

2018年台風21号による被災を受けた 関西国際空港の越波対策について

塚野 裕太¹・瀬口 均²

関西エアポート株式会社 基盤技術部 空港島保全グループ

(〒549-8501 大阪府泉佐野市泉州空港北1番地)

関西国際空港1期島では、2018年台風21号により未曾有の浸水被害が発生した。被災後ただちに、浸水の原因を追究するための第三者委員会を立ち上げ、浸水メカニズムの解明、今後の対策のための新たな設計条件の確認を行った。そして、被災時に多くの浸水を許した1期島東側護岸については、見直しを行った設計波浪条件のもと、嵩上げ断面の設計を行い工事を進めている。これら一連の取り組みを報告する。

キーワード 台風、浸水シミュレーション、設計波見直し、護岸嵩上げ・補強

1. はじめに

関西国際空港（図-1）では、2018年台風21号により、未曾有の浸水被害が発生した。当時、台風21号は関西国際空港のすぐ西側を中心気圧約955hPaのまま、時速約60kmという速度で駆け抜け、想定を超える高波を発生させ1期島の大部分を浸水させた。その結果、第1ターミナルビルの約50%の電源喪失等が発生し、各種機能が麻痺し、全面復旧まで約2週間を要する甚大な浸水被害が発生した。このような長期にわたる空港機能の停止は、人流・物流の面で大きな影響を与えた。

関西エアポート株式会社（以下、当社）は、この被災を教訓に、越波対策へ力を入れている。対策の検討に当たり、浸水要因の解明や護岸設計に用いる設計波浪の改定を行った。そして、新たな設計波浪（新設計波）のもとで、1期島南側と東側、北側護岸において、護岸嵩上げや消波ブロック設置といった越波対策を行うこととした。現在、新設計波での設計を終えた1期島東側護岸については、嵩上げ工事を進行中である。本論文では、これら一連の取り組みを報告する。



図-1 関西国際空港

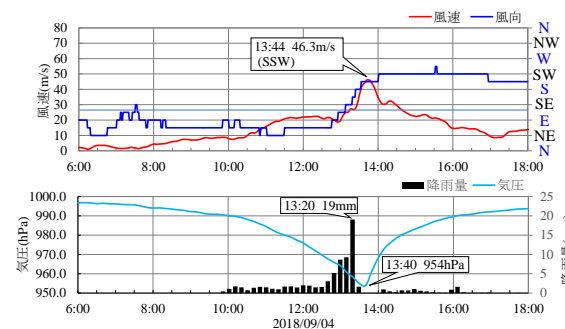


図-2 風・気圧の時系列変化

の東岸を時速約 60 km/h の速度で北北東の方向に進み、13時頃には淡路島南岸に到達した。風及び気圧の時系列変化を図-2 に示す。13時の台風の中心気圧は 955 hPa で、その後、速度を速めながら大阪湾を通過していった。2期島の南西沖に設置されている観測塔(以下、

2. 2018年台風21号による被災¹⁾

台風21号は9月4日11時頃室戸岬付近を通過し、四国

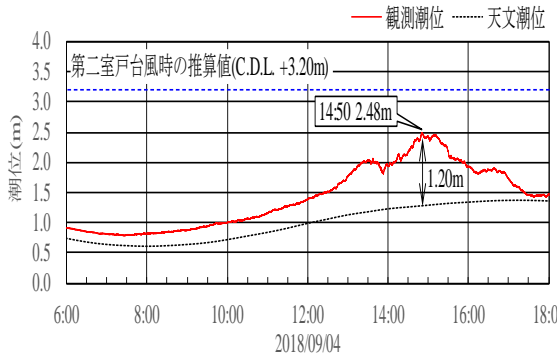


図-3 潮位の時系列変化

MT局)での風の観測記録をみると、台風通過後の13時44分に最大平均風速46.3m/s(風向：南南西)を記録していた。また、ほぼ同時刻には954 hPaの最低気圧を記録した。図-3にMT局における潮位の観測記録を示す。最高潮位は14時50分(台風通過から約1時間後)にC.D.L.+2.48 m(T.P.+1.66 m)を記録した。関西国際空港における過去最高潮位は、今回記録した最高潮位よりも約0.7m高いC.D.L.+3.20mである。

