

軟弱地盤上の盛土建設に関する施工管理図の適用例

名古屋大学 正会員 松尾 穂
 名古屋大学 正会員 川村 国夫
 名古屋大学 学生会員 ○ハ本 英樹

1. まえがき；本報告は以前，発表した軟弱地盤上の盛土建設に関する施工管理図の適用と，意志決定理論の応用より盛土施工に関する最適なサンプリング個数および対策工の規模を決定する方法論を示すものである。

2. 動態観測の導入；動態観測の導入によって最も重要なことは，観測された状態量（応力，ひずみ，変形）と構造物の破壊との関連を明確にすることである。これがかりに可能となれば，動態観測の導入によ

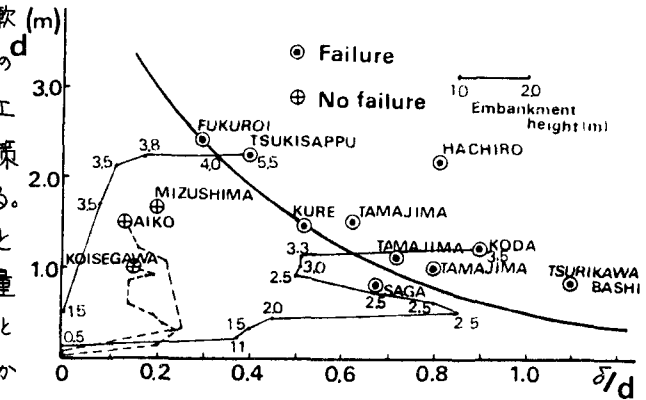


図1 ($\delta/d \sim d$) plots for prediction of failure

て盛土施工の信頼度をより向上させることになるであろう。図1はこのような観念に立って作成された軟弱地盤上盛土建設の施工管理図である。すなわち，過去に軟弱地盤上に施工された盛土の破壊例，および破壊しなかった例を横軸に盛土のり尻における基礎地盤の側方変位量 δ と盛土中央部直下の基礎地盤の沈下量 d の比(δ/d)をとり，縦軸に d をとってまとめたものである。これによれば，条件の異なる種々の破壊例が大体図中に示した曲線上で破壊に至っていることがわかる。しかも破壊例の変位過程は盛土の進行とともにこの曲線に近づく傾向をもち，逆に破壊しなかった例は施工途中よりこの曲線から遠ざかる傾向を示すことに注目すべきである。すなわち，この曲線を一つの破壊規準線とみなせば図1は動態観測による破壊予知のための施工管理図としてきわめて有用と考えられる。

3. 方法論のフローチャート；動態観測を導入した施工のフローチャートを図2に示す。以下簡単に説明するとつぎのとおりである。(a)路線選定を含む上位計画で，完成後の盛土の天端幅と高さが決まる。(b)完成までの各段階の盛土高と圧密放置期間が施工法と施工期間の制約より基本設計において決定される。(c)才1段階の盛土施工に際して次節で述べる意志決定理論より適正なサンプル個数と対策工の種類，規模を決定しておく。(d)(c)のサンプリング結果に基づいて才1段階盛土の破壊確率 P_{F1} を算定する。(e)盛土の重要度に関する過去の実績をもとに，適正な破壊確率(P_F) $_{opt}$ を与件として与える。(f)(c)によって決定された対策工によって低減しうる破壊確率を ΔP_{F1} とし， $P_{F1} < (P_F)_{opt} + \Delta P_{F1}$ ならば新たな対策工を講ずることなく H_1 を施工し，同時に図1の施工管理図で盛土の破壊を予エックする。一才， $P_{F1} > (P_F)_{opt} + \Delta P_{F1}$ であるならばたとえ(c)で決定された対策工を行なっても H_1 の盛土の破壊確率を適正值以下に抑えることができないわけであるから押え盛土や地盤改良などの別の対策工を H_1 盛土施工前あるいは施工同時に実施することになる。その規模は少なくとも破壊確率を $P_{F1} - \{(P_F)_{opt} + \Delta P_{F1}\}$ だけ低減させる範囲で与えられる。(g) H_1 の施工を開始し，同時に動態観測を行ない破壊の兆候を予エックする。

H₁の施工中、観測量が図1の危険量に達しなければ次の載荷盛土に移ればよい。しかし、図1によって破壊が予知されれば(c)で決定された対策工をただちに実施しなければならぬ。(h)以下、同様にして才2段階から最終段階まで進めて盛土を完成させる。

