

## シリカフェームコンクリート供試体の塩害に関する一実験

立命館大学理工学部 正員 児島孝之 正員 尼崎省二 正員 高木宣章  
 明石工業高等専門学校 正員 角田 忍 京都大学 正員 宮川豊章

1. はじめに 若手コンクリート研究会・海洋コンクリート構造物ワーキンググループでは、各種コンクリート供試体の暴露実験を、関西地区の海象条件の異なる3箇所で行い、継続的にひびわれ調査、自然電位、分極抵抗、音速などの測定を行なっている。

本研究は、当研究会の暴露実験の内、明石市西岡地区に暴露していたシリカフェームコンクリート供試体が鉄筋腐食により損傷したので撤去し、曲げ載荷試験を実施した。更に、コンクリートの細孔径分布、塩化物イオン量、pH値の測定、鉄筋の腐食状況の観察を行ない、シリカフェームコンクリートの塩害に対する抵抗性について検討したものである。

2. 実験概要 実験条件を表1に示す。高炉セメントB種(比重 3.05)、国内産シリカフェーム(SF、比重 2.22,  $SiO_2=85.4\%$ , 比表面積  $20.7 m^2/g$ )、野洲川産川砂(比重 2.56,  $FW=3.11$ )、野洲川産川砂利(比重 2.60,  $MS=20mm$ )を使用した。鉄筋は黒皮付き異形丸鋼(SD30, D10)を使用した。コンクリートの配合を表2に示す。SFはセメント重量に対する内割でスラリーとして混入し、SFの混入によるワーカビリティの低下は、高性能減水剤により調整した。練り混ぜ用の海水はJIS A 6205-1982 に規定されている塩分溶液を使用した。供試体寸法は  $12 \times 12 \times 118 cm$ 、本数は各シリーズ2本である。鉄筋腐食が進行したため、暴露2年2ヶ月で水結合材比40%(海水練り)と60%(水道水練り)を、暴露3年11ヶ月で水結合材比60%(海水練り)の供試体を撤去し、曲げ載荷試験後各種の測定を行なった。曲げ載荷方法は、中央集中載荷(試験スパン 90cm)と対称2点載荷(曲げスパン 20cm、せん断スパン 35cm)とした。はり中央部のたわみと上下縁より2cmの位置でのひずみをひずみゲージとコンタクトゲージで測定した。コンクリートの塩化物イオンは、風乾試料(0.15mm以下)を希釈、煮沸、冷却後、市販の塩分計で簡易測定した。pH値は風乾試料(0.15mm以下)を希釈後、市販の pH 計で測定した。細孔径分布は、試料をアセトン処理し 60°C で炉乾燥した後、圧力制御で水銀圧入試験を行なうことにより求めた。

3. 実験結果および考察 暴露9ヶ月でスペーサー部のひびわれが観察され、暴露1年11ヶ月で、かぶり10mmの供試体全てに鉄筋腐食による軸方向ひびわれが観察された。水結合材比が小さく、海水練りしたSFコンクリートほど鉄筋腐食が著しい傾向にあった<sup>1)</sup>。曲げ載荷試験結果を表3に、曲げモーメントとたわみの関係を図1に示す。鉄筋腐食による損傷度と曲げ載荷試験後のひびわれ状況の一例をを図2に示す。腐食度はH(赤さびの盛り上がったもの)、L(わずかに腐食の認められるもの)、M(HとLの間)の3段階に評価した。鉄筋腐食の激しい供試体(40-30-10-塩、60-

表1 実験条件

| シリーズ       | W/(C+SF)<br>(%) | SF量<br>(%) | かぶり<br>(mm) | 練り混ぜ<br>水 |
|------------|-----------------|------------|-------------|-----------|
| 40-0-10-塩  | 40              | 0          | 10          | 海水        |
| 40-30-10-塩 | 40              | 30         | 10          | 海水        |
| 60-0-10-水  | 60              | 0          | 10          | 水道水       |
| 60-30-10-水 | 60              | 30         | 10          | 水道水       |
| 60-0-10-塩  | 60              | 0          | 10          | 海水        |
| 60-30-10-塩 | 60              | 30         | 10          | 海水        |
| 60-30-25-塩 | 60              | 30         | 25          | 海水        |