護岸構造物も損傷を受けており、ひとつは1期島東側に位置するVOR/DME部の護岸が海側に大きく転倒したもので、後述するように島内への浸水の原因となった。転倒の要因は、当該部の基礎マウンドの高波浪による洗堀によるものと推定している。また1期島南側では護岸上部の破壊が見られており(図-5)、陸側に上部工が転倒していることから、波力によるものと推定している。

3. 関西国際空港の越波対策

(1) 浸水要因の解明¹⁾

越波対策を検討するに当たって、まずは台風当時の浸水要因を明らかにすることが必要であった。当社は、被災から程なくして京都大学の平石教授を委員長とした第三者委員会を立ち上げ、浸水要因の解明を行った。

台風来襲時の気象・海象状況、被災後の現地の状況等を分析し、浸水要因として①護岸からの越波、②被災が大きいVOR/DME部の護岸転倒箇所からの流入、③排水ポンプの停止による雨水排水管からの海水の逆流、④降雨による内水被害の4つの要因を想定



図-4 VOR/DME部被害状況



図-5 護岸上部の転倒(1期南側護岸)

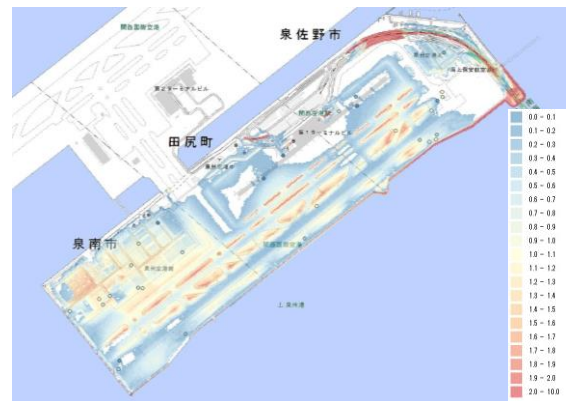


図-6 浸水シミュレーションによる最大浸水深分布



図-7 浸水深の時系列変化

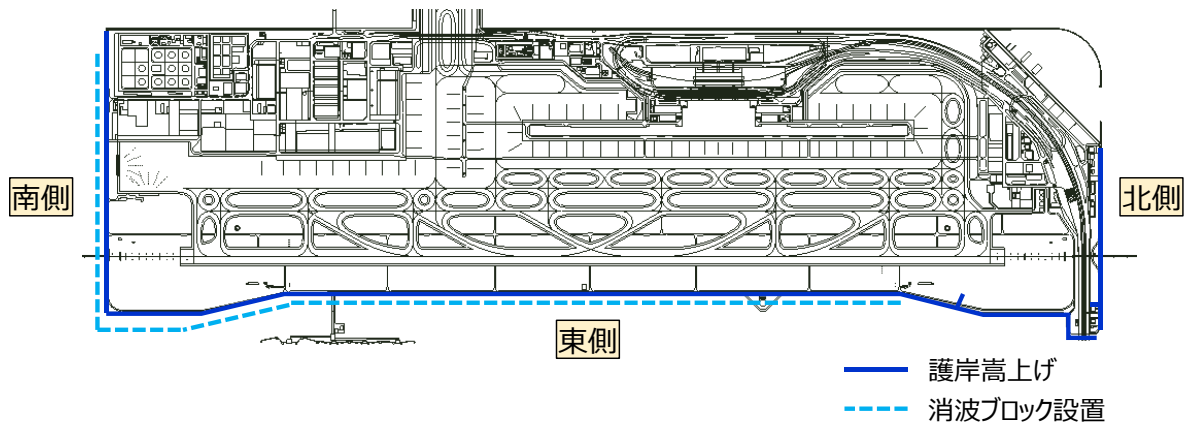


図-8 越波対策平面図

した。そしてこれらの浸水要因について、現地調査や波浪推算、越波量の推算等を含む数値計算結果をもとに定量的に評価した上で、浸水シミュレーションにより浸水状況を再現した。（図-6）

その結果、総浸水量は約230万～270万 m^3 で、浸水の主要因は護岸からの越波であることが明らかとなった。さらに、越波量の約7割が1期東側護岸からの越波であり、特に隅角部を有するVOR/DME部からの流入量は約1/3の割合を占めていた。図-7に浸水深の時系列変化を示す。13時50分から14時にかけては東側護岸からの越波がピークの時間帯であり、浸水範囲が一気に広がっていった状況が確認できた。

