

岸壁エプロン舗装の新たな維持補修計画手法（案）の検討

稲田 勉*・清水 建一郎**・中野 和之***

*（一財）沿岸技術研究センター 調査役

**（株）日本港湾コンサルタント 関西支社技術部 設計二課長

***国土交通省 近畿地方整備局 神戸港湾事務所 保全課長

経年劣化や沈下により、神戸港の岸壁エプロン舗装の一部に、ひび割れ、段差、目地開きといった変状が発生し、その利用に支障をきたす状況となっている。

本稿では、劣化した岸壁エプロン舗装の維持補修計画を作成する際、LCCを最小とする、新たな維持補修計画手法（案）を検討した。

本手法（案）は、対象施設のこれまでの点検診断結果から補修範囲を決定し、その結果と補修までの経過年数から今後の補修範囲及び時期を推定するものであり、より精度の高い維持補修計画を策定するための一つの手法になると考える。

キーワード：コンテナターミナル、老朽化、エプロン舗装、LCC、維持補修計画手法

1. はじめに

海上輸送と陸上輸送という異種輸送機関を結ぶ接点であるコンテナターミナルは、コンテナを迅速・安全・効率的に積み替える作業を行う陸海一貫輸送の要ともいべき重要な役割を担っている。

神戸港のポートアイランド(第2期)地区及び六甲アイランド地区の岸壁の規模は7.5m～16mと大きく、かつ約半数が耐震岸壁となっており、神戸港背後圏の経済を支える重要な施設と言える。

そのような重要な役割を果たすべき岸壁の主要な施設が、老朽化の進行等により深刻な変状が見受けられるようになった。特に、老朽化した岸壁エプロン舗装では、ひび割れ、沈下、段差、目地開きといった変状が確認され、性能を確保するのが難しい状況となっている。

本稿では、劣化した岸壁エプロン舗装の補修計画を作成する際、実績に基づいてLCCを算定した結果と、国総研のLCC計算プログラム(点検結果をもとに、今後必要となる維持管理費用を、点検診断が十分に行われていない場合でも、おおよその状態や建設年から試算可能なプログラム)を用いて算定した結果を比較検討し、LCCが最小となるような維持補修計画の検討フローを作成したので報告する。

2. 対象施設位置

対象施設はポートアイランドⅡ期地区-12m岸壁②(岸壁P-J)であり、ポートアイランドⅡ期地区のスリップの北側に位置する岸壁である。阪神・淡路大震災時は建設途上で被災し、前面海域の制約を受けるため、前出しによる断面復旧ができなかったため、ケーソンを再設置し、耐震岸壁として復旧している。

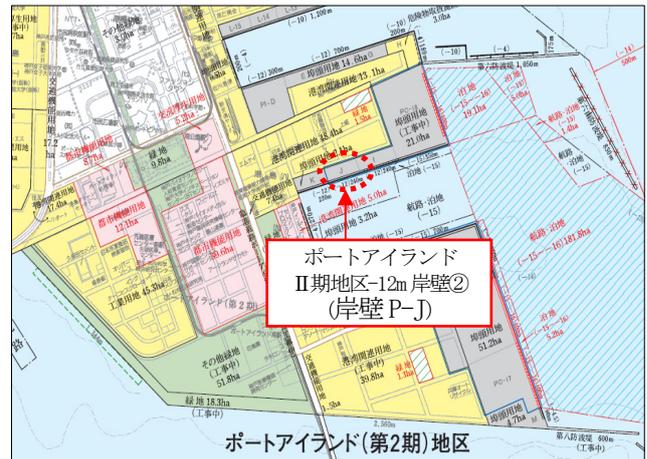


図-1 検討対象位置

施設の点検状況等は下記のようなものである。

| | |
|----------------|------------------|
| 構造形式：重力式（ケーソン） | |
| 供用開始：2002年 | 供用期間：50年間（2052年） |
| 初回点検：2010年 | 一般定期点検：2014年7月 |

