港湾構造物のライフサイクル管理-VI

善 一 章*

* 国際航路協会 WG31 メンバー

Life Cycle Management of Port Structures - VI

Kazuaki Zen*

* PIANC PTC-II WG31 Member

As a result of corrosion surveys, port steel structures have been damaged by splash zone corrosion at splash zone and by concentrated corrosion both at low tide level and in sea water. Corrosion damages could lead to serious reduction in strength and, in the extreme, to collapse and to unexpectedly expensive maintenance work possibly requiring total closures and consequential loss of revenue. An organic or inorganic covering method has been applied to the steel at splash zone and cathodic protection to the steel below sea water level.

When the PW method is applied to port structures, there is the strategy of designing to a low first cost followed by more substantial maintenance in accordance with the relationship between discount factors and time for different rates. The strategy would be accompanied by increased risks of unexpected maintenance requirements and lower levels of safety. When maintenance consists of repair and shutdown, shutdown costs can be higher than repair costs and tend to dominate calculation of discounted maintenance costs. Accordingly, there will be scope to design for changes in the balance between construction and maintenance costs from the economical and technical points of view.

This paper will look at the balance between first and maintenance costs, the application of the PW method to a steel pipe pile model and some problems in the application of the PW method to port structures.

Key words : PW method, PW factor, construction cost, maintenance cost, shutdown cost, demolition cost, corrosion damage, discount rate

1. 緒 言

腐食調査の結果、港湾構造物は、主に、飛沫帯腐食と海水面下に発生する集中腐食によって腐食損傷したことが分かった¹⁾。特に、損傷部位の肉厚減少によって構造物の強度が低下して、補強・改造のため予期しない経済的損失を蒙った^{1), 2)}。このことから、港湾構造物の LCM の必要性が認識された。腐食損傷を回避するには当該構造物の腐食傾向を把握して適切な防食法の適用と LCM の実施が望まれる。防食法としては飛沫帯腐食の防食に被覆工法が、海水面下の集中腐食の防食に電気防食工法が適用される¹⁾。また、LCM の手法として現在価値 (PW) 法が使用される^{2), 3)}。

PW 法はカムサール港のデータに適用された³⁾。PW 法では全てのキャッシュフローに PW 係数を乗じて PW に減価する。オプションの PW 算出の時、初期コストは減価されないでそのまま加算されるので、初期コストの削減はオプションの PW を減少させる魅力があるが、構造物の安全性の低下やメンテナンスコストを増大させる懸念がある。本報では、初期コストとメンテナンスコストの関係を検討した。

前報では、海水面下に適用する電気防食工法の経済比較を PW 法で行った。本報では、海水面上に適用する被覆工法と海水面下に適用する電気防食工法を海中に打ち込まれた鋼管杭に適用する複合防食モデルについて、PW 法で経済性を比較した。併せて、港湾構造物に適用

する LCM の問題点を考察した。

本報では、2 章に初期コストとメンテナンスコストのバランス、3 章に鋼管杭への PW 法の適用、4 章に PW 法適用上の留意点を述べる。

2. 初期コストとメンテナンスコストのバランス

2.1 初期コストが建設コストの場合

カムサール港鉱石栈橋の例では、建設、補修、閉鎖、撤去のキャッシュフローデータが提供された。先に、全データを使用して PW 法による補修工法の経済比較及び閉鎖コストの PW 法への影響を報告した^{2), 4), 5)}。ここでは、カムサール港のデータを用いて初期建設コストの PW 法への影響を検討する。

建設、補修、閉鎖、撤去の現在価値を PW_C , PW_R , PW_S , PW_D とすると、これらはそれぞれ(1)式から求められる。

$$PW = F_0(1+r)^0 + F_1(1+r)^{-1} + F_2(1+r)^{-2} + \dots + F_N(1+r)^{-N} \quad (1)$$

ここで、 r : 減価率 $(1+r)^{-N}$: PW 係数

N : 複利期間 F : 将来コスト

一方、補修工法オプション 1, 2 の現在価値を PW_1 , PW_2 とすると、 PW_1 , PW_2 はそれぞれオプション 1, 2 のデータを用いて(2)式から求められる。

$$PW = PW_C + PW_R + PW_S + PW_D \quad (2)$$

カムサール港の例では、キャッシュアウトフローを正符号、キャッシュインフローを負符号で表した。従って、PW が正符号の場合、PW 値の小さいオプションが経済的となる。表 1 にオプション 1, 2 の PW_C , PW_R , PW_S , PW_D , PW の値を示す。なお、減価率 0% の値は減価されない値であるからイタリックで示した。表 1 に示すよう

