

設計震度における重要度係数の決定方法に関する一考察

九州大学 工学部

建設都市工学科

学生会員 野津 隆太

九州大学 大学院工学研究科

建設システム工学専攻

正会員 善 功企

1. はじめに

港湾施設における設計震度(K_h)は、 K_h =地域別震度(K_p)×地盤種別係数(GF)×重要度係数(IF)で求められる。 K_h における重要度係数は、おおよその決定手法は示されているものの、地域別震度および地盤種別係数に比較してその決定手法が必ずしも明確ではなく、その値は設計者の判断に任されている場合が多く、誰が決定しても同じ値になるとは限らない。

そこで、構造物を安全かつ合理的に設計することを目的に、技術的意味合いと経済効果などのソフト的意味合いを考慮し重要度係数の決定手法について考察を加えた。

2. 研究方法

設計震度が大きいほど建設コストは上昇し、逆に地震被災は減少する。過去の地震被災例に基づいた統計的手法により、建設コスト(I_c) および被災額(C_t)はそれぞれ、設計震度の関数により $\{I_c = f_1(K_h)\}$ 、 $\{C_t = f_2(K_h)\}$ で表される。

このようにして求めた建設コストと、被災額の合計をトータルコスト(T)とすると $\{T = I_c + C_t = f(K_h)\}$ となる。 K_p , GFは建設地点が決まれば構造物の重要性にかかわらず決定されるので、その地点での設計震度は重要度係数のみの関数といえる。このトータルコスト(T)が、最小となる値(トータルコストミニマム)を重要度係数(IF)の最適値とした。

3. 研究条件

本研究においては、港湾構造物である重力式ケーソン岸壁にポイントを絞り研究を行った。事例解析の対象とした岸壁は、水深-12,-13,-14mのコンテナバース 20 バースである。被災額の中には施設復旧費のほか、種々の経済・社会被害がある。本研究では被災額は構造物の復旧費と、周辺へ与える影響を考慮せず港湾所有者の直接被る被災額(港湾使用料および貨物取り扱いによる利益への被害)のみを考慮することとした。

4. 理論的背景

最適な重要度係数を導出するのに必要な理論的背景を以下の表1に示す。

表1 ; 理論的背景

・建設コスト: $I_c = f_1(K_h) = f_1(IF)$ ・被災変形率: $R = a \cdot F + b$ - 危険度: $F = K_p / K_h = g(IF)$ - 作用震度: $K_c = \alpha / g \quad (\alpha \leq 200 g a l)$ $= 1/3 (\alpha / g)^{1/3} \quad (\alpha > 200 g a l)$ ・復旧費: $C = s \cdot R + t$ または 復旧額率: $C_t = s' \cdot F + t'$ ・期待加速度の確率密度関数: $f_m(X_m)$ ・期待変形率: $P_R = \int_0^\infty R(x) \cdot f_m(X_m) dx$ ・期待復旧額: $P_C = s \cdot P_R + t$ または、$= \int_0^\infty C(x) \cdot f_m(X_m) dx$ ・経済被災額: $E_d = \{M \cdot (1 - U_r) \cdot R_t + E'\} / L$ ・総被災額: $C_t = P_C + E_d$ ・トータルコスト: $T = C_t + I_c$ $T(IF) = \{I_c + \int_0^\infty R(x) \cdot f_m(X_m) dx + t\} + \{M \cdot (1 - U_r) \cdot R_t + E'\} / L + f(IF)$	ここに、 被災変形率: 対象岸壁の最大はらみ出し量/壁体高さ a, b; 地震被災データより統計的に求める係数 α; 作用加速度, g; 重力加速度 復旧額率: 単位長さ当りの復旧費を、その建設コストで割った値 s, t, s', t'; 地震被災データより統計的に求める係数 $f_m(X_m)$; 極値統計理論により求められる関数^{1) 2)} x; 地震加速度($g a l$), X_m; 第 m 番最大加速度 M; 対象バースの予想利益, L; 対象バース延長 $R_t = v(R)$; 要復旧期間, E'; 補正係数 $U_r = u(R)$; 復旧中利用可能率 (完全使用可能で1とする) である。
---	---

経済被災額の式については、データが不完全なために便宜的に変形率 R の関数形で表した。 U_r については段階的な値、 R_t については、対数関数のようなものになるのではと考えている。 E_d を R の関数とすることで経済被害においてもIFの関数と考えることができる。補正係数 E' は、港湾内における人的被害や、無被害バースの有無による被害率の変化等の不確定要素を表す係数である。

