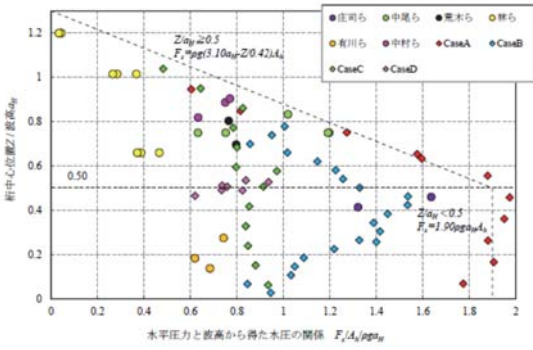


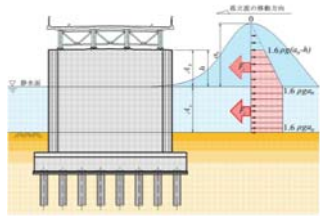
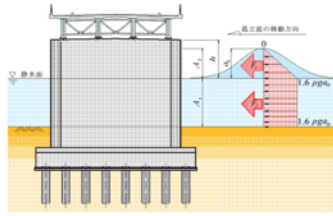
参考表 2.1 対象として設定されている構造物（橋梁）

対象として設定されている構造物				
橋 梁				
出典資料（基準・ガイドライン）				
東日本大震災による橋梁等の被害分析小委員会最終報告書				
発行者 / 発行年				
土木学会地震工学委員会東日本大震災による橋梁等の被害分析小委員会 / 平成 27 年 8 月（2015.8）				
荷重の種類				
津波先端荷重	水平荷重	衝撃段波波力	—	—
		段波波力	波力と区別なし	—
		波力	○	参考表 2.2 参考表 2.3
	鉛直荷重	全揚圧力	○	参考表 2.4
津波非先端荷重	水平荷重	抗力	○	参考表 2.5 参考表 2.6
		揚圧力	○	参考表 2.7
	鉛直荷重	浮力	—	—
越流時荷重	水平荷重	水位差	—	—
		流体力	—	—
	鉛直荷重	揚圧力	—	—
		浮力	—	—
漂流物荷重	水平荷重	衝突荷重	—	—
		せき止め荷重	—	—

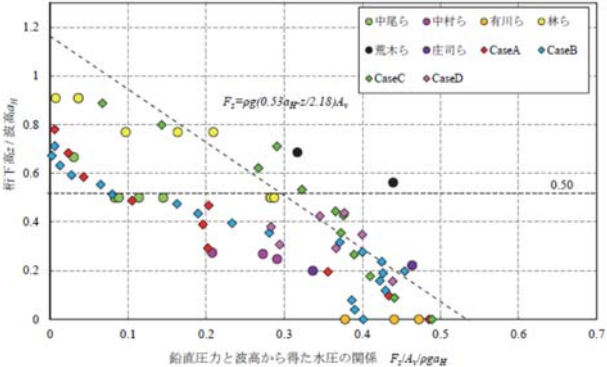
参考表 2.2 対象として設定されている構造物（橋梁）

大項目	小項目	細目	算定式	ページ	備 考
津波 先端部 荷重 (片側のみに水圧が作用している状態)	水平 荷重	波力	・ 上部構造に作用する段波波力 $F_x = F_{xw}$ $Z/\eta_H > 0.5 \text{ の場合} \quad F_{xw} = \rho g \left(3.10\eta_H - \frac{Z}{0.42} \right) A_h$ $Z/\eta_H < 0.5 \text{ の場合} \quad F_{xw} = 1.90 \rho g \eta_H A_h$ F_x: 水平作用力(N), F_{xw}: 波による水平作用力 (N), ρ: 海水の密度 (=1030kg/m³), g: 重力加速度(=9.8m/s²), η_H: 段波波の高さ(m), Z: 初期水位から桁中心までの距離(m), A_h: 有効鉛直投影面積(m²)  図 波によって上部構造に発生する作用力 出典：東日本大震災による橋梁等の被害分析小委員会最終報告書	Ⅱ－ 357 － 358	各機関で実施された孤立波や砕波段波の実験結果を整理し、その結果から算定式を誘導したものである。 実験結果は、波圧の測定結果を 10Hz の移動平均により処理しており、これにより衝撃段波波圧は除去されているため、衝撃段波波圧には適用できない。 <参考文献> 二井伸一, 幸左賢二, 庄司学, 木村吉郎: 津波形状の違いによる橋梁への津波作用力に関する実験的検討, 構造工学論文集, Vol.56A, pp.474-485, 2010