4. 動態観測の導入による盛土の安全性；動態観測の結果を盛土の信頼度として定量化するために次式を提案する。すなわち、

$$A_j = R_j + [k] M_j \quad \text{----- (1)}$$

ここで A_j ；j段階目の盛土が破壊しない信頼度、 R_j ；j段階の盛土本体の信頼度、 M_j ；動態観測の結果、実施された対策工により向上する信頼度、 $[k]$ ；動態観測を行ない図1の施工管理図より、盛土が破壊すると結論を得たとき $k=1$ 、破壊しないとき $k=0$ となる。

5. 意志決定理論の適用；前節でのサンプリング個数および対策工の規模決定をベイズの決定方略で考察することにする¹⁾。ベイズの決定方略を表現するため、

θ ；地盤状態、 a ；技術者の行動、 y_i ；地盤状態 θ に対して a という行動をおこす確率、 Θ ；地盤状態 θ の集合、 A ；行動 a の集合、そのため $\sum \delta(a) = 1$ 、 Y ；事象 y_i の集合
さて、上記の記号より損失関数を $L(y_i|\theta, a)$ とし、また y_i の取る確率を $P(y_i|\theta, a)$ とすれば、損失関数の期待値である危険関数 $R(\theta, \delta)$ は、

$$R(\theta, \delta) = E[L(y_i|\theta, a)] = \sum \sum L(y_i|\theta, a) P(y_i|\theta, a) \delta(a) \quad \text{----- (2)}$$

と定義できる。したがってベイズの定義より、

$$\min \sum b(\theta) R(\theta, \delta) \quad \text{----- (3)}$$

をとる δ を決定してやればよいことになる。ここで $b(\theta)$ は地盤状態 θ の調査結果より求められる θ の重み(事前分布)である。結局ベイズの決定方略は、(1)式と(2)式より、

$$\begin{aligned} \min \sum b(\theta) R(\theta, \delta) &= \min \sum b(\theta) \sum \sum L(y_i|\theta, a) P(y_i|\theta, a) \delta(a) \\ &= \min \sum \delta(a) \left[\sum \sum b(\theta) L(y_i|\theta, a) \right] \quad \text{----- (3')} \end{aligned}$$

となり、 $\min \sum \sum b(\theta) L(y_i|\theta, a) P(y_i|\theta, a)$ となる a を決定すればよいわけである。

さて、数値計算をおこなうため、 $L(y_i|\theta, a)$ および $P(y_i|\theta, a)$ に具体的な関数を導入する。いま事象 y_i を y_{ik} とする。ここでは、破壊時を $i=1$ 、破壊しないとき $i=0$ 、また k は対策工の有無で式(1)で表現した k と同じであるとすれば、 $L(y_{ik}|\theta, a)$ と $P(y_{ik}|\theta, a)$ は表1のようなになる。ここで、 n ；サンプル個数、 C_n ；サンプル1個に要する費用、 C_c ；盛土建設費、 C_F ；破壊損失費、 C_M ；対策工費、一方、 $b(\theta)$ はサンプリングによる地盤状態 θ の推定分布より θ をクラスにわけ、そのクラスの平均値に密度を重みとして付与する。以上より(3')式から最適なサンプリング個数と対策工の規模が決定されるであろう。なお、具体的な計算結果は当日発表させていただきます。

参考文献；1) 松尾、浅岡、「沈下予測に関する統計的考察」、土木学会論文報告集、才225号 1974、5

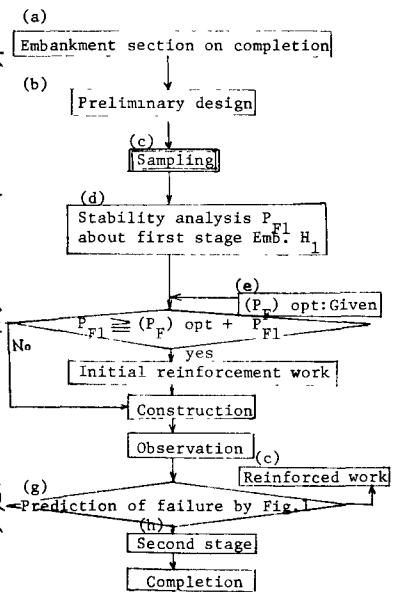


図2 Flow chart of observation method

y_{ik}	$L(y_{ik} \theta, a)$	$P(y_{ik} \theta, a)$
y_{i0}	$nC_n + C_c + C_F$	$1 - R_j$
y_{i1}	$nC_n + C_M + C_c + C_F$	$1 - (R_j + M_j)$
y_{00}	nC_n	R_j
y_{01}	$nC_n + C_M$	$R_j + M_j$

表1 Loss function L and Probability P to calculate method