* 〒213-0011 川崎市高津区久本 3-6-1-401 (3-6-1-401, Hisamoto, Takatsu-ku, Kawasaki, 213-0011 Japan)

表1 カムサル港におけるPW比較

減価率 (%)	オプション1					オプション2				
	PW _C (\$M)	PW _R (\$M)	PW _S (\$M)	PW _D (\$M)	PW ₁ (\$M)	PW _C (\$M)	PW _R (\$M)	PW _S (\$M)	PW _D (\$M)	PW ₂ (\$M)
0	12.0	26.6	93.9	4.0	136.5	18.0	16.0	20.7	5.0	59.7
3	12.0	14.61	45.72	0.91	73.24	18.0	7.34	9.68	1.14	36.16
8	12.0	6.76	17.19	0.09	36.04	18.0	2.49	3.35	0.11	23.95

に、PW_Cは減価率に関係なく一定である。すなわち、PW_Cは、減価率0, 3, 8%ともオプション1では\$12 M、オプション2では\$18 Mである。これは、建設コストが初期(N=0)のみであるから建設コストのPWは(1)式から $PW_C = F_0(1+r)^0 = F_0$ で表されることによる。一方、PW_R, PW_S, PW_Dは(1)式から $F_N(1+r)^{-N}$ で表される。例えば、表1に示すオプション1、減価率3%のPW_S(\$45.72 M)は次のように求められる：

$$\begin{aligned}
 PW_S &= \$1.84 \text{ M}(1+0.03)^{-(8\sim10)} \\
 &\quad + \$2.72 \text{ M}(1+0.03)^{-(11\sim39)} \\
 &\quad + \$1.84 \text{ M}(1+0.03)^{-(40\sim44)} \\
 &= \$1.84(2.299) + \$2.72 \text{ M}(14.278) \\
 &\quad + \$1.84(1.447) \\
 &= \$4.23 \text{ M} + \$38.83 \text{ M} + \$2.66 \text{ M} = \$45.72 \text{ M}
 \end{aligned}$$

なお、オプション1, 2のキャッシュフローデータとN年の値は参考文献3) p.10の表1, 2に示されている。また、参考文献2) p.577にはオプション1, 2のメンテナンス(補修+閉鎖)のキャッシュフローデータとN年の値が示されている。

PW_C=F₀から、オプション1, 2のPWは(3)式で表せる。

$$PW = F_0 + PW_R + PW_S + PW_D \quad (3)$$

(3)式に示すように、オプションPWの算出ではF₀は減価されないで加算されるので、PWの値を小さくするにはF₀を削減する案が想定される。しかし、建設コスト(F₀)の削減は構造物の安全性の低下とメンテナンスコストの増加に関係する。表1からオプション1について建設・補修・閉鎖・撤去のコスト(PW)比較を図1に示す。なお、図中の系列1, 2, 3は減価率0, 3, 8%を表す。図1では、先に述べたように建設コスト(A)は減価率に関係なく一定である。これに対して、補修(B)・閉鎖(C)・撤去(D)のPWは経年とともに減少し、減価率が大きくなるにつれて減価程度は大きくなる。

図1 カムサル港のコスト比較 (オプション1)
A: 建設, B: 補修, C: 閉鎖, D: 撤去

表1では、オプション1とオプション2のPW差は\$37 M (減価率3%), \$12 M (減価率8%)である。PW差はオプション2の改良による経済効果と考えて、建設(A)・補修(B)・閉鎖(C)・撤去(D)コストにこの経済効果コスト(E)を加えてオプション1のPWを100%として各項目の割合(%)を算出すると、減価率3%の場合、図

