

金沢大学 正 吉 田 博
金沢大学 正 樹 谷 浩
金沢大学 学 岡 衛

1. まえがき

近年、山間部道路の安全性確保のために、落石覆が多数設置されるようになってきた。しかし、落石覆の設計には橋梁の設計のような詳細な規定がなく、落石による衝撃力のとり方すら不明確なまま残されているのが実状である。本報告は、より信頼性の高い衝撃力推定式を求めるために、金沢大学辰口田地内で行なった落石実験の結果の一部を報告するものである。

2. 実験方法

実験設備は図-1に示すように、高さ24.8mの鉄塔直下に厚さ50cmのコンクリート舗装を行ない、その中央に幅5m×5m、高さ1.5mの鋼製土槽を設け、中にクッション材として山砂を厚さ90cmで敷きつめた。落石を模した重錘は、表-1のように重量1.0tと0.3tのものを、球底・錐底・平底の3種、計6個を使用し、鉄塔上部にあるクレーンで落下高さ5、10、15、20mで自由落下させた。衝撃加速度と土圧は、重錘がサンドクッションに衝突する寸前から2秒間を測定し、加速度は重錘重心に取付けた3方向加速度計により、また土圧はコンクリート舗装上部に落下点下より30cm間隔に埋込んだ土圧計により測定した。図-2には、衝撃加速度と土圧を計測する機器の接続が示してある。加速度計の出力は2分され、1つはパソコンPS85により2000HzでAD変換され、他は200Hzのローパスフィルターを通し、5個の土圧計の出力と一諸にパソコンPS80で600HzでAD変換され、サンプリングして磁気テープに収録すると同時に、測定結果の計算、印字、作画を行なった。

サンドクッション材の製作方法は、重錘落下により締固まった山砂を底まで掘返し、20cm厚ずつ足踏みにより締固めるという方法をとった。この時、衝撃加速度は重錘重量・形状、落下高さの他に、サンドクッション材の状態からも影響を受けると考えられるので、山砂の含水比、密度、落下前後の締固りの程度を測定した。さらに、重錘落下により生じる凹みの深さ(表面沈下量)も測定した。

このような方法で実験を繰返し、多数のデータをとった。

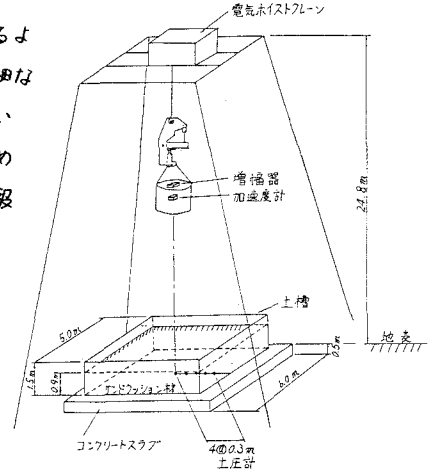


図-1 実験設備

表-1 重錘諸元表

重錘重量 W (ton)	底面形状	直径(cm)	備 考
1.0	球底	90	鉄板 コンクリート危損
0.3	球底	60	〃
1.0	平底	90	〃
0.3	平底	60	〃
1.0	錐底	90	〃
0.3	錐底	60	〃

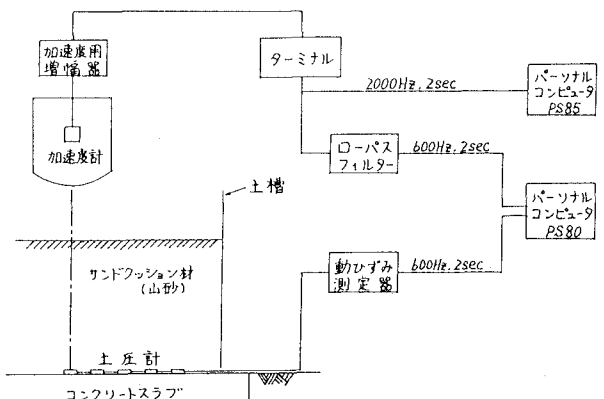


図-2 計測機器の接続

3. 実験結果および考察

図-3および4は、重錘重量1.0tと0.3tの球底の重錘の落下高さおよび3方向の合成加速度の関係を示している。図中、実線は吉田らの式、一点鎖線は吉田らの式に衝撃係数 $i = 0.4$ を考慮した式、また点線は落石対策便覧の式を表わしており、以下にこれらの式を示す。

