

バキューム処理した杭頭部コンクリートの品質

起橋孝徳* 上西 隆** 河野政典*

1. はじめに

場所打ち杭のコンクリート打設直後に、まだ固まっていない余盛りコンクリートをバキューム車で吸引除去する（以下、バキューム処理と称す）工法は、無騒音・無振動で粉塵を発生させない杭頭処理工法であり、施工時に近隣環境を配慮する必要がある場合には重要な選択肢となる。しかしながら、バキューム処理は工法としての規定がなく、処理した杭頭部コンクリートの品質は明確にされていない。

このため、先ず、品質を確保するための施工手順を定めるとともに、バキューム処理する余盛りの範囲を確かめるための試験を行った。次に、バキューム処理した杭頭部コンクリートのコア強度を、設計基準強度や管理用供試体強度と比較するとともに、余盛りコンクリートが硬化した後に研って除去した場合（以下、研り処理と称す）とも比較した。さらに、杭天端のごく表層部については圧縮試験で評価できないため、モルタル部分の硬さで比較し、品質を確認した。

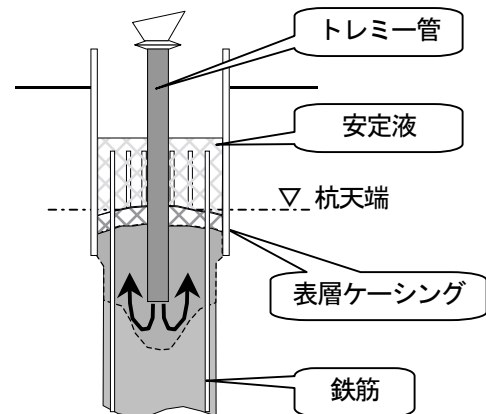
2. バキューム処理工法の概要

本実験にあたって設定したバキューム処理の施工手順を図-1～図-3に示す。

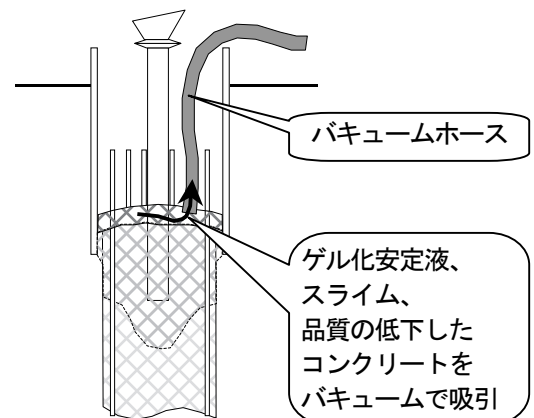


図-1 杭頭バキューム処理の手順（フロー）

①コンクリート打設



②一次バキューム処理



③余盛り部コンクリート打設

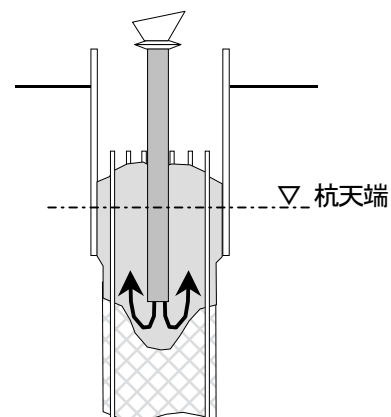
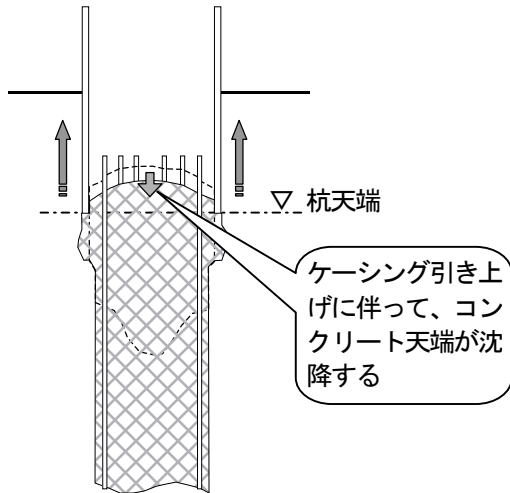


