

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. はじめに

著者らは、文献1)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、最適設計のための基本的な解析モデルを提案した。本稿では、この続報として、施工段階を2、損傷レベルを2とする簡単な例題を通して、計算手順の概要と得られる情報の有用性を示す。

2. 解析例題：施工段階2、損傷レベル2の場合

施工段階 $N=2$ 、損傷レベルの数 $M=2$ とする例題として、次のようにパラメータを設定する。工事期間 $T=180$ 日、初期建設費 $C_i=100$ (単位は無次元とする)、各施工段階の期間と費用を表-1に示す。荷重は風荷重 S として、解析を単純にするために季節変動を無視し、次に示す月最大値の極値分布により与える。

$$F_s(s) = 1 - \exp\{(s-7.5)^{1.25}/9\} \quad (s \text{ の単位は } m/sec) \quad (1)$$

施工中構造物の耐力(強度 R)は、荷重と同じ単位で表せるものとして、表-2に示す値とする。式(1)と表-2の値から、対象とする期間におけるそれぞれの損傷レベルに対応する損傷(発生)確率が算定できる。

さらに、復旧に要する日数 T_{ij} および費用 L_{ij} を表-3のように与える(ここで、添字 i は施工段階を、 j は損傷度(1=軽微, 2=重大)を示す)。軽微な損傷を受けた場合は補修後、次工程に進むものとし、損傷は施工中構造物の破壊(崩壊)を意味するものとして、撤去後、施工段階1から作り直すものとしている。重大な損傷を受ける時期は、各施工段階において特定できないので、復旧に要する日数、費用は各施工段階における平均値として与える。

施工中における事故の有無による組合せを、損傷を受ける回数で2回までとし、さらに損傷の程度を軽微と重大の2つに分けると、解析(履歴)ケースは図-2のように15通りになる。この図を参照して、各解析ケースのそれぞれに対して発生確率、工事の遅延日数、損失工事費が求められる。例えば、解析ケース6の発生確率 P_6 は、施工段階1および2でそれぞれ軽微な損傷を受ける確率の積として、また工事の遅延日数は $T_6^* = T_{11} + T_{21}$ 、損失工事費は $L_6^* = L_{11} + L_{21} + L_p T_6^*$ と与えられる。ここで損失工事費に含まれる $L_p T_6^*$ は工事の遅延に伴う工事の割り増し費(突貫費)であり、以下の計算では $L_p = 0.300$ としている。なお、実際の工事では、工事に遅れがでた場合、遅れを取り戻すように施工計画が変更されるが、発生確率の算定では、この影響を無視して、事故による工事期間のずれのみを考慮している。

この例題について計算された各解析ケースの発生確率、工事の遅延日数、損失工事費を表-4に示す。期待損失費は、初期建設費100に対して、次式から $E[L^*] = 0.166$ と与えられる。

$$E[L^*] = \sum_{k=1}^{15} P_k L_k^* \quad (2)$$

期待総建設費 C_T は、期待損失費 $E[L^*]$ に初期建設費 C_i を加えることにより、100.166となる。また、期待損失日数 $E[T^*]$ は0.177日、標準偏差は1.75日となり、施工中に事故が発生したという条件付きの期待損失日数は4.7日である。

今回検討した例題では、代替案を設定していないが、最適案の選択基準として期待総建設費最小化の原則に基づけば、複数の代替案を作成してそれぞれ期待総建設費を算定し、最小の期待総建設費を与える代替案を最適案として選択することになる。また、解析結果では、損失日数など種々の情報が得られることから、これらの情報も施工計画を作成する際に有用な資料となろう。なお、施工中の事故の発生確率については、社会的に何らかの基準があると考えられる。すなわち、期待総建設費が小さいからといって、極端に危険な仮設は許

されないはずである²⁾。著者らは、この許容基準として、工事損害保険の料率(工事費の0.3~0.4%)が1つの参考値になると考えている。

3. あとがき

簡単な例題であるにも拘らず、計算が複雑であるにとられるかもしれないが、実際の計算にはコンピュータプログラムを用いることができ、パラメータを入力すれば、容易に計算を行うことができる。今後は、実際の施工計画に本方法を適用することにより、適用性について改善を図ってゆきたい。

参考文献 1) 隈元他: 施工中構造物の最適設計に関する考え方, 昭和60年度土木学会大会, I-178. 2) 星谷, 石井: 構造物の信頼性設計法, 鹿島出版, 1986.5.

