

東日本大震災報告会 ～震災から2年を経て～

津波作用により橋に生じる挙動の 解明と対策



独立行政法人 土木研究所
構造物メンテナンス研究センター
上席研究員 星隈順一



津波の影響に対する道路橋示方書での考え方

2. 1 耐震設計の基本方針

(2) 耐震設計にあたっては、地形・地質・地盤条件、立地条件、津波に関する地域の防災計画等を考慮した上で構造を計画するとともに、橋を構成する各部材及び橋全体系が必要な耐震性を有するように配慮しなければならない。

構造計画の考え方の例

- ・津波に関する地域の防災計画等を参考にしながら津波の高さに対して桁下空間を確保する
- ・津波の影響を受けにくいような構造的工夫を施す
- ・上部構造が流出しても復旧しやすいように構造的な配慮をする



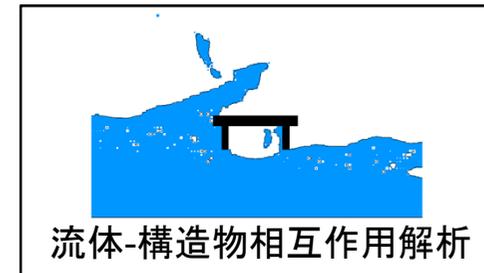
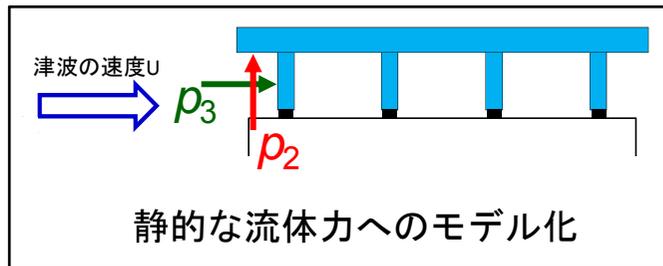
構造計画を検討する上での課題

- ・津波により橋が受ける影響度合いの評価手法
- ・津波による影響低減のための構造的な配慮の具体策

津波により橋が受ける影響の評価手法の流れ

検討対象とする津波の特性の設定

津波により橋梁に作用する
流体力の評価



構造解析による部材に生じる断面力等の評価

静的フレームモデルなどによる構造解析

支承部 上部構造
橋脚 基礎 等

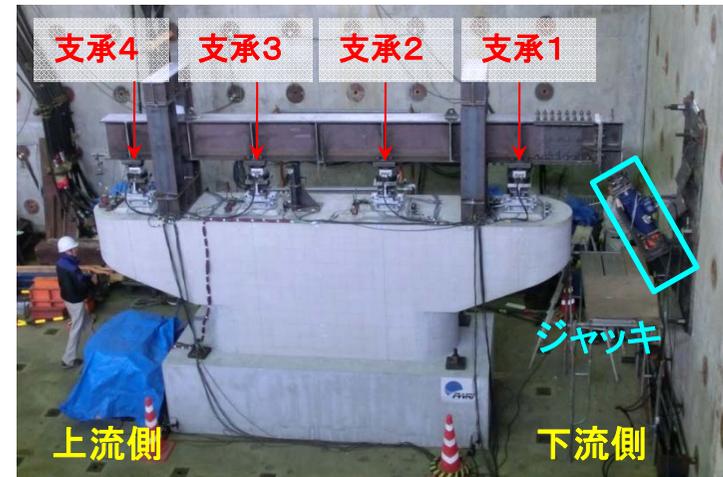
部材の状態の評価

橋を構成する各部材(支承部, 橋脚, 桁等)の保有耐力との比較

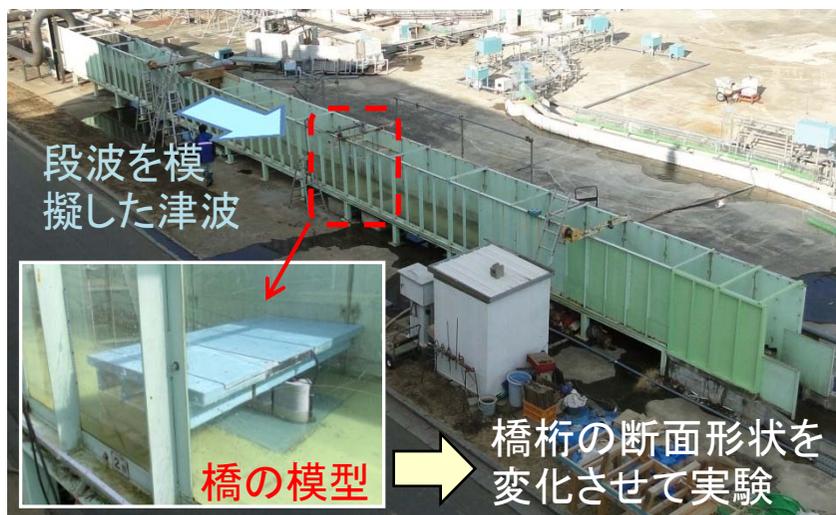
津波の影響を受ける橋の挙動と抵抗特性に関する研究

【研究の着眼点】

- ✓ 橋梁側の構造特性に着目し、津波の影響を受けにくくする構造的工夫、津波の影響に対して抵抗特性が高まる構造的工夫の方向性を実験的に研究
- ✓ 津波により上部構造が浸水しても流出しなかった橋の挙動メカニズムにも注目し、既設橋の合理的な評価手法構築に活用



4主桁橋における1支承線全体としての抵抗特性に関する静的載荷実験



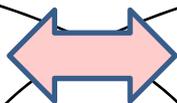
上部構造の断面特性が津波を受けた時の支承部に及ぼす影響に関する水路実験



津波－橋梁構造間の相互作用の要因

津波側の特性

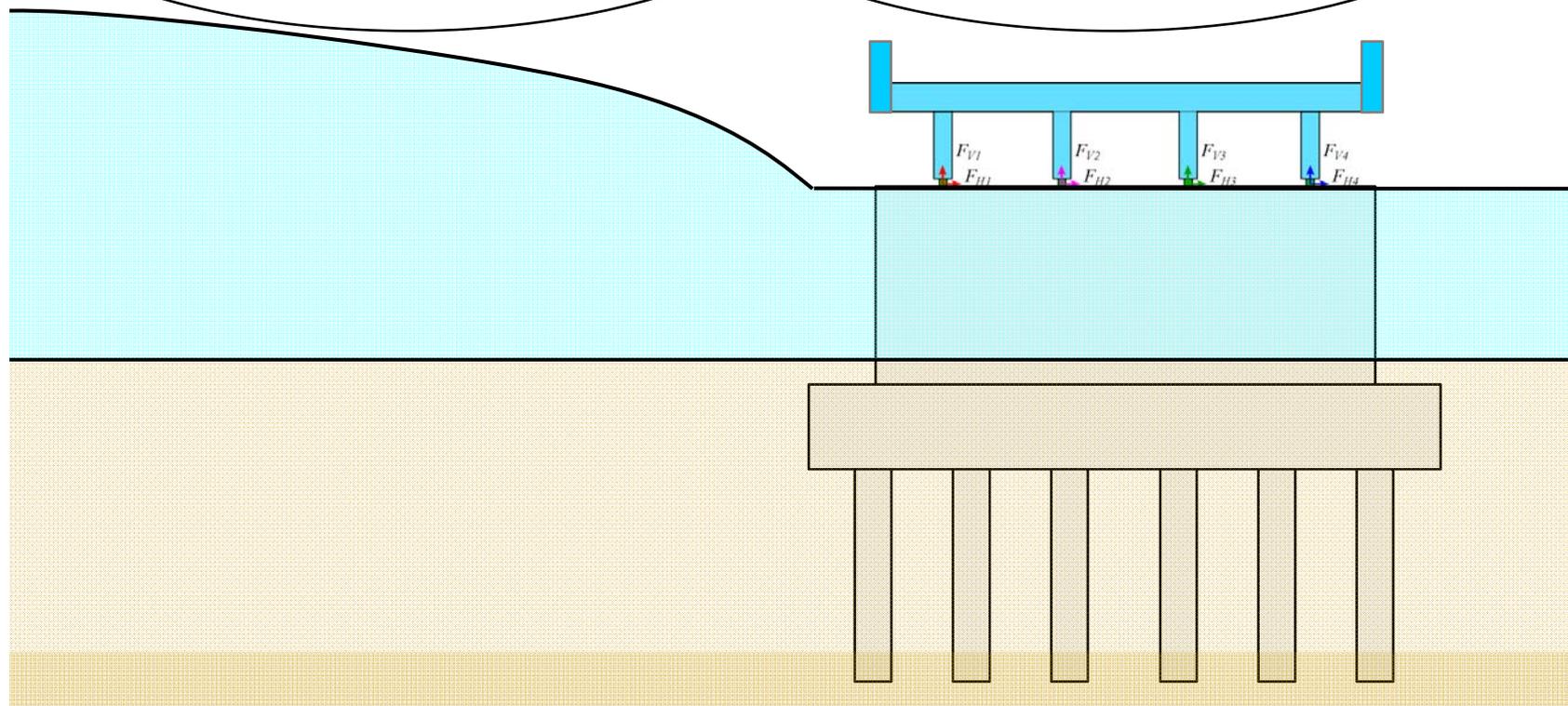
- ・ 津波高さ
- ・ 津波の流速
- ・ 段波到達前の静水位
- ・ 水位上昇速度
- 他



