

I-501

地震時における橋台裏盛土の沈下量の統計的予測

国鉄・技研 正員 ○岡田 勝也
 国鉄・構設 正員 福島 弘文
 トーヨービルヂング 正員 小笠原 令和

1. まえがき

盛土から橋梁へのアプローチ部分のいわゆる橋台裏盛土の地震時の沈下現象は、宮城県沖地震（53年6月）や日本海中部地震（58年5月）などでも発生し、図1（左）に示すような著しい目違ひ現象を発生させるものである。こうした現象は列車の走行安全性を低下させるだけでなく、橋台裏盛土の沈下によって枕木が浮き上がり、ロングレールの座屈を誘発させることにもなる。軟弱地盤上に作られた盛土では橋台裏の沈下量が大きくなることは十分予想されるところであるが、同時に橋台自身の円弧すべりによる側方移動や転倒に対する安全性も検討せねばならないことはもちろんである。高速鉄道においては地震時の橋台裏盛土の沈下制御と円弧すべり防止は近い将来発生が予想される東海地震の対策の一環として重要な課題であり、種々の実験と解析により、図1に示すようなストラット工あるいはシートパイル締切工を耐震補強対策として地震被害度の大きさにもとづいて実施している^{*)}。一方、東海地震のような大地震ではなく、中東地震に対する評価も重要な課題である。ここでは、既記地震（100~350 Gal）による橋台裏盛土の沈下量の実測値にもとづき、統計的手法によって沈下量の予測式を提案しようとするものである。

2. 要因の抽出と一次元解析

橋台裏盛土の沈下に影響する要因としては(1)

橋台（構造形式、重量、基礎種別 etc）、(2) 盛土（材

料、N値、のり面工 etc）、(3) 橋梁（上部工、上部工反力、スパン etc）、(4) 表層地盤（地盤種別、N値、基礎までの深さ etc）、(5) 地震（震央距離、基礎加速度、地表面加速度 etc）などが考えられるが、これらの要因の単相関係数、ステップワイズによる予備的な多変量解析を実施し、工学的判断を加えて、橋台裏盛土の沈下量 δ に関係する要因として、盛土幅 W 、盛土高 H_B 、盛土N値 N_B 、地盤厚 H_G 、地盤N値 N_G 、橋台高 H_A 、地表面加速度 a 、の7項目を選択した。

宮城県沖地震と日本海中部地震で被害を受けた鉄道線区の332橋台のうち、杭基礎橋台（ $N=128$ 例）の橋台裏盛土の沈下量の頻度分布は図2のようである。沈下無と有の比は58:70で、最大沈下量は50 cmである。その時の地表面加速度の頻度分布は図3であるが、250 Galを越えたとほとんどすべての橋台が、300 Gal以上ではすべての橋台が10 cm以上の沈下を生じることがわかる。直接基礎橋台（ $N=204$ 例）についても同じような傾向を示す。しかし図3のような一変量解析では個々の橋台につ

