

衝撃荷重による無筋コンクリート版の動的応答実験

○ 金沢工業大学 正会員 藤本一男
滋賀県庁 金子智彦
金沢工業大学大学院 小川哲史

1. はじめに

偶発的な飛来物の落下、衝突等の衝撃的荷重を受けるコンクリート構造物や落石防止覆の落石荷重に対する設計法の確立を目的に近年多くの研究が行われている。本研究は、無筋コンクリート版に対する鋼球による直接衝突実験を行い、コンクリート版の基本的応答特性を把握することを目的としている。ここでは、まず、弾性範囲の実験を行い、次いで衝撃破壊実験を行って、無筋コンクリート版の衝撃応答特性を実験的に求めたものである。

2. 実験方法

供試体は、厚さ 2cm, 3cm, 4cm, の 3 種類の無筋コンクリート版、コンクリート強度は 24.5N/mm^2 , 49N/mm^2 の 2 種類で半径 15cm であり、周辺は塩化ビニールパイプで囲っている。これらの供試体は上下の鋼製リングで挟み、上部リングとスチール架台の間をリバウンドしないように クランプで固定した。

載荷は 4 種類の質量の異なる鋼球を所要の高さに設置したマグネットホルダーに吸着させ、電源を切ることによって自由落下させて行った。また、弾性範囲の実験では、それぞれの鋼球の高さを変化させ、エネルギーが同一になるようにして落下させた。一方、計測項目は、円周方向のひずみおよび放射方向のひずみを供試体裏面で測定し、また、衝撃荷重および鉛直方向の加速度を測定するため、ロードセルおよび加速度計を供試体表面の所定の位置に設置した。なお、ロードセルの表面にゴム(厚さ 2mm)を添付した実験と、直接鋼球をロードセルに衝突させる実験を行った。図 1 は供試体の設置状況である。

一方、破壊実験は直径 78mm の鋼球(質量 1806g)を用いて高さ 500mm, 1000mm, 1900mm の 3 種類のエネルギーを変化させて実験した。この際は、衝撃荷重、加速度は測定せず、裏面中央の変位とひずみを測定した。変位の測定はレーザ式変位計によって非接触で行った。

3. 実験結果

(1) ゴムの有無によるコンクリート版の応答の相違

鋼球を直接ロードセルに衝突した場合とゴムを介して衝突した場合はその応答が大きく変化することはよく知られている。当然のことながら、鋼球とロードセルが完全剛体であるとし、衝突することによって、速度が瞬時にゼロになったとすると負の無限大の加速度が発生し、荷重は無限大になる。したがって、ゴムを貼り付けることによって、加速度が小さくなるため荷重も小さくなる。

すなわち、ゴムのない場合の荷重は極めて速い立ち上がりを示し、その大きさはゴムのある場合に比較して数倍にもなり、高周波成分が含まれることが観測された。図 2 は裏面中央のひずみの時間履歴を示したものである。この図から、ひずみも同様に速い立ち上がりを示し、過渡振動を示した後、定常振動が現れている

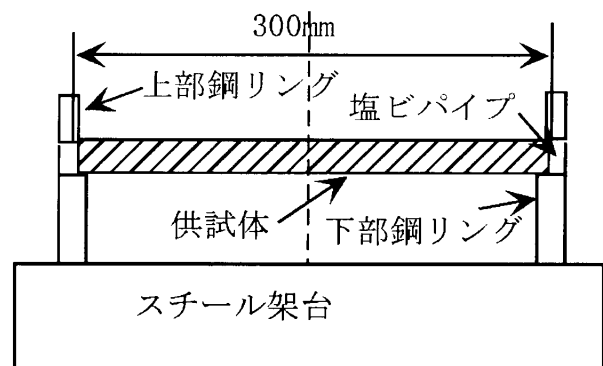


図1 実験装置

キーワード: 衝撃実験, 無筋コンクリート版, 裏面剥離

連絡先: 〒920-8501 石川県石川郡野々市町扇が丘 7-1 TEL 076-248-9582 FAX 076-294-6713

ことが分かる。一方、ゴムを貼り付けると荷重もひずみも緩やかに上昇し、その最大値も数分の一程度になる。

(2) 同一エネルギーによる応答特性

図3は衝突速度とひずみの最大値との関係を示したものである。すなわち、質量×高さを一定として速度を求めた実験結果であるが、傾向としてはやや速度が大きくなるとひずみは小さくなるようであるが、ほとんど明確な傾向ではない。若干ひずみ速度効果が現れているともいえるがこの範囲では一定であるといえる。すなわち、エネルギーが一定であればひずみの最大値はほとんど変化がないといえる。

