

貞山運河の津波減衰効果に関する実験的検討

パシフィックコンサルタンツ株式会社 正会員 馬淵幸雄 正会員 江島敬三 正会員 新美達也
正会員 ○堀合孝博 非会員 松田和人
宮城県土木部河川課 非会員 長山 恒紀

1. はじめに

東北地方太平洋沖地震に伴う大津波により、宮城県沿岸一帯は壊滅的な被害を受けた。このような中、仙台湾の海岸沿いを繋ぐ全延長約49kmの貞山運河(図1参照)により一定の津波減衰効果があったとする見解がある。土木遺産でもある貞山運河のもつ多面的な機能を把握するため、直線水路と簡易な造波装置を用いた水理模型実験を行い、貞山運河の持つ津波減衰効果について検証を試みたのでここに報告する。

2. 実験の概要

実験は、図2に示す縮尺1/40の直線水路を用いて水路内に運河を模した凹地形を再現し、設定した津波を水路内に遡上させ流速・水位を時系列で計測した。対象とする運河は、運河断面の規模・形状が異なる岩沼地区、矢本地区の2箇所とした(図1参照)。実験ケースは、表1に示すとおり、津波高を3~4ケースとし、運河の有り無しのケースに加え、岩沼地区を対象として堤防高、水路幅を変更したケースも実施した。

3. 実験結果

3.1 津波の遡上時間に対する運河の効果(先端部の遅延効果)

図4に津波高と遡上時間の関係を示す。運河があることで遡上時間(運河の海側から運河の陸側までの津波の遡上時間)が長くなる傾向が見られ、遅延効果を確認した。なお、津波高が低いほど効果が大きい傾向が見られた。運河の違いを比較すると、運河の規模(高さ・幅)が大きい岩沼地区のほうが、遡上時間が長く遅延効果が大きい。

3.2 流速に対する運河の効果(流れの速さ)

図5に津波高と運河陸側の流速の関係を示す。運河があることで、運河の陸側の流速が最大で約4m/s低減した。また、遡上時間と同様に運河の規模が大きい岩沼地区のほうが、低減効果が大きい。

なお、津波高については、運河により陸側の水位変動が大きくなり、今回の実験では運河による津波高の減衰効果は確認出来なかった。

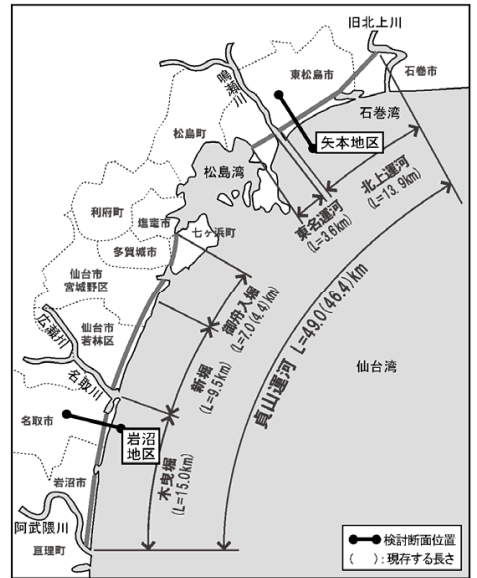


図1 貞山運河位置図

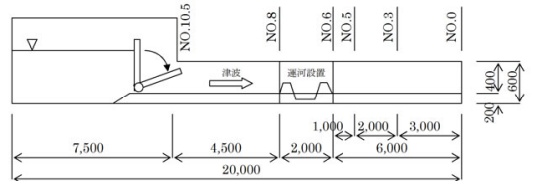


図2 実験装置模式図

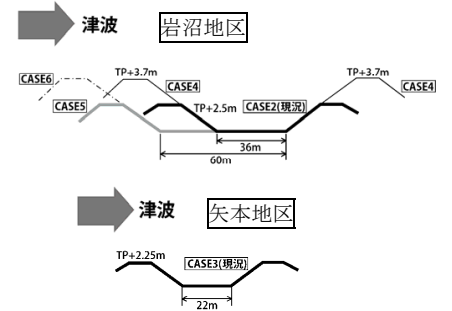


図3 代表断面模式図

表1 実験ケース一覧表(現地寸法)

