

静水圧環境下における RC 部材の変形挙動に関する研究

中央大学 学生会員 ○畠山 大輝 中央大学 正会員 大下 英吉

1. はじめに

近年，海洋構造物や地下構造物等のコンクリート構造物の利用が注目されている．代表的事例として，地下施設や水中トンネル等が挙げられる．従来，海洋構造物や地下構造物等のコンクリート構造物の変形挙動を考える際，大気中のコンクリートの力学特性を適用していた．しかしながら，コンクリート構造物を水深数百メートルのような深海等に施工すると，構造物に作用する水圧はMPaオーダーとなるため，水中環境下におけるコンクリート構造物の変形および力学的特性の解明が必要不可欠である．また，静水圧環境下におけるRC部材の曲げ挙動に及ぼす静水圧の影響評価は重要であるが，ほとんど実施されておらず詳細な解明が必要である．

本研究では，静水圧環境の模擬が可能である浸透劣化装置を用いて，各種静水圧下におけるRC部材の変形挙動に及ぼす静水圧の影響の評価を行うことを目的とした．

2. 鉄筋とコンクリートの付着挙動

(1) 実験概要

試験体の形状寸法および配筋は図-1に示すように，15×15×34cmの角柱形状であり，その中央に図-2に示すD16(SD295A)異形鉄筋が配筋されている．コンクリートは鉄筋とコンクリート端部から上部7cm，下部4cm出るように打設し，鉄筋上部2cmはねじ切り加工を施し，定着長は23cmである．鉄筋の軸方向ひずみ測定方法であるが，使用した鉄筋は断面に示すように鉄筋を軸方向に切断した2対の鉄筋片断面に2×4mmの溝を掘ったものであり（以降，貼り合わせ鉄筋と称す），その溝に所定の間隔で貼付したひずみゲージを使用して計測する．鉄筋とコンクリート界面における間隙水圧の測定は，上述した鉄筋の溝に内部を水で充填したステンレスパイプの先端を鉄筋表面（鉄筋とコンクリート界面）に設置することで実施した．なお，パイプの先端の開口部のセメント微粒子の目詰まりを防止するために綿栓を設置した．

定吐型水源により水槽内に 1MPa の水圧を持続的に作用させるという静水圧環境を模擬した状態で，載荷試験は図-1 の試験体および引抜治具を水槽内に設置するこ

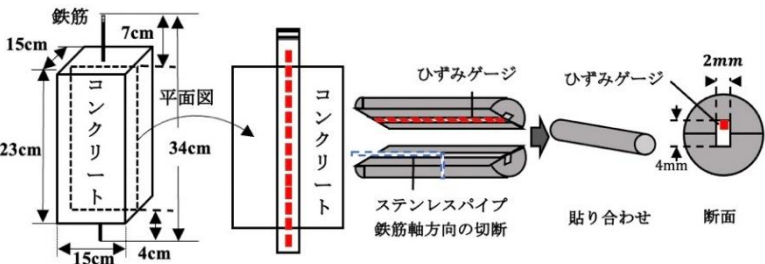


図-1 試験体概要 図-2 貼り合わせ鉄筋概

表-1 実験パラメータ

試験体	静水圧(MPa)	水セメント比(%)	空気量(%)
P0.0-W60-A4	0.0	60	4
P0.5-W60-A4	0.5	60	4
P1.0-W60-A8	1.0	60	8
P1.0-W50-A4	1.0	50	4

とで実施した．

(2) 実験パラメータ

実験パラメータは，表-1 に示すように作用静水圧および細孔空隙径である．

(3) 試験体方法

試験体は打設後 24 時間の時点で脱型し 2 日間水中養生を行った．材齢 3 日の時点で所定の静水圧を作用させ，載荷試験を行った．なお，試験体 P0.0-W60-A4 は脱型後，3 日間の水中養生を行った後，引抜試験を行った．試験体 P0.5-W60-A4 および試験体 P1.0-W60-A8 は静水圧作用時間を同一に設定し，鉄筋境界面への水の浸透現象が十分に生じる状態で載荷試験を実施した．

(4) 付着応力性状

各試験体における付着応力-すべり関係を図-3 に示す．なお，図中の朱書きの実線は次式で示す島式¹⁾であり，青色で示す点は実測値である．

$$\tau = 0.9f_c'^{2/3}(1 - e^{-40(S/D)^{0.6}}) \tag{1}$$

ここで， τ ：局所付着応力(MPa)

f_c' ：コンクリートの圧縮強度(MPa)

S ：鉄筋とコンクリートの相対変位(mm)

$\varnothing$ ：鉄筋の直径(mm)

静水圧を作用させない試験体 P0.0-W60-A4 は図(a)に示す通り島式とほぼ一致した．一方，静水圧を作用させた同図(b)～(d)では，付着応力は大幅に低下しており，この

キーワード 曲げ強度 間隙水圧 付着応力

連絡先 112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部都市環境学科コンクリート研究室 TEL：03-3817-1892