表3 曲げ載荷試験結果

| シリーズ       | 載荷方法         | 供試体No | $M_{cr}$ | $M_{ult}$ |
|------------|--------------|-------|----------|-----------|
| 40-0-10-塩  | 中央集中<br>対称2点 | 72    | 22.50    | 63.90     |
|            |              | 73    | 17.50    | 62.13     |
| 40-30-10-塩 | 中央集中<br>対称2点 | 75    | 31.50    | 55.80     |
|            |              | 74    | 17.50    | 52.50     |
| 60-0-10-水  | 中央集中<br>対称2点 | 69    | 22.50    | 57.60     |
|            |              | 68    | 19.25    | 50.05     |
| 60-30-10-水 | 中央集中<br>対称2点 | 70    | 29.25    | 58.50     |
|            |              | 71    | 21.00    | 63.00     |
| 60-0-10-塩  | 中央集中<br>対称2点 | 77    | 29.25    | 49.05     |
|            |              | 76    | --       | 48.65     |
| 60-30-10-塩 | 中央集中<br>対称2点 | 78    | 22.50    | 45.45     |
|            |              | 79    | 18.00    | 46.35     |
| 60-30-25-塩 | 中央集中<br>対称2点 | 80    | 22.50    | 51.75     |
|            |              | 81    | 27.00    | 48.13     |

注) 曲げモーメントの単位: tf・cm

表2 コンクリートの示方配合

| シリーズ       | W/(C+SF)<br>(%) | s/a<br>(%) | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |     |      | 混和剤(%) |     |     | スラング<br>(cm) | 空気量<br>(%) |
|------------|-----------------|------------|--------------------------|-----|-----|-----|------|--------|-----|-----|--------------|------------|
|            |                 |            | W                        | C   | SF  | S   | G    | AE 剤   | S   | P   |              |            |
| 40-0-10-塩  | 40              | 39         | 150                      | 375 | 0   | 666 | 1058 | 0.07   | 0.5 | 6.2 | 3.3          |            |
| 40-30-10-塩 | 40              | 39         | 150                      | 263 | 112 | 693 | 1101 | 0.07   | 3.5 | 8.5 | 2.2          |            |
| 60-0-10-水  | 60              | 43         | 150                      | 250 | 0   | 779 | 1049 | 0.045  | 0   | 6.0 | 4.0          |            |
| 60-30-10-水 | 60              | 43         | 150                      | 175 | 75  | 813 | 1095 | 0.045  | 2.5 | 6.0 | 1.5          |            |
| 60-0-10-塩  | 60              | 43         | 150                      | 250 | 0   | 779 | 1049 | 0.045  | 0   | 8.5 | 5.8          |            |
| 60-30-10-塩 | 60              | 43         | 150                      | 175 | 75  | 813 | 1095 | 0.045  | 4.0 | 7.0 | 1.8          |            |

注) 60-30-25-塩の配合は、60-30-10-塩と同じ  
 SP: 高性能減水剤、混和剤は(C+SF)重量に対して使用

Takayuki KOJIMA, Shoji ANASAKI, Nobuaki TAKAGI, Shinobu KAKUTA and Toyoaki MIYAGAWA

30-10-塩)は、鉄筋腐食の少ない供試体より曲げ耐力が小さく、大きなたわみを示した。荷重の増加に伴い、主鉄筋に沿うひびわれの進展が顕著になった。特に、暴露期間が長く鉄筋腐食の著しい供試体(60-30-10-塩)は、初期荷重からたわみが大きく、主鉄筋に沿うひびわれの進展が著しかった。

はり下面から2cmの区間のコンクリートの細孔径分布の一例を図3に示す。水結合材比40%、60%ともSFを30%混入することにより全空隙量は減少し、内部組織は緻密になっていることが推察される。

はり下面から2cm毎に簡易測定した塩化物イオン量の一例を図4に示す。コンクリート表面から2~4cmの間は、SFの混入により外部から浸透する塩化物イオン量が著しく減少した。しかし、かぶりが1cmでは、SFの効果は少なく鉄筋腐食は進行していた。暴露期間の長い水結合材比60%の塩水練りでは、SFを30%混入してもかなり大きな塩化物イオン量を示した。