標準断面図を図-2に示す。

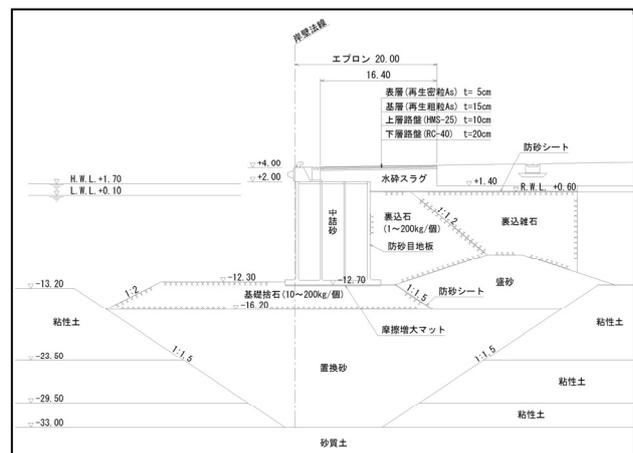


図-2 標準断面図

3. 施設の劣化状況

3.1 劣化状況

本施設は、初回点検診断、一般定期点検診断が行われており、これらの調査結果を基に現地踏査が実施された。その結果の概要を以下に示す。

(1) 定期点検結果

対象施設の点検及びその評価は、維持管理計画書策定時の初回点検時(平成 22 年)及び一般定期点検時(平成 26 年度)に実施されている。いずれの点検においてもエプロン部の一部のブロックが「劣化度 a:部材の性能が著しく低下している状態」との評価となっており、補修が必要であると診断された。

(2) 現地踏査結果

定期点検による評価が劣化度 a となっているエプロン部の現地踏査を実施した結果を以下に示す。

| 劣化の概要 | |
|-------|---|
| 結果 1 | 対象施設の西側の隣接岸壁 (P-K) との境界フェンス付近において、アスファルトが裂けるような亀裂が見られた。亀裂は隣接する岸壁まで続いている。 (該当写真 2, 3, 5, 7) |
| 結果 2 | 対象施設の西側のブロック (1~6 ブロック) において、一般定期点検で確認されているように、岸壁法線から 10m 付近 (ケーソン背後付近) において段差やひび割れが確認できた。 (該当写真 8, 9, 10) |
| 結果 3 | 上記ブロックより東側のブロック (7~15 ブロック) において、一般定期点検で確認されているようなひび割れ (幅 3mm 以上) が見られたが、西側のブロックと比較するとひび割れも小さく、段差も少ない。 (該当写真 11) |

以上より、現地踏査の目視では、対象施設の西側のブロック (1~6 ブロック) において舗装の段差や大きな亀裂が見られ、施設の利用に支障が生じており、施設の性能を低下させている状況であると診断された。このため、この範囲については早急な補修対策が必要と判断した。

3.2 劣化原因の検討

既存の調査結果と現地踏査結果から、劣化原因については、舗装の経年劣化(震災復旧より平成 26 年度で 18 年経過)だけでなく、人工地盤 (埋立地) の沈下が原因と考えられる。

ケーソン背後位置の段差やひび割れについては、ケーソン部分と背後裏埋土砂の重量の差による沈下量の差が原因と考えられる。

対象施設の西側のブロックに見られる大きな亀裂は、舗装の路盤及び路床に用いられているスラグが固結し、沈下量の差によって舗装が引っ張られ、裂けるような変状が生じているものと考えられる。

