

## 高水圧下におけるコンクリートの破壊挙動に関する実験的考察

東京工業大学 学生会員 ○ 堀 尚  
 東京工業大学 学生会員 中村 麻美  
 東京工業大学 正会員 千々和 伸浩  
 東京工業大学 正会員 岩波 光保

### 1. 背景および目的

近年メタンハイドレートやレアアースなどの海底資源が着目を浴びている。しかし、これらの資源が埋蔵されているのは水深 1000-5000m の海底であり、水圧に耐えるだけの特別な配慮が必要となる。採掘プラットフォームの更なる設計合理化と安全性向上を図る意味で、コンクリートが深海底のような超高水圧下に置かれた際に、どのような挙動を示すのかを実験的に解明することを試みることにした。

### 2. 実験方法

#### (1) 供試体概要

高水圧作用がコンクリートに与える影響を多面的に分析するため、供試体の水セメント比、骨材有無、空気量、形状、寸法、補強の有無を変えた供試体を用意した。各試験体の概要は表-1 に示すとおりである。

#### (2) 載荷条件

載荷は高水圧加力装置を用いて行った。この試験装置では装置内の水圧を 50MPa (水深 5000m 相当) まで上昇させることが可能である。本研究実験では手動ポンプにより、加力開始から約 2 分間の時間をかけて圧力を最大まで上昇させた。

### 3. 実験結果

全実験結果を表-1 に示す。

表-1 試験体の概要および実験結果

W/C	67%		50%		40%	
空気量(計算上)	5%	10%	5%	10%	5%	10%
形状	円柱					
補強	なし					
細骨材	なし					
破壊形態	角部が破壊または破壊なし	角部が破壊または破壊なし	角部または側面中央部が破壊	角部または側面中央部が破壊	破壊なし	角部および側面中央部が破壊

W/C	56%		53%					
空気量(計測値)	17%		12%					
形状	円柱	球	円柱			球	円錐	
補強	なし		帯鉄筋(大)	帯鉄筋(小)	らせん	なし	なし	
細骨材	あり		なし					
破壊形態	破壊なし	破壊なし	針金の内側まで破壊	針金に沿って破壊。側面及び針金の内側は破壊せず	針金に沿って破壊、針金の内側は破壊せず	角部および側面中央部が破壊	一部にひび割れ	底面の角部が破壊

キーワード 深海底, コンクリート, 超高水圧作用

連絡先 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1 緑が丘 1 号館 512 号室 TEL 03-5734-3194



図-1 円柱型試験体破壊形態



図-2 円錐型試験体破壊形態

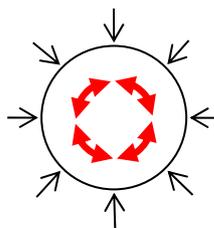


図-3 球面における作用合力

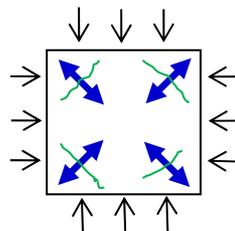


図-4 鋭角部付近における合力とひび割れ



図-5 繰返し加圧後の楕円状破壊面



図-6 補強試験体破壊形態

## 4. 考察

### (1) 水セメント比の影響

W/C=50%の供試体では角部や側面中央部で破壊が観測されたが、W/C=67%の供試体ではほとんど破壊が確認されなかった。この違いは空隙の粗密に起因するものと考えられる。即ち W/C=67%の試験体では空隙が疎であり、細孔構造を破壊せずに水が内部まで進むため破壊が生じにくく、W/C=50%の試験体では細孔が緻密であったために、水圧によって細孔が破壊されたものと考えられる。

### (2) 細骨材の影響

細骨材を入れた供試体に破壊が生じなかった。この理由のひとつは緻密な細骨材の体積占有率が増えたことによる水への遮蔽効果であり、もうひとつの理由は骨材混入に伴う比較的粗大な内部空隙(粗大空隙や遷移帯領域)の増加と考えられる。特に後者の機構により、セメント硬化体の細孔骨格に作用する水圧が低減されたことが破壊をまぬがれた要因であると考えられる。

### (3) 形状による違い

破壊は主として角部で発生し、曲面ではあまり発生しなかった(図-1, 図-2)。水圧は面に対して直角に作用する。球面に作用する水圧を球の表面で面積分すると、半径方向の力は相殺し合い、球表面方向に沿った力が圧縮力として残ることになり、全体として引張力が発生せずひび割れが発生しない(図-3)。しかし円柱のように角がある場合、この部分には引張応力が発生し、それがひび割れの起点となり、破壊が進行することになると考えられる(図-4)。

### (4) 繰返し载荷による破壊形態の変化

円柱型試験体に高水圧を作用させた時、破壊は底面周囲の角部と側面高さ中央部に発生した(図-1)。その後の加圧と除荷を更に1回行ったところ、破壊が進行し楕円球状の破壊面が観測された。更に1回、加圧除荷を行うと更に剥離が生じ、楕円球状の破壊面が露呈した(図-5)。これは(3)で示したように角部では水圧が相殺されず、残存した引張応力が作用したためであり、加圧-除荷を繰り返されることで徐々に角が欠損し、引張応力が発生しにくい楕円球状に破壊していくものと考えられる。

### (5) 補強の形態による影響

供試体のかぶり小さいほど大きな破壊が生じ、補強よりも内側の部分はほとんど破壊されなかった(図-6)。補強材(針金)とコンクリートとの界面部分に粗大な空隙形成されており、ここに水が浸入してひび割れの起点となったことと、補強よりも内部のコンクリートは補強の拘束効果により引張応力が抑制されたことが、このような破壊形態となった理由と考えられる。

## 5. 結論

高水圧作用環境下におけるコンクリートの破壊形態は、コンクリートの微細空隙構造の微小な差異によって大きく変化することが分かった。今後は高水圧载荷装置による実験と解析による現象再現とを組み合わせ、コンクリートの空隙構造の特性分析を進める予定である。