

## 埋込み杭の根固め部に混入した土塊の影響評価に関する実験 その1

埋込み杭	根固め部	圧縮試験	正会員	○千種 信之*1	同	西村 裕*4
未固結試料	土塊		同	宮原 清*2	同	加倉井 正昭*5
			同	木谷 好伸*3	同	桑原 文夫*5

### 1. はじめに

埋込み杭の根固め部から採取される未固結試料は、プラントから送ったセメントミルクと根固め部付近の土砂を混合攪拌して作製したいわゆるソイルセメントである。実現場で根固め部の未固結試料を採取した場合、その試料の中に土塊が混入している場合がある。本実験では、土塊の大きさや混入度合が根固め部の固化強度に及ぼす影響を調査するために、根固め部採取試料に土塊が混入した状況を模擬した W/C=60%のセメントミルクと、模擬泥水を混ぜたソイルセメントを作製し、その中に土塊を模擬した粘土玉を混入させた試験体を作製して、土塊混入率、土塊径、試験体の寸法をパラメータとした圧縮試験を実施した。

### 2. 土塊ができる原因と対策

根固め内の土塊は、根固め部施工時にほぐされずに残ったものや根固め部周辺の地盤から崩落したもの（これらは根固め部付近の土砂）、根固め部上方の掘削孔や地盤から沈降したもの（根固め部付近の土砂以外のもの）などが考えられる。施工時に土塊が形成される具体的な原因と対策を以下に示す。

#### (1)掘削部材による土塊形成

掘削ヘッド先端部の掘削爪の間隔が 100mm の場合、掘り残し部分がこの幅になり 100mm 程度の土塊が掘り起こされる。根固め部内で掘削ヘッドを回転・反復することである程度の塊は分解されるが、共回りするケースもあり、すべての塊を分解することはできない。

この対策としては、掘削爪の間隔を狭くすればある程度は改善されるが、それによって掘削性が低下するので、施工状況を見ながら対処する必要がある。

#### (2)施工方法による土塊形成

スパイラル系の部材・掘削ヘッドを逆回転して根固め部を施工する場合、掘削土砂が根固め内に強制的に押し込まれ、土塊が形成される場合がある。

この対策としては、逆回転をしない施工方法にするか、土砂戻り防止板を付けるなどの対策を施す。

#### (3)掘削速度による土塊形成

根固め部付近の地盤を早い速度で掘進すると、掘削ヘッド1回転で掘り起こされる土砂が多くなり塊になりやすい。この場合は、掘削速度を落として1回転分の掘削土量

を少なくする。

### 3. 実現場での未固結試料採取と土塊の扱い

現在、実施工で用いられている未固結採取器は、採取口が100mm×200mmほどの開閉式の窓になっているものが多く、1度に採取できる容量は30~100程度である。また採取試料の試験体は、径50mm、高さ100mm、容量200ccのモールド缶で作製するケースが一般的である。このサイズで試験を行う理由としては、

(1)根固め部の出来形管理に未固結採取を行う場合、材齢3日、7日、28日で圧縮試験を行うため、各材齢で3試験体、予備3試験体の合計12体が必要となる。

(2)採取した試料は、温度や振動などの外的要因を避けるために、採取後、直ちに適切な養生ができる装置に入れて管理・保管し3日目以降には圧縮試験実施機関まで移動するので、それに適した管理・保管装置が必要。

などにより、50mm×100mmのサイズを用いている。

次に、実現場で未固結試料を採取した時の試料内土塊の一般的な取り扱いを以下に示す。

(1)試料が液状の場合、ペースト分と塊分を分離することができる。一般的には、φ50mmで試験体を作製するが、試験体径の1/3以上(15mm程度)の大きさの塊(礫)は、圧縮試験時にその界面が割裂する場所になりやすく強度低下の原因となるため、10mmメッシュのフルイを通して塊分を分離することとしている<sup>1)</sup>。その際には、試料には最大10mmの塊分(礫)が含まれる。