表-1 護岸設計条件の見直し

	南側護岸		東側護岸		北側護岸	
	旧条件	新条件	旧条件	新条件	旧条件	新条件
	消波あり	消波あり	消波なし	消波あり	消波なし	消波なし
設計波高 (50年確率波)	3.6 m	3.9 m	1.7 m	2.2 m	2.8 m	3.4 m
護岸必要高 CDL※1	+6.0m	+6.3 m	+4.5 m	+4.6 m	+5.0 m	+7.6 m
護岸施工高 CDL※2	-	+7.5 m	-	+5.4 m	-	+8.0 m
護岸高上げ量	-	1.5 m	-	1.7 m	-	2.7 m
消波工必要高 CDL	-	+4.8 m	-	+3.4 m	-	-
消波工施工高 CDL※2	-	+6.0 m	-	+4.3 m	-	-

※1 将来の海面上昇 0.1mを見込んだ高さ

※2 施工時完了時の高さ

（護岸上部工：2020年度予定、消波工：2022年度予定）

(2) 越波対策の検討

台風21号の来襲波浪は設計波を大きく超えるものであったことと、旧設計波は1997年度に実施された波浪推算結果をもとに設定されており、相当の年数が経過していることから、設計波の見直しを行った。具体的には、近畿地方整備局の協力も得つつ、台風21号を含む近年の台風等の波浪に関するデータを統計解析し、新たな設計条件として改定した。

図-8に越波対策平面図を示す。設計波浪の見直しに伴い、消波ブロックの設置も考慮した上で、台風21号時に浸水の主要因となった南側・東側護岸に加え、北側護岸の必要高の全面的な見直しを行った。その結果を表-1に示す。いずれの護岸においても、旧条件より新条件の必要高さの方が高くなった。

図-9に越波対策施工イメージを示す。実際に嵩上げを行う際の施工高は、必要高に将来の地盤沈下量を見越して設定する。関西国際空港は埋立てによって造成された人工島で、建設開始以降埋立荷重による地盤沈下が発生している。近年の1期島の年間沈下量は約6cm程度であるところ、将来発生する沈下量を見

