

近年の台風による空港での被害を踏まえた 新潟空港護岸の越波に対する性能評価結果 について

伊賀 浩之¹・大島 寿治¹・成澤 琳¹

¹新潟港湾空港技術調査事務所 技術開発課 (〒951-8011 新潟市中央区入船町 4-3778)

2018年台風第21号により関西国際空港において、護岸からの越波による浸水により空港の被災・機能停止が生じ、国民経済や国民生活に多大な影響を与えた。このことから、新潟空港護岸において、近年の波浪状況や縦横断・深浅測量、地盤沈下の影響、周辺環境の変化等、最新データに基づく護岸の越波に対する性能評価を実施した。その結果について報告する。

キーワード 空港、護岸、越波、地盤沈下

1. はじめに

新潟空港は、2,500mの滑走路を備え、日本海側の拠点空港としてその役割を果たしている。また、大規模地震発生時には被災地への緊急物資輸送や人員輸送基地としての役割も求められており、滑走路の耐震対策等の防災・減災対策が進められていた。

このような中、2018年台風第21号により関西国際空港では護岸からの越波により広範囲にわたり大規模な浸水が発生し、滑走路や旅客取扱システムの一部が使用不可になる等、空港の被災・機能停止が生じ、国民経済や国民生活に多大な影響を与えた。

このため、新潟空港護岸において、近年の波浪状況や縦横断・深浅測量の結果、地盤沈下の影響、周辺環境の変化等、最新データに基づく護岸の越波に対する性能評価を実施することとした。



図-1 各護岸の位置

2. 空港護岸の評価方法

本検討では、まず、各護岸において許容越波流量を満足する護岸天端高（以下「所要天端高」）を算定し、次に所要天端高と護岸天端高とを比較し、「護岸天端高>所要天端高」となっているかを確認することとした。

今回検討対象とした護岸は図-1に示すA～E護岸としたが、本論文では、主にC・D・E護岸の検討状況について述べる。C・D・E各護岸の断面図を図-2に示す。

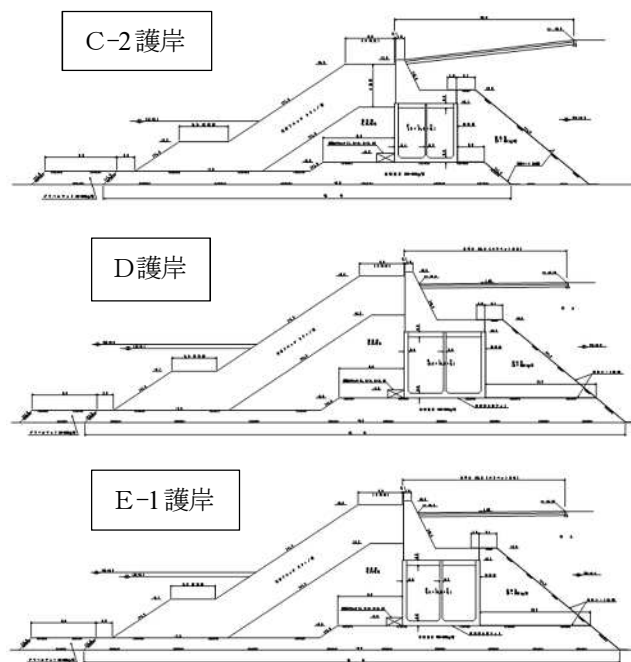


図-2 各護岸断面図

各護岸の許容越波流量は護岸建設当初の設計時と同じく「0.02m³/sec/m」とした。所要天端高を算定するためには、「護岸・海底面の変状の有無」,「護岸前面の波高・潮位」等を適切に確認・設定する必要がある。一方,新潟空港周辺は経年的な地盤沈下や,土砂処分場護岸の事業進捗の影響も考慮する必要がある。以降,その詳細について述べる。

