

鉄道総合技術研究所 正員 岡田 勝也
前・国鉄（三井建設）正員 福島 弘文

1. まえがき

盛土から橋台へのアプローチ部分では、それらが異種の材料でできているために、完全な施工が行われた後でも供用中に種々の問題が生じてくるのが実情である。とりわけ、地震時には橋台背面の盛土が急速に沈下して、軌道面に図1に示すような著しい目違い現象を起こすことも多い。このような現象は列車の走行安全性を低下させるだけではなく、橋台裏盛土の沈下により枕木が浮き上がりロングレールを座屈させることもある。

高速鉄道において地震時の橋台裏盛土の沈下対策は近い将来発生が予想される東海地震に対して重要な問題であり、種々の実験と解析によりストラット工とシートパイル締切工が開発され、地震被害度にもとずき実施にうつされている。一方、東海地震のような大地震ではなく、中小地震による沈下評価も重要な課題である。前回（第41回年次講演会）では既往地震（宮城県沖地震1978.6、日本海中部地震1983.5）による橋台裏盛土の沈下量の実測値にもとずき、統計的手法を用いて主として、杭基礎橋台の橋台裏盛土の沈下量の予測式について報告した。今回は直接基礎橋台を中心に述べることにする。

2. 既往地震（宮城県沖地震1978.6、日本海中部地震1983.5）による橋台裏盛土の沈下量の実態
橋台裏盛土の沈下量 δ に関係する要因として、図1に示すように、盛土幅 W 、盛土高 H_B 、盛土 N 値 N_B 、地盤 N 値 N_G 、地盤厚 H_G 、橋台高 H_A 、地表面加速度 a の7項目を選択したことは前回述べた。

これらの要因の一つである地表面加速度 a と沈下量 δ の関係は図2のようである。この図は、加速度レベルが大きくなると沈下量のピークも大きくなることを示すとともに、加速度レベルが同じ大きさならば両地震の沈下量の頻度分布はほぼ同じであることがわかる。また、両地震において加速度レベルが同じ大きさ（350Gal～400Gal）の時、盛土高 H_B と沈下量の関係は図3の

ように、おおむね、 $\delta < H_B / 10$ で表すことができる。しかし、これらの解析は地震によるマクロな危険度を示すものの

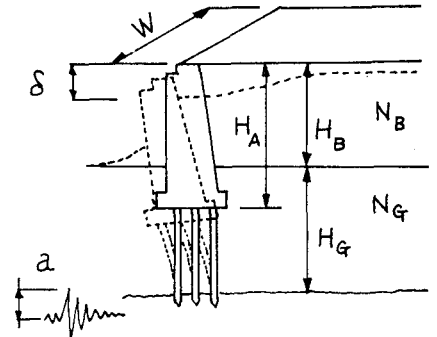


図1 橋台裏盛土の沈下の概念と7変量

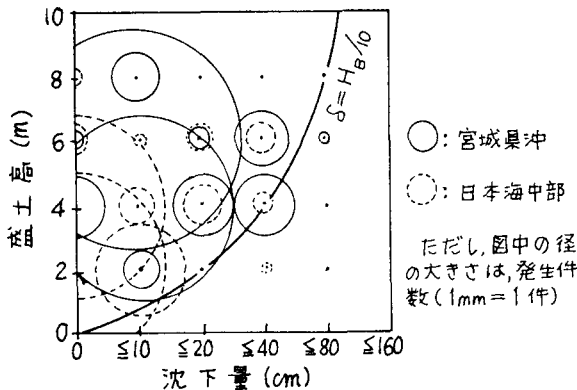


図3 盛土高 H_B と沈下量の関係

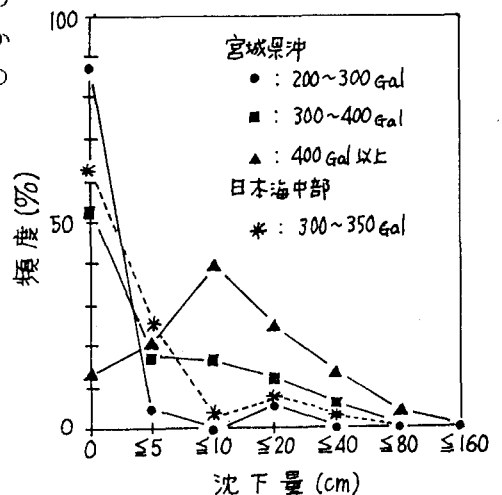


図2 加速度レベル毎の沈下量の頻度分布

個々の橋台について定量的な値を示すことにはならない。

一方、上の要因にもとずき、沈下を生じたデータについて主成分分析を行ってみると図4のようになる。図には、代表的な5項目、盛土高 H_B 、盛土 N 値 N_B 、地盤厚 H_G 、橋台高 H_A 、地表面加速度 a の因子負荷量を示した。 H_A と H_B による第一主成分は盛土の形状が、 a と H_G による第二主成分は地盤面以下の性状が、主として N_B による第三主成分は盛土強度が、沈下に関与していると考えられる。

