

津波による橋梁の流出に与える防潮堤の効果に関する検討

(株)大林組 フェロー ○野村 敏雄
(株)大林組 正会員 武田 篤史 姜 威

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震津波においては、多くの橋梁が流出し、復旧活動に大きな障害となった。しかし、橋梁の耐津波に関する研究は緒についたばかりであり、明らかになっていないことが多い。本研究では、橋梁の流出に対する防潮堤の効果を経験則解析の結果から考察した。

2. 検討方法および検討対象

津波遡上解析を行い、その結果得られた対象地点における流速および浸水高さから、橋梁の流出に関して考察を行った。

津波遡上解析は、非線形長波理論式による差分法¹⁾によるもので、防潮堤を有する対象地域における東北地方太平洋沖地震津波の再現解析を行い、精度を確認したのち、防潮堤を除去して同様の解析を行い比較した。津波遡上解析の解析条件を表-1に示す。

検討対象地域は岩手県釜石市両石湾水海地区とし、国道45号線鳥谷坂橋(単純鋼合成鈹桁橋、橋長30m、幅員9.2m)がある点を対象地点とした。検討対象を図-1に示す。対象地域における東北地方太平洋沖地震津波による津波痕跡高³⁾は最大TP+18.0mであった。対象地域の防潮堤はTP+12mであったが、津波による大きな変状は見られなかった。

3. 津波遡上解析結果

解析により得られた最大津波水位分布を図-2に示す。また、図-2b)に示す①～⑦の各点における浸水高計算値と痕跡高³⁾の比較を図-3に示す。

図-3に示す再現解析における浸水深は痕跡値とおおむね一致しており、ほぼ再現できているものと言える。なお、この11点における相田による幾何平均Kは1.01、幾何標準偏差κは1.14であり、土木学会原子力土木委員会津波評価部会⁴⁾に示される目安(0.95<K<1.05かつκ<1.45)を満足している。

防潮堤の効果について比較すると、防潮堤がある再現解析においては防潮堤の背後で急激に水位の低下がみられるが、防潮堤なしの場合は、10m以上の浸水深範囲が内陸まで続いていることが分かる。

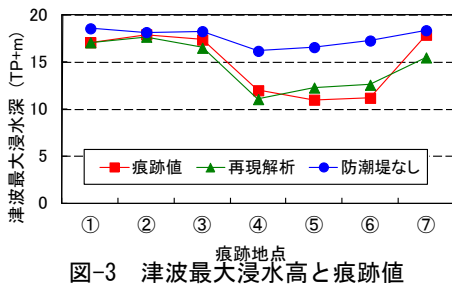


図-3 津波最大浸水高と痕跡値

表-1 津波遡上解析計算条件				
領域	A	B～C	D～E	F
範囲	外洋	波源・三陸沿岸	岩手県沿岸	両石湾
計算格子間隔	1450m	450m～150m	50m～25m	5m
水平稼働粘性係数	100.0m ² /s	10.0m ² /s	5.0m ² /s	1.0m ² /s
計算時間間隔	$\Delta t = 0.25$ (s)			
基礎方程式	非線形長波理論式			
陸側境界条件	完全反射		浸水計算	
海底摩擦	n=0.025			n=0.02～0.05 (土地利用により設定)
潮位条件	津波来襲時の推定潮位=T.P.-0.37m			
初期条件	Mansinha and Snylieの方法			
断層モデル	Fujiiらのモデル(藤井・佐竹モデルVer.4.2) ²⁾ ただし、滑り量を1.51倍に修正			
計算時間	地震発生後180分(3時間)			

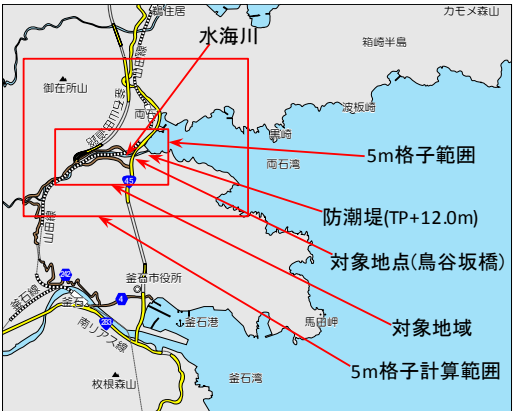


図-1 検討対象

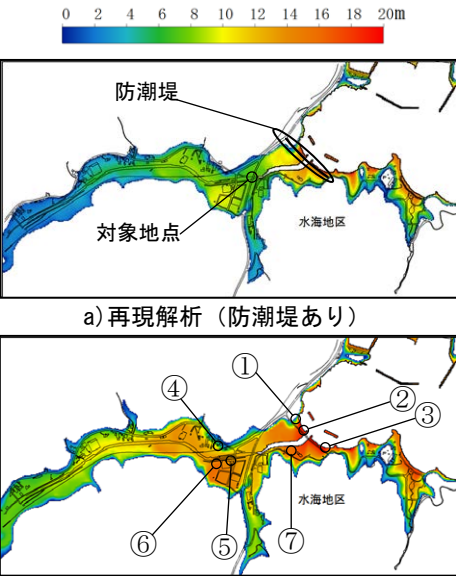


図-2 津波最大浸水深分布

キーワード 津波, 橋梁流出, 防潮堤, 最大流速

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所構造技術研究部 TEL 042-495-1111

図-4 に対象地点の水位および河川上流方向の流速を示す。防潮堤がある再現解析においては、最初の2波（沖における波形ではあわせて1波目）のみ防潮堤を超えるが、その後の津波は防潮堤を越えず、流速はほぼ0となる。水位に関しては、引き波時に防潮堤が堰となり水が抜けないため、最大水位後に一定となる。一方、防潮堤がないときは、最初の2波で最大水位・最大流速を記録し、その後徐々に水位が低下するが、押し波の到来とともに、再度水位、流速とも増加することを繰り返す。最初の水位の上昇に関しては、再現解析では防潮堤を越えた直後に急増するのに対し、徐々に増加していくのがわかる。