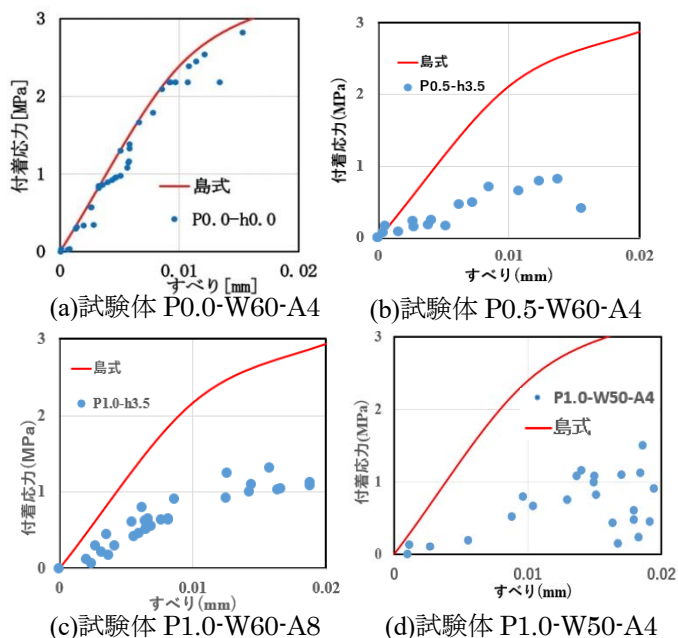


図-3 付着応力

傾向は作用水圧が大きく、作用時間が長いほど顕著である。これは、鉄筋とコンクリートの界面における水圧が分離圧として作用しているためである。すなわち、鉄筋とコンクリート界面において分離圧が増加するにしたがって、付着応力-すべり関係は島式に比べて大幅に低下する。

3. 曲げ挙動

(1) 実験概要

試験体寸法は、図-4に示すようにcase1,2,3に関してはコンクリート端部で厚さ10mmのプレートを用いて鉄筋を定着した（プレート定着）。一方、case4,5,6に関しては、示方書に準じた定着長とした。

試験は、静水圧環境下を模擬するために浸透劣化装置を用いて定吐型水源により水槽内に水圧を持続させた状態で曲げ载荷試験を実施した。

(2) 実験パラメータ

曲げ载荷試験におけるパラメータは、表-2に示すように作用静水圧および定着手法である。

4. 実験結果

荷重と変位の関係は図-5に示す通りである。静水圧载荷を行ったcase5,6は静水圧载荷しないcase4と比べて最大荷重が低下した。これは、2章で示したように静水圧载荷により鉄筋とコンクリート界面に水が浸透し、それが分離圧として作用することで、鉄筋とコンクリートの一体性が低下したことによる。一方、プレートを定着した試験体においては、静水圧载荷を行ったcase2,3では静水圧载荷しないcase1に比べて最大荷重が上昇した。これは、プレート定着部以外の領域における鉄筋とコンクリート

の付着が消失することにより、曲げからせん断に破壊モードが移行したことによるものである。

表-2 実験パラメータ

	水中養生期間(日)	静水圧(MPa)	静水圧载荷期間(日)	プレート
case1	17	0	14	○
case2	17	0.7	14	○
case3	26	0.7	14	○
case4	14	0	14	×
case5	14	0.5	14	×
case6	14	1	14	×

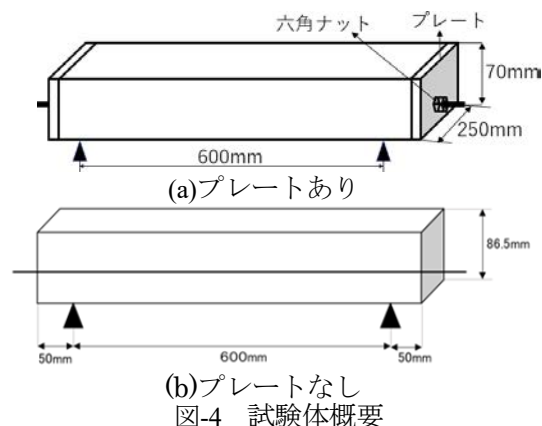


図-4 試験体概要

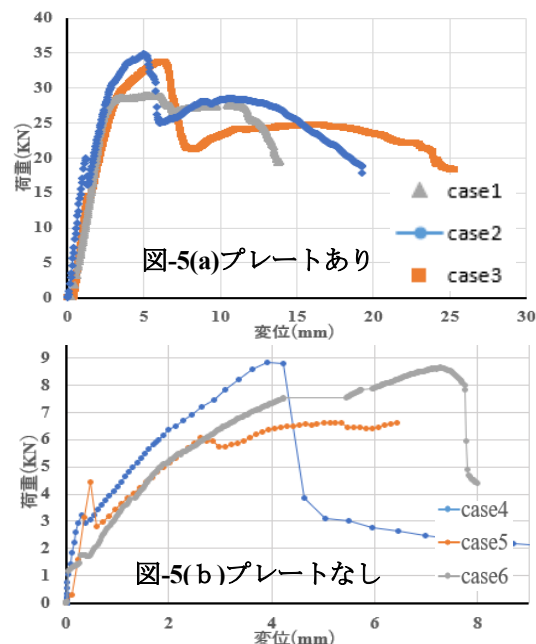


図-5 荷重変位関係

5. まとめ

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- (1) 水の浸透現象が十分に生じた試験体の付着応力-すべり関係は島式に比べて大幅に低下する。
- (2) 付着応力の低下により、コンクリートと鉄筋の一体性が消失し最大荷重が低下する。

参考文献

- 1) 島他:マッシュなコンクリートに埋め込まれた異形鉄筋の付着応力-すべり-ひずみ関係,土木学会論文集第 378 号,V-6,pp165-174 鈴木綾, 高田翔太, 大下英吉:鉄筋とコンクリートの付着性状に及ぼす鉄筋腐食の影響に関する研究,土木学会第 67 回年次講演会, 2012.