吉田らの式

$$P = \alpha \frac{W}{g} \frac{2}{T_0} \sqrt{2gH} \quad \text{-----}(1)$$

ここに、 P = 衝撃力(t)、 W = 落石重量(t)、 g = 重力加速度(m/sec^2)、 T_0 = 落石の静止時間、 α = 緩衝材の種類による係数、 H = 落下高さ(m)である。 T_0 および α は、緩衝材の種類により次のように定めている。

砕砂 $\alpha = 1.12 \quad T_0 = 0.0102W + 0.0755$

海砂 $\alpha = 1.26 \quad T_0 = 0.0051W + 0.0614$

山砂 $\alpha = 1.21 \quad T_0 = 0.0220W + 0.0485$

吉田らの式(衝撃係数考慮)

$$P = \alpha \frac{W}{g} \frac{2}{T_0} \sqrt{2gH} (1+i) \quad \text{-----}(2)$$

ここに、 $i = 0.4$ で、他は上記のとおりである。

落石対策便覧式

$$P = 2.445 W^{\frac{2}{3}} \lambda^{\frac{2}{3}} H^{\frac{3}{2}} \quad \text{-----}(3)$$

ここに、ラーメの定数 λ は、 $\lambda = 100 t/m^2$ を用いると安全であるとしている。

これらの式と実験値を比較すると、重量1.0tの場合(1)式はほぼ上限値を与え、(3)式は落下高さが低い所では良いものの、落下高さが高くなるにつれて安全側すぎる値を与える傾向が見られる。また、重量0.3tの場合、(1)式は上限値を与えるが、(3)式は安全側すぎる値を与え、さらに(2)式はいずれの場合でも安全側すぎる。次に、実測値のばらつきを度数分布でみてみると、重量1.0t、0.3tとも落下高さが高い方がばらつきが大きくなっており、また重量

1.0tの方が0.3tに比べばらつきが大きくなっているのがわかる。これらのばらつきには、カンドクッションの状態(含水比、密度、締固りの程度)のうち、特に締固りの程度が大きく影響すると考えられ、今後はパラメータの中に締固りの程度も考慮しなければならいと思われる。重量1.0tと0.3tの実測値を比較すると、全体に0.3tの方が大きい値となっている。これは、重錘底面の単位面積あたりの重量が0.3tの方が小さく、衝突時の速度はほぼ同じなので、静止するまでに要する時間も短かく、衝撃加速度が大きいのではないかとと思われる。

最後に、度数分布を見ると実測値に合った確率密度関数は、対数正規分布を用いるのが適当で思われたので、図中にこれらを示した。

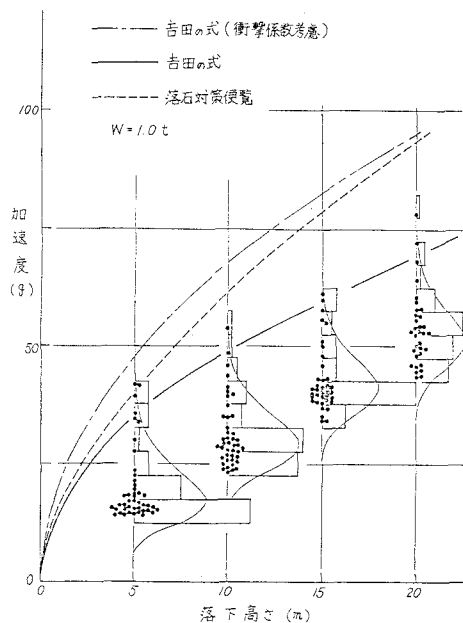


図-3 落下高さと衝撃加速度の関係($W=1.0t$)

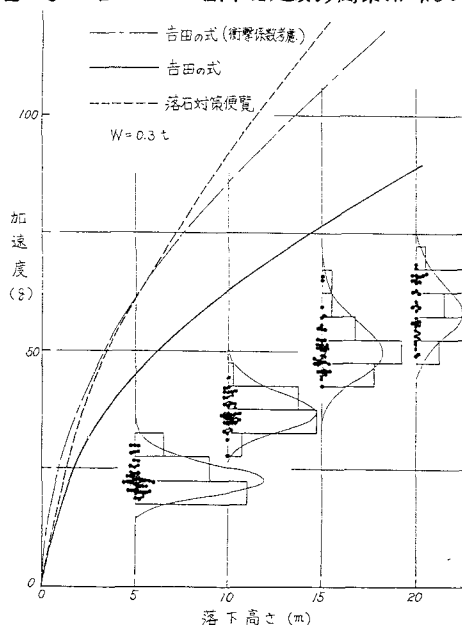


図-4 落下高さと衝撃加速度の関係($W=0.3t$)