

○奥村組 正 岡 衛
金沢大学 正 吉 田 博
金沢大学 正 榎 谷 浩

1. まえがき 落石覆工屋根に関するこれまでの研究において、落石による測定衝撃加速度より得られた衝撃力およびサンドクッション底で測定された土圧より求まる衝撃力を用いて動的応答解析を行ない、その結果、土圧より求まる衝撃力による解析結果が実験結果とよく一致することが明らかとなった。ここではこれに基づき、土圧より求まる落石の衝撃荷重をモデル化し、動的応答解析からそのモデル化の妥当性を示し、モデル化された衝撃荷重を用いて、一般に落石覆工に用いられる各種の覆工屋根部の動的挙動を解析し、設計のための衝撃係数の提案を行うものである。

2. 落石覆工屋根部 実験および解析対象である覆工屋根供試体は、中4.0m、長さ6.6mで、その断面は実際の落石覆工に使用される規模のものである(図1)。供試体は、プレテンション方式のプレストレストコンクリート主桁2本と、その上にジベルを介して主桁と一体化させた鉄筋コンクリートスラブから成っている。

3. 衝撃荷重特性 図2は、120cm厚で山砂を載せた供試体上に、底面形状が球面で質量3000kgの重錘を高さ15mから落下させた時に発生する、衝撃加速度による衝撃力と土圧による衝撃力の時間的変化を示したものである。実線で示される土圧による衝撃力は破線で示される衝撃加速度による衝撃力の立上りからおおよそ20msec遅れて発生し、その波形は明瞭な2つのピークを有する衝撃加速度による衝撃力の波形に比べ単調である。上記の場合他に、底面形状・重錘質量および落下高さを変えて土圧による衝撃力を求めた結果、その波形は台形的なものが多く、すべての波形は、(i)立上ってから、その上昇を一応終了するまでの上昇部分、(ii)上昇を終了してから減衰を始めるまでの平衡部分、および(iii)減衰を始めてから零になるまでの減衰部分、と大きく3つの部分に分けることができた。

4. 衝撃荷重のモデル化 3の衝撃荷重特性を考慮して、土圧による衝撃力を図3に示すような時間 t_1 、 t_2 および t_3 をパラメータとする台形波形でモデル化することを試みた。なお、減衰部分は減衰の初期の傾きに沿って直線的に減衰するものとし、平衡部分での衝撃力の大きさの取り方についてはさらに検討の余地があるが、ここではこの区間の平均値を用いることにする。次に、衝撃波形モデルの t_1 、 t_2 および t_3 のそれぞれの動的応答に与える影響を調べるために、3つのパラメータのうちの2つを固定し、残りの1つのパラメータだけを变化させた衝撃波形モデルを用いて動的応答解析を行なった。その結果、 t_1 が増加しても、応答の最大値に達するまでの時間が長くなるだけで、最大値にはほとんど相違がなく、また、 t_3 を变化させた場合にも、応答の最大値

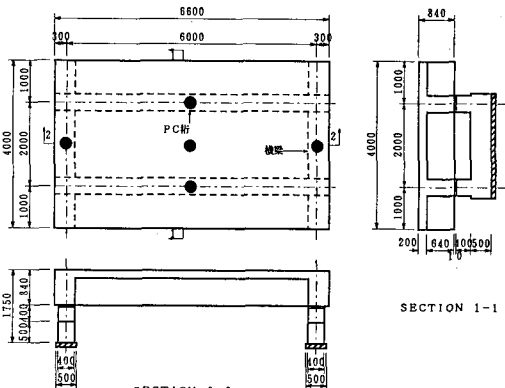


図1 落石覆工屋根部

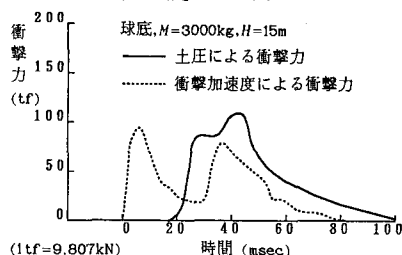


図2 衝撃力の時間的変化

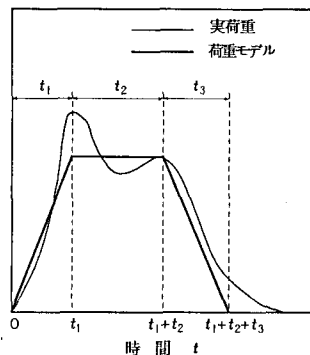


図3 衝撃荷重モデル

にはほとんど変化がなく、最大値以後の挙動のみがわずかに異なることが明らかとなった。そこで、 t_1 および t_3 は、重錘質量・底面形状および落下高さによらず、その平均値を用い、 $t_1=10\text{msec}$ 、 $t_3=25\text{msec}$ とした。次に、 t_2 の影響は、図4(a)に示すように、 t_2 のみが10、15および20msecと異なる