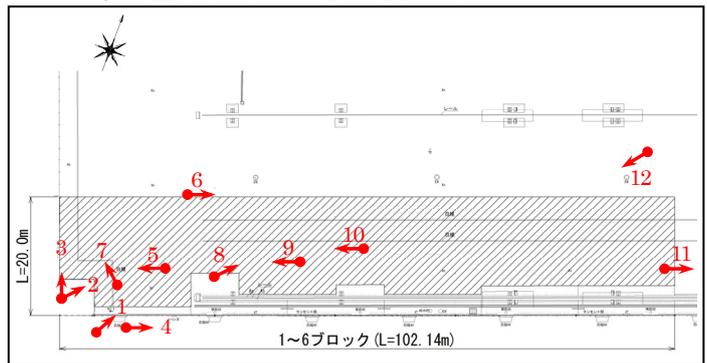


図-3 写真撮影位置



写真-1 劣化状況

4. 新たな維持管理手法（案）の検討

4.1 補修対策方針

エプロン舗装の劣化については、前述したように人工地盤（埋立地）の長期的な沈下も要因のひとつと考えられるが、経済性や供用中の周辺の岸壁を長期間停止することの難しさから、この沈下を抜本的に抑制する対策を採用することは今回の検討から除外した。

岸壁の地盤改良を含めた全体の改良ではなく、エプロン舗装についてのみ補修を実施し、今後も施設の供用に影響が出る程の変状がエプロンに発生した段階で、逐次補修していくことが現実的な工法であると判断した。

補修方法は、オーバーレイ工法または打ち替え工法となるが、当対象地区の状況（埋め立てた人工地盤の沈下による変状であり、輻掘れや劣化が主要な変状ではない）やエプロン舗装の維持管理レベルⅢ（事後保全的対策）を考慮して、打ち替え工法による対策が望ましいと判断した。

4.2 LCCが最小となる維持補修計画の検討フロー

供用期間中の補修費用の算定は、国総研 LCC 計算プログラムを用いて行うことが多い。本検討では、実績に基づいて LCC を算定した結果と、国総研 LCC 計算プログラムを用いて算定した結果を比較検討し、LCC が最小となる維持補修計画を作成することとした。

