

名古屋大学 学生会員 ○倉石 謙司
名古屋大学 正会員 川村 国夫

1 まえがき

土木構造物を設計する場合、設計の基準となるものが必要となる。この評価基準を建設の総費用を最小にするという点におくと、最適解は一つに決定される。しかしながら、土木構造物、とくに土工においては、施工開始後の情報により設計変更が可能であり、最適解が施工前のものと異なってくることがしばしば起こり得る。筆者らはこの点に注目し、軟弱地盤上に建設される土木構造物に関して沈下に対する最適設計を実施しようとするものである。すなわち、実際に施工された土木構造物の沈下量が当初設計時に予測された沈下量と異なるものであれば当然そこには実務的なリスクが発生するはずである。そのリスクをいかに小さくするかが、いわゆる設計のつぎになるわけであるが、本報告は、沈下すべく構造物の最適設計の確立を試みるために、沈下量予測の精度と多くの実際の沈下データより解析したものである。その方法は後述するが、動態観測によって施工途中までに得られた沈下予測データをもとに、種々の関数型をフィッティングし、最終時点、あるいは供用開始時点の沈下を予測し、その精度を確かめたものである。

2 使用したデータおよび解析方法

使用した圧密沈下曲線は、各現場報告書から抜粋したもので、国内で過去に実施された地盤改良としない軟弱地盤（泥炭も含む）上の盛土による沈下データである。

各現場の土質条件、および現場条件は、ほぼ以下の範囲に入るものばかりである。すなわち、土質条件としては、非排水せん断強度 $C_u = 1.2 \sim 4.0 \text{ t/m}^2$ 、圧密係数 $C_v = 1.5 \times 10^{-7} \sim 3.0 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{sec}$ 、圧縮指数 $C_c = 1.0 \sim 10.5$ 、初期間げき比 $e_0 = 1.5 \sim 15.0$ であり、また現場条件として、盛土の施工速度 $C_s = 0.5 \sim 2.0 \text{ m/day}$ 、盛土幅Bと軟弱地盤の層厚Dとの比 $B/D = 2.5 \sim 15$ 、ちであった。さらに、沈下データは可能な限り盛土中央部の沈下曲線を使い、また圧密がほぼ完了した（沈下曲線のこう配がゼロに近づいた）と思われるものを使用した。

解析に適用された曲線は以下に示す3つの関数型である。

$$(1) Y = X / (A + BX)$$

$$(2) Y = A + BX^{\frac{1}{2}}$$

$$(3) Y = A + B \ln X$$

ここに、 X は時間、 Y は沈下量、 A 、 B はパラメータ。(1)の方法は、道路公団などで使われている双曲線法といわれるものである。さて、

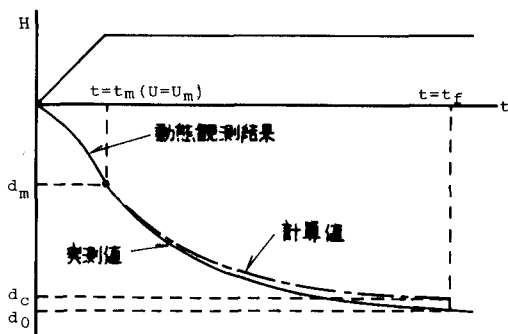


図-1 概念図

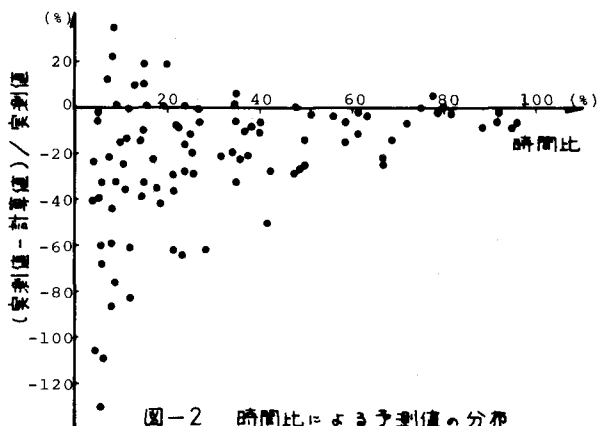


図-2 時間比による予測値の分布

これら3つの関数型のフィッティング法は図-1に沿って説明される。図-1は横軸に盛土放置時間 t 、縦軸に盛土高 H 、および盛土中央部の軟弱地盤下下量 d である。いま、過去に施工された盛土の実測下下曲線（一点鎖線）から盛土施工開始時点 $t=0$ より、ある適当な時間 $t=t_m$ （あるいは圧密度 U_m 、 $T_v=C_v t_m / (0.5)^2$ より算定される。）までの実測下下量 $d=0 \sim d_m$ のデータを何点か抽出し、これらと施工中の動態観測結果（実線）とをみなし、上記3つの関数型にあてはめる。そして、回帰分析により式(1)～(3)の係数 A 、 B を決定する。決定された A 、 B によ、最終時あるいは供用開始時（ $t=t_f$ 、または $U=U_f$ ）の次下量 d_c を計算するわけであるが、この値 d_c と下下予測量（点線）とをみなし、各現場データについて実測下下量 d_o と比較、検討するわけである。