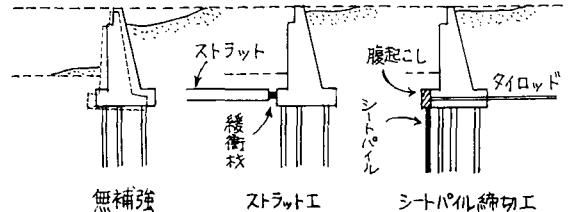


図1 橋台裏耐震補強工

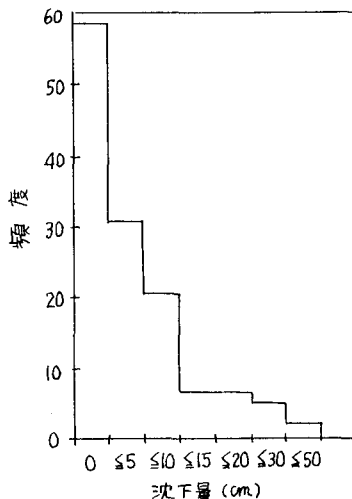


図2 沈下量の頻度分布

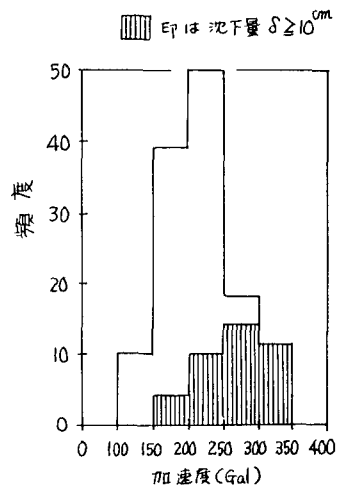


図3 加速度の頻度分布

いて定量的に危険度を判定することはできない。

3. 橋台裏盛土の沈下量の判別分析

橋台裏盛土の沈下量を $\delta \geq 10$ cm のグループ G_1 と $\delta < 10$ cm のグループ G_2 に分ける判別式は

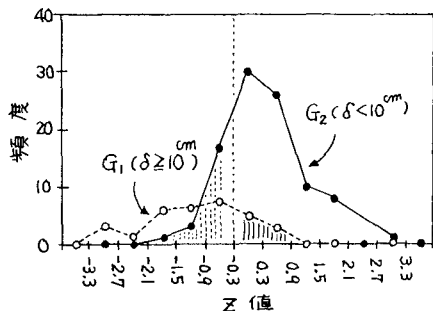


図4 杭基礎橋台の判別分析結果

$$Z = 0.0418W + 0.167H_B + 0.0102H_G - 0.163H_A - 0.0297N_B - 0.0106N_G - 0.0192a + 5.026 \quad \dots (1)$$

となり、判別点は $Z = -0.308$ であった。すなわち $Z \leq -0.308$ ならば G_1 グループに、 $Z > -0.308$ ならば G_2 グループに属することになる。

式(1)は杭基礎橋台の判別式を与えるもので、その頻度分布は図4

のようになる。図の $\square$ と $\blacksquare$ は誤判別の領域であり、正答率は77%である。同様に、直接基礎橋台についても判別式を求め、その頻度分布を描くと図5のようになるが、図5は図4の杭基礎橋台よりも判別はよく、その正答率は86%である。

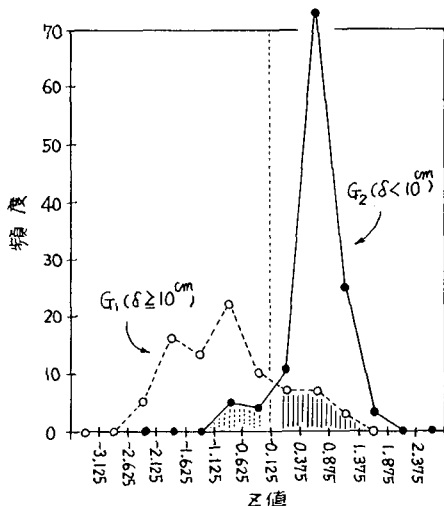


図5 直接基礎の判別分析結果

4. 橋台裏盛土の沈下量に対する重回帰分析

前述の3.は橋台裏盛土の危険度を2つのグループに判別することはできないが、個々の橋台裏盛土の沈下量を推定することはできない。そこで、沈下量 δ を目的変数として基礎種別(杭基礎と直接基礎)毎に重回帰分析を行った。沈下量が $\delta \geq 10$ cm の杭基礎橋台については、

$$\delta = 1.92W + 0.986H_B - 0.371H_G - 2.23H_A - 4.46N_B - 0.301N_G + 0.0180a + 53.2 \quad \dots (2)$$

となり、重相関係数は $R=0.51$ であった。式(2)による予測値と実測値の関係は図6のようであり、オーダーとしてはよく一致している。

同様に直接基礎橋台についても重回帰式を求め、予測値と実測値の相関を描くと図7のようであり、重相関係数は $R=0.64$ であった。

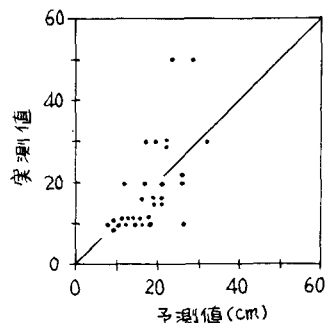


図6 杭基礎橋台の重回帰式による予測値と実測値の関係

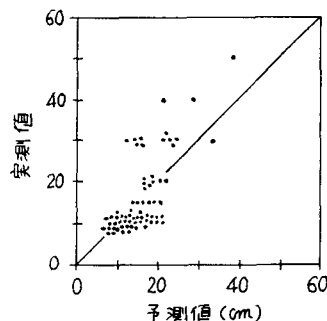


図7 直接基礎橋台の重回帰式による予測値と実測値の関係

5. まとめ

地震時の橋台裏盛土の危険度を評価するため、宮城県沖地震と日本海中部地震の鉄道橋を対象として統計的手法によって解析した。その結果、沈下量10cm以上と未満に対しては77~86%の確率の判別式を、一方、数個の説明変数により $R=0.51 \sim 0.64$ の重相関係数を有する重回帰式を提案した。しかし既に地震被害として用いたデータの要因項目には、橋台や盛土の構造物の語元など精度のよいものもあるが、土質諸数値などの精度はかなり悪い。そのため実行した統計解析にはかなりの誤差を含んでいることを覚悟しなければならないけれども、これによって中小地震に対する危険度のモニタリングポイントの選定や耐震対策の投資順位の策定の補足資料としては役立つものと考えられる。

* (文献) 岡田, 福島他「橋台裏耐震補強工」構造物設計資料, 第72号, P.19/26, 日本鉄道施設協会, 昭和57年12月