光ファイバ分布センシングによる RC 曲げ構造物の荷重分布形の同定

株式会社 構造計画研究所 正会員 〇楊 克倹 株式会社 構造計画研究所 正会員 荒木 秀朗 株式会社 構造計画研究所 正会員 矢部 明人 茨城大学 正会員 呉 智深

1. はじめに

本研究は鉄筋コンクリート(RC)曲げビームの実験に基づいて、光ファイバ分布センシングと歪ゲージ分布センシングによる計測データで実験での荷重と荷重分布形の同定を行い、同定結果の精度を検討した.

2. RC曲げビームの分布センシング実験

光ファイバ分布センシングシステムの RC 構造への適用性を検証するため、図1と図2に示すように、標準 RC 曲げビームの実験を実施した.

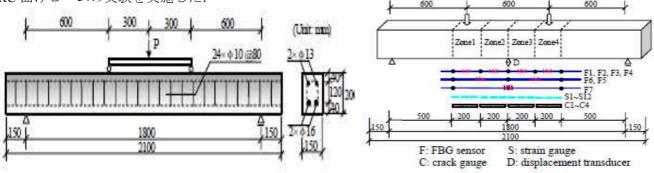


図1 RC 梁の分布センシング実験

図2 センシング配置

図 1 に示す実験体は鉄筋コンクリート造の単純ばりであり、スパンが 1800mm、矩形断面が 150mm× 200mm、引張主筋が $2\times \phi$ 16、圧縮主筋が $2\times \phi$ 13、主筋断面中心と梁断面上下縁との距離が 40mm、帯筋が ピッチ 80mm の ϕ 10 で配置されている。コンクリートの圧縮強度は fc'=45.6N/mm²、鉄筋の降伏強度は 380 N/mm² である。集中荷重を梁スパンの 1/3、2/3 の位置 2 点に作用させ、荷重制御で梁破壊まで徐々に荷重を 負荷させる実験を行った。実験体の歪を計測する分布式 Long-gage FBG センサシステムは図 2 に示すように 梁実験体の底面にゲージ長さ 200mm の FBG センサ(F1,F2,F3,F4)を 4 本配置した。また、ゲージ長さ 400mm の FBG センサ(F5,F6) 2 本とゲージ長さ 800mm の FBG センサ(F7) 1 本を同様に梁の底面に設置した。なお、FBG センサの歪計測機能を検証するために歪ゲージ($S1\sim S12$)とクラックゲージ($C1\sim C4$)も配置した。

3. 分布センシングの計測歪による RC 曲げ構造物の荷重同定手法

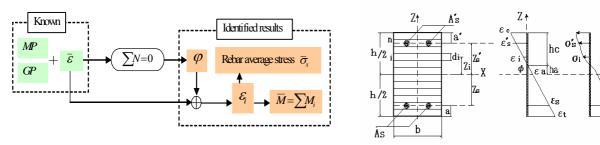


図3 計測歪による曲げモーメントの同定手法

図4 断面ファイバモデル

ΣNc

図3に計測歪による曲げモーメントの同定手法を示す。RC 構造の材料特性 MP と幾何形状 GP が既知する場合,計測した構造物底面の平均歪に平面保持仮定と断面の軸力の釣り合い式 Σ N=0 を適用すれば,当該断面の曲げモーメント値を図4に示すファイバモデルで定式化して算定できる.

キーワード 光ファイバ分布センシング、RC曲げ構造物、荷重同定、ヘルスモニタリング

連絡先 〒164-0011 東京都中野区中央 4 丁目 5 番 3 号 株式会社 構造計画研究所 T E L 03-5342-1138

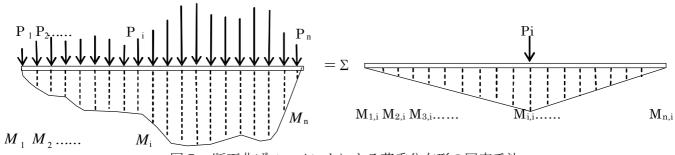


図 5 断面曲げモーメントによる荷重分布形の同定手法

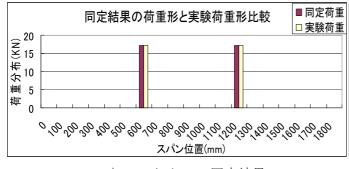
また、図5に示すように断面の曲げモーメントは荷重 Pi によるモーメント分布の累加で表現すれば、モーメント分布から荷重分布形を算定できる.

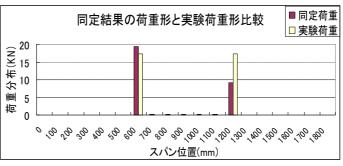
4. RC 実験における分布センシングの測定値による荷重分布形の算定とその精度検討

RC 実験体の光ファイバ分布センシングおよび歪ゲージ分布センシングの計測データによって荷重同定を行った。代表的な同定結果を表 1 と図 6 に示す。表 1 は実験荷重と同定結果から得られた荷重の比較であり,図 6 は荷重分布形の同定結果を比較したものである。表 1 に示すように本手法を使って光ファイバの分布センシングの計測データから同定した荷重値は実験の荷重値とよく一致している。図 6 に示すように,荷重分布形の比較を見ると,本実験においては長い FBG センサより得られたデータから同定した荷重が比較的精度がよかった。また,実験体破壊前後の弾性域と塑性域における各荷重レベルの同定結果によれば,荷重値の同定精度は実験体の各断面における曲げモーメントの同定精度と概ね同じことが分かった。短い FBG センサでセンシングを行う場合,ひび割れ発生後の測定データのバラツキによって荷重分布形の同定が一様ではなかったため,荷重分布形を算定する前に同定された曲げモーメントの分布形を補完して同定を行った。また,歪ゲージ分布センシングの計測データから荷重同定した結果では,荷重値も分布形も実験荷重と一致しないことが分かった。

表 1 FBG ファイバセンシングによる荷重同定結果と実験値との比較

曲 广モー メント実験直(M·mm)		寒節重例	ファイバワ		ファイバ5~F6		ファイバ1~F4	
			同定語(W)	寒腫較	同定i重(M)	寒腫蚊	同定荷重(N)	寒動軟
び割れよる側域更前	3240.0	10.8	10. 542	97. 6%	10. 238	94.8%	10. 542	97. 6%
ひと割れてよる剛物更後	9630.0	33.0	30.906	96.3%	30. 213	94. 1%	30. 788	95. 9%
ひび割れが進展	10350.0	34.5	34. 598	100. 3%	33. 681	97. 6%	33. 948	98.4%





a)ファイバ F7 の同定結果

b) ファイバ F1~F4 の同定結果

図6 実験荷重=34.5KN時、同定結果の荷重分布形と実験荷重分布形との比較

5. まとめ

FBG センサの計測歪から載荷荷重の同定を行った.実験より得られた歪から求めた荷重は,載荷荷重とよい一致が見られた.今回の荷重同定では計測長が長いセンサから得られたデータがより実験に近い値を示した.

参考文献

- Suzhen LI, Zhishen WU and Watanabe TAKUMI, 2006, A health monitoring strategy for RC flexural structures based on distributed long-gage fiber optic sensors, Journal of Applied Mechanics, JSCE (In review)
- ・楊克倹, 荒木秀朗, 矢部明人, 呉智深, 李素貞, 光ファイバ分布センシングによる RC 曲げ構造物の荷重 同定手法の研究, コンクリート構造物へルスモニタリング技術に関するシンポジウム論文集, 07 年 4 月