

東北大学○学員 近 藤 淳 一

東北大学 正員 湯 沢 昭

東北大学 正員 須 田 熙

1. はじめに

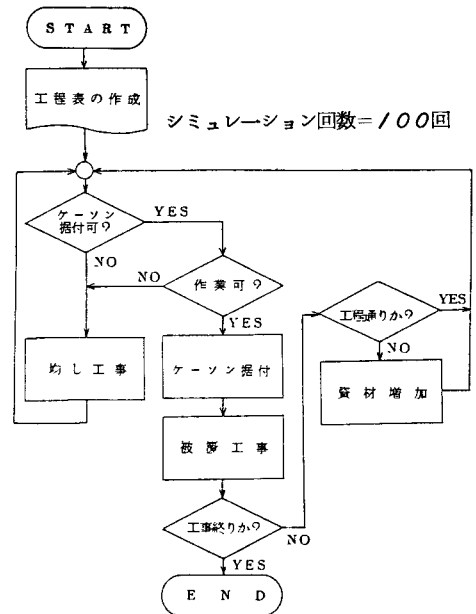
一般に防波堤工事は港湾工事の中でも特に厳しい制約条件のもとで行われることが多い。これは、防波堤が、外郭施設と言われるように直接、波浪の影響を受ける外海か、あるいはしゃへいされていても、これが不十分な場所で工事を行わなければならないことによる。またケーソン据付けのように、その工事過程において、波浪に対して、きわめて抵抗力の弱い状態の期間を持っていることにもよる。

このように波浪が防波堤工事に及ぼす影響は、きわめて大きく、工程計画や管理において的確に波浪をとらえないと、工事の安全性の確保の不確実さは言うまでもなく、工期の遅れを取り戻すために、目先だけの資源投入量の増加だけに頼り、合理的な資源配置が不可能になり、工程管理が困難になる。

本論では、ケーソンの海上工事を均し工事、据付け工事、被覆工事の3つに大きく分類し、基本的にはこの3つの工種は直列的⁽¹⁾に行われる工事であるとして、いくつかの仮定のもとで、モデル的な工事をシミュレーションし、波浪予測した場合の工程と工事の安全性の検討を行なった。

2. モデル工事シミュレーションの概要

- ① 工事は4月1日から10月31日までの工事とし、ケーソン10函を据付けする工事を仮定する。
- ② 工事を基礎工（捨石、荒均し、本均し）、据付け、被覆の3つに分類し、基本的にはこの3つの作業は直列的に進行するものとする。
- ③ 均し工事は捨石などの流失を避けるために、据付けをせずに放置できる均し量をケーソン2函分までとする。
- ④ 均し工事、被覆工事についての波浪予測は修正型重回帰予測を用い、12時間予測を行い、ケーソン据付工事については判別型予測を用い、ケーソン据付時間に対応した連続予測を行う。
- ⑤ 据付可能時期において、ケーソン据付の予測が不可で、均し工事の予測が可の時は、均し工事を③の制約条件内で行い、工期の短縮を図る。
- ⑥ 均し工事と被覆工事は実際工事において、基本的に同一の作業員が行うため、本モデルにおいても均しと被覆を行う作業員総量を一定（3人/組の作業組を12組）とし、均し工事と被覆工事を同時に進行させる場合は⑦により、その総量を12組とし、単独で行う場合は、その作業に全量（12組）を投入するものとする。
- ⑦ 被覆工事はケーソン据付終了のたびに、その直後に行い、この場合均し量が③の制限以下の場合には均し作業も平行して行う。この時ケーソン2函目までの被覆投入量は2組（均し10組）、5函目までは3組（均し7組）、8函目までは4組（均し8組）、10函目までは5組（均し7組）と段階的に変化させるものとする。



* シミュレーションのフローチャート *

- ⑧ ケーソン据付時間は36時間、48時間、60時間を1対2対1の割合で乱数発生させる。また作業の能率として0.8、1.0、1.2を1対2対1の割合で乱数発生させ、1日当り可能作業量に乗ずるものとする。

3. シミュレーションの方法

シミュレーションをするに先だち、可能作業量を月別の稼働率（過去6年間の波高データより算出）を使って表わし、基本となる工程表を作成する。この工程表を工程のベースとする。（以下、基本工程と呼ぶ）シミュレーションは以下の2通りの条件について行うものとする。

① 波浪予測をした場合（CASE1）

作業可能と判断する条件が、均し、被覆の場合は作業予定日の午後4時の予測値が作業可能波高基準値以下で、かつ午前8時の実測値が基準値以下であり、据付の場合は作業開始予定日の午前8時の実測値が基準値以下で、かつ据付時間の連続予測が基準値以下である。

② 波浪予測をしない場合（CASE2）

作業可能と判断する条件が、均し、被覆、据付共に、作業予定日の午前8時の実測値が基準値以下である。

②の場合については現在、多くの現場で行われている作業開始判断の方法とはほぼ同一のものと考えられる。このシミュレーションにおいては①②の場合について、工期および実際は作業可能であったのに不可能と判断してしまった回数（以下、損失と呼ぶ）と、その逆に工事可能と判断して、実際は基準波高以上の波が起る回数（以下、危険と呼ぶ）について評価する。損失についてはその回数をカウントし、危険は実測波高データより波高分布を作り、それによって表わすものとする。

4 結果と分析

① 工期について考えると、予測を導入したCASE1についても稼働率による基本工程の工期よりも短縮できることがわかった。

② 損失は予測をしないCASE2よりも予測をするCASE1の方が、1回のシミュレーションにつき、1回程度多くなるが、危険については特に据付の場合、100回のシミュレーションで2m以上の波の起る頻度はCASE1については0回であるのに対してCASE2については120回も現われる。

ケーソン据付は周知の通り、据付作業の途中、高波などによる作業中断があると据付けたケーソンが動いたり、中詰め材料が越波により流失したりする手戻りが発生する。そして一度このような状態になると全体の工程や工費に与える影響は大きい。このようなことを考えると②の結果は重要であり、波浪予測の導入は特にケーソン据付作業において必要であると考えられる。

5. まとめ

本論ではケーソン工事の海上工事について検討しているが、本来は陸上工事と平行して行われるものである。陸上工事は気象に影響されることが少ないことから、ほぼ計画通りに進むが、海上工事は気象に大きく影響される。従ってこの両者の相互関連が必要となる。もし両者の工程に大きな食違いが生じれば、遅れた海上工事の進捗を待つために陸上の多くの労働力と機械力とを遊ばせることになり、経済的にも工期上でも大きな損失を生じさせることになる。しかし、海上工事の遅れを取り戻すために危険を増大させたり、突貫工事的な作業を行うことは無意味なことである。ケーソン海上工事が海象に大きく左右されるという点で全工事を一体としてシステムチックに進め、さらには工事の安全性確保のために波浪予測の工程管理への導入は今後、大いに進められるべきだと考える。

（参考文献）

- （1） 多変量解析による波浪予測手法の確立とその応用に関する研究 湯沢、室井、須田
（土木計画学研究発表会 NO5、1983）