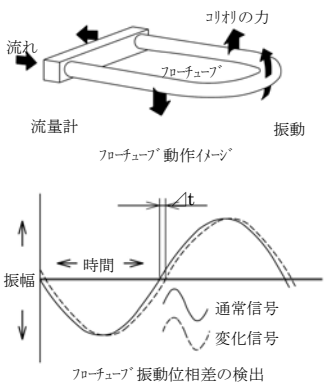
場所打ち杭における可視化技術を用いた安定液管理システム

大林組　正会員○荒川　真　　大林組　正会員　矢部 文生
特殊構工法計画研究所　非会員　長谷川　智仁　　大裕　　正会員　野村 光寛

１．はじめに

近年, 土木・建築構造物は大型化・大深度化が進み, これら構造物の杭基礎においては, 杭の大口径化・大深度化が進んでおり, 杭底面付近のスライムによる杭体コンクリートの品質低下, また今まで以上に人手不足や専門技術力低下による品質低下が懸念されている. 一方, 場所打ちコンクリート杭の品質管理では, 安定液の性状管理が不可欠であり, その中で特に重要となる比重の計測は, 指定深度で原位置安定液を採取し電子天秤やマッドバランス等を用いた手動計測が用いられている（従来法）. しかし, 従来法では 1～2 か所しか計測できず, 孔内全体の安定液性状やスライム量の推測が非常に困難であった. そこで確実な安定液管理のために深度方向に連続的に安定液性状を, 可視化できる既存計測管理装置 [1]を導入し, 簡便かつ正確な安定液管理システムを開発した. 本報では, 当システムの性能確認実験の成果について報告する.



$$m = \rho_t \times V_t + \rho_l \times V_l \quad \cdots (1)$$

$$f = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}} \quad \cdots (2)$$

$$F_c = -2m\frac{d\theta}{dt} \times \frac{dv}{dt} \quad \cdots (3)$$

m : チューブ総質量
ρ_t : チューブ密度　ρ_l : 流体密度
V_t : チューブ体積　V_l : 流体体積
θ : 振れ角　k : 剛性　v : 流速
f : 振動周波数　F_c : コリオリの力

図-1 コリオリ式質量流量計計測原理

２．計測管理装置

簡便かつ正確に安定液比重を連続的に計測管理する計器として, コリオリ式質量流量計を用いる. **図-1** に計測原理を, **表-1** に計器仕様を示す.

表 1 計器仕様

型式	T050T
計測範囲	0 ~ 5,000 Kg/m^3
分解能	0.001 g/ml
繰返し精度	±0.5 Kg/m^3
応答速度	10 msec

３．室内試験による計測性能比較

コリオリ式質量流量計の計測性能を検証するため, 従来法およびコリオリ式質量流量計（**図-2**）に対して, 場所打ちコンクリート杭施工時の安定液性状を想定し, 計測性能比較を実施した. 比較に用いた試料は性状の異なる 11 種の安定液を採用した. 試料性状および計測結果を**表-2** に示す. 両計測結果の差違は,試料全ケースにおいて±0.002 以内であった.これは,日本基礎建設協会による場所打ちコンクリート施工指針 [2]にある管理基準±0.005 を十分に満足することを確認した.

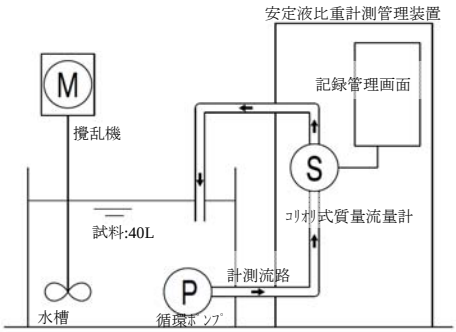


図-2 室内試験装置概要図

表 2 試料性状一覧および計測結果

試料	比重範囲	粘度範囲	測定水温		比重		差違
			ファンネル粘度(秒)	B 型 60rpm(mPas)	従来式（重量測定法）	コリオリ式質量流量計	
A-1	低比重	－	水		0.000	0.000	0.000
A-2			28. 7	44.3	1.003	1.003	0.000
A-3			36. 6	83.2	1.005	1.005	0.000
B-1	1.04～1.06	高粘度領域	28. 3	31.2	1.041	1.042	-0.001
B-2			30. 7	44.9	1.044	1.045	-0.001
B-3			34. 0	66.9	1.048	1.050	-0.002
C-1	1.05～1.06	弱ゲル化想定	39. 2	88.3	1.052	1.052	0.000
C-2			52. 1	150.2	1.055	1.055	0.000
C-3			89. 8	253.4	1.058	1.057	0.001
D-1	1.10 以上	ゲル化想定	65. 8	252.6	1.119	1.121	-0.002
D-2			114. 2	547.0	1.122	1.122	0.000

安定液比重，コリオリ式質量流量計，良液置換，スライム処理，場所打ちコンクリート杭
〒108-8502　東京都港区港南 2-15-2　品川インターシティ B 棟　大林組特殊工法部 TEL:03-5769-1328

４．原位置試験による計測結果比較

４．１　原位置試験の計測方法

原位置（東京・愛知・大阪・兵庫地区 4 箇所, 深度 15～60m）においてコリオリ式質量流量計を用い, 掘削直後, 良液置換前・後の安定液比重分布を深度方向に連続的に計測した. 原位置試験に用いた, 安定液比重計測管理装置[1]は, **図-3** に示すように,コリオリ式質量流量計と昇降装置および記録管理装置から構成され, 計測時間 1 分で深度約 10m 区間の比重分布を計測記録する. また計測状況はリアルタイムに管理画面で確認できる（**図-5**）.

