

I-274

ライフタイムコストを考慮した
海岸構造物の設計法

(財)電力中央研究所 正員 鹿島遼一 島田真行
鹿島建設(株) 正員 奥津一夫 山本正明
五洋建設(株) 正員 藤林 均 今泉正次

1. はじめに

海岸構造物は建設される環境の激しさのため損傷を受ける例が多い。海洋構造物特有の外力である波力を考えると、ある波浪条件を設定して構造物を設計しても、構造物がそれを越える大波に遭遇しないという保証はなく設計波浪以上の波により損傷を受ける場合もある。又、損傷を受けないように設計波浪条件を厳しくすると構造物の建設費が非常に高いものになる恐れがある。そこで、構造物が必要機能を保持していれば一時的にはある程度の損傷を許してもよいとの設計思想が考えられる。本報では、損傷とその補修を前提とし、経済性と安全性の両方を考慮した設計法を提案する。

2. 基本的考え方

提案する設計法は、構造物の耐用期間を設定した上で、耐用期間中に起こりうる作用外力とそれに伴い生じる損傷を確率的にとらえ、復旧・補修を前提にすることにより構造物の総費用CT(初期建設費、補修費用、構造物の機能低下に伴う損失の合計)の低減を図るものである。図-1に設計法の概念を示す。構造物が耐用期間中に遭遇する異常な作用外力により損傷を受けても構造物の必要最低限の機能レベルは確保するように設計する。このとき、耐用期間中に発生すると予想される総費用が最小となる設計を最適設計であるとする。耐用期間中に必要となる総費用には期待費用(Expected Cost)の概念を導入し最適化には期待総費用最小化規準を用いる。期待総費用(ECT)は次式で定義する。

$$ECT = EC_1 + EC_2 + EC_3 \quad (1) \quad \text{ここに } EC_1 : \text{建設費} \quad EC_2 : \text{補修費}$$

$$EC_1 = CI \times \frac{r(1+r)^T}{(1+r)^T - 1}$$

$$EC_2 = \left[\sum_{\text{レベル}i} n \cdot CM(i) \cdot p(i, n) \right] \times \frac{1}{T} \sum_{k=1}^T (1+s)^k$$

$$EC_3 = \left[\sum_{\text{レベル}i} n \cdot CD(i) \cdot p(i, n) \right] \times \frac{1}{T} \sum_{k=1}^T (1+s)^k$$

CI: 初期建設費, レベルi: 損傷程度, T: 耐用年数

CM(i): レベルiの損傷を受けた時の補修費用

CD(i): レベルiの損傷を受けた時の機能低下による損失

n: レベルiの損傷を受ける回数

p(i, n): レベルiの損傷をn回受ける確率

r: 年利率, s: 物価上昇率

3. 提案した設計法の手順と特徴

図-2に設計フローを示す。従来の設計では波浪条件を1つの確定値として与えるのに対して提案する設計法では波浪条件を確率変数として取扱う。ある値以上の高波に対しては構造物の必要機能を満す範囲で損傷を許し最適断面を決定する。そのため、従来の設計法に比して次の特徴がある。