2 (オプション1), 図3 (オプション2) の通りである。なお、図2のEの値は0%である。図2では閉鎖(C)が62.4%で断然大きい。これに対して、図3では閉鎖(C)コストは13.2%に減少してオプション2の経済効果(E)が50.6%と大きい。すなわち、オプション2はオプション1に比べて、初期コストを\$6 M増加させることによってPW₂は\$37 M (減価率3%)減少した。言い換えると、オプション1は、オプション2より初期コストを\$6 M削減した結果、PW₂は\$37 M (減価率3%)増加したといえる。カムサル港のケースでは、PW_Cがオプション1<オプション2であるがオプション2のメンテナンスコストの削減が著しく、PW₁>PW₂である。すなわち、PW_Cを\$6 M削減させた結果、オプション1のメンテナンスコスト(PW_R+PW_S)が\$43.31 M増加した。この中、補修コストの増加は\$7.27 M、閉鎖コストの増加は\$36.04 Mである。\$43.31 Mを100%とすると、\$7.27 Mは16.8%, \$36.04 Mは83.8%である。この結果、オプション1はオプション2に対して、初期(建設)コストを削減してもPWは減少しなかった。このケースでは、特に、建設コスト削減によるメンテナンスコストに

図2 カムサル港のコスト割合 (オプション1, 減価率3%)

図3 カムサル港のコスト割合 (オプション2, 減価率3%)

含まれる閉鎖コストの増加の影響が大きい。参考文献 2) p.577 に示すように、補修時の施設閉鎖による損失は 0～8 年では \$1.84 M/年、9～50 年では \$2.72 M/年である。また閉鎖の頻度はオプション 1 では建設後 8～44 年間は毎年 (37 回) と多いのに対してオプション 2 では 13, 18, 23, 28, 33, 38, 43 年目の計 7 回と少ない。オプション 2 の経済性がオプション 1 よりも優れるのは補修 (閉鎖を含む) の頻度が少ないためである。従って、補修工法オプションの経済性改善には、補修間隔が長い、または閉鎖を伴わないことが望まれる。

2.2 初期コストが防食コストの場合

ケース 1：被覆防食工法の比較

比較する工法は次の通り：

工法 1—有機被覆 20 年材、更新時の閉鎖なし
コスト比：防食被覆 3.5, 閉鎖 3.5

工法 2—有機被覆 20 年材、更新時の閉鎖あり
コスト比：防食被覆 4.0, 閉鎖 4.0/2

工法 1, 2 は初期に被覆材を取り付け、20 年、40 年後に防食材を更新する。ケース 1 のコスト基準は本報の 3 章を参照した。

防食期間 60 年として減価率 3% で求めた PW 比を表 2 に示す。表 2 のケース 1 では、初期コスト比は工法 1 < 工法 2 であるが、PW 比は工法 1 > 工法 2 である。すなわち、工法 2 は工法 1 より初期コストは大きいが開鎖コストの削減により経済性は工法 1 より優れる。

ケース 2：電気防食工法の比較

比較する工法は次の通り：

工法 1—防食 10 年材、コスト比：電気防食 0.25

工法 2—防食 20 年材、コスト比：電気防食 0.45

工法 3—防食 25 年材、コスト比：電気防食 0.45

工法 1, 2, 3 は初期に防食材を取り付け、10 年、20 年、25 年ごとに更新する。更新時の閉鎖なし。

ケース 2 のコスト基準は前報の 3 章を参照した⁵⁾。

10 年材と 20 年材は防食期間 60 年、25 年材は防食期間 50 年として、減価率 3% で工法の PW 比を算出した。等価の関係から PW 比を年価値 (AW 比) に変換して、工法 1 の AW 比を基準として算出した AW 比を表 2 のケース 2 に示す。表 2 から、初期コスト比は工法 1 < 工法 2, 3 であるが、AW 比は工法 1 = 工法 2, 工法 1 > 工法 3 である。すなわち、工法 2, 3 は初期コスト比が工法 1 より大きい、防食材の耐久寿命の延長によって工法 2 の経済性は工法 1 に近似し、工法 3 は工法 1 より優れる。

PW 法を適用する時、PW 係数の経時変化曲線の低減傾向から、初期コストを削減してメンテナンスコストを増加させる案に PW 削減の魅力がある。これに対して、カムサール港の適用例では初期建設コストを減価しても

経済的ではない。また初期コストが防食コストの場合、防食材の耐久寿命の延長または閉鎖コストの低減等の工夫によって初期コストが大きいオプションが経済的となるケースもある。従って、PW 法の港湾構造物への適用では、初期 (建設または防食) コストとメンテナンスコストのバランスを技術的、経済的に検討することが必要である。