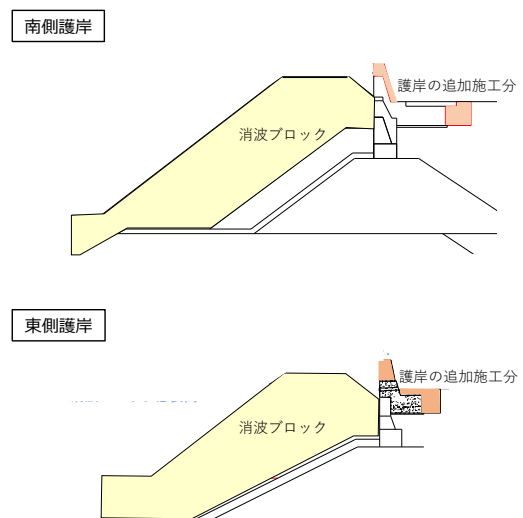


図-9 越波対策施工イメージ

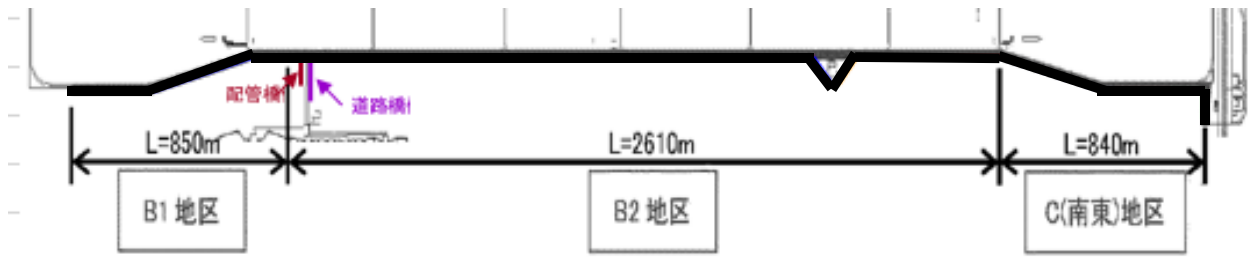


図-10 東側護岸の平面図

越し、必要高を下回ることのないように嵩上げを行う。

表-2 護岸必要高と施工高

区間	B1地区	B2地区	C地区
必要高	+4.5m	+4.5m	+5.1m
施工高	+5.5m	+5.5m	+5.9m

4. 東側護岸嵩上げ設計・工事

(1) 護岸嵩上げ施工高の設定方針

図-10に東側護岸の平面図を示す。東側護岸は延長が長いので、3区間（B1、B2、C）に分けて必要高を算定した。関西国際空港の護岸は、波浪と津波に対応する必要高があるが、その両者を確認したうえで当該部分では新50年確率波に対する必要高を採用することとした。この必要高に20年後までの推定沈下量を加えた高さを、施工高さとして設計を行った。表-2に護岸必要高と施工高を示す。

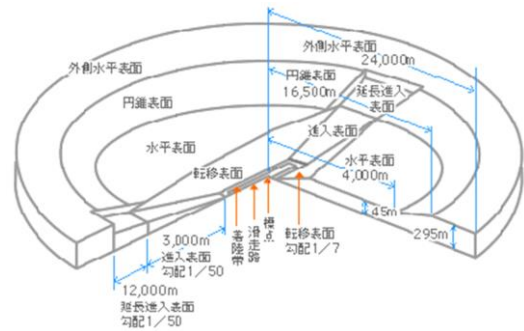


図-11 制限表面

(2) 転移表面による嵩上げ制限

関西国際空港では、航空機が安全に離着陸するために、空港周辺の一定の空間は障害物がない状態にしておく必要があるため、護岸の嵩上げ高さに上限がある。航空法において、図-11のような制限表面が定められている。東側護岸嵩上げで干渉するのは、転移表面である。図-12に示す転移表面とは、滑走路横断方向に勾配を持つ制限表面のことである。この制限表面に定義される空間を確保することを条件に嵩上げ計画を検討する必要がある。

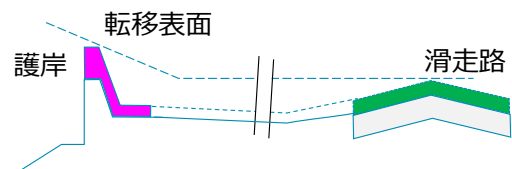


図-12 護岸と転移表面の関係

(3) 護岸嵩上げ断面

図-13に東側護岸の施工イメージ図を示す。①のハッチ部分が護岸上部の嵩上げであり、②は堤体の安定性を保つために施工する。

護岸上部を嵩上げしても、図-5のように波力により上部が破損し、そこからの越流を許す恐れがある。そのため、上部の波力に対する耐力については、新

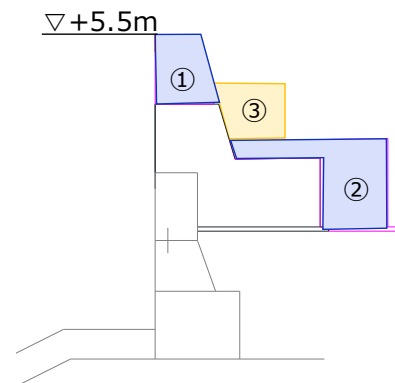


図-13 東側護岸の施工イメージ図

100年確率波に対応する性能への見直しを行った。見直しの結果、隅角部を有しているB2地区のVORDME部とC（南東）地区については、図-13の③（腹付けコンクリート）を施工し、補強を行うこととした。

5. おわりに

関西国際空港では、2018年台風21号による被災を受けて、越波対策に力を入れている。本論文では、浸水要因の解明や設計波の見直しを含む越波対策の検討と、現在進行中の東側護岸嵩上げ（図-14）についての一連の取り組みを報告した。今後は東側護岸の嵩上げに加え、消波ブロックの設置や南側・北側護岸の嵩上げを行う予定で、2022年度中の完了を目指している。

空港の安全・安心を守るという空港土木の使命を忘れることなく、これからの工事にも取り組んでいきたい。



図-14 東側護岸嵩上げ現場

参考文献

- 1) 伊藤康佑, 片木聖樹, 水上純一, 熊谷健蔵: 「関西国際空港における台風201821号による浸水要因と浸水状況の再現」, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.75, No.2, pp.307-312, 2019