

## 強震計と光ファイバセンサによる鋼構造試験体の地震応答と損傷の評価

## その2 光ファイバセンサによる動的柱変形の利用

正会員 ○飛田 潤<sup>\*1</sup> 同 福和伸夫<sup>\*2</sup>  
同 西澤崇雄<sup>\*3</sup> 同 平田悠貴<sup>\*4</sup>

光ファイバセンサ 鋼構造 損傷  
構造ヘルスマニタリング 柱変形 常時微動

## 1. はじめに

光ファイバセンサは比較的長い期間で安定してひずみ(変形)を計測でき、収録装置を計測時のみ接続しても前回からの変化を安定して捉えられるなど、構造ヘルスマニタリングに適した特性を持っている。その2では、動的な観測が可能な光ファイバセンサによる柱の変形計測により、建物の常時微動特性や、顕著な損傷を含む構造体の変化を捉える可能性について検討を行う。

## 2. 光ファイバセンサと計測の概要

ここでは計測長さ 300mm の SOFO 型光ファイバセンサを用いる<sup>1)</sup>。図1に試験体への設置位置と設置方法の概要を示す。1層と2層の隅柱と中柱の中間高さで、相対する2面に設置されている。ひずみゲージや FBG よりやや広い範囲での柱の平均的な軸変形特性を捉えていると考えられ、分解能は静的計測で  $2\mu\text{m}$ 、動的計測で  $0.01\mu\text{m}$  である。本論では分解能の高い動的計測の利用を検討する。

## 3. 地震計・常時微動計と光ファイバセンサの記録の比較

まず、光ファイバセンサにより計測されている柱変形成分の特性について建物応答との関係を検討する。図2に地震計・常時微動計による水平方向応答と、光ファイバセンサによる柱軸変形のスペクトルを比較して示す。

その1で示した普及型サーボ加速度計(地震計①)によるホワイトノイズ加振時の(a)5階の加速度応答のフーリエスペクトルや、(b)5階/1階の伝達関数から、5~6次の固有振動数まで容易に特定できる。一般的な地震計の分解能(20bit程度)があれば、(c)常時微動(振動台作業などで振動レベルはやや高い状態)の特性も十分評価できる。一方、図は省くが、廉価型の地震計③では分解能

が不足で、夜間静寂時では地震計①でも十分ではない場合がある。(d)動コイル型常時微動計を用いればよいが、精度が高いため設置したまま放置できないなど制約が大きい。(e)光ファイバセンサで計測された動的な柱軸変形は、微動計とほぼ同等の分解能やスペクトル特性を示し、ピーク位置から固有振動数を読み取ることも可能である。

以上の検討結果から、光ファイバセンサを柱に設置しておき、必要な際にアンプとロガーを接続して計測すれば、常時微動計と同様に固有周期やその変化を容易に評価できる。必ずしも連続計測を行わなくても、随時のモニタリング手段として活用できる可能性がある。

## 4. 光ファイバセンサによる強震応答と損傷の評価

柱の相対する2面に設置した光ファイバセンサ出力の和と差を求め、図3(a)に微動時の結果を示す。図2(e)に比べて、差(曲げ)はほぼ同様のスペクトル特性を示しており、一方、和(軸変形)は1次固有振動のピークが明確で3~4次の高次成分は少なくなっていることがわかる。

同様に、構造に損傷を生じた地震波加振の際の計測例を図3(b)、(c)に示す。差の成分は、高次固有振動ピークまで明確に現れ、建物の水平応答による柱の曲げモーメントに対応すると考えられる。一方、和の成分では主に1次固有振動のピークのみが現れ、1次モードの転倒モーメントによる柱軸力に対応すると考えれば説明できる。

図3(b)は三の丸波を水平2軸で入力した場合で、和の成分の波形が90秒以降で明確に変化し、固有振動に対応する周期成分が小さくなっている。この時刻は2・3層の張間方向の柱梁溶接部が破断した時点にほぼ等しい。さらに上記の波形の特徴は、損傷のあった張間方向の2面にセンサが設置されている隅柱でより明確になっている。

一方、図3(c)は最後に三の丸波を桁行方向のみ入力して、桁行方向2階で梁端溶接部が破断した時の記録である。今度は桁行方向の2面にセンサが設置されている中柱で、1階の曲げ成分(差)と軸変形成分(和)が片側に寄った特徴的波形になっている。以上から、構造被害による骨組の動的応力状態の変化を、当該層あるいは下層の柱の変形挙動からモニタリングできる可能性が考えられる。

## 参考文献

1) 飛田, 福和, 西澤: 光ファイバセンサによる鋼構造試験体の静的・動的柱軸変形の計測, 構造工学論文集, Vol.55B, pp.577-582, 2009.3.

