

Point

最適な高潮対策工法を選定するためには、複合的な視点(防護、利用、環境等)から総合的に判断する必要があります。これまでは、特に人間の感性に依存する指標(海岸の利用、環境等)については定量的な評価が困難でしたが、階層分析法を用いることにより客観的かつ定量的に評価できるようになりました。

# 階層分析法を用いた高潮対策工法の選定手法の開発

建設統括本部 沿岸・海岸事業部 海岸部 玉田 崇

※本研究は、京都大学防災研究所 沿岸災害研究分野(間瀬肇教授、安田誠宏助教)との共同研究の成果の一部です。

## はじめに

背後地に浸水・越波災害の危険性がある場合には、高潮防護対策が必要とされます。高潮対策工法は、堤防・護岸から沖合施設まで多岐にわたることから、高潮防護施設の設計では、防護、利用、環境等の複合的な視点から総合的に判断し、最適工法を選定します。しかし、従来の選定手法では、海岸の利用や環境等の人間の感性に依存する指標を定量的に評価することが困難でした。

そこで、意思決定支援システムを用いた客観的かつ定量的な高潮対策工法の選定手法を開発し、実海岸に適用しその有用性を検討しました。

## 階層分析法(AHP)を用いた高潮対策工法の選定手法

意思決定支援システムとは、意思決定(複数の選択肢から多様な価値を判断して一つの選択肢を選ぶこと)をシステム化したものであり、そのひとつに階層分析法(AHP: Analytic Hierarchy Process)があります。AHPは多基準の選択問題に対して、階層構造に整理し、各階層における要素同士の相対的な重要度を体系的に導き出し、総合的に評価することで最適な選択ができます。

そのため、高潮対策工法のように多岐にわたる工法が存在し、また、防護、利用、環境等の共通の尺度を持たない評価基準の比較を行う場合に非常に有効な手法です。そこで、AHPによる高潮対策工法の選定手法を構築しました。AHPの手順を図1に示します。

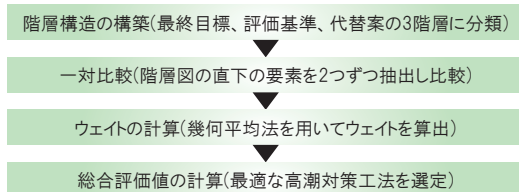


図1 AHPの手順

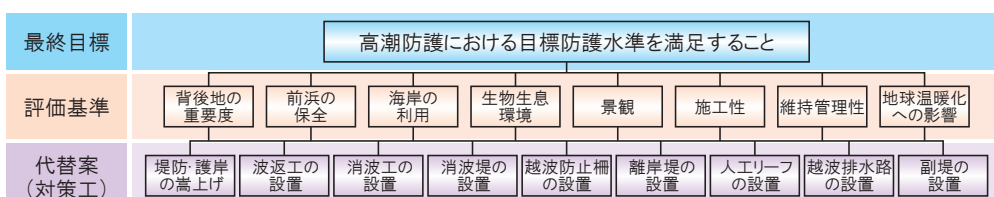


図2 高潮防護についての階層構造

<階層構造設定の留意事項>  
 ・基準は互いにほぼ独立でなければならない  
 ・各基準が二重の意味・方向性を持つてはならない

まず、高潮防護対策について3階層(最終目標、評価基準、代替案)に分類し、階層構造を構築します(図2)。最終目標は、高潮防護の目標水準を満足することであり、評価基準は代替案の選択基準となるもの、代替案は最終目標を達成するために必要な項目です。

次に、一対比較により評価基準のウェイト(重要度)を計算し、総合評価点より最適な代替案を選出します。一対比較とは、直下の要素(代替案or評価基準)を2つずつ抽出し、直上の基準(評価基準or最終目標)からみて、どちらの要素が重要か、あるいは有意かを比較・評価することをいいます。

ここでは、評価基準(8項目)の一対比較は28通りの組み合わせとなります。代替案(9項目)の一対比較は36通りの組み合わせとなり、これらの組み合わせを8つの評価基準に照らし合わせて一対比較を実施するため、288通りの組み合わせ(36×8)となります。

そこで、本選定手法では実務への適用にあたり、実務者の負担を軽減するため、一対比較での計算を大幅に簡略化する方法を開発しました。本選定手法を用いた適用例を以下に示します。

## 現地海岸での適用例

### (1)検討手順

地形・外力特性の異なる現地6海岸(A～F海岸)を対象に、開発した手法を用いて最適な高潮対策工法の選定を行い、従来の選定手法との比較を行いました。図3に検討手順を示します。なお、従来の選定手法とは、複数の高潮対策工法を、防護、利用、環境等の観点から定性的に整理した結果を踏まえて、経済性や施工性より比較・評価する手法をいいます。ここでは、日本海側に位置するA海岸における適用事例を紹介しします。

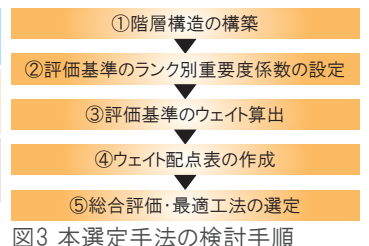


図3 本選定手法の検討手順

①階層構造の構築

図2に示すとおり、階層構造を構築します。

②評価基準のランク別重要度係数の設定

対象海岸について、8つの評価基準ごとの設問に対する回答結果により、4つのランクに振り分けます。表1は評価基準ごとの各ランクに対する重要度係数を示しています。なお、この重要度係数は現地海岸に合うように調整して得られた結果であり、個々の海岸の地形・外力特性等の地域特性には左右されません。

