

VI-1 階層分析（AHP）による施工計画の立案

清水建設(株) 隈 元 力 清水建設(株) 亀 田 均
清水建設(株) 石 井 清 武蔵工業大学 星 谷 勝

1. はじめに 技術者は施工上、定性的判断で物事を決定してゆくことがある。通常、技術者は最小のリスクを基本に意思決定を行う。施工に係わる建設生産管理技術の一部分に階層分析（Analytic Hierachy Process：以下AHPという）を用いた。その目的は最重点管理項目の設定から施工計画上に潜在する基本問題の発見や対策の立案をねらったものである。

2. 工事概要 当工事は栈橋兼防波堤となる海上構造物である。当構造物は港内側に係船・艀装機能と港外側には消波壁を装着して防波機能もたせる形式の組杭式特殊栈橋である。通常栈橋に比べて施工手順数が多い点で施工難度は高い。建設位置は東京湾中央部西端に位置し最大有効フェッチが25kmと大きく、施工中は台風シーズンを施工日程上むかえる等の与条件がある。

3. 工程分析 工事の主要なフローを不具合・リスク分析し（Faults・Risk Analysis 以下F・RA）表に沿って記述した。表-1にF・RAを示す。（ただし、F・RA表は概略図、主要因、対策およびその他割愛）

表-1 F・RA

No	工程モード	不具合・破壊モード
1	海上に法線台を設置し、位置測量、杭打設部基盤深度測量、磁気探査、航行船舶実態調査、危険物撤去を行う。	A 法線台と第三者航行船舶の接触 B 公害（ヘドロ浮上）
2	港外側、消波壁用鋼管杭φ1,100を打設する。	C 杭打船アンカーと第三者航行船舶の接触 D 波による稼働率の低下 B 公害（油脂飛散）
3	中央部、組斜杭φ1,200、クレーン基礎杭・港内側直杭φ800を打設する。	E 杭打設直後から鉄筋コンクリート梁・床版構築までの未完成構造状態において波浪により杭が倒壊する。
4	鉄筋コンクリート梁・床版を打設する。	F 支保工不備による人身事故
5	波返し、消波壁、防舷材、クレーンレール等を装着する。	F 他業種との錯綜による人身事故

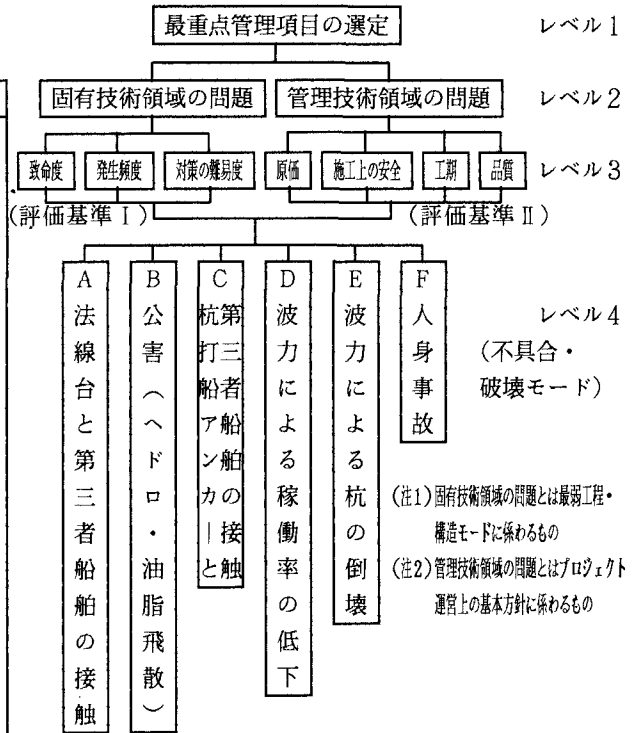


図-1 最重点管理項目の選定階層図

4. 工程分析 表-1 F・RA に示された不具合・破壊モードのA、B、C、D、EおよびF（レベル4）、固有技術上の評価基準 I（レベル3）の致命度・発生頻度・対策の難易度および管理技術上の評価基準 II（レベル3）の原価・施工上の安全・工期・品質から成る階層図を作成（図-1）して、最重点管理項目（レベル1）を選定した。選定手順はAHPに基づき、一対比較の定性評価とした。

