

大深度ボーリングケーシングへの光ファイバケーブル自動巻付け装置の実適用

鹿島建設(株) 正会員 ○石神大輔 石橋正祐紀 今井道男 安達正浩 フェロー会員 瀬尾昭治
 原子力発電環境整備機構 國丸貴紀
 ニュープレクス(株) 岸田欣増 木村純一 松田公彦

1. はじめに

ボーリング孔のケーシングパイプ(以下、ケーシング)へ光ファイバケーブルを複数本設置し、その三次元的変形を把握することにより地中の応力状態を推定する地質環境モニタリング技術を開発している。この実現には、長尺のケーシングに対して複数のケーブルを正確な位置に、設計した角度での設置が必須となる。そこで、ケーシングの降下に追従して、自動でらせん状に巻き付ける装置¹⁾を製作した。本稿では、大深度ボーリング孔の掘削時における、自動巻付け装置を用いた光ファイバケーブルのケーシングへの設置事例を紹介する。

2. 光ファイバセンサによる三次元変形計測

(1) 複数のケーブルをらせん状に設置する意義

光ファイバ計測は、光ファイバの長手方向の伸縮をひずみとして検知するセンサであることから、1本のケーブルをケーシングに直線に配置する形態では、軸ひずみから得られる一軸引張の変形しか得られない。そこで、表-1に示すように、ケーシングに配置するケーブルの本数や、直線からせんかの配置形態を工夫することで、三次元的な変形を推定するための情報を増やし、ケーシングに加わる様々な変形を捉えられると考えた。今回、三次元的変形を最もダイレクトに把握できる断面変形を把握することを課題とし、4本のケーブルを用いた、らせん状の配置とした。

(2) 巻付け角度

ケーブルをらせん状に配置する場合、表-2に示すように巻付け角度調整によって軸ひずみと周ひずみの感度の重みづけを操作できるため、モニタリングの用途や地質条件などにより適宜変更すると良い。今回、軸ひずみと周ひずみの感度が同等となる45度の巻付け角度を採用した。

(3) 自動巻付け装置の仕組み

ケーシングの建て込みの際、写真-1左の接触式のエンコーダで降下量を検知する。検知された降下量に同期させ、設定した巻付け角に応じた1ピッチ分の降下で写真-1右の四方に配置されたケーブルボビンがテーブルごと1周回転する。ボビンは巻き出しの際に個々にブレーキを任意設定でき、ケーブルに

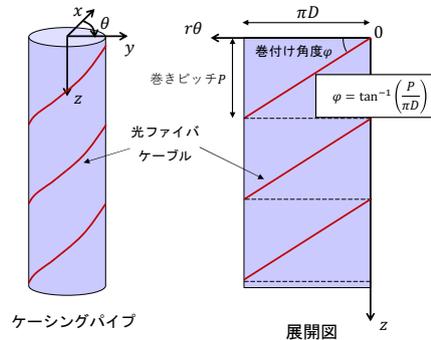


図-1 ケーブルのらせん巻き付け

表-1 ケーシング変形に応じたケーブルの配置形態

推定可能な変形	未知量	ケーブル配置形態	
		直線(可否)	らせん
一軸引張	軸ひずみ ϵ_0	1本(○)	1本
曲げ	曲率半径 R_x, R_y	2本(○)	2本
一軸引張+曲げ	ϵ_0, R_x, R_y	3本(○)	3本
一軸引張+曲げ+断面変形	$\epsilon_0, R_x, R_y,$ 断面変形 Δ	- (×)	4本

表-2 巻付け角度による感度調整

巻付け角度 (度)	感度(%)	
	軸ひずみ	周ひずみ
0	0	100 断面変形感度最大
30	25	75
45	50	50
60	75	25
63.4	80	20
65	82	18
75	93	7
90	100 曲げ変形感度最大	0



写真-1 巻付け装置の主要部位

キーワード：光ファイバセンサ、ボーリング調査、モニタリング、地質調査

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6668

かかる張力を一定に保つようになっている。

3. 大深度ボーリングへの実適用

(1) ボーリング櫓への設置

製作した自動巻付け装置を**写真-2**の大深度ボーリング（掘削深度720m）の櫓へ設置した。櫓下は1段が2.5mの架台が2段積みみの左右配置となっており、それらの中央下部にあるボーリング口元のセラー上に自動巻付け装置を固定した。**図-2**に装置および櫓架台の図面を示す。

