

光ファイバセンサを用いた高濃度フライアッシュスラリー投入管の高さ管理手法

東洋建設 正会員 ○伊藤 輝
東洋建設 正会員 鶴ヶ崎和博

1. 目的

石炭火力発電所から排出される石炭灰（フライアッシュ、以下 FA という）の多くは有効利用が図られているが、一部は埋立処分されている。埋立処分方法の 1 つである高濃度スラリー工法は FA を高密度（含水比 $w=40\sim60\%$ ，乾燥密度 $\rho_d=1.1\sim1.2\text{t/m}^3$ ）なスラリー状態で処分場に投入する方法である。これまでにトレミー管を使った高濃度スラリー投入方法に関する調査を行い、水面からの投入に比べてトレミー管先端部を堆積層付近に設置した場合、FA は水との混濁を避けた状態で高密度かつ一様に堆積することが明らかになってきている¹⁾²⁾。一方で、トレミー管による埋立は周囲の懸濁や浮泥により堆積層が判定しにくく、投入に伴う筒先の高さ管理には課題がある。本研究ではトレミー管の高さ管理に関して光ファイバセンサを用いた手法を提案し、その適用性を検証した。

2. 実験方法

実験に用いた光ファイバセンサは FBG（Fiber Bragg Grating）方式である。このセンサは温度や外力によって生じたファイバの変形を光の波長の変化としてとらえることができる。また、1 本のファイバで計測可能な距離が長く、橋梁のひずみ計測などに使用されている。

現在著者らは本センサを使って、液性限界を大きく超える粘土スラリーの強度計測を試みており、コーン貫入試験やベーン試験などでは計測困難なスラリーの状態把握が可能となっている³⁾。写真-1 は計測状況の一例を示している。固定端から伸びたセンサの先端部がスラリー内に挿入されており、この状態でファイバを一定速度でスライドさせ、そのたわみから強度特性の把握を行うものである。図-1 に計測結果の一例を示す。図は含水比 200～500%までの粘性土（液性限界：100%）に対しての結果であり、センサのひずみと粘度の関係を表している。広範囲の含水比の粘性土に対して、粘度との一様な相関性を持って表現できていることがわかる。今回のトレミー管の高さ管理についても管外部に光ファイバを設置し、管から排出され、堆積していく FA スラリーを光ファイバで検知し、その情報をもとに打設高さを管理する方式とした。光ファイバセンサの応答計測は共和電業(株)の EFOX-1000 を使用した。

表-1 に実験に使用した FA を、写真-2 に実験に使用した装置を示す。使用した土槽は高さ 400 mm 横幅 600 mm 奥行 150 mm である。投入管として昇降装置に内径 50mm のアクリルパイプを取り付け、図-2 に示すように光ファイバをパイプ先端に固定した。

実験は、まず図-2a) のように光ファイバを設置し、含水比 60%の



写真-1 光ファイバ計測事例

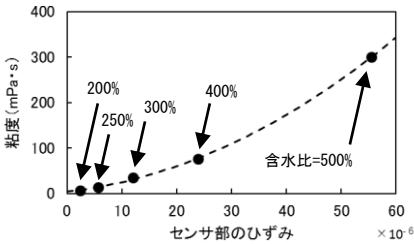


図-1 センサのひずみと粘度の関係

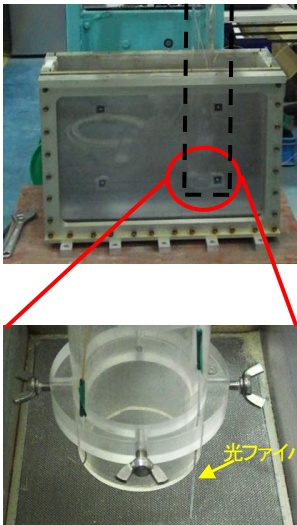


写真-2 実験装置

表-1 フライアッシュの物性

粒子密度	(g/cm^3)	2.291
砂分	%	6.3
シルト分	%	79.6
粘土分	%	14.1
60%粒径	(mm)	0.023
50%粒径	(mm)	0.017
10%粒径	(mm)	0.004
均等係数 U_c		5.8