参考表 2.3 対象として設定されている構造物（橋梁）

大項目	小項目	細目	算定式	ページ	備 考
津波 先端部 荷重 (片側のみに水圧が作用している状態)	水平 荷重	波力	・ 橋脚や橋台に作用する段波波力 $F_x = F_{x1} + F_{x2}$ $F_{x1} = \frac{1}{2} \rho g \{ \alpha' (2\eta_H - h) \} A_b \quad (\eta_H > h)$ $F_{x1} = \frac{1}{2} \rho g (\alpha' \eta_H) A_b \quad (\eta_H \leq h)$ $F_{x2} = \rho g (\alpha' \eta_H) A_s$ η_H: 段波波の高さ(a_Hと同様)(m), F_{x1}: 橋脚または橋台の初期水位より上面に作用する水平作用力 (N), F_{x2}: 橋脚または橋台の初期水位より下面に作用する水平作用力 (N), α': 段波高さに乗じる係数(=1.6)   $\eta_H > h$ の場合 $\eta_H \leq h$ の場合 図 段波波力によって橋脚や橋台に生じる作用力 出典：東日本大震災による橋梁等の被害分析小委員会最終報告書	Ⅱ－ 361	孤立波を造波させた水理模型実験を実施し、橋台に作用する波圧について整理した算定式である。 算定式は、実験で衝撃段波波圧およびソリトン分裂を考慮していないため、衝撃段波波圧およびソリトン分裂には適用できない。 <参考文献> 佐藤崇, 幸左賢二, 佐々木達生, 濱井翔太郎: 橋台に作用する津波作用力に関する実験的検討, 構造工学論文集, Vol.61A, pp.235-245, 2015

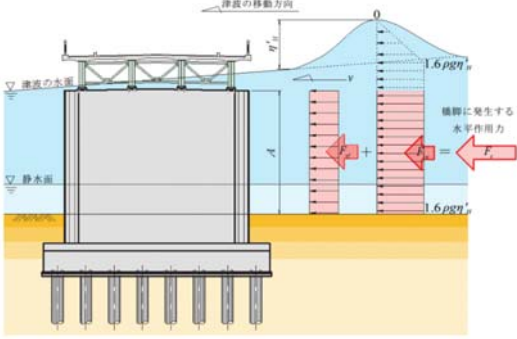
参考表 2.4 対象として設定されている構造物（橋梁）

大項目	小項目	細目	算定式	ページ	備 考
津波 先端部 荷重	鉛直 荷重	全揚 圧力	・ 上部構造に作用する段波波力 $F_z = F_{zw}, \quad F_{zw} = \rho g \left(0.53 \eta_H - \frac{z}{2.18} \right) A_v$ F_z : 鉛直作用力(N), F_{zw} : 波による鉛直作用力 (N), ρ : 海水の密度 (=1030kg/m³), g : 重力加速度(=9.8m/s²), η_H : 段波波の高さ(m), Z : 初期水位から桁中心までの距離(m), A_v : 有効水平投影面積(m²)  図 波によって上部構造に発生する作用力 出典：東日本大震災による橋梁等の被害分析小委員会最終報告書	Ⅱ－ 357	算定式は二井ら（2010）の論文から引用したものであり, 橋梁に作用する孤立波の実験結果を近似したものである。 実験は, 孤立波の碎波有・無の条件で実施しており, 最も揚力が大きかった碎波無の条件を近似して定式化を行っている。 <参考文献> 二井伸一, 幸左賢二, 庄司学, 木村吉郎: 津波形状の違いによる橋梁への津波作用力に関する実験的検討, 構造工学論文集, Vol.56A, pp.474-485, 2010

