

光学ストランドを用いたひび割れ発生コンクリート壁の長期モニタリングと地震応答

日揮株式会社 正会員 ○門 万寿男
 東京大学 生産技術研究所 正会員 加藤 佳孝
 芝浦工業大学 正会員 勝木 太
 東京大学名誉教授 フェロー会員 魚本 健人

1. はじめに

構造物の長寿命(延命化を含む)を図るためには構造物の状態を的確に把握することが重要である。構造物の長期連続モニタリングはこの課題に答える一つの技術と考える。筆者らは、2003年1月より、ひび割れが発生している鉄筋コンクリート壁の劣化状態の進行性を把握することを目的として光ファイバセンサを設置し長期モニタリングを実施している。この壁面において本年3月11日に発生した「2011年東北地方太平洋沖地震」による地震応答を記録したので長期モニタリングの結果と併せて報告する。

2. モニタリングシステムの概要

一般に用いられているひずみゲージやひずみ計は、構造物のミクロな変形を正確に測定できるが、ひび割れが発達したコンクリート構造物の計測には不向きである。採用した光ファイバセンサは、長さ2mの光ファイバを3本撚って光の漏洩率から構造物の変形を1 μ m~10mmまで静的、動的に計測することが可能なセンサで、ひび割れが発達したコンクリート構造物の変形計測に適したセンサである。センサの基本仕様を表-1に示す。

表-1 光学ストランドの基本仕様

計測長さ	2m
計測範囲	± 5 mm
計測精度	± 0.02 mm
適用温度	$-20 \sim 60^{\circ}\text{C}$
熱膨張係数	$0.6 \times 10^{-6} / ^{\circ}\text{C}$
動的計測	50Hz

3. モニタリングの目的と概要

モニタリングは平成11年に竣工した首都圏にある鉄筋コンクリート造8階建の地下階の壁面で行っている。壁面には竣工後からひび割れの発生が観察されており、モニタリングを開始した2003年(平成15年)頃より顕著となっている⁽¹⁾。光ファイバセンサは、ひび割れの発生原因の推定と進行性の把握を目的として、最大、最小主ひずみ、主ひずみ角度、最大せん断ひずみが計測できるよう設置した。2011年2月に実施したひび割れ調査の結果とセンサの設置位置を図-1に示す。

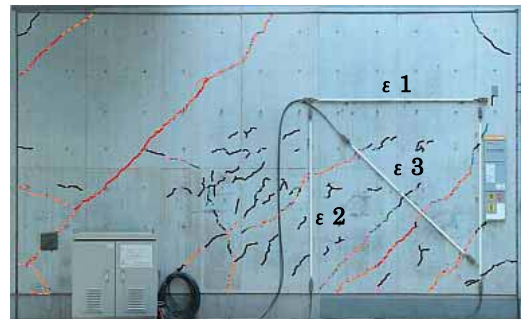


図-1 ひび割れ状況とセンサ配置

4. モニタリング結果および考察

(1) 常時モニタリング結果および考察

計測データは通常30分間の平均値を計測データとして保存している。最近のモニタリングデータである2008年4月~2010年12月までの計測結果をもとに最大、最小主ひずみ、せん断ひずみ

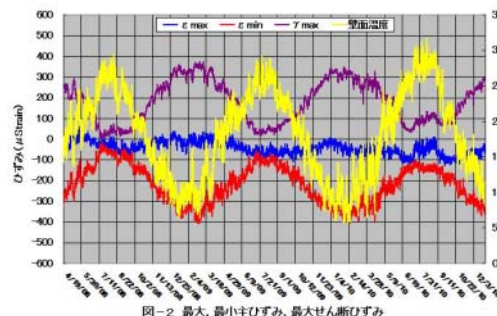


図-2 最大、最小主ひずみ、最大せん断ひずみ

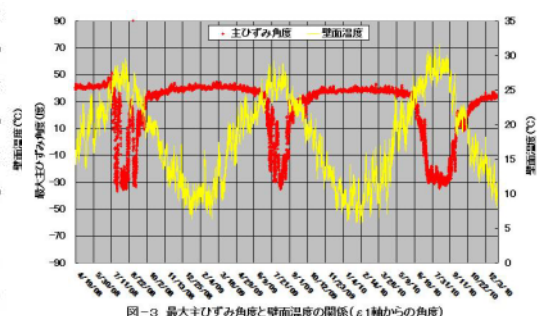


図-3 最大主ひずみ角度と壁面温度の関係(ε1軸からの角度)

キーワード 光ファイバ, 光学ストランド, 地震応答, ひび割れ, モニタリング

連絡先 〒220-6001 横浜市西区みなとみらい 2-3-1 日揮株式会社 OSMOS グループ TEL 045-682-8395

の計算結果を図-2に、 $\varepsilon 1$ 軸から主ひずみ方向までの角度を図-3に示す。常時モニタリングによる最大主ひずみ、最大せん断ひずみは温度変動に連動して変動していることを示している。一年間の最大せん断ひずみ振幅は約 $355 \mu \text{Strain}$ と非常に大きな値である。主ひずみの方向は、 $\varepsilon 1$ の軸に対して約 40° であり壁面に発生しているひび割れに直交する角度である。この事は壁面に発生しているひび割れの発生原因が年間の温度変動による熱変形に起因していることを示唆している。