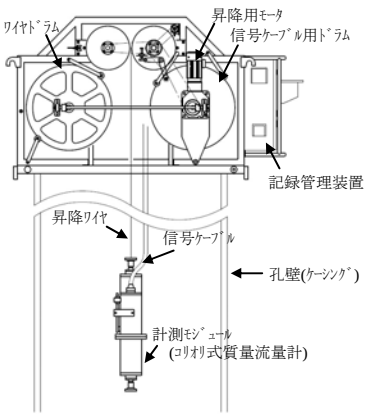


図-3 安定液比重計測管理装置

図-4 計測状況

図-5 計測管理画面

４．２　原位置試験の計測管理結果

原位置試験によって得られた深度方向の掘削後と良液置換後の安定液比重分布を**図-6・7** に示す. はじめに, **図-6** の掘削後 30min の比重分布より, 深度 22.5m 付近からは深度とともに比重が急激に上昇していることが分かる. これは, 杭底面付近の安定液にスライムが浮遊している状況を示している. また**図-6** 掘削後 200min の比重分布を 30min と比較すると, 深度 22.5m 以下の比重が下がっていることが分かる. これは, スライムが沈降したことを示している. 一方, **図-6・7** 良液置換後の比重分布を全深度で比較すると, 深度方向の比重バラツキが±0.01 以内で安定していることが分かる. これは, 良液置換によりスライムが浮遊した安定液を除去し置換できたことを示している. また**図-7** B サイトの良液置換後の比重分布を経時的に着目すると, 全深度において比重の変化が小さいことが分かる. これは, 良液置換の効果が品質を良好に維持していることを示している. 以上, 当システムを用いることで, 安定液比重の深度分布や経時変化を簡便かつ正確に可視化できることが分かった. すなわち, このシステムはスライム沈降時間や除去対象範囲の定量的な計測ができ, 良液置換の量や時期を的確に判断することができる. また, 良液置換の施工品質を孔内全域において経時的に可視化管理できるため, 杭体の品質向上に大きく貢献すると考える.

５．まとめ

コリオリ式質量流量計について室内試験で計測精度を検証し, 管理基準を十分に満足することを確認した. その上で,原位置において孔内安定液の比重分布を深度方向に連続的に計測することで, 安定液性状の掘削後, 良液置換後を可視化できること, 杭底面付近のスライム量の推測ができることが分かった. すなわち, 開発した安定液管理システムは, 杭体のコンクリートの品質[3]や鉛直支持性能の確保に大きく寄与するものと考える. 現在は, 当安定液管理システムをスライム除去技術に活用しているが,今後はさらに安定液の配合管理にも応用することを考えており, 安定液の製造からスライム除去までの一貫した統合システムの構築を目指している.

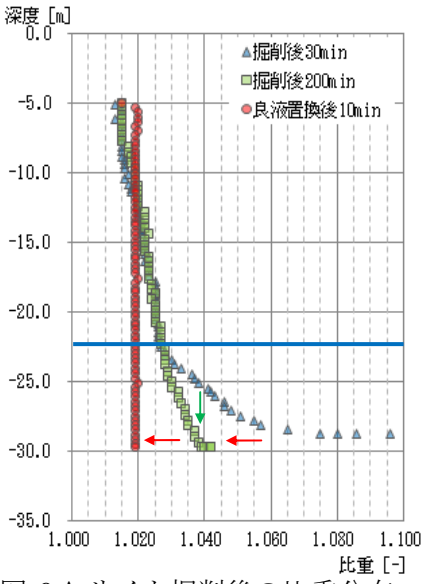


図-6 A サイト掘削後の比重分布

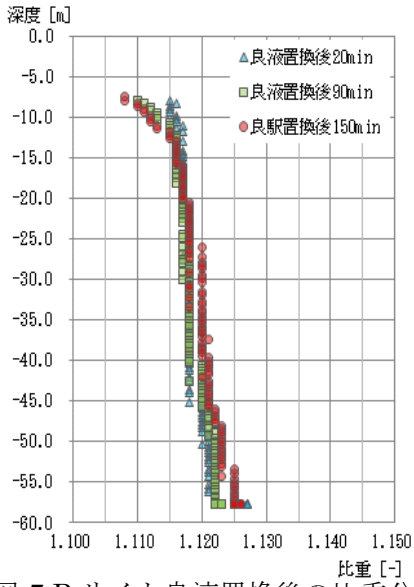


図-7 B サイト良液置換後の比重分布

参考文献 1)地盤工学会(2012)：場所打ちコンクリート杭におけるスライム計測方法 2)日本基礎建築協会(2000)：場所打ちコンクリート杭施工指針・同解説 3)鉄道総研報告(2010)：泥水濃度に着目した場所打ちコンクリートの強度評価法