

羽田空港 D 滑走路における光ファイバレイリー計測による維持管理への適用検討

鹿島建設(株) 正会員 ○樽谷早智子 新原雄二 新井崇裕 今井道男 平佐健一
港湾空港技術研究所 正会員 野津 厚 小濱英司 大矢陽介 山路 徹

1. はじめに

羽田空港 D 滑走路では、建設時に 15 本の鋼管杭に対してひずみゲージ、光ファイバの計測器を設置し¹⁾、竣工後の 2010 年 9 月から鋼管杭のひずみ計測（動態観測）を行い、維持管理に活用している。計測器の設置からはすでに約 15 年が経過し、一般的に約 10 年と言われるひずみゲージの寿命を過ぎていることから、今後は寿命の長い光ファイバ計測を主として維持管理に活用していくことになる。しかし、従来の光ファイバブリルアン散乱による計測はひずみゲージに比べ精度が劣る²⁾ことが課題となっていた。そこで、現在設置されている光ファイバを用いてひずみゲージと同等の計測精度を有するレイリー散乱による計測を実施し、維持管理への適用検討を行った。各計測方法の比較を表 1 に示す。本稿では、計測を実施した 15 杭の中から、代表的な 3 杭の計測結果について報告する。

表 1 計測手法の比較

計測手法	ひずみゲージによる計測	光ファイバによる計測	
		ブリルアン散乱 (BOTDR)	レイリー散乱
最小計測間隔	—	5 cm	1 cm
最小分解能※1	数mm (ゲージ長)	50 cm	2 cm
精度	±1 μ	±50 μ	±1 μ
寿命	約 10 年	約 20 年以上	

※1：各計測点の軸方向の測定長さ

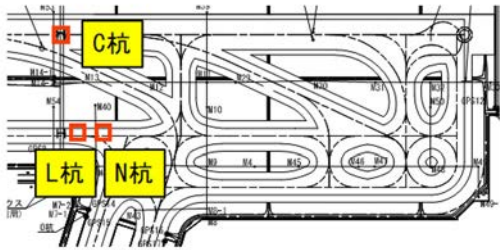


図 1 計測位置図（平面図）

2. 計測概要

全 15 杭のうち 4 杭について 2022/8/28～2022/12/26 の約 4 か月間、レイリー方式での連続計測を実施した。残りの 11 杭については、2022/8/24 以降、月 1 回の定期計測を実施した。本稿では図 1、2 に示す埋立／栈橋接続部（以下、接続部）に位置する C 杭と栈橋部に位置する L 杭、N 杭の計測結果について報告する。なお、各杭にはひずみゲージと光ファイバを埋立側と栈橋側の両側に、それぞれ 2 測線設置している。

3. 計測結果

3.1 定期計測

接続部に位置する C 杭と栈橋部に位置する L 杭について、各埋立側、栈橋側の 2 測線の計測結果を図 3 に示す。光ファイバの結果は、C 杭と L 杭の計測初日にあたる 8/26 の飛行機走行のない深夜 2 時台の結果を初期値とし、それ以降に発生した差分のひずみを示す。これより両杭ともに、水温および外気温の影響を受けて杭の上部でひずみが発生してい