相互
作用

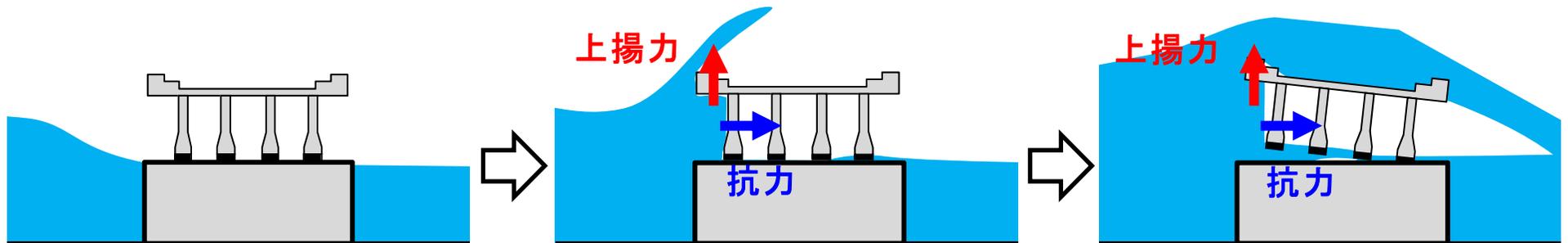
橋梁構造側の特性

- ・ 上部構造断面形状
(桁高、高欄、床版張出し長)
- ・ 主桁間隔 (本数)
- ・ 桁間の空気溜まりの体積
- ・ 並列側道橋の影響 他

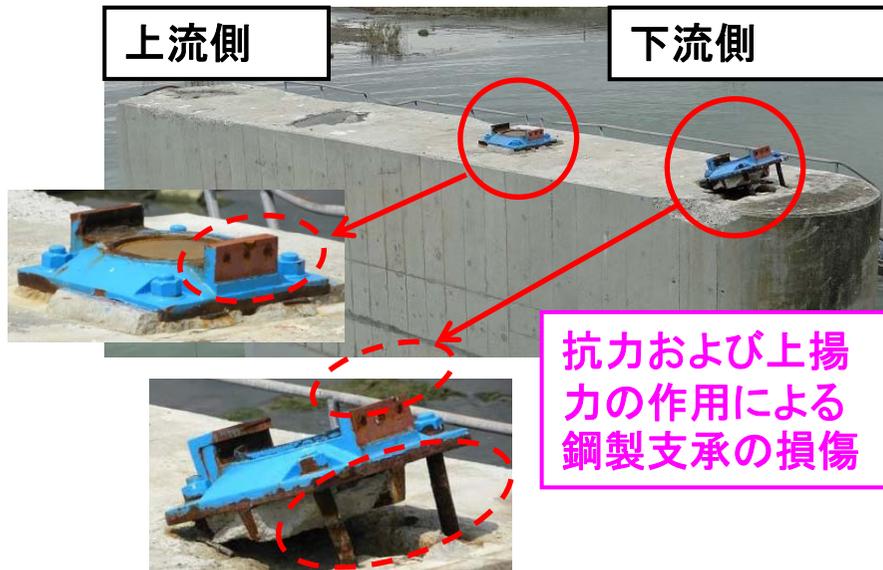


上部構造の被害状況から想定される上部構造の流出形態

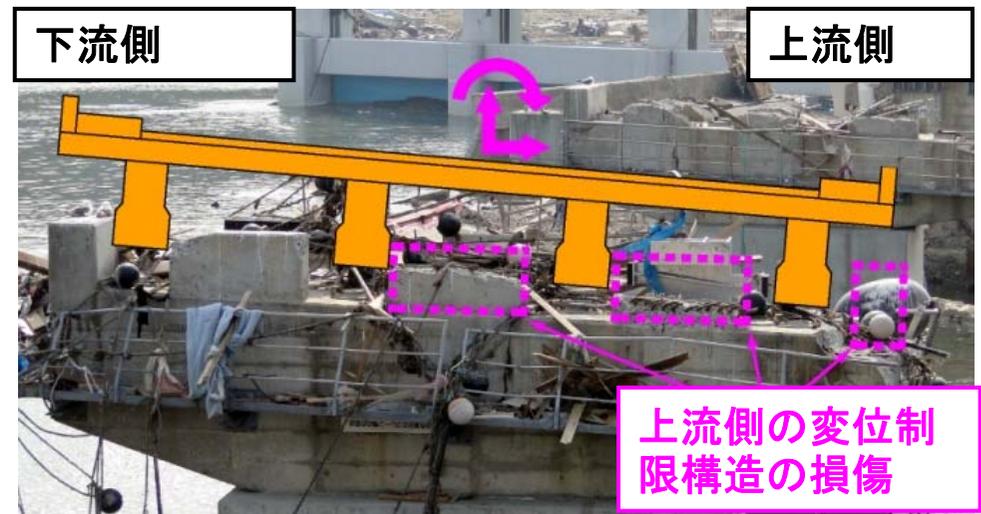
1) 津波による流体力の影響が大きい場合 (段波状の津波)



小泉大橋(国道45号)

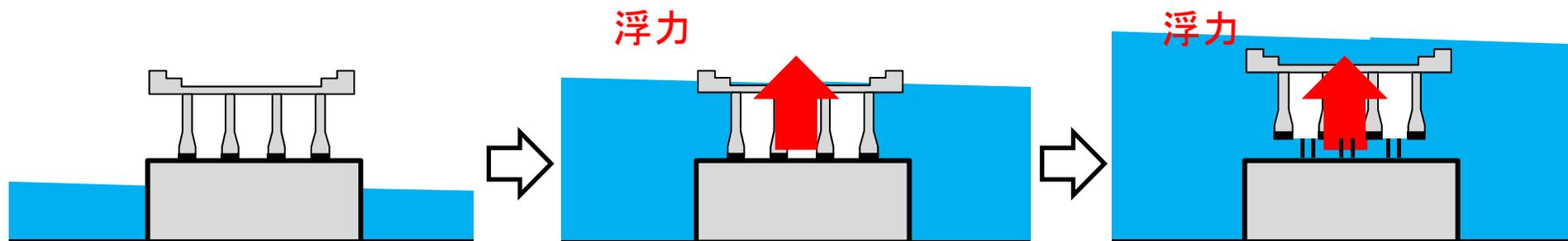


歌津大橋(国道45号)



上部構造の被害状況から想定される上部構造の流出形態

2) 浮力の影響が大きい場合 (津波により水位が徐々に上昇する場合)



歌津大橋(国道45号)



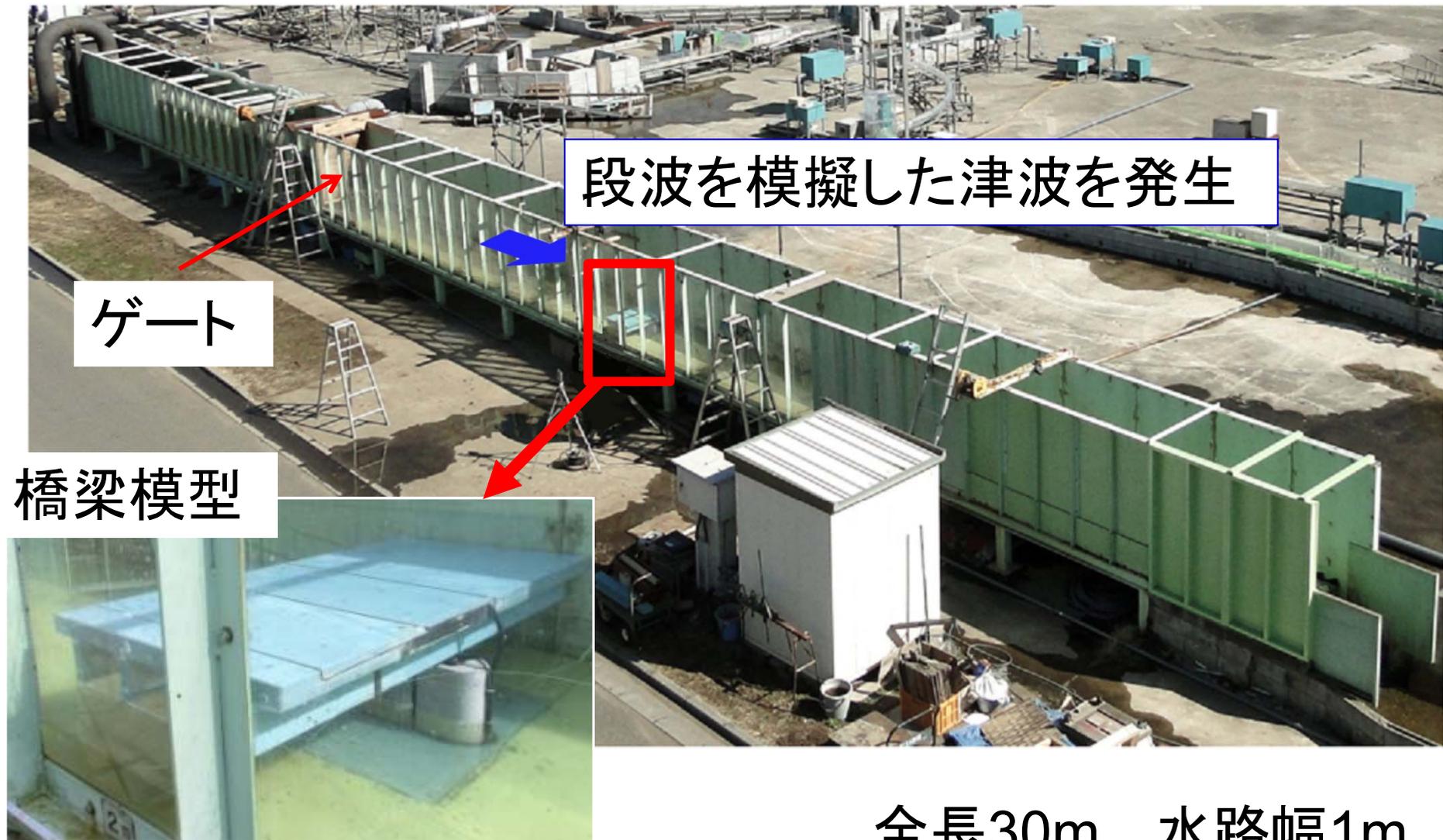
上部構造が裏返しにならずに流出

沼田跨線橋(国道45号)



損傷痕跡のない変位制限構造
(アンカーバーは、ほぼ真直ぐの状態)

