

イベントツリーによる港湾震後行動計画の検討

中央大学 学生会員 ○山田 鷹臣 中央大学 正会員 佐藤 尚次

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災では、地震および津波により、多くの港湾で施設の損壊、貨物流出等の被害を受けただけでなく、復旧にも多くの時間を要したため、災害復興に必要な物資の運搬作業が滞った。

現在東京湾内の各港湾では、大規模地震が発生した場合に備え、国、港湾管理者および港湾事業者が協働して、緊急物資輸送、国際物流機能を確保する体制を早期に確立するため、港湾BCPの一部に震後行動計画がまとめられている。発災時には、この震後行動計画に沿って各港湾管理者が事業再開に向け、復旧作業を行うこととしている。¹⁾

しかし、この震後行動計画は特定のシナリオしか想定しておらず、緊急物資輸送の要となる川崎港広域防災拠点や各港湾の耐震強化岸壁が使用できない場合も想定していない等、被害想定も十分とはいえないとも思われる。そこで本研究では、地震発生後の港湾の状況を詳細に想定、分類し、対応策についての検討を行うこととする。

2. 対象地域の設定

東京湾内に位置する横須賀港、横浜港、東京港、千葉港、木更津港の6つの港湾と、それぞれの港湾の周辺水域と地域を対象とする。

3. 研究手法

イベントツリー・モデルを用いて状況を整理する。地震発生以前の各港湾の状況に関しては考慮せず、地震発生（発災）時点から港湾の復旧作業を行うにあたり、その状態・状況によって大きく影響が生じると想定される要素を、イベントツリーの分岐として用意し、発生しうる状況を細分化する。その後細分化された結果に対し、それぞれの対応策を検討し、震後行動計画として設定する。また、想定する要素は、東京湾全体に対して考慮するのではなく、川崎港基幹的防災拠点とその他の港湾を別々に考慮することで、東京湾内の港湾の状況を段階的に整理する。

4. 前提条件

地震発生後または津波到達後、安全確保ができ次第、迅速に各港湾の被害状況把握が行われ、共有されるものとする。また、自家発電設備等により電気系統の機能が最低限維持でき、大規模停電が発生した場合でも各港湾の被害状況を収集できるものとする。

5. 想定する地震

東京湾内の各港湾の震後行動計画で多く想定されている都心南部直下地震、東京湾北部地震および南

海トラフ巨大地震を対象とする。これらの地震は、今後30年以内に発生することが予想され、かつ広域に大きな被害をもたらすものとされている為である。本研究では、これらの地震による被災想定がそれぞれ異なることを利用し、要素による分岐の整理を行う。

5.1. 都心南部直下地震、東京湾北部地震

この2つの地震では、多くの岸壁、背後のヤード、エプロン、臨港道路等と広く被害が発生すると想定されている。また、大規模な液状化被害も予想され、後背地では、木造建物を中心に建物の損壊が発生すると予想されている。海域に関しては、地震動によって落水するコンテナや自動車が若干発生するものとされている。

2つの地震の違いは、震源が異なることによる震度の大きさと震度分布である。都心南部直下地震では、大きく被害を受けると予想される地域は東京港、川崎港および千葉港の一部である。一方、東京湾北部地震では、大きく被害東京港および千葉港の全域と、川崎港の一部が大きく被害を受ける地域であると予想される。以上のように大きな被害の予想される港湾が異なっているため、取扱いを分け、対応策についても別々に検討を行う。

5.2. 南海トラフ巨大地震

上記の2つの地震と異なり、地震動による岸壁、背後のヤード、エプロン、臨港道路等に大きな被害は発生しないと想定されている。しかし、南海トラフ巨大地震では、東京湾内にも3~6mの津波が到達し、津波による建物被害が発生すると想定されている。海域に関しても、津波によりコンテナ、自動車、小型船舶等の流出、漂流が多数発生し、船舶航行の障害となると想定されている。以上より、津波による被害を主だった被害として分類を行う。

6. イベントツリーの作成

緊急物資輸送に関わる各要素（地震の種類、津波による被害、岸壁の状態、航路の状態、液状化被害の有無、臨港道路の状態）でそれぞれ分岐を設け、状況の整理を行っていく。分岐は表-1に示すように被害なし、復旧可能、復旧不可能等といったように数段階に分けて考えることとする。前段階で復旧不可能な要素が発生している場合は、その後の要素は使用なしと設定している。

作成したイベントツリーの一部を図-1に示す。平常時から始まり、各要素の分岐によって状態を細かく整理している。最終的にたどり着く右端の部分にそれぞれ対応策を講じることで、様々な状況に対応

津波被害(建物被害)		岸壁被害		航路被害		液状化被害		道路被害		リスク 評価	対応策					
川崎港広域防災拠点	耐震強化岸壁	川崎港広域防災拠点	耐震強化岸壁	川崎港広域防災拠点	耐震強化岸壁	川崎港広域防災拠点	耐震強化岸壁	川崎港広域防災拠点	耐震強化岸壁	620	701	209	71	57	80	82
被害なし	被害なし	被害なし	被害なし	被害なし	被害なし	被害なし	被害なし	被害なし	被害なし	0	0.048%	安全確保後、稼働再開				
1	1	0.3	0.33	0.33	0.33	0.75	0.75	0.33	0.33	4	0.134%	被害箇所の応急復旧後、稼働再開				
								復旧可能	被害なし	0	0.134%	川崎港を優先復旧、復旧可能な港湾から稼働再開				
								復旧可能	被害なし	12	0.272%	川崎港を優先復旧、復旧可能な港湾から稼働再開				
								被害あり	被害なし	4	0.057%	被害箇所の応急復旧後、稼働再開				
								復旧不可	復旧不可	24	0.009%	全港湾のうち復旧可能な港湾を優先復旧				
								復旧可能	復旧可能	12	0.118%	川崎港を優先復旧、復旧可能な港湾から稼働再開				
								復旧不可	復旧不可	32	0.018%	全港湾のうち復旧可能な港湾を優先復旧				
								被害あり	被害なし	0	0.057%	川崎港を優先復旧、復旧可能な港湾から稼働再開				
								0.25	0.75	0.88	0.33					

