

ダイラタント流体を緩衝材とした RC 板に対する重錘落下実験

九州大学 学生会員 今泉壮真 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

著者らはこれまで物体の変形速度（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、ほぼ剛体とみなせるコンクリート塊の上にダイラタント流体を設置し、ダイラタント流体の特性だけに着目した重錘落下実験を実施した¹⁾。本研究では、ダイラタント流体が緩衝材としての機能を有するのかどうかを確認するため、鉄筋コンクリート板（以下、RC板）に対して重錘落下実験を行ったものである。

2. 実験概要

RC板は、長さ900mm、幅300mm、厚さ100mmとし、支間長を800mmとしてローラー支点上に設置した。図-1に示す位置に鉄筋（鋼種SD345、直径9.53mm）を3本配置している。写真-1に示す状態で事前に静的載荷実験を実施したところ、図-2のような荷重-変位関係を得ることができ、荷重39kNで大きく剛性が低下することがわかった。

重錘落下実験では、前述の通り、支間長800mmに設定したローラー支点上に設置し、写真-2に示すように、重さ127kgの重錘（ロードセルや載荷治具など含めた重さ）を所定の高さから落下させ実験を行った。緩衝材として、縦、横150mm四方、厚さ50mmのクロロプレンゴムと縦、横300mm四方、厚さ50mmのダイラタント流体（水溶き片栗粉）を準備した。なお、緩衝材の断面積を一致させたかったが、載荷治具の関係で、150mm四方の容器は準備できず、また、事前の研究結果では、ダイラタント流体の断面積を変化させても荷重低減効果は変わらないことを確認していたため、ダイラタント流体の断面を300mm四方とした。計測項目は重錘に設置したロードセル、RC板スパン中央でのたわみ、ひずみ、加速度、真ん中に配置した鉄筋のスパン中央位置と150mm位置でのひずみ、である。

なお、載荷に当たっては、同一供試体を用いた漸増載荷であり、一回一回、供試体を処女状態にはしていない。

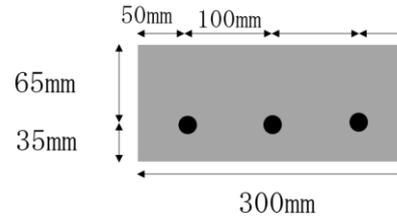


図1 RC板断面

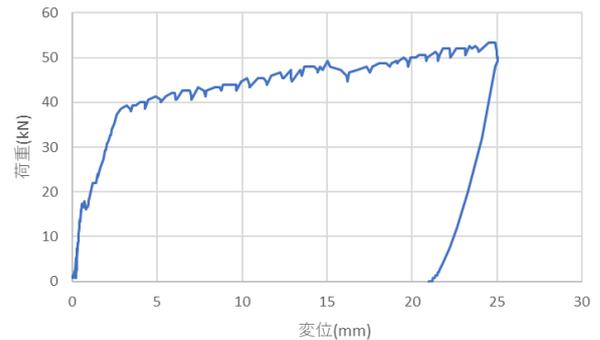


図2 変位と荷重の関係



写真1 静的載荷実験の状況



写真2 重錘落下実験の状況

3. 実験結果

緩衝材が無い場合、ゴム、ダイラタント流体を設置した場合の重錘の落下高さと重錘のロードセルで計測し

た荷重の関係を図-3 に示す。緩衝材が無い場合は落下高さ 50mm (重錘衝突速度 1.05m/s) で RC 板の損傷が大きく、そこで試験を終了した。一方、ゴムを設置した場合は、落下高さ 400mm (重錘衝突速度 3.04m/s)、ダイラタント流体を設置した場合は落下高さ 450mm (重錘衝突速度 3.12m/s) で荷重が 39kN を迎えており、緩衝材として緩衝効果を発揮していることがわかる。過去の研究では、ダイラタント流体中で重錘の速度がゼロになり、重錘がダイラタント流体を設置した容器の底に設置しなかったときは、ゴムよりも高い荷重低減効果を、重錘がダイラタント流体を設置した容器の底に到達したときは、ダイラタント流体は荷重低減効果を発揮せず、ゴムよりも大きな衝突力が発生していた。しかし、本実験では、落下高さ 350mm をよりも高くなると重錘がダイラタント流体を設置した容器の底に到達したが、それでも落下高さ 500mm までは、ゴムよりも高い荷重低減効果を発揮していることが分かった。この理由については RC 板そのもののたわみによって衝撃が吸収されたためと考えられる。図-4 に RC 板の最大たわみと重錘のロードセルの最大荷重の関係を示す。同じ荷重の時、ダイラタント流体を緩衝材とした時の方が変位は小さいため、ゴムより荷重低減効果が大いと言える。

次に、写真に実験終了時 (落下高さ 550mm の実験終了時) の RC 板側面のひび割れ状況を示す。ゴムの場合は 100mm の時からひび割れが発生している。一方でダイラタント流体では落下高さが 300mm になるまでひび割れが発生していなかった。これにより、ダイラタント流体は容器底面に当たるまでは衝撃を吸収する能力が高いということが分かった。

4. おわりに

RC 板を主構造物として、ダイラタント流体材料の緩衝効果について検討するために重錘落下実験を行った。本実験で得られた知見は下記の通りである。(1)ダイラタント流体中で重錘が止まった場合はこれまでの実験同様、ゴムよりも高い荷重低減効果を示し、また、重錘がダイラタント流体を設置した容器底面に接触したとしてもしばらくはゴムよりも高い荷重低減効果を示すことが分かった。(2) ひび割れ発生状況については、容器底面に接触するまで発生せず、接触後徐々に発生していくことがわかった。

参考文献：1) 梶田幸秀, 矢部賢也, 宮本大輝, 山崎智彦, 松田泰治: ダイラタント流体による落橋防止システム用緩衝材への適用を目指した重錘落下実験, 第 12 回構造物の衝撃問題に関するシンポジウム論文集, 論文 No. 4, 2019

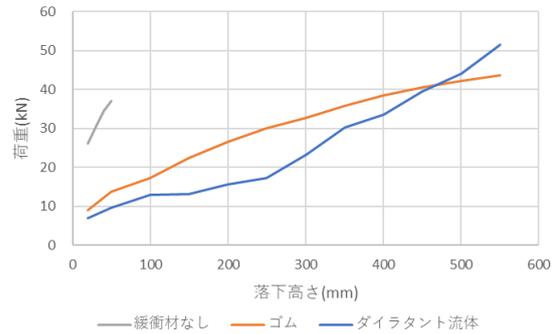


図 3 落下高さと荷重の関係

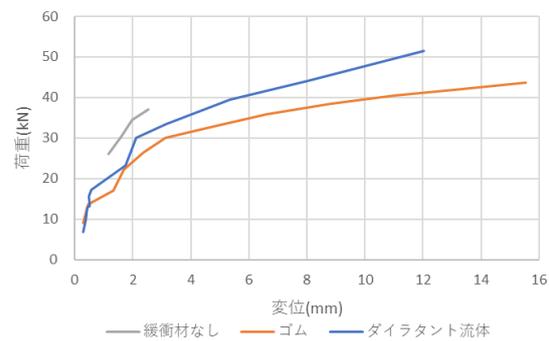


図 4 変位と荷重の関係



写真 3 ひび割れの様子(上：ゴム
下：ダイラタント流体)