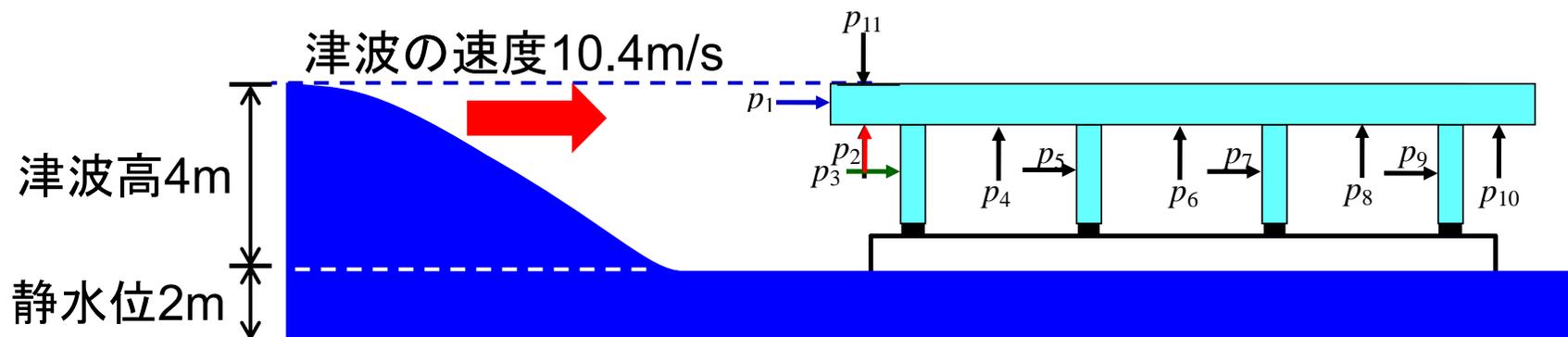
上部構造の断面特性が津波を受けた時の 支承部に及ぼす影響に関する水路実験



縮尺1/20

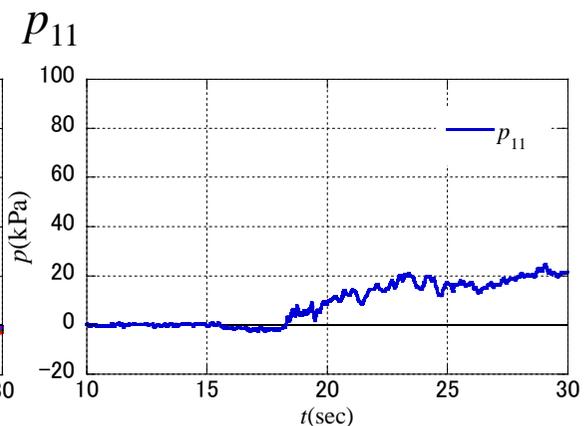
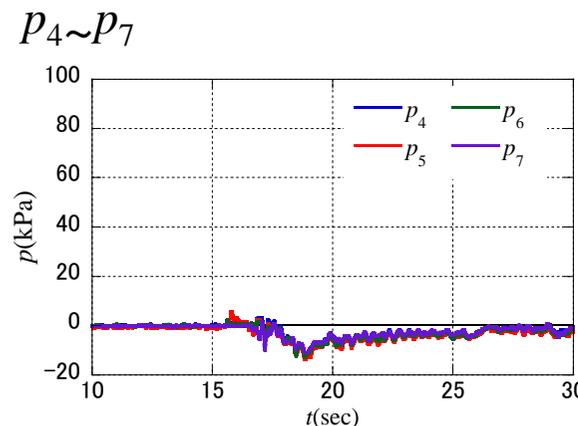
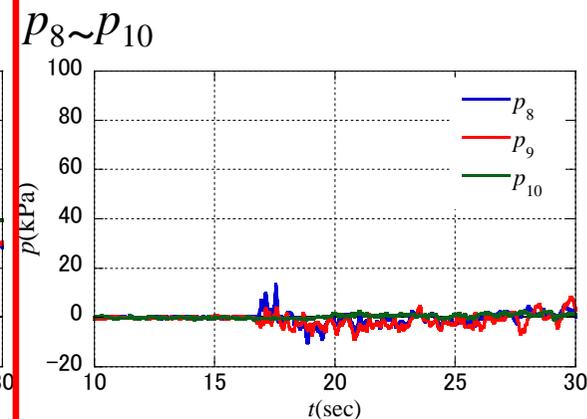
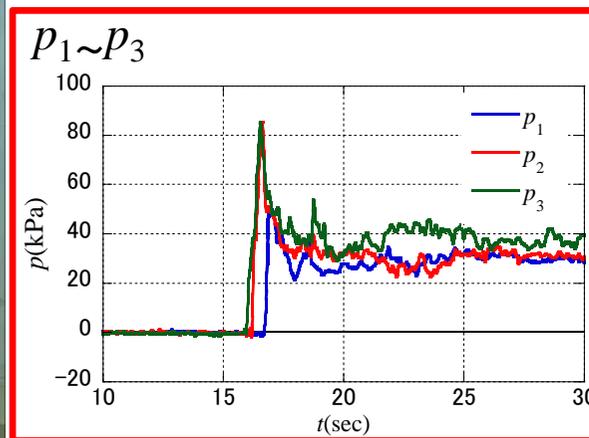
全長30m, 水路幅1m

上部構造の各部位に作用する圧力

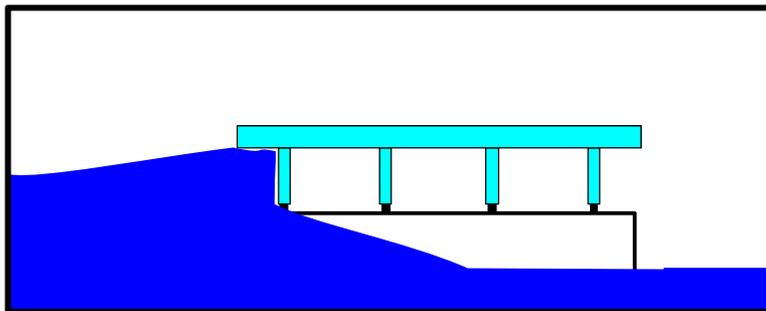


橋桁周辺の流況

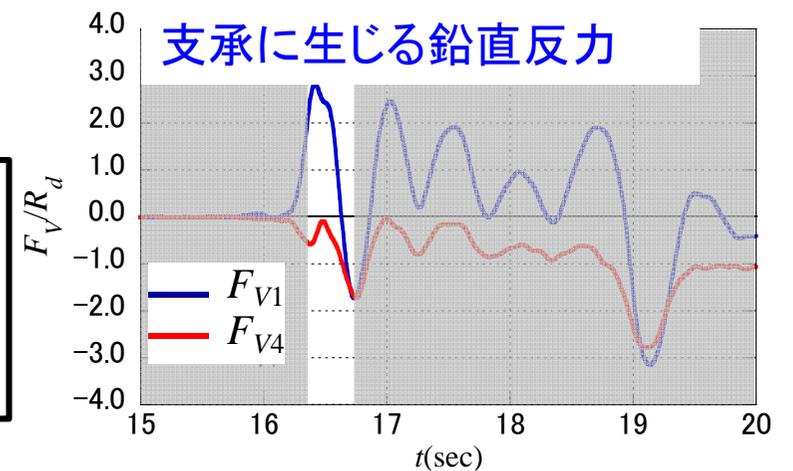
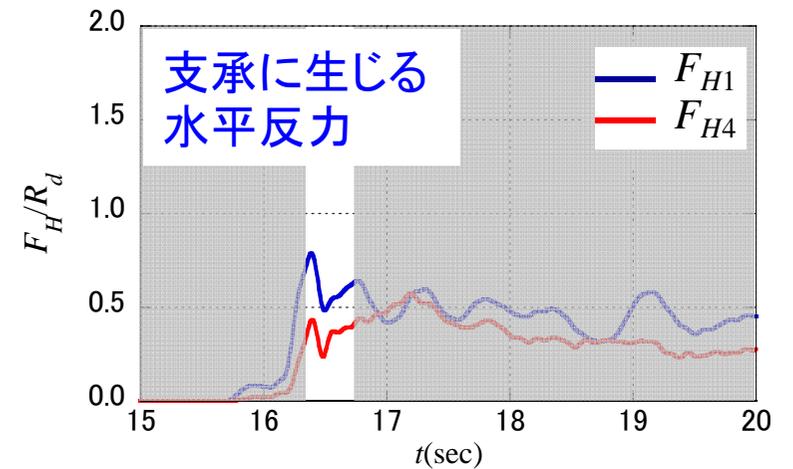
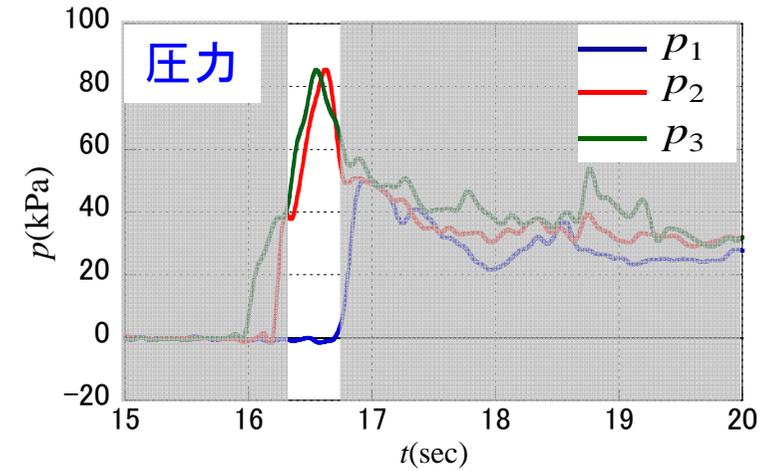
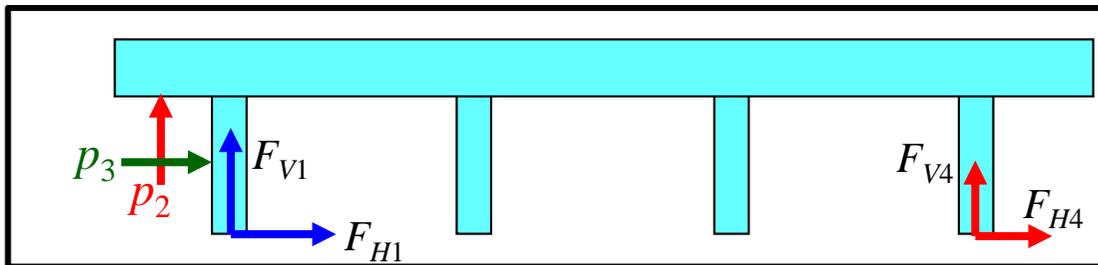
(物理量は実橋での値に換算)



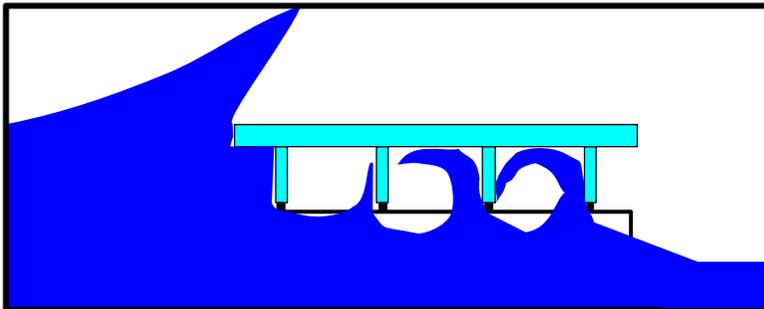
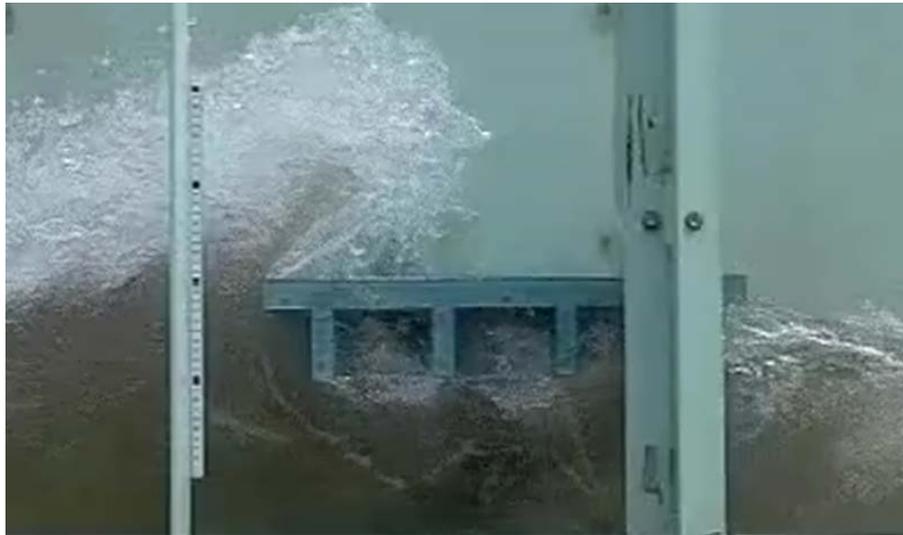
圧力の作用メカニズム



