

高支持力埋込み杭の根固め部の強度確認試験結果 (その2)

(各種比較試験事例の追加検討)

正会員 ○小松吾郎* 正会員 細田光美*
正会員 吉川那穂* 正会員 吉田 映*

高支持力埋込み杭 根固め部 圧縮強度

1. はじめに

同名報文(その1)においては、特定工法の根固め部強度を統計処理し、必要強度との対比や強度分布状態を調査した。また、同一条件下(同一現場・地盤)で実施した各種比較試験から、主に室内配合試験による圧縮強度と未固結試料による圧縮強度の比較検討を報告した。本報では、その他追加検討した結果を報告する。

2. 材齢1週と4週圧縮強度の関係

現状の課題のひとつとして、未固結試料の早期材齢圧縮強度(ここでは、1週とする)から4週圧縮強度の推定精度と信頼性の向上が挙げられる。そこで当該施工現場は室内配合と未固結試料採取については1週と4週圧縮強度試験を実施した。圧縮強度の伸び率(4W/1W)と4週圧縮強度の関係図を図-1に示す。

任意材齢におけるコンクリートの圧縮強度の推定技術としては、文献¹⁾に記載のGoral推定曲線式があるが、ソルセメントに関しても同様に利用されることがある。これによれば、当該現場は普通ポルトランドセメントを使用しており、4W/1Wは1.43を目安にすることができる。また、図中の15プロットは、1点を除きCOPITAセメントミル推定式²⁾よりも下方であり、且つ、すべて1.43以上となっており、分布幅は1.49~2.09であった。これより、普通ポルトランドセメントを使用する場合の4W/1W予測は、1.43で実務運用していくことで安全側の対応となると考えられる。また、4W/1Wの予測は、室内配合試験の値を参考にすることができるかと考

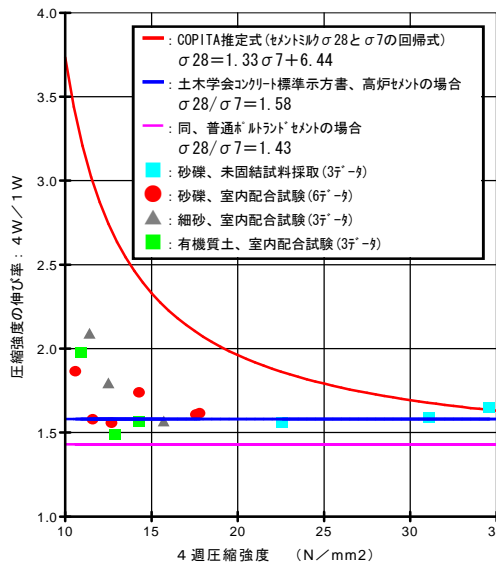


図-1 4W/1W (圧縮強度伸び率) と 4 週圧縮強度

えられる。

図-2は、4週圧縮強度の実測値より文献¹⁾の式に基づいて描いた未固結試料の材齢-圧縮強度のGoral推定曲線であり、さらに、1週材齢の実測値をプロットしたものである。1週圧縮強度の実測値(図中▲)と推定曲線との誤差は微小で、今回の実測値は本式と比較的整合していることが確認できた。

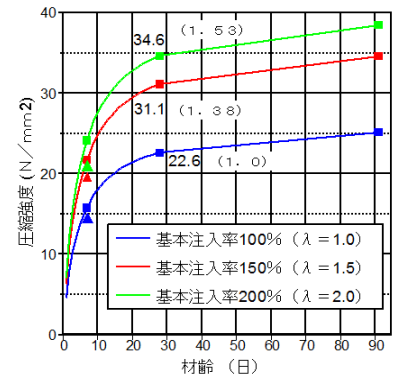


図-2 材齢と圧縮強度

3. セメントミル注入率とセメントミル含有率の基本値と補正值

未固結試料の4週圧縮強度結果をみると、根固め液の基本注入率λ=1.0、1.5、2.0のいずれも十分な強度値が確認された。また、注入率(量)の増加は根固め部強度の増大に効果があることが確認された。しかし、過剰な注入率増加は必要強度に対して過剰に強度を発現し不経済となることがある。そこでセメントミル含有率(以下CM含有率と略す)をコントロールすることにより経済性と品質を両立できる可能性がある。ここでは、図-3に示すように、当該施工試験の基本注入率λ=1.0(100%注入率)で上下反復による均等分割回数3回の場合のCM含有率の考え方