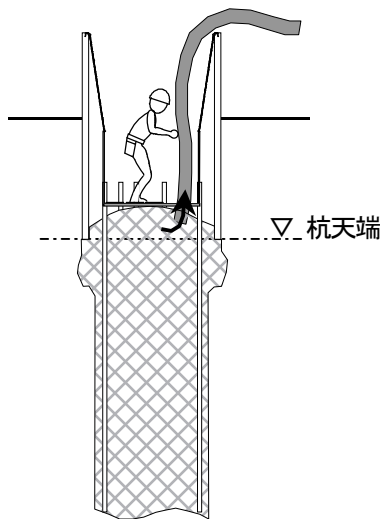
図-2 杭頭バキューム処理の手順（前半）

*技術研究所 **技術本部建築部

④表層ケーシング引上げ



⑤二次バキューム処理



⑥杭頭コンクリート押え

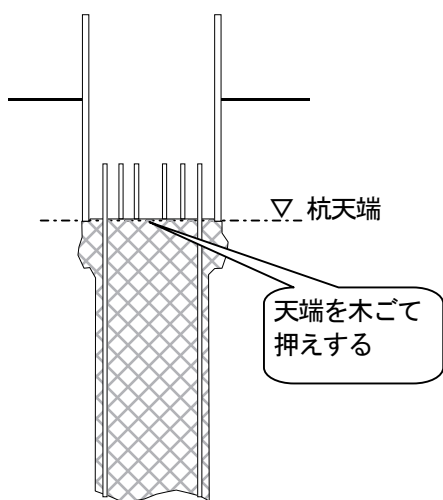


図-3 杭頭バキューム処理の手順 (後半)

3. 余盛りコンクリートの強度確認実験

3.1 実験目的

杭頭処理で除去する余盛りコンクリートの適正な高さを把握するために、余盛りを含む杭頭部分のコンクリート強度の高さによる傾向を確認する。

3.2 実験方法

バキューム処理を行わない杭頭の余盛りおよび本設部分からコア供試体(φ100mm)を採取して圧縮強度試験を行った。コアを採取した杭の概要と試験体数を表-1に、コア採取位置を図-4に示す。なお、コアの採取は杭頭の埋め戻し・掘削後に、余盛りコンクリートの表層を高圧水で洗浄して行った。

表-1 余盛りの圧縮強度試験杭の概要 (斫り処理)

セメント種類	普通ポルトランド		高炉B種	
設計基準強度	24 N/mm ²	27 N/mm ²	27 N/mm ²	27 N/mm ²
呼び強度	30 N/mm ²	30 N/mm ²	27 N/mm ²	30 N/mm ²
杭径	φ1.2m	φ1.6m	φ1.1m	φ2.2m
試験杭本数	1本	2本	1本	2本
杭先端位置	GL-15m	GL-11m	GL-12m	GL-47m
杭天端位置	GL-1.6m	GL-1.1m	GL-1.9m	GL-1.1m
地下水位	GL-5.0m	GL-2.8m	GL-2.7m	GL-2.5m
コア供試体数	21体	62体	14体	38体

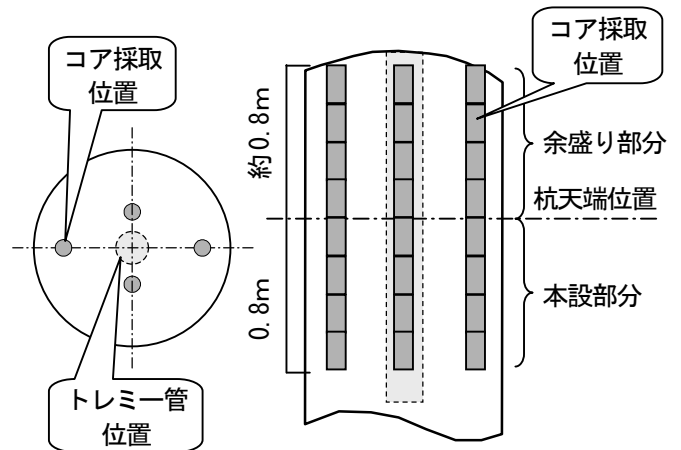


図-4 杭頭コア供試体採取位置

3.3 実験結果

余盛りコンクリートから採取したコア供試体強度の設計基準強度に対する比が、深さ方向でどのように分布しているかを図-5に示す。余盛り上層部から採取したコアの圧縮強度にはコア供試体の採取深さによる有意な差はなく、杭天端以下のコアと比較しても強度