3. 鋼管杭への PW 法の適用

港湾鋼構造物では、飛沫帯腐食に被覆防食、集中腐食に電気防食がそれぞれ適用される。ここでは、海中に打ち込まれた鋼管杭 1 本に被覆防食 + 電気防食の複合防食工法を適用する工法の経済評価を PW 法で行う。工法の比較条件として環境、鋼管杭寸法、防食工法 (防食材の種類、コスト比、閉鎖の有無)、期間、減価率を次のように設定する：

鋼管杭寸法：外径 1 m、長さ 22 m

各環境の鋼管杭長：干潮帯 2 m (+1 m ~ -1 m)

海中部 10 m (-1 m ~ -11 m)

海泥部 10 m (-11 m ~ -21 m)

防食材：被覆防食 有機材：20 年材

無機材：30 年材

電気防食 流電陽極：10 年材

各環境中杭表面積：干潮帯 6.28 m²

海中部 31.4 m²

海泥部 31.4 m²

被覆防食面積：6.28 m²

電気防食面積：31.4 m² + 31.4/5 m² = 37.68 m²

鋼管杭の設計寿命：60 年

基本コスト比：電気防食 (10 年材) 1.0

有機被覆防食 (20 年材) 3.5

無機被覆防食 (30 年材) 5.1

閉鎖：有機材 3.5 無機材 5.1

注 1) 防食単価 (円/m²) × 防食面積 (m²) を防食面積当りの防食コスト (円) とし、被覆防食コスト/電気防食 (10 年材) コスト = 基本コスト比とする。

注 2) 電気防食 (10 年材) は初期 (0 年) に取り付け、10, 20, 30, 40, 50 年後に更新する。電気防食 (10 年材) は更新時の閉鎖なし

注 3) 有機被覆防食 (20 年材) は初期 (0 年) に取り付け、20, 40 年後に更新する。工法 1 では更新時の閉鎖なし、工法 2 では更新時の閉鎖あり

注 4) 無機被覆防食 (30 年材) は初期 (0 年) に取り付け、30 年後に更新する。工法 3 では更新時の閉鎖なし、工法 4 では更新時の閉鎖あり

注 5) 有機被覆防食、無機被覆防食、電気防食の初期取り付けコスト比 = 各防食材の更新コスト比とする。

注 6) カムサール港鉤石栈橋補修工法のオプション 1, 2 を参照して被覆基本コスト比 = 閉鎖基本コスト比と仮定する。有機被覆閉鎖基本コスト比 = 3.5, 無機被覆閉鎖基本コスト

表 2 初期コストと防食コストの関係

ケース 1			ケース 2		
工法	初期コスト比	PW 比	工法	初期コスト比	AW 比
1	3.5	9.51	1	0.25	1.00
2	4.0	9.19	2	0.45	1.03
			3	0.45	0.78

比=5.1とする。

注7) 防食工法のPW比=Σ(減価係数×基本コスト比)+初期コスト比

防食工法：

工法1 有機被覆防食(20年材)(閉鎖なし)
+電気防食(10年材)(閉鎖なし)

工法2 有機被覆防食(20年材)(閉鎖あり)
+電気防食(10年材)(閉鎖なし)

工法3 無機被覆防食(30年材)閉鎖なし)
+電気防食(10年材)(閉鎖なし)

工法4 無機被覆防食(30年材)(閉鎖あり)
+電気防食(10年材)(閉鎖なし)

工法4' 工法4で閉鎖コスト比が工法2に同じ

注：電気防食工法は前報⁵⁾を参照して10年材(閉鎖なし)を使用し、防食工法の維持管理コストは省略した。

防食工法1, 2, 3, 4, 4'の比較を以下に示す。

(1) 工法1と工法2について被覆防食と電気防食のPW比を表3に示す。表3のように、減価係数が3%、8%ともPW比は工法1では有機被覆防食>電気防食であり、工法2では有機被覆防食+閉鎖>電気防食である。工法2の電気防食コスト比と有機被覆防食コスト比の割合を図4に示す。図4に示すように、工法2のコスト比内訳は電気防食25.4%に対して有機被覆防食+閉鎖は

表3 被覆防食と電気防食のPW比

減価率 (%)	PW比			
	工法1		工法2	
	有機被覆防食	電気防食	有機被覆防食 +閉鎖	電気防食
3	6.51	3.24	9.52	3.24
8	4.41	1.84	5.32	1.84

