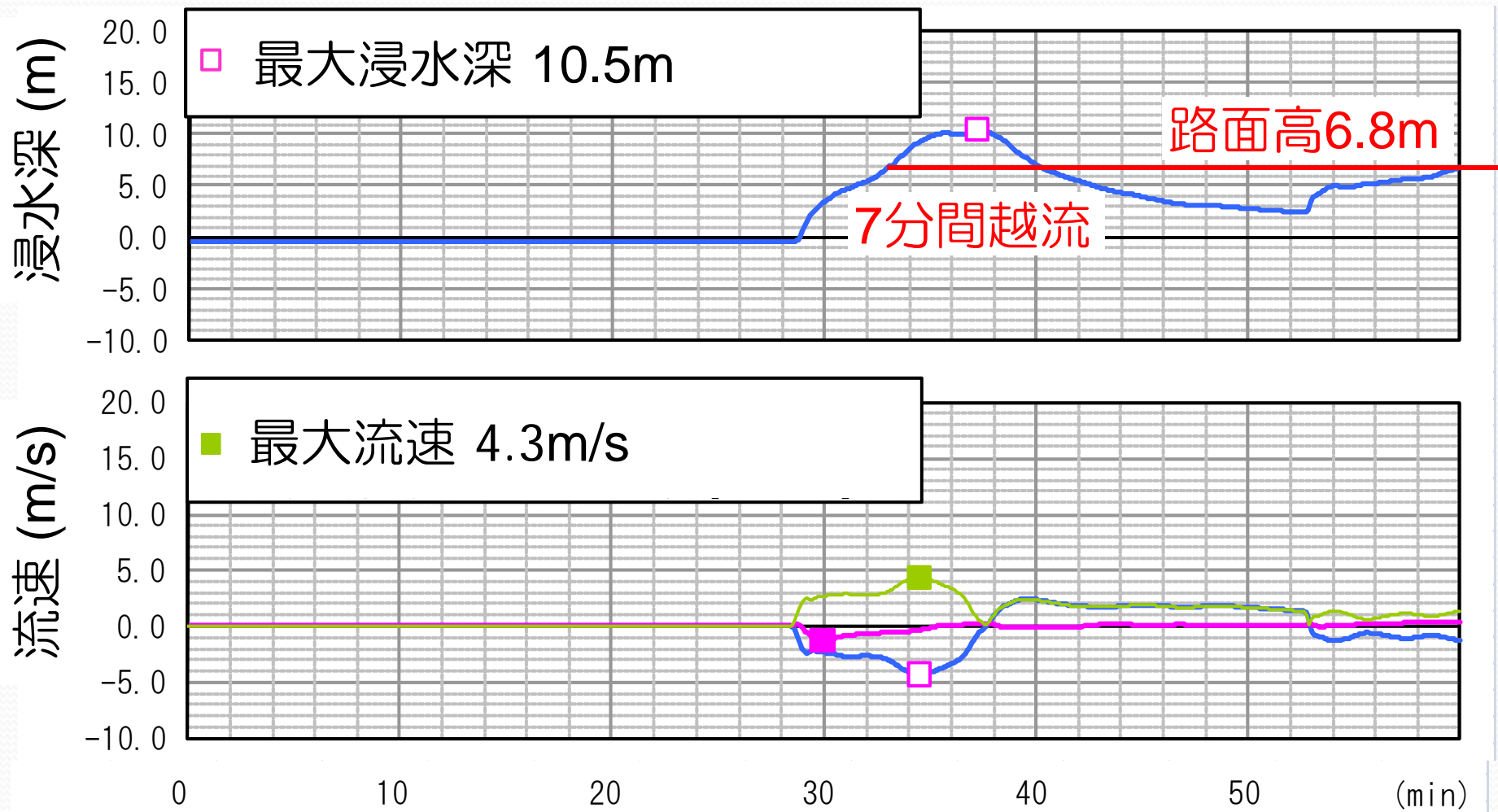
全幅員15.0m



津波伝播・遡上解析

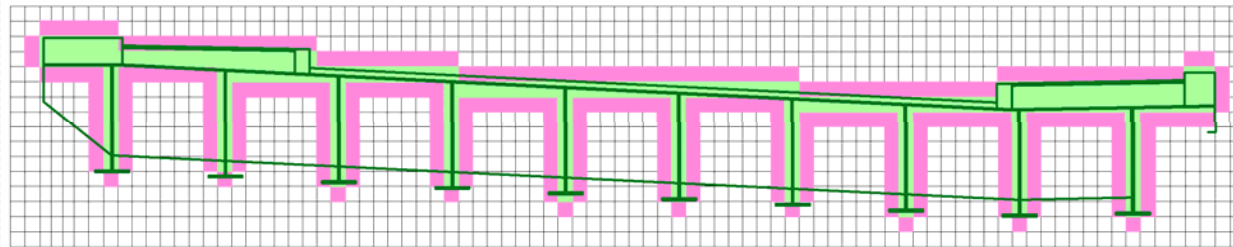