(2) 適用場所

新第三紀の葉山層群（泥岩）中をGL-720mまで掘削するボーリング孔のうち、GL-310mまでの掘削段階において、290m分の8インチケーシングパイプ（外径216.3mm）を挿入する区間に適用した。挿入後、孔壁との間をセメンチングして地山と密着させた。

(3) 実施内容

ケーシングは1本5.5mを連結させ11m尺として取り扱った。櫓のウィンチによりケーシングを吊り下げ固定し、初期準備としてケーシング先端に取り付けたリング型治具の内部にケーブルの終端を挿入して固定した。その後、エンコーダを検知させた状態でケーシングを降下させると**写真-3 左**に示すように4つのボビンが回転して一定の張力でケーブルを送り出し、均一に巻き付けられた。巻き付け後のケーブルのずれを防止するために、パイプ1本分となる5.5m毎にケーシング上のケーブルをインシュロックで固定し、さらに1m毎の間隔にてテープで固定した。施工品質管理として、**写真-3 右**のようにパイプの外周長で作成した巻付け角確認シートを重ねて、角度が一致することを確認した。

一般的に、ケーシング降下時には芯の偏りを減少させて孔壁とケーシング外周の接触を防止するセントラライザが必要である。しかし、ケーブルを巻き付けたケーシングには、パイプ外周を覆って取り付ける既製品が使用できないため、**写真-4**のようにパイプ曲面に貼り付けるウイング型のセントラライザを製作した。取付けは11m毎にケーシングを継ぎ足す際、溶接箇所以外を保護する専用治具（45度）を用いて1か所あたり4枚溶接した。

今回の大深度ボーリングケーシングへの光ファイバケーブル自動巻付け装置の実適用により、施工サイクルを確立できた。

4. おわりに

今までにない地質環境モニタリング手法の実現に向け、自動巻付け装置を用いてケーシングにケーブルをらせん状に設置した。今後は設置した光ファイバの現地計測を進め、得られたひずみ分布計測結果からパイプ変形を算出するための計測技術を構築し、三次元的変形を確認可能なプログラムを実装する計画である。

参考文献

- 1) 瀬尾ら：地質環境モニタリングのための光ファイバケーブル自動巻付け装置の開発，土木学会第75回年次学術講演会，CS12-09，2020



写真-2 ボーリング櫓

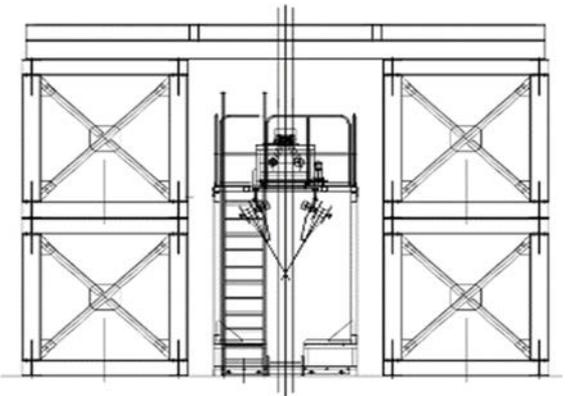


図-2 装置および櫓架台図面

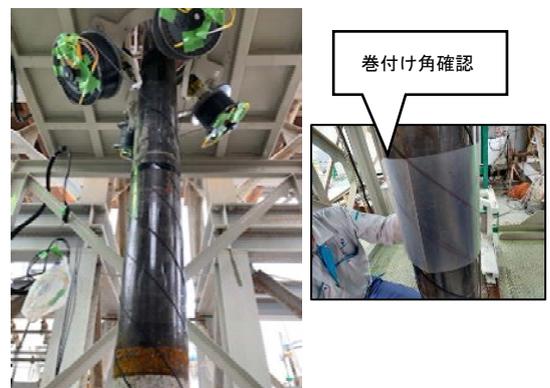


写真-3 巻き付け状況

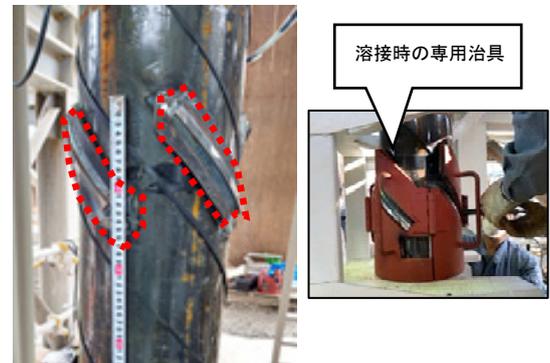


写真-4 セントラライザの溶接取り付け