

ダイラタント流体の落橋防止システム用緩衝材への適用に関する基礎検討

九州大学 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%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、まずは質量 534g の鉄球を衝突物体と見なした衝突試験を実施し、衝撃力緩和効果について検討を行った。

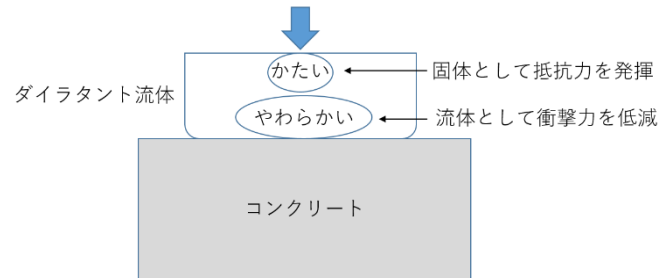


図-1 ダイラタント流体の衝撃吸収メカニズム

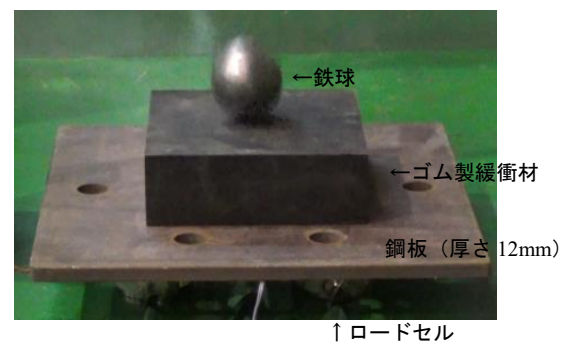


写真-1 実験状況

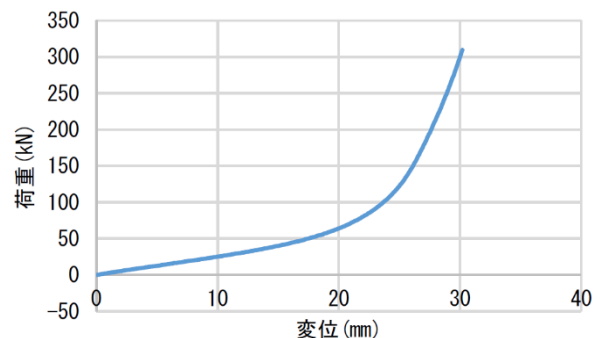


図-2 ゴムの静的圧縮試験結果

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。厚さ 12mm の鋼板の下にロードセルを 3 基設置し、鋼板が水平状態になるようにしている。続いて、硬度 55 度、150mm 四方、厚さ 50mm のゴムを鋼板の上に直に設置した。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。なお、ゴムについては、硬度 55 度で厚さが 10mm のゴムについても実験を行っている。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



写真-2 ウーブレック試験体

ック（水溶き片栗粉）を用意した。水に対する片栗粉の重量比を 1:1.3 としてウーブレックを作成した。これを写真-2 に示すように、内側寸法が 150mm 四方になるように、木製の枠を作りその中に薄いビニール袋（市販のゴミ袋）を敷いて、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、直径 50.8mm、質量 534g の鉄球（写真-1 参照）を所定の落下高さから自由落下させ、3 基のロードセルの合計荷重を計測した。計測時間間隔は 1×10^{-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。実験は各ケースで 4 回実施し、その平均値を衝突荷重として図-3 に示している。ゴム緩衝材、ウーブレックともに落下高さと衝突荷重はほぼ比例関係になることがわかった。また、ウーブレックを用いると、ゴム緩衝材の場合に比べて、衝突荷重は約 40% に低減されることが分かった。図-4 と図-5 に時間と衝突荷重の関係を示す。図-4 よりゴム緩衝材では、衝突継続時間が約 0.01 秒になるのに対し、図-5 よりウーブレックでは、衝突継続時間が約 0.02 秒と 2 倍になっていることが分かる。衝突継続時間が長くなったということは、本実験の範囲ではウーブレックは内部まで完全に固化しておらず、流体すなわち剛性の小さい部分が衝突時にも残っているといえる。衝突現象は運動量（力積）で評価されることが多いが、衝突継続時間が 2 倍になれば、力は半分になるため、ウーブレックを用いた際の衝突荷重がゴム緩衝材の場合に比べて低減されたといえる。

4. おわりに

今回の実験では、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。今回の実験は、衝突体の質量が 534g ととても軽いため、今後は質量 100kg 程度の重錘を用いた衝突試験を行い、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、検討を行っていく予定である。

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

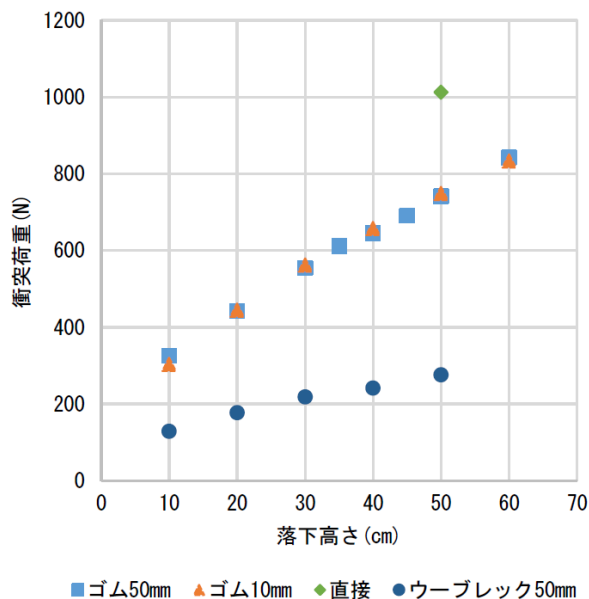


図-3 落下高さと衝突荷重の関係

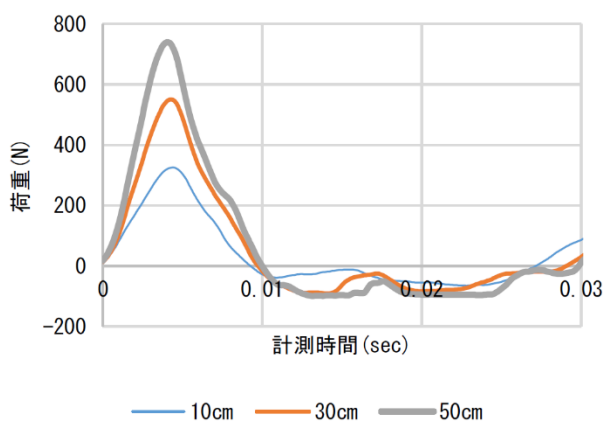


図-4 ゴムの衝突荷重-時間関係

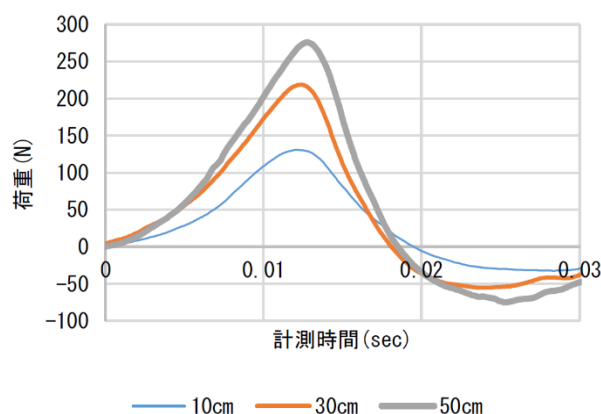


図-5 ウーブレックの衝突荷重-時間関係