3. 自然条件等の整理・検討

(1) 護岸, 消波工, 海底地形の状況把握

護岸が完成してから 26 年以上経過していることから,令和元年度に護岸及び海底地形の変状を UAV 及びマルチビームにより測量し確認した。結果(図-3), C~E 護岸前面の消波工は護岸天端高に対し,明確な沈下は確認されず,護岸前面水深についても局所的な大きな変化は確認されなかった。よって,本検討においては,当初設計の断面形状で評価が可能であると判断した。

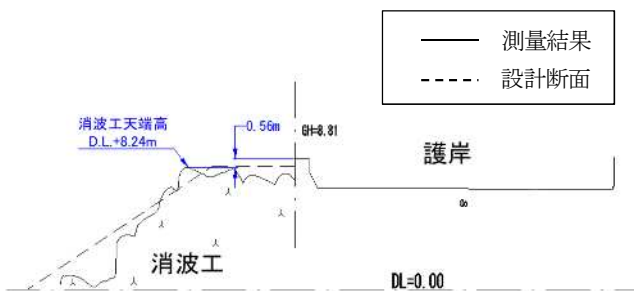


図-3 新潟空港D護岸測量断面図

(2) 護岸現況天端高及び将来天端高の設定

新潟平野ではかつて地下のガス層からの天然ガス採取により,地盤沈下が急激に進行したといわれている。採取規制により近年は地盤沈下の進行が遅くなっているが,現在も線形的に沈下が進行している。今回,検討対象とする護岸付近の水準点においても年間 0.8cm 程度線形的に沈下していた。このため,本検討において地盤沈下の影響を考慮した将来の天端高及び水深の検討を行う必要があった。

新潟空港の護岸天端高は,1996年から継続的に測量を行っている。直近の 2006 年と 2019 年の測量結果より,今後も線形的に天端高が沈下すると想定し,将来の護岸天端高を設定することとした(図-4)。

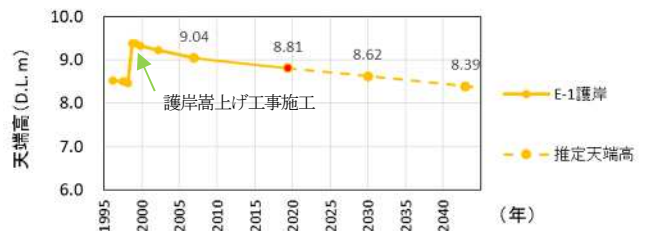
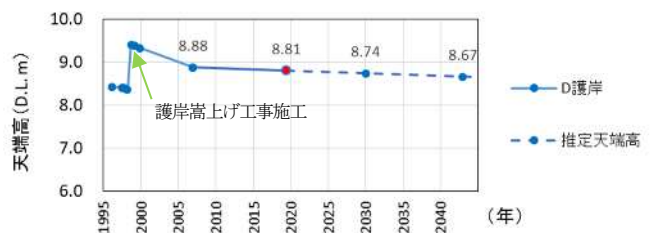
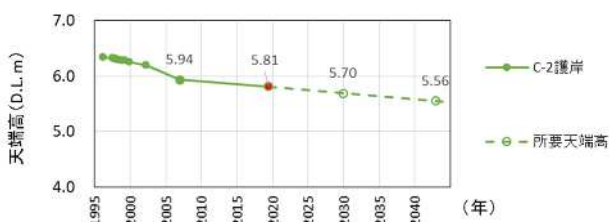


図-4 各護岸の将来天端高の設定 (C-2, D, E-1 護岸)

(3) 最新データに基づく設計波の算定

a) 沖波波浪諸元の設定

各護岸設計時の設計沖波は,1975年~1987年(39年間)の実測波に基づき設計していた。一方,本検討においては近年の波浪状況を反映させるため,1986年~2018年(33年間)の波浪推算データを用い,6波向について極値統計解析を行い50年確率波(沖波)を算定した(表-1)。

表-1 50年確率波(沖波)の波浪諸元(波浪推算)