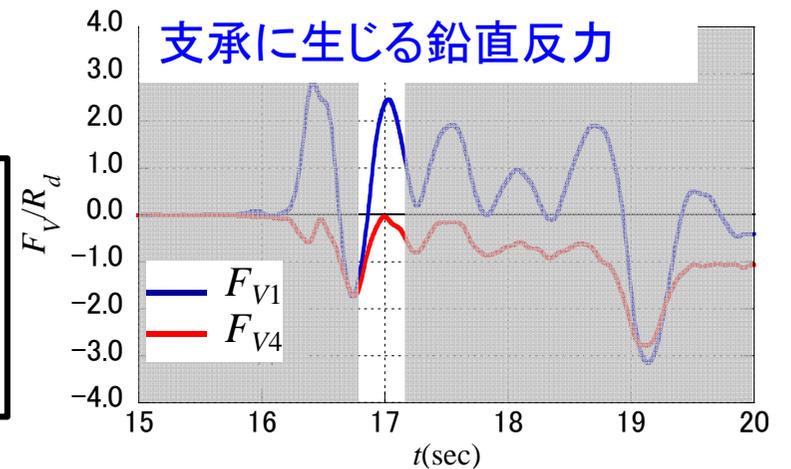
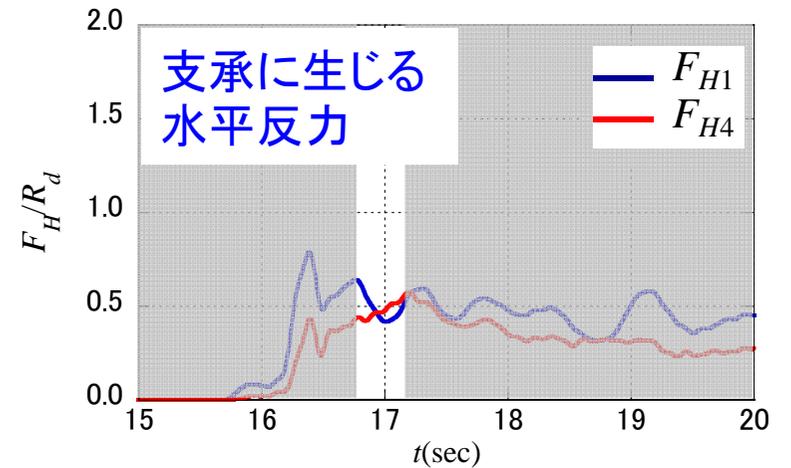
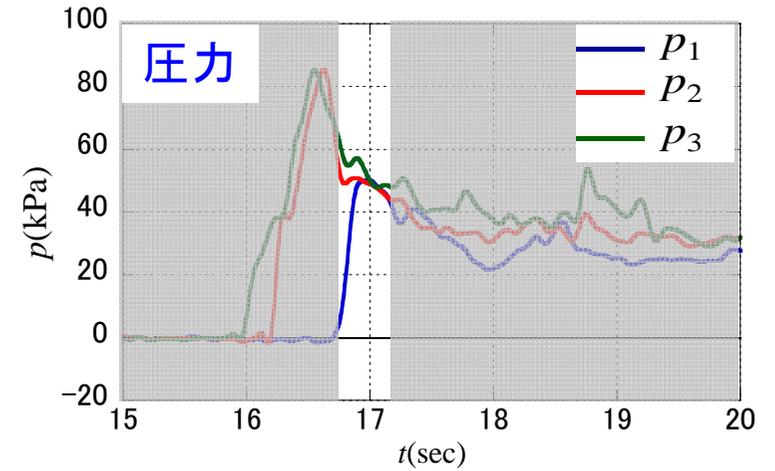
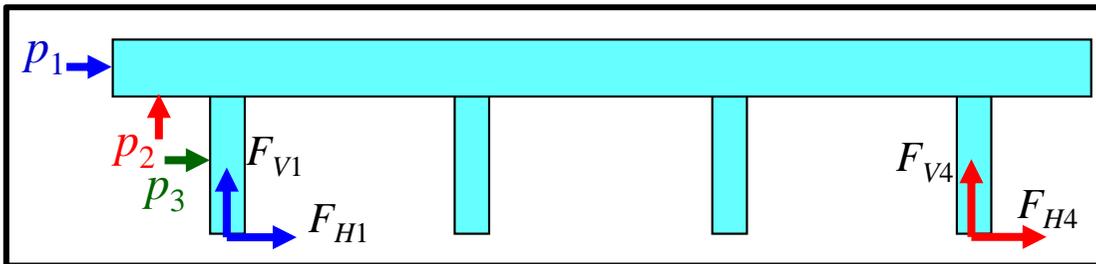
- ・幅員10m
- ・支間20m
- ・4主桁
- 死荷重反力
650kNを想定



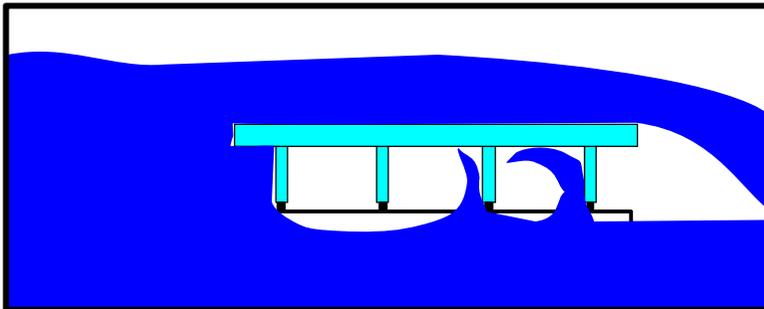
圧力の作用メカニズム



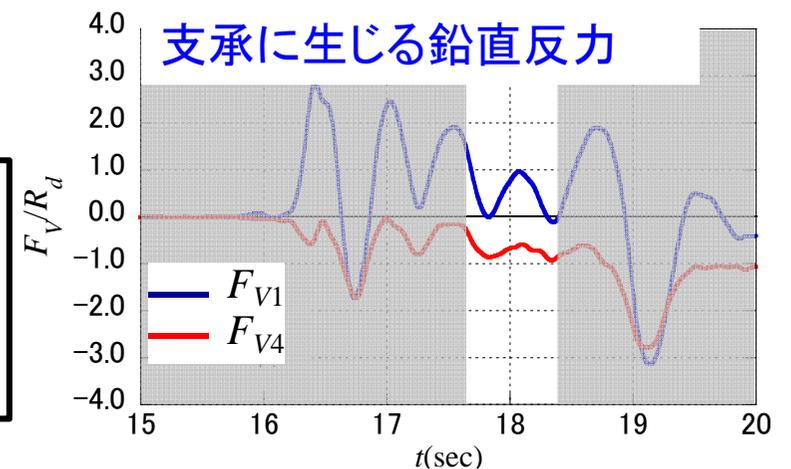
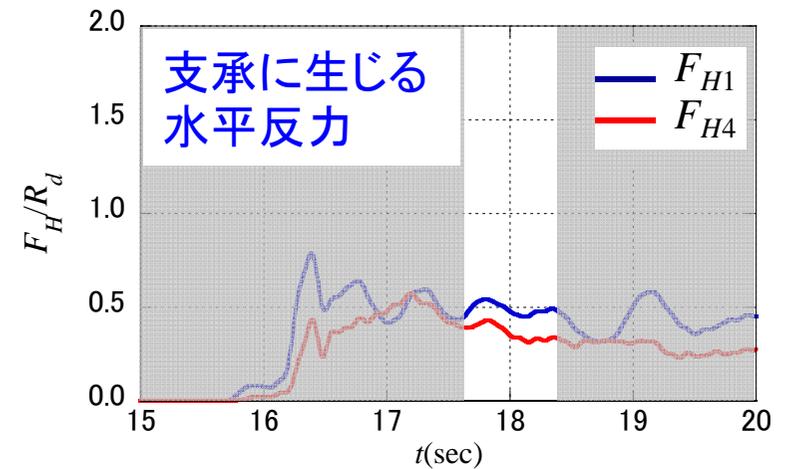
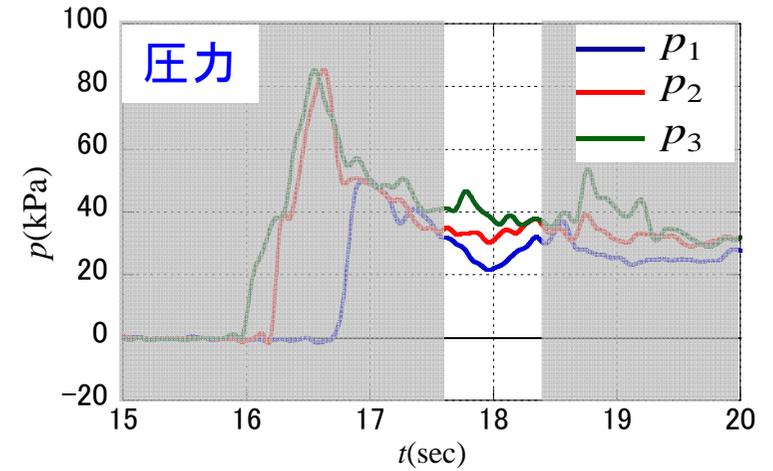
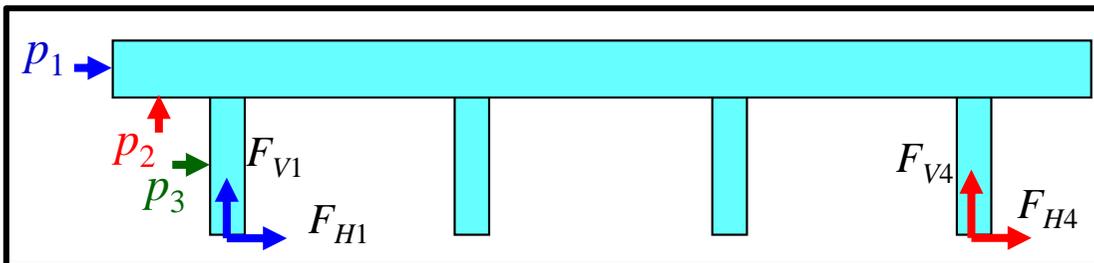
- ・幅員10m
- ・支間20m
- ・4主桁
- 死荷重反力
650kNを想定