実績に基づいて LCC を算定する方法とは、現地踏査による状況確認後、補修実施箇所を設定し、供用期間中の補修費用を算定する方法である。次の特徴を有している。

特徴 1. 補修範囲は、劣化度に応じたブロックごとに設定。劣化度が a 判定の割合のブロックが補修対象。

特徴 2. 補修時期は、対象としている施設の供用開始から補修時期までの期間を補修周期と設定。

LCC が最小となる維持補修計画の検討フローを図-4 に示す。

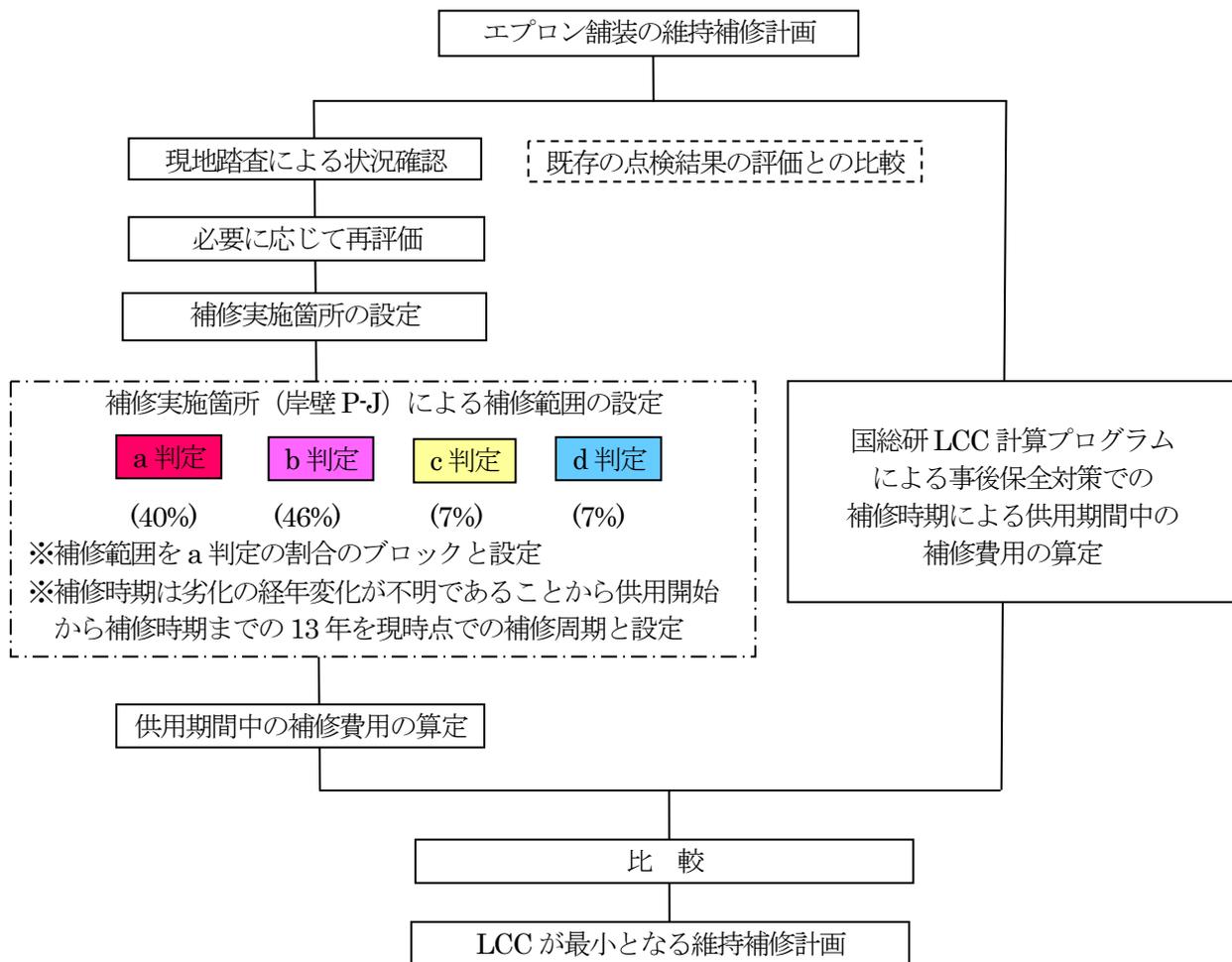


図-4 LCC が最小となる維持補修計画の検討フロー

4.3 補修範囲及び補修時期の考え方

① 1回目の補修範囲の設定

当該施設の定期点検結果及び現地踏査結果において、全体面積に占める a 判定された面積の割合を求め、補修範囲の割合として設定する。

$$a \text{ 判定の割合} = a \text{ 判定の面積} \div (a \text{ 判定の面積} + b \text{ 判定の面積} + c \text{ 判定の面積} + d \text{ 判定の面積})$$

② 2回目、及びそれ以降の補修範囲及び時期の設定
 基本的には補修後の定期点検結果により、補修範囲及び補修時期を判断する。ここで今回は初回補修

であり、現時点では補修後の劣化の進展が不明なため、目安として補修範囲については1回目に発生した a 判定の面積の割合が、2回目及びそれ以降も発生するものと想定し、補修時期については、当該施設の供用開始から初回補修対策時期までの期間を補修周期として設定する。

以上の考え方に基づいた P-J 岸壁のモデルを図-5 に示す。

- ・ 補修 (1回目)

| | | | |
|---------------|---------------|--------------|--------------|
| a 判定 (40%) | b 判定 (46%) | c 判定 (7%) | d 判定 (7%) |
|---------------|---------------|--------------|--------------|

- ・ 補修 (2回目)

↓ 13年後

| | | |
|-----------------|---------------|-----------------|
| b~d 判定 (40%) | a 判定 (40%) | b~c 判定 (20%) |
|-----------------|---------------|-----------------|

- ・ 補修 (3回目)

↓ 13年後

| | | |
|---------------|-----------------|---------------|
| a 判定 (20%) | b~d 判定 (60%) | a 判定 (20%) |
|---------------|-----------------|---------------|

↓ 13年後

図-5 補修範囲の想定モデル図 (P-J 岸壁)