波向	50年確率波	
	有義波高(m)	有義波周期(s)
WSW	7.36	10.4
W	7.94	10.9
WNW	8.87	11.8
NW	10.37	12.9
NNW	10.68	13.4
N	8.69	13.0

b) 護岸前面における検討波の算定

設定された沖波から,護岸前面の検討波を算定した。なお,新潟空港沖合では,土砂処分場の護岸整備が進められているため,波の回折の影響を考慮する必要があり,更に事業進捗による影響変化も考慮する必要がある(図-5, 6)。このため,波浪変形計算は,土砂処分場護岸付近まではエネルギー平衡方程式で行い,空港護岸前面までは回折が計算可能な高山法により算定した。

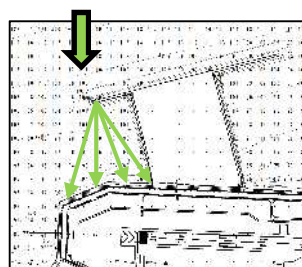


図-5 土砂処分場進捗①

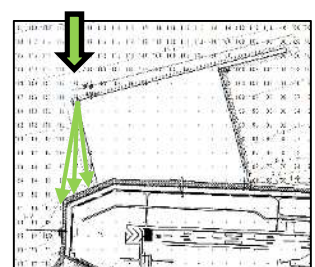


図-6 土砂処分場進捗②

c) 検討潮位の設定

検討潮位は、当初設計時と同様に既往最高潮位 (H.H.W.L.=T.P.+1.0m : 1981.8.239:00 台風15号時)とした。

4. 空港護岸の評価検討

(1) 検討条件及び所要天端高の算定

本検討では、以下の3時期を対象に護岸の越波に対する性能評価を行うこととした。

- (ア) 土砂処分場進捗① (図-5)
- (イ) 土砂処分場進捗② (図-6)
- (ウ) 空港護岸完成後50年経過時

なお、(ア)から(イ)までの期間を11年、(ア)から(ウ)までの期間を24年と設定した。但し、使用する検討波については、過小評価を避けるため(ア)(イ)の時期は図-5の形状における波浪、(ウ)の時期には図-6の形状における波浪を与え検討することとした。

所要天端高は、「合田の許容越波流量推定図(港湾の施設の技術上の基準・同解説(以下「港湾基準」))」に基づき算定した。さらにD・E護岸は、当初設計時において1989年度の水利模型実験(以下「H1越波実験」)結果により断面を決定していることから、H1越波実験結果に基づく所要天端高の算定も行った。

算定した結果、各護岸とも波向NNWの波浪に対して所要天端高が最大となった。波向NNWにおける各護岸、各時期の所要天端高の算定結果を表-2に示す。

表-2 各時期における所要天端高 (C, D, E区間: 波向NNW)

護岸	時期	検討波高 H0(m)	入射角 β(°)	検討潮位 (D.L. m)	検討水深 h(m)	所要天端高	所要天端高
						(合田) (D.L. m)	(越波実験) (D.L. m)
C-1	(ア)	8.8	77	1.0	8.1	6.2	-
	(イ)	8.8			8.2	6.2	-
	(ウ)	8.3			8.3	6.4	-
C-2	(ア)	9.0	77	1.0	8.4	6.4	-
	(イ)	9.0			8.5	6.4	-
	(ウ)	8.4			8.6	6.7	-
D	(ア)	8.2	12	1.0	9.2	8.2	8.7
	(イ)	8.2			9.2	8.2	8.7
	(ウ)	7.6			9.3	8.0	8.6
E-1	(ア)	6.4	21	1.0	9.0	7.8	7.1
	(イ)	6.4			9.2	8.0	7.2
	(ウ)	-			-	-	-
E-2	(ア)	5.3	33	1.0	8.8	6.2	6.0
	(イ)	5.3			9.0	6.3	6.0
	(ウ)	-			-	-	-

なお、(ウ)の時期においてE護岸は図-6のとおり波浪

が遮蔽されるため、算定は行っていない。

(2) 空港護岸の評価結果①

前項 4. (1)で算定した所要天端高と、3. (2)で算定した現況及び将来天端高(以下「推定天端高」)を比較し、「推定天端高>所要天端高」となっているかを確認した比較の結果を図-7に示す。