圧力の作用メカニズム

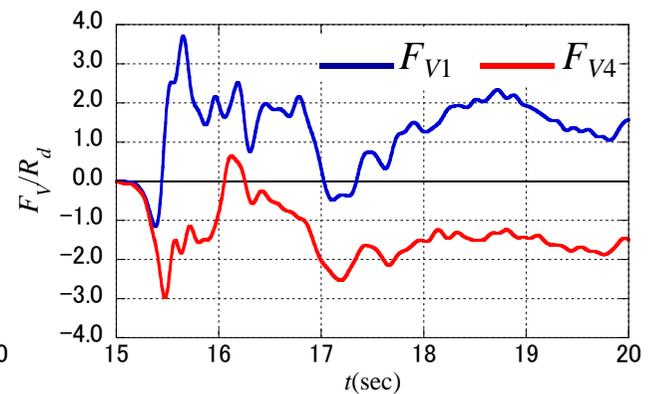
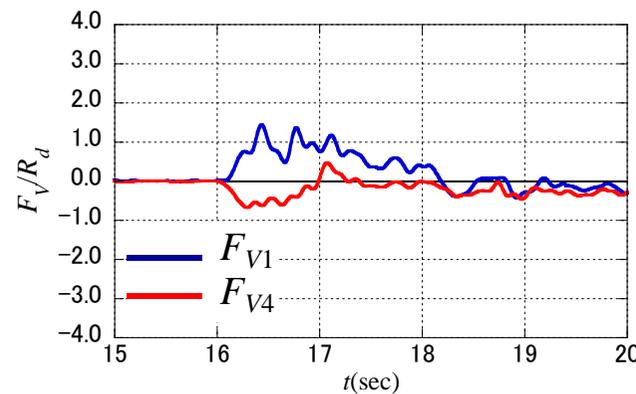
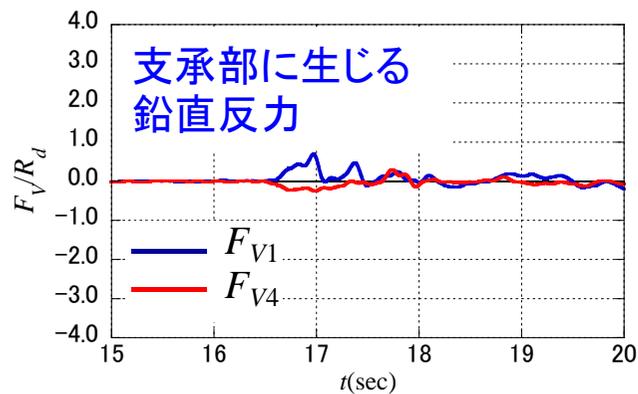
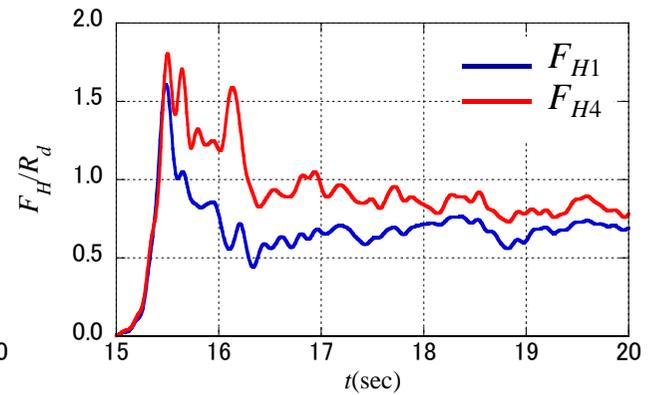
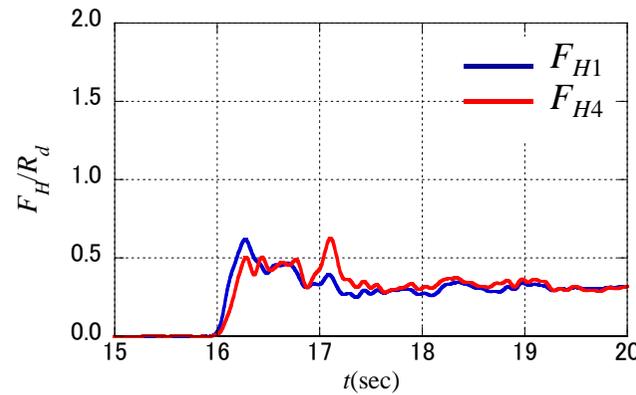
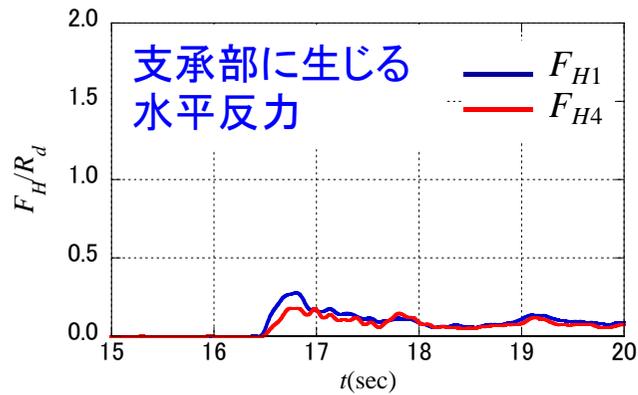
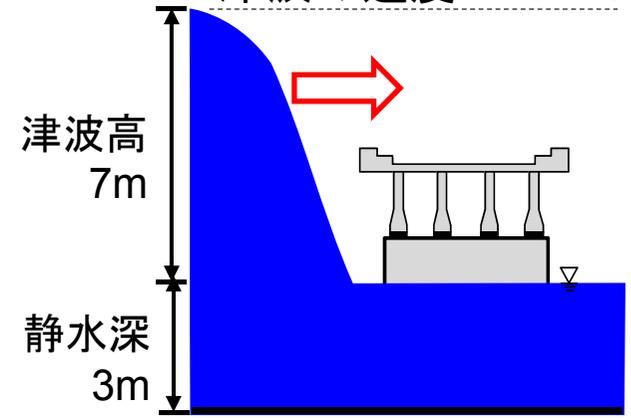
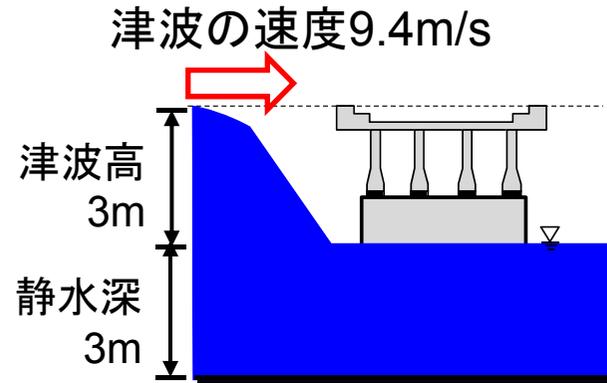
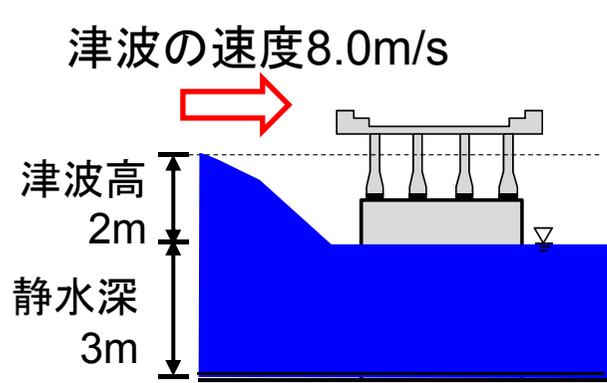


- ・幅員10m
- ・支間20m
- ・4主桁
- 死荷重反力
650kNを想定

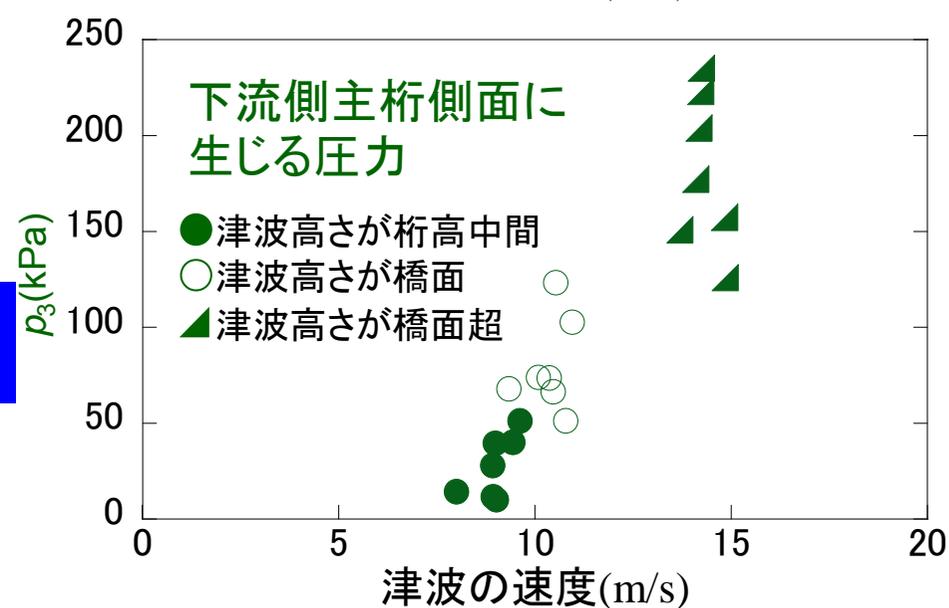
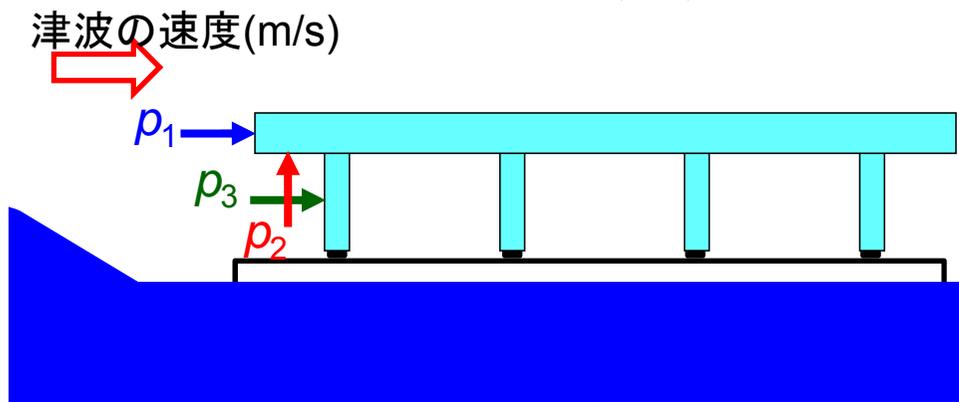
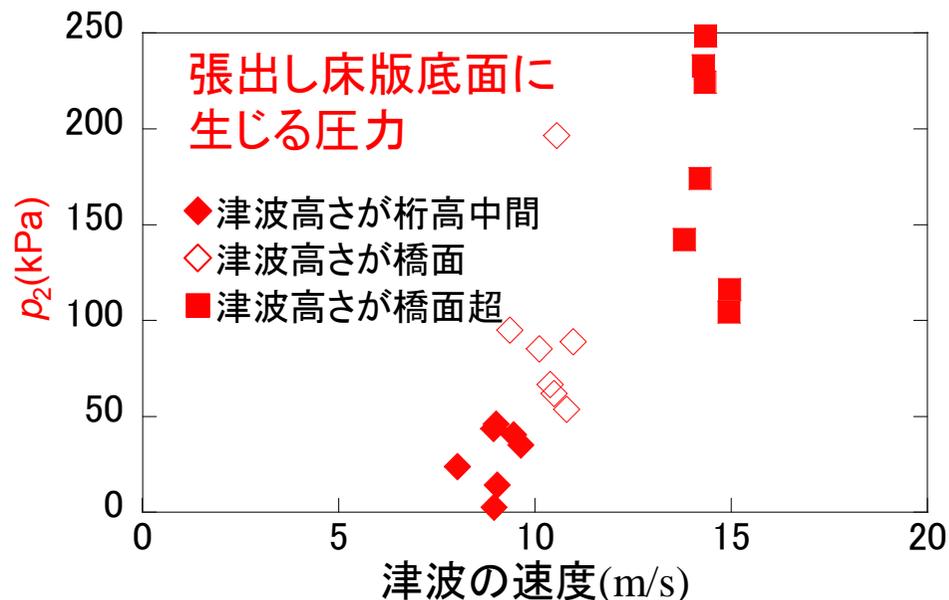
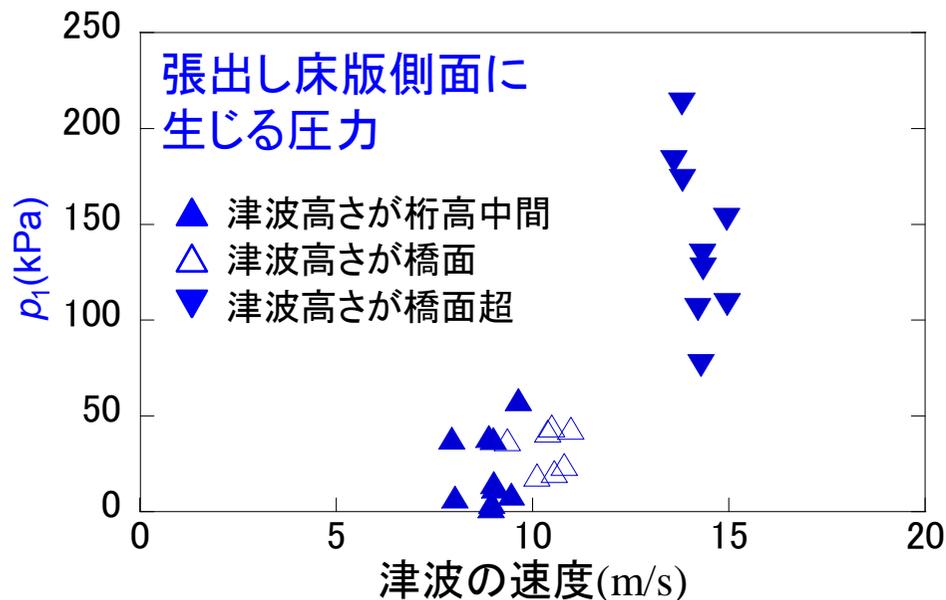