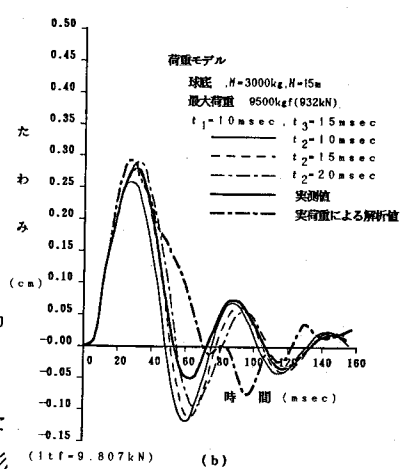
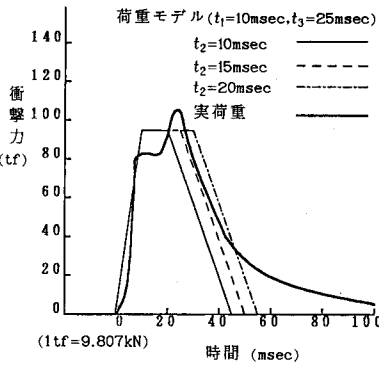


図4(b) t_2 の影響

モデルを用いた場合、図4(b)に示すように t_2 の異なる衝撃荷重モデルのように t_2 の増加に伴い、最大値に達するまでの時間が長くなるとともに最大値も大きくなることがわかった。以上より、応答の最大値に与える影響が最も大きいのは t_2 であることが明らかとなった。そこで、 t_2 を決定するために、図5(a)および(b)に示す

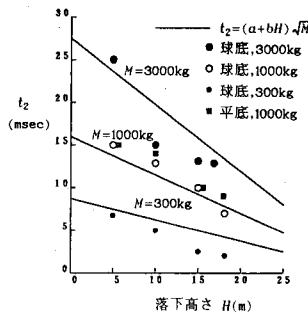


図5(a) t_2 と落下高さの関係

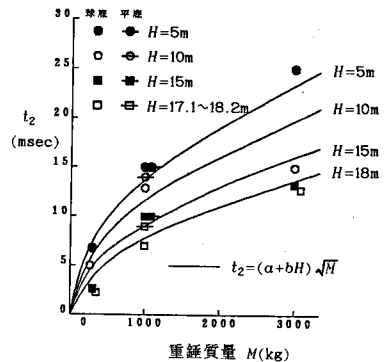


図5(b) t_2 と重錘質量の関係

ように、 t_2 と落下高さおよび重錘質量の関係を調べた。図より、重錘形状は t_2 にはほとんど影響せず、また、落下高さが大きい程 t_2 が小さく、重錘質量が大きい程 t_2 が大きくなる。ここで、落下高さ $H(\text{m})$ と t_2 には線形関係が成立し、重錘質量 $M(\text{kg})$ の1/2乗と t_2 の間にも線形関係が成立すると仮定すると、 t_2 は次式のように表わされる。

$$t_2 = (a + bH)\sqrt{M}$$

ここに、 a 、 b は定数で、 $a=0.5$ 、 $b=-0.014$ という値を得た。

5. 衝撃係数 衝撃係数は、衝撃荷重の最大値を静的に作用させた場合の変位を δ_s とし、衝撃荷重を動的に作用させた場合の最大変位を δ_d とするとき、 $\lambda = (\delta_d - \delta_s) / \delta_s$ で表わされるものとし、 $1 + \lambda$ を動倍率と呼ぶことにする。図6は、4で決定したモデル衝撃荷重を用いて、スパン長および桁高が異なる6タイプの落石覆工について、覆工屋根部の1次固有周期 T に対する荷重の作用時間 $t = t_1 + t_2 + t_3$ の比、 t/T と動倍率の関係

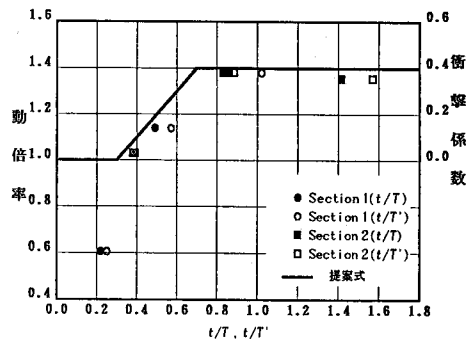


図6 動倍率と t/T の関係

係をプロットしたものである。動倍率は、 t/T が1.0程度までは単調に増加し、 t/T が1.0程度で最大値1.4程度に達したあと、ごく緩やかに減少している。このように、横軸に荷重の作用時間と覆工屋根部の1次の固有周期の比をとることにより、一般性のある覆工屋根部の動倍率を推定することができる。以上より、落石覆工屋根部の衝撃係数は断面の剛性、スパン長等により異なるが、最大で0.4程度であり、図6の太い実線で示される次式で評価できると考えられる。

$$\lambda = 0 \quad (t/T \leq 0.3)$$

$$\lambda = t/T - 0.3 \quad (0.3 \leq t/T \leq 0.7)$$

$$\lambda = 1.4 \quad (0.7 \leq t/T)$$