H鋼を用いた光ファイバー高精度歪み計測実証実験

大成建設(株)技術センター正会員今井博大成建設(株)技術センター松本三千緒

1.はじめに

トンネル壁の崩落を初めとし,近年,老朽化した構造物や法面などの監視に対するニーズが増加してきている. 一方,1970年以降,コンピュータの躍進と共に,光ファイバーはデータ通信のみならず物理センサーとしての計 測分野で大きく発展してきた.その中で,光ファイバーによる歪み計測の分野では,後方散乱光を用いる方法が主 であり,技術的には実用化を目指した研究(例えば,高橋ら¹⁾,石井²⁾,成田ら³⁾など)に留まっているのが現 状である.筆者らは,光ファイバーを歪み計測用センサーとして実構造物への実用化実験を行ってきた.本論では, 光ファイバーによる歪み計測の概念を簡単に述べ,次に,H鋼を用いた実験結果から歪み計測の特性を報告する.

2.光ファイバー歪み計測技術

2.1 B-OTDR (Brillouin Optical Time Domain Reflectometer)法

以下,B法という.敷設した光ファイバーに光パルスを発光し,歪みを受けている部分で発生する後方散 乱光(ブリルアン光)を捉え,発光した光パルスと比べてシフトした周波数の大きさを歪み値として検出する方法 である.歪みと周波数の関係は,歪み(%) = k(_B - ₀)/₀,で与えられる.ここで, ₀および _Bは 光ファイバー固有周波数(初期値),歪み時の周波数シフト量である.また,kは係数で1/4.78である.仕様で は,測定可能な歪みは100µ以上であり,解像度は1 m である.10 kmという長距離計測を生かし,面的な歪み 分布測定が出来るという特長がある.歪みを受けた位置は反射光の受光時刻から求められる.

2.2 FBG (Fiber Bragg Grating)法

以下,F法という.敷設する光ファイバーに予め反射光が発生する一定間隔(ブラッグ波長)の反射面(約2000個/mm)を作成し(グレーティング部),歪みを受けた場合,ブラッグ波長がシフトする大きさを歪み値として検出する方法である.歪みと波長の関係は,歪み(μ) = k($_{B}-_{0}$),で与えられる.ここで, $_{0}$ および $_{B}$ は初期および歪み時のブラッグ波長(=2n; nはグレーティング部の平均屈折率1.456, はグレーティング部の反射面間隔)である.仕様では,F法センサー部は10mmで解像度が良い.センサー部は6~8個直列に設置できるという特長がある.歪みを受けた位置は,B法と同様,反射光の受光時刻から求められる.

3.実験概要

3.1 実験方法

図-1にH鋼供試体横断面図を示す.H鋼は 400×400×4000 (mm)を用い,H鋼のフランジ部分の左内側の上下に5個所F法セン サー,右内側の上下にB法センサー,両側に歪みゲージ全 10 個所を設 置した.図-2はH鋼供試体の縦断面であり,載荷点位置(中心から 250mmで2点),支点位置(中心から 1500mm で2点),長尺方 向におけるF法センサーおよび歪みゲージの設置位置を示す.B法セン サーはH鋼 4 m 長で接着した.



3.2 実験結果

図 - 3(1)に理論歪み, 歪みゲージ, F法, B法による歪み測定値を示した. ここでは, 載荷荷重を1tまでとし, 50 µ以下の微小な歪み値に対する比較 を行った.理論値とは歪みゲージ・F法・ B法の歪み測定値が共にずれている.し かし, 歪みゲージおよびF法歪み値は引



キーワード:光ファイバー、歪み計測、B-OTDR、FBG、H鋼、載荷試験 連絡先/〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町344-1 TEL:045-814-7231 FAX:045-814-7252 張・圧縮共に良くあっていることが分かる.B法については,一般的には100 µ以上という測定限界が あり,この載荷範囲ではデータが不安定で測定不能と言える.

図 - 3(2)では,載荷荷重が 10 t までの各歪み値について比較を行っている. 歪みゲージおよび F法歪み値は引張・圧縮ともに良い一致を見せているが,理論値より引張で 20~30 µ程度大きめの値, 圧縮で 20~30 µ程度小さい値になっていることが分かる.1 t 以上で荷重に関わらずこの差はほぼ一 定になっているので,温度補正等の補正が必要であることが考えられる.一方,載荷 2 t 以上で B 法歪 み値は F法や歪みゲージと傾向が一致しており,この傾向は図 - 3(3)でも見られる.

図-3(3)では,載荷荷重が 160 t までの各歪み値について比較を行っている.この最大荷重は H鋼の降伏値の 1500 μに設定した.歪みゲージおよび F 法歪み値は引張・圧縮ともに良くあっている が,理論値より 20~30 μ程度大きめの値になる傾向は変わっていない.ただし,荷重 130~140 t で歪み測定値が数 μ から数十 μ 減少した.この原因として H鋼の降伏が考えられる.以後,歪みゲージ および F 法歪み値は引張側で理論値から減少したままとなった.一方,B 法歪み値は,理論値に比べて 歪みの増加傾向が非常に良い一致を見せている.

4.まとめ

B法,F法を理論値や歪みゲージと比較検討した.F法と歪みゲージとはほぼ同等の測定値が得られる ことが分かったが,載荷荷重に関わらず,共に理論歪みとは20~30µ程度異なるので,温度補正等の 補正が必要であることが分かった.また,B法歪み値は,数µでは不安定であるが、50µ以上では理論 値に比べて,引張および圧縮両方において,歪みの増加傾向が非常に良い一致を見せている.



(2)2~10tまでの載荷試験

参考文献

- 1)高橋他,2000,光ファイバセンサによる FRP板-コンクリート接着界面の界面剥離モニタリングに関する研究,土木学会第55回 年次学術講演会,V-463.
- 2) 石井他,2000, 光ファイバセンサのコンク リート引張り歪の計測特性に関する研究,土 木学会第55回年次学術講演会,V-464.
- 3)成田他,2000,光ひずみセンサによる岩盤 斜面の変位計測に関する一考察,土木学会第 55回年次学術講演会,III-A312.



図 - 3 載荷試験結果