

京都大学防災研究所 正会員 佐藤 忠信
 京都大学防災研究所 正会員 本田 利器
 京都大学工学部 学生員 ○竹川 直希

1. はじめに

強震時の表層地盤の挙動は地震動災害と密接に関わっている。しかし、実際の地盤内での動的ひずみを計測するシステムは実用化されていないため、地盤のひずみ量と動的変形特性との関係は必ずしも明確なものではない。本研究では光ファイバーを用い、地盤内の動的ひずみを直接計測するシステムの開発を試みる。せん断ひずみ計測システム開発の足がかりとなるモデル装置の試作を行い、実験を通して装置の有効性を検討する。

2. ひずみ計測装置

本研究では2種類のひずみ計測装置を試作した。これらをそれぞれタイプ1、タイプ2と呼ぶ。

タイプ1の構造を図-1に示す。タイプ1は、リン青銅板の表裏にアルミ板とゴムを貼り付けたもので、ゴムを貼り付けた部分のみが曲げを生じる。この部分に貼り付けたひずみゲージ及び光ファイバーにより曲げひずみを計測し、この値から曲率を算出する。曲率を積分することにより、たわみ、たわみ角を算出する。この装置は地盤の変形に伴って生じる計測装置のたわみ角により、地盤のせん断ひずみを計測するものである。

タイプ2の構造を図-2に示す。タイプ2はプラスチック製の板にひずみゲージを貼り付けた三角形の装置である。タイプ2は三角形の各辺を相対位置ベクトルとみなし、変形前後の相対位置ベクトルの関係より、変形勾配テンソルを算出し、この変形勾配テンソルを介して地盤ひずみを Green-Lagrange ひずみテンソルとして計測するものである。

3. 静的実験

(1) タイプ1計測装置 (予備実験)

本研究の目的はせん断ひずみの計測であるが、実際のひずみの値を直接計測する方法はないため、タイプ1については、変位計から計測される変位と装置により計測される変位とを比較することにより装置の有効性を検討する。すなわち、振動台実験で用いる土槽内に、計測装置を砂を入れない状態で設置し、装置の上端部分をx方向に1 cm程度変位させたときに計測される変位と変位計により直接計測される変位とを比較する。

変位の深さ方向の分布図を図-4に示す。ここで変位計により計測された変位として示されているのは、計測された地点の変位を計測装置の機構を考慮して変位分布に換算したものである。両者はよく一致する結果を得た。

(2) タイプ2計測装置

せん断土槽に砂を入れた状態で、せん断土槽の左側面に、底面からの距離に比例する水平変位を与える。せん断土槽の左側面が鉛直方向となす角が5度、10度、15度となるように変位を与えた。地盤モデルの左側面に与える傾斜角

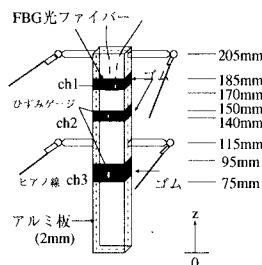


図-1 タイプ1計測装置
プラスチック板

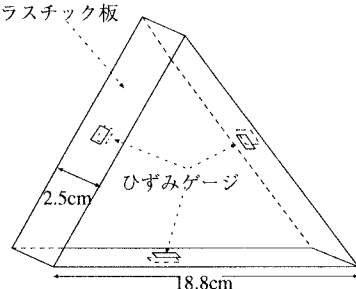


図-2 タイプ2計測装置

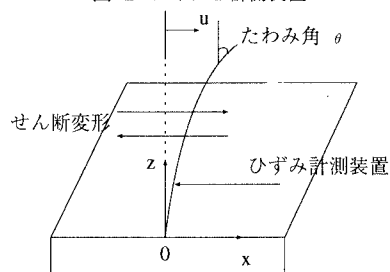


図-3 地盤変形を計測するメカニズム

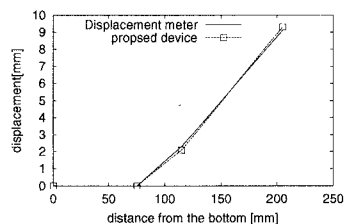


図-4 タイプ1静的実験で得られた変位の分布図

度を 2β とすると、せん断ひずみは $\tan\beta$ と与えられる。実験によって得られたせん断ひずみを図-5 に示す。実験によって得られたせん断ひずみの値は $\tan\beta$ に比べてかなり小さな値となった。

地盤モデルの片側に変形を与えた場合に生じる変形は一様ではないので、実際に生じるひずみはこれより小さいものとなる。これを有限要素法 DLEARN¹⁾ による静的解析により検討し、生じるひずみはおおむね 0.6β 程度になるという結果を得た。

