原子力発電所の耐津波技術

―防潮壁の耐津波性能に関する研究を例として―

有川太郎 港湾空港技術研究所

大槌町の被害, 東日本大震災



津波による防波堤・防潮堤の被災事例

釜石





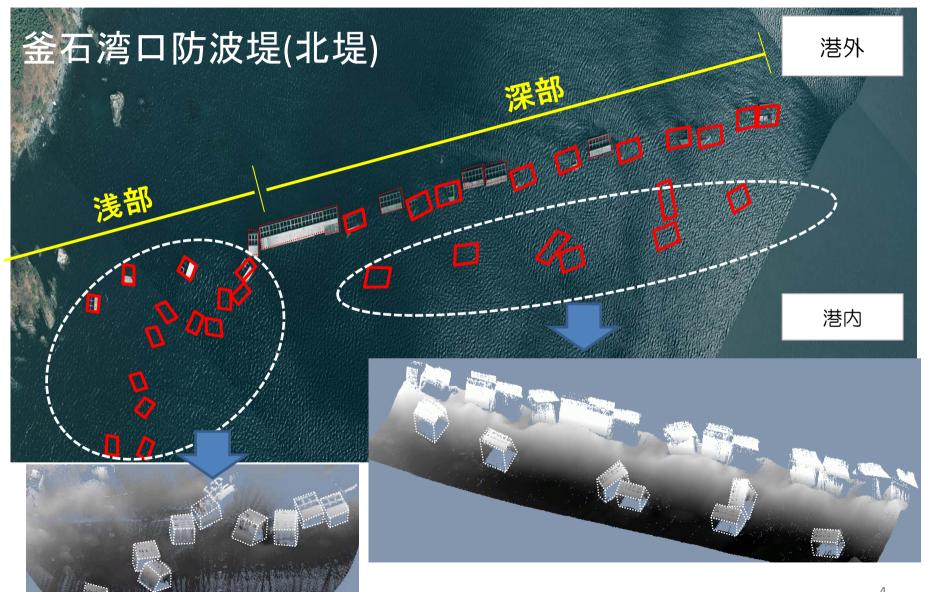
小白浜





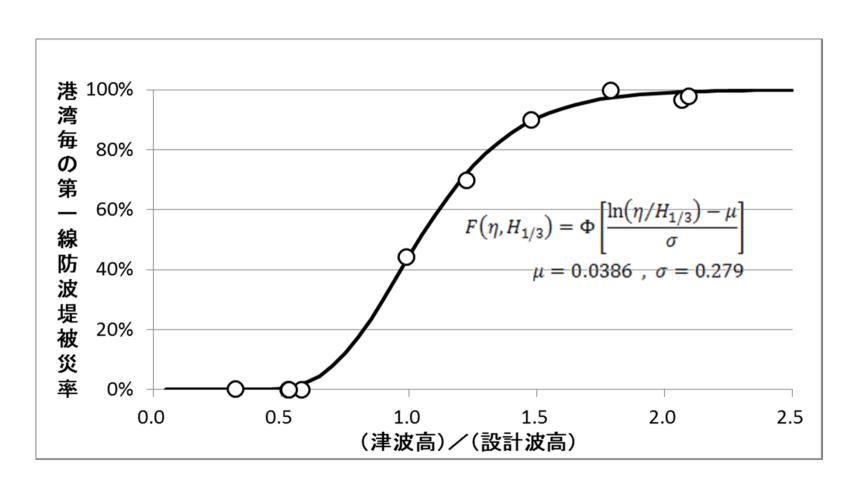


釜石港湾口防波堤の被災状況



東北地整

各港湾の第一線防波堤被災率(PIANC, 2013)

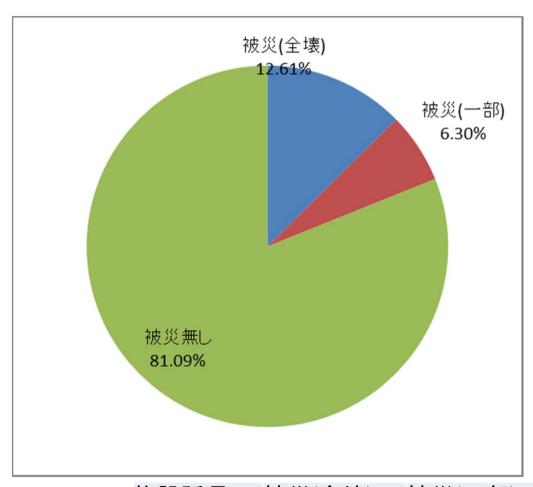




田老の防潮堤の被災状況



胸壁の被災率(対象岩手県の約60施設)



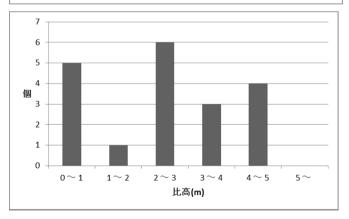
施設延長	被災(全壊)	被災(一部)	被災無し
7.1909	0.907	0.4529	5.831
	12.61%	6.30%	81.09%