矢の浦橋に作用した津波の推定結果

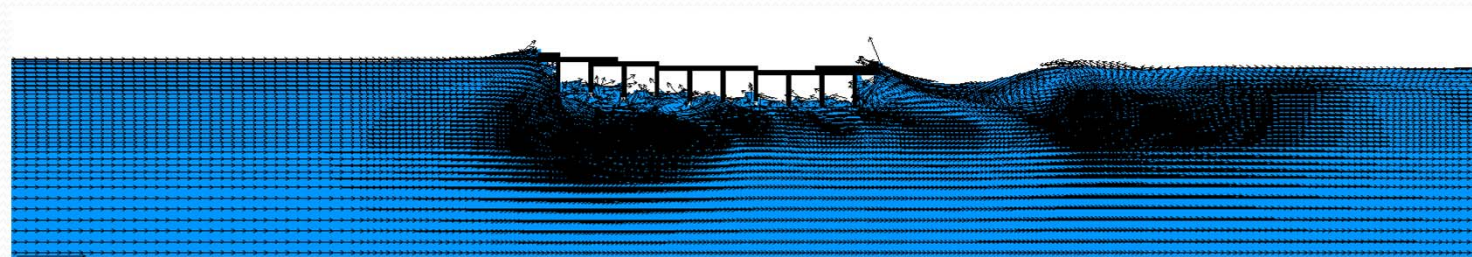


数值波動水路解析(CADMAS-SURF)

