

ダイラタント流体の厚さの違いによる衝撃力緩衝効果に関する基礎的検討

九州大学 学生会員 ○宮本大輝 九州大学大学院 正会員 梶田幸秀
九州大学大学院 フェロー会員 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及び横変位拘束構造は、これらに作用する衝撃的な力をできるだけ緩和できる構造とするため、緩衝材の設置が推奨されている¹⁾。

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。

過去の実験²⁾で、ダイラタント流体はゴム製緩衝材と同一サイズでは高荷重域において十分な緩衝効果が得られないということがわかっている。そこで、本実験では、重錘を衝突物体とみなした衝突実験をダイラタント流体の厚みを変えながら実施し、その厚みと衝撃力緩衝効果の関係について検討を行った。

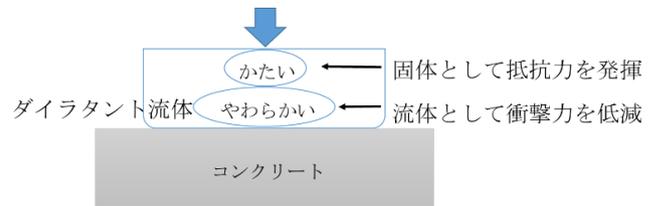


図-1 ダイラタント流体の衝撃吸収メカニズム

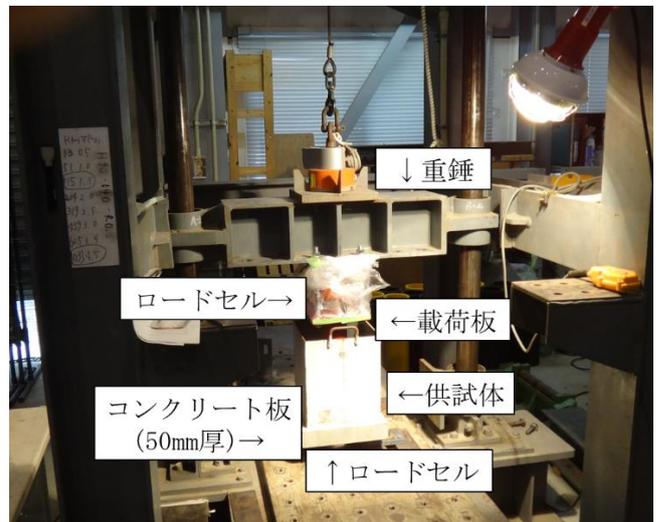


写真-1 実験状況

2. 実験概要

写真-1 に実験状況を示す。ロードセルの上に厚さ 50mm コンクリート板を敷き、その上に供試体を設置した。重錘は 127kg のものを用い、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。

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）を使用した。水に対する片栗粉の重量比を 1.5 として内側寸法 250mm 四方の容器に深さが 50mm, 100mm, 150mm となるように注ぎ込み、それぞれに対して所定の高さから重錘を自由落下させ、ロードセルの荷重を計測した。

3. 実験結果

表-1 に载荷板と容器底面との接触判定の結果を、図-2 に落下高さと最大衝突荷重の関係を示す。ウーブレ

表-1 载荷板と容器底面の接触判定

落下高さ(mm) \ 厚さ(mm)	50	100	150
	200	○	○
400	×	○	○
600	-	○	○
800	-	×	○
1000	-	-	○

○：接触せず ×：接触

ックの厚さが 50mm の場合は、落下高さが 400mm では、載荷板がウーブレック中で止まりきらず容器底面に衝突し、衝突荷重が大きくなっている。厚さが 100mm の場合では、落下高さが 600mm 以下、厚さが 150mm の場合では、落下高さが 1000mm 以下あればウーブレック中で完全に衝撃が吸収された。完全に衝撃が吸収された場合においては、ウーブレックの厚さの違いによる衝撃荷重の差はほとんどなかった。

