

重鎮落下試験結果によるダイラタント流体の剛性に関する一考察

九州大学 学生会員 志賀弘健 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

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大きくなるダイラタント流体に着目した。ダイラタント流体を用いた落橋防止システム用緩衝材の適用可能性を橋梁全体系の解析によって検討する際に、ダイラタント流体の剛性を決定する必要がある。そこで、本研究では、重錘を衝突物体とみなした衝突実験¹⁾をダイラタント流体の厚みを変えながら実施し、その厚みと重錘の落下高さ（重錘の衝突速度）がダイラタント流体の荷重変位関係に与える影響について検討し、剛性の設定方法について考察した。

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 の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 の円柱形の載荷板を設置した。

ダイラタント流体として、本実験ではウーブレック（水溶き片栗粉）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。

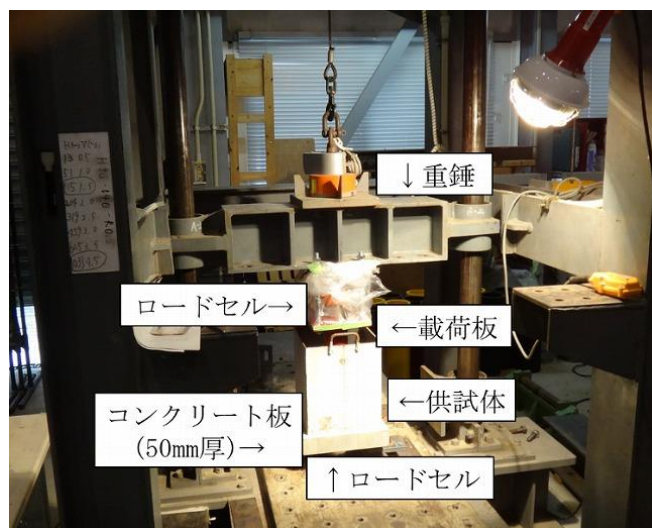


写真-1 実験状況

3. 実験結果

表-1 に載荷板と容器底面との接触判定の結果を示す。表-1 からダイラタント流体の厚さが増すほど、より大きな衝突エネルギーを吸収できることが分かる。容器底面と接触しなかった厚みと重錘の落下高さの条件のダイラタント流体の荷重変位関係から剛性を定め、その値を比較して検討を行った。最大荷重もしくは硬化直前までの荷重変位関係を一次近似した直線の傾きを初期剛性と定義し、硬化が見られる場合は、硬化直後から最大荷重までの荷重変位関係を一次近似した直線の傾きを硬化後の剛性と定義した。表-2 に各条件での剛性の値を示す。

表-1 載荷板と容器底面の接触判定

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

○：接触せず ×：接触

表-2 各条件での剛性

厚さ(mm)	落下高さ(mm)	落下高さ(mm)							
		200	400	600		800		1000	
				初期剛性	硬化後剛性	初期剛性	硬化後剛性	初期剛性	硬化後剛性
50	0.424	×	-	-	-	-	-	-	-
100	0.191	0.168	0.169	2.812	×	-	-	-	-
150	0.122	0.134	0.138	1.563	0.148	1.940	0.155	1.402	-

(単位：kN/mm)

図-1 に落下高さ 200mm, 図-2 に落下高さ 400mm, 図-3 に落下高さ 600mm のときの荷重変位関係を示す。落下高さ 200mm や 400mm といった衝撃速度が小さい場合においては、ダイラタント流体の厚さに関わらず重錘がダイラタント流体中で停止するまで剛性は一定であったが、落下高さ 600mm と衝撃速度が大きい場合においては、衝突初期の剛性は一定で、とある変位を超えると、剛性はより大きな一定値に変化した。同一の落下高さ

で、ダイラタント流体の厚さを変えた場合、厚みが増すほど剛性が小さくなる傾向がみられた。また、落下高さ 600mm といった衝突速度が大きく、剛性が変化する場合においても、厚さが増す方が衝突初期と変化後の剛性は小さくなった。

図-4 にダイラタント流体の厚さ 100mm, 図-5 に厚さ 150mm のときの荷重変位関係を示す。厚さ 100mm と 150mm の剛性が大きく変化する変位は、衝突速度に関わらず、それぞれ 91mm と 94mm と各厚さでほぼ同じ変位となった。同一の厚さで、衝突速度を変えた場合、衝突速度に関わらず、ダイラタント流体の荷重変位関係は同様の変移を辿った。