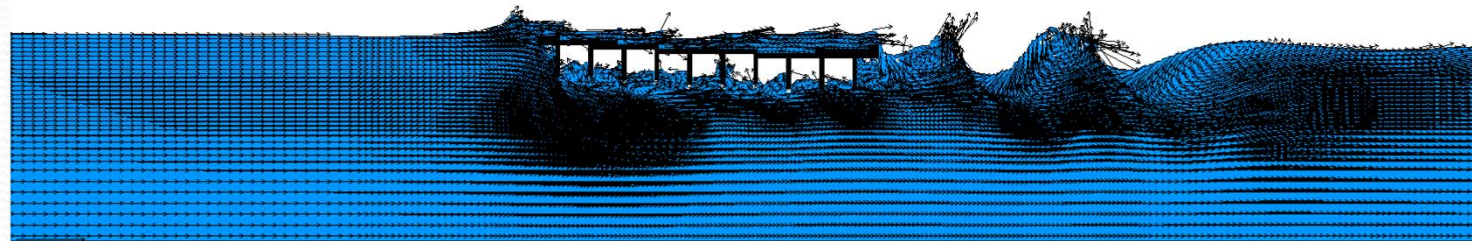
上部構造



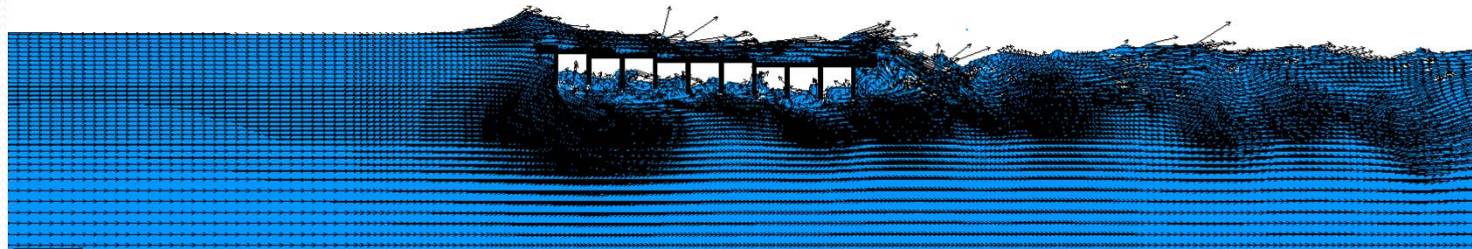
造波
125秒後



150秒後



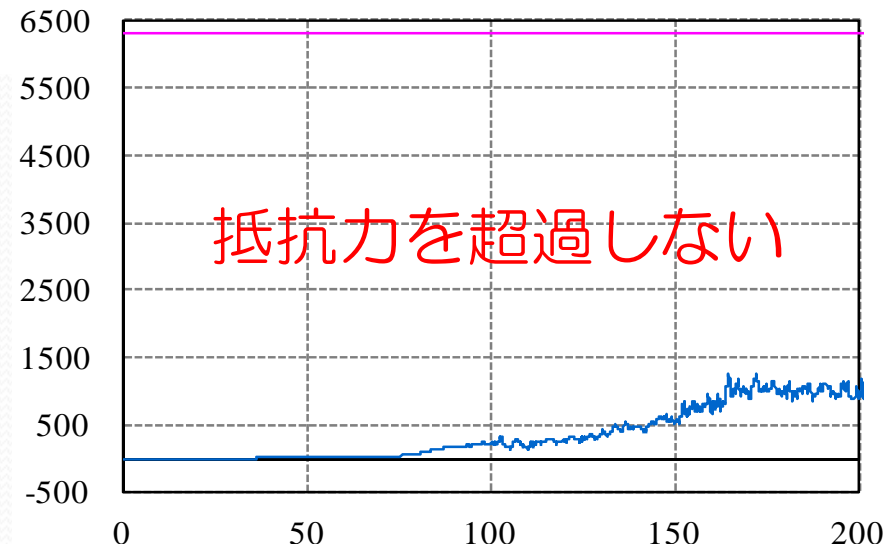
170秒後



8.708463E+00

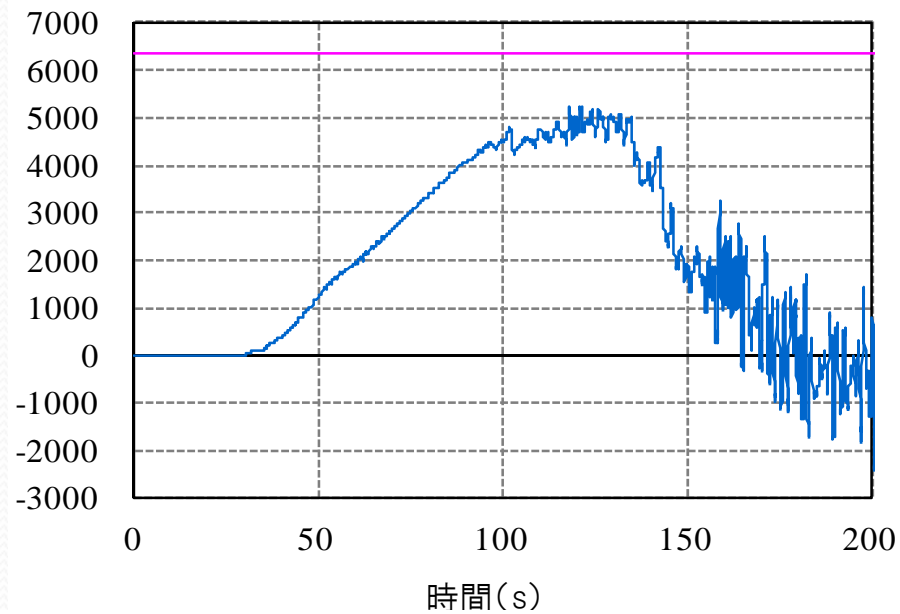
作用した力と抵抗力の比較

水平波力 [kN]