3 解析結果および考察

図-2は、(2)式による計算結果で、横軸には時間比 t_m/t_f と、縦軸には実測値と計算とのかい離 $(d_o-d_c)/d_m$ とをいずれも百分率でとりプロットしたものである。同様に横軸に圧密度 U_m をとった場合の結果が(1)～(3)の各式について図-2のような結果が得られ、合計6個について以下の解析を行った。図-3は、横軸に時間比 t_m/t_f 、縦軸に時間比を10%ごとに区切り、その間に存在する $(d_o-d_c)/d_m$ の値の平均値 μ とその標準偏差 σ を(1)～(3)の各式について示したものである。これによると、平均値は、時間比の増加とともにゼロに近づく傾向を(1)～(3)式ともに示すものの、(2)、(3)式では、時間比が小さいほど計算値は実測値を大幅に上回ってくる。（ $t_m/t_f=20\%$ で -25% 程度）(1)式では、平均値は、時間比にかかわらずほぼゼロ付近にある。一方、標準偏差は(1)、(2)、(3)式ともに時間比の増加に対して急激に減少する同様の傾向をもち、時間比20%で $\sigma=20\%$ 、80%で $\sigma=5\%$ 程度のばらつきとなる。

圧密度についてみると（図-4）、平均値は時間比の場合と同様、(1)式では実測と計算値の差はゼロ付近にあるが、(2)、(3)式では圧密度にかかわらず、ほぼ20%程度計算値が大きめにでてくる。標準偏差については図-3同様、圧密度の増加とともに減少していく。とくに、(3)式のフィッティングによって求められた σ は他の2つの方法に対して小さくなる傾向をもちこれは興味深い。

図-3、図-4の結果から判断すると、 $(d_o-d_c)/d_m$ の σ は、各式同様の傾向を示すものの μ については、(1)式が最も実測値に近い予測値を示すため使い易いと思われるが、式の性質として、観測値がない場合、極端な値を示す場合があるので注意が必要がある。

動態観測結果とともに最終下下量の予測としかなる関数型で計算するかは、実測値と予測値とのかい離の平均値および標準偏差が設計時に実際のリスクとして考慮されるべきものであるため、具体的な損失関数を導入し、リスク最小となる関数型を検討しなければならない。

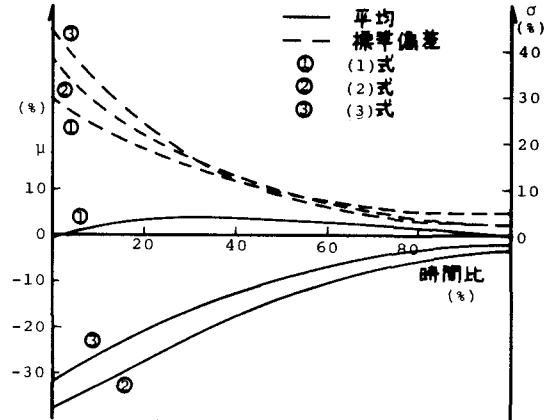


図-3 時間比による予測値の平均、分散

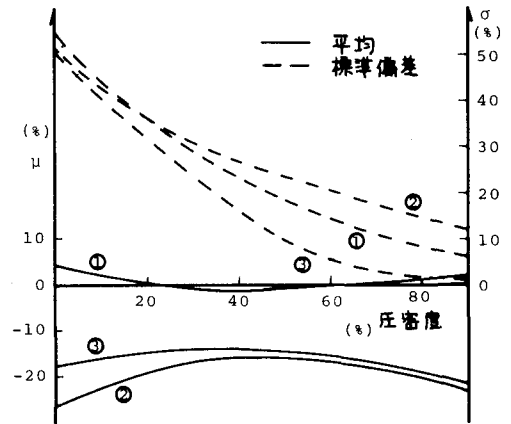


図-4 圧密度による予測値の平均、分散