津波の速度が支承反力に及ぼす影響

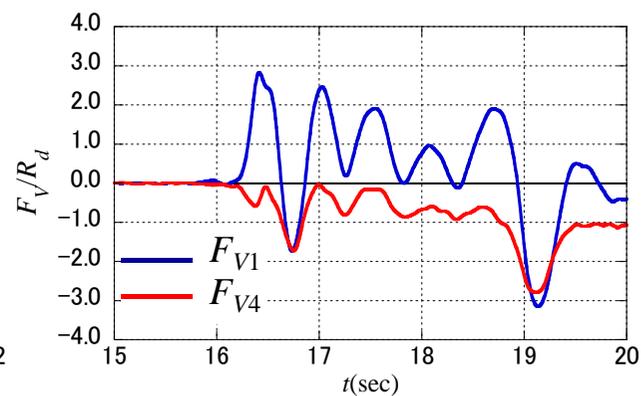
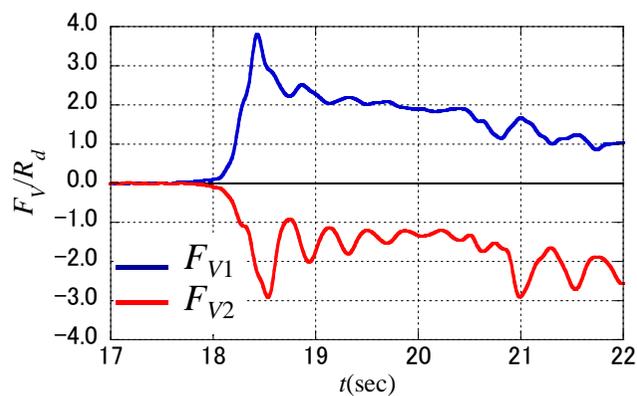
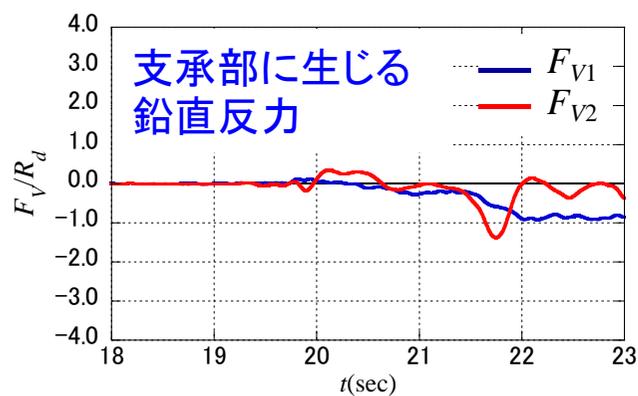
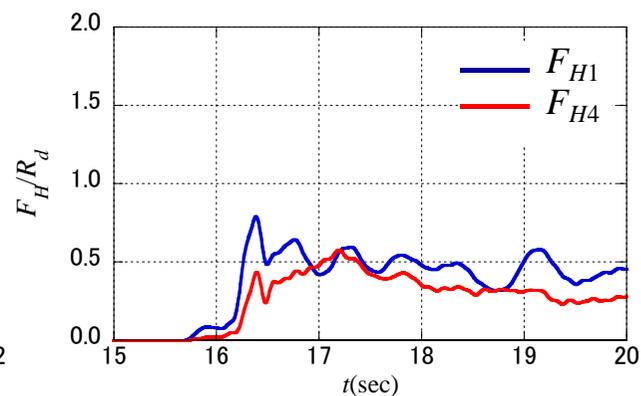
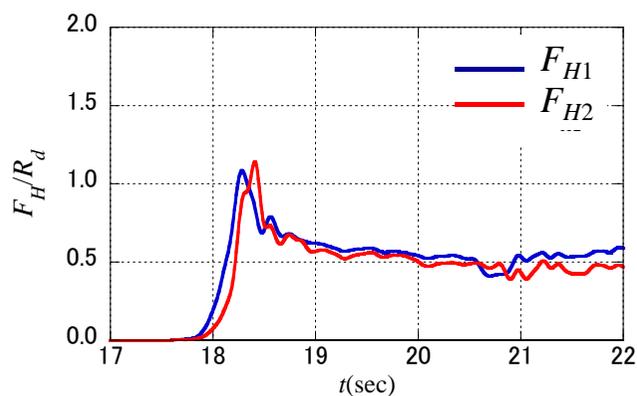
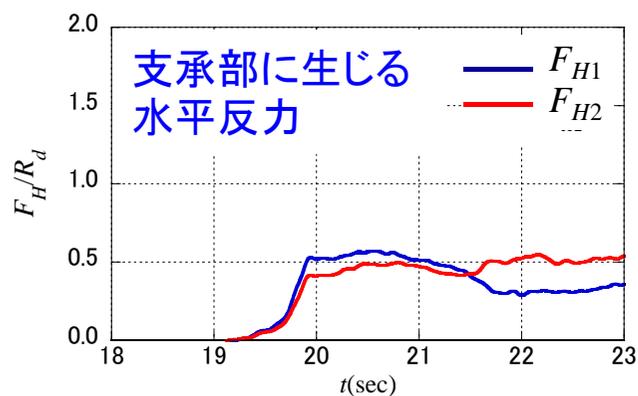
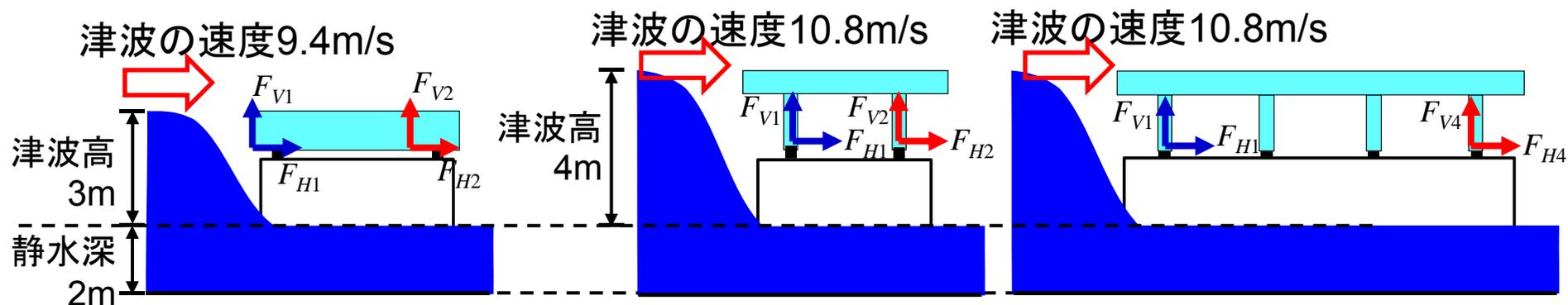
津波の速度14.5m/s



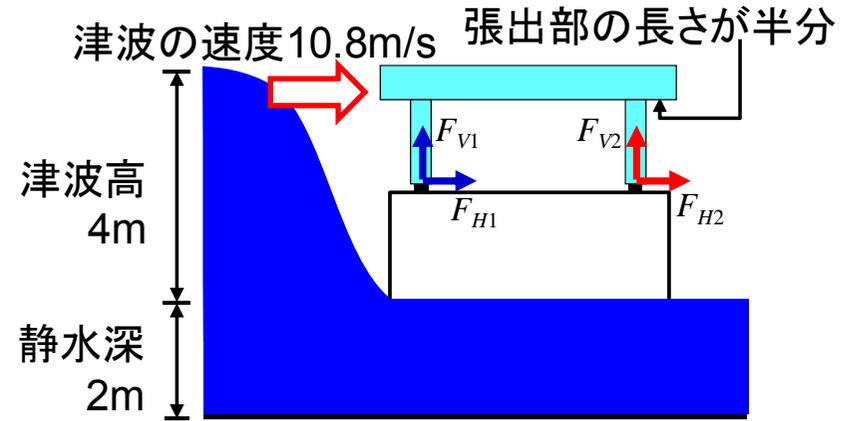
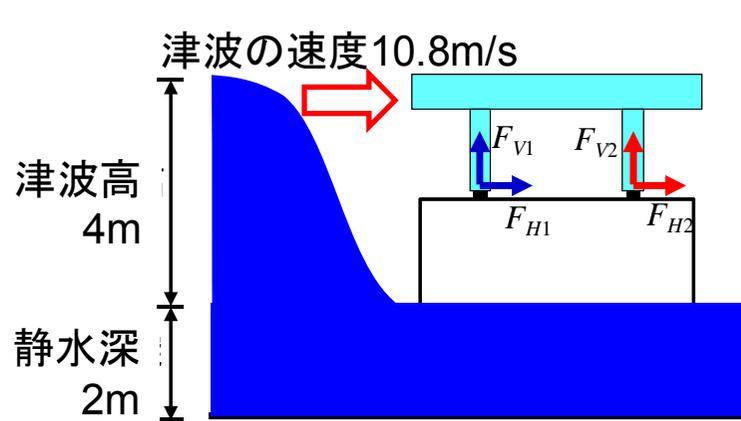
津波の速度と上部構造に生じる圧力の関係



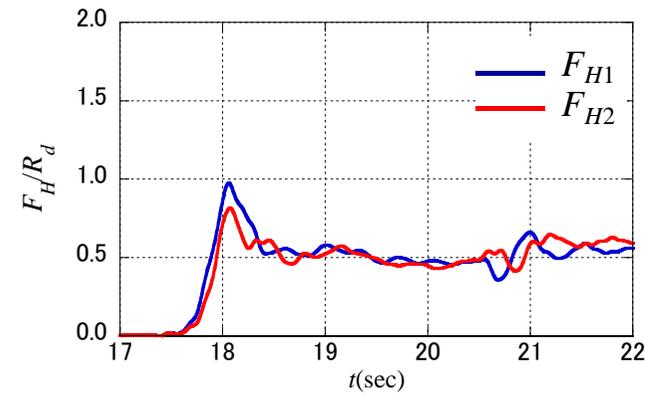
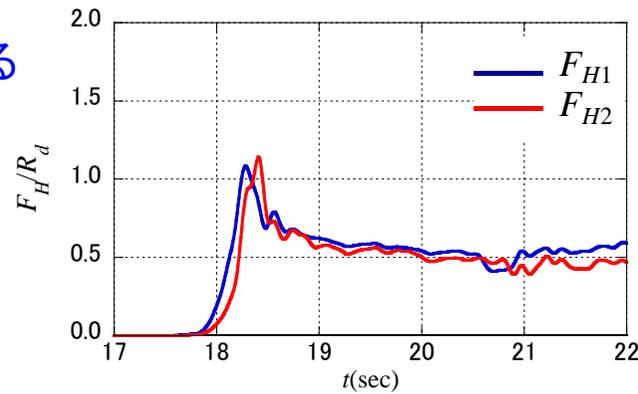
上部構造の形式が支承反力に及ぼす影響



