

Ⅲ-B176

山留め掘削工事における情報化施工の有効性

フジタ 正会員 ○小林範之 フェロー会員 齊藤悦郎

1. はじめに

情報化施工の利用価値は広く認識され、適用する工事も多い。情報化施工の特徴は、事前設計における不確実性を積極的に認めた上で、施工中に得られる計測データから、最適な事後設計を行なうことにある。しかし、一般に建設工事は現場における単品生産であるため、「最適な設計」であったかどうかを判断するのが困難である。このため、情報化施工は「保険」のイメージをもたれる場合が少なくない。

本報告では、非観測施工との比較によって、情報化施工の安全性・経済性における有効性を評価する。評価の方法は、信頼性設計で用いられる期待総費用の考え方をを用い、情報化施工によってどの程度の優位性が現れるかを解析するものである。

2. 期待総費用

2.1 期待総費用の定義

一般的に、安全性を高めようとすればするほど建設費は高くなるため、経済性と安全性の2つの観点から評価し、最善の設計案を採用することになる。最適設計は、費用と安全性の指標である破壊確率を用いた損失関数を用い、評価基準を満足させるように実施される。式(1)、(2)は、損失関数の最も簡単な形のものである。

$$C_T = C_C + C_F \quad (1) \quad C_F = P_F \cdot C_F' \quad (2)$$

ここで、 C_T ：期待総費用、 C_C ：初期建設費、 C_F ：期待破壊損失費、 P_F ：破壊確率、 C_F' ：破壊損失費。

図-6.2に費用と破壊確率の関係を示す。 C_C が大きければ P_F は小さくなり、 C_F は P_F に比例するので、 C_T は下に凸な曲線となる。そのため $C_T \rightarrow \min$ を与える設計案が期待総費用最小の合理的設計であることになり、費用タムで考えた最適設計となる。

2.2 情報化施工による破壊確率

情報化施工を行なうと、初期建設費 C_C に計測管理費 C_M が加算される。したがって情報化施工を行なう場合、事前設計における期待総費用は式(3)のようになる。

$$C_T = C_C + C_M + P_F \cdot C_F' \quad (3)$$

ここで、 C_M ：計測管理費（計測費、解析費など）。

P_F は事前設計における不確実性に応じて決定する値であり、式(3)の中で式(1)と同様の P_F を用いれば計測管理費 C_M 分がコストアップとなる。

一方、情報化施工における施工中の情報は、実際に近い破壊確率 P_{FP} を与える。つまり、式(3)は、次のように書き換えられる。

$$C_T = C_C + C_M + P_{FP} \cdot C_F' \quad (4)$$

ここで、 P_{FP} ：情報化施工による破壊確率

2.3 情報化施工による安全管理

山留め掘削工事のような段階施工で情報化施工を行なった場合、早い段階から安全性が予測できるため、何らかの対策を講じることができる。対策はある破壊確率が予測された時に計画され、事後設計が行われる。式(5)、(6)は安全管理を主眼においた場合の期待総費用である。 $C_{T'}$ は事後設計における期待総費用であり、

キーワード 山留め、破壊確率、期待総費用

連絡先 〒224-0027 神奈川県横浜市都筑区大瀬町74 Tel 045-591-3911, Fax 045-592-9657

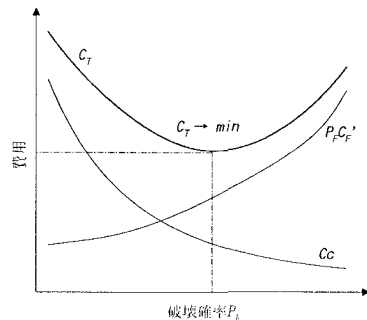


図-1 破壊確率と建設費の関係

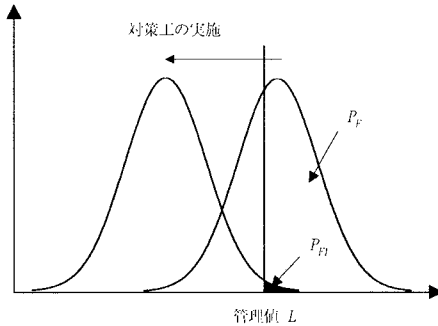


図-2 対策工による破壊確率の変化

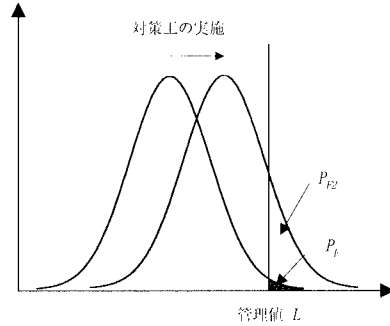


図-3 合理化による破壊確率の変化

事前設計と同様、対策工費 C_{Cl} と $P_{F1}' \cdot C_F'$ は反比例し、 C_{T1}' は下に凸の曲線となる。

$$C_T = C_C + C_M + P_{FP} \cdot C_{T1}' \quad (5)$$

$$C_{T1}' = C_{Cl1}' + P_{F1}' \cdot C_F' \quad (6)$$

ここで、 C_{Cl1}' ：安全性に対する対策工費、 P_{F1}' ：事後設計による破壊確率。

図-2は、安全性に対する対策工を実施した場合の破壊確率の変化である。ただし、対策工によって管理値は変化しないとしている。対策工後の破壊確率は、対策の規模に依存し、大規模な対策を行なえば破壊確率は小さくなる。また、どの程度リスクを負うかは事後設計時の判断となる。

2.4 情報化施工による施工の合理化

情報化施工における予測解析の結果次第では、安全性だけでなく経済性についても検討することができる。この場合の対策工は、安全が確認できる範囲、すなわち破壊が起こらない $(1 - P_{FP})$ で実施される。また、その対策工による破壊の可能性が新たに得られるため、期待総費用は式(7)、(8)で示される。 C_{T2}' は事後設計における期待総費用であり、対策工費 C_{C2}' と $P_{F2}' \cdot C_F'$ は比例する。

$$C_T = C_C + C_M + P_{FP} \cdot C_F' + (1 - P_{FP}) \cdot C_{T2}' \quad (7)$$

$$C_{T2}' = -C_{C2}' + P_{F2}' \cdot C_F' \quad (8)$$

ここで、 C_{C2}' ：合理化に対する対策工費、 P_{F2}' ：事後設計による破壊確率。

図-3は、合理化に対する対策工を実施した場合の破壊確率の変化である。対策工後の破壊確率は、大規模な対策を行なえば破壊確率は大きくなる。

3. 期待総費用の比較

式(5)、(7)を期待建設投資費用と期待破壊損失費用にわけると、以下のようになる。

$$C_T = (C_C + C_M + P_{FP} \cdot C_{Cl1}') + P_{FP} \cdot P_{F1}' \cdot C_F' \quad (9)$$

$$C_T = \{C_C + C_M - (1 - P_{FP}) \cdot C_{C2}'\} + \{P_{FP} \cdot C_F' + (1 - P_{FP}) \cdot P_{F2}' \cdot C_F'\} \quad (10)$$

これより、安全性のみを考えた場合、建設投資費用は $C_M + P_{FP} \cdot C_{Cl1}'$ 分増加し、破壊損失費用は P_{FP} 倍となる。一方、合理性を考えた場合は、それぞれについて $C_M - (1 - P_{FP}) \cdot C_{C2}'$ 分、 $(1 - P_{F2}') \cdot P_{FP} \cdot C_F'$ 分が増加することになる。

情報化施工を行なった結果、非観測施工における破壊確率 P_F と P_{FP} が等しくなり、対策工を実施する必要がなくなった場合、見かけ上計測管理費 C_M 分がコストアップとなる。しかし、事前設計の段階からその精度を求めると事前の調査費用が大きくなり、初期建設費 C_C が情報化施工における C_C に比べて大きくなる。また、事前設計の段階では施工中の不確実性を考慮することは困難であり、 P_F を P_{FP} の精度まで高めることは不可能である。

4. おわりに

本報告では情報化施工の安全性、経済性を評価する基本的な考え方を示した。今後はケーススタディを行い、定量的な評価を行いたい。

【参考文献】松尾稔：地盤工学 信頼性設計の理念と実際、技報堂、1984。