表-1 各施工段階の工事期間と工事費

施工段階	工事期間	工事費	備考
1	60日	40	日程管理曲線は図-1
2	120日	60	

表-2 施工中構造物の強度

施工段階	軽微な損傷	重大な損傷	備考
1	25	35	単位は m/sec
2	40	50	

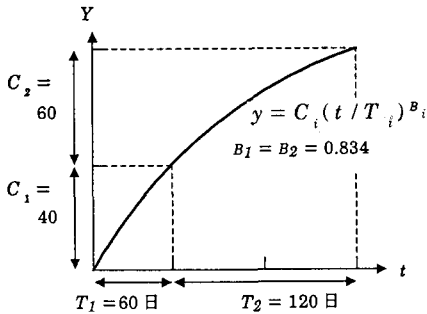


図-1 日程管理曲線

表-3 復旧に要する日数と費用

施工段階	日数(日)		費用**	
	軽微	重大	軽微	重大
1	$T_{11} = 3$	$T_{12} = 36^{*1}$	$L_{11} = 1.8$	$L_{12} = 25.41^{*3}$
2	$T_{21} = 3$	$T_{22} = 126^{*2}$	$L_{21} = 1.8$	$L_{22} = 76.32^{*4}$

** 初期建設費 100 に対して

*1 $T_{12} = 0.5 T_1 + 6$

*2 $T_{22} = T_1 + 0.5 T_2 + 6$

*3 $L_{12} = 1/(1+B_1) C_1 + 3.6$
 $= 0.545 C_1 + 3.6$

*4 $L_{22} = C_1 + 0.545 C_2 + 3.6$

解析ケース No.

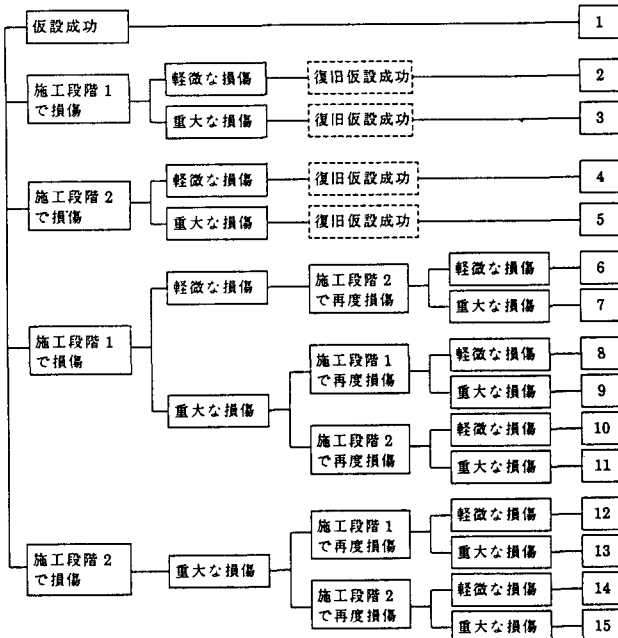


図-2 解析ケース

表-4 各解析ケースの発生確率, 損失日数, 損失工事費

解析ケース	発生確率	損失日数	損失工事費
1	0.96217	0	0.0
2	0.03528	3	2.70
3	0.00176	36	36.21
4	0.00067	3	2.70
5	0.00002	126	114.12
6	0.00002	6	5.40
7	0.82×10^{-6}	129	116.82
8	0.00006	39	38.91
9	0.33×10^{-5}	72	72.42
10	0.12×10^{-5}	39	38.91
11	0.41×10^{-7}	162	150.33
12	0.79×10^{-6}	129	116.82
13	0.41×10^{-7}	162	150.33
14	0.15×10^{-7}	129	116.82
15	0.90×10^{-9}	252	228.23