

地盤改良の施工管理・品質管理の検証手法に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 18～平 20

担当チーム：施工技術チーム

研究担当者：小橋 秀俊、堤 祥一

【要旨】

近年、コスト縮減や環境に配慮した社会資本整備等の社会ニーズから、新工法・新技術の普及促進を図る体制整備がなされている。これらの提案された新技術・新工法の評価には、統計的に得られた十分なデータに基づくことが求められる。しかしながら、地盤改良の施工管理・品質管理の実態とその検証方法については、十分に整理・調査された資料が少なく、提案される地盤改良技術の性能を正しく評価することが難しいことが課題となっている。そのため土木研究所では、提案技術を正しく評価するためのバックデータの取得を目的として、平成 18 年度から地盤改良技術の施工管理・品質管理に関する実態調査を行った。

キーワード： 地盤改良 施工管理 品質管理 実態調査

1. はじめに

近年、コスト縮減や環境に配慮した社会資本整備等の社会ニーズから、新工法・新技術の普及促進を図る体制整備がなされている。これらの提案された新技術・新工法の評価には、統計的に得られた十分なデータに基づくことが求められる。しかしながら、地盤改良の施工・品質管理の実態とその検証方法については、十分に整理・調査された資料が少なく、提案される地盤改良技術の性能を正しく評価することが難しいことが課題となっている。そのため土木研究所では、提案技術を正しく評価するためのバックデータの取得を目的として、平成 18 年度から地盤改良技術の施工管理・品質管理に関する実態調査を行った。

事データの回答を得た。

表 1 地盤改良の施工・品質管理の調査項目

調査事項	調査項目	備考
一般事項に関する調査	工事実績	工事実績は過去5年間
	発注機関	国、自治体、民間等
	工事場所	都道府県
	採用目的	支持力増強、土圧低減、沈下防止等
	工法選定理由	コスト、工期短縮、施工の制約等
	構造形式	盛土、擁壁、カルバート等
	地盤改良の対象構造物	道路構造物、河川構造物、建築構造物等
施工・品質管理に関する調査	対象土質	砂質土、シルト質土、粘性土等
	土質データ	N値で評価
	品質確認方法	一軸圧縮試験、平板載荷試験等
	品質管理の実施頻度	a(改良体全体数/品質確認本数)で評価
	品質管理の確認位置	杭断面と深度方向の調査位置を調査
	改良体の設計基準強度	設計基準強度と実際の強度を比較
	用いた設計方法	直接基礎、剛体基礎、杭基礎等
適用基準及び参考文献	参考とした設計マニュアルの調査	
地盤改良の構造に関する調査	改良形式	ブロック形式、杭径式、壁式等
	構造諸元	改良径、改良長、改良率、改良体の間隔

* 使用実績を有する深層混合処理工法47工法を調査対象として選定

2. 地盤改良の施工管理・品質管理に関する実態調査

本調査では、調査事項を大きく3つに分けて実施した。①工事実績や採用目的などの一般事項に関する基礎調査と②地盤改良の施工・品質管理の頻度及び方法と、設計強度の設定方法に関する調査、③地盤改良の改良形式と構造諸元に関する調査である。調査対象の工法には、目視ができず、品質管理の重要性が高い、深層混合処理工法を選択し、使用実績のある47工法に対し、取扱う民間会社・工法事務局にアンケート調査を実施し、145件の地盤改良の工

