

## ダイラタント流体材料の落橋防止システム用緩衝材への適用に関する基礎的検討

九州大学大学院 学生会員 ○矢部賢也, 九州大学大学院 正会員 梶田幸秀  
九州大学大学院 正会員 松田泰治, 九州大学大学院 正会員 山崎智彦

### 1. はじめに

橋梁の落橋防止構造と横変位拘束構造には、衝撃的な力の作用を緩和させるため緩衝材の設置が推奨されている。緩衝材としては、剛性が小さい天然ゴムや、天然ゴムに対してエネルギー吸収能力を向上させた積層繊維補強ゴム、構造形状でエネルギー吸収を行うハニカム型緩衝材などが開発されてきた。

ゴム製緩衝材の場合、一般的にゴムの圧縮ひずみが 50% から 60%を超えると剛性が急激に大きくなるため、落橋防止構造と上部構造が衝突する際において、上部構造の速度が速い場合、つまり、上部構造の運動エネルギーが大きい場合、十分な緩衝効果が得られない可能性がある。そこで、本研究では、物体の変形速度（せん断速度）に応じて剛性が変化する非ニュートン流体の中で、変形速度が速くなると剛性が高くなるダイラタント流体に着目した。図-1 に示すとおり、上部構造（衝突体）の载荷速度が遅い場合は全体が流体のままであるが、速度の速い上部構造が衝突した場合、上部構造と接触する部分のダイラタント流体は固化することで上部構造の動きに抵抗し、上部構造と接触しない部分（内部の部分）は、流体のまま剛性が小さい状態を保ち、力を緩衝することが期待される。そこで、落橋防止システム用緩衝材としてダイラタント流体を用いることができるかどうかを検討するため、本研究では、質量 127kg の重錘を衝突物体と見なした衝突実験を実施し、衝撃力緩衝効果について検討を行った。

### 2. 実験概要

写真-1 にゴム製緩衝材を用いた場合の実験状況を示す。ロードセルの上にコンクリート板と厚さ 12mm の鋼板を敷き、その上に、硬度 55 度、150mm 四方、厚さ 50mm のゴムを設置した。また、载荷側として重錘の下に、ロードセルと直径 85mm の円柱形の载荷板を設置した。重錘及びロードセル、载荷板の合計質量が 127kg である。図-2 に本実験で用いたゴムの静的圧縮試験結果を示す。初期剛性（圧縮変位 20mm までの線形剛性）は 5.6MPa である。

キーワード：ダイラタント流体, ダイラタンシー, ウーブレック, 衝撃吸収, 緩衝材

連絡先：〒819-0395 福岡市西区元岡 744 W2 1101 電話&FAX：092-802-3374

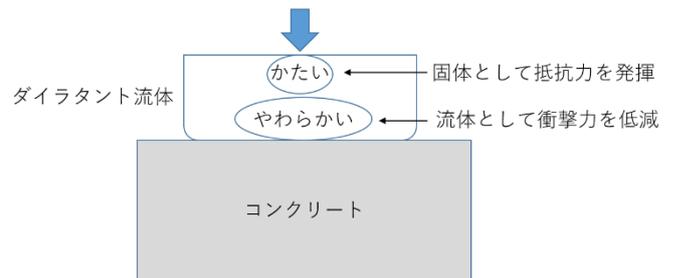


図-1 ダイラタント流体の衝撃吸収メカニズム

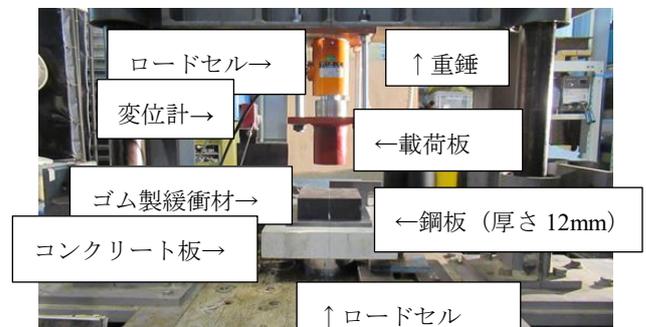


写真-1 実験状況

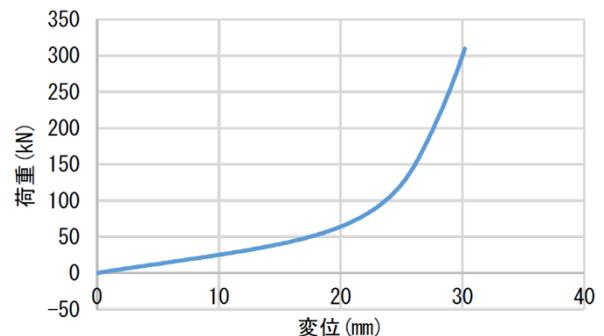


図-2 ゴムの静的圧縮試験結果

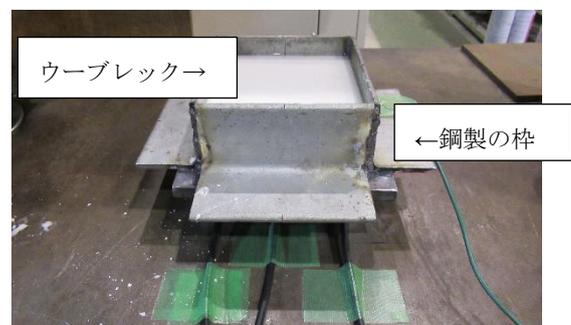


写真-2 ウーブレック試験体

続いて、ダイラタント流体として、本実験ではウーブレック（水溶性片栗粉）を用意した。水に対する片栗粉の重量比を 1.3 から 1.5 まで 0.1 刻みで変化させ 3 種類のウーブレックを作製した。これを写真-2 に示すように、内側寸法が 150mm 四方になるような鋼製の枠を作り、深さが 50mm になるようにウーブレックを枠の中に注ぎ込んだ。このようにして用意したウーブレックとゴム緩衝材に対して、合計質量 127kg の重錘を所定の落下高さから自由落下させ、重錘の変位とロードセルの荷重を計測した。計測時間間隔は  $1 \times 10^{-4}$  秒（1 万分の 1 秒）である。

