

清水建設(株) 土木本部 正員 隈元 力
 武蔵工業大学 工学部 正員 星谷 勝
 清水建設(株)大崎研究室 正員 ○ 石井 清

1. まえがき

著者らは、文献1)および2)において仮設および施工中本体構造物(以下、施工中構造物と呼ぶ)が有する特徴を整理し、設計代替案の評価法を提案している。本稿では、この統報として、本評価法を港湾構造物(ドック建設におけるポンプ室の海上・海中工事)の施工計画へ適用して、その有用性を確認する。

2. 評価法の概要

提案した評価法は、施工中構造物の安全性、初期建設費、また事故による期待損失費等を考慮して、施工計画の中で考えられるいくつかの代替案の中から最適案を選び出す方法である^{1),2),3)}。本来、工事の開始から完成に至る間の施工履歴は、事故の有無、事故の発生時期、回数、損傷の程度等により千差万別な内容となりうるが、本法では、施工の段階、事故の回数、損傷レベルの数を限定することにより、施工中構造物の安全度を実用的な範囲で評価可能なものにした。ただし、対象とする事故は、荷重作用による構造力学的な損傷によるもののみとして、安全管理の手落ちによる人身事故等は対象外としている。

3. 解析の対象とした工事の概要

評価の対象としたドック・ポンプ室はドックの注排水を行うための設備を備えた地下3階建てのRC構造物であり、ドック前面の開閉式扉の鉛直戸当たりを兼ねて、右舷渠口部に配置されている(図-1)^{4),5)}。また、通常のドックは仮締切りを構築して、その中で工事が進められるが、当工事の場合には、サイト立地条件や工期・工費との関係から、一重締切りと一部水中施工により構造物を構築するという過去に例のない施工方法が、多くの工法代替案の中から比較の結果として採用されるに至った。施工計画書では、当初、再現期間を経験的に定めて、設計荷重(波高を決める風速)を求め施工中構造物の安全性を照査した。しかし、この方法では本設・仮設構造物を含めた施工中構造物に対する合理的な外力の設定には至らず、本法が適用された。

4. 設計代替案およびパラメータの設定

ポンプ室の施工段階は、構造力学的にみて6つの段階に分けられる(図-2)。施工段階における事故回数は2回までとして、各施工段階における構造物の強度は、主要な損傷モードのうち、耐力が最小となる損傷モードを代表として、損傷の程度を無傷、軽微な損傷(補修により現状復旧)、重大な損傷(崩壊:片付け、撤去後、再建)の3段階に分け、各強度を確定値として与えた。荷重については月毎の最大値分布を用いて季節変動が考慮できるようにしている(工事の開始日は1月4日に設定し、1ヶ月を30日とした)。計算に用いるパラメータの中には、事故に遭った場合の復旧日数や損失費など正確に見積りにくいものも含まれるが、これらのパラメータに対しては、設計及び施工技術者による経験をもとに決めている。評価に先立ち設定された設計代替案を表-1に示す。ここでは、設計風速をパラメータとして、代替案が設定されている。

5. 評価結果

各代替案に対する評価結果を、表-2に示す。表には、施工中構造物が損傷を受けることなく完成する確率 P_s (損傷を受ける確率 P_f)、期待損失費 $E[L]$ 、期待総建設費 C_T 等が示されている。結果として、 U_{10} (添字が設計風速の値を示す)の期待総建設費は他の代替案と比べて非常に大きく、代替案 $U_{15} \sim U_{25}$ に対する期待総建設費が小さいことがわかる(図-3)。また、期待損失費 $E[L]$ と建設工事費 C_I との比を求めると、 U_{15} で4%、 U_{20} で0.7%、 U_{25} で0.1%になっており、工事保険の料率(0.3~0.4%)と比較すると U_{15} の値は1桁大きいことがわかる。さらに、事故が発生したとの条件付きの損失日数 $E[T^*|Fail]$ は、 U_{20} と U_{25} でほとんど差はないが、 U_{20} によれば工事日数自体が1週間ほど短くなる。これらの判断より、当工事では、 U_{20} を最適案(実施案)として選定し、工事を実施することにした。

6. まとめ

本評価法を実際の施工計画に適用してみた。設計風速をパラメータとする設計代替案を評価した結果、従来、その設定に十分な根拠をもたなかった設計風速も含めて、最適案を決定することができた。

参考文献 1) 隈元, 星谷, 石井: 施工中構造物の最適設計に関する考え方, 土木学会第40回年次大会, I部門, 1985. 2) 隈元, 星谷, 石井: 施工中構造物の最適設計に関する研究, 土木学会第41回年次大会, I部門, 1986. 3) 隈元, 星谷, 石井: 施工中構造物の設計代替案の確率論的評価法, 土木学会論文報告集(第6部門)投稿中, 1987.1. 4) 照井 克明他: 三菱重工業(株)横浜製作所3号ドック建設工事, 土木施工, 1985.5. 5) 加治左近: 仮締切りなしに海上海中施工・本牧工場3号ドック建設工事について, 清水建設土木クォーターリー, No.69, 1985.12.

