

第 5 章

基礎地盤の品質管理

5 基礎・地盤の品質管理

5.1 はじめに

本章は、総論グループから提示された総合的品質マネジメントの枠組みを考慮して、基礎・地盤の品質管理に関する検討結果を記述したものである。基礎・地盤の品質管理に関しては、品質を目視確認できないこと、品質が築造物でない地盤に左右されること、などの特殊性があるため、上部構造と同様に扱うことが容易でない。また、設計・施工に先立つ事前の地盤調査の質・量にも品質が依存しているという点にも十分配慮しなければならない。基礎分科会では、このような特殊性を考慮しつつ、検討結果を『建築物の基礎・地盤の品質管理ガイドライン(案)』として取りまとめた。また、基礎杭や地盤改良の新たな品質管理手法や品質評価手法として開発した『杭の健全性試験実施マニュアル』及び『電気比抵抗を用いた改良体の品質評価方法(案)』も併せて示している。これら手法は、建築研究所が直轄で実施した調査結果に基づくものである。

なお、基礎地盤分科会(主査 杉村義広 東北大学教授)は、社団法人建築研究振興協会内に設置されたものであり、分科会の構成は下記の通りである。

基礎分科会名簿

| | | |
|------|--------|-----------------------------------|
| 主査 | 杉村義広 | 東北大学 大学院 工学研究科 |
| 委員 | 木村 匡 | 都市基盤整備公団 技術監理部 |
| " | 持田 悟 | 鹿島建設(株)技術研究所(建築業協会) |
| " | 加倉井 正昭 | (株)竹中工務店 技術研究所(建築業協会) |
| " | 林 隆浩 | (株)トーヨーアサノ 技術開発部(コンクリートパイル建設技術協会) |
| " | 田中和夫 | 三谷セキサン(株)技術部(コンクリートパイル建設技術協会) |
| " | 宮本和徹 | 東洋テクノ(株)技術本部(日本基礎建設協会) |
| " | 嶋谷欣巳 | 丸五基礎工業(株)技術研究所(日本基礎建設協会) |
| " | 辰見 夕一 | 川崎製鉄(株)建材センター(鋼管杭協会) |
| " | 大槻 貢 | (株)クボタ 鋼管技術部(鋼管杭協会) |
| " | 二木 幹夫 | 国土交通省 建築建築研究所 第四研究部 |
| 協力委員 | 日比野 信一 | (株)テクノックス技術部 |
| " | 中野 健二 | 不動建設株式会社 |
| 幹事 | 田村 昌仁 | 国土交通省 建築研究所 第三研究部 |
| " | 植木 暁司 | 国土交通省 建築研究所 第四研究部 |
| 事務局 | 平澤 正男 | (社)建築研究振興協会 事業課 |

5.2 建築物の基礎・地盤を対象とした品質管理ガイドライン（案）

5.2.1 総則

5.2.1.1 適用範囲及び目的

- (1) 本書は、建築物を対象とした杭基礎、直接基礎及び地盤改良などの品質管理の検討に適用する。
- (2) 建築物の種類、用途、基礎形式、地盤条件、敷地条件、設計の要求性能、設計で期待する品質の確実性、経済性などを考慮して、適切な品質管理を行う。

【解説】

1. 本書の目的

本書は、国土交通省総合技術開発プロジェクト『建設事業の品質管理体系の開発』（以降、品質総プロ）の一環として、建築物の基礎・地盤の品質管理に係わる事項をまとめたものである。品質総プロでは、品質管理の対象を計画、調査、設計、施工を含めた総合的なものと捉え、性能設計に対応する品質管理体系の構築を目的としているが、現在の品質管理技術の背景や今後の品質管理に期待する事項などについても検討を加えている。