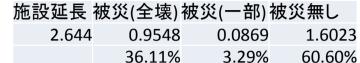
施設ごと

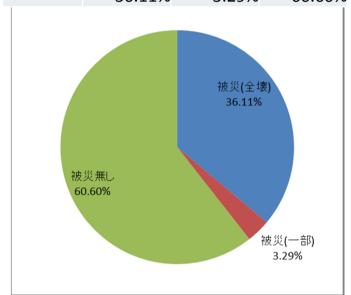
港湾 漁港

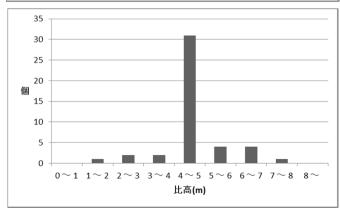
施設延長 被災(全壊) 被災(一部) 被災無し 4.7917 0.02 0.366 4.4057 0.42% 7.64% 91.94%

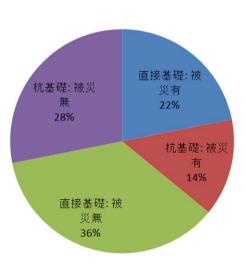




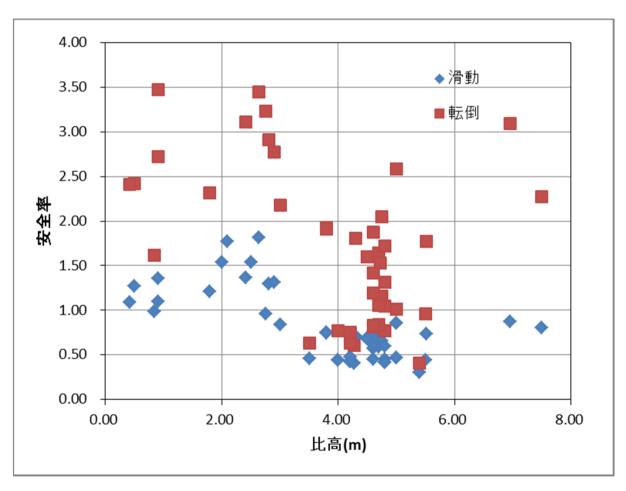






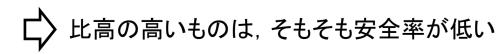


滑動・転倒安全率と比高の関係1

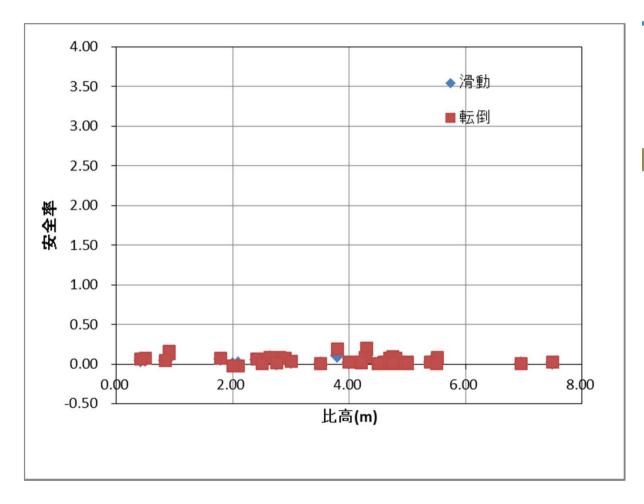


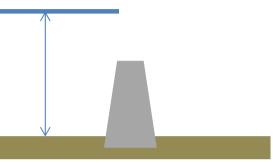


港外水位:天端高 港内水位:地盤高 受動土圧抵抗なし 杭は見込まない



滑動・転倒安全率と比高の関係3





港外水位:痕跡高 港内水位:地盤高 受動土圧抵抗なし 杭は見込まない

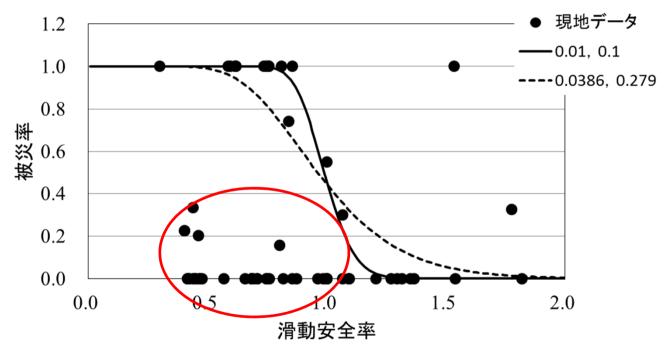