参考表 2.5 対象として設定されている構造物（橋梁）

大項目	小項目	細目	算定式	ページ	備 考
津波 非先端部 荷重	水平 荷重	抗力	・ 上部構造に作用する持続波力 $F_x = F_{xf} + F_{xw}$ $F_{xf} = \frac{1}{2} \rho C_d v^2 A_h \quad (\text{抗力})$ $F_{xw} = \alpha \rho g \eta'_H A_h \quad (\text{擾乱による作用力})$ $C_d = \begin{cases} 2.1 - 0.1(B/D) & 1 \leq B/D < 8 \\ 1.3 & 8 \leq B/D \end{cases}$ F_x: 水平作用力(N), F_{xf}: 流れによる水平作用力(N), F_{xw}: 擾乱による水平作用力(N), ρ: 海水の密度(=1030kg/m³), g: 重力加速度(=9.8m/s²), C_d: 抗力係数, B: 橋の総幅(m), D: 橋の総高(m), α: 擾乱高さに乗じる係数(=1.9), v: シミュレーションで得た桁位置における桁が無い場合の最大水平方向流速(m/s), A_h: 有効鉛直投影面積(m²)	Ⅱ－ 359	算定式は、津波の流れによる抗力と波面の擾乱による作用力の和で津波による水平荷重を評価したものである。 抗力については、水を循環させた水理模型実験により、橋梁模型に作用する波圧を測定し、その結果を算定式と比較することで妥当性の確認を行っている。 <参考文献> 佐藤崇, 幸左賢二, 佐々木達生, 付李: 橋桁に作用する準定常的な持続波力の実験的検討, 土木学会論文集 B1 (海岸工学), Vol.70, No.2, pp.I_876-I_880, 2014

参考表 2.6 対象として設定されている構造物（橋梁）

大項目	小項目	細目	算定式	ページ	備 考
津波 非先端部 荷重	水平 荷重	抗力	・ 橋脚や橋台に作用する持続波力 $F_x = F_{xf} + F_{xw}$ $F_{xf} = \frac{1}{2} \rho C_d v^2 A, \quad F_{xw} = \rho g (\alpha' \eta'_H) A$ F_x: 水平作用力(N), F_{xf}: 流れによる水平作用力(N), F_{xw}: 擾乱による水平作用力(N), ρ: 海水の密度(=1030kg/m³), g: 重力加速度(=9.8m/s²), C_d: 抗力係数(=1.4), v: 橋台位置における橋台がない場合の最大水平方向流速(m/s), α': 段波高さに乗じる係数, η'_h: 擾乱高さ(m), H: 地盤面から橋台天端までの高さ(m), A: 地盤面から橋脚または橋台天端までの高さの範囲の橋脚または橋台側面の被圧面積(m²)  図 持続波力によって橋脚や橋台に生じる作用力 出典：東日本大震災による橋梁等の被害分析小委員会最終報告書	Ⅱ－ 363 － 364	持続波力の水平作用力は、津波の流れによる作用力と擾乱による作用力の算定式で評価されており、橋梁の上部構造と同様の評価方法となる。

参考表 2.7 対象として設定されている構造物（橋梁）

大項目	小項目	細目	算定式	ページ	備 考
津波 非先端部 荷重	鉛直 荷重	揚圧力	・ <u>上部構造に作用する持続波力（鉛直作用力）</u> $F_z = F_{zf} + F_{zw}$ $F_{zf} = \rho g V$ $F_{zw} = \rho g (\beta \eta'_H) A_v$ F_z：鉛直作用力(N)，F_{zf}：流れによる鉛直作用力(N)，F_{zw}：擾乱による鉛直作用力(N)，ρ：海水の密度(=1030kg/m³)，B：上部構造の体積(m³)，g：重力加速度(=9.8m/s²)，η'_H：擾乱高さに乗じる係数，β：擾乱高さに乗じる係数，A_v：有効水平投影面積(m²)	Ⅱ－ 363	算定式は、津波の流れによる作用力と波面の擾乱による作用力の和で津波による鉛直荷重を評価したものである。 流れによる鉛直作用力は、定常状態であれば浮力以上の揚力が発生しないことが水理実験で確認されているため、浮力相当を考慮した式となっている。 <参考文献> 土木学会地震工学委員会：東日本大震災による橋梁等の被害分析小委員会最終報告書，Ⅱ-357-Ⅱ-358，2015