本書で示している管理方法や管理値などの具体的な内容は設計施工に係わる技術者を対象としているが、品質管理の目的や品質管理に対する基本的な考え方に関しては、品質管理が最終的に目指している役割からして、設計者・施工者・管理者だけでなくユーザーをも対象としている。したがって、本書の目的は、工事に直接関与する専門家や技術者だけでなくユーザーの立場を考慮して、施工品質の確実性や設計品質の持続性を確保するための考え方やその方法を明確にし、管理手法の現状と課題などを分析・整理することに置いている。なお、ここでいうユーザーとは、当該建築物の安全性や機能・使用性・維持管理などに対して影響を受ける建築物の所有者、住宅購入者、居住者、利用者など、広い意味に捉えている。5.2.3項では、代表的な基礎工法等に対する標準的な管理方法や管理値なども示しており、専門家に対する標準的な目安になると考えられるが、住宅の購入予定者が管理方法を確認したい場合、居住者が維持管理の必要性や維持管理方法などを検討するために当初の設計施工状況を確認したい場合、過去の事例などからみた品質管理の問題点や適切な対処方法を検討したい場合、など必要に応じて様々な目的で使用することも念頭に置いている。

品質総プロで対象としている品質管理（品質マネジメント）の流れを図 5.2.1 に示す。これによれば、調査・設計に関連する品質管理（設計品質）も、基本的には広義の意味で基礎の要求性能を確保するために重要な品質管理として位置付けられ、調査・設計・施工が一体となって本来必要な性能を確保すると考えている。しかし、現状の基礎工事では、狭義の意味で設計図書等で設定された仕様の管理・確認が品質管理の主たる役割と捉えられており、一般の学術書などでも管理方法や管理値に関する具体的な内容は施工段階の管理に関連するものとして整理されている。そこで、5.2節以降の具体的な部分に関しては、適切な事前調査・試験と設計により要求性能が満足されている設計品質が確保されているという前提で、施工管理や品質検査などの考え方などを示すことにした。なお、建築構造全体としての基本計画段階から施工段階までの総合的な品質管理（総合品質マネジメント）に関しては第1章を参照されたい。また、基礎の計画・設計・施工に関して標準とすべき知見や信頼

できる最新の技術情報は参考文献 5.2.1 などに示されており、基礎工事を含めた建設工事全体の品質管理で一般的に考慮されるべき事項に関しては参考文献 5.2.2 ~ 5.2.4 などにまとめられているので必要に応じて参照されたい。

