

水中におけるRC柱部材の動的応答特性に関する実験的研究

埼玉大学大学院 学生会員 ○早坂 雅俊
埼玉大学大学院 正会員 牧 剛史

1. はじめに

地震動などの動的外力を受けるRC部材の動的応答特性は、既往の研究により静的応答特性と若干異なることが知られているが、現行の耐震設計は静的復元力特性や静的載荷試験による評価に基づいて行われている。また、河川橋梁などの水中に存在する構造物についても同様の設計が行われているが、水中に存在するRC柱部材の動的応答特性について検討された事例はほぼ皆無である。本研究は、水が動的性状に及ぼす影響を明らかにすることを目的として、低振幅での繰返し載荷の有無、軸力の有無、破壊モードをパラメータとしたRC柱試験体の動的水平正負交番載荷試験を行った。

2. 試験概要

使用したRC柱試験体(図-1)は、断面寸法が300mm×300mm、有効高さ $d=260$ mm、載荷点高さ $a=1050$ mm、せん断スパン比 $a/d=4.0$ とした。柱断面にはD13鉄筋を16本配し、帯鉄筋にはD6鉄筋を使用した。試験体の破壊形式は曲げ破壊型とせん断破壊型の2種類とし、帯鉄筋間隔はそれぞれ50mm、150mmとした。曲げ耐力の計算値はA・Bシリーズで103～110kN、C・Dシリーズで120～136kNであり、せん断曲げ耐力比はA・Bシリーズが1.9～2.0、Cシリーズは1.8、Dシリーズは1.1である。試験ケース一覧を表-1に示す。いずれのシリーズも試験体を2体ずつ準備し、気中および水中にて載荷を行った。水中載荷を行う場合は、柱基部にアクリル製水槽を設置し、柱基部から390mm(=1.5 d)まで水を満たし、24時間後に水を満たした状態で試験を行った。

載荷は同一振幅2回繰返しの漸増正負交番載荷とし、振幅は7mmピッチで漸増させた。載荷変位速度の最大値が載荷装置の最大能力である200mm/secとなるよう、各振幅において載荷周波数を変化させた。B、Dシリーズでは、予備載荷として振幅が7、10.5、14mmの動的載荷をそれぞれ10回繰返した後に本載荷を行った。C、Dシリーズでは、PC鋼棒を用いて95kNの軸圧縮力を加えた状態で載荷を行った。

3. 試験結果

(1) 荷重-変位関係

各試験体の荷重-変位関係の包絡線を図-2に示す。各シリーズにおいて気中と水中で比較を行った結果、Cシリーズにおいて水中載荷での終局変位の低下が見受けられ、他のシリーズにおいては気中と水中の差

表-1 試験ケース一覧

シリーズ	破壊形式	軸力	低振幅繰返し
A ¹⁾	曲げ	なし	なし
B	曲げ	なし	あり
C	曲げ	あり	なし
D	せん断	あり	あり

・各シリーズにつき、気中／水中で実施
・動的載荷（最大変位速度200mm/sec）

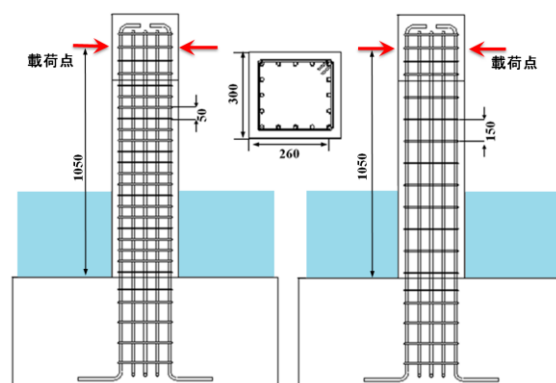


図-1 試験体概要図(左:曲げ破壊型,右:せん断破壊型)

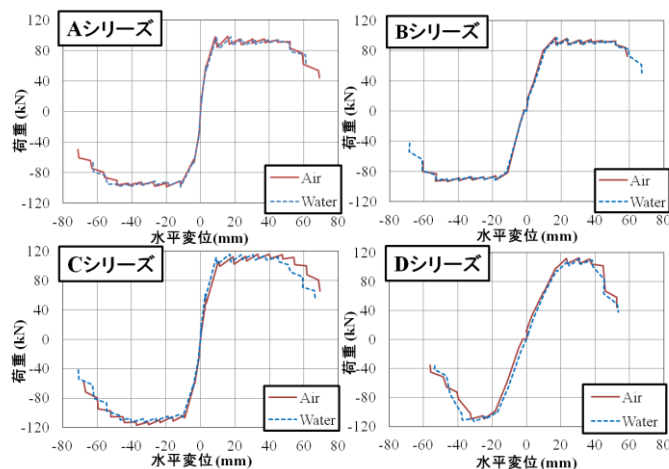


図-2 荷重-変位関係の包絡線（本載荷時）

キーワード:動的応答特性, 水中, RC柱試験体, 動的水平正負交番載荷試験

連絡先:〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255 埼玉大学大学院理工学研究科

は見受けられなかった。これは、図-3で示すように、ひび割れが閉まる時の間隙水圧の増大やひび割れが開く時の負圧の増大が発生したことにより、コンクリート部材の損傷が進行しやすくなったためと考えられる。

