光ファイバセンサを用いた鋼管杭のひずみ測定

北海道開発土木研究所○正会員　日下部祐基
同　上　同　上　池田　憲二
同　上　同　上　冨澤　幸一
北海道開発局室蘭開発建設部　同　上　中井　健司

１．まえがき

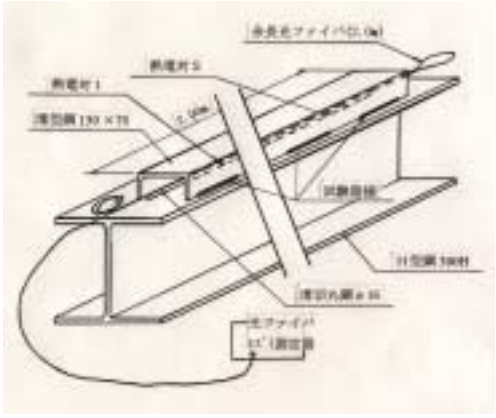
本研究では、光ファイバセンサの長さ方向に連続したひずみを測定する技術を利用して、場所打ちコンクリート杭のひずみを測定する手法を開発[1)]した。ここでは、さらにこの手法を発展させ、打ち込み鋼管杭に適用する方法を検討したので報告する。

２．試験概要

２．１　試験目的

光ファイバセンサの技術開発として実施した試験は、耐溶接室内試験と杭の鉛直載荷試験の２試験である。

光ファイバを打ち込み鋼管杭に貼付した場合には、杭打設時の地盤貫入抵抗から光ファイバを防護するために、溝型鋼を被せて溶接する必要がある。溶接の際に、光ファイバ周辺が高温になることが予想され、被覆材などが溶解して測定不可能になることが懸念された。そこで金属溶接の高熱で被覆材などが溶解するか否かを確認するとともに、どの程度の温度まで耐えられるかを調査するために、耐溶接室内試験を実施した。

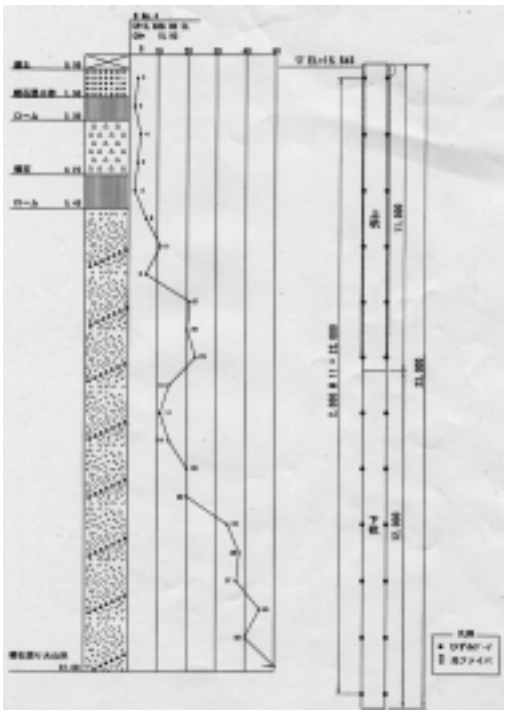


図－１　耐溶接室内試験概念図

杭の鉛直載荷試験では、杭周面摩擦力度を求めるために杭体ひずみが測定される。鋼管杭のひずみは、一般にひずみゲージを貼付して測定されるため、試験から得られる杭体ひずみは、ゲージを設置した深度のみとなる。本検討では、杭鉛直載荷試験で杭の長さ方向に連続したひずみを測定する手法として、新たに考案した光ファイバの鋼管杭貼付方法について、杭打設時の耐久性や載荷時の杭体ひずみへの追随性を調査することを目的とした。

２．２　試験方法

耐溶接室内試験で用いた光ファイバ貼付方法は、溝を切った丸鋼（φ16㎜，L=2.0m）をH鋼フランジ上面に点溶接した後、溝内に光ファイバを接着剤で止めてエポキシ系樹脂で埋設する方法とした。また、丸鋼には図－１に示すように、２箇所に熱電対を貼付した。そして、それらの上から溝型鋼を被せ、H型鋼との接地部両側を30cm間隔で千鳥に溶接し、その時の丸鋼温度と光ファイバのひずみを計測した。



図－２　土質柱状図および試験杭配置図

光ファイバを貼付した杭の鉛直載荷試験では、試験杭として新設橋梁の橋台基礎杭を用いた。試験杭の諸元は、杭長23m，杭径800mmの打ち込み鋼管杭である。鋼管杭には、耐溶接室内試験とほぼ同様の方法で光ファ

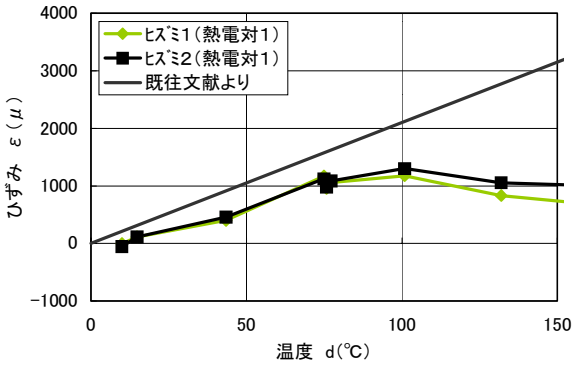
キーワード：光ファイバセンサ、載荷試験、ひずみ測定、鋼管杭
連絡先：（札幌市豊平区平岸１条３丁目１番３４号　北海道開発土木研究所　TEL 011-841-1775）

