# 光ファイバセンサによるコンクリートの凍害劣化評価に関する検討

太平洋セメント(株) 正会員 ○城出 真弥 早野 博幸 江里口 玲 落合 昂雄

#### 1. 目的

コンクリートの耐凍害性は、室内試験では一般的に相対動弾性係数と質量減少率を用いて評価されている.一方で、実構造物の凍害劣化の評価は非破壊試験である超音波法による評価が検討されている<sup>1)</sup>. 超音波法はコンクリート表面の劣化を評価することが可能であるが、実構造物においてはコンクリート内部の深さ方向の劣化程度が評価できることが望まれる.コンクリート内部には凍結融解作用によりマイクロクラックが発生し,ひずみが生じる. その残留ひずみを長さ変化法により測定することで、耐凍害性の指標とする検討も行われている<sup>2)</sup>.

本研究では、コンクリート構造物の凍害劣化モニタリングへの光ファイバセンサの適用を検討した.光ファイバ センサをコンクリートに埋設することで、凍結融解によって生じるひずみをモニタリングし、凍害劣化の評価が可 能であるか検討を行った.

#### 2. 試験概要

#### 2.1 供試体概要

供試体概要図を図 1 に示す. W/C60%のコンクリート供試体(φ100×200mm)の中心に,計測部が位置するよう に光ファイバを埋設した.試験水準は,表1に示すようにコンクリートの空気量を1.3, 3.0, 4.8%の3水準とした.

図1 供試体概要

#### 2.2 凍結融解試験

供試体の凍結融解試験は JISA 1148 A 法に準拠し,凍結 融解試験槽を用いて促進試験を行った.測定項目は,相対 動弾性係数および光ファイバセンサのひずみとし,測定は 同一の供試体を用いて行った.

## 3. 試験結果および考察

図2にAir3.0の各サイクルで測定したヒステリシスル ープを示す.健全な状態では光ファイバのひずみは凍結 融解作用を受けても原位置に戻るのに対して,劣化が生 じ始めると原位置に戻らず,上方へ移動することが確認 された.この回復しないひずみは凍結融解作用で内部に 発生した微細なひび割れによる残留ひずみであると考え られ,これを凍害劣化の評価指標として検討を行った.

図3にAir3.0の残留ひずみと相対動弾性係数の測定結 果を示す. Air4.8の試験結果は, Air3.0と同様であるため 省略する. サイクルが進むことで残留ひずみが徐々に増 加し, それに伴い相対動弾性係数の低下が認められた.

図4にAir1.3の測定結果を示す.本供試体は早期に劣化 したため相対動弾性係数が測定できていないものもあるが, Air3.0と同様の傾向が認められた.また供試体②は,残留 ひずみが4000µ程度となった後に急激に低下した.これは コンクリートが破断して光ファイバとの付着が低下したこ とに起因するものである. 光ファイバ <u>↓ 50</u> ↓ 50 → 表1 試験水準 空気量 寸法 W/C 記号 本数 100 計測部 (%) (%) (mm) 2 Air1.3 1.3 *φ* 100 60 3.0 Air3.0 3 100 × 200 Air4.8 4.8 2



キーワード 光ファイバセンサ,凍害劣化,評価方法,残留ひずみ,相対動弾性係数
連絡先 〒285-8655 千葉県佐倉市大作 2-4-2 太平洋セメント(株) 中央研究所 TEL 043-498-3902

-649-

-325

図5に全供試体の残留ひずみと相対動弾性係数の関係を示す.相対動弾性係数は測定値が有効と考えられる50% 以上の範囲とした.光ファイバで計測した残留ひずみと相対動弾性係数に一定の相関があることが認められた.また,相対動弾性係数が60%程度で光ファイバによって計測した残留ひずみは1000µ程度を示すと考えられる.既往の研究<sup>3)</sup>ではひずみが1000µ程度で相対動弾性係数が60%程度を示すと報告されているため,光ファイバで計測した残留ひずみも妥当な値を示すといえる.以上の結果から,光ファイバセンサを用いて計測した残留ひずみによって,凍害劣化の評価が可能であると考えられる.

光ファイバを用いて計測したひずみのヒステリシスルー プの挙動より, コンクリートの劣化性状について詳細な検 討を行った.図6および図7に特徴的なヒステリシスルー プの挙動を示す.劣化の進行に伴いヒステリシスループの 挙動が変化していることが認められた. 図2に示す健全な 状態ではコンクリートの温度変化による収縮・膨張挙動が 支配的であり、凍結時に収縮ひずみ、融解時に膨張ひずみ が生じている.一方で図6に示すように劣化が進んだコン クリートでは、凍結直後に膨張ひずみが発生し、劣化の進 行に伴い増加していることが認められた. これは劣化によ る内部損傷とともに凍結可能水が増加し、コンクリートの 収縮挙動を上回る膨張圧が生じていると考えられる.また, 図7に示すように更に劣化が進行することで凍結時に膨張 ひずみ,融解時に収縮ひずみが発生していることからコン クリート内の水の温度変化による収縮・膨張挙動が支配的 であると考えられる. このヒステリシスループの挙動は内 部の劣化状態を示していると考えられ、劣化程度が推定で きる可能性がある.

残留ひずみおよびヒステリシスループは、埋め込み型ひ ずみ計を用いても測定することができるが、光ファイバセ ンサの特徴である極細径(センサ部 150µm)、多点・長距 離計測が可能であることなどの利点は、実構造物の凍害劣 化モニタリングへの適用性に優れると考えられる.

## 4. まとめ

本研究では、コンクリートの凍害劣化の評価について光 ファイバセンサを用いた実験的検討を行った.その結果か ら、光ファイバセンサをコンクリートに埋設することでコ ンクリートのひずみの測定ができ、残留ひずみと相対動弾 性係数に一定の相関が認められたことから、凍害劣化の評 価が可能であることを確認した.一方で、各サイクルのヒ ステリシスループの挙動の変化から、コンクリート内部の 劣化性状が推定できる可能性が示された.

# 参考文献

1)緒方英彦ほか:コンクリート工学年次論文集, Vol.24, No.1, pp.1563
-1568 (2002) 2)鎌田英治, 洪悦郎:セメント技術年報, XXV, p.313-316 (1971)
3)洪悦郎,鎌田英治:コンクリート工学, Vol.16, No.5, pp.1-11(1978)



æ(u

い間

世

-325