

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、大深度海洋構造物や地下構造物など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などが挙げられる。これらのコンクリート構造物においては水圧が荷重としてコンクリート表面に直接作用することになる。従来、大深度海洋構造物や地下構造物における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。

そこで本研究では、静水圧環境を模擬すること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てあり、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、使用した鉄筋は同図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などの目詰まりを防止する為に綿栓を設置した。試

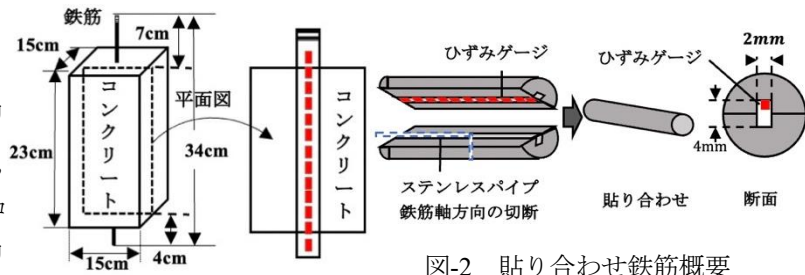


図-1 試験体概要

図-2 貼り合わせ鉄筋概要

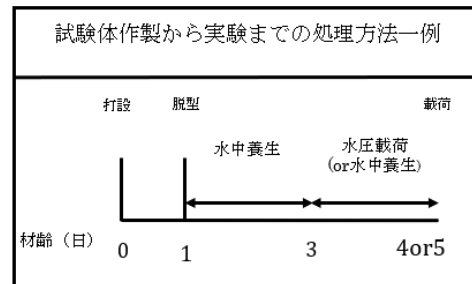


図-4 試験体の処理方法

| 試験体名称 | 静水圧 (MPa) | W/C (%) | Air (%) | 作用時間 (hour) | 圧縮強度 (N/mm ²) |
|-------------|-----------|---------|---------|--------------------|---------------------------|
| P0.0-W60-A4 | 0.0 | 60 | 4 | 24.0 ^{*1} | 18.5 |
| P0.5-W60-A4 | 0.5 | 60 | 4 | 3.5 | 17.6 |
| P1.0-W60-A8 | 1.0 | 60 | 8 | 3.5 ^{*2} | 18.1 |
| P1.0-W50-A4 | 1.0 | 50 | 4 | 46.0 | 20.6 |

*1 水中養生時間

表-1 実験パラメータ

*2 水圧作用時間

験体は打設後24時間の時点で脱型し水中養生を行った。その後、所定の静水圧を作用させ、引抜試験を行った。

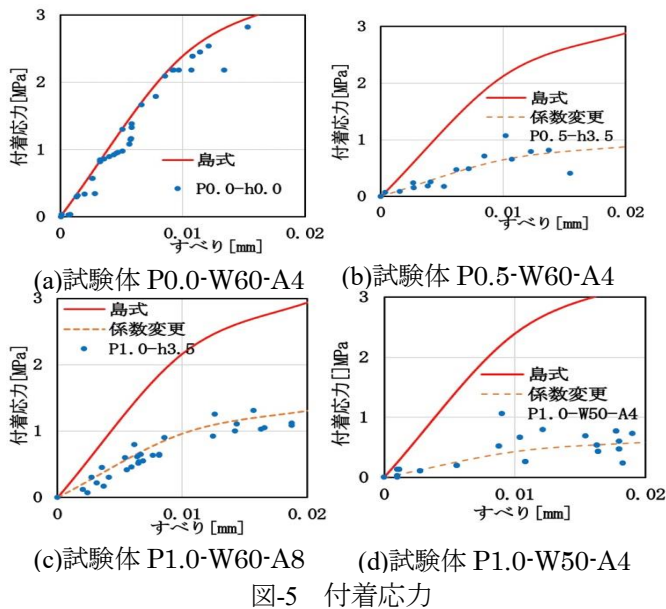
静水圧環境下を模擬するため、浸透劣化装置を用いて、定吐出型水源により水槽内に1MPaの水圧を持続的に作用させた状態において、載荷試験が可能である。水槽は内径800mm、高さ600mmのステンレス製であり、その中央部に試験体および引抜治具を設置する。本装置を三軸試験機内に設置してピストンに荷重を載荷することにより水槽内の試験体に荷重を載荷することが可能となる。

(2) 実験パラメータ

実験パラメータを表1に示す。静水圧0.0MPa、0.5MPa、1.0MPa、水セメント比を50%、60%、空気量を4%、8%と設定した。試験体名称は、Pは静水圧値、Wは水セメント比、Aは空気量の値を表している。

キーワード 曲げ強度 間隙水圧 拘束効果

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



(3) 試験体処理方法

試験体の処理方法を図-4 に示す。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、引抜試験を行った。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 と試験体 P1.0-W60-A8 は静水圧作用時間を同じ時間に設定し (3.5hr)、鉄筋境界面部分への水の浸透現象が生じている状態で引抜試験を、試験体 P1.0-W50-A4 は空隙内部に生じる水圧 (分離圧) の大きさが付着応力に及ぼす影響を明確にするために、静水圧を長時間作用させた。

(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-5 に示す。なお、図中の赤色の実線は島式¹⁾(1)であり、青色の点線は実測値である。

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

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)

ϕ : 鉄筋の直径(mm) である。

静水圧を作用させていない試験体 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図-5(b)~(d)では、付着応力は大幅に低下しておりこの傾向は作用水圧が大きく、その時間が長いほど顕著である。これは鉄筋とコンクリートを界面における水圧が分離圧として作用するとともに水の等方性によりひずみ勾配が小さいことによる。また、各試験体ともに実測値は島式と大きな差異がある結果となった。

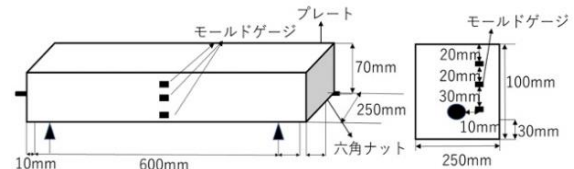


図-6 試験体概要

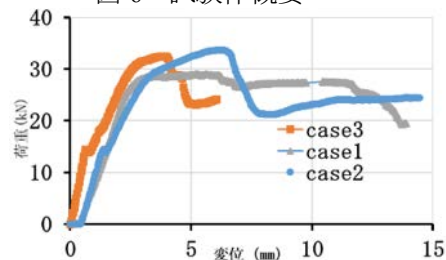


図-7 荷重と変位関係

表-2 実験パラメータ

| | 水中養生期間(日) | 静水圧(MPa) | 静水圧載荷期間(日) |
|-------|-----------|----------|------------|
| case1 | 17 | 0 | 14 |
| case2 | 17 | 0.7 | 14 |
| case3 | 26 | 0.7 | 14 |

3. 曲げ挙動

(1) 実験概要

試験体寸法は図-6に示すような640mm×250mm×100mmの角柱形状である。支点距離は600mmとした。鉄筋は図2に示したD16(SD295A)貼り合わせ異形鉄筋を使用した。なお試験は表2に理論値を示したように曲げ破壊先行型にした。

測定項目は、鉄筋ひずみ、コンクリートひずみおよび鉄筋とコンクリート界面に生じる間隙水圧であり、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出型水源により水槽内に水圧を持続させた状態で静的試験実施した。設置方法は2.1節に同じである。

(2) 実験パラメータ

曲げ載荷実験は、表-2に示すように静水圧(MPa)および水中養生させる時間を実験パラメータとした。

4. 実験結果

荷重と変位の関係は図-7に示す通りであり、静水圧を作用させないcase1では表-2に示した理論値に比べて若干大きな値であるが曲げ破壊を生じた。一方静水圧を作用させたcase2, 3では鉄筋とコンクリート界面に水が浸透することで2章に示した付着劣化が起り、破壊モードが曲げ破壊からせん断破壊へと移行し、その結果、強度が大きくなったと考えられる。

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.