の低下は見られなかった。本実験では、高圧水洗浄によって除去される余盛りコンクリート表層部分を含んでいないため、この結果から余盛りの必要高さを断定することはできないが、通常の余盛り高さ（有水：80cm、無水：50cm）は過剰であると考えられる。

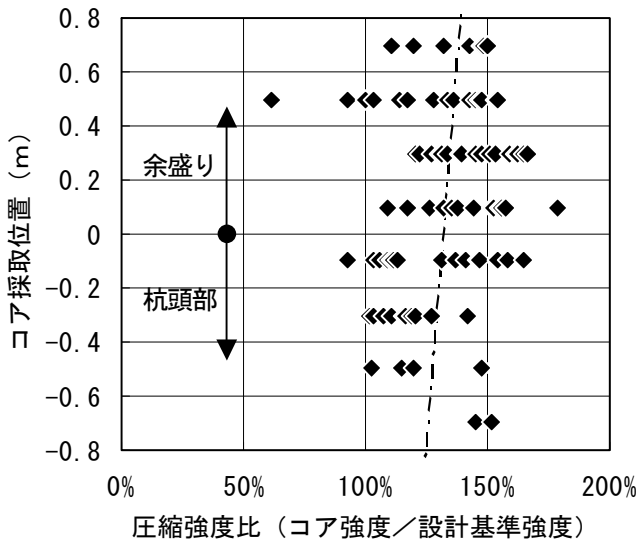


図-5 コア強度比の深さ方向の分布

の杭頭部からコアを抜き取り、材齢 28 日で圧縮強度試験を行って比較した。なお、杭の施工は杭頭部の処理方法以外はいずれの杭もアースドリル工法で行った。比較した杭の概要と試験体数を表-3に示す。

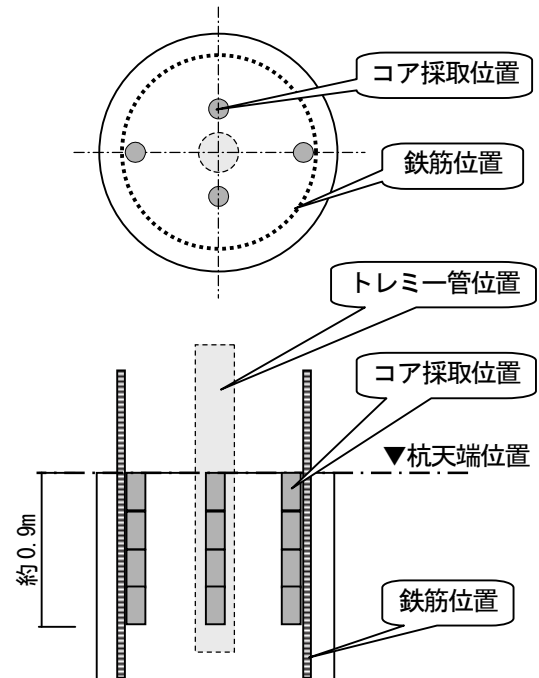


図-6 杭頭部コア供試体採取位置

4. 杭頭部コンクリート強度確認実験

4.1 実験目的

バキューム処理した杭頭部から採取したコアについて、設計基準強度と比較して品質を確保していることを確認するとともに、杭の構造体強度の管理に用いられている標準水中養生供試体の圧縮強度と比較して従来と同様の強度管理方法が適用できるかを検討する。また、研り処理した杭頭部の強度とも比較する。