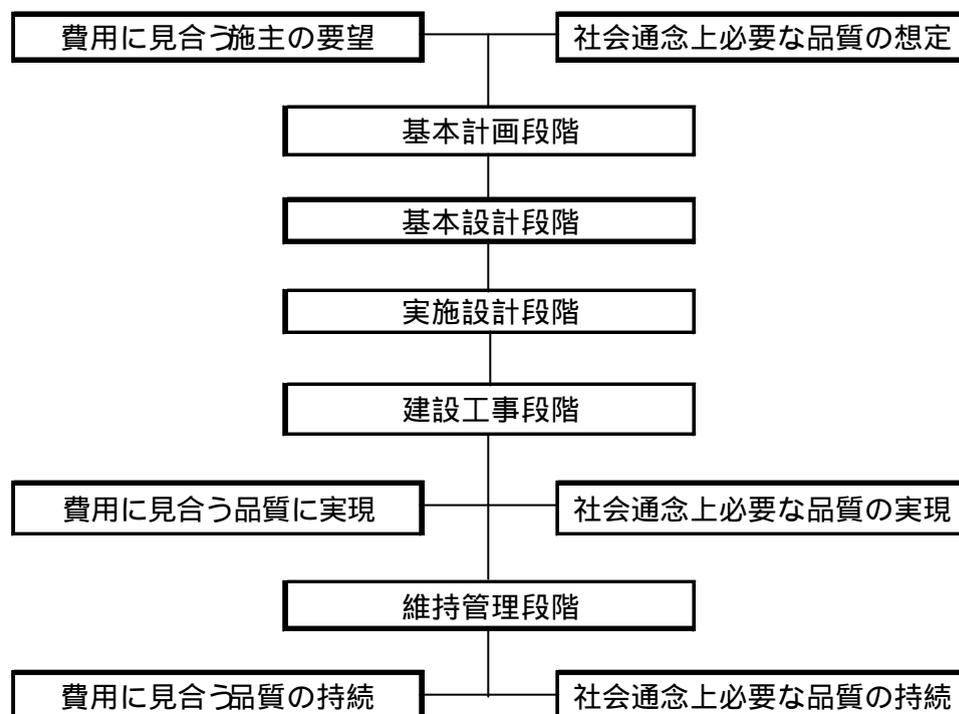


図 5.2.1 総合的品質マネジメントにおける品質管理の流れ

施工段階では、特別の場合を除くと、設計図書に指定された仕様を確保することが管理の目的となるが、設定された仕様や管理方法が各種法令や一般的な技術水準に照らして適切かどうか判断し、不適切と考えられる場合は設計段階に戻って検討することも必要である。また、設計図書に管理方法や管理値が明確に規定されていない場合もあるので、できるだけ最新の技術水準に基づいて必要とする性能が確保できる管理方法や管理値を設定することが重要である。支持層の確認など設計段階では想定した地盤条件が実際と異なるため設計変更などを要する場合とか、特別な基礎工法であるため設計者や管理者が当該工法の管理方法や管理値について十分な知識・情報を有していない場合などにあつては、設計段階で対応が必ずしも十分でないこともあるので、施工段階の管理が特に重要になる。

本項(5.2.1項)では、品質管理の適用範囲や目的を述べている。5.2.2項では品質管理の役割や今後の品質管理に期待する事項を整理している。5.2.2.1項では品質管理の基本的な考え方を調査・設計と要求性能の関係から考察し、管理の方法を施工管理、品質検査、維持管理にそれぞれ区別して相互の関連性を示している。5.2.2.2 ~ 5.2.2.4項では、施工管理、品質検査、維持管理の各項目における基本事項や留意点を示している。5.2.3項では基礎形式毎の現状の管理方法を詳細に分析することに重点を置き、杭基礎、地盤改良、戸建住宅等の基礎のそれ

それぞれに対して管理対象や管理項目を検討し、管理方法などを示している。その際、5.2.3項の地盤改良や戸建住宅等の基礎に関しては、調査・設計段階と施工段階の管理が互いに密接に関連し、実務上も調査・設計段階と施工段階を区分することが難しい面があるので、これらに関しては設計段階の確認事項についても併せて示している。

なお、本書では、建設省総合技術開発プロジェクト『新建築構造体系の開発』（平成7～9年度）で取りまとめた構造設計における性能評価と性能表示の考え方（参考文献5.2.5及び5.2.6）に基づいて品質管理のあり方などを検討しており、実用的な観点だけでなく基礎の性能設計を促進するために必要な品質管理の課題なども示している。

2. 品質と品質管理

基礎工事に限らず建設工事全体の品質管理に関しては、ISO9000sに見られるように品質管理・品質保証システムの確立が社会機構として次第に求められるようになりつつある。また、一方で『住宅の品質確保の促進等に関する法律』の創設に伴い、住宅の構造耐力上主要な部分に対して10年保証が義務付けられ（参考文献5.2.7）、品質保証など品質の確実性への志向が建設分野の潮流となっている。このため、設計だけでなく品質管理に関しても、要求性能と目標品質との関係、具体的な管理方法と管理値の関係などをできるだけ明確にして今まで以上に品質の確実性を意識することが重要となっている。しかし、基礎の施工品質に着目した場合、現在の知見は十分でなく目標品質は必ずしも明確でない。