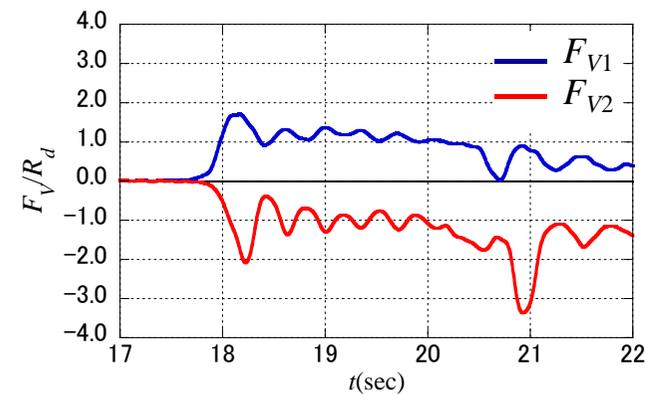
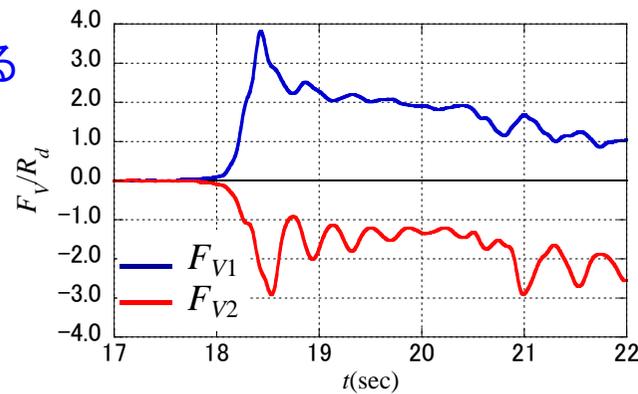
床版張出し長が支承反力に及ぼす影響



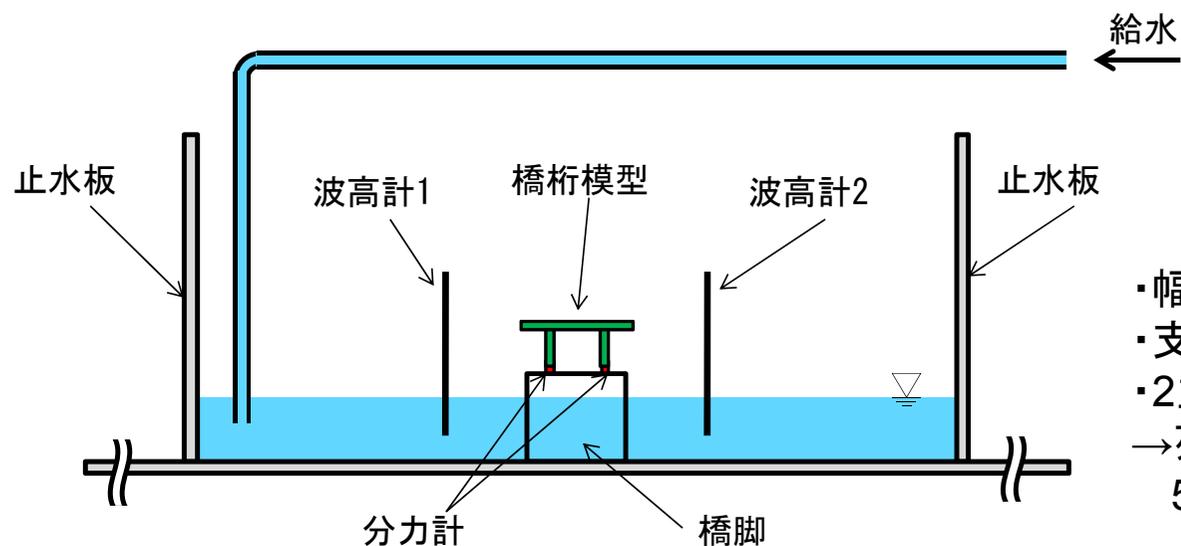
支承部に生じる
水平反力



支承部に生じる
鉛直反力



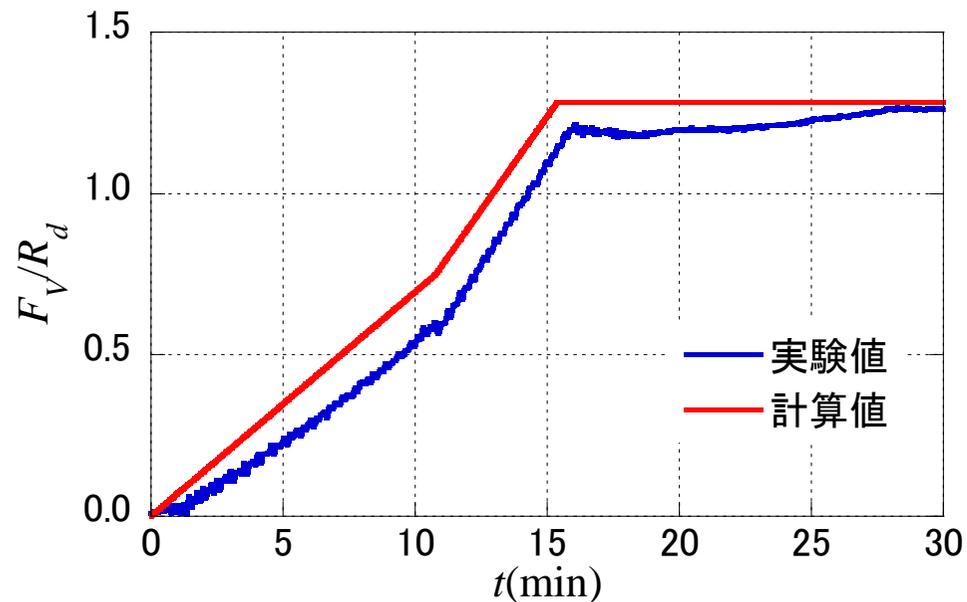
津波により水位が徐々に上昇する場合の橋への影響



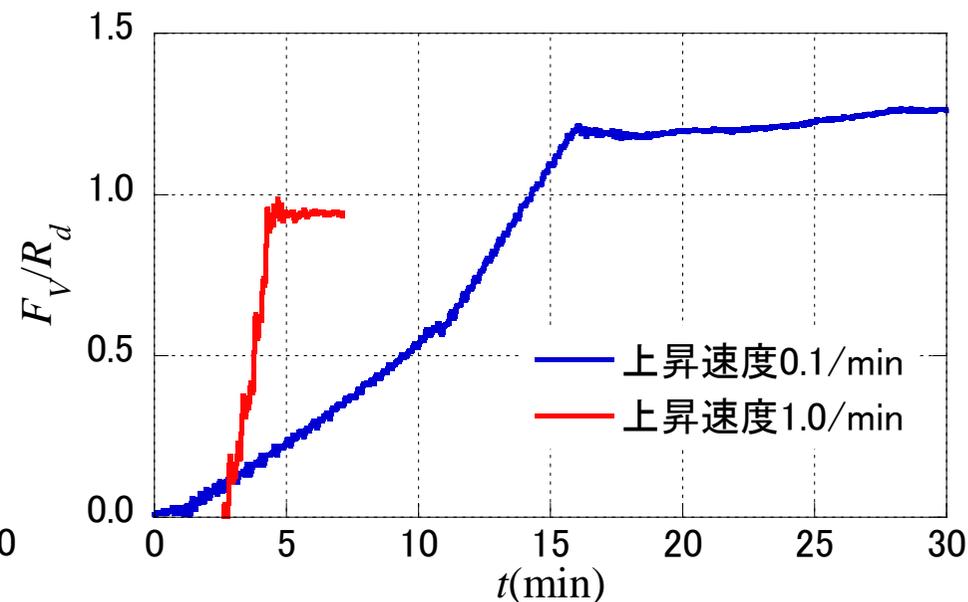
- ・幅員5m
- ・支間20m
- ・2主桁
- 死荷重反力
550kNを想定

※参考
東北地方太平洋
沖地震における
鳴瀬川(野蒜)の
平均上昇速度
0.8m/min

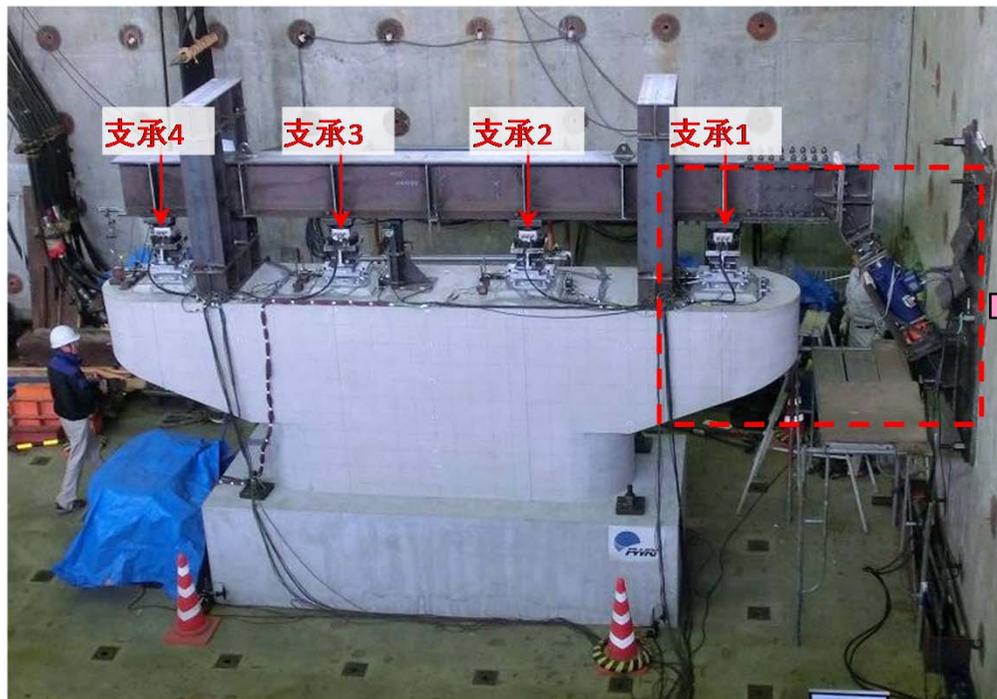
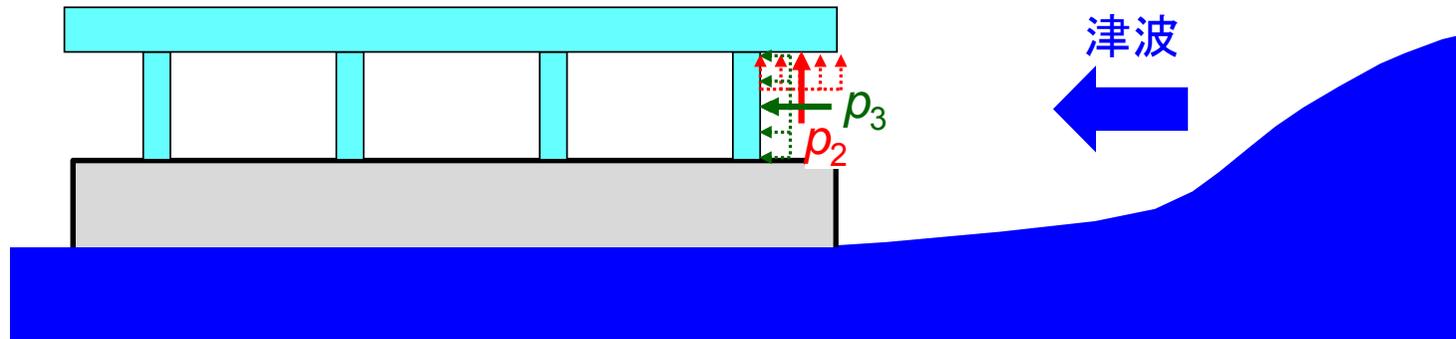
水位上昇速度0.1/minの実験結果