2.1 一般事項に関する調査結果

深層混合処理工法に関する実態を把握するために、工事実績や発注機関、採用場所、工法選定理由、対象となる構造物に関する基礎調査を実施した。結果を図1～4に示す。

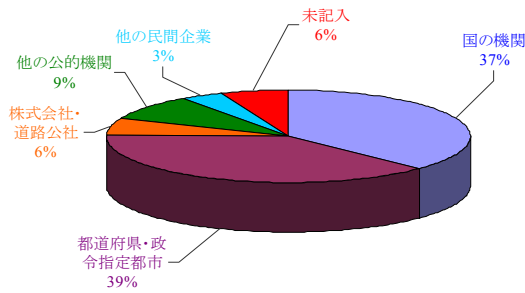


図1 地盤改良工事の発注機関別の割合

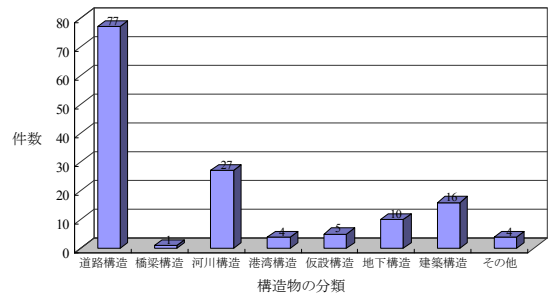


図4 地盤改良の対象となる構造物の割合

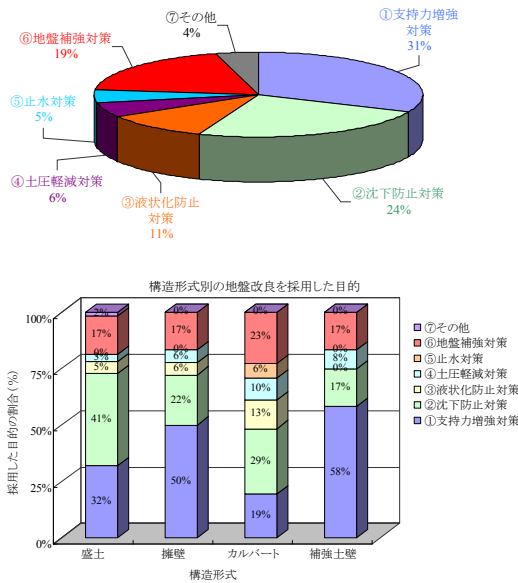


図2 地盤改良工事の採用目的の状況 (上：全体の割合 下：構造形式別)

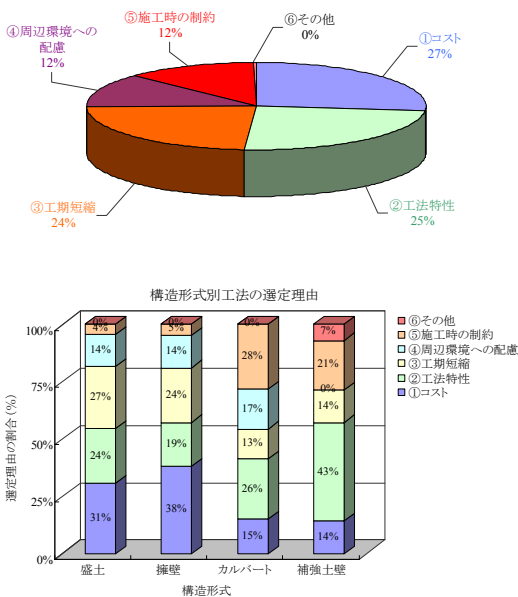


図3 地盤改良工事の工法選定理由の状況 (上：全体の割合 下：構造形式別)

これより、言えることを下記に整理する。

- 地盤改良工事（深層混合処理）の発注機関は、国、地方自治体で約8割を占めており、民間企業や他の公的機関が占める割合は小さい。これより、公共工事として行われることが大半である。(図1)
- 地盤改良工事の採用目的としては、「支持力増強対策」、「沈下防止対策」として採用される割合が約半分を占めており、その他に「地盤の補強」、「液状化防止対策」としての採用が約3割ある状況である。また、構造形式との関係は、盛土では沈下防止対策として、擁壁、補強土壁では支持力増強対策として用いられる傾向が強いと言える。(図2)
- 地盤改良工事の工法選定理由については、「コスト」、「工法特性」、「工期短縮」が大きな選定理由となっている。構造形式別でみると、盛土と擁壁はコスト削減の観点から、カルバートと補強土壁は工法特性（他に有効な工法がなく、選択の余地がない状況として定義）の観点から選定されていることがわかる。(図3)
- 道路土工構造物の基礎または基礎地盤として採用した実績を重点に調査したため、道路構造物、河川構造物への適用が大半であり、建築、港湾、地下構造物への適用は小数に留まっている。なお、件数分布での評価では、工事規模などが反映されないため、より実態に近い調査が必要になるものと考えられる。(図4)

2.2 施工管理、品質管理に関する調査結果

続いて、地盤改良の施工管理、品質管理に関する調査を行った。調査項目は大きく4つに分けられ、①対象土質、土質データ（ボーリング試験で得られるN値で評価）、②品質確認方法、品質管理の実施頻