図-1 作成したイベントツリーの一部

可能な震後行動計画の作成を目指す。作成したイベントツリーの詳細については、発表当日に提示する予定である。

各要素の分岐には発生確率と復旧時間を設定し、それぞれの状況の発生確率と復旧時間の概算を行う。復旧時間は、東京湾内の港湾の復旧目標¹⁾を参考に表-2のように設定した。その他の分岐の復旧時間を0時間としているが、その他の分岐を選択している場合、その前の段階で復旧不可能の分岐を選択しており、すでに復旧時間が大きくなっているため、0時間として問題ないと判断した。

復旧時間の合計の値によって、地震後の状況の分類を行い、対応策の設定を行う。また、発生確率と復旧時間を掛け合わせることでリスクとし、リスクの値による分類を行い、その状況の影響を把握できるよう色分けを行う。

ここで用いている分岐は、対象としている港湾において、最も被害が軽微である状態のものを指している。よって、復旧不可能の分岐が選択された場合には、緊急物資輸送を行うにあたって、その地域・設備がすべて復旧不可能という状況となる。

7. 作成したイベントツリーの活用例

作成したイベントツリーの活用例として、図-2に示すような被害状況を入力することで、対応策を呼び出すものを挙げる。各港湾の被害状況をツール等に入力することで、該当する状況への適切な対応策を呼び出すというものである。これは地震発生後、東京湾内の各港湾の状況が把握できると同時に、東京湾全体としての対応策が共有でき、優先復旧を行う港湾等の方針が決めることができる。

8. おわりに

本研究では、港湾における緊急物資輸送に関して重要である考えられる要素を選定し、想定した3つの大地震に対してイベントツリーを作成した。また、作成したイベントツリーに発生確率および復旧時間の情報を付与し、状況の分類と対応策の検討を行った。

今後の課題として、イベントツリーを現段階より更に詳細に作成することで、より具体的な対応策の

表-1 イベントツリーの要素と分岐の種類

	地震	津波	岸壁	航路	液状化	道路
第1分岐	都心南部直下地震	津波なし	被害なし	被害なし	被害なし	被害なし
第2分岐	東京湾北部地震	被害なし	被害なし	復旧可能	被害あり	復旧可能
第3分岐	南海トラフ巨大地震	復旧可能	復旧可能	復旧不可能	後背地使用なし	復旧不可能
第4分岐				航路使用なし		道路使用なし

表-2 イベントツリーの分岐と復旧時間

	被害なし	復旧可能	復旧不可能	その他
川崎港	0	8	48	0
その他の港湾	0	4	24	0

(単位:時間)

図-2 被害状況入力の一例

被害入力

<p>川崎港広域防災拠点</p> <p>津波</p> <p><input checked="" type="radio"/>被害なし <input type="radio"/>復旧可能</p> <p>岸壁</p> <p><input type="radio"/>被害なし <input type="radio"/>復旧可能 <input type="radio"/>復旧不可能</p> <p>航路</p> <p><input type="radio"/>被害なし <input type="radio"/>復旧可能 <input type="radio"/>復旧不可能</p> <p>液状化</p> <p><input type="radio"/>被害なし <input type="radio"/>被害あり</p> <p>道路</p> <p><input type="radio"/>被害なし <input type="radio"/>復旧可能 <input type="radio"/>復旧不可能</p>	<p>その他の港湾</p> <p>津波</p> <p><input type="radio"/>被害なし <input type="radio"/>復旧可能</p> <p>岸壁</p> <p><input type="radio"/>被害なし <input type="radio"/>復旧可能 <input type="radio"/>復旧不可能</p> <p>航路</p> <p><input type="radio"/>被害なし <input type="radio"/>復旧可能 <input type="radio"/>復旧不可能</p> <p>液状化</p> <p><input type="radio"/>被害なし <input type="radio"/>被害あり</p> <p>道路</p> <p><input type="radio"/>被害なし <input type="radio"/>復旧可能 <input type="radio"/>復旧不可能</p>
---	---

設定が可能となることが見込まれる。また、発生確率および復旧時間の設定についても、より正確なものを設定することで、より詳細な想定とリスク管理が可能になり、港湾の整備計画等の設定に活かせると考えられる。より詳細な分類、設定を行うことで、災害発生時の迅速な対応が可能となると考えられる。

実際の地震では被害状況により、本研究の前提となっている各港湾の情報収集が完全に行えるとは限らないため、その場合のイベントツリー内で取り扱い方法や対応策の構築を行うと複雑な状況に対しても対応が可能になり、利便性が上がると思われる。また、作成したイベントツリーを効率的に運用する方法の検討を行うことで、より幅の広い震後行動計画を作成すると同時に、地震発生後の柔軟な対応を整備することができると考えている。

参考文献・出典

1) 東京湾航行支援に係る震後行動計画, 東京湾航行支援協議会, 2015年