水位上昇速度による比較



1 支承線全体としての支承部の抵抗特性の検証実験



津波による既設鋼製支承の破壊特性

上部構造が流出した小泉大橋における鋼製支承の破壊モード

載荷実験により生じた鋼製支承の破壊モード

被災前



提供: 国土交通省東北地方整備局

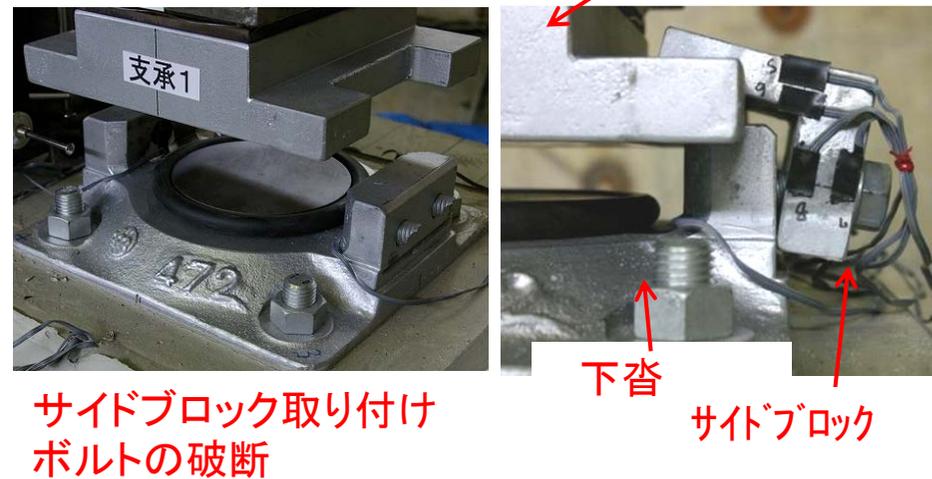
実験前



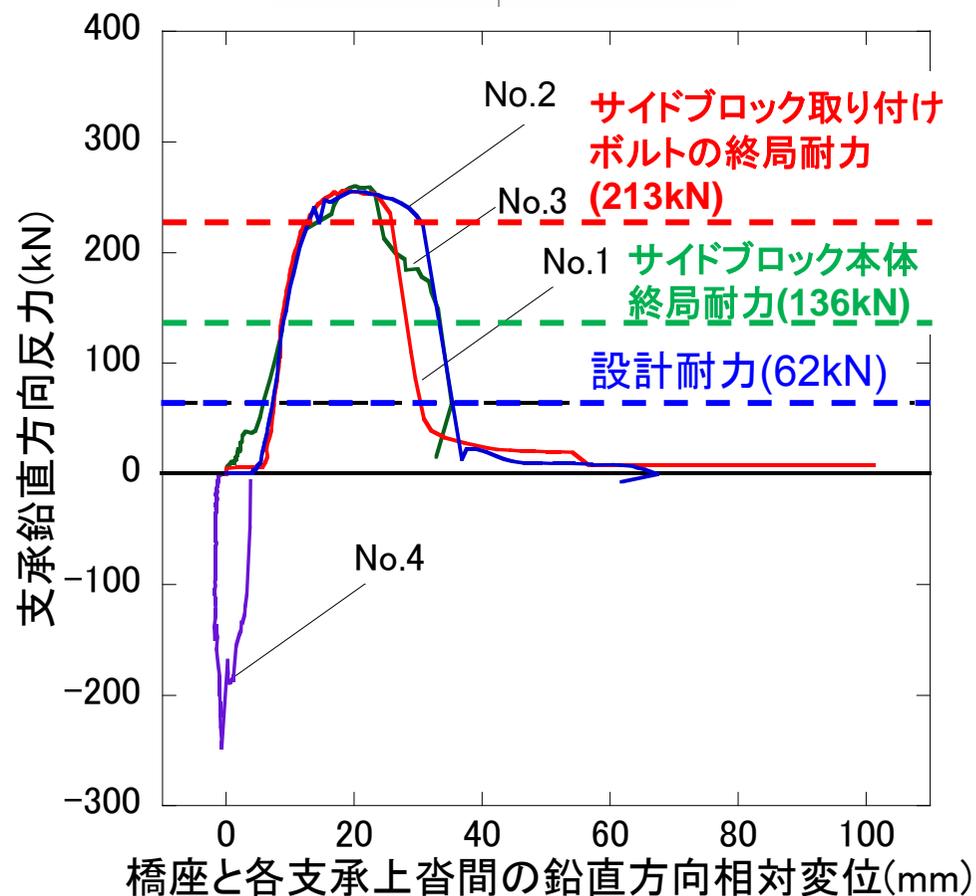
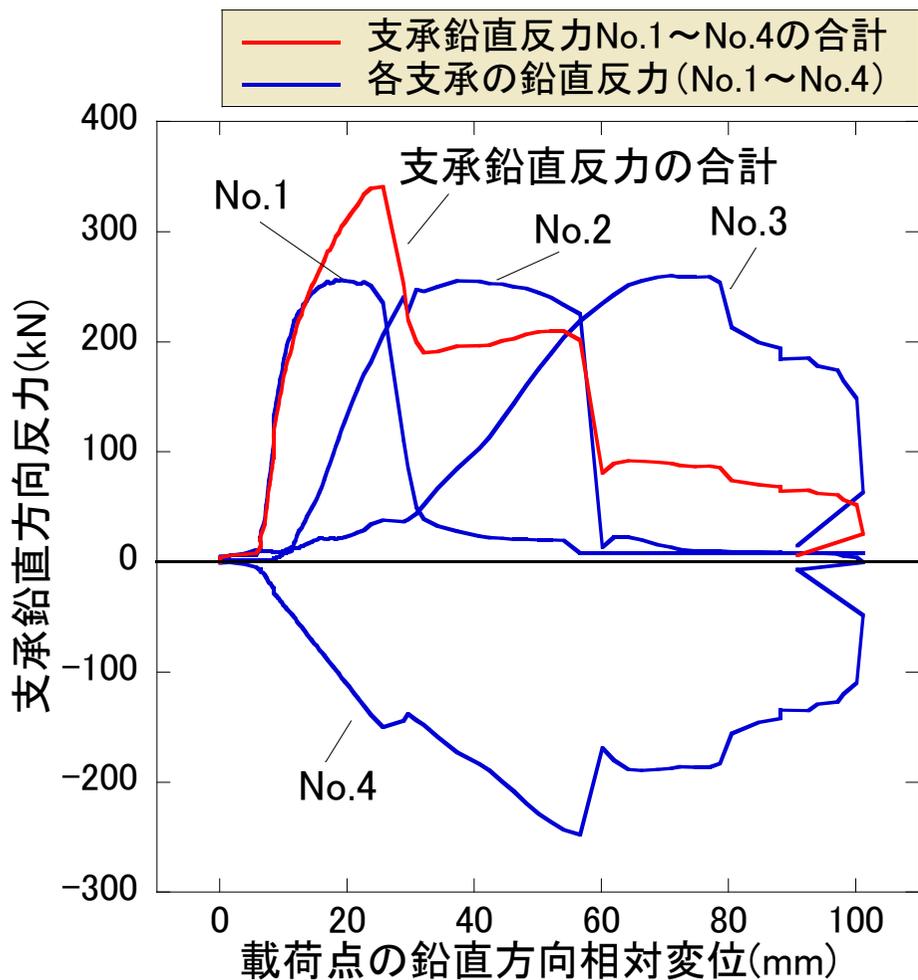
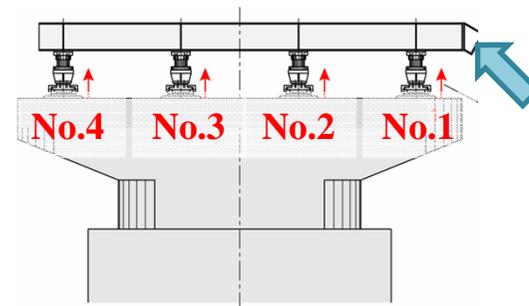
被災後



実験後



支承単体及び1支承線全体としての鉛直方向耐荷力特性



その他実施している研究内容

1. 津波により橋に生じる挙動の評価

- ・ 数値シミュレーションによる水路実験の再現解析
- ・ 低流速域を考慮した津波により桁に生じる作用(圧力等)のモデル化の新しい提案
- ・ 実被害状況との比較による検証

2. 支承部の耐荷力の評価

- ・ 橋全体としてのキャパシティーデザインに適用できる手法
→強度のばらつきを考慮して最大で発揮しうる耐力の評価
(下部構造の耐力との階層化により下部構造を守る)
- ・ 地震動の影響で損傷した場合の耐荷力の評価
- ・ 下部構造の耐力に応じた既設支承部の鉛直抵抗力の向上方策

3. 津波の影響を受けにくくするための構造的工夫

- ・ フェアリングの合理的形状とその橋への取り付け方

津波の影響を受ける一般的な 桁橋における構造的な配慮

防災

津波により橋に生じる作用力に対する抵抗を高める観点

- ・地震の揺れで支承部に損傷したとしても上向き抵抗力を確保できる機能分散機構
- ・支点を多く確保した構造(短支間、一支承線上の支承数を多くした構造)

津波の影響を低減させる観点

- ・主桁数を多くし、桁高さを小さくした構造形式
- ・最外縁の主桁から床版を大きく張出した構造としない
- ・通気等により浸水時の床版底面での空気溜まり(浮力の発生)を抑制
- ・フェアリングの取り付け等により水圧が橋に作用しにくくする構造的工夫
- ・防潮堤等、他の施設との協働により、橋の立地位置に到達する際の津波の水位、流速を抑制

機能回復のための応急復旧のしやすさの観点

- ・応急復旧橋の設置を考慮した構造設計
支間割の計画, 直橋で計画
支承を破壊させ下部構造は確実に守る設計思想

減災