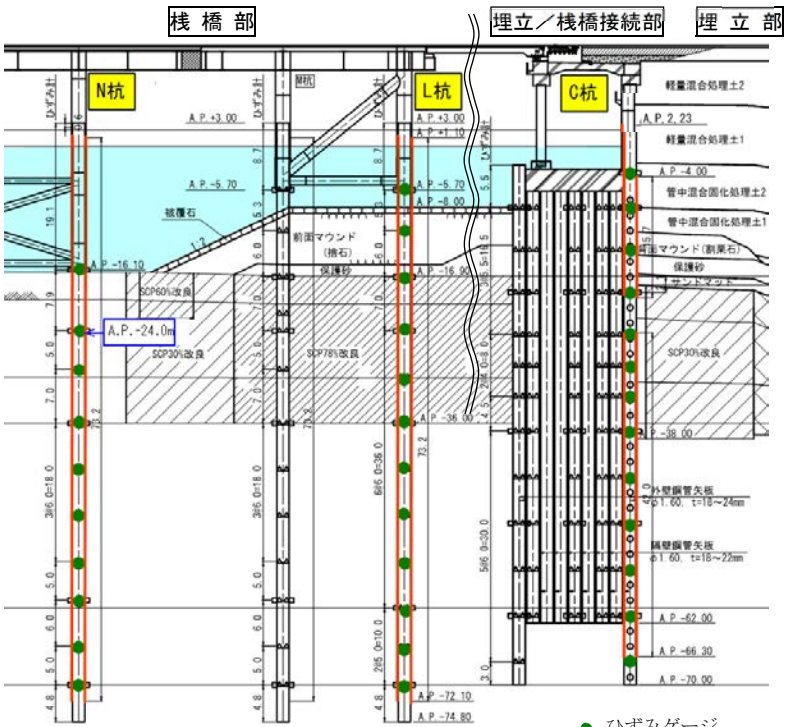


図 2 計測位置（断面図）

● ひずみゲージ
■ 光ファイバ

キーワード 光ファイバ、レイリー散乱、鋼管杭、鋼管矢板、羽田空港、維持管理

連絡先 〒107-8477 東京都港区元赤坂 1-3-8 鹿島建設株式会社土木管理本部 TEL 03-5544-1111

る。接続部の C 杭については、上部の海水温の影響を受けている範囲を除く地中部ではひずみは発生していないことが確認できる。一方、栈橋部の L 杭については栈橋側と埋立側の測線で線対称の曲げ挙動が確認でき、その変化はひずみゲージの結果と同様の傾向を示している。また L 杭の A.P.-38.0m 地点では板厚変化点も明確に確認でき、レイリー計測でひずみ分布を高精度に計測できることが示された。ただし、温度影響を受ける杭の上部については、光ファイバが自己温度補償型の計測でないことからひずみゲージの結果と乖離している。今後、温度補正の方法について引き続き検討を行う。

3.2 連続計測

栈橋部に位置する N 杭の埋立測線について、海水温の影響の少ない土中部の A.P.-24.0m 地点のひずみゲージと連続レイリー計測によるひずみの経時変化（2022 年 10 月の 1 か月間）、同時期の外気温・海水温・潮位の時系列データを図-4 に示す。図-4 より、ひずみゲージの計測結果と光ファイバの計測結果が連続的に合致していることが確認できる。また、外気温の低下に伴って鋼管杭のひずみが増加していく傾向が確認できるが、ひずみの日変化に関しては潮位変動とも相関があることもわかる。

4. おわりに

約 15 年経過した光ファイバを用いたレイリー計測により、ひずみゲージと同等の精度で分布計測の結果が得られることを示した。正確な挙動把握が必要な構造物においても、レイリー計測を用いることで確実な管理が可能であり、維持管理に有効な計測手法と考える。

謝辞：本計測実施にあたり、御協力いただいた東京空港整備事務所ならびに沿岸技術研究センターの関係各位に謝意を表します。

参考文献

- 1) 平山ら：光ファイバセンサを用いた土留め鋼管杭のひずみ計測, 土木学会全国大会第 63 回年次学術講演会, pp.87-88, 2008.
- 2) 高橋ら：東京国際空港 D 滑走路の動態検証における光ファイバセンサの活用について, 沿岸技術研究センター論文集, No18, pp.19-22, 2018.