仮に越流しても陸側がすぐに排水されるようになっていれば、すべて倒壊している計算となる

滑動安全率と被災率の関係



港外水位:比高 港内水位:地盤高 受動土圧抵抗なし 杭は見込まない



対数正規分布の累 積分布関数曲線

胸壁本体だけでなく周辺構造物の強度や背 後水位等の影響と考えられる

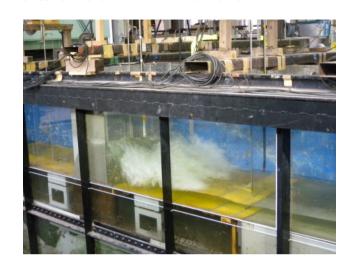
作用波圧について

中規模水理実験

○実験模型図面、計測機器設置位置

1000 2000

3000

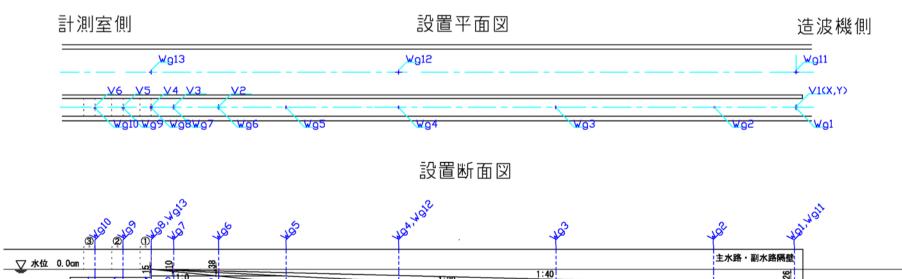




7000

3600

1:100



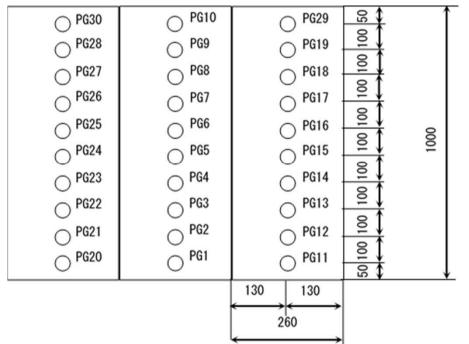
1:20

7000

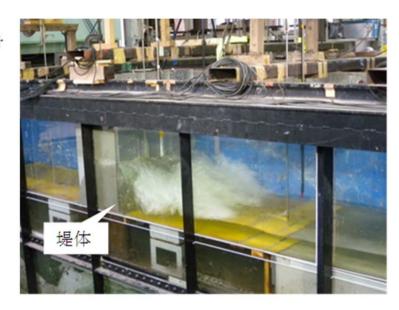
1:10

5000

防潮壁模型



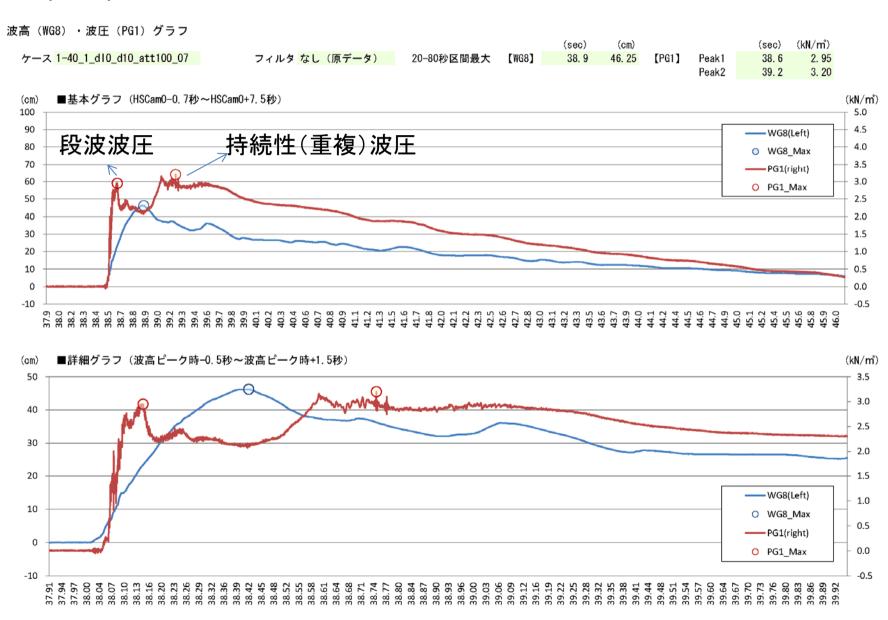
○波圧計



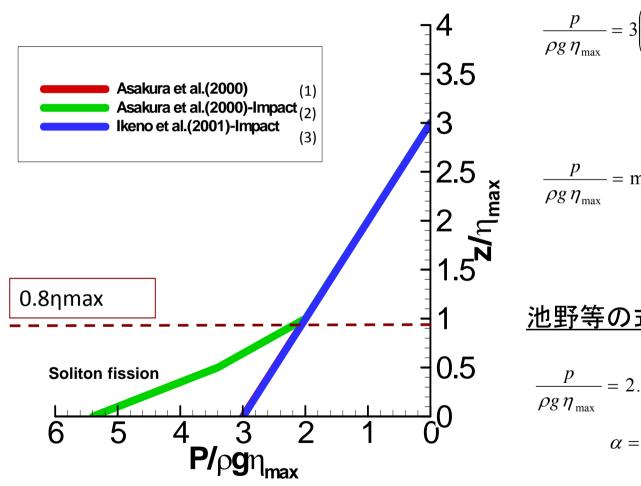
単位:mm

波圧最大値の整理方法(Peak1, Peak2)

有川ら(2013)