(2) 鉛直方向変位

荷重-変位関係において若干の差異が見られたCシリーズについて試験体の水平変位と鉛直変位の関係を図-4に示す。水中ケースにおいて、鉛直変位の減少が顕著に見られたが、これは軸圧縮力が加わったことによって、振幅が増大してもひび割れがより閉口しやすくなり、間隙水圧や負圧の増大に伴ってかぶりコンクリートの剥落が進行しやすくなったものと推測される。

(3) 減衰性状

Cシリーズにおける等価減衰定数 h_{eq} と変位の関係を図-5に示す。いずれのサイクルにおいても水中ケースの等価減衰定数が大きい傾向が見られた。(1),(2)と同様に軸力载荷に伴う水の影響の増大が考えられ、間隙水圧や負圧がひび割れ開閉に抵抗する力として作用し、その抵抗力が減衰力として働いたためと考えられる。

(4) コンクリートのひび割れ開閉速度

試験体基部に埋め込んだ全長60mmのモールドゲージの計測結果から、ゲージを横切るひび割れが一本であったと仮定してひび割れ開閉速度を算出したところ、ひび割れ開閉速度は動的载荷時において降伏前は1~3mm/sec、降伏時は5~8mm/secとなった。荷重-変位関係、鉛直方向変位、減衰性状で気中と水中で差が確認されたCシリーズにおいてもひび割れ開閉速度に大きな差は確認されなかったが、ひび割れ開閉速度は5mm/s程度生じており、今回の試験条件においては、ひび割れ開閉速度5mm/sec程度で水の影響が生じるものと推察される。

4. まとめ

RC柱の動的応答に及ぼす水の影響について検討した結果、低振幅の繰返し回数や破壊形式の影響は顕著に見受けられなかったが、軸圧縮力を作用させたケースにおいては気中と比較して水中での終局変位の低下や鉛直変位の低下、減衰定数の増加が見られ、降伏後の靱性能の若干の低下が確認された。これはひび割れ開閉時に生じ得る水の影響が、軸圧縮力の作用によって大きくなったものと推測される。この際、柱基部コンクリートにおけるひび割れ開閉速度は5mm/sec生じており、本研究の実験条件では、5mm/sec程度で水の影響が生じると考えられる。

なお、本研究で設定した最大変位速度は200mm/secであり、実地震動に部材に生じ得る変位速度に比べて小さかったため、気中と水中のケース間で顕著な差が生じなかったことも想像される。したがって、今後はより大きな载荷速度における検討が必要である。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金・基盤研究S(研究代表者：前川宏一(東京大学))により行われたことを付記する。

参考文献

- 1) Basit, S., Maki, T. and Maekawa, K.: Dynamic response behavior of reinforced concrete column under water, The 67th Annual Conference of the Japan Society of Civil Engineers, JSCE, CS4-069, 2012.9

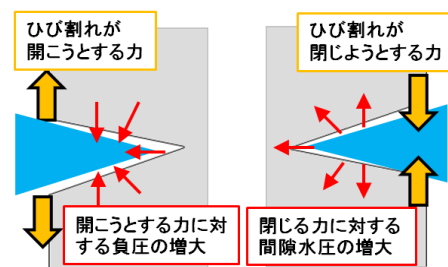


図-3 ひび割れ開閉に及ぼす水の影響

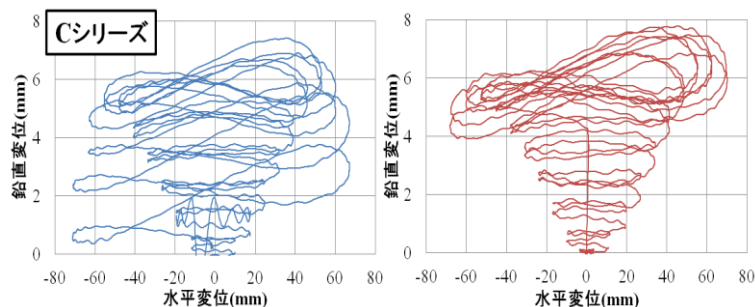


図-4 水平変位と鉛直変位(左:水中,右:気中)

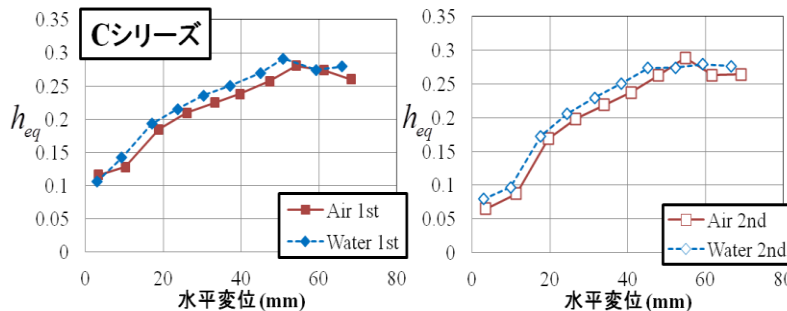


図-5 等価減衰定数(左:1サイクル目,右:2サイクル目)