度、確認位置、③改良体の設計基準強度と実際の強度、④設計方法、参考文献である。まず、①の結果を図5～6に示す。

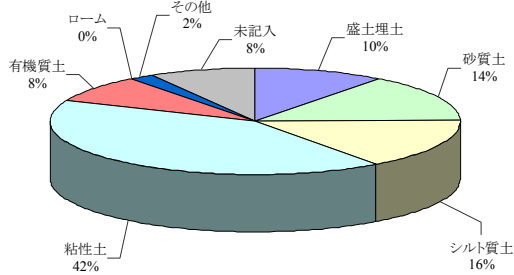


図5 地盤改良の対象土質の割合

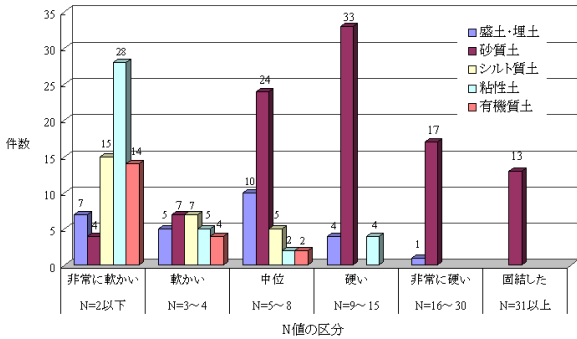


図6 土質データ (N値) の分布状況

これより、対象となる土質は粘性土、シルト質土が大半であり、N値2以下の非常に柔らかい地盤が改良の対象としていることが分かる。また、砂質土の場合においても、N値が9～15程度の砂層を扱うことが多いことが分かった。

次に、②の結果を図7～8に示す。

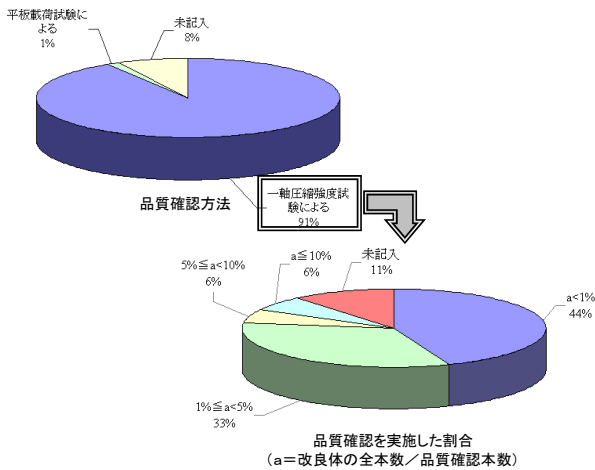
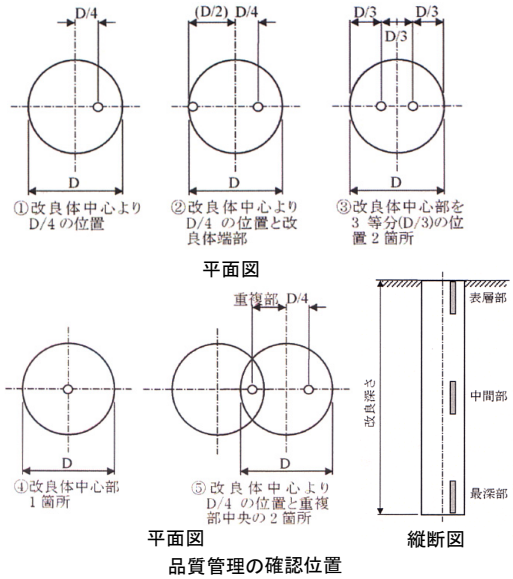