4.4 補修範囲及び補修時期の設定

エプロン舗装の補修範囲及び時期については、以下のように設定した。

表-1 エプロン舗装の補修範囲及び時期

| 補修範囲 | | 補修時期 | | | |
|-------------------------|--------------|--------------------------|-------|-------|------|
| 考え方 | 範囲 | 考え方 | 供用開始 | 初回補修 | 補修周期 |
| 定期点検結果及び現地踏査結果より a 判定部分 | 全体の40%の範囲と設定 | 供用開始から初回補修対策時期までを周期として設定 | 2002年 | 2015年 | 13年 |

4.5 補修費用の設定

補修単価については以下のように設定した。なお国総研の LCC 計算プログラムに設定があるものについては、その内容を参照し設定した。

表-2 部材別補修単価 (直工)

| 維持管理バル | シナリオ | 工法 | 補修単価 | 再劣化周期 |
|--------|------|--------|--------------------------|-----------------------|
| III | 事後保全 | オーバーレイ | 2.0 (千円/m ²) | 29年 (LCCプログラムにおける設定値) |
| | | 打替え | 施設毎 (千円/m ²) | 施設毎 |

※単価の根拠は、LCCプログラム設定値(港空研報告 No. 48-2)
 ※港空研報告 48-2: 栈橋のライフサイクルマネジメントシステムの構築に関する研究(2009, 港湾技術研究所報告 No. 48-2)

表-3 エプロン舗装の補修費用 (打替え) (直工)

| 考え方 | 補修費用 |
|--|-------------|
| 岸壁法線から 3.6m~20.0m 区間のアスファルト舗装部分の補修 (全体の40%の範囲) 舗装撤去・復旧: 3,936 m ² × 0.4 × 10,400 円/m ² = 16,370 千円 アスファルトカッター: 128m × 800 円/m = 102 千円 | 16,000 (千円) |

4.6 補修費用の算定

補修費用について、実績を元にして設定した方法とLCC計算プログラムにおいて設定した方法の補修費用を比較し、最小の算定結果の方法を用いる。図-6に、岸壁P-Jの算定結果を示す。

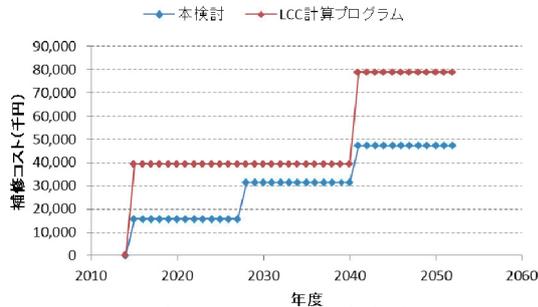


図-6 岸壁P-JのLCC算定結果

4.7 新たな維持管理手法(案)の妥当性と留意

点

実績に基づいてLCCを用いて算定する方法と、国総研LCC計算プログラムを用いて算定した結果を比較検討し、LCCが最小となる維持補修計画を作成する手法の妥当性について、港湾空港技術研究所構造研究領域構造研究チームの関係者にヒアリングを行った結果、「妥当である」との回答を得た。

その際、「本手法により補修範囲や時期を設定するに

あたっては、現時点では判断するデータが少ないので、今後も引き続き定期的な点検診断を実施しデータを蓄積していくことが望まれる」とのアドバイスを受けた。各施設の補修時期については、現段階で得られているデータによる予測であるため、今後の点検の結果によって、補修範囲の変更や補修時期の前後が生じる可能性は十分に有り得る。

今後、より正確な補修時期を把握するためには、引き続き定期的な点検を実施していくことが重要であり、その結果によって適宜予測の見直しを行うことが望ましい。

5. おわりに

本稿では、劣化した岸壁エプロン舗装の補修計画を作成する際、LCCを最小とすることための新たな維持補修計画手法(案)を検討した。

検討にあたって、岸壁P-Jをモデルとした。この方法は、岸壁P-J以外の施設にも適用できるものであり、今後の活用を期待したい。

謝辞

本稿は、「平成26年度 神戸港貸付国有港湾施設維持補修検討業務」の成果の一部をまとめたものである。執筆にあたり関係者から貴重なご意見、ご指導をいただいた。ここに厚く御礼申し上げる。