しかし、計測により得られた値はこれより小さいものであるため、本メカニズムについては、さらに検討が必要である。

4. 振動台実験

振動台実験の仕組みを図-6 に示す。地盤材料としては乾燥した豊浦標準砂を使用し、空中落下法により地盤モデルを作成した。せん断土槽は 19 枚のローラー付きの層 (厚さ 1cm、長さ 45cm、幅 19cm) と一枚の最上層 (深さ 2cm) の計 20 層からなっており、各々のローラーにより長手方向への移動が可能となっている。計測装置の下端は土槽の底面に直交し、その点でのたわみ、たわみ角がともに 0 となるように固定した。

今回の実験では上述したように、変位による比較を行った。すなわち、 $z=205\text{mm}$ における変位について、変位計により計測される変位とひずみ計測装置により計測される変位とを比較し、装置の有効性を検証した。

計測装置のひずみゲージから得られた曲げひずみの時刻歴と光ファイバーから得られた曲げひずみの時刻歴を図-7 に示す。光ファイバーから得られた曲げひずみの値には加振開始後時刻 4 秒付近に異常値と考えられる値が見られるが、これを除くと、光ファイバーから求まる曲げひずみとひずみゲージから求まる曲げひずみはおおむね一致している。しかし両者の差の最大値は 20 % 程度である。

$z=205\text{mm}$ における変位について変位計から求まる変位とひずみ計測装置から求まる変位とを比較した図を図-8 に示す。

両者は加振直後約 2 秒まではある程度一致しているがそれ以後は両者の一致度が低下した。加振直後約 0.5 秒間での両者の最大差は約 10 %、加振直後約 2 秒間での最大差は約 25 % であった。それ以後両者の差は大きくなっている。しかし、佐藤ら²⁾ の報告にあるような位相のずれは生じなかった。

5. おわりに

本研究では光ファイバーおよびひずみゲージを用いた 2 種類の地盤内ひずみ計測装置を試作し、静的実験および振動台実験によりそれらの装置の有効性について検証した。

今後、これらの装置計測精度の向上を図るとともに、実地盤への適用を含めた検討を行っていく予定である。

参考文献

- 1) Thomas.J.R.Hughes :The Finite Element Method Linear Static and Dynamic finite Element Analysis.pp663-693、prentice-Hall,Inc、1987
- 2) 佐藤忠信、本田利器、柴田俊次郎:光ファイバーを用いた地盤内動的ひずみ計測システムに関する研究、第 34 会地盤工学研究発表会概要集、pp.233-234、1997

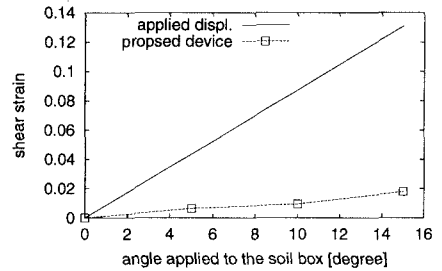


図-5 タイプ 2 静的実験で得られた変位の分布図

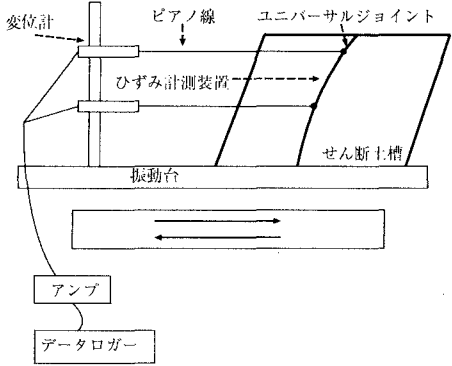


図-6 振動台実験の概観

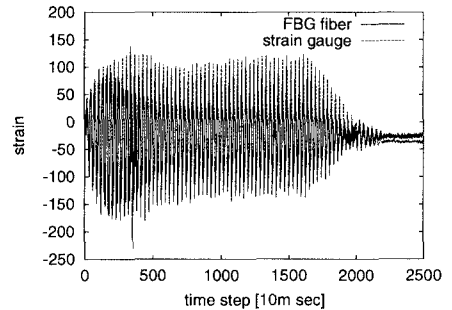


図-7 光ファイバーとひずみゲージから得られた曲げひずみの時刻歴

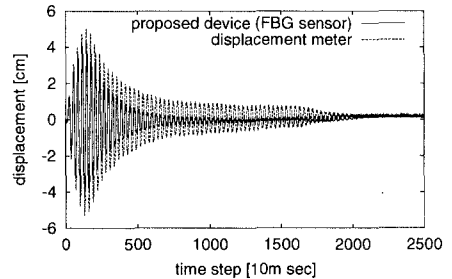


図-8 振動台実験で得られた変位の分布図