図7 品質確認方法と品質管理の実施頻度の状況



品質管理の確認位置

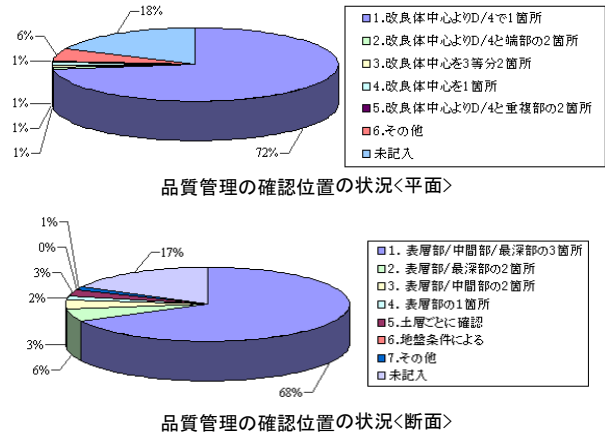


図8 品質管理の確認位置の分布状況

品質確認の方法としては、一軸圧縮試験がほとんどであり、一般的な品質管理は「全体の1～5%の改良体に対して、改良体の中心より1/4Dの所で、コア抜きを行い、表層・中間・最深の3箇所て供試体採取する」方法で行われている実態を把握できた。

改良体の設計基準強度と改良強度との関係 (③)の結果を図9～12に示す。

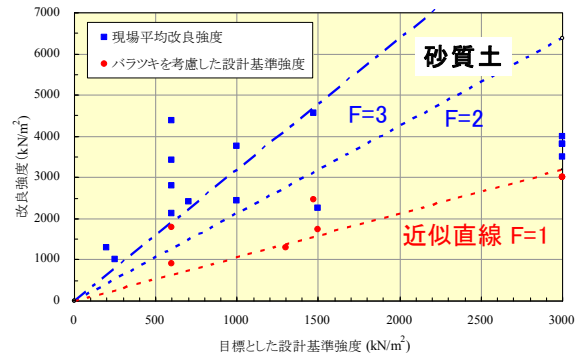


図9 設計基準強度と改良強度 (砂質土)

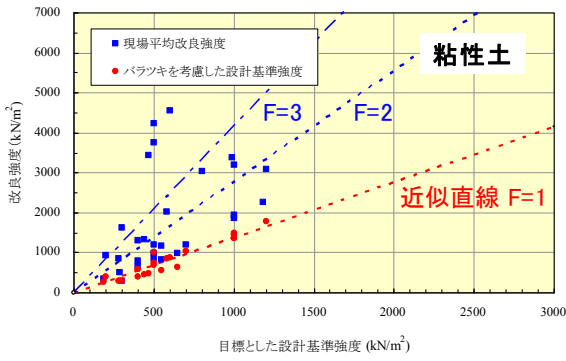


図10 設計基準強度と改良強度 (粘性土)

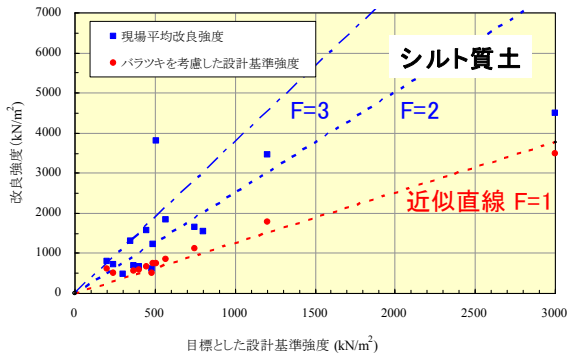


図11 設計基準強度と改良強度 (シルト質土)

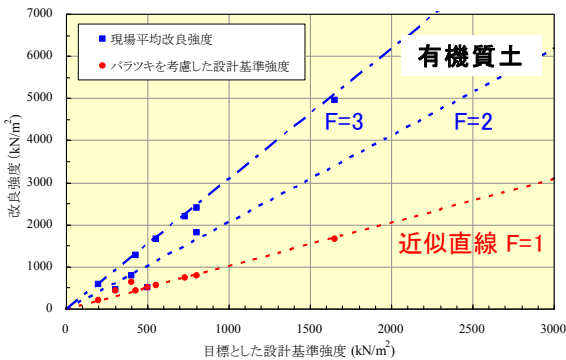


図12 設計基準強度と改良強度 (有機質土)

これらの結果を下記に整理する。

- 設計基準強度と改良強度との差は、砂質土・有機質土においては3倍以上、粘性土・シルト質土においては2～3倍の差が見られた。これより、実際の施工では改良強度のバラツキを考慮し、セメント混合量の加減を行うが、少なくとも2～3倍の強度の安全を見ており、砂質土・有機質土では、高めの強度が発現している実態を見ることができる。
- 設計基準強度の幅は、砂質土を除いて1000 kN/m²以下がほとんどであり、粘性土・シルト質土