図4 工法2の内訳(A：電気防食，B：有機被覆防食+閉鎖)

図5 工法2のコスト比較(減価率3%)

A：電気防食，B：有機被覆防食+閉鎖，C：工法2

74.6%である。

(2) 工法2について、電気防食、有機被覆防食+閉鎖及び電気防食+有機被覆防食+閉鎖のコスト比の経年変化を図5に示す(減価率3%)。図5に示すように、工法2のPW比は(電気防食+有機被覆防食+閉鎖)のPW比で表される。このことから、工法1, 3の比較は、電気防食(10年)のPW比は一定であるので、被覆防食工法のコスト比較で代行できる。

(3) 工法1, 2, 3, 4, 4'のPW比を表4に示す。表4では、減価率3%と8%ともPW比は工法1<工法2である。すなわち、PW比は有機被覆防食<有機被覆防食+閉鎖である。この結果、工法2の経済性を改善するには施設の閉鎖コスト比をできるだけ小さくすることが望まれる。

(4) 工法3と工法4でも(3)と同じことが言える。すなわち、減価率3%、8%ともPW比は無機被覆防食<無機被覆防食+閉鎖である。この結果、工法4の適用には閉鎖コスト比をできるだけ減少することが望まれる。

(5) 工法1と工法3を比較すると、減価率3, 8%ともPW比は工法1<工法3である。

(6) 工法2と工法4を比較すると、減価率3%ではPW比は工法2>工法4であるが、減価率8%ではPW比は工法2<工法4である。このことから、有機被覆防食+閉鎖と無機被覆防食+閉鎖のPW比差は閉鎖コスト比の大小に敏感であることが伺える。例えば、無機被覆防食の閉鎖コスト比5.1を有機被覆防食の閉鎖コスト比の3.5とするケースを工法4'とする。表4に示すように、減価率3, 8%ともPW比は工法4>工法4'である。

(7) 工法1~工法4による防食コスト比の経時変化を図6(減価率3%)、図7(減価率8%)に示す。被覆防食工法を適用する時施設の閉鎖が避けられないと仮定すると、B(有機被覆防食+閉鎖)かD(無機被覆防食+閉

表4 防食工法1, 2, 3, 4, 4'のPW比

減価率 (%)	PW比				
	工法1	工法2	工法3	工法4	工法4'
	有機被覆防食 電気防食	有機被覆防食* 電気防食	無機被覆防食 電気防食	無機被覆防食* 電気防食	無機被覆防食* 電気防食
3	9.75	12.76	10.44	12.54	11.88
8	6.25	7.16	7.45	7.95	7.79

* 閉鎖あり

図6 被覆防食工法の比較 (減価率 3%)

A: 有機, B: 有機+閉鎖, C: 無機, D: 無機+閉鎖

図7 被覆防食工法の比較 (減価率 8%)

A: 有機, B: 有機+閉鎖, C: 無機, D: 無機+閉鎖

鎖)の選択になる。設定した閉鎖コスト比では、減価率 3%では B (有機被覆防食+閉鎖)>D (無機被覆防食+閉鎖)であるが、両者の差はあまりないので閉鎖コスト比の差が評価に影響する。一方、減価率 8%では B (有機被覆防食+閉鎖)<D (無機被覆防食+閉鎖)であるので、設定した閉鎖コスト比では B (有機被覆防食+閉鎖)の方が経済的である。

4. PW 法適用時の留意事項

ここでは PW 法を適用するに当たっての留意事項を 2, 3 補足する。

4.1 防食管理

新設の港湾構造物では原則として初期から防食工法を適用する。すなわち、海面上に被覆防食を、海面下に電気防食を適用して腐食による損傷を防ぐ。既設構造物では、調査点検の結果、損傷程度に応じて防食補修、補強、改造が行われる。コストは防食補修<補強<改造の順に大きい。例えば、カムサール港鉄石棧橋の建設コストは \$12 M ~ \$18 M (≒10~15 億円)である。所定の防食補修効果を期待するには防食管理を行う必要がある。新設港湾構造物では初期から防食管理を行い、既設構造物では損傷の点検・防食補修後、防食→補強→改造の進行を防食の段階にとどめるように防食管理をすることが肝要である。以上のように、防食管理は新設及び既設の港湾構造物の LCM では不可欠である。なお、港湾構造物の LCM では、防食管理も PW 算出のキャッシ