図-3 に落下高さ 400mm、図-4 に落下高さ 800mm のときの時間と衝突荷重の関係を示す。落下高さ 400mm の場合においては、ウーブレックが完全に衝撃を吸収することができなかつた 50mm のケースでは、荷重が急激に大きくなっていることがわかる。これは、載荷板(円柱)が容器底面に接触したためである。衝撃を完全に吸収した 100mm と 150mm のケースでは、ほとんど違いは見られなかつた。落下高さ 800mm の場合においては、衝撃吸収できなかつた 100mm のケースでは荷重は急激に大きくなっている。また、完全に衝撃吸収することのできた 150mm のケースでもやや荷重が大きくなっている。これは、載荷板の貫入深さが大きくなったことにより、載荷板の根元の本来接触しない部分までウーブレックに貫入し、ウーブレックと載荷板の接触面積が大きくなったことが関係していると考えられる。

4. おわりに

過去の実験より、ダイラタント流体は、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く、ゴム緩衝材に明らかに優位性があるといえる。一方で、今回の実験でダイラタント流体の厚みを大きくすることで、より高荷重に耐えられるということが判明した。ダイラタント流体は、ゴム緩衝材と比べて材料費が安価であるため、設置場所に余裕がある場合においては、緩衝材として有効な材料となりうる可能性があるといえる。

今後は、流体解析ソフト OpenFoam を用いて、解析を行い、落橋防止システム用緩衝材への適用可能性について検討していく予定である。

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

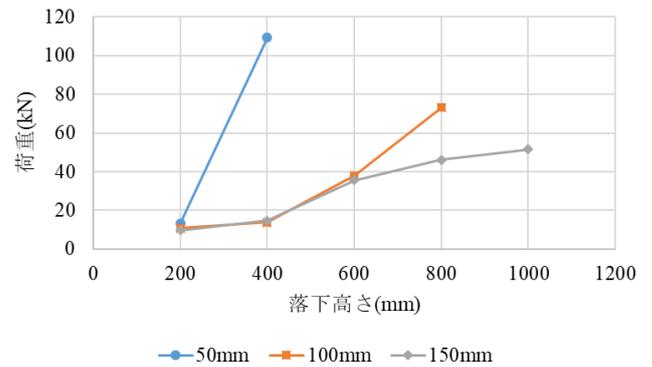


図-2 落下高さと最大衝突荷重の関係

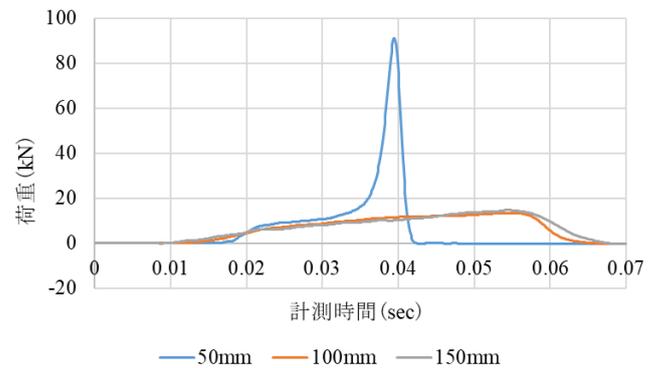


図-3 時間と衝突荷重の関係(落下高さ 400mm)

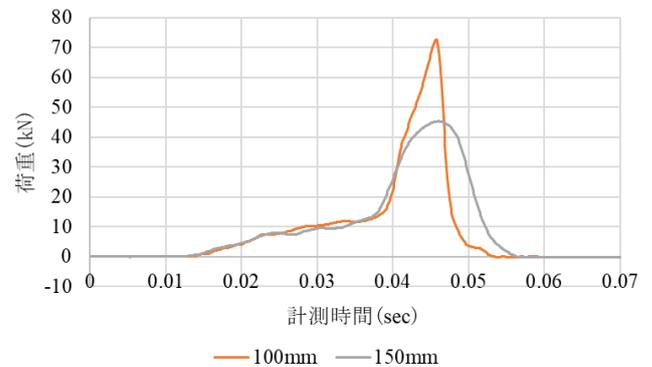


図-4 時間と衝突荷重の関係(落下高さ 800mm)

参考文献

- 1) (公社)日本道路協会：道路橋示方書V耐震設計編，2017
- 2) 矢部賢也，梶田幸秀，山崎智彦，松田泰治：落橋防止用緩衝材への適用を目指したダイラタント流体材料に対する重錘落下実験，第22回橋梁等の耐震設計シンポジウム，2019