津波条件	地区	堤防高	河床幅	NO.8津波高 h1p(m)	備考
CASE1	運河なし	無	無	2.6, 5.2, 7.3, 10.7 (4津波高)	運河有り無しの効果検証
CASE2	岩沼地区	2.2m (TP+2.5m)	36m		
CAES3	矢本地区	0.87m	22m		
CAES4-1	岩沼地区	3.4m (TP+3.7m)	36m	2.6	堤防嵩上げ
CAES4-2				5.2	
CAES4-3				7.3	
CAES5-1	岩沼地区	2.2m (TP+2.5m)	60m	2.6	河床幅の拡幅
CAES5-2				5.2	
CAES5-3				7.3	
CAES6-1	岩沼地区	3.4m (TP+3.7m)	60m	2.6	堤防の嵩上げ + 河床幅の拡幅
CAES6-2				5.2	
CAES6-3				7.3	

注1) 今次津波検証実験CASE2の「岩沼地区」堤防高は、2.2m (TP+2.5m)である。
注2) NO.8津波高はCASE1~3の最大津波高以外の津波高と同一条件である。
注3) 運河内の初期水位は、仙台湾沿岸の平均潮TP+0.023m(宮城県)で実施した。

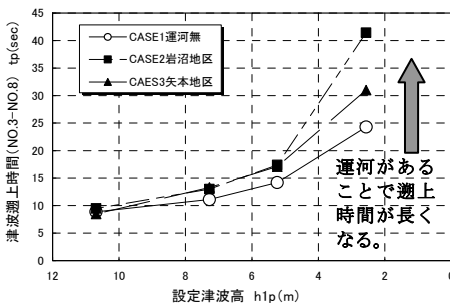


図4 津波高と津波遡上時間の関係

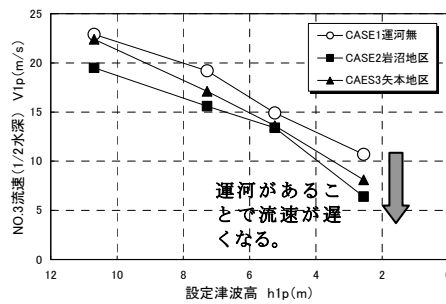


図5 津波高と流速の関係

キーワード 東北地方太平洋沖地震, 大津波, 貞山運河, 津波減衰効果, 水理模型実験, CADMAS-SURF
連絡先 〒980-0811 仙台市青葉区一番町一丁目9番1号 仙台トラストタワー TEL 022-302-3972

3.3 運河の規模の違いによる津波減衰効果

堤防高を津波高で無次元化し、遡上時間、流速に対する相関について確認した。

(1) 津波の遡上時間に対する効果

図6に堤防高/津波高と遡上時間の増加率(運河無しの遡上時間に対する比率)を示す。津波に対する堤防高が高いほど遡上時間の増加率が大きく、遅延効果が確認された。一方、河床幅の違いによる遡上時間に対する効果については、差異はほとんど見られなかった。

(2) 津波の流速(流れ)に対する効果

図7に堤防高/津波高と運河による津波の流速低減率(運河無しの流速に対する比率)を示す。相関は低いものの、堤防が高いほど、また津波高が低いほど流速が低減する傾向が見られた。一方、河床幅の違いによる流速に対する低減効果については、遡上時間と同様に差異はほとんど見られなかった。