A海岸における評価基準毎のランクおよび重要度係数を表2に示します。A海岸の背後地には住宅密集地が隣接し、海水浴場としての利用があるため、「背後地の重要度」、「前浜の保全」、「海岸の利用」、「景観」の重要度係数が高くなります。

表1 評価基準毎ランク別重要度係数 表2 重要度係数(A海岸)

No.	評価基準	ランク			
		I	II	III	IV
1	背後地の重要度	1.00	1.00	1.00	1.00
2	前浜の保全	0.40	0.20	0.10	0.01
3	海岸の利用	0.30	0.10	0.05	0.01
4	生物息環境	0.40	0.30	0.20	0.01
5	景観	0.80	0.50	0.30	0.01
6	施工性	0.50	0.40	0.20	0.01
7	維持管理性	0.50	0.40	0.20	0.01
8	地球温暖化への影響	0.20	0.10	0.05	0.01

No.	A海岸	
	ランク	重要度係数
1	I	1.00
2	I	0.40
3	I	0.30
4	IV	0.01
5	II	0.50
6	II	0.40
7	II	0.40
8	IV	0.01

③評価基準のウェイト算出

②のランク別重要度係数をもとに評価基準の一对比較(28通り)を実施し、ウェイトを算出しました(表3:[ア])。

④ウェイト配点表の作成

③のウェイト[ア]を代替案(対策工)の重みづけにしたがって配点しウェイト配点表(表3:[イ])を作成しました。なお、重みづけは、あらかじめ評価基準ごとに現地での制約条件(越波許容の可否、沖合対策の可否、希少生物の有無)を加味して設定しています。

⑤総合評価・最適工法の選定

④の配点[イ]を合計し代替案(対策工)の総合評価(表3:[ウ])とし、これをもとに順位を設定しました(表3:[エ])。その結果、A海岸の最適工法として「離岸堤の設置」が選定されました。

表3 代替案(対策工)ごとのウェイト配点表、総合評価の検討結果例(A海岸)

評価基準	背後地の重要度	前浜の保全	海岸の利用	生物息環境	景観	施工性	維持管理性	地球温暖化への影響	総合評価	順位	
[ア] 評価基準のウェイト	0.45105	0.18043	0.13532	0.00041	0.08938	0.07152	0.07152	0.00038	(1.00000)		
代替案(対策工)	堤防・護岸の嵩上げ	0.00001	0.02123	0.01230	0.00005	0.00186	0.00477	0.01341	0.00004	0.05367	9
	波返工の設置	0.06264	0.00708	0.01230	0.00002	0.01117	0.00318	0.01341	0.00004	0.10984	5
	消波工の設置	0.10022	0.00354	0.00000	0.00001	0.00745	0.01271	0.00745	0.00004	0.13143	4
	消波堤の設置	0.10022	0.02476	0.00000	0.00005	0.00559	0.01113	0.00596	0.00008	0.14779	3
	越波防止柵の設置	0.00001	0.02123	0.01538	0.00005	0.00931	0.01430	0.00298	0.00001	0.06326	8
	離岸堤の設置	0.11275	0.03184	0.02768	0.00006	0.00372	0.00954	0.00447	0.00008	0.19014	1
	人工リーフの設置	0.07517	0.02830	0.02460	0.00007	0.01676	0.00636	0.00149	0.00001	0.15276	2
	越波排水路の設置	0.00001	0.02123	0.02153	0.00005	0.01676	0.00795	0.00894	0.00004	0.07650	6
副堤の設置	0.00001	0.02123	0.02153	0.00005	0.01676	0.00159	0.01341	0.00004	0.07461	7	

[イ]

[ウ]

[エ]

(2)AHPによる選定手法と従来の選定手法との比較結果

図4に工法の選定順位の比較結果を示します。順位が最も高いものが最適工法であり、順位が低いほど現地に適用しにくい工法であることを意味しています。

従来の選定手法と本選定手法を比較すると、最適工法を含む上位5工法は一致し、他の5海岸(B~F海岸)でも同様の傾向が得られました。経験にもとづく従来の選定手法により選定してきた工法は、客観性には欠けるものの、概ね地域特性を踏まえた最適工法であることがわかりました。

本選定手法を用いることで、個々の実務者の主観に頼らない客観的かつ定量的な評価にもとづく高潮対策工法を選定することが可能となります。

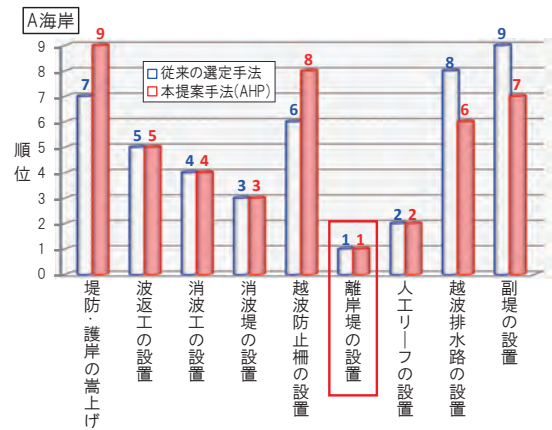


図4 本選定手法(AHPを用いた選定手法)と従来の選定手法による対策工法選定順位の比較結果例

おわりに

本選定手法により、計算が大幅に簡略化され(AHPによる一对比較は評価基準の28通りのみ)、実務において客観的かつ定量的な評価が容易にできるようになりました。

わが国の海岸堤防・護岸の多くは昭和30年代後半に建設され、築50年を超えて老朽化が進行しています。今後は、老朽化の著しい海岸堤防・護岸の補修・改築において、本選定手法の活用を図っていきます。