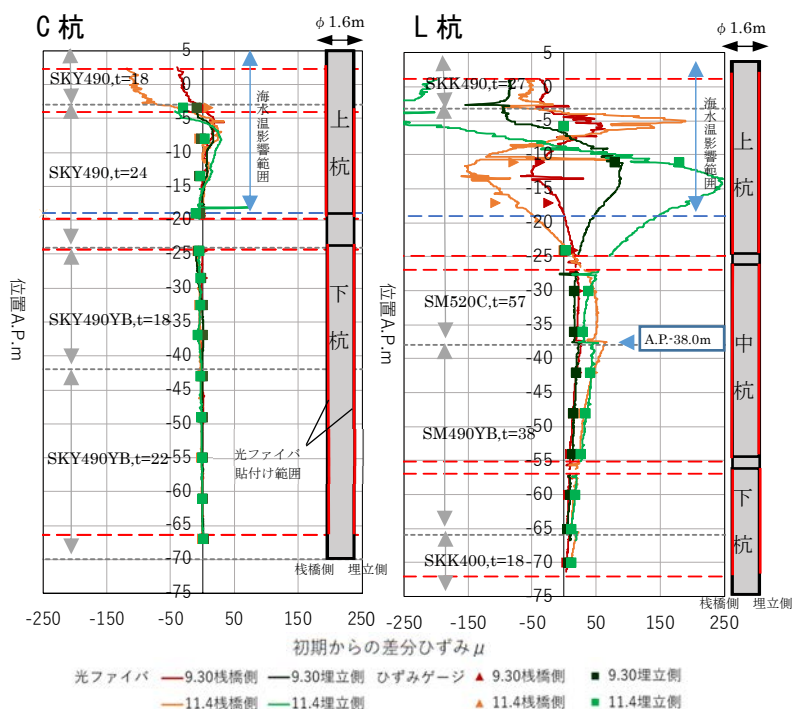


図-3 C 杭と L 杭の定期計測結果

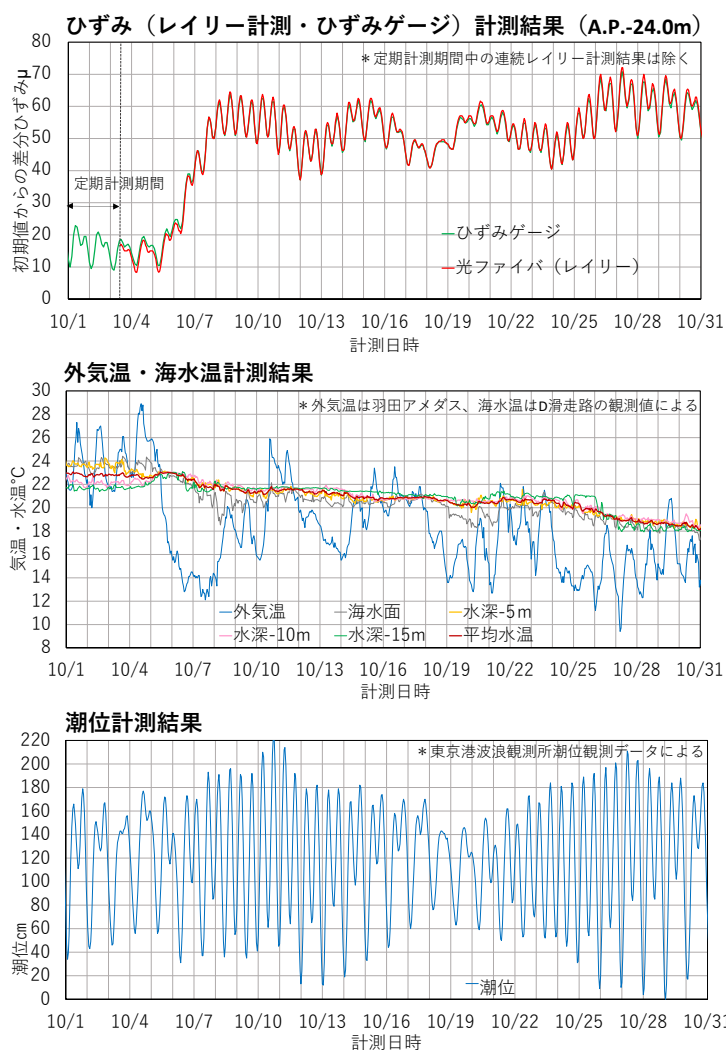


図-4 N 杭の連続計測結果（2022 年 10 月）