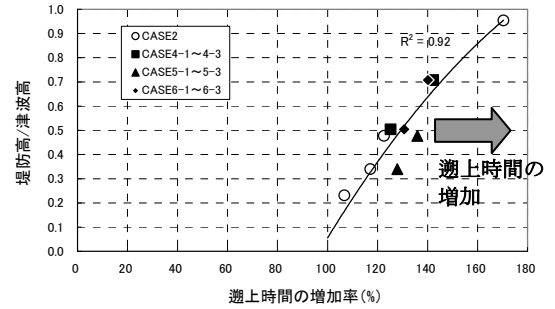


図6 遡上時間に対する効果

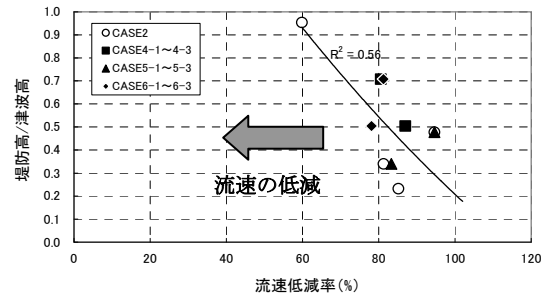


図7 流速に対する効果

4. 津波の遅延効果や流速の低減効果の発生要因

実験における運河内の流況によれば、津波が運河内に流入すると、運河内の陸側の堤防により堰上げが生じ、堰上げした水位が渦(乱れ)とともに徐々に運河の海側に移動する現象が確認された(図9参照)。この運河内の流水挙動により、運河の陸側に越流する流れが抑制され、津波遡上の遅延効果や、エネルギーロスによる減衰効果が発生するものと考えられる。なお、この現象については、実験と併行して実施した断面二次元解析(数値波動水路 CADMAS-SURF)の結果からも運河内の流況について同様の挙動が確認された(図8参照)。

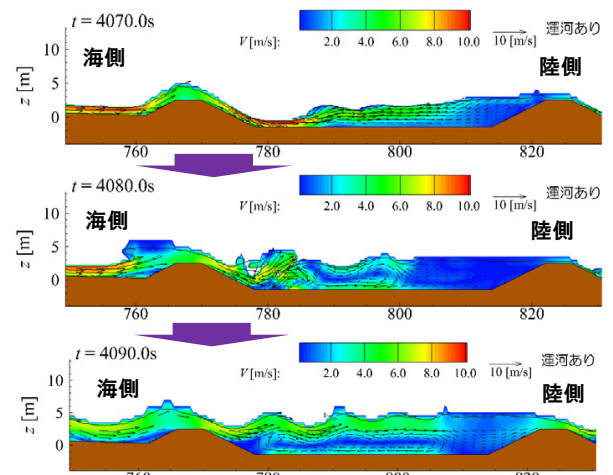


図8 断面二次元解析による運河内の津波の挙動

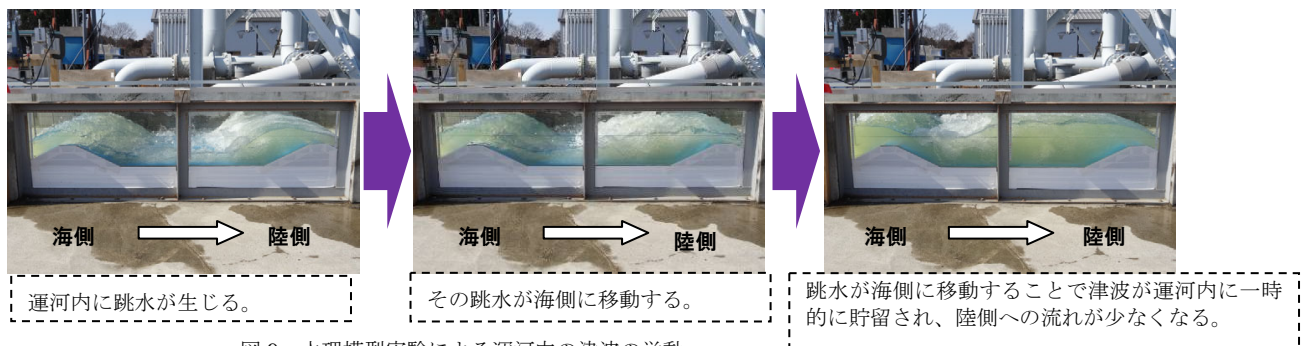


図9 水理模型実験による運河内の津波の挙動

5. おわりに

今回の基礎実験より、運河があることで津波遡上の遅延や流速の低減等の一定の減衰効果が確認された。しかしながら、今回の実験では、装置の特性上、津波の波速や周期等の外力を十分に再現できておらず、実現象に対する検証には至っていない。そのため、更なる検証においては、津波の波速、周期が再現できる実験水路や、精度の高い津波シミュレーション等を併用して検討していく必要がある。

なお、東日本太平洋沖地震津波においては、陸上を遡上する津波よりも河川を遡上する津波の方が速く、河川を介して運河から先に津波が来襲するケースも確認されている。本検討は運河の断面特性がもつ減衰効果を評価したものであり、運河の平面的な特性も踏まえて検証したのではない。当然であるが、減災の観点からは多重防御が基本であり、ハード・ソフト両面から対策していく必要がある。