品質管理の本質は、法令で要求する最低限の性能・品質を維持しつつ、設計者とユーザーの合意のもとで設定された要求性能を必要な期間確保することであり、目標性能を確保・持続するために必要な調査、設計、施工、検査・確認、維持等が管理の対象となる。したがって、管理の責任は、管理対象の部分・部位と要求性能のレベルや契約内容などによっては、設計者、管理者、施工者だけでなく、ユーザーにもなりうることに留意しなければならない。

3. 品質とコスト

品質管理の質・量を高めることができれば、施工品質の確実性が増すので高品質を実現することが可能である。個々の工程における管理方法と設計で想定する性能との関係を明確にし、要求性能に直結する各工程の仕上りを詳細に把握することができれば、ばらつきが少ない安定した品質を供給できる。ただし、仕上りを確認するための計測装置や管理確認に要する時間などを考えるとコスト高をもたらすことも容易に考えられる。

品質管理に要するコストと管理精度の関係を考える場合、設計の要求性能と設定する設計施工仕様の関係が重要である。合理性を追求した経済設計を目指す場合は想定した品質の確実性が不可欠となるが、施工品質の不確実性を考慮して余裕のある仕様を設定する場合は簡単な管理で済む可能性もある。このため、管理精度を高めるための地盤調査・施工管理・品質検査のコストと、余裕ある設計施工条件を設定するためのコストとの関係などを設計者は十分考慮すると同時に、施工者あるいは管理者は、その条件を理解した管理方法や管理値を適切に設定することが重要と考えられる。

4．調査・試験と品質管理

基礎の性能は、上部構造の設計や品質管理と比較すると、地盤条件や敷地条件といった立地環境に依存しているため、事前調査の質量が設計だけでなく品質管理の信頼性にも大きな影響を及ぼすことを認識しなければならない。地盤調査が不十分な場合、設計で想定した性能自体が不適切となる場合もある。このような場合は施工時に把握できる地盤情報に基づいた管理が重要になるが、施工段階では施工深度以深の地盤情報が得られないことや施工範囲における地盤情報に関する地盤調査の一環として得ているわけではないとの制約を考え併せると、施工段階の管理だけでは基礎に必要とする性能が確保できないおそれがあることに留意しなければならない。このため、基礎工事の品質管理に関しては、設計で想定した地盤条件と事前調査の質量に応じた管理を考えることが重要である。設計で要求する品質や寸法・形状が同一であっても、品質管理の方法は事前調査の質量によって異なる場合もあり得る。基礎に対する要求性能を適切に設定するためには、建物規模などを考慮した適切な質量の敷地調査と地盤調査（参考文献 5.2.8 及び 5.2.9）が必要不可欠であり、これらの調査や本工事前の試験施工の結果に基づいて適切な品質管理方法を設定することが重要である。また、管理・検査に関連する各種調査・試験は、地盤条件や基礎形式などを考慮して、適切な位置と時期に行わなければならない。

敷地調査としては、敷地の履歴・生い立ち、過去の地震災害や地盤災害などに関する情報、当該建物で予定している基礎と同等の基礎形式を有する周辺建物の健全性、などに関する調査が含まれる。地盤調査としては、一般的な建物では標準貫入試験が主であるが、戸建住宅ではスウェーデン式サウンディングが一般的である。

比較的規模の大きい建物で杭基礎のように深部の地層で支持力が決まる場合は、当初予測した荷重条件と地盤条件が大きく変化することはほとんどないが、戸建住宅のように住宅重量による地中応力の変化が盛土荷重や地下水位の変動など他の外乱による地中応力の変化と比較してむしろ小さくなるおそれがある場合は、地盤調査だけでなく敷地調査（表 5.2.21）が重要である。調査・試験結果の評価に関しては、地盤条件や建物規模に見合った適切な質量の調査試験に基づき、当該基礎全体に対する評価を行うことが必要である。評価方法の信頼性を高めるには、既往の経験実績における地盤条件と基礎形式の関係、当該敷地と当該基礎との関係などを比較検討することも有用である。支持層が傾斜している場合や各種廃棄物などが地中に埋設されている場合には、詳細調査が必要となる。調査結果の信頼性を高めるには、一つの調査指標を調査地点毎に整理するだけでなく、サウンディング試験や土質試験などにおける複数の調査結果を地層断面図などで総合的に整理し、敷地全体として評価することが有用である。深度方向に極端に地盤状況の異なる層の存在が認められる場合には、この種の評価によって当該敷地の成層状況や地盤定数の代表値を設定し、施工管理や品質検査に反映させることが望ましい。

