光学的全視野非接触計測による ASR 膨張を生じたコンクリートのひずみ解放挙動の評価

九州工業大学大学院 正会員 合田 寬基,日比野 誠 港湾空港技術研究所 正会員 川端 雄一郎,岩波 光保

1.はじめに

実構造物において,アルカリシリカ反応(ASR)により生じた膨張量を評価する方法として,応力解放法が 挙げられる.しかしながら,応力解放法についてその精度は明確でなく,また拘束条件の影響等も受けるため, 未だ一般的ではない.この要因の一つとして,ひずみゲージを用いた計測方法の煩雑さが挙げられる.一方, 近年の光学計測機器の技術進歩にともない,建設分野においても,光学的全視野非接触計測技術が適用されて いる¹⁾.本研究では,コア削孔前後の画像にデジタル画像相関法を適用し,ASR 膨張を生じたコンクリートに おけるひずみ解放挙動を計測するとともに,その適用の可能性について検討した.

2.供試体

粗骨材として反応性の小樽産安山岩砕石を,細骨材として石灰石砕砂を使用した.セメントには普通ポルト ランドセメントを使用した.コンクリートのアルカリ総量は,練混ぜ水に NaOH 水溶液を添加し,6.0kg/m³ とした.水セメント比は 47%である.主筋として SD295 の D13 を,帯筋として SD295 の 6 を使用した.

表 - 1 に供試体種別を,図 - 1 に供試体概要図をそ れぞれ示す.供試体寸法は,250×250×600mmとした. Type1は,主筋ならびに帯筋を配置していない.Type2 は,主筋のみを4本配置した.Type3は,4本の主筋 ならびに5本の帯筋を配置した.50×50×6mmの鋼板 プレートを溶接により主筋の両端に定着した.供試体 の250×250mmの端面には,厚さ約2mmのエポキシ 樹脂を塗布した.

供試体は,打設後 56 日目に(独)港湾空港技術研究所 の海水シャワー暴露試験場に暴露した.暴露期間は, 538 日とした.暴露期間終了時におけるミクロンスト レインゲージを用いた膨張量計測では,Type 1 の長軸 方向の膨張量が 3200 µ を示した.

暴露期間終了後,供試体表面を洗浄し,表面を十分 に乾燥させた.打設時,側面に位置していた表面に油 性塗料を塗布し,デジタル画像相関法を適用するため のランダムパターンを作成した.

3.デジタル画像相関法およびマルチロゼット解析法

画像撮影には,解像度 1400 万画素のデジタルー眼 カメラを使用した.撮影面は,油性塗料の塗布面とし た.撮影範囲は,約 285×185mm である.ここで,1 ピクセルは約 0.06mm に相当する.撮影では,まずス タンドに固定したカメラの直下に供試体をセットし, 削孔前の画像を撮影した.次に,供試体をスタンドか 表 - 1 供試体種別

供試体種別	主筋	帯筋		
Type1	無	無		
Type2	有	無		
Type3	有	有		



図-1 供試体概要図(単位:mm)

キーワード:デジタル画像相関法,ASR,応力解放法,マルチロゼット解析法 連絡先 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町1-1 九州工業大学大学院工学研究院 TEL:093-884-3122 ら下ろし,ひび割れの少ない領域で 52mmのコアを 削孔した.削孔深さは約100mmとした.供試体表面 が十分に乾燥した後,再度,カメラスタンドに供試体 をセットし,削孔後の画像を撮影した.なお,削孔前 後で撮影範囲が変化しないように,カメラスタンドに ガイドを取り付けた.

デジタル画像相関法では,内野らの提案するマルチ ロゼット解析法に準じて計測した²⁾.マルチロゼット 解析法では,コア外縁を起点として円周上に等間隔で 64 個の計測点を作成し,コアの中心を跨ぐ2点間の ひずみを基にロゼット解析を行った.

4.結果および考察

図 - 2 は, Type1 におけるコア削孔によって生じた 解放ひずみの分布を示す.コア近傍で最大主ひずみ (ε₁)が 720µ,最小主ひずみ(ε₂)が 300µを示し,コンク リートの膨張量とは異なっている.これは,ASR 膨



図 - 2 コア削孔時のひずみ分布(Type1) 表 - 2 解放ひずみにおける収束値の比較

	コア中心から36mm			
	$\varepsilon_1(\mu)$	ε ₂ (μ)	$\Delta \varepsilon(\mu)$	
Type1	240	180	60	
Type2	610	460	150	
Type3	460	390	70	

張にともなうコンクリートのひび割れの発生により,ひずみ開放が生じたためと考えられる.また,コアの中 心から遠ざかるにつれて,両ひずみは減少し,コア中心から32mm離れた領域で収束した.ε₁,ε₂の収束値は, それぞれ240μ,180μを示した.コアの外縁近傍では,削孔時における応力集中の緩和により,ひずみが大き くなる.一方,外縁から離れるにしたがい,応力集中による影響が低減することでひずみが減少し,収束に至 ったと考えられる.Type2,Type3 についても,同様の傾向を示した.以上より,本計測方法によって,ひず み解放にともなうコンクリート表面のひずみの変化を平面的に評価可能であることが示された.

表 - 2 は,コア中心から 36mm 離れた場所における各供試体の主ひずみを示す.図 - 2 に示す通り,コア中 心から 36mm 離れた場所は,解放ひずみが収束している領域を示す ε_1 については,Type1 が最小となり,Type3, Type2 となるにつれて大きくなった. $\varepsilon_1 \ge \varepsilon_2$ の差についても同様に,Type1 < Type3 < Type2 の順に大きくなっ た.ここで収束領域における ε_1 は,解放ひずみの最大値を示しており,削孔時の供試体における膨張力と相 関があると考えられる.Type1 では,鋼材による拘束がなく,自由膨張に極めて近い拘束条件となっているこ とから, ε_1 が最小となったと推察される.一方,Type2,Type3 では,鋼材によって ASR 膨張が拘束されるこ とから,膨張力が蓄積され,削孔時の解放ひずみも大きくなったと考えられる.次に, $\varepsilon_1 \ge \varepsilon_2$ の差である ε については,理論上,等方性の膨張ではせん断ひずみが存在しないことから, $\varepsilon_1=\varepsilon_2($ $\varepsilon=0)$ となる.一方,異 方性に富む変形では, $\varepsilon_1 \ge \varepsilon_2$ の差が大きく, ε が増加する.計測結果では,自由膨張に近いType1 が最小と なり,主筋が卓越し変形の異方性に富む Type2 で最大となっている.以上より,前述に示した理論通りの結果 を示していることが確認された.

5.まとめ

デジタル画像相関法およびマルチロゼット解析法の併用により, ASR により膨張したコンクリートのひず み解放挙動を評価できる可能性を示した.今後,定量評価が可能となるよう検討を継続する予定である.

謝辞

本成果の一部は,平成21年度土木学会吉田研究奨励賞の奨励金を基に実施しました.ここに記して謝意を表します.

参考文献

- 1) 米山聡他:デジタル画像相関法を用いた橋梁の非接触たわみ分布測定,非破壊検査, Vol.55, No.3, pp.119~125, 2006
- 2) 内野正和他:デジタル画像相関法を用いたマルチロゼット解析法による円孔周辺のひずみ解析手法の検討,実験力学, Vol.9, No.2, pp.96~102, 実験力学会, 2009