以上より、本実験条件の範囲内において、重錘が容器底面に衝突せず、ダイラタント流体中に停止する場合については、重錘の衝突速度やダイラタント流体の厚さにかかわらず、荷重（衝突力）と変位の関係は直線もしくは 2 つの直線で表すことができることが判った。特に、ダイラタント流体の厚さが同じの場合、重錘の衝突速度を変化させても初期剛性、硬化後の剛性ともにほぼ同じになり、本実験では厚さ 150mm のダイラタント流体の場合は、初期剛性を 0.140kN/mm 、硬化時の変位を 94mm、硬化後の剛性を 1.635kN/mm と設定すれば、橋梁全体系解析を実施することができることが判った。

4. おわりに

全体系解析を実施するには、ダイラタント流体を用いた落橋防止システム用緩衝材の厚さを設定した後、その厚さにおける衝突初期の剛性と変化後の剛性と剛性が変化する際の変位を、解析に用いるダイラタント流体の荷重変位関係として設定する必要がある。

今後は、解析ソフト OpenSees 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。

参考文献

- 1) 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

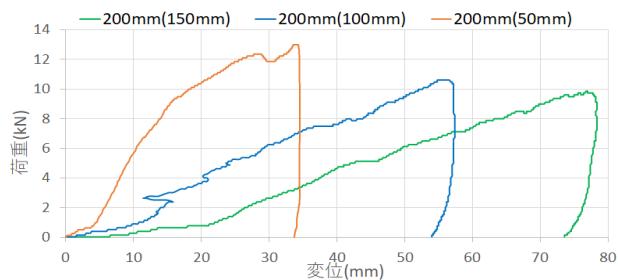


図-1 落下高さ 200mm における各荷重変位関係

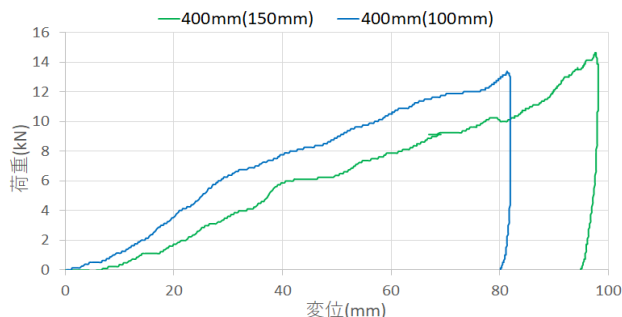


図-2 落下高さ 400mm における各荷重変位関係

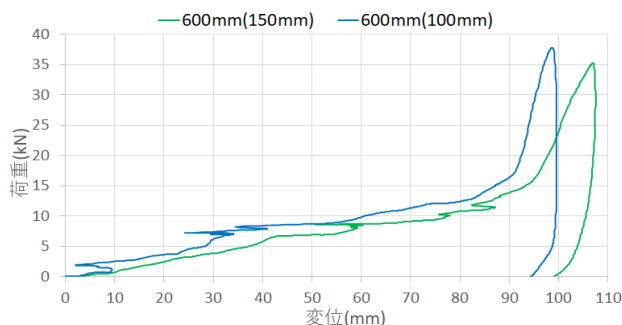


図-3 落下高さ 600mm における各荷重変位関係

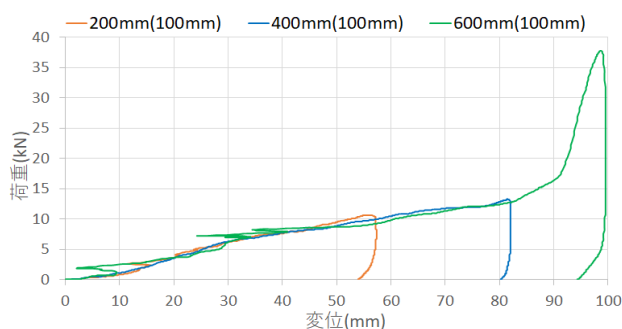


図-4 厚さ 100mm における各荷重変位関係

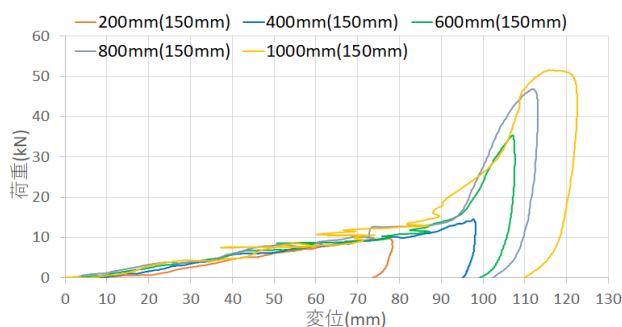


図-5 厚さ 150mm における各荷重変位関係