では500 kN/m²付近に設定されることが多い。

- 一軸圧縮強度による強度管理手法では、強度バラツキ幅が非常に大きく、また、改良杭の強度のバラツキが、盛土や周辺地盤の変状と直結していないことから、本来の地盤改良の性能を考える際、動態観測等の評価手法を考慮する必要があるものと考えられる。

最後に設計方法・参考文献に関する調査結果 (④) を図13に示す。

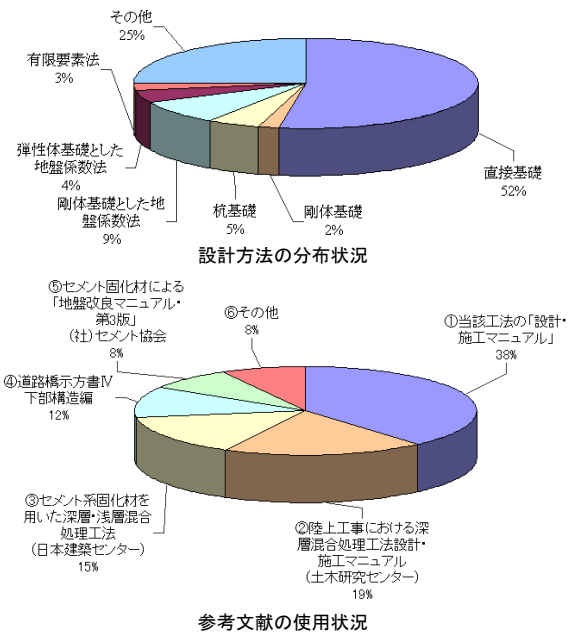


図13 設計方法・参考文献に関する使用状況

これらの結果を下記に整理する。

- 設計方法は、直接基礎としての設計が大半であるが、状況により、地盤係数法などの設計方法を使用している事が分かる。
- 適用基準及び参考文献については、統一された設計基準がないため、当該工法の設計マニュアルをベースに、他の参考文献が均一に使用されている様子を見ることができる。

2.3 改良形式と構造諸元に関する調査結果

地盤改良の改良形式と構造諸元(改良長、改良径、改良率、改良体の間隔)に関する調査を実施した。

改良形式については、一般的に施工が可能でかつ使用実績があるものと考えられる7つの形式を選定し、その使用状況の調査を行った。図14に改良形式を、図15に使用状況を示す。