4.2 実験方法

コアの採取は、設計上の杭天端から深さ約 0.9mまでの範囲とした。コア採取位置を図-6に示す。

a. 構造体強度と強度管理方法

バキューム処理した杭頭部から採取したコア供試体を、材齢 91 日で圧縮試験した結果を構造体強度とみなして、これを設計基準強度と比較するとともに、荷卸し時に採取した標準水中養生供試体の材齢 28 日強度との関係を確認した。コアを採取した杭の概要と試験体数を表-2に示す。

b. 処理方法による強度の比較

バキューム処理した杭と研り処理した杭のそれぞれ

表-2 構造体強度確認試験杭の概要

セメント種類	高炉B種	
設計基準強度	24 N/mm ²	27 N/mm ²
呼び強度	24 N/mm ²	30 N/mm ²
杭径	φ1.7m	φ1.7m
試験杭本数	7本	5本
コア供試体数	54体	34体

表-3 圧縮強度比較調査杭の概要

セメント種類	普通ポルトランド	高炉B種	高炉B種	
設計基準強度	24 N/mm ²	27 N/mm ²	27 N/mm ²	
呼び強度	30 N/mm ²	30 N/mm ²	27 N/mm ²	
バキューム処理	杭径	φ1.6m	φ1.6m	φ2.0m
		φ1.5m	φ1.3m	φ1.3m
		φ1.2m		
	試験杭本数	2本	4本	3本
		3本	2本	1本
		2本		
コア供試体数	12体	53体	59体	
	17体	32体	15体	
	11体			
研り処理	杭径	φ1.2m	φ1.6m	φ1.1m
	杭本数	1本	2本	1本
	コア数	6体	21体	8体

4.3 実験結果

a. 構造体強度と強度管理方法

バキューム処理した杭から採取したコア供試体の圧縮試験結果を図-7に示す。コアの材齢 91 日強度は、いずれも設計基準強度を上回り、且つ、ばらつきによる不良率を 4%以下とする強度の割り増し分（標準偏差 $\sigma \times 1.73$ ）も確保する結果となった。また、コアの材齢 91 日強度は、管理用供試体の材齢 28 日強度と同等以上であった。このことから、当社で定めた管理方法に従って、バキューム処理した杭頭部の構造体コンクリート強度は、設計基準強度を満足していることと、その強度管理は、従来の管理方法と同様に標準養生供試体の材齢 28 日強度で行えることが確認できた。