(2) 地震時モニタリング結果と考察

2011年東北地方太平洋沖地震による壁面の地震応答計測結果と分析結果を以下に報告する。

計測された地震応答波形を図-4に、モニタリング結果をもとに求めた最大、最小主ひずみ、せん断ひずみ、主ひずみ角度を図-5～図-6に示す。また、地震時の主ひずみ角度の頻度分布を図-7に、ひずみ応答波形より求めたひずみ速度スペクトルを図-8に示す。

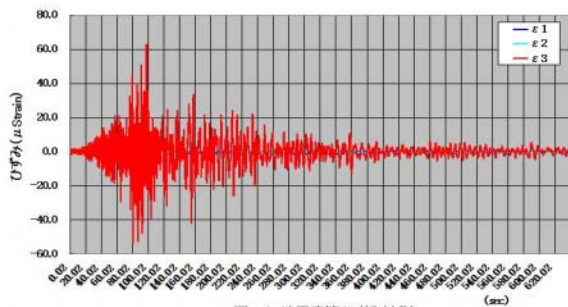


図-4 地震応答ひずみ波形

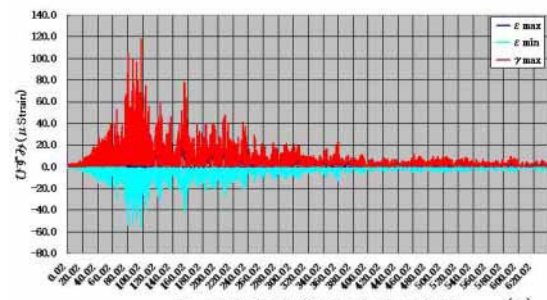


図-5 地震時最大応答主ひずみ、せん断ひずみ

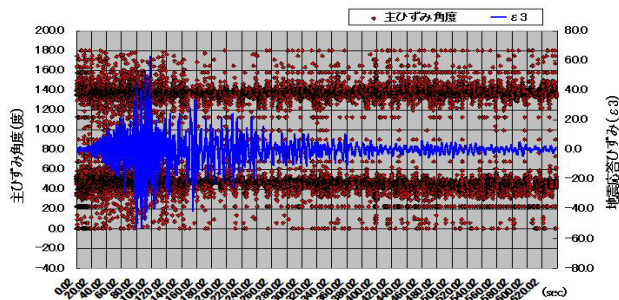


図-6 地震時主ひずみ角度($\varepsilon 1$ 軸からの角度)

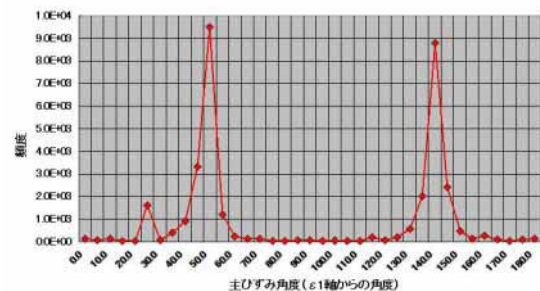


図-7 地震時の主ひずみ角度の頻度分布

地震時の最大応答振幅は約 $116 \mu \text{Strain}$ で壁面 45° 方向、 $\varepsilon 3$ センサで発生している、最大せん断ひずみは約 $98 \mu \text{Strain}$ であった。地震時の主応力方向は 50° と 140° であり、ひび割れの方向および直交方向とほぼ一致していた。地震応答ひずみ応答速度スペクトルからもとめた建物の卓越振動数は約 2.3Hz であり、IT強震計で求められたこの建物の固有振動数 2.3Hz に一致していた⁽²⁾。

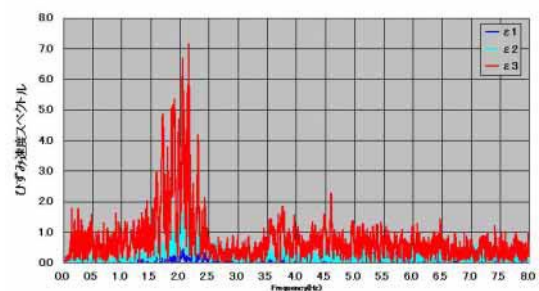


図-8 地震応答ひずみ速度スペクトル

5. まとめ

- (1) 主ひずみの角度、せん断ひずみは構造物の変化を的確に示し、評価指標として有効であることが分かった。
- (2) 常時および地震時のモニタリング結果の分析より壁面のひび割れの発生原因の一つが季節変動による構造物全体の熱変形にあることが分かった。
- (3) 光学ストランドにより地震応答を精度良く計測できることを確認した。

参考文献

- (1) 村瀬, 加藤, 勝木, 魚本: ひび割れを有する鉄筋コンクリート壁部材の光ファイバによるモニタリング, コンクリート工学年次論文集, Vol. 25, No. 1, 2003
- (2) 大原, 江島, 目黒: IT強震計を用いた生研建物モニタリングシステムによる2007年度の観測報告, 生産研究 60巻3号, 2008