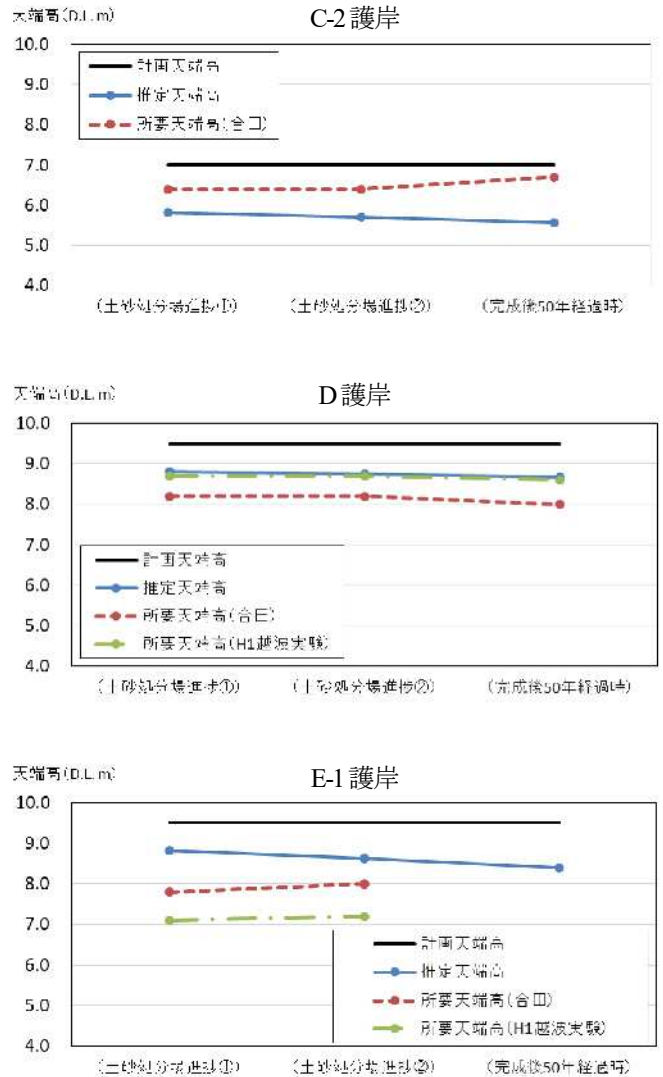


図-7 各護岸における所要天端高と推定天端高との比較

その結果、D及びE護岸においては、全ての時期で所要天端高より推定天端高の方が上回っており、越波に対する防護機能が確保されることが分かった。

一方、C護岸においては全ての時期で所要天端高を満足しない結果となった。この結果は、C護岸に入射する最大の波向はNNW方向(図-8、護岸法線に対し波浪の入射角は約77°)であり、ほぼ護岸に沿って入射する波浪となることから4.(1)で算定した所要天端高が過大評価となっている可能性があった。

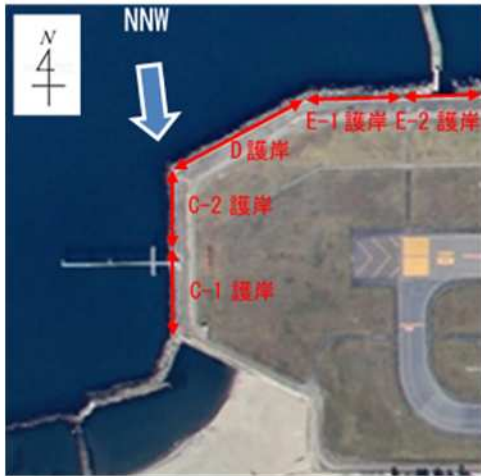


図-8 各護岸及び最大波向の位置関係

このため、港湾基準にも記載があり、斜め入射波になる空間的な波の波形などを捉えることが可能な数値波動水槽を用いた 3 次元シミュレーション (CADMAS-SURF/3D : 以下「CS3D」) により詳細解析を行うこととした。