図-2 ポンプ室施工手順

合計工事日数 365日

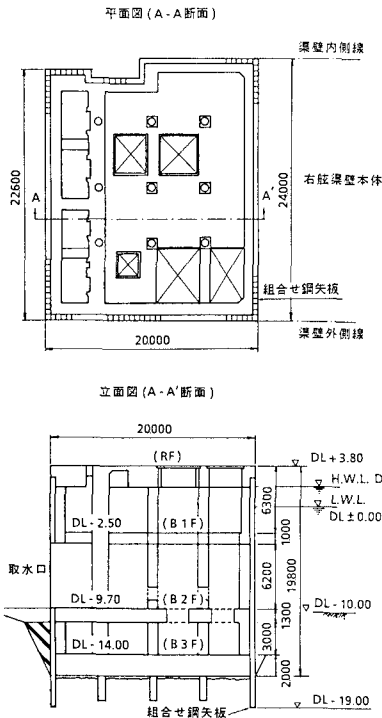


図-1 ポンプ室外形寸法

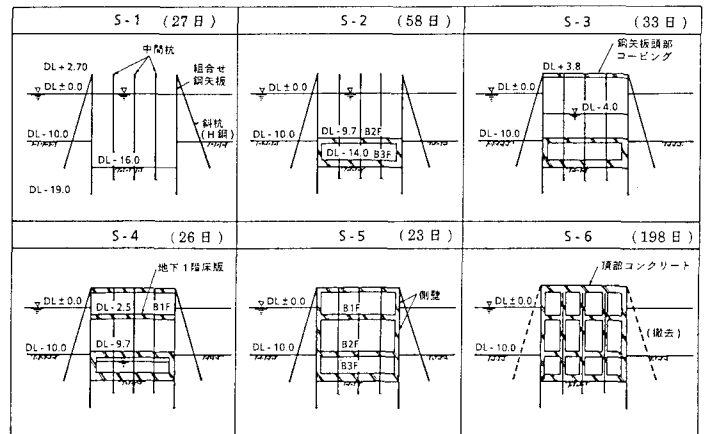


表-1 設計代替案(設計風速をパラメータとする)

	U ₁₀	U ₁₅	U ₂₀	U ₂₅	U ₃₀	U ₃₅
設計風速	10 m/s	15 m/s	20 m/s	25 m/s	30 m/s	35 m/s
使用鋼矢板	III + III	IIIA + IIIA	III + IV	III + IV	IVA + IVA	IVA + IVA
H鋼杭	H-400 × 400 × 13/21 @ 6.0	H-400 × 400 × 13/21 @ 4.0	H-400 × 400 × 13/21 @ 2.5	H-400 × 400 × 13/21 @ 2.0	H-400 × 400 × 13/21 @ 1.5	H-400 × 400 × 13/21 @ 1.3
隅起し	H-400 × 400 × 13/21	H-350 × 350 × 12/19	H-300 × 300 × 10/15	H-300 × 300 × 10/15	H-300 × 300 × 10/15	H-300 × 300 × 10/15
工事日数 T	352 日	355 日	365 日	372 日	379 日	385 日
建設工事費 C	386,375 千円	387,927 千円	401,929 千円	403,593 千円	409,923 千円	410,594 千円

表-2 評価結果

	U ₁₀	U ₁₅	U ₂₀	U ₂₅	U ₃₀	U ₃₅
P_s	0.0114	0.654	0.872	0.9714	0.99827	0.99960
$P_f = 1 - P_s$	0.9886	0.346	0.128	0.0286	0.00173	0.00040
C_I	386,375 千円	387,927 千円	401,929 千円	403,593 千円	409,923 千円	410,594 千円
$E[L]$	127,580 千円	15,825 千円	2,911 千円	607 千円	26 千円	6 千円
C_T	513,955 千円	403,752 千円	404,840 千円	404,600 千円	409,949 千円	410,600 千円
$E[L]/C_I$	0.330	0.0408	0.00724	0.00126	6.34×10^{-5}	1.53×10^{-5}
T	352 日	355 日	365 日	372 日	379 日	385 日
$E[T^*]$	28.2 日 (47.7 日)	3.4 日 (10.2 日)	1.2 日 (7.9 日)	0.26 日 (3.7 日)	0.014 日 (0.43 日)	0.003 日 (0.31 日)
$E[T^* Fail]$	28.5 日 (47.8 日)	9.8 日 (15.4 日)	9.3 日 (20.5 日)	9.0 日 (19.9 日)	8.1 日 (6.3 日)	8.5 日 (13.2 日)

工事開始日: 1月4日

工事の遅延に伴う工事費の増加(日額): 0.3% × 建設工事費

期待総建設費
 C_T (千円)

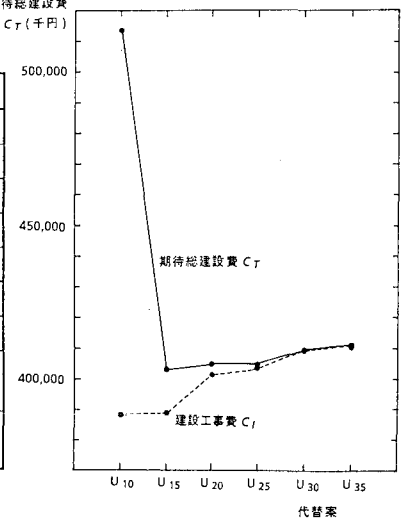


図-3 各代替案と期待総建設費