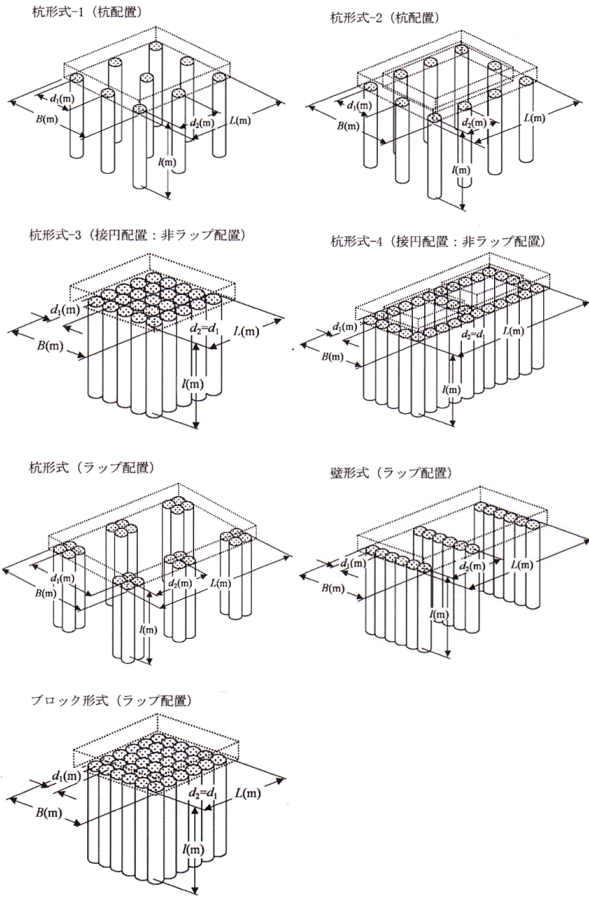


図14 調査を実施した改良形式

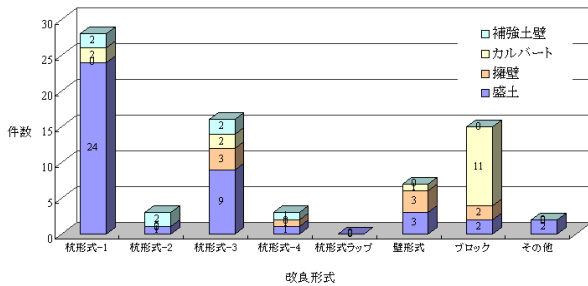


図15 改良形式の使用状況

調査の結果、改良形式は杭形式-1、3 と壁形式、ブロック形式の4つに集約され、カルバートではブロック形式が大半であり、盛土では杭形式-1、3が多いことが分かった。これより、盛土においては低改良率での施工が試みられているが、カルバートや擁壁などにおいては、ブロック状（非ラップ状含む）にし、基礎地盤として使用するケースが多いものと考えられる。

次に、構造諸元（改良長、改良径、改良率、改良体の間隔）に関する調査結果を図16～19に示す。

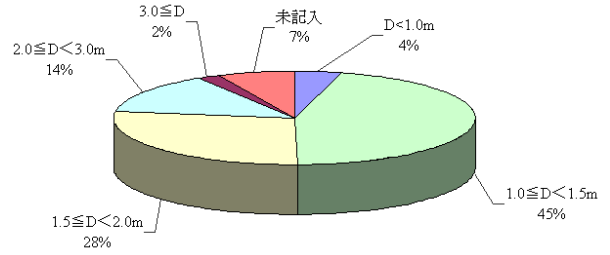


図16 改良径の分布状況

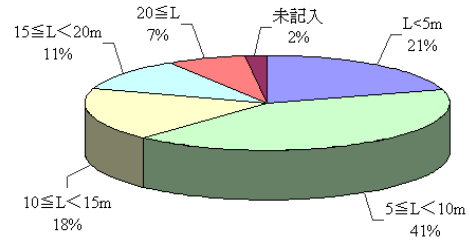
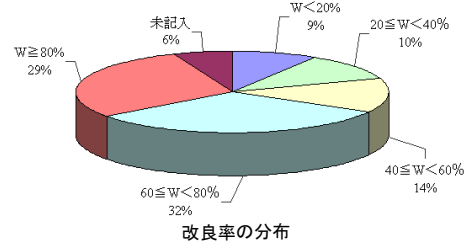
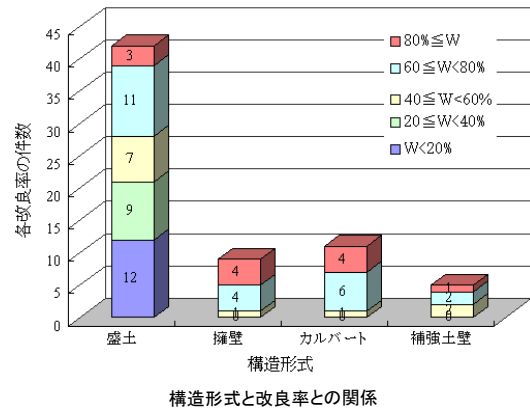


図17 改良長の分布状況



改良率の分布



構造形式と改良率との関係

図18 改良率の分布状況と構造形式との関係 (上図：分布状況 下図：構造形式との関係)