キーワード 光ファイバセンサ，フライアッシュ，高濃度スラリー，トレミー管

連絡先 〒663-8142 西宮市鳴尾浜 1 丁目 25-1 東洋建設株式会社 鳴尾研究所 TEL (0798) 43-5903

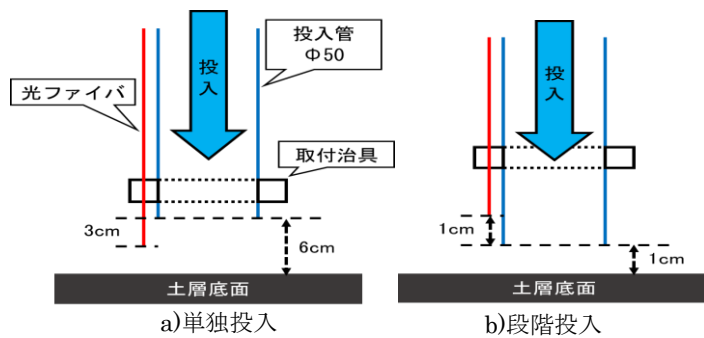


図-2 実験概要図

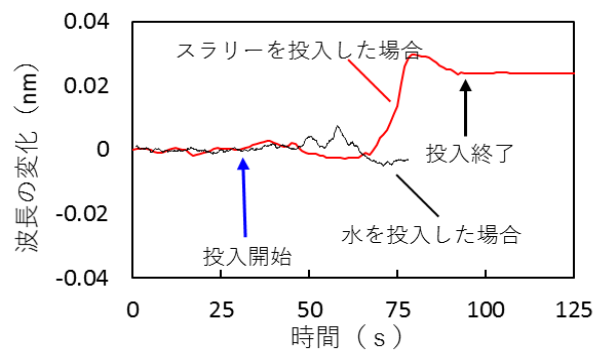


図-3 単独投入時の光ファイバセンサ応答

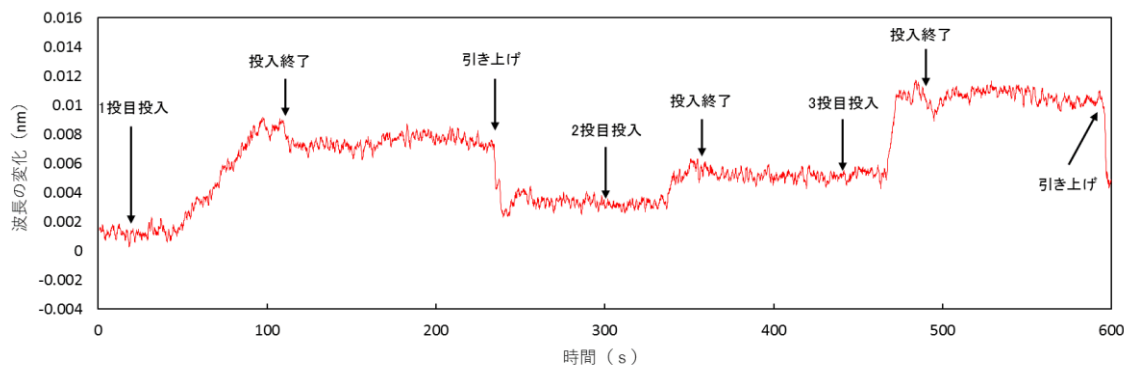


図-4 段階投入時の光ファイバセンサ応答

ラリーを 60 秒かけて投入し投入管先端が埋没する程度まで地表面を上昇させ、光ファイバセンサの応答を観察した。つづいて、光ファイバの取り付け位置を図-2b)のように変更し、実際に想定した段階的な投入を行った。段階投入はスラリーの含水比を 47% ($\rho_d=1.103t/m^3$) とし、パイプの引き上げを含め 3 回行った。

3. 実験結果及び考察

図-3 に単独投入時の、図-4 に段階投入時の、光ファイバセンサの応答を示す。図-3 より、スラリー投入直後は流れ等の影響も無く、光ファイバに大きな変化は見られないが、投入約 30 秒後に波長が大きく変化している。堆積していくスラリーの土被り圧によって、光ファイバが撓み、その結果波長が変化したものと思われる。その後、投入完了後の波長が安定した区間が見受けられるが、ファイバが一定の撓みを生じた状態で堆積スラリー中に埋没しているものと考えられる。同図には水の応答も示しているが、温度による反応はあったものの FA に比べ非常に小さい。続いて図-4 の段階投入であるが、図-3 同様に投入に伴って波長に変化が見られ、投入完了とともにその値は安定した。堆積層の上昇とともに一定の勾配で波長が変化し、層厚の安定に伴い波長も安定化したものと思われる。その後、投入管とともに光ファイバを堆積層から引き上げると、自らの剛性で撓みが解消され元の波長に戻った。引き続き 2, 3 投目を連続して行った。いったん初期値に戻った波長は 2 投目で再上昇するとともに、投入後は高い値のまま一定値に落ち着いた。その後の 3 投目に対してもそのまま上昇し、投入後は再び安定した。以上の結果より、光ファイバセンサは流れの影響を受けることなく、堆積層の変化にのみ感度よく応答することが分かった。本センサにより堆積層を把握しつつ管の高さを管理したスラリー投入が可能であることを確認した。

4. おわりに

光ファイバセンサを取り付けたトレミー管より高濃度フライアッシュスラリーを投入し、堆積層の上昇に伴うセンサの応答を調べた。その結果、本センサがスラリー堆積層をよく把握できていることがわかり、トレミー管の高さ管理に適用できることが分かった。

参考文献

- 1) 山崎智弘：高濃度 FA スラリーのトレミー管を用いた埋立効果，土木学会第 71 回年次学術講演会，VII-011, 2016 年。
- 2) 鶴ヶ崎和博，山崎智弘：高濃度フライアッシュスラリーの室内投入実験，土木学会第 72 回年次学術講演会，III-328, 2017 年。
- 3) 鶴ヶ崎和博，宮本順司，伊藤輝，角田紘子：光ファイバによる軟弱土の強度計測，第 54 回地盤工学研究発表会，2019，投稿中。