(3) 破壊実験結果

破壊実験は直径78mmの鋼球を自由落下させて実施したが、ここではコンクリート版の裏面中央の変位を主として計測した。図4はコンクリート厚さと最大変位の関係を示す。厚さ20mmの場合は後述するように裏面剥離が発生したため、データは除いている。当然ながら厚くなれば最大変位は小さくなる。また、強度が大きくなれば、最大変位も小さくなるが、強度が倍になっているが、変位の減少量は約30%程度であり、コンクリートに飛翔体が衝突した場合の裏面剥離限界厚や貫通限界厚が強度の平方根に反比例することとよく似た傾向が示されている。

厚さ20mmのコンクリート版で高さ1900mmから1.8kgの鋼球を落下させた場合は裏面剥離が生じた。電力中央研究所の裏面剥離評価式⁹⁾を用いて裏面剥離限界厚差を求めると強度24.5N/mm²では3.35cm、強度49N/mm²では2.54cmとなり、いずれも裏面剥離限界厚より薄いので裏面剥離が生じた。

裏面剥離が生じた場合の裏面の中心から8cm位置の放射方向ひずみは圧縮ひずみであるが、4cmすなわち裏面剥離が生じる近傍では、初期に圧縮ひずみが極短時間生じて急激に引張りひずみになり、ゲージが切れてしまう減少が観測された。

また、その他の破壊実験では、クラックはいずれも円周方向の引張りひずみによって生じるために放射線方向のクラック発生している。さらに、クラックの発生状況は、表面よりも裏面に多く生じ、強度が弱いほど、厚さが薄いほど、またエネルギーが多くなるほど多くのクラックが発生することが分かった。すなわち、エネルギーはコンクリートのクラックを発生させることによって吸収していると考えられる。

4. おわりに

結果の概要は、衝撃緩衝材としてゴムを使用することで、すべての最大値は非常に小さくなり、また、同一エネルギーであればひずみの最大値はほとんど変化がないことが判明した。また、破壊実験ではほとんどの破壊は放射線方向のクラックが生じ、これによってエネルギーを吸収していると思われる。また、エネルギーがある程度の大きさになると、剥離現象が生じる。

参考文献

1) 構造物の衝撃挙動と設計法，土木学会，平成6年1月，pp125-128

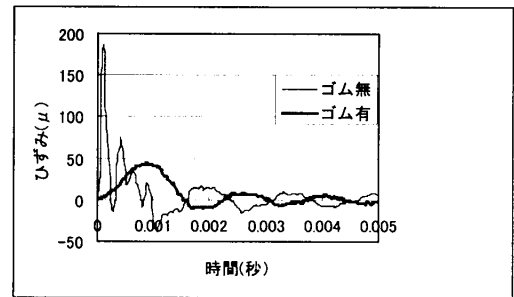


図2 裏面中央のひずみの時間履歴

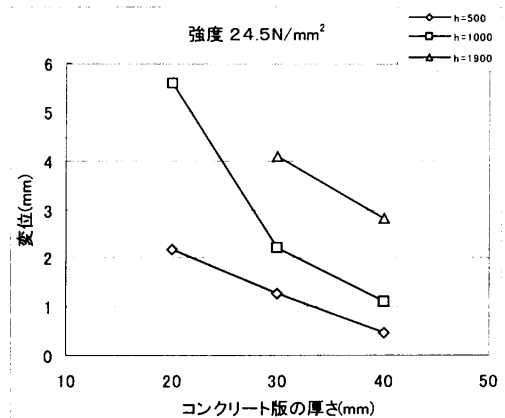
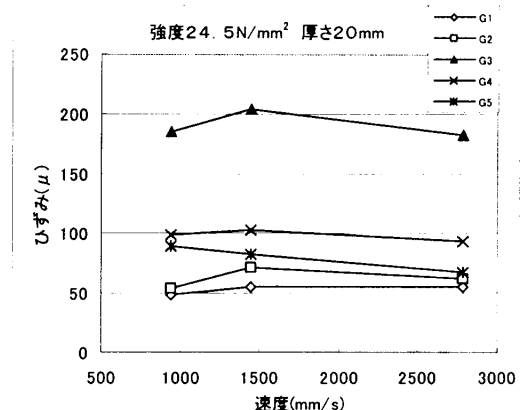


図4 破壊実験での中央の最大変位