遡上した津波の構造物に作用する波圧の算定式



朝倉等の式(2000)

$$\frac{p}{\rho g \, \eta_{\text{max}}} = 3 \left(1 - \frac{z}{3\eta_{\text{max}}} \right) \qquad 0 \le \frac{z}{\eta_{\text{max}}} \le 3$$

$$\frac{p}{\rho g \, \eta_{\text{max}}} = \max \left\{ 5.4 \left(1 - \frac{z}{1.35 \, \eta_{\text{max}}} \right), 3 \left(1 - \frac{z}{3 \, \eta_{\text{max}}} \right) \right\}$$

池野等の式(2001)

$$\frac{p}{\rho g \, \eta_{\text{max}}} = 2.2 \left(1 - \frac{z}{3\eta_{\text{max}}} \right) \alpha \qquad 0 \le \frac{z}{\eta_{\text{max}}} \le 3$$

$$\alpha = 1.36$$

無次元最大波圧分布図

p:最大津波波圧

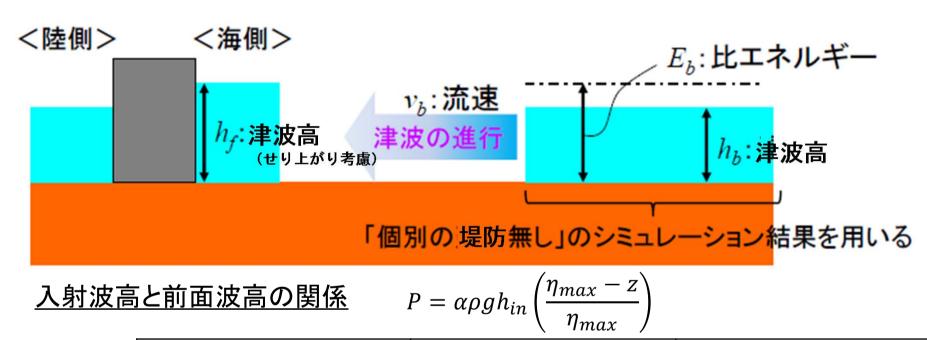
z:陸上地面を基準とした 上向きの正の作業

η max:最大遡上水深

ρ:流体の密度

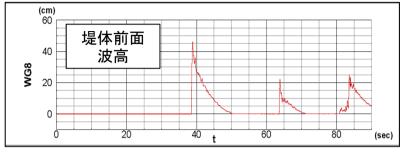
g: 重力加速度

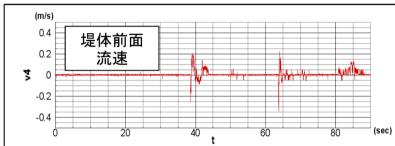
水深係数を表現する手法

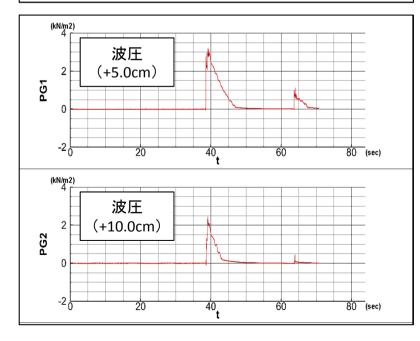


波圧係数(水深係数α)	備考	参照論文
$1.0+1.4F_r$	$(0 \le F_r \le 2)$	榊山(2012)
1.0+1.3Fr	2次元壁体構造物	池谷ら(2013)
1.0+0.5 <i>Fr</i> ²	ベルヌイの定理	加藤ら(2012)
$1.0+0.5(1+\zeta)Fr^2$	ベルヌイの定理	松富ら(2013)
1.0+1.2 <i>Fr</i>	2次元壁体構造物	Asakura et. al. (2002)
3.0	建築構造物	朝倉ら (2000)

海底勾配1/40 波圧試験 計測結果 (例)



