

埋込み杭の根固め部の圧縮強度

その3 未固結採取試料とプラント強度

正会員 ○木谷 好伸*1 平川 泰行*2
同 加倉井 正昭*3 桑原 文夫*3

埋込み杭 根固め部 圧縮強度
未固結採取 セメントミルク

1. はじめに

埋込み杭の施工時に根固め部の強度を推定する方法として、プラントで混練した根固め用セメントミルクの強度確認による方法と、未固結試料の固化強度を確認する方法が実務で使われている。セメントミルクも未固結試料も、コア採取に比べると比較的容易に採取できることや材令 7 日程度で圧縮強度の早期判定ができるという点で、コア採取より施工時の品質管理項目として適しているといえる。

本編では、実現場の施工杭において、プラントから採取した根固め用セメントミルク、根固め部から採取した未固結試料および施工完了後にコア採取した試料の圧縮試験結果に関して統計的な比較を行い、根固め部の圧縮強度の評価の有効性について検討を行った。

2. 検討したデータの特性

プレボーリング拡大根固め工法(3 工法)により施工した 22 例の杭データ一覧を表-1 に示す。これらは同一の根固め部に使われたセメントミルク(W/C=60%)、およびそこから採取された未固結試料とコア試料である。先端地盤は、砂質土 15 例、砂礫 1 例、粘性土 6 例で、杭先端平均 N 値は 6.0~63.3 である。掘削先端深度は 9m~56m、根固め径は 680~1830 mm であった。未固結試料の採取位置は根固め部先端から 1m 上方位置であり、コアは根固め部全長区間から採取されている。採取された試料は、セメントミルク、未固結試料とも直径 50mm、高さ 100mm のプラスチック製モールドに採取し、固化した 3 日目以降は 20℃ の水中で養生したものである。表-1 に示す圧縮強度は、いずれの試料とも複数個の供試体強度の平均値を示した。試験の材齢は、セメントミルクは 28 日であるが、未固結試料は 28 日~49 日、コアは 32 日~216 日であったので、土木学会コンクリート標準示方書に基づいて材齢 28 日強度に換算している。

3. セメントミルクとコア試料の比較

表-1 のセメントミルクとコアの圧縮強度を比較したものを図-1 に示す。セメントミルクの圧縮強度は 23.3~52.6 (平均 40.2)N/mm² であるのに対し、コア試料の圧縮強度は 11.1~35.3(平均 21.1)N/mm² で、セメントミルクの強度の

52%である。

表-1 採用データ一覧

No.	先端地盤	先端深度 (m)	根固め径 (mm)	未固結試料		コア試料		平均N値 (回)	セメントミルク 強度 (N/mm ²)
				採取深度 (m)	σ 28 換算強度 (N/mm ²)	採取深度 (m)	σ 28 換算強度 (N/mm ²)		
1	砂質土	47.0	1100	46.0	25.7	46.9	29.3	63.3	47.9
2	砂質土	15.1	1830	14.1	12.1	14.2	14.2	19.1	47.2
3	砂質土	14.9	680	13.9	16.5	13.1	20.3	49.3	30.4
4	粘性土	56.0	1250	55.0	32.0	55.0	28.0	24.8	41.2
5	粘性土	43.5	1050	42.5	24.5	41.5	12.7	19.6	44.3
6	砂質土	48.5	1050	47.5	32.4	47.6	18.4	54.9	42.0
7	砂質土	23.0	1200	22.0	14.7	21.9	14.2	39.1	50.2
8	砂質土	12.5	1430	11.5	30.2	11.3	24.8	5.6	—
9	砂質土	18.0	780	17.0	29.5	17.5	25.9	22.2	42.3
10	粘性土	29.5	800	28.5	25.4	28.5	31.6	9.3	52.6
11	粘性土	20.0	1300	19.0	15.7	19.9	11.1	17.2	36.5
12	粘性土	12.5	800	11.5	24.4	12.4	15.8	18.9	35.5
13	粘性土	16.0	700	15.0	25.7	15.6	15.1	6.0	41.1
14	砂質土	16.0	1050	15.0	23.7	15.3	29.4	—	—
15	砂質土	9.0	750	8.0	15.8	8.0	16.3	—	—
16	砂質土	47.2	1000	46.2	10.9	45.5	14.1	29.1	23.3
17	砂質土	9.2	1200	8.2	21.0	8.1	17.3	—	—
18	砂質土	20.0	800	19.0	20.6	18.9	14.2	38.4	23.3
19	砂質土	42.0	1050	41.0	16.3	40.4	23.6	—	—
20	砂礫	19.7	1725	18.7	14.3	12.6	20.5	—	42.9
21	砂質土	16.8	1275	16.0	26.8	15.1	31.1	—	—
22	砂質土	43.8	1150	42.6	34.1	42.7	35.3	—	42.9
				平均	22.4	平均	21.1		40.2

4. 未固結試料とコア試料の比較

表-1 の未固結試料とコア試料の圧縮強度を比較したものを図-2 に示す。圧縮強度は、両者とも 10~35N/mm² の範囲にあり、粘性土、砂質土とも未固結試料とコアの圧縮強度は y=x 線近傍に分布しており、土質による影響は見られない。このことから、未固結試料は支持地盤の種別にかかわらず、コア試料との相関性は高く、ほぼ同様な強度を示すことがわかった。