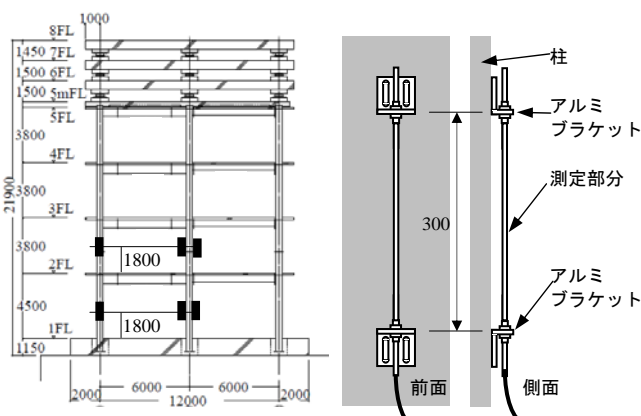
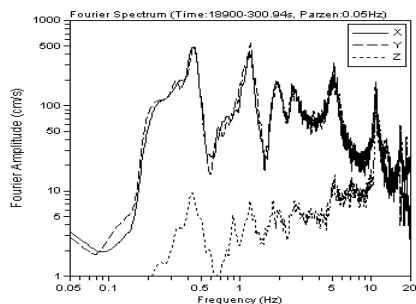
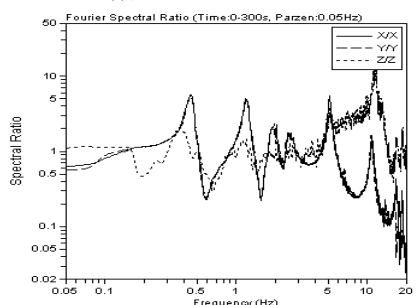