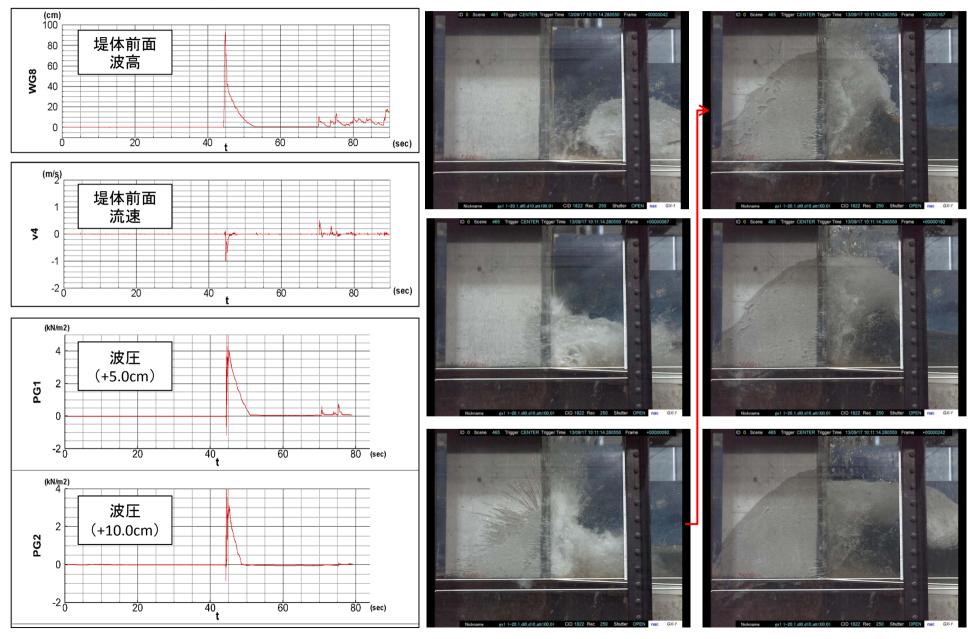








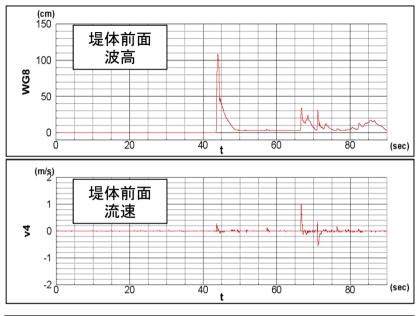
海底勾配1/20 波圧試験 計測結果 (例)

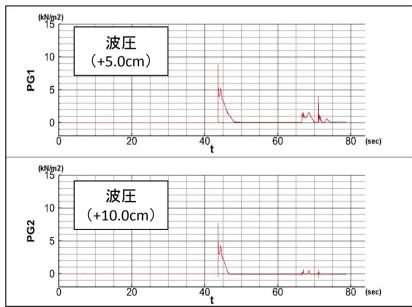




1-20_2_dl0_d10_att100_01

海底勾配1/10 波圧試験 計測結果 (例)













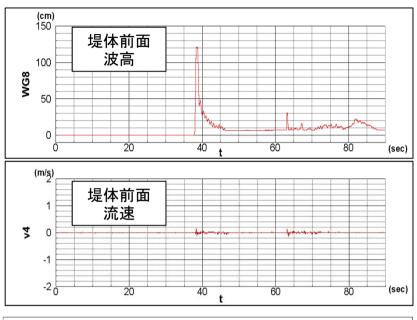


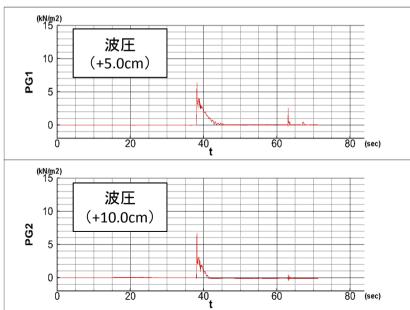


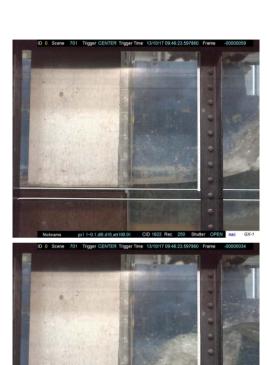


1-10_1_dl-2.5_d10_att100_01

海底勾配0 波圧試験 計測結果(例)