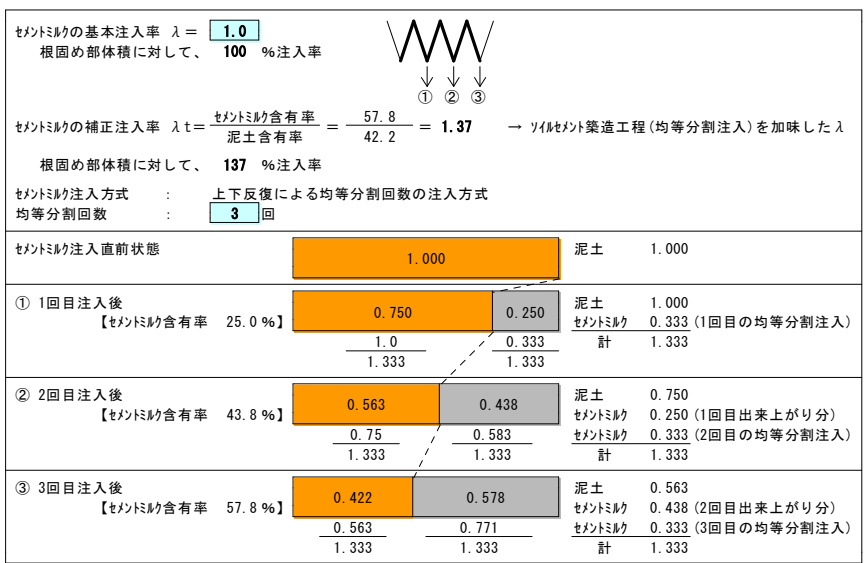


図-3 上下反復による均等分割回数方式の注入メーヅ図

を示す。1 回目の注入範囲には泥土のみの状態であるが、2 回目以降の注入では、根固め部には前回までの注入により出来上がったソイルメントが存在する。このソイルメントと 2 回目以降のセメントミルクは混合攪拌される。根固め部内の CM 含有率の変化を強調して表現するために図-3 はイメージ図として、3 回の均等分割注入により、補正 CM 含有率 57.8%となり、補正注入率は $\lambda_t=1.37$ (137%注入率)となる。

同様に計算した基本注入率 $\lambda=1.5$ (150%注入率)、 $\lambda=2.0$ (200%注入率) の場合の結果を表-1 に示す。ここで、基本注入率 $\lambda=1.0, 1.5, 2.0$ に対して、補正注入率 $\lambda_t=1.37, 2.71, 4.62$ と非常に大きいことになる。

当該試験施工の根固め部築造方法としては、基本注入率 λ ごとで、図-4 の黄色着色部の要領にて行った。表-1 と図-4 の左欄は上下反復のみでの均等分割注入であり、先端保持注入工程の組み込みを行った基本注入率 $\lambda=1.5$ と 2.0 の施工は、補正 CM 含有率を更に上昇させる効果があったと考えられる。

この考え方に基づく施工を行うことで、根固め部の必要強度を満たすために重要となる CM 含有率のコントロールが理論的には可能となる。また、必要強度値の大小に応じた注入率 (量) の決定にも応用可能となる可能性があり、今後更に検証したい。

4. 未固結試料採取とコア採取の圧縮強度の比較

今回の地層における支持層の礫径は $\phi 2\sim 30\text{mm}$ 主体ながらも $\phi 50\text{mm}$ 以上の粗礫も点在している。そのため、コンクリート供試体寸法の設定と同様の考え方により、コア供試体の採取径を通常より大きいコアサンプラーを用い、礫の圧縮強度試験に与える悪影響を多少低減するようにした。実際のコア採取径は約 92mm であった。なお、杭は沈設していない。

図-5 にコア圧縮強度の深度分布を示す。基本注入率 3 ケースともに、「未固結試料圧縮強度 \leq コア採取圧縮強度」の通常の関係にはならなかったが、平均圧縮強度値 (それぞれ、20.2、23.9、25.7N/mm²) としての問題は無かった。また、採取深度により礫の影響と思われる強度のばらつき