(2)施工深度が40m以深の場合など、根固め液の注入から試料採取までの時間経過が長い場合、試料が半固状で採取される場合がある。この場合は、試料内の塊分を分離することができないので、塊分の種類、大きさ、混入率にかかわらず、採取試料そのもので試験体を作製する。

いずれの場合も、採取後は12体以上の試験体を作製しクーラーボックス等の容器で保管・養生し所定日数経過後、試験機関に移動する。

### 4. 実験概要

#### (1)試験体の仕様

試験体の作製および圧縮試験は表-1に示すcase別に研究会会員社5社で行った。試験のパラメータは試験体寸法、土塊混入率、土塊径とした。試験体寸法は、径と高さが

50mm×100mm, 100mm×200mm, 150mm×300mm の 3 種類とした。土塊混入率は、土塊の大きさの影響を調査することも踏まえ、混入率が小さい範囲かつ混入率の影響が強度比の 3 割程度<sup>2)</sup> となる混入率 5% を最大として、0%, 1%, 3%, 5% とした。なお、土塊混入率は試験体体積に対し土塊体積が占める割合とした。土塊径の大きさは、試験体径に対して 10% の土塊径と、その 2 倍の 20% の土塊径とした。ただし、試験体径に対して 10% の土塊径は 2 種類の試験体寸法において設けた。実験ケースと試験体仕様を表-1 に示す。

表-1 実験ケースおよび試験体の仕様

case	試験体寸法		セメント 強度 (N/mm <sup>2</sup> )	土塊	
	径 (mm)	高さ (mm)		径 (mm)	混入率 (%)
A	50	100	32.9	5	0, 1, 3, 5
B	50	100	37.8	10	0, 1, 3, 5
C	100	200	40.9	10	0, 1, 3, 5
D	100	200	34.8	20	0, 1, 3, 5
E	150	300	37.8	30	0, 1, 3, 5

## (2) 実験材料および配合

既往の方法<sup>2)</sup> を基に、本実験におけるソイルセメントの材料はセメント、砂 (珪砂 6 号)、粘土 (カオリナイト) および水を使用し、配合はセメントミルク配合 W/C=60%、泥水における砂と粘土と水の重量比率 70:30:34、セメントミルクと泥水の体積比率 7:3 とした。この配合でソイルセメントを作製すると、 $\sigma_{28}$  で 15~25N/mm<sup>2</sup> 程度の固化強度が得られる<sup>2)</sup>。現場の未固結試料の先端地盤別平均圧縮強度が粘性土 20.6N/mm<sup>2</sup>、砂質土 25.1N/mm<sup>2</sup>、礫質土 25.6N/mm<sup>2</sup> となっている<sup>3)</sup> ことから、この配合で実験を行った。なお、模擬土塊の材料は工作用油粘土を使用した。

## (3) 試験体作製方法

試験体は、各 case の土塊混入率毎に 3 体を文献 2) に準拠して作製した。まず、ソイルセメントは、計量した各粉材料を容器に入れ、一様になるまで攪拌後、水を入れ 90 秒攪拌して作製した。次にソイルセメントに所定量の模擬土塊を入れ、均質になるように攪拌した模擬試料を各 case のモールド管に投入した。ただし、事前に実施した予備試験において、模擬土塊が密集することがあったことから、モールド缶へ模擬試料を 1/3 ずつ投入する際、側面軽打やタッピングによる脱泡はできる限り行わないようにした。

作製後、材齢 0~3 日は 20℃ の恒温室にて養生し、材齢 3 日目に脱型、成形を行い、その後 20℃ 前後の水中にて材齢 28 日まで養生し圧縮試験を行なった。圧縮試験終了後、試験体を割裂し土塊の分散状況を確認した。