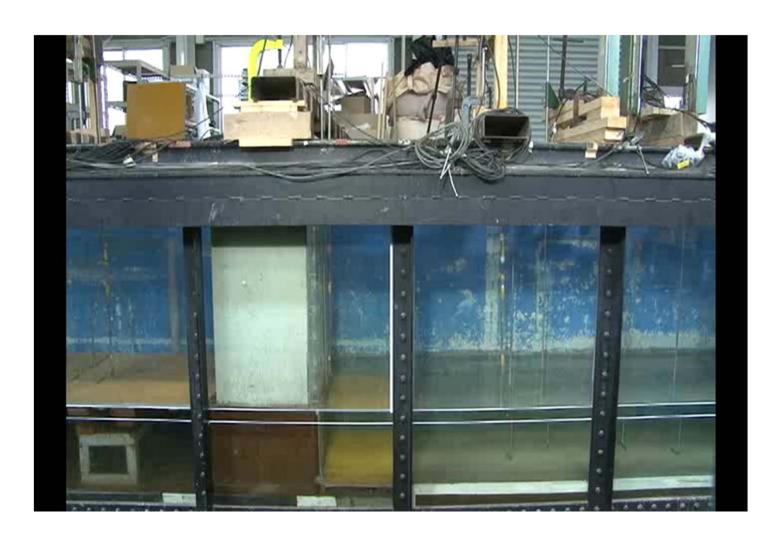




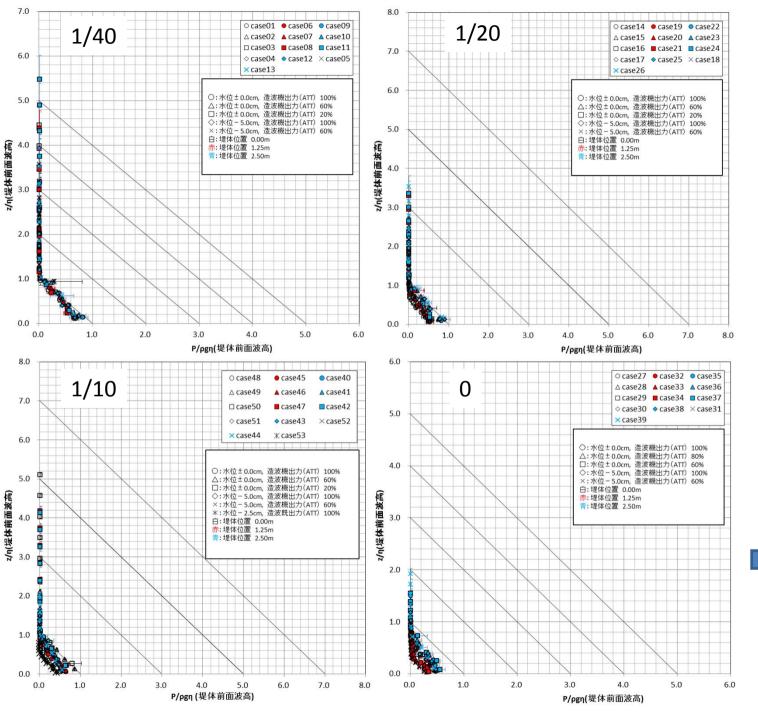




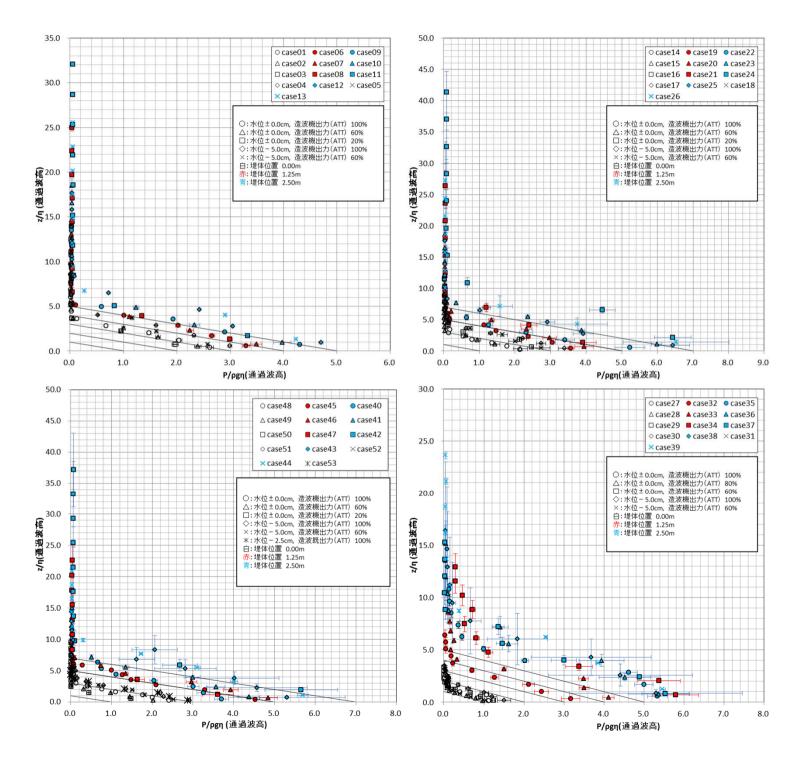




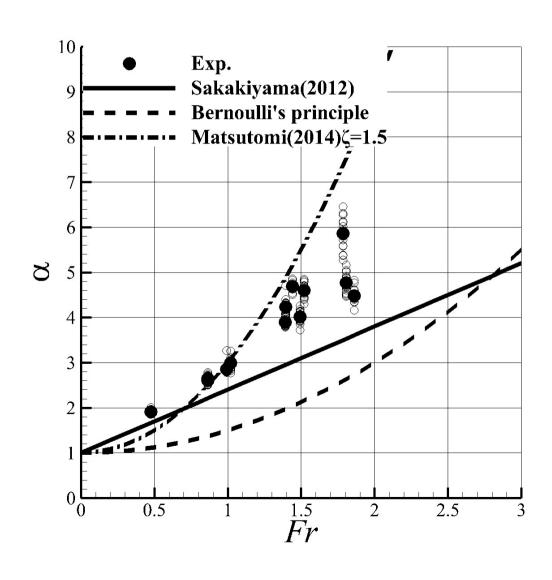
2ND PEAK(持続性波圧) の特性



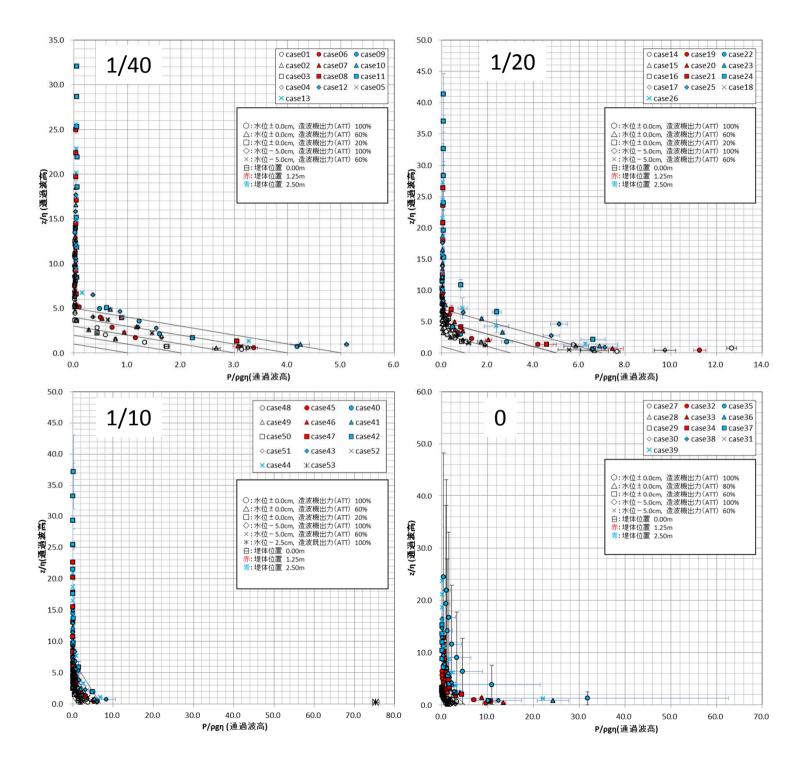




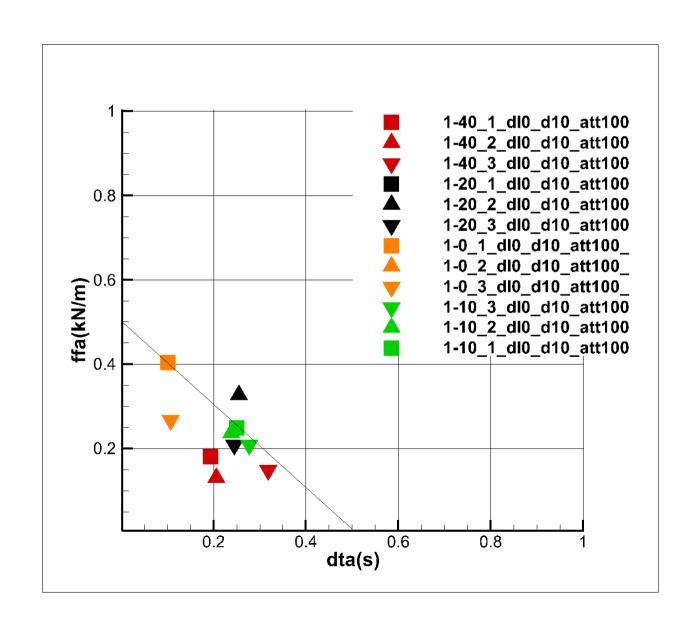
水位最大時のフルード数と水深係数 との関係



1ST PEAK(段波波圧) の特性



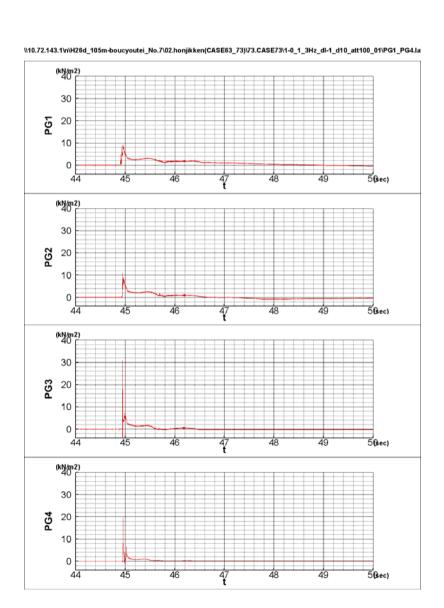