- ① 耐用期間中に発生する総費用を最小にすることにより設計の合理化が出来る。

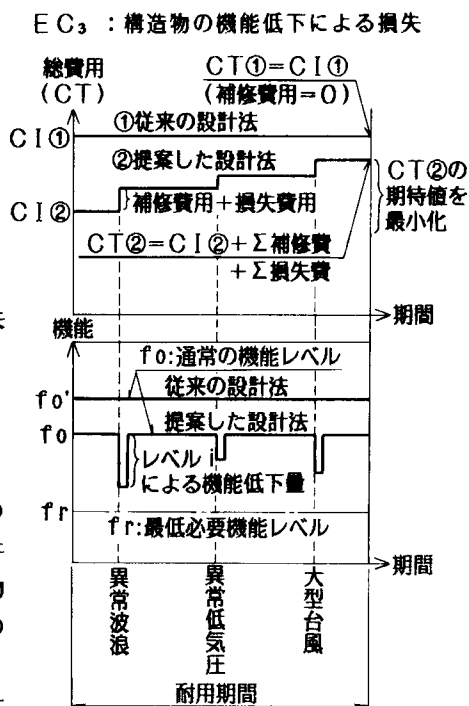


図-1 提案した設計法の概念

- ② 再現期間の短い波浪から長い波浪まで幅広い波浪に対して構造物の損傷量と補修費用を検討するので、耐用期間中に遭遇する可能性があるすべての波浪に対して構造物の安全性あるいは損傷程度を把握することが出来る。
- ③ 耐用期間中に遭遇するだろう最大波浪により損傷した場合、対象構造物が本来有すべき機能が確保できるかどうか考慮した上で構造を決定することが出来る。

4. 事例研究

捨石式防波堤を対象とした事例研究を行い、実構造物に対する適用性を検討した。検討は太平洋沿岸にモデル地点を想定し、耐用期間を20年として実施した。損傷モードは波浪による消波ブロックの散乱のみを考え、損傷の検討は断面のみで行い平面的な効果は考慮しない。図-3に期待総費用の計算結果を示す。期待総費用は(1)式に基づき計算する（ただし、本検討では、機能低下による損失（ EC_3 ）ならびに年利率・物価上昇率は考慮しない）。期待総費用は設計確率年が20年のとき最小となる。このとき耐用期間中に遭遇する最大波浪に対して損傷率は10%以下であり防波堤の機能は十分確保されると判断し、この断面形状を最適断面と考える。図-4は提案した設計法による断面と従来の設計法による断面の比較を示す。従来の設計の設計波浪の再現期間は耐用期間の2.5倍の50年とした。従来の設計に比して20%～25%のコストダウンが図れる。

5. あとがき

異常波浪時にある程度の損傷とその補修を許容する設計法を提案した。捨石式防波堤を対象とした事例研究の結果、この設計法は実際の問題に適用可能であるとの見通しを得た。今後は他形式の防波堤や海岸構造物に対する適用性を探ることが必要と考える。なお、本研究は電力中央研究所、鹿島建設、五洋建設による「海岸構造物新設計法検討会」により実施されたものである。

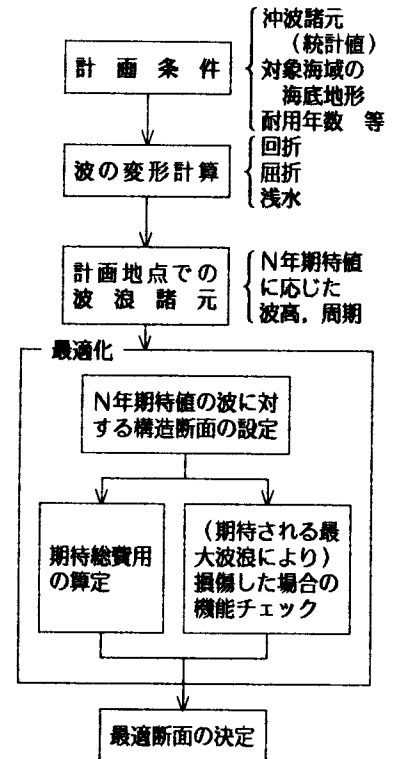


図-2 提案した設計フロー図

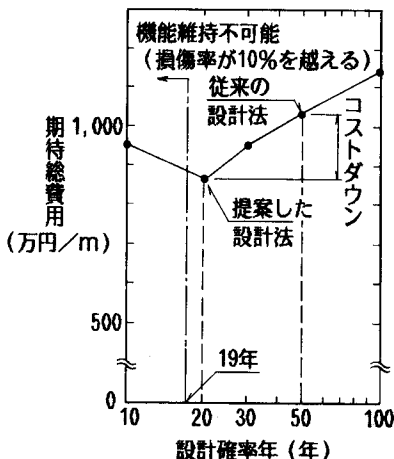


図-3 設計確率年と期待総費用

	概略図	費用	
		初期建設費	期待総費用
新しい設計法		0.75	0.80
従来の設計法		1.0	1.0

図-4 新しい設計法と従来の設計法の設計断面の比較