支承耐力

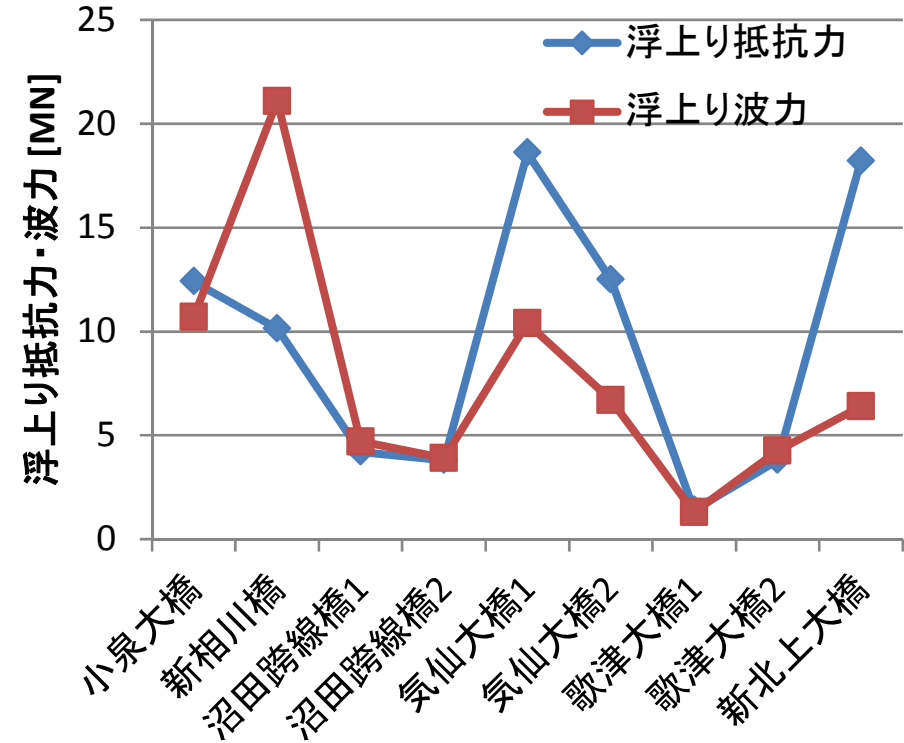
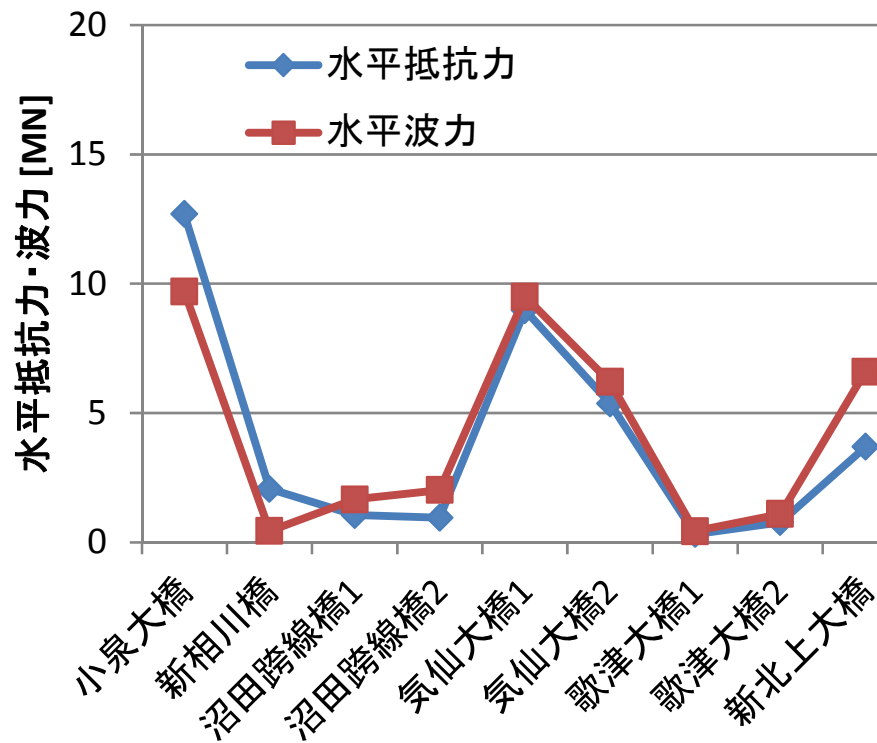
上揚力 [kN]