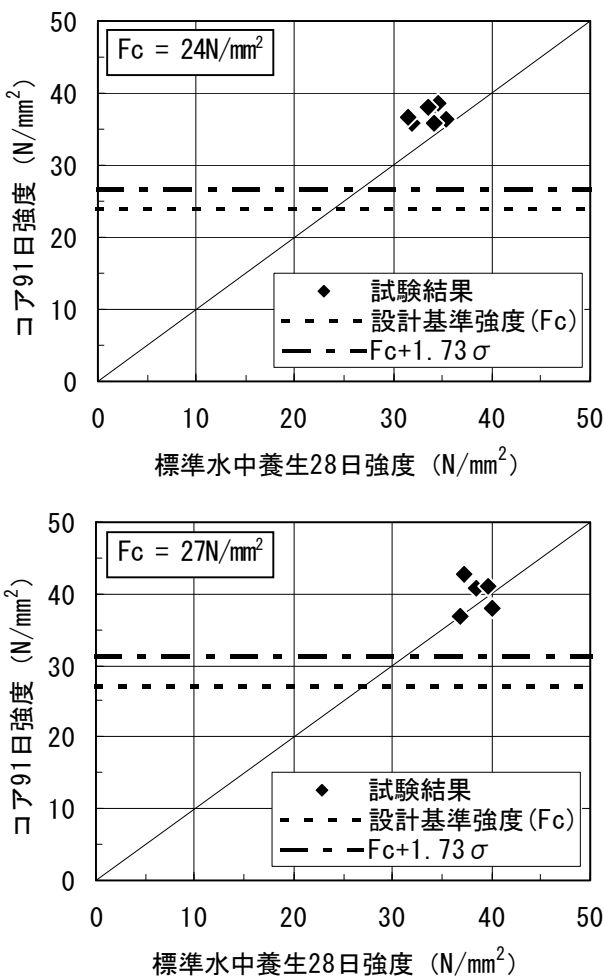


図-7 構造体強度と設計基準強度ならびに管理用供試体強度との関係

杭頭部分から採取したコア供試体における、圧縮強度とヤング係数の関係を図-8に示す。バキューム処理した杭頭部分のコンクリートと、斫り処理を行った

もの間に違いは見られなかった。また、圧縮強度とヤング係数の関係は使用される粗骨材の岩種によって異なるが、本試験のコンクリートには石灰岩砕石が使用されている場合もあり、全体としては以下に示す建築学会式の骨材種類による係数 k_1 を 1.0~1.2 とした値に概ね沿う傾向にあった。

$$\text{建築学会式} : E = 33.5 \times k_1 \times k_2 \times \left(\frac{\gamma}{2.4}\right)^2 \times \left(\frac{F_c}{60}\right)^{1/3}$$

但し、 $k_1 = 1.2$ (石灰砕石使用時)

$k_1 = 1.0$ (石灰砕石以外の粗骨材使用時)

$k_2 = 1.0$

$\gamma = 2.3$

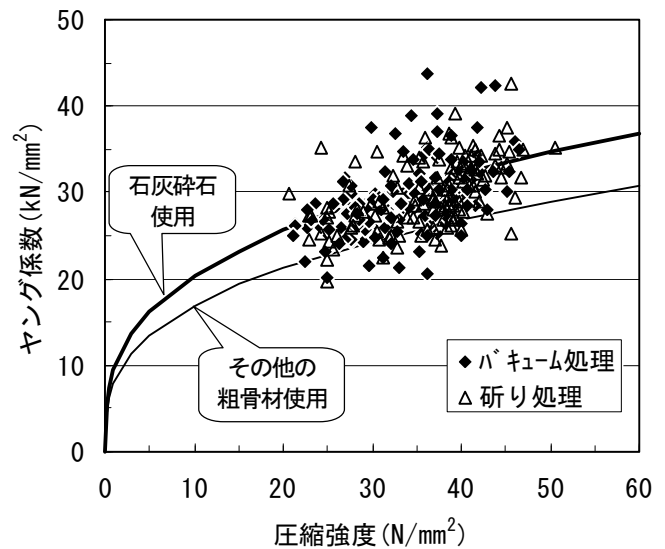


図-8 圧縮強度とヤング係数の関係

b. 処理方法による強度の比較

処理方法の違いによる杭頭部分のコンクリート強度の比較にあたっては、打設されたコンクリートの強度が異なるものがあるため、コア供試体強度の呼び強度に対する比を用いて検討した。圧縮強度比の度数分布を図-9に示す。

圧縮強度比は、バキューム処理では最大 1.89、最小 0.63、平均 1.14、標準偏差 0.21 であるのに対して、斫り処理では最大 1.65、最小 0.95、平均 1.21、標準偏差 0.17 であった。図から、バキューム処理した杭頭部分のコンクリート強度は、斫り処理を行った場合の強度とほぼ同等であることが分かる。なお、両者の平均の差について有意水準 5% で検定を行った結果、有意な差は認められなかった。