4. 橋梁の流出に対する検討

橋梁の流出に対しては、清水らの検討結果⁶⁾をもとに検討する。清水らの検討は実際に津波を受けた12橋を対象として、流速を6.00m/s、波高を10.0mとそれぞれ一定に仮定し、次式で表わされる桁抵抗力津波作用力比 β や死荷重上揚力比 γ を計算している。 β 、 γ はそれぞれ、耐力より作用が大きくなったときに1以下となる。

$$\beta = S/F, S = \mu(W-U), F = 0.5\rho_w C_d v^2 A_n, \gamma = W/(p_Q B L), p_Q = 0.4\rho_w g(a_H - Z_I)$$

ここに、 S ：水平抵抗力、 F ：津波水平力、 μ ：摩擦係数(0.6)、 W ：上部構造重量、 U ：浮力、 ρ_w ：水の密度、 C_d ：抗力係数、 v ：最大流速、 A_n ：上部構造の有効鉛直投影面積、 p_Q ：鉛直波圧、 a_H ：波高、 Z_I ：桁下高

本検討においては、再現解析の水位と流速が清水らの検討の仮定とほぼ同一であったため、これを防潮堤ありのケースと考え、防潮堤なしの時の最大速度7.14m/sと最大水位(≒波高と仮定)13.5mから計算した β 、 γ により防潮堤の効果を考察することとした。

12橋に対しての β および γ を図-5、6に示す。図では、12橋を東北地方太平洋沖地震津波により流出したものと流出しなかったもの（各6橋ずつ）に分けて比較している。

β の値は、速度の2乗に反比例するため、最大流速が6.00m/sから7.14m/sと大きくなることで、 $(6.00/7.14)^2 = 0.70$ 倍となる。12橋中で防潮堤の影響により β の値が1を超えて変動するものは1橋のみ(図-5の矢印)であったが、防潮堤ありの場合の β は0.4~2.5に分布し、そのうちの1.0~1.4の範囲にある場合は防潮堤の影響により $\beta=1$ を超えて変動することから、防潮堤によって流出を防げる橋梁は少なくないものと考えられる。

γ の値は $(a_H - Z_I)$ に比例するが、 Z_I は1.8~8mの間に分布している。 Z_I が大きい場合ほど防潮堤の影響が大きくなり、防潮堤の影響は β に与えるものより大きくなる。清水らの考察⁶⁾にも示される通り γ の値は必ずしも実被害と整合はしておらず検討の余地があるが、 γ は力学的性状から考慮した指標であり、その指標が大きく変動することから、防潮堤の影響は大きいことが推定される。

5. まとめ

本報では、橋梁流出に対して防潮堤の効果が大きいことを示す例を示した。このような検討結果の積み重ねにより、耐津波設計を充実させていく必要がある。

謝辞：ご協力いただいた(株)エコー岩瀬氏、大日本コンサルタント(株)清水氏に謝意を表します。

参考文献 1)国土交通省：平成23年東北地方太平洋沖地震による津波の対策のための津波浸水シミュレーションの手引き、2011。 2) Y. Fujii et al: Tsunami Source of the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, *Earth Planets Space*, 63, 2011。 3) 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ：http://www.coastal.jp/tjt/index.php。 4) 土木学会原子力土木委員会津波評価部会：原子力発電所の津波評価技術、2002。 5) 清水英樹他：道路橋の津波による被害分析、構造工学論文集, Vol.58A, 2012。

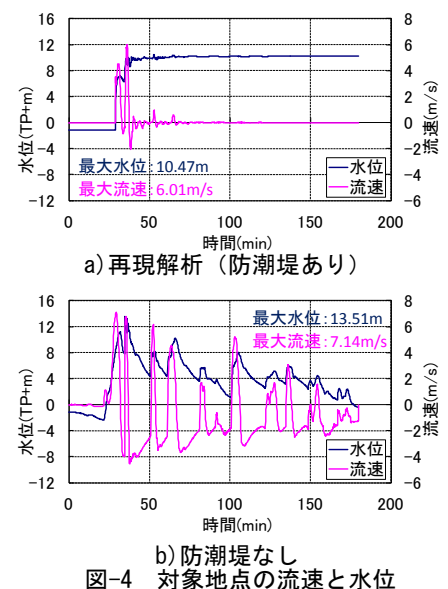


図-4 対象地点の流速と水位

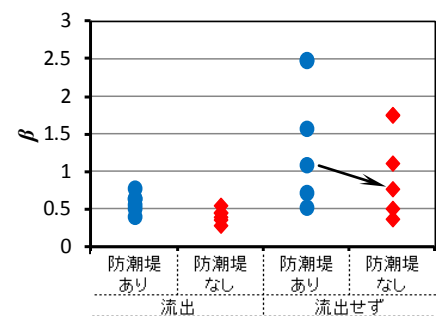


図-5 防潮堤と β の関係

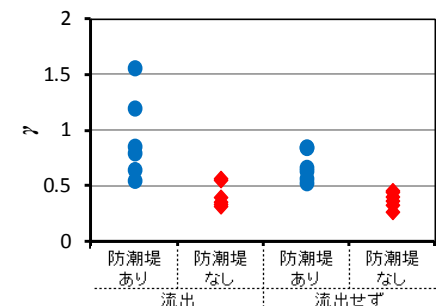


図-6 防潮堤と γ の関係