支承耐力+重量

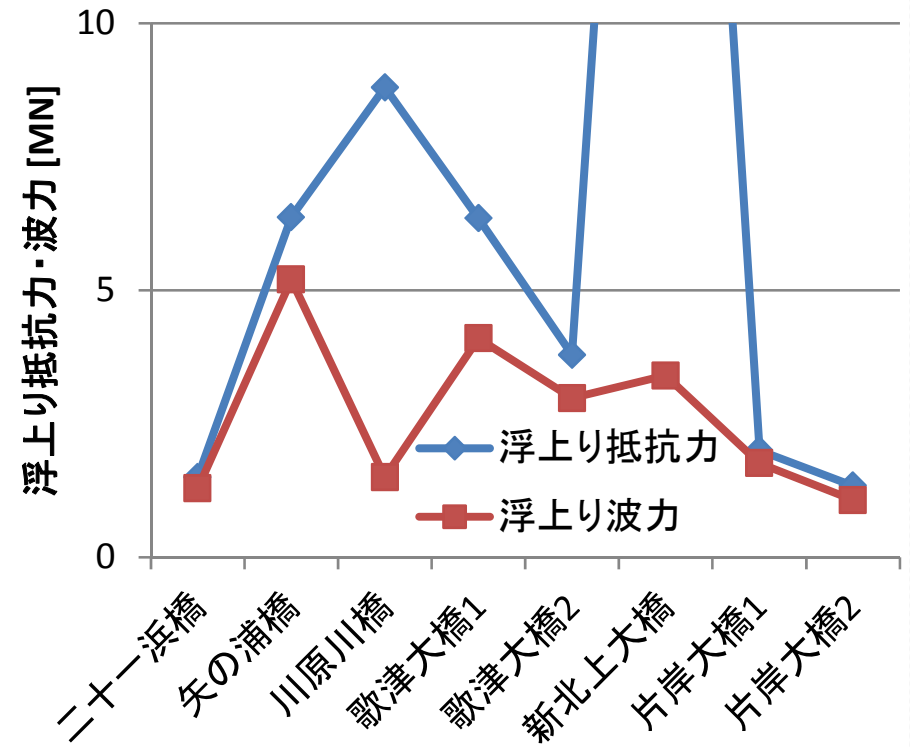
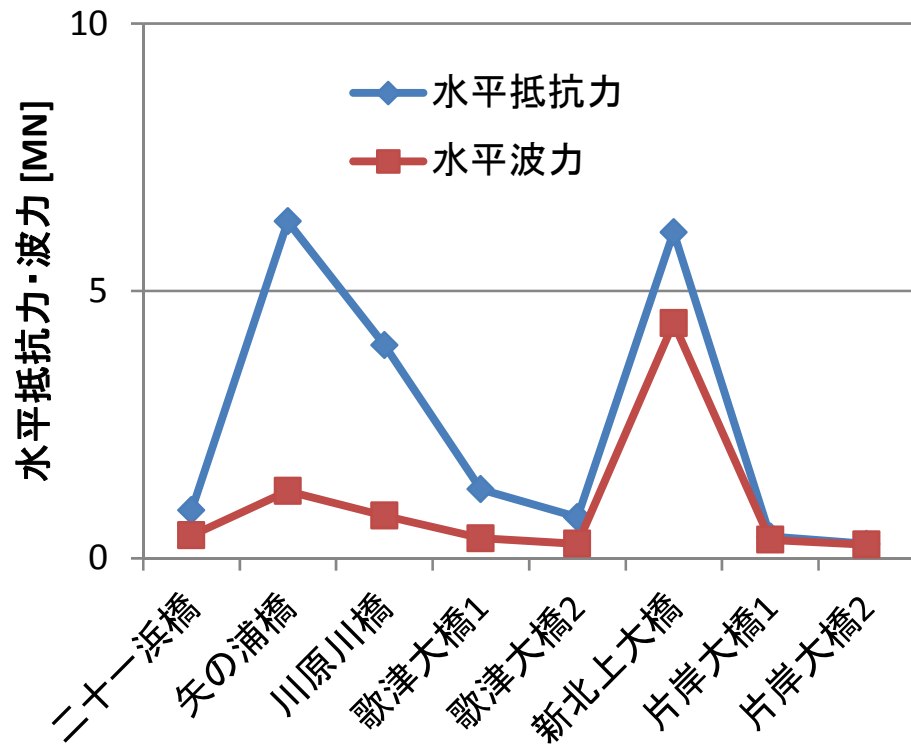
作用力 < 抵抗力 . . . 無被害と整合