波力と作用時間の関係



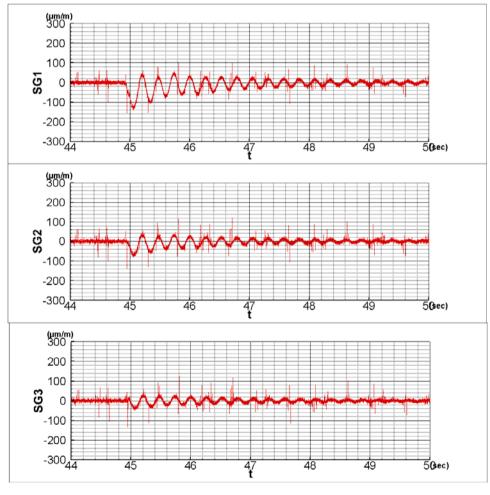
壁体の応答性



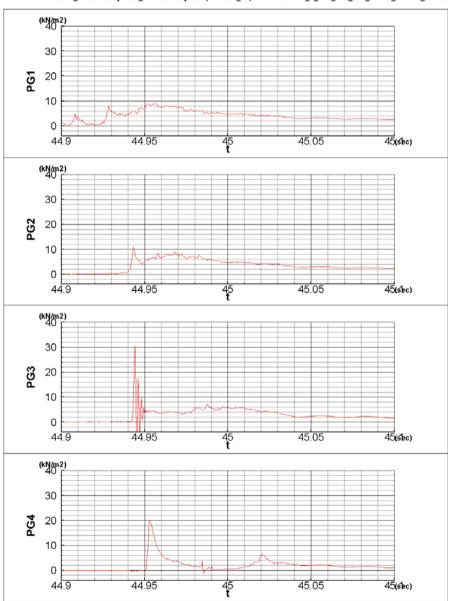
波圧とひずみの関係



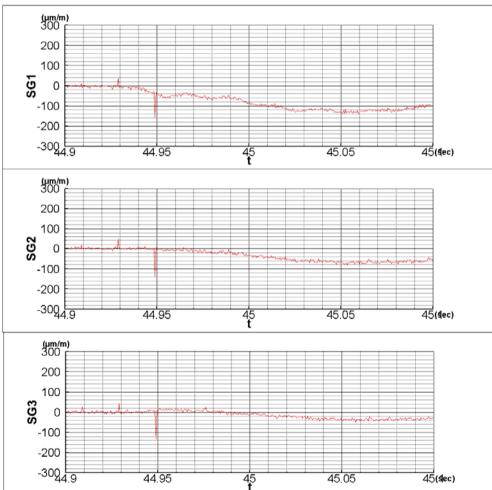
\\10.72.143.1\n\\126d_105m-boucyoutei_No.7\\02.honjikken(CASE63_73)\73.CASE73\1-0_1_3Hz_dl-1_d10_att100_01\SG1_SG3.la



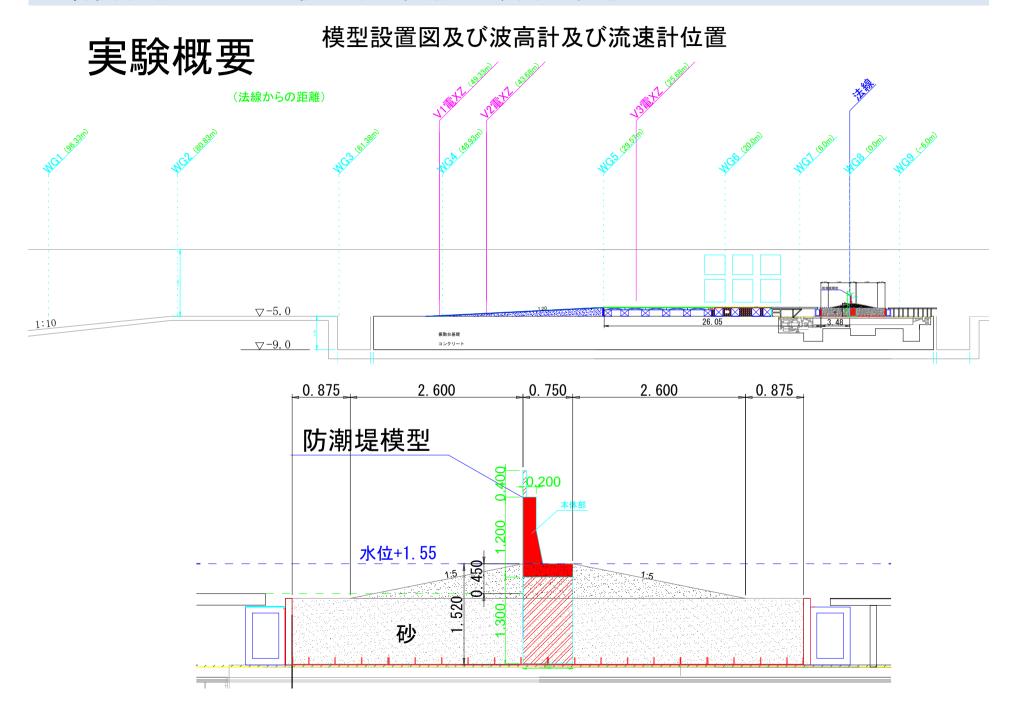
\\10.72.143.1\n\\126d_105m-boucyoutei_No.7\02.honjikken(CASE63_73)\73.CASE73\1-0_1_3Hz_dl-1_d10_att100_01\PG1_PG4.la



\\10.72.143.1\n\H26d_105m-boucyoutei_No.7\02.honjikken(CASE63_73)\73.CASE73\1-0_1_3Hz_dl-1_d10_att100_01\SG1_SG3.la



大規模水路による大型模型水理実験:地震津波試験



大規模水路による大型模型水理実験:地震津波試験

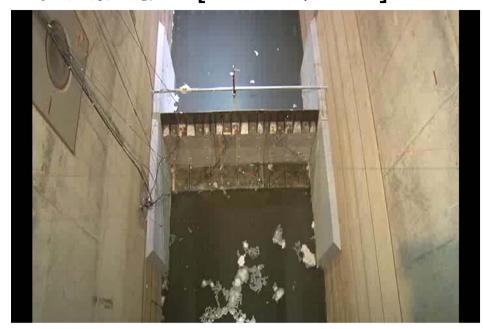
加振試験(気中) [3Hz, 400gal]





大規模水路による大型模型水理実験:地震津波試験

津波試験 [600cm, 20s]





高速カメラ 1/8倍速