イバを上杭（11m）に上下50cm離して10m貼付した。また、杭には杭先端より50cm離した位置から2mピッチでひずみゲージを取り付けている。試験地の地盤状況は、火山灰層を主体とした地盤である。図－２は、試験杭に取り付けた各計測器の配置図および試験地付近の土質柱状図を示したものである。

３．試験結果と考察

３．１　耐溶接室内試験

図－３は、熱電対を設置した位置の温度と光ファイバのひずみとの関係を示したものである。光ファイバの温度依存性を調査した既往の研究[2)]によると、光ファイバの温度とひずみの関係は同図に示す直線関係にある。これに対して試験結果では、熱電対１で測定された往復した光ファイバの（図中）ヒズミ１とヒズミ２の値が、約100℃まで増加してその後減少傾向を示した。これは、鋼材が高温になり光ファイバとの付着が不良になったためと考えられる。



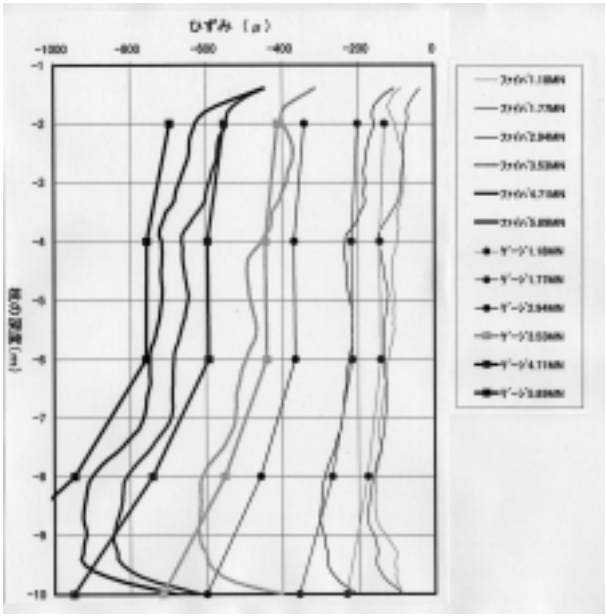
図－３　温度測定位置の光ファイバひずみ

この結果から、光ファイバの耐溶接温度としては約100℃を許容限界温度とした。

また、試験では溶接作業による温度上昇量が62℃となることが推測された。これらの温度から逆算して、現地溶接作業時の許容初期鋼管杭温度範囲を求めると40℃以下となる。この許容温度範囲は、夏季の直射日光を避けることで対処可能であると判断した。

３．２　杭の鉛直載荷試験

杭の鉛直載荷試験では、打ち込み鋼管杭に光ファイバを貼付して、打設後の杭体ひずみを測定することが可能であった。図－４は、各荷重段階の代表的な光ファイバひずみ測定値を示したものである。各測定値は、ばらつきを除くために５点移動平均法により平滑化した。同図には、ひずみゲージによるひずみ測定値も示した。両ひずみ値を比較すると、ひずみ分布の傾向は類似しているが、特に載荷荷重1.77MN, 2.94MNの光ファイバひずみの絶対値が全体的に小さい値にシフトしていることがわかる。この現象は、これまでの試験[3)]でも確認されていることで、原因として測定装置自体の特性などに問題があると考えられる。この対処法として、光ファイバによるひずみ測定と他のひずみ測定器１点を併用してシフト量を求め、補正する手法が考えられる。今後、これらを考慮して原因の解明と対策方法を検討する必要がある。



図－４　杭体ひずみ分布

４．まとめ

１）耐溶接室内試験の結果、鋼材に貼付した光ファイバの耐溶接限界温度としては、100℃程度であることが推察され、現場溶接作業を行う場合の許容初期鋼管杭温度範囲は、40℃以下であると判断された。２）杭の鉛直載荷試験では、打ち込み鋼管杭に光ファイバを貼付して、打設後の杭体ひずみを測定することができた。３）各荷重段階の光ファイバによるひずみ分布曲線には、全体的にシフトするものがあり、今後この原因究明と対策方法を検討する必要がある。

参考文献

1) 日下部祐基, 佐藤昌志, 倉嶋利雄, 野引敦, 高見和弘：光ファイバによる杭の軸力測定に関する研究,第３３回地盤工学研究発表会講演集,pp.2477～2478,1998.7.

2) 倉嶋利雄, 堀口常雄, 立田光廣：ブリルアン散乱光を応用した分布型光ファイバセンサ, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J74-C-11, No.5, 1991.5

3) 日下部祐基, 池田憲二, 中井健司, 川瀬良司：光ファイバセンサによる現地岩盤斜面計測結果とその考察, 土木学会北海道支部論文報告集第５６号, 2000.2