道路橋に作用した津波の特性（波力：上部構造流出）



○抵抗力を大幅に超過するような波力が作用したものは少ない

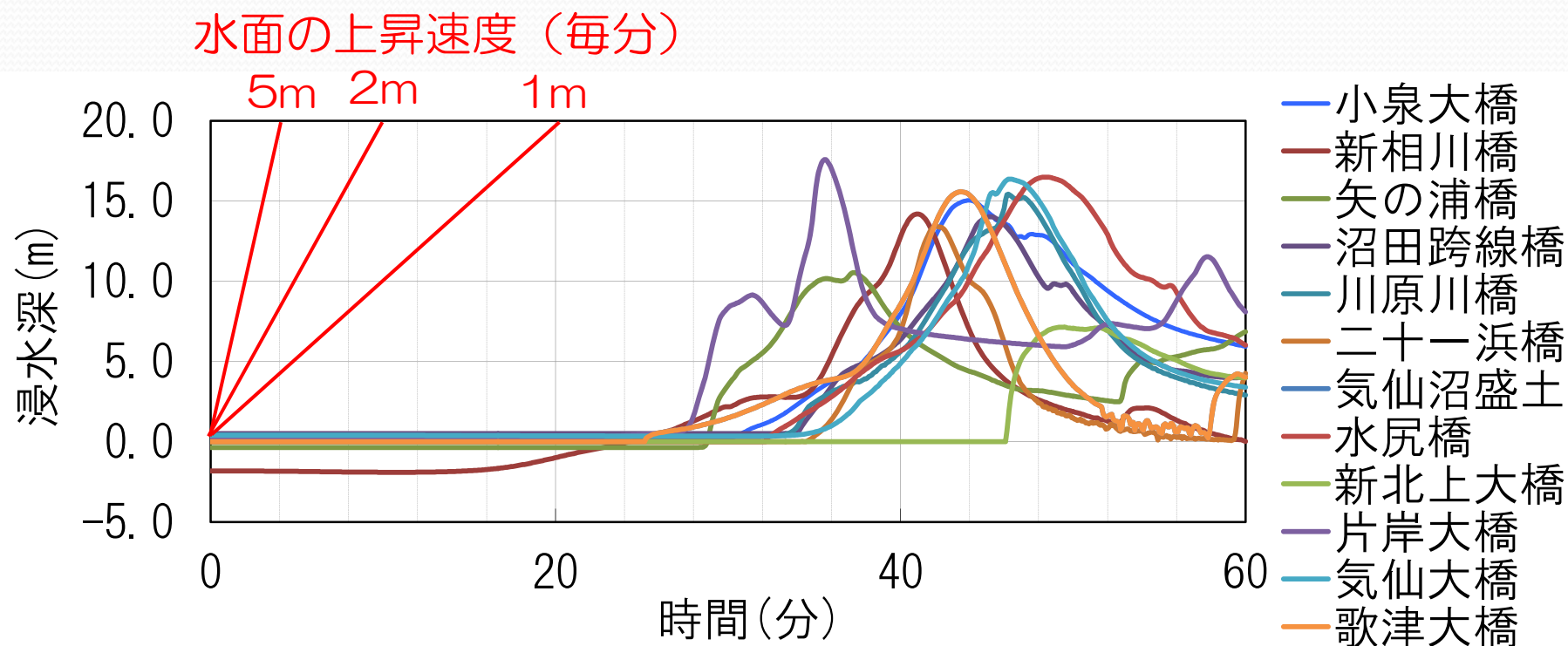
道路橋に作用した津波の特性（波力：上部構造存置）



○波力は抵抗力を上回らない

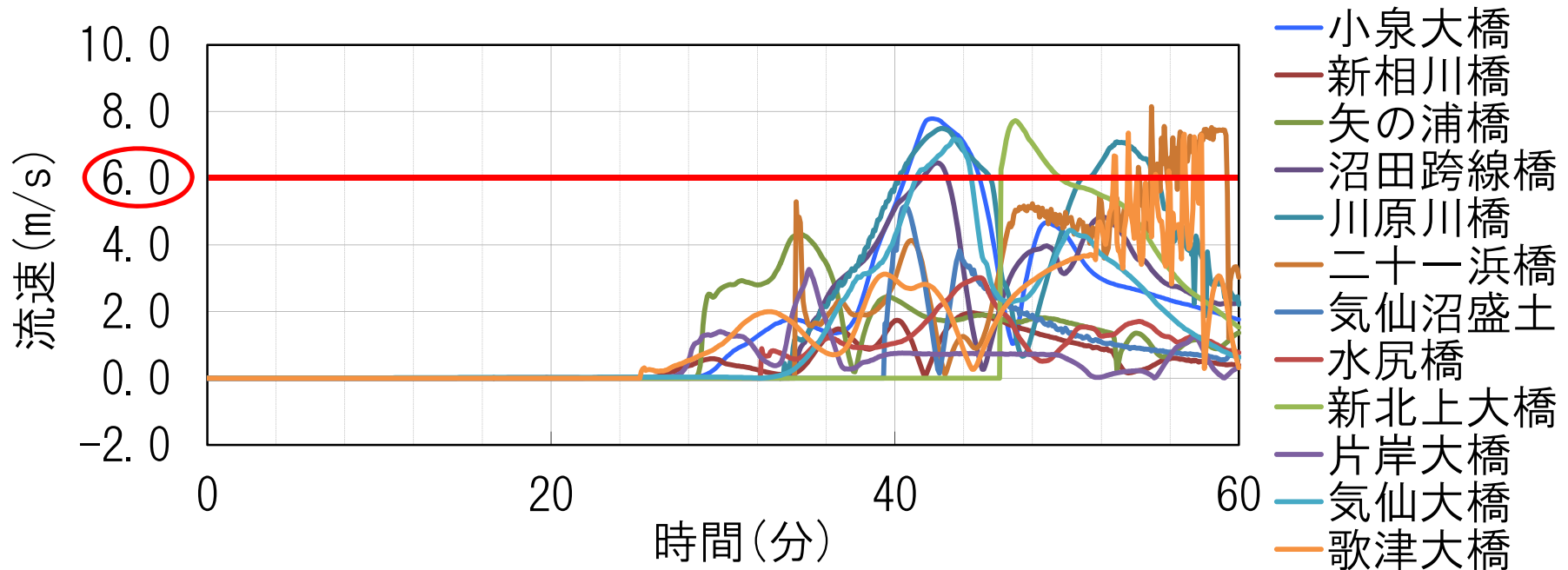
○被害状況と整合

道路橋に作用した津波の特性（水面上昇）



- 比較的ゆっくりと水面が上昇している地点が多い
- 必ずしも段波上の強烈な津波を想定しなくともよい可能性あり

道路橋に作用した津波の特性（流速）



- 流速は大きいところで6~8m/s
- 漂流物のビデオ計測による陸域での津波遡上速度
平均6.0m/s (Kosa, 2012)とも整合

まとめと今後の展望

- 津波伝播・遡上解析と数値波動水路解析の組合せで
被害の有無、被害状況を概ね再現可能
- 水位の上昇速度は最大でも毎分1~2mの地点が多く、
必ずしも段波状の津波を想定しなくともよい可能性あり
- 特に水平力には流速が大きく影響する。
流速は大きいところで最大6~8m/s程度
- 被災した橋も抵抗力を大幅に超過したものは少ないと推定。
工夫で防災・減災できる可能性あり