コンクリートのpH値と中性化深さを表4に示す。SFを混入していないコンクリートのpH値は水結合材に無関係に12.2~12.4であった。SFを混入するとポゾラン反応によりpH値は10前後へと低下し、鉄筋腐食に対する抵抗性の面からはマイナスに作用した。中性化深さは、SFを混入していないコンクリートでは水結合材比の増加に伴い大きくなるが、SFコンクリートはポゾラン反応によりpH値が10前後に低下するためフェノールフタレイン法では判別できるほど赤変せず、測定は不可能であった。

鋼材腐食を促進する意味で、かぶりを1cmと非常に小さくし、人工海水練りしたSFコンクリートは、SFを混入していないコンクリートより鋼材腐食に対する抵抗性が低下する傾向にあった。

参考文献 1) 崔義秀、尼崎省二、高木宣章、宮川豊章、“シリカフェウムコンクリート供試体の海洋環境下での暴露試験” 土木学会第43回年次V部門、p.268~269、1988

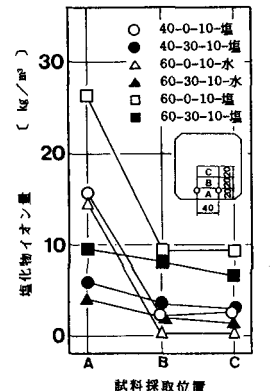


図4 塩化物イオン量

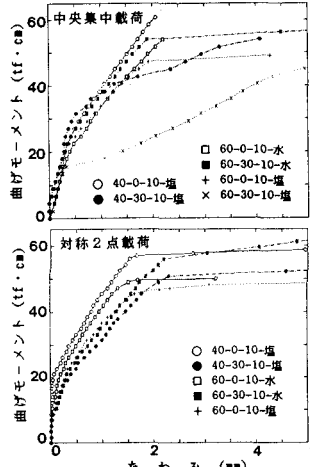


図1 曲げモーメントとたわみの関係

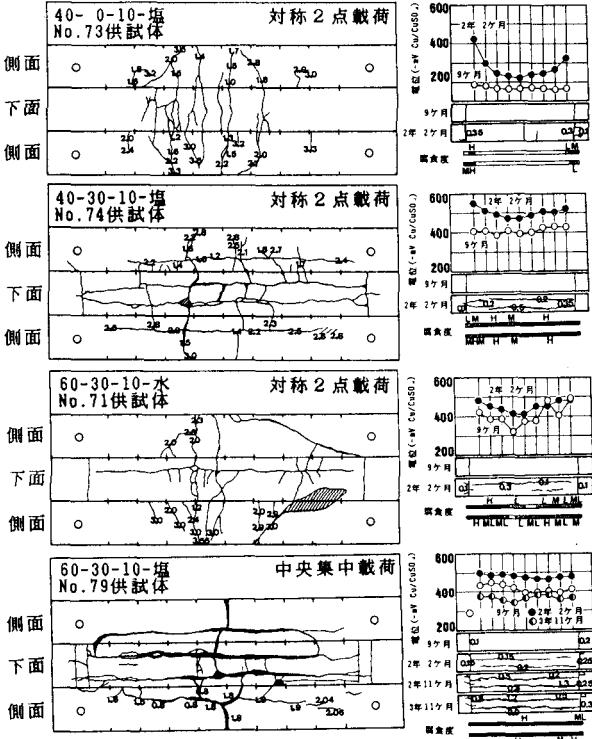


図2 供試体損傷度と曲げ載荷試験後のひびわれ状況

表4 コンクリートのpH値と中性化深さ

| シリーズ       | pH値  | 中性化深さ(mm) |     |
|------------|------|-----------|-----|
|            |      | 平均        | 最大  |
| 40-0-10-塩  | 12.4 | 1.1       | 3.9 |
| 40-30-10-塩 | 10.6 | ---       | --- |
| 60-0-10-水  | 12.4 | 4.2       | 9.2 |
| 60-30-10-水 | 10.4 | ---       | --- |
| 60-0-10-塩  | 12.2 | 4.5       | 7.4 |
| 60-30-10-塩 | 9.7  | ---       | --- |
| 60-30-25-塩 | 10.0 | ---       | --- |

注) \*: フェノールフタレイン法で測定不可

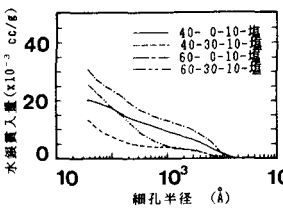


図3 細孔径分布の一例