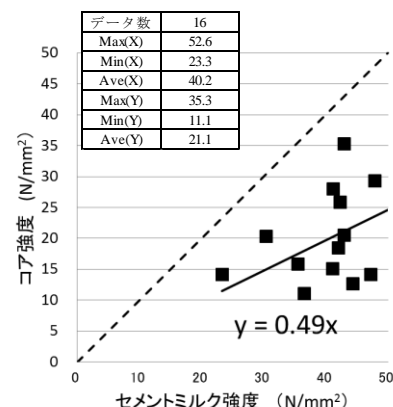


図-1 セメントミルクとコア強度

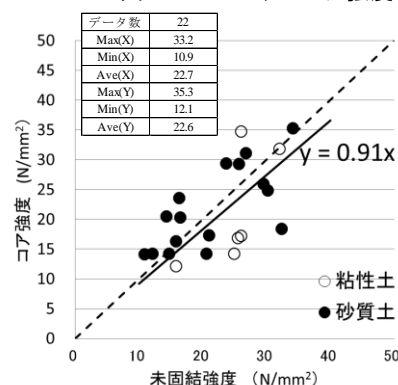


図-2 未固結試料とコア強

5. セメントミルクと未固結試料の比較

表-1 に示した調査とは別に、コア採取は行っていないが、同一杭においてプラントから採取したセメントミルクと未固結試料の圧縮強度を比較した。

試験数は 83 例で、その結果を図-3 に示す。採取容器はいずれもプラスチック製モールドであり、材齢はいずれも 28 日である。セメントミルクの圧縮強度は 25~52N/mm² の範囲にあるのに対し、未固結試料の圧縮強度は 15~35N/mm² の範囲にあり、両者の関係は図-1 のセメントミルク~コア試料関係図とはほぼ同様である。このように、ある強度のセメントミルクを用いて施工した杭の根固め部の未固結試料の強度は、コア試料と同様な範囲に分布することがわかった。

6. セメントミルクの圧縮強度

図-1, 3 の調査とは別に、複数の施工法において行ったプラント採取のセメントミルクと未固結採取試料の圧縮強度の比較を行った。

ここでは、プラントから採取したセメントミルクは直径 50mm、長さ 500mm のビニール袋で養生している(写真-1)。未固結試料は前述のプラスチック製モールド(写真-2)で採取したもので、両者の圧縮強度を比較した 43 例の結果を図-4 に示す。この 43 例は、多くのプレボーリング拡大根固め工法で施工されたもので、未固結試料の圧縮強度は 9.5~53.8(平均 28.2) N/mm² の範囲にあり、図-1, 3 に示した結果に比べてばらつきが大きい。これは、施工法により根固め部の築造工法、未固結採取器や採取方法が異なることによるものと思われる。

一方、使用したセメントミルクは工法に関わらず W/C =60% であり、圧縮強度は 27.9~57.4(平均 40.9)N/mm² の範囲にあり、図-3 に示す強度よりやや大きい。これは、採取容器が袋の場合、モールド容器よりもブリージング率が高いため、袋下方で採取した供試体の強度が大きくなる傾向にあることによるものと思われる。



写真-1 採取袋



写真-2 モールド

7. まとめ

根固め部のコア強度に対する未固結試料とセメントミルクの圧縮強度の関係を比較検討し、コア試料の代替手法としての根固め部の品質管理の妥当性を検討した。その結果、表-2 に示すように、コア試料と未固結試料は相関が高いことが分かった。これは、未固結試料は施工直後に専用装置で採取し、地上で養生したものであり、コア試料は地中で所定期間養生したものをコアボーリング

で採取したもので、両者は、採取方法や養生条件は異なるものの、同一の性能を有することが分かった。

以上より、根固め部から採取した未固結試料による根固め部の品質管理手法は、根固め部の性能を表現するものと位置付けてよいと考えられる。

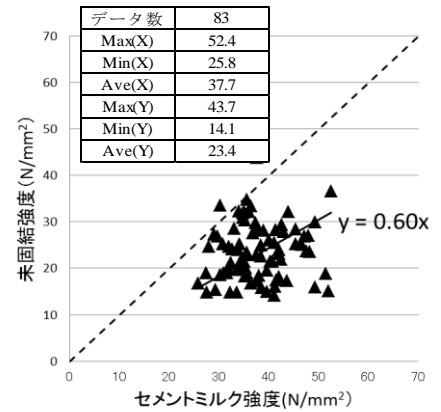


図-3 セメントミルクと未固結試料

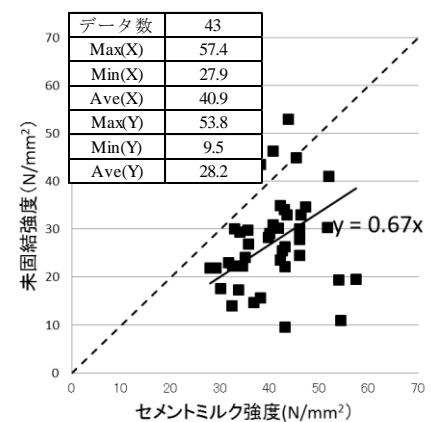


図-4 セメントミルクと未固結試料

表-2 各種圧縮強度結果比較

区分	組数	近似線係数	相関係数
コア/未固結	22	0.97	0.62
コア/セメントミルク	16	0.54	0.41
未固結/セメントミルク 1	83	0.60	0.03
未固結/セメントミルク 2	43	0.67	0.01

謝辞

本研究は、パイルフォーラム「高支持力杭の根固め部品質管理研究会」の活動の成果である。

*1 三谷セキサン
*3 パイルフォーラム

*2 日本コンクリート工業

*1 Mitani Sekisan *2 Nippon Concrete Industries
*3 Pileforum