ュフローに含まれる項目であるから、できるだけ施設の閉鎖コストの小さい管理手法が望ましい。

4.2 データベース

PW 法を適用するには、キャッシュフローデータが必要である。従来、構造物の腐食調査を実施して腐食・防食・補修に関する実作業の詳細データは多く収集されている。しかし、コストデータに関しては極めて乏しい現状であるので、関係項目の入札データを収集する必要がある。また、PW 法の適用では、キャッシュフローデータの他、防食工法についての防食効果及び耐久寿命に関するデータを LCM の観点から整備する必要がある。

4.3 その他

PW 法は有効な経済評価法であるが、このためにはインプットが現実的であり、アウトプットが適正な技術判断で処理される必要がある。これには港湾構造物の腐食、防食および LCM の知識が必要である。また、港湾構造物への LCM 適用には管理者・構造技術者・防食技術者など関係者の協力が必要であるが、特に、防食技術者の役割は大きい。

5. 結 論

以上の検討から、次のことがいえる。

(1) 減価係数の経時変化曲線⁵⁾から、補修オプションの PW を小さくするには初期コストを削減してメンテナンスコストを増加する案が想定される。カムサール港の例では、初期(建設)コストを下げたオプションはメンテナンスコスト、特に閉鎖コストの増加のため経済性が劣る。

(2) 防食工法の評価例では、初期(防食)コスト比がオプション 1<オプション 2 であっても、閉鎖コスト比の小さいメンテナンス工法や防食材の耐久寿命延長などの工夫によって PW 比はオプション 1>オプション 2 となる。

(3) (1)と(2)から、PW 法を港湾構造物に適用する時、初期コストとメンテナンスコストのバランスを技術とコストの両面から検討することが必要である。

(4) 海中鋼管杭のモデルケースでは、海中部に適用される電気防食のコスト比に比べて海面上に適用される被覆防食のコスト比のウェイトが大きい。3章の防食工法 2 では、電気防食が 25%、有機被覆防食+閉鎖が 75%を占める。

(5) (4)の(被覆防食+閉鎖+電気防食)の複合防食工法の比較では、閉鎖コスト比が小さい工法が経済的である。

(6) PW 法の適用では、LCM データベース(コスト、管理、防食効果)の整備及び現在価値法による算出結果に対する適切な技術判断が必要である。

謝 辞

最後に、WG31 資料の使用を承認された国際航路協会(PIANC)ならびにカムサール港補修資料を WG31 に提出された英国委員、故 Dr. Ronald West に感謝します。

参 考 文 献

- 1) K. Zen, *Boshoku Gijutsu* (presently *Zairyo-to-Kankyo*), **34**, 184 (1985).
 - 2) K. Zen, *Zairyo-to-Kankyo*, **52**, 574 (2003).
 - 3) PIANC PTC-II WG31, Life cycle management of port structures — General principles, International Navigation Association, Supplement to Bulletin, no.99, pp.1-47 (1998).
 - 4) K. Zen, *Zairyo-to-Kankyo*, **56**, 505 (2007).
 - 5) K. Zen, *Zairyo-to-Kankyo*, **59**, 448 (2010).
- (2011 年 5 月 9 日受理)

要 旨

腐食調査の結果、港湾鋼構造物は飛沫帯腐食と海水面下の集中腐食によって損傷する。腐食損傷によって強度が減少し、極端な場合、倒壊や全面閉鎖を伴う予期しない高価なメンテナンスを招く。有機または無機被覆法が飛沫帯に、電気防食が海水面下に適用される。

PW 法を適用する時、初期建設コストを小さくしてその後のメンテナンス（補修＋閉鎖）コストを増加させる案がある。この案では、予期しないメンテナンスコストの増加と安全性低下のリスクがある。メンテナンスに閉鎖が含まれる時、閉鎖コストは補修コストより大きくメンテナンスコストの減価計算を支配する。PW 法の適用に際して技術と経済の面から初期コストとメンテナンス（補修＋閉鎖）コスト間のバランスを検討する必要がある。

本報は、2 章初期コストとメンテナンスコストのバランス、3 章鋼管杭モデルへの PW 法の適用、4 章 PW 法適用時の問題点を考察する。

キーワード PW 法, PW 係数, 建設コスト, メンテナンスコスト, 閉鎖コスト, 撤去コスト, 腐食損傷, 減価率