3. 直接基礎橋台の橋台裏盛土の沈下量に対する判別解析

橋台裏盛土の沈下量を $\delta > 10\text{cm}$ のグループ G_1 と $\delta < 10\text{cm}$ のグループ G_2 にわけた判別式は、母集団 $n = 304$ 橋台について、

$$Z = -0.348 W + 0.0269 H_B + 0.0140 N_B - 0.0200 N_G - 0.0566 H_A - 12.7 a + 5.131 \quad (1)$$

となり、判別点は $Z_0 = -0.125$ であった。 $Z < Z_0$ ならばグループ G_1 に、 $Z > Z_0$ ならばグループ G_2 に属する。なお、橋台は直接基礎であるので上述の要因から地盤厚 H_G を無視した。盛土 N 値 N_B の符号が地表面加速度 a などと逆になっているが、これは盛土 N 値が粘性土ではおよそ2、砂質土では5、砂礫土では8であることと関係しているものと考えられる。判別結果は表1のようであり、正答率は前者で78.8%、後者で92.4%、全体では86.8%であった。その頻度分布は図5に示すようである。この結果は前回に報告した杭基礎橋台よりも正答率はいよい。

4. 直接基礎橋台の橋台裏盛土の沈下量に対する重回帰分析

沈下量 $\delta > 10\text{cm}$ のグループ G_1 に着目して、 δ を目的変数として重回帰分析を行った結果、

$$\delta = -0.198 W - 0.729 H_B - 1.48 N_B + 0.340 N_G + 1.389 H_A + 0.128 a - 19.1 \quad (2)$$

が得られた。式(2)の説明変数のうち、盛土高 H_B と地盤 N 値 N_G の係数は常識には反するものである。このうち H_B は、橋台高 H_A と $H_A = H_B + D_A$ (D_A は橋台の根入れ長)の関係から、 D_A の係数が常識に反するものとなるが、橋台の根入れを深くしなければならないほど表層地盤が悪いことを示すものとも考えられる。いずれにせよ、沈下量 δ の残差の標準偏差は6.2cm、重相関係数は $R = 0.64$ であったが、沈下量のオーダーとしてはよく合っている。

5. まとめ

既往地震による橋台裏盛土の沈下量について統計的に解析した。しかし、橋台や盛土の諸元など精度のよいデータもあるが、土質諸数値などはかなり悪い。そのため結果はかなりの誤差を含むことを覚悟しなければならないが、中小地震による橋台裏盛土の大まかな危険度評価には役立つと考えられる。

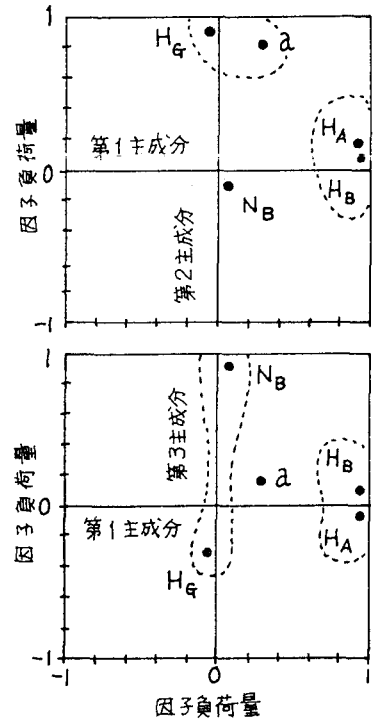


図4 主成分分析結果

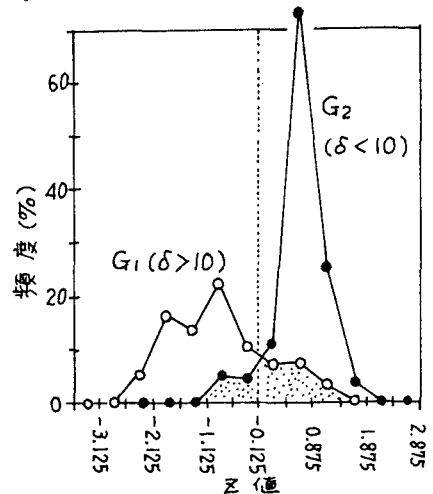


図5 直接基礎橋台の判別分析による Z 値の頻度分布

表1 直接基礎橋台の判別分析結果

	予測グループ	
	G_1	G_2
グループ G_1 ($\delta > 10\text{cm}$)	67 (78.8 %)	18 (78.8 %)
グループ G_2 ($\delta < 10\text{cm}$)	9 (7.6 %)	110 (92.4 %)
正答率	(86.8 %)	