レベル3 評価基準 I の場合、致命度は発生頻度と対策の難易度のそれぞれに対して若干重要と考え3と

した。各重要度は行列の固有ベクトルで与えられるが、簡易計算では各行の幾何平均値と合計幾何平均値との比で示される。得られた重要度の採否は、表-2、レベル3-Iの一对比較値および重要度のうち重要度を除く一对比較行列の最大固有値 $\lambda_{\max}$ 、整合度C. I. (Consistency Index) および整合比C. R. (Consistency Ratio)によった。

レベル4の比較は評価基準Iの致命度、発生頻度および対策の難易度ごとに各不具合・破壊モードを一对比較して重要度を求めた（

表-3 致命度に関するレベル4の各不具合・破壊モードの一对比較と重要度

一对比較行列から $\lambda_{\max}$ 、C. I. およびC. R. を求めた。同様な計算を発生頻度および対策の難易度に対して行った。

それぞれのデータを整理（表-4）して固有技術領域の問題に関する総合評価を行った。

工事全体方針の基礎となる原価、施工上の安全、工期および

レベル4 致命度	法線台と第三者船舶の接触	公害(ハドロ浮上・油脂飛散)	抗打船アソカーと第三者船舶の接触	波浪による稼働率の低下	波浪による杭の倒壊	人身事故	重要度
A 法線台と第三者船舶の接触	1	2	1	1/5	1/7	1/7	0.046
B 公害(ハドロ浮上・油脂飛散)	1/2	1	1/3	1/5	1/7	1/7	0.032
C 抗打船アソカーと第三者船舶の接触	1	3	1	1/3	1/7	1/7	0.054
D 波浪による稼働率の低下	5	5	3	1	1/5	1/5	0.130
E 波浪による杭の倒壊	7	7	7	5	1	1/2	0.329
F 人身事故	7	7	7	5	2	1	0.411

$$\lambda_{\max} = 6.435 \quad C. I. = 0.087 \quad C. R. = 0.070$$

表-4 固有技術領域の問題に関する総合評価

不具合・破壊モード	評価基準I 致命度	発生頻度	対策の難易度	総合 評価	順位
A 法線台と第三者船舶の接触	0.046	0.239	0.047	0.072	5
B 公害(ハドロ浮上・油脂飛散)	0.032	0.462	0.028	0.089	4
C 抗打船アソカーと第三者船舶の接触	0.054	0.102	0.047	0.059	6
D 波浪による稼働率の低下	0.130	0.150	0.343	0.193	3
E 波浪による杭の倒壊	0.329	0.024	0.436	0.318	1
F 人身事故	0.411	0.024	0.099	0.271	2

表-5 管理技術領域の問題に関する総合評価

不具合・破壊モード	評価基準II 原価	施工上の安全	工期	品質	総合 評価	順位
A 法線台と第三者船舶の接触	0.046	0.136	0.064	0.086	0.091	4
B 公害(ハドロ浮上・油脂飛散)	0.056	0.080	0.064	0.056	0.067	6
C 抗打船アソカーと第三者船舶の接触	0.046	0.145	0.064	0.064	0.091	4
D 波浪による稼働率の低下	0.204	0.059	0.264	0.169	0.150	3
E 波浪による杭の倒壊	0.356	0.120	0.461	0.454	0.299	2
F 人身事故	0.291	0.459	0.083	0.169	0.301	1

品質の管理対象を評価基準IIとして、同様な手順で計算を行った結果を表-5に示す。(ただし、原価、施工上の安全、工期および品質は互いにほぼ独立事象とみなした。)

5. まとめ 工程分析で表-4に示す通り最弱工程・構造モードは、E. 波浪による杭の倒壊と設定された。一方、工事全体方針上の管理技術の面からは、F. 人身事故と設定された。固有技術領域の問題と管理技術領域の問題の重要度をそれぞれ0.5として、表-4および表-5より最重点管理項目の選定に関する総合評価をした結果が表-6である。この結果、E. 波浪による杭の倒壊が最重点管理項目と設定された。

重点管理項目はパレートの原理からE. 波浪による杭の倒壊・F. 人身事故・D. 波浪による稼働率の低下、となる。その対策はi. これらの管理項目は設計と施工のインターセクション問題であること。ii. 施工中構造物の外力規定は完成構造物との関連において決めてゆく問題であること。iii. 主要な外力となる波圧、風圧は確率統計的に算出すること。iv. 施工計画はi. iiおよびiiiから作業順序、最適作業期間・部位を決めること。等を得た。

参考文献：Thomas L. Saaty, The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill 1980

Thomas L. Saaty & Luis G. Vargas, The Logic of Priorities, Kluwer-Nijhoff Publishing 1982