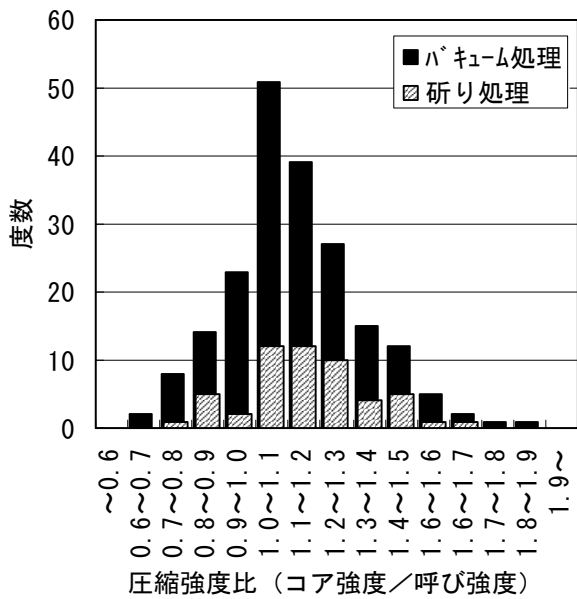


図-9 杭頭部コア強度の比較

5. 天端表層部の品質確認実験

5.1 実験目的

バキューム処理では、研り処理の場合とは異なり、杭頭処理後にブリーディング水によってコンクリート天端表層部の品質が低下するおそれがある。しかし、ごく表層の品質は圧縮強度では評価できないため、モルタルの硬さによって、バキューム処理したコンクリートの天端表層部分の品質を確認する。



写真-1 使用した硬さ試験機

5.2 実験方法

試験には、携帯用万能硬さ試験機（商品名：エコーチップ、写真-1）を用いた。計測は、試験体を切断・研磨した各試験面について、骨材や気泡を避けたモルタル部分の20箇所で行った。実験に用いたコンクリートの調合を表-4に示す。

試験体はバキューム処理した杭頭部より採取したコアを用いた。また、室内実験でも高さ0.25m、0.5m、1.0m、1.5m、2.0mの塩ビ管容器（内径φ130mm）の中に打設したコンクリートを対象として、ブリーディング量を測定するとともに硬さ試験を行った。室内実験での試験体形状を図-10に示す。

室内実験では、ブリーディング量による差を比較するために、単位水量の多い場合と少ない場合について試験した。また、これらの試験体はコンクリートの調合が異なるため、結果を併せて評価するために、試験面における計測値を試験体毎の平均値に対する比で表すこととした。

表-4 表層部品質確認実験に用いた調合

	W/C (%)	単位量 (上 : kg/m ³ , 下 : リットル/m ³)			
		W	C	S	G
現場試験体	51.0	193	378	730	938
			124	284	354
室内試験	51.5	179	348	796	975
	50.0	200	400	767	886
			127	295	333

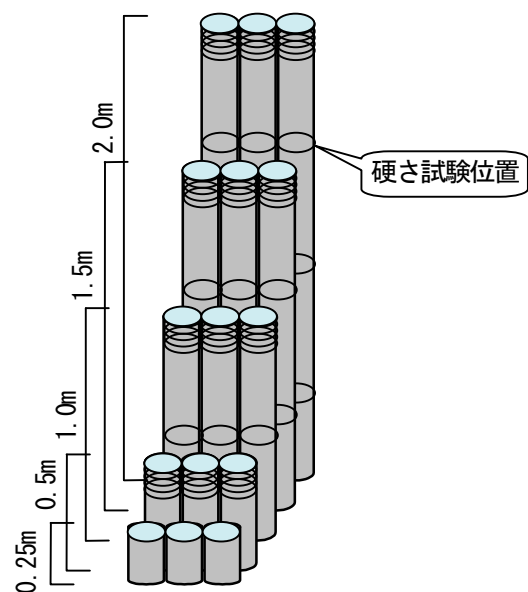


図-10 ブリーディングによる影響の検討試験体

5.3 実験結果

硬さ試験結果を図-11 に示す。現場から採取したコア試験体は、硬さ試験に必要な表面の平坦さを得るために天端を研磨する必要があったため、ごく表層の値は得られなかった。

室内試験によるモルタルの硬さは、表面では最も低いもので 74%まで低下した。これに対して、表面から 5mm 以上深い位置では、現場で採取した試料と室内試験の結果の何れも、平均値に対して 95%信頼区間の範囲にあった。

