

金沢大学 ○学 岡 衛
 金沢大学 正 吉 田 博
 金沢大学 正 榎 谷 浩

1. まえがき

本研究は、金沢大学構造力学研究室がPCロックシェッドを対象として先に行なった落石実験より得られたデータに基づき、重錘落下によるロックシェッドの動的挙動について有限要素法を用いて解析し考察したものである。

2. 解析方法

(1) 構造形状 解析対象のロックシェッド上部構造は桁によって補剛された平板構造物で、その形状および寸法を図-1に示す。図-2はその有限要素分割を示しており、薄壁部分には衝撃緩衝材として砂が敷かれている。この際敷砂を考慮した要素分割を行ない、計算時には敷砂の重量のみを考慮して薄壁部分のコンクリートスラブの単位体積重量に換算した。また、図中の節点2と52、4と54を結ぶ太線は桁部分を示している。境界条件は節点7, 9, 47, 49を単純支持とした。

(2) 作用荷重 重錘衝突時の衝撃力による動的応答を計算する場合には、その衝撃力の評価が問題となる。実験では①衝突時に重錘が受ける衝撃加速度と②敷砂底に等間隔に配置した土圧計による土圧値の2種類について測定したが、構造物の受ける衝撃力は、重錘が受ける衝撃力よりも土圧値から求まる衝撃力を用いた方がより現実的であるという従来の研究結果に基づいて、解析には後者を用いた。土圧はスラブ中央点から一定間隔に置かれた土圧計により測定し、図-3は重量1.0tの平底および球底の重錘を高さ15mから落下させた時の土圧分布の時間的変化を示している。土圧は距離と時間の関数であり、時間 t において構造物に作用する土圧から求まる衝撃力 $P(t)$ (以後、全土圧と呼ぶ)は土圧分布を軸対称と仮定すると次のようになる。

$$P(t) = 2\pi \int_0^{\infty} r p(t, r) dr$$

ここに $p(t, r)$ は落下点下からの半径 r における時間 t での土圧で、実験結果より $r = 120\text{cm}$ 以上では土圧はほとんど発生しないので積分範囲は $r = 120\text{cm}$ までとした。以上より、作用荷重として次の2通りを解析に使用した。④全土圧 $P(t)$ を重錘落下点への集中荷重とする。⑤全土圧 $P(t)$ を土圧作用領域への等分布荷重とする。具体的には、要素番号⑧, ⑩, ⑫, ⑭を土圧作用領域と仮定し、その面積 4000cm^2 (辺200cmの正方形)で全土圧 $P(t)$ を除いた値を等分布荷重値とし、要素の各節

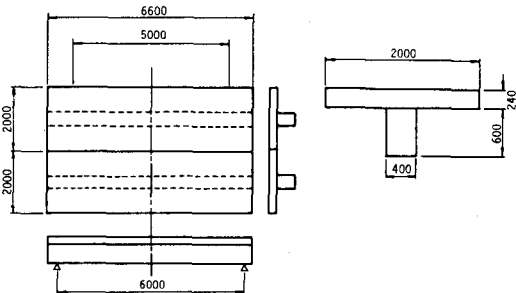


図-1 ロックシェッドの形状および寸法

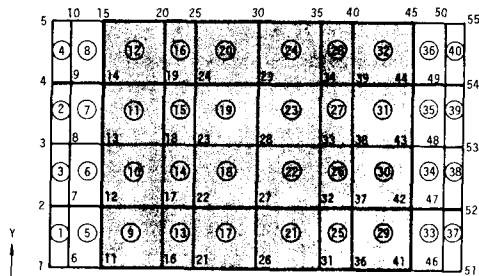


図-2 有限要素分割

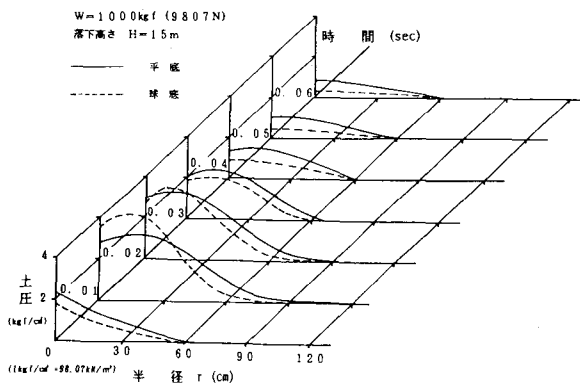


図-3 土圧分布の時間的変化

までとした。以上より、作用荷重として次の2通りを解析に使用した。④全土圧 $P(t)$ を重錘落下点への集中荷重とする。⑤全土圧 $P(t)$ を土圧作用領域への等分布荷重とする。具体的には、要素番号⑧, ⑩, ⑫, ⑭を土圧作用領域と仮定し、その面積 4000cm^2 (辺200cmの正方形)で全土圧 $P(t)$ を除いた値を等分布荷重値とし、要素の各節