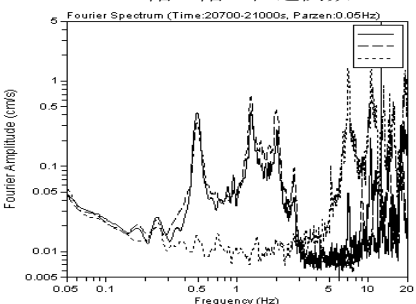
図1 光ファイバセンサの設置位置と設置状況



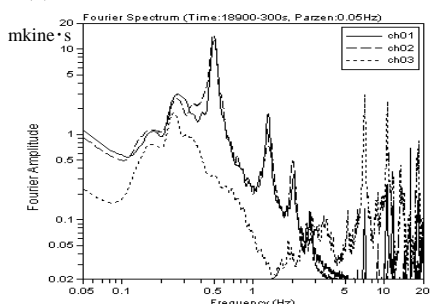
(a) 普及型地震計①によるホワイト加振時の5階のフーリエスペクトル



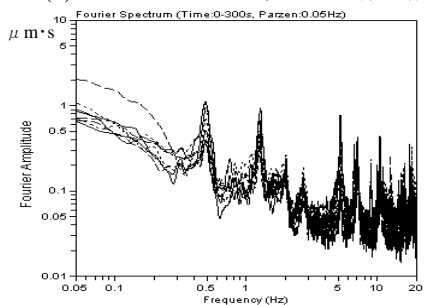
(b) 普及型地震計①によるホワイト加振時の5階/1階の伝達関数



(c) 普及型地震計①による微動（昼間）

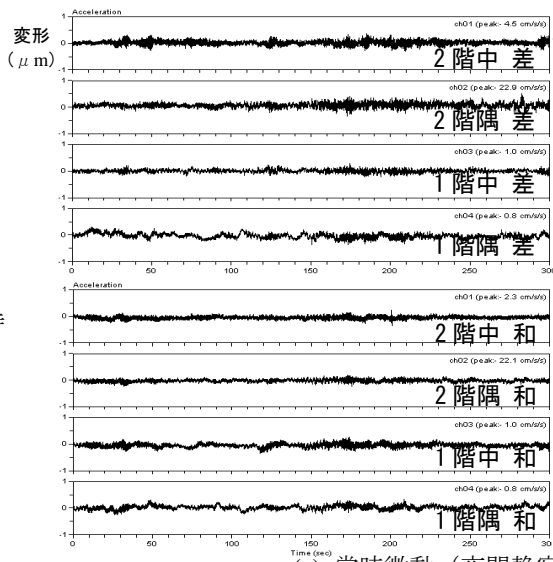


(d) 動コイル型常時微動計（夜間）

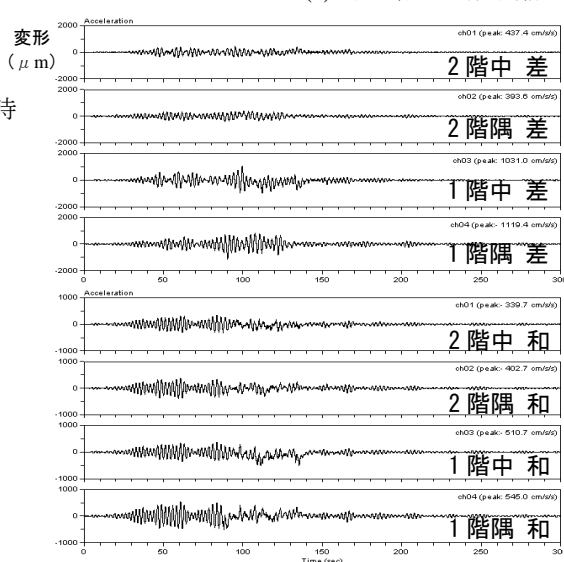


(e) 光ファイバセンサによる微動（夜間）

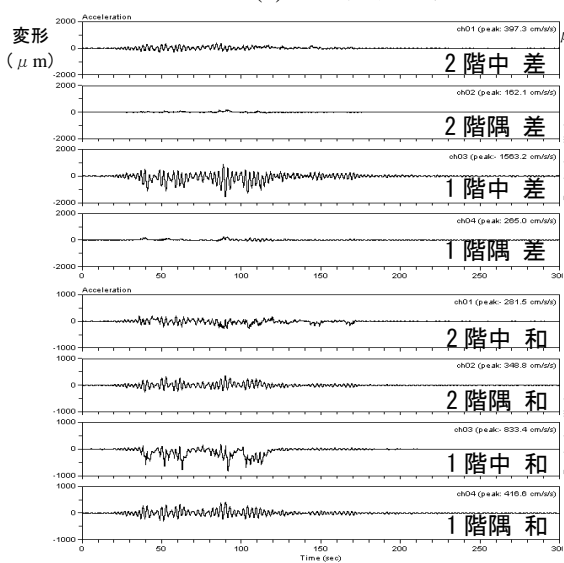
図2 強震計・常時微動計の水平方向記録と光ファイバセンサの動的計測の比較



(a) 常時微動（夜間静寂時）



(b) 三の丸波水平2方向入力に加振時



(c) 三の丸波桁行方向入力に加振時

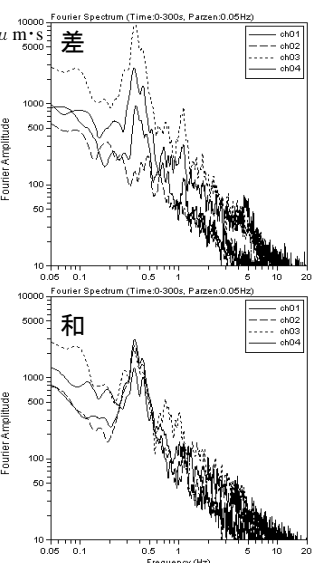
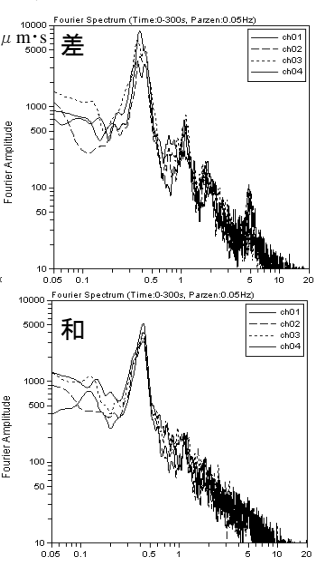
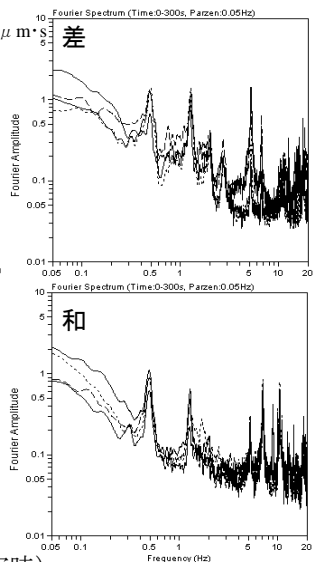


図3 光ファイバセンサによる柱曲げ・軸変形の波形とフーリエスペクトル

\*1 名古屋大学環境学研究科・准教授・工博  
\*2 名古屋大学環境学研究科・教授・工博  
\*3 日建設計構造設計室・主管・工修  
\*4 名古屋大学環境学研究科・大学院生

\*1 Assoc. Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.  
\*2 Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.  
\*3 Structural Engineering Department, Nikken Sekkei, M. Eng.  
\*4 Graduate Student, Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ.