

□ 台風21号による大阪湾港湾等の被災状況と教訓

大阪大学大学院工学研究科 教授 青木伸一

1. はじめに

2018年9月の台風21号では、大阪湾に既往最大規模の高潮が発生し、関西空港をはじめとして各地で暴風や浸水の被害が生じた。特に施設の多くが埋立地に立地する港湾域では、浸水によるコンテナの漂流や荷役設備の電源喪失など、数多くの様々な被害が発生し、経済的な損失も非常に大きなものとなった。この高潮は、大阪市西部の市街地が広範囲に浸水して26万人もの被災者を出した1961年の第二室戸台風による高潮以来の、大阪湾の想定防護レベルに迫る大きなものであった。幸いにも、今回は第二室戸台風後半世紀にわたって整備されてきた防潮堤や防潮水門などが有効に機能したため、市街地への浸水はほとんど発生しなかった。一方で、高度経済成長期以降、急激に開発が進んだ堤外地（防潮堤の海側のエリア）に立地する港湾施設や企業が大きな被害を受けるとともに、埋立地内の住宅や都市施設などにも危険が及んだ。これまでの高潮防災は、堤防や水門によって陸地への海水の侵入を防ぐことを考えれば良かったが、高度に利用されている堤外地では、産業活動と両立できるようなフレキシブルな防災対策が求められる。

以下は、筆者が委員長を務めた「大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会」および各港湾部会による調査・検討結果を中心に取りまとめたものである。用いた図面や情報は検討会資料から引用したものが多く、これをあらかじめ断っておく。

2. 台風21号の概要と高潮・高波^{1), 2)}

台風第21号は、9月4日12時頃に室戸岬付近を通過後、徳島県南部に上陸、勢力を維持したまま、次第に進行速度を増して淡路島を通過、14時頃に神戸市付近に達した。これは、過去に大阪湾に大きな高潮をもたらした3大台風（室戸台風、ジェーン台風、第二室戸台風）とほぼ同じルートであった。大阪湾通過時の中心気圧はおよそ955hPa、最大風速は45m/s程度であった。中心気圧は第二室戸台風よりも高い反面、進行速度が70km/hr～80km/hrと非常に速かったため、各地で非常に強い風が吹き、暴風による住宅等の被害が大きかった。最大風速については、全国53地点で観測史上1位の値を更新し、関西空港でも46.5m/sを観測した。最大瞬間風速は全国100地点で観測史上1位の値を更新し、関西空港では58.1m/sであったが、場所によっては70m/s程度にまで達していた可能性も指摘されている。

高潮とは、台風や低気圧の影響で海水面が上昇する現象である。月と太陽の引力による潮汐（天文潮）に対して気象潮と言われたり、風津波と呼ばれることもある。高潮を引き起こす主な要因は、気圧の低下による海面の「吸い上げ」と風による海水の「吹き寄せ」の2つであり、前者は1hPaの気圧低下によって海面がおおよそ1cm上昇する。風による吹き寄せ効果は風速の2乗に比例し、水深に反比例するため、風速が強くなると特に水深の浅い内湾域で大きな高潮が発生する。

台風21号は進行速度が大きかったために、潮位

の上昇は短時間で急激なものであった。図-1は、大阪港の検潮所で記録した潮位の変化を示したものであるが、高潮の初期段階で急激な潮位上昇がみられること、潮位がピークを示した後に海面の振動がみられる点が特徴的である。図-2は、大阪湾の4箇所の検潮所（気象庁）での潮位偏差（実際の潮位と天文潮位の差）の時間波形を示している。潮位偏差の時間波形は場所によってかなり異なっているが、最大潮位偏差は湾の奥ほど大きくなっている。図-3は、大阪湾沿岸各地（気象庁及び府県の潮位計）の最大潮位偏差とその時の天文潮位を図示したものである。図中には、既往最高潮位も示している。潮位は大阪湾の湾奥ほど大きくなっており、兵庫県の尼崎検潮所では最大潮位

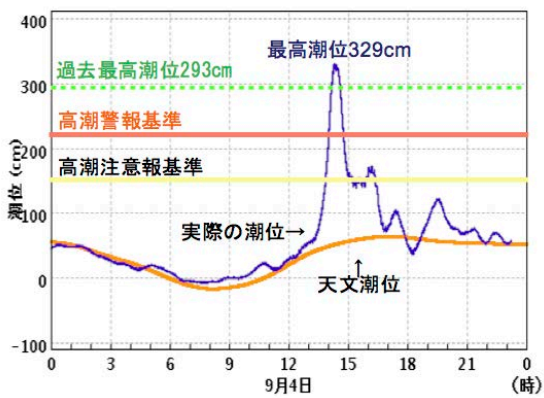


図-1 大阪港における潮位の変化
(気象庁ホームページの図に加筆)²⁾

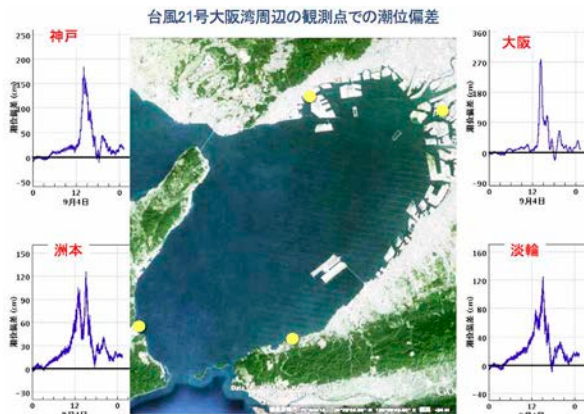


図-2 大阪湾の検潮所4地点における潮位偏差の時間波形

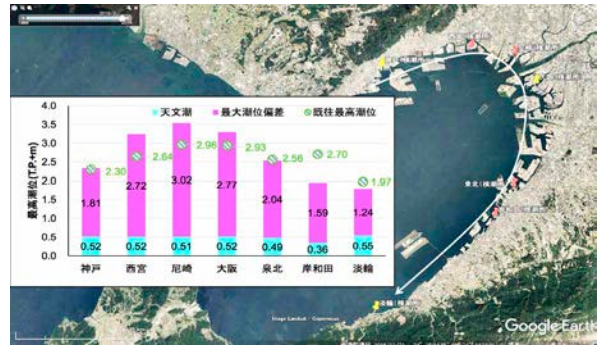


図-3 大阪湾沿岸の検潮所での最大潮位偏差と天文潮および既往最高潮位²⁾

偏差 3 m を記録している。大阪湾の想定高潮が 3m 程度であるので、まさに最大想定レベルの高潮であったことがわかる。

台風風の風が強かったことから、波も非常に高くなり、神戸で既往最大値（有義波高4.72m）を記録している。今回の台風による堤外地の災害は、高潮の潮位上昇による越流とともに、高波の越波による浸水の影響が大きかった。高潮という言葉からは潮位の上昇のみがイメージされるが、実際には潮位上昇と同時に高波浪が来襲することも同時に考えておく必要がある。大阪湾においてどのような波浪が発生していたかは興味深い点であるが、残念ながら大阪湾における波浪観測点が神戸のみであったことから、詳細については明らかになっていない。したがって、波浪の実態は数値シミュレーションや映像で推定するにとどまらざるを得なかった。

3. 高潮による被災状況とその要因について

台風21号による被災の状況については、国土交通省近畿地方整備局²⁾、大阪府、兵庫県、大阪市、神戸市の各港湾管理者、国の研究所、土木学会³⁾などが精力的に調査を行ったことにより、詳細が明らかになった。図-4および図-5は、被害状況を示したものであるが、上述したように、堤外地で



図-4 台風21号による浸水および被害の状況²⁾



図-5 港湾の被害状況²⁾

の浸水被害は、高潮と高波によるものが顕著であった。また、埋立地の地盤沈下により、建設当初の地盤高より低くなっていたところでは浸水深が大きくなって被害を増大させた。さらに浸水や強風による空コンテナの海上流出や、作業船・台船等の船舶の漂流が発生した。これらは、船舶航行の障害や構造物の損壊を招き、港湾機能の復旧を妨げる大きな要因となった。また、浸水により一部のコンテナターミナルにおいて荷役機械及び電源設備の機能喪失や火災などの被害も発生した。以上は主に堤外地の被害であるが、堤内地に位置する住宅地の一部でも高潮・高波による家屋の浸

水や、高潮による河川水位の上昇により中小河川から住宅地への浸水があった。

被災要因の解明については、図-6に示すように、国土交通省港湾局に置かれた「港湾における高潮リスク低減方策検討委員会」とともに、近畿地方整備局の「高潮対策検討委員会」が組織され、その下に置かれた各港湾部会を港湾管理者が運営するという体制で行われた。検討委員会では、観測データと数値シミュレーションによる現象再現(図-7)⁶⁾による検討とともに、映像や現場の証言などを積み上げることにより、かなりの精度で被災メカニズムを明らかにすることができたと考えている。



図-6 台風21号による高潮関連の委員会の構成

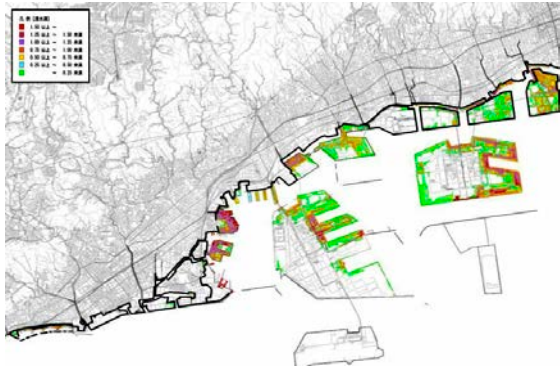


図-7 数値シミュレーションの例
(神戸港部会資料より)⁶⁾

4. 今後の高潮対策に向けて

今後の高潮対策のあり方についても、上記の各委員会で検討された。2018年3月に、国土交通省港湾局は、気象庁の発表する気象情報等をトリガーとし、事前に取り組むべき防災行動をまとめた「港湾の堤外地等における高潮リスク低減方策ガイドライン」⁴⁾を発表していた。しかしながら、台風第21号では、堤外地が大きな被害を受ける結果となったため、港湾局はガイドラインの見直しと徹底を行った⁵⁾。また、近畿地方整備局では、連携した防災・減災を加速するために、大阪湾港湾機能継続計画推進協議会が策定する港湾BCPに、地震・津波に加えて高潮を含めることを決定した。

一方、各港湾管理者は、個々の港湾の被災要因に基づいてハードおよびソフト両面での具体的な対策を示すとともに、例えば以下のような対策に着手する方針を打ち出した。

- ・ 潮位、波浪等の観測施設及び監視カメラの増設
- ・ 非常用電源設備の増設
- ・ 航路啓開のための機材の導入
- ・ 電気系設備・荷役機械の耐水機能の改善
- ・ 漂流物防止柵等の設置
- ・ 電気系設備の嵩上げ、止水措置
- ・ コンテナターミナル等の排水機能強化、地盤の嵩上げ
- ・ 防潮堤等の新設や嵩上げ、海岸保全施設の防

護機能強化、堤内地の浸水対策

- ・ 高潮情報ポータルサイトの立ち上げ
- ・ 高潮予測システムの開発
- ・ エリア減災計画の策定

台風第21号からおよそ1ヶ月後に日本に接近した同程度の台風第24号における事前の防災行動の取り組みを近畿地方整備局が整理している。幸いにも台風24号は東に逸れ、大阪湾では高潮も風も大きくなかったが、直前まで同じコースを進んできたため事前防災行動をとったところが多かった。事前防災行動としては、土嚢の設置、車両の高所避難、発電機のレンタル、コンテナの固縛、コンテナ及び荷役機械の高所避難、コンテナの段落とし・積み方の変更、電気設備の防護、ガントリークレーンの固定、などであった。平成31年度は、さらに台風来襲に合わせて事前防災行動をチェックし、高潮対策を実あるものにしていく必要がある。そのために、上記の各種検討委員会の幾つかは形を変えて継続しており、また各港湾で高潮を想定したBCPの策定も行われている。

5. おわりに

大阪湾の高潮の危険性は従来から指摘されてきたが、台風21号による既往最大高潮という現実が発生して、初めてわかることも多かった。伊勢湾台風や第二室戸台風を受けて着実に実施してきた高潮対策の有効性が確認できたこと、高潮だけでなく高波の影響が予想以上であったこと、開発が進んだ堤外地における災害がこれまでに経験したことのないものであったこと、などが挙げられる。台風21号は既往最大規模の高潮をもたらしたが、さらに大きな規模の台風や高潮が発生する可能性が十分あることを考えれば⁷⁾、今回の経験を教訓にして、特に堤外地において産業利用と防災を両立させる必要がある。

また、今回の検討に数値シミュレーションや映像が多用されたが、改めて科学技術・情報技術の

進歩も実感した。一方で、観測データの重要性も再認識した。近年予算の関係でモニタリングは削られる傾向にあるが、観測データがあって初めてシミュレーション技術が活きる。先端技術を有効活用するためにも、自然災害に関する各種モニタリングの充実が一層望まれる。

台風災害を受けて、ハード面の整備とともに種々のソフト防災対策が検討されている。ソフト防災はシステムや枠組みの構築で達成できるものではなく、現場まで十分伝わることが重要である。台風は毎年来襲することを利用して、特に事前防災活動によるソフト防災力の向上を高めるような取り組みを継続していくことが重要であろう。

最後に、台風21号の調査・検討にご尽力された全ての関係者の皆様に謝意を表するとともに、今回の経験が今後の高潮防災に有効に活かされることを切に願う次第である。

参考文献

- 1) 大阪管区气象台：平成30年台風第21号の気象・海象の状況について、平成30年。
- 2) 大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会：大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会最終とりまとめ、平成31年4月。
- 3) 土木学会 海岸工学委員会：2018年台風21号 Jebi による沿岸被害調査報告書、平成30年10月。
- 4) 国土交通省港湾局：港湾の堤外地等における高潮リスク低減方策ガイドライン、平成30年3月。
- 5) 国土交通省港湾局：港湾の堤外地等における高潮リスク低減方策ガイドライン（改訂版）、平成31年3月。
- 6) 大阪湾港湾等における高潮対策検討委員会・神戸港部会資料、平成31年3月。
- 7) 大阪湾高潮対策協議会：大阪湾高潮対策危機管理行動計画ガイドライン、平成22年3月。