(3) 空港護岸の評価結果②

C 護岸に対し、CS3D により護岸前面の波浪伝達状況を確認した上で所要天端高の考察を行うこととした。

現状の CS3D は不規則波を取り扱うことが出来ない。しかし、規則波で評価を行うと過小評価となる可能性があるため、入力波は有義波高を 1.8 倍した最高波相当の規則波を入力し、安全側の評価を行うこととした。

CS3D の検討状況を図-9 に示し、を護岸前面の時系列波形の最高波頂高さと各時期の推定天端高を比較した結果を図-10 に示す。シミュレーションの結果、波頂部は各時期の推定天端高を下回り、護岸背面の水位変動が無かったことから、越波が発生しないことが確認できた。この結果から、C 護岸は越波に対する防護性能を全ての時期において満足していることが確認できた。

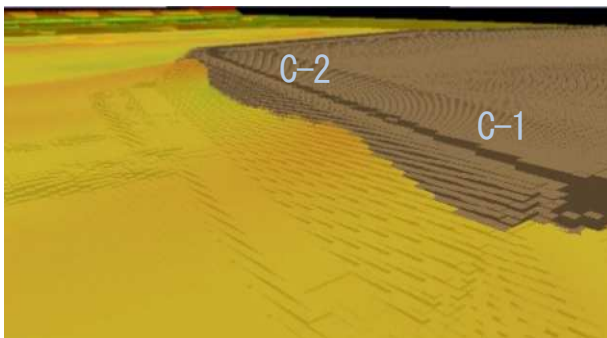


図-9 波浪伝播状況鳥瞰図

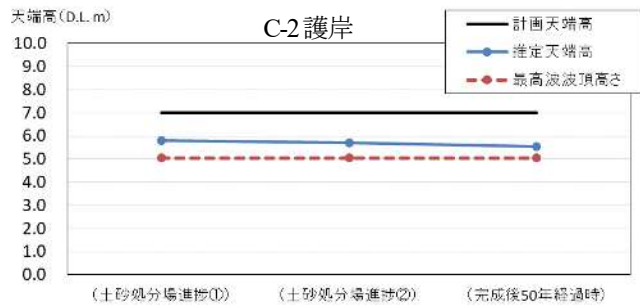
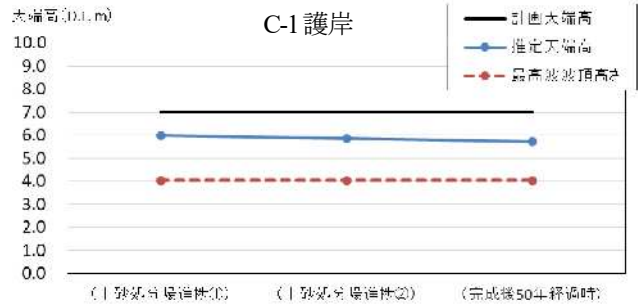


図-10 CS3D による最高波頂高さと推定天端高との比較

5. まとめ

空港護岸の越波に対する防護性能について、護岸の変状確認、地盤沈下の影響、近年の波浪状況、周辺施設の変化を踏まえ、評価を行った。

この結果、現状から護岸完成後 50 年経過時にわたる全ての期間において、越波に対する防護性能を有していることが分かった。

なお、本稿では触れなかったが、陸側の A・B 護岸についても検討しており、十分な天端高が確保されていることを確認している。D 護岸については推定天端高と所要天端高の差が小さいが、D 護岸背後の水叩き端部に胸壁が既に設置されているため、空港場内への浸水は防げるものと考えられる。

6. あとがき

完成後 26 年以上経過している新潟空港の護岸に対し、近年の自然条件の変化を考慮し、完成から 50 年経過までにおいて越波に対する防護性能が確保され、追加対策は不要であることが確認できた。

ただし、今後の地球温暖化による海面上昇や気象状況の変化に伴う波浪の増大、構造部材の損傷や変状等による越波増大の可能性は否定できないことから、動向を注視し、必要に応じて再検証を行う必要があると考える。