## 5. 土塊の混入状況

図-1 に試験後に割裂した試験体内の土塊混入状況の例

を示す。図下標記は case, 試験体径, 混入率, 土塊径を示す。これらはいずれも混入率 5% の試験体であるが、各試験体とも、ほぼ全範囲に土塊が分布、混入している。実際の採取試料には均一な大きさの土塊が混入することはないが、分布状況からは試験方法は妥当であったと思われる。また、土塊径が大きくなるほど、試験体が激しく破壊していた。D の右上部と E 全体など、土塊が密集している部分は激しく壊れている。これは土塊部分がソイルセメント部の空隙部分となったためで圧縮応力が集中したためと思われる。特に E の試験体は土塊径が 30mm と大きく中央付近に集中していたため、土塊自体もつぶれてその部分が破壊の原因になったと思われる。それ以外の試験体では土塊自体の変形は見られなかった。

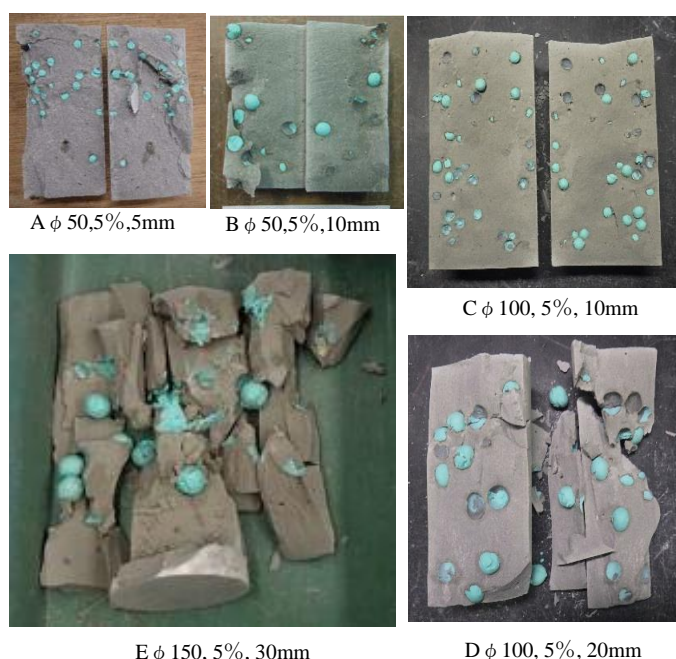


図-1 各試験体の土塊混入状況

〔謝辞〕 土塊混入試験データの収集には、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」の活動の一環として行われたもので、各種のデータ提供を行い、検討に加わった会員社は以下のとおりである。

三谷セキサン(株)、丸門建設(株)、前田製管(株)、日本ヒューム(株)、日本コンクリート工業(株)、日本高圧コンクリート(株)、(株)トーヨーアサノ、(株)地盤試験所、システム計測(株)、パイルフォーラム(株)、マナック(株)、ホクコンマテリアル(株)

## 参考文献

- 1) 高支持力杭の根固め部品質管理研究会：根固め部の未固結試料採取・調査・試験マニュアル (Ver.1.0, 2.0)
- 2) 酒井他：埋込み杭の根固め部における未固結試料採取による施工管理手法の提案その 2 根固め部に混入した土塊の影響、日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿) .pp.471-472,2014.9
- 3) 木谷他：埋込み杭の根固め部における未固結試料採取による施工管理手法の提案 その 4 根固め部の必要強度と安全性の判定、日本建築学会大会学術講演梗概集 (近畿) .pp.475-476,2014.9

\*1 日本コンクリート工業 (株) \*2 日本ヒューム (株)  
\*3 三谷セキサン (株) \*4 (株) トーヨーアサノ  
\*5 パイルフォーラム (株)

\*1 NIPPON CONCRETE INDUSTRIES CO., Ltd., \*2 NIPPON HUME CORPORATION, \*3 MITANI SEKISAN Co., Ltd., LTD., \*4 TOYO ASANO Co., \*5 PILE FOLUM Inc.