5. 事例解析結果および考察

兵庫県南部沖地震の被害にあった神戸港の事例解析を行った。関係式は、神戸港における 20 のコンテナバースデータから建設費と設計震度の関係(図 1)、地震による変形率と危険度の関係(図 2)、復旧に要した費用と変形率の関係(図 3)を統計によりグラフ化し導出した。図 1 における近似曲線は、村田らの結果³⁾も含めて 2 次近似が適当であると判断されたので 2 次式とした。図 2 における近似曲線については、図中の実線で表すように上部の式²⁾と同様の傾きを持つ直線で近似した。復旧費については、実際のデータ中復旧前後で設計震度の変化があったので、同様の設計震度で復旧したと考えて補正を行った。この補正値が図 3 実線の補正復旧費であり、この関係式を用いることとした。

重要度係数(IF)の解析結果を図 4、図 5 に示す。解析結果の $IF=1.23$ 、 1.25 という値は、実際の神戸港の重要度係数として復旧の際用いられた値($IF=1.2$)に近い値である。神戸港の $K_p=0.15$ 、 $GF=1.0$ をかけると 0.19 となり、神戸港の復旧で用いられた $K_p=0.2$ にほぼ等しい値が得られた。

港湾所有者の経済被害(E_d)に関する項目は、勘案しておらず被害額について過小評価の可能性もある。この部分を考慮すれば、さらに適切な値が得られるものと思われる。本研究では、変形率(R)など被災後の実際の値で解析したためにこの様に近い値が導出されたといえる。実際の設計段階では、このようなデータは得ることはできないので、今回用いた図 1～図 3 のデータを如何に求めるかが今後の課題といえる。

6. おわりに

神戸港の事例解析結果は、重要度係数の値として現実に近い値が導出された。このことは、重要度係数の決定法提案の一步になると考えている。今後は、被災・復旧データの統計、動的解析、経済分析などを用いて残された課題や、考慮できなかった部分を補完しつつ一般化させて行くつもりである。

最後に、本研究にあたり有用な資料の提供をいただいた(財)神戸埠頭公社輪湖理事に深甚の謝辞を表します。

7. 参考文献

- 1) グンベル, E. J.: 極値統計学—極値の理論とその工学的応用, 生産技術センター新社, 1978 年 6 月
- 2) 上部達生: 重力式係船岸の被災量に関する研究, 港湾技研資料 No. 548, 1986 年 6 月
- 3) 村田利治, 柳生忠彦, 内田豊彦: 港湾施設の経済設計に関する二・三の検討, 昭和 55 年度港湾技術研究所公演会公演集, 1980 年 12 月, pp.233~276

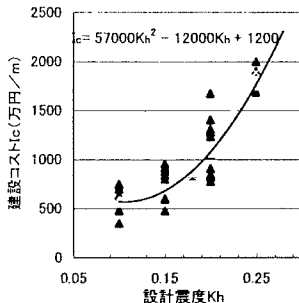


図1 建設コスト $I_c(Kh)$

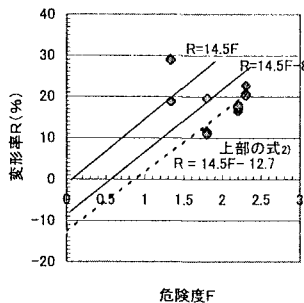


図2 変形率 $R(F)$

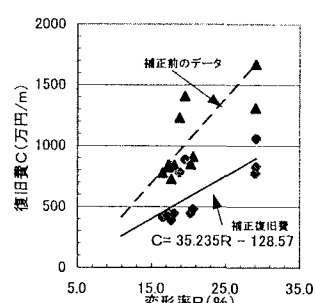


図3 復旧費 $C(R)$

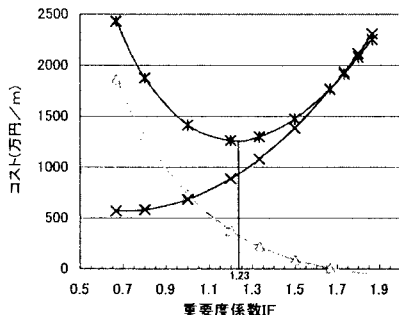


図4 トータルコスト曲線($R=14.5F-8$)

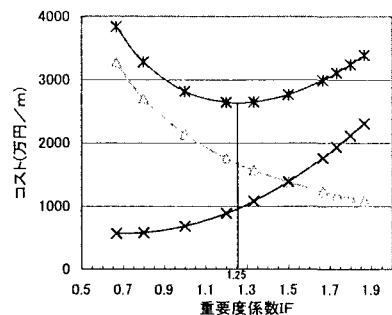


図5 トータルコスト曲線($R=14.5F$)