点に作用させた。④と⑤の波形は図-4(a), 5(a)のように相似形となる。

(3)解析 対象とするロックシェッドは等方性、均質であるとして、梁-板理論を適用した。応答計算はサブスペース反復法を用いて固有振動数と固有ベクトルを求め、モード重ね合法により行なった。桁部分についてはねじり剛性を考慮した。また、本構造は材料特性の変化が激しい構造ではないので、比例減衰を仮定し *Reiligh* 減衰を使用している。

3. 解析値と実験値の比較

図-4(a)は球底1.0tfの重錘を高さ10mから落下させた時の全土圧集中荷重と全土圧等分布荷重の時間的変化を示している。また、図-4(b)はコンクリートスラブ中央点のたわみの時間的変化を示し、図中太線は実験値、破線は全土圧集中荷重による解析値、細線は全土圧等分布荷重による解析値を表わしている。全土圧集中荷重を用いた解析値は実験値とかなり良く似た波形を示し、最大値もほぼ一致している。全土圧等分布荷重の場合には、解析値は実験値に対してかなり小さな値となっている。これは、解析に用いた正方形の荷重作用領域が実際の円形土圧作用領域より広く、その形も異なり、さらに最大たわみが生じる時間の土圧分布は落下点下周辺に集中しているために、スラブ中央点にかかる力を過小に評価していると思われる。よって、全土圧を分布荷重に換算して用いるには、荷重作用領域の適切な要素分割や実際の土圧分布により近い形の分布荷重を仮定する必要があると思われる、現在検討中である。

図-5(a)および(b)は、球底3.0tfの重錘を高さ10mから落下させた場合の図であるが、この場合も同じ傾向がみられる。また、この傾向は他の落下高さについても同様であった。さらに比較の意味で、重錘の受ける衝撃力を集中荷重として作用させた場合の解析値は、その波形、最大値とも全く異なり、良い結果は得られないことがわかった。

4. あとがき

以上より次のようなことがわかった。

- (1)土圧分布を評価し、作用荷重としたものを用いるべきである。
- (2)全土圧集中荷重を作用荷重として用いた解析値が最も良い実験値への近似となった。
- (3)本研究で仮定した等分布荷重では良い近似を得ることはできない。実際の土圧分布により近い形の分布荷重を作用させるべきである。

なお末尾ではあるが、本研究をすすめるにあたり多大な御協力をいただいた戸室隆彦氏(前金沢大学)に謝意を表する。

参考文献

- 1) 鷲津スー一郎他・有限要素法ハンドブックⅡ応用編、培風館、1983、pp 3-77
- 2) 金沢大学工学部土木工学部構造力学研究室：落石実験報告(I)、pp 75-82、1984-1

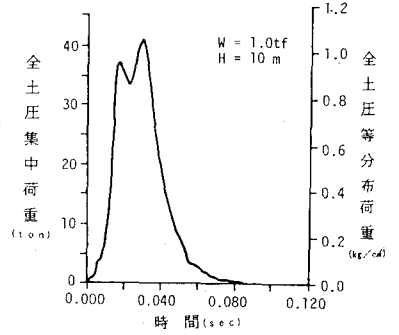


図-4(a) 各作用荷重の時間的変化

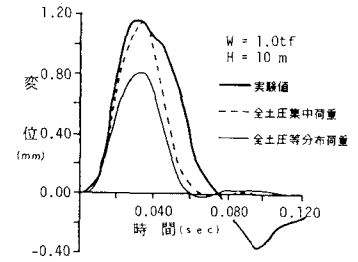


図-4(b) スラブ中央点のたわみ

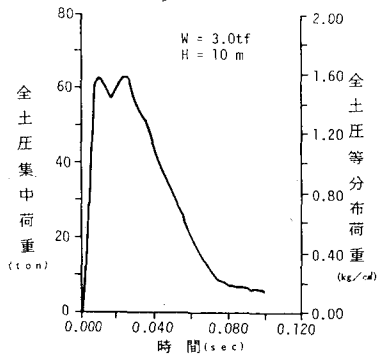


図-5(a) 各作用荷重の時間的変化

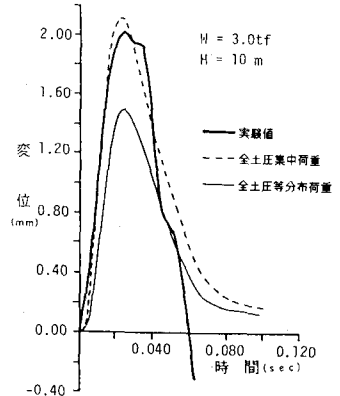


図-5(b) スラブ中央点のたわみ