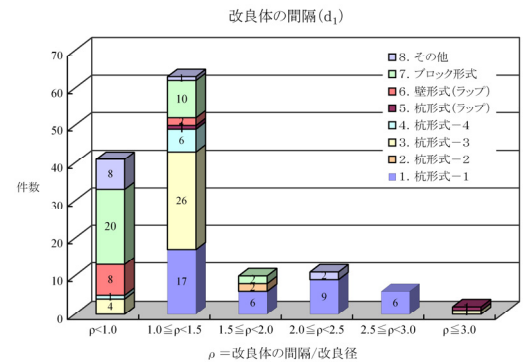


図19 改良体の間隔と改良径との関係

これらの結果を下記に整理する。

- 改良径については、径 1.0m が標準寸法であることから、1.0～1.5m の割合が約半分を占めている。しかしながら、径が 1.5m～2.0m、2.0～3.0m の改良径の大きいケースも見ることができる。これは、改良径を大きくすると施工本数を減らす効果が得られるため、改良径を大きくする工事が増えているためではないかと考えられる。
- 改良長については、改良長 5～10m、5m 以下が多く、全体の 6 割を占めることが分かった。10m 以下であれば、他の地盤改良工法（中層改良例：パワーブレンダー工法等）も適用可能な範囲であるため、他の地盤改良工法と競合するケースが多いことが分かった。
- 改良率については、60～80%、80%以上の改良率のケースが全体の 6 割を占め、20%以下の低改良率のケースは盛土の一部に留まることが分かった。カルバート及び擁壁では、60%以上の改良率となっており、今後の技術開発により、改良率を低減できる余地があるものと考えられる。
- 改良体の間隔については、改良径 D の 1.5D 以下の間隔を概ね採用されている。また、ラップ配置の改良形式では 0.7D～0.9D の間隔が採用され、非ラップ配置の改良形式では、間隔を 1.0D として 8 割程度採用されている。

3. まとめ

3.1 実態調査結果のまとめ

本研究における地盤改良技術の施工管理・品質管理に関する実態調査の結果を下記にまとめる。

- 地盤改良工事の採用目的と工法選定理由は、構造形式が与える影響が大きいことが分かった。
- 地盤改良の対象となる土質の分布状況と硬さ（N 値）のバラツキ状況を把握できることができた。
- 一般的な品質管理の流れは、①施工する改良体の本数の 1～5%を対象として、②杭中心から 1/4 D 離れた箇所コア抜きを実施し、③表層・中間・最深の 3 箇所採取した供試体に対する一軸圧縮試験で確認を行うことが分かった。
- 設計基準強度と改良強度との差は大きく、粘性土・シルト質土で 2 倍、砂質土・有機質土で 3 倍程になることが分かった。
- 改良径については、標準の 1.0m 以上の径を有する地盤改良工事が多く、改良率も 60%以上のケ

ースが多いことが分かった。また、低改良率のケースは盛土工事に限定されている実態を把握することができた。

- 改良長については、10m 以下のものが大半であり、中層改良などの他の地盤改良工法と競合する実態を把握できた。
- 今回の実態調査を踏まえた上で地盤改良を評価する際、下記に示す点に留意する必要があることが分かった。
 - 評価する地盤改良工法の特徴が、構造形式に必要とされる対策に対して適切であるか。
 - 地盤の硬度（N 値）に対して十分な施工能力を有しているか。
 - 一般的な品質管理方法に基づいて、試験データの計測を行っているか。
 - 設計基準強度の設定値と改良強度、対象土質の関係が想定されるバラツキ範囲に納まっているか。
 - 評価する地盤改良工法が、改良長と改良率、構造形式との関係から、構造諸元のどこに位置しているか。

3.2 研究の総括

今回の実態調査より、地盤改良の品質管理の現状を把握することができた。しかしながら、改良杭の圧縮強度はバラツキが大きく、セメントを多めに混合することが、必ずしも地盤改良全体の性能の向上に直結していないこと。現場の強度不足への対応ができないことから、抜き取りコアによる圧縮強度の施工管理手法には限界があるものと考えられる。

今後は、地盤改良の本来の性能とは何かを考え、盛土後の周辺地盤の動態観測など、全体的な評価指標に基づき、設計、施工管理にフィードバックさせることが求められる。

参考文献・資料

- 1) 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針—セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法—財団法人日本建築センター 編集・発行 2007. 8. 1
- 2) セメント系固化材による地盤改良マニュアル第 3 版 社団法人セメント協会 2003. 9. 30
- 3) 地盤改良工法便覧 日本材料学会・土質安定材料委員会編 日刊工業新聞社発行 1991. 7. 31
- 4) 陸上工事における深層混合処理工法 設計・施工マニュアル 土木研究センター発行 2004. 3

THE STUDY ABOUT VERIFICATION METHOD OF QUALITY CONTROL IN SOIL IMPROVEMENT

Because of cost reduction and considering environment, it has been improved the system to promote the new construction method and technology in recent years. It is required to evaluate the proposal new method and technology based by statistically arranged dates. However, the statistically arranged dates are not enough about the quality control in soil improvement. We conducted the actual survey about the quality control in soil improvement from 2006 to 2008.

Key words: soil improvement, quality control, actual survey