3. 実験結果

図-3 に落下高さと衝突荷重の関係を示す。重量比 1.3 では落下高さ 100mm, 1.4 では 200mm, 1.5 では 300mm までのケースにおいては、ウーブレック中で載荷板が止まり、ゴムよりも高い緩衝効果が見られた。一方、それ以上の落下高さのケースでは、載荷板がウーブレック中で止まりきらず底の鋼板に衝突し、衝突荷重は大きくなっている。

図-4 から図-7 に時間と衝突荷重の関係を示す。ゴム緩衝材とは違い、ウーブレックではどの重量比においても、衝突からしばらくの間は、落下高さによる波形の違いは見られなかった。その後、載荷板が底の鋼板に衝突したケースでは、鋼板に衝突した際の荷重が大きくなる。

4. おわりに

今回の実験では、ある落下高さの衝突までは、ダイラタント流体であるウーブレックに高い緩衝効果があることが確認された。一方、ゴム緩衝材と同程度の寸法では、高荷重に耐えるのは難しいことがわかった。

謝辞：本研究は JSPS 科研費 JP18K18886 の助成を受けたものです。

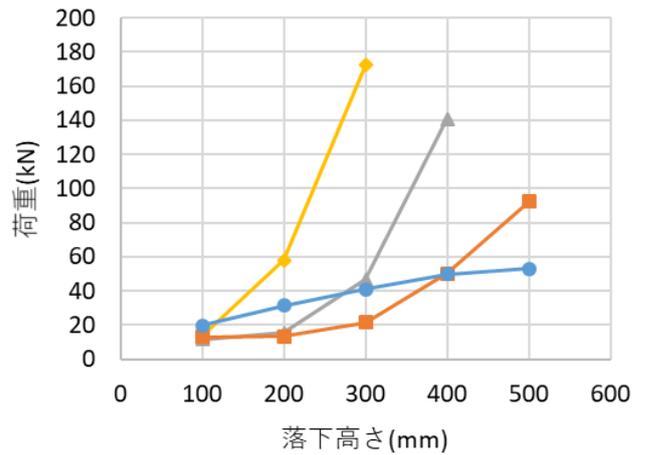


図-3 衝突荷重-落下高さ関係

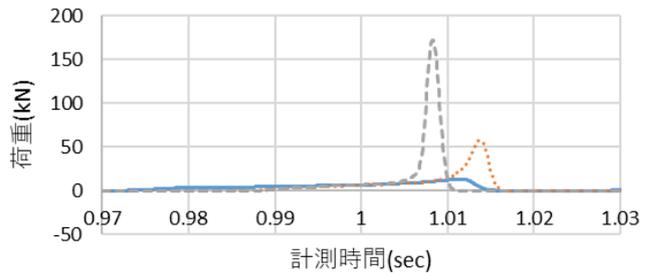


図-4 衝突荷重-時間関係（重量比 1.3）

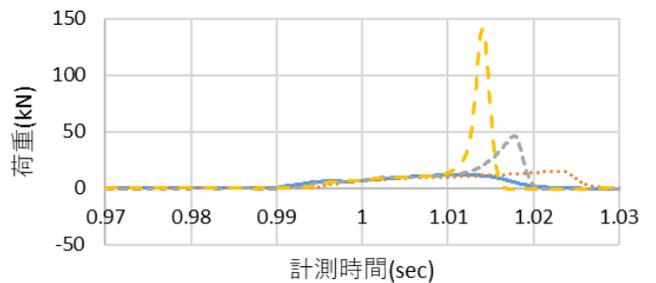


図-5 衝突荷重-時間関係（重量比 1.4）

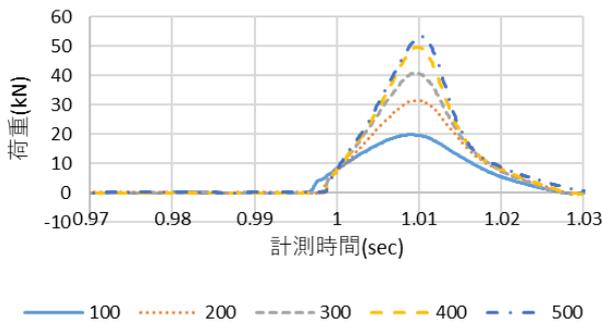


図-7 衝突荷重-時間関係（ゴム）

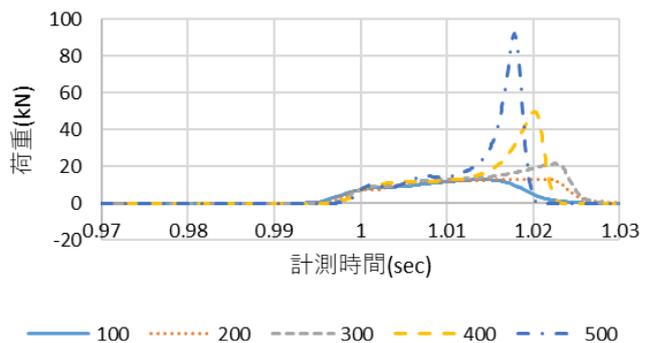


図-6 衝突荷重-時間関係（重量比 1.5）