表-1 基本注入率 λ と補正注入率 λ_t

上下反復 (クォンク) 注入を基本とした均等分割回数	セメントミルクの基本注入率 λ と基本セメントミルク含有率						概要
	$\lambda=1.0$ ・基本注入率: 100% ・基本セメントミルク含有率: 50%		$\lambda=1.5$ ・基本注入率: 150% ・基本セメントミルク含有率: 60%		$\lambda=2.0$ ・基本注入率: 200% ・基本セメントミルク含有率: 67%		
	補正注入率 λ_t (%)	補正セメントミルク含有率 C Mt (%)	補正注入率 λ_t (%)	補正セメントミルク含有率 C Mt (%)	補正注入率 λ_t (%)	補正セメントミルク含有率 C Mt (%)	
1	100	50.0	150	60.0	200	66.7	基本に同じ
3	137	57.8	238	70.4	363	78.4	
5	149	59.8	271	73.1	438	81.4	
6	152	60.3	281	73.8	462	82.2	

λ : 基本注入率
 λ = 注入したセメントミルクの体積 / 対象泥土の体積
 λ_t : 補正注入率
 λ_t = 最終的に出来上がったソイルメント中のセメントミルク体積 / 対象泥土の体積
 C Mt: 補正セメントミルク含有率 (根固め部ソイルメント中に、セメントミルクが占める体積比率)
 C Mt = $\lambda_t / (\lambda_t + 1) \times 100$

が確認されたが、深度方向に圧縮強度は大きくなる傾向が見られた。 $\lambda=1.0$ は特にばらつきが大きい、本試験ではコア採取率も若干低下し、礫の大きさや含有量とコア採取径の影響によるものと考えられる。このように、礫が供試体に多量に混入された場合、礫とソイルメントの境界面での剥離破壊等もあり、特に当該施工現場の場合には、供試体の大きさに釣り合わない粗礫も多分に点在する地盤であった。コア採取率や破壊形状等を加味した総合的な判断を行う必要があると思われる。

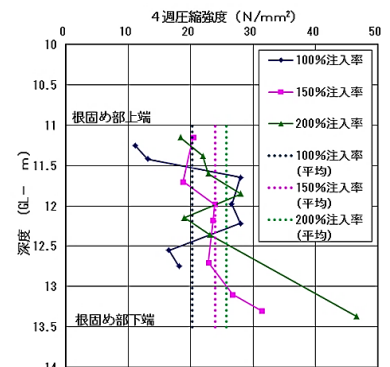


図-5 コア圧縮強度の深度分布

5. まとめ

セメントミルク注入率と CM 含有率を、基本値と補正值にて区分を行い、室内配合試験と施工現場でのソイルメントの仕上がり状態の違いから圧縮強度差を考察した。また、上下反復の均等分割回数によるセメントミルクの注入・混合攪拌や先端保持注入による補正注入率 λ_t や補正 CM 含有率の上昇について、理論付けを行った。

【参考文献】

- 1) 土木学会: コンクリート標準示方書 [施工編] pp52-53, 2002.3.
- 2) COPITA: 埋込み工法に用いる根固め液及び杭周固定液の圧縮強度試験方法, 2011.3

		根固め部の築造要領								
		均等分割回数 (上下反復のみ) でのセメントミルク注入・混合攪拌方式			補正セメントミルク含有率を更に上昇させる、先端保持注入工程付きのセメントミルク注入・混合攪拌方式 (基本注入率 $\lambda > 1.0$ の場合)					
セメントミルク基本注入率 λ	基本セメントミルク含有率 (%)	概略施工模式図	セメントミルク補正注入率 λ_t	補正セメントミルク含有率 (%)	概略施工模式図	セメントミルク補正注入率 λ_t	補正セメントミルク含有率 (%)			
① 100% 注入率	1.0	50	3回の上下反復による混合攪拌 (均等3分割のセメントミルク注入)	137% 注入率	1.37	57.8	同左 (左欄と施工仕様は同一)	137% 注入率	1.37	57.8
② 150% 注入率	1.5	60	5回の上下反復による混合攪拌 (均等5分割のセメントミルク注入)	271% 注入率	2.71	73.1	先端保持注入 3回の上下反復による混合攪拌 (均等3分割のセメントミルク注入)	271% 注入率以上	2.71 以上	73.1 以上
③ 200% 注入率	2.0	67	6回の上下反復による混合攪拌 (均等6分割のセメントミルク注入)	462% 注入率	4.62	82.2	先端保持注入 3回の上下反復による混合攪拌 (均等3分割のセメントミルク注入)	462% 注入率以上	4.62 以上	82.2 以上

図-4 根固め部築造要領の例 (黄色着色部は当該試験施工で実施した要領)