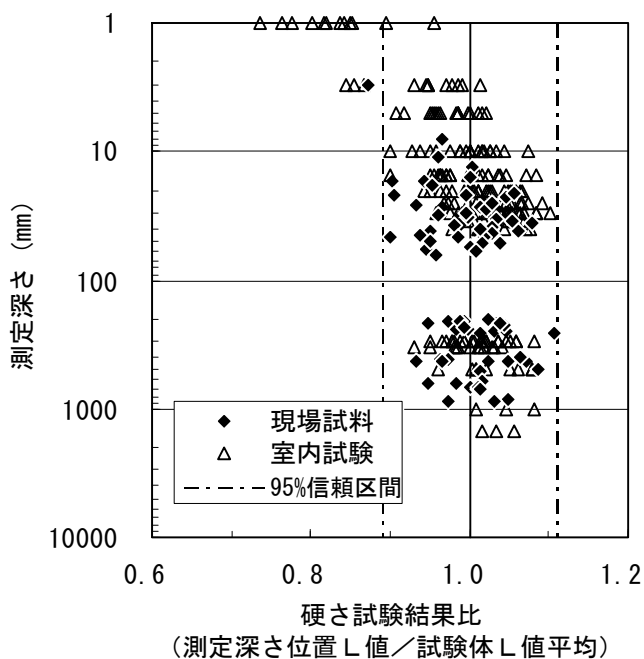


図-11 コンクリート深さと硬さの関係

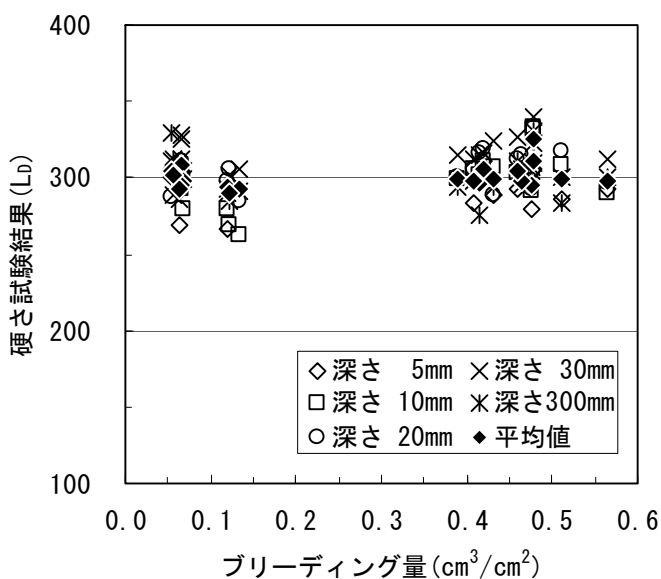


図-12 ブリーディングと硬さの関係

ここから、バキューム処理したコンクリートはごく表層でモルタルの硬さが低下しているが、室内試験の結果で深さ 5mm 以上の位置、現場から採取したコアの結果では深さ 10mm 程度以上の位置においては、品質の低下は無いものと考えられる。

ブリーディング量と硬さ試験結果の関係を図-12 に示す。本実験の範囲では、ブリーディングとモルタルの硬さに相関は見られなかった。ブリーディング水以外に表層の硬さを低下させる要因としては、養生温度や表面の乾燥などがあり、室内実験におけるコンクリート表層部の硬さの低下は、この様な養生条件による影響も含まれているものと考えられる。

6. まとめ

杭頭部をバキューム処理する際の品質確保のために、必要な余盛の確認実験と、バキューム処理した杭頭部コンクリート構造体の強度や天端表層部の硬さについての実験を行って品質を確認した結果、以下の知見が得られた。

- i. 余盛りから採取したコアの圧縮強度には、コア供試体の採取深さによる有意な差はなく、杭天端以下のコアと比較しても強度の低下は見られないため、通常採用されている余盛り高さは過剰である
- ii. 当社で定めた管理方法に従ってバキューム処理した杭頭部の構造体コンクリート強度は、設計基準強度を満足し、研り処理した場合と同等の強度を確保している
- iii. バキューム処理した杭頭コンクリート強度の管理には、従来と同様に標準水中養生供試体の材齢 28 日強度を用いて行うことができる
- iv. バキューム処理したコンクリート天端のごく表層部分では、モルタルの硬さが低下するが、低下の度合いにブリーディング量との相関はない

7. おわりに

本実験の結果等を元に、場所打ち鉄筋コンクリート杭の杭頭バキューム処理工法としての「奥村式杭頭余盛りレス工法」を開発し、(財)日本建築総合試験所の建築技術性能証明を取得している。