設計段階での地盤定数や基礎仕様は、基礎に要求される性能と敷地全体の地盤条件の変化やばらつきなどを適切に考慮して設定することが必要である。施工段階では地盤定数や基礎仕様を設定する際の背景とそれぞれの管理の重要性を配慮して、管理方法、管理値などを適切に設定することが必要である。

なお、基礎工事に関連する品質管理に関しては、専門性を要する事項が多いなどを背景にして、施工品質の一層の向上や技術の普及が求められ、様々な公的資格制度が設けられている。これらの内容は、参考資料に示されているので必要に応じて参照されたい。

5.2.1.2 用語及び記号

用語の定義は次のとおりとする。

要求性能

建築物の建築主や使用者または国や自治体などが、建築構造に求める性能

目標品質

要求性能に基づいて設計または施工時に目標とする品質。品質管理において品質基準を設定する場合に基本となる品質。

品確法

住宅の品質確保の促進等に関する法律（平成 11 年）。

日本住宅性能表示基準

品確法における性能表示制度において、品確法告示 1652 号に規定された性能評価と性能表示の基準

評価住宅

品確法における性能表示制度に基づき性能評価がなされた住宅。設計段階のみ評価した『設計住宅性能評価書』が交付された住宅と施工段階の中間検査や完了検査による確認がなされた『建設住宅性能評価書』が交付された住宅の 2 通りの評価住宅がある。

土壌環境基準

環境基本法による土壌の汚染に係る環境上の条件につき、人の健康を保護し、及び生活環境を保全するうえで維持することが望ましい基準。環境庁告示第 46 号で環境基準及び環境基準の達成期間等が示されている。

5.2.2 品質管理の基本的な考え方

5.2.2.1 基本事項

(1) 要求性能と品質管理

- (1) 設計の要求性能が確保できるよう品質管理の方法や管理値などを設定する。
- (2) 品質管理の方法は、施工品質に対する適切な品質評価結果に基づいて設定する。
- (3) 地盤条件、建物規模、設計における期待度などを考慮して品質管理方法の組合せを行う。
- (4) 品質管理の方法と結果は、適切に表示し、必要な期間保存する。

【解説】

1. 性能設計と品質管理

性能設計においては、想定した荷重・外力に対する目標性能の設定が重要ではあるが、最終的には実際の施工品質に対する確実性や達成度が問われる。このため、性能設計を実現するためには、設計で目標とする品質について十分な知見が集積されているか？施工管理や品質検査などにおいて信頼できる管理方法や検査方法などが定められているか？といった基本的な事項に関して十分な配慮が必要である。

基礎の品質は、設計時に性能が十分把握できない地盤に依存するだけに、性能を重視した場合、想定した性能を確保するための管理技術に関して明確でない要因があり、数多くの課題が残されている。地盤調査や施工管理の基本的な考え方は、各種技術指針等に示されているが、管理方法・管理値、管理頻度、管理位置・時期の詳細となると、別途仕様書や設計図書による等としか記載されていない場合が多いので、設計者や施工者は、適用する管理方法・管理値の妥当性と信頼性を実績・経験や最新の知見に基づいて示すことが必要である。このため、技術情報を収集して管理値を設定するに至った背景などを十分理解し、過去の調査試験結果の前提条件や適用範囲が当該敷地の施工条件と対比して適用範囲を把握することが重要である。

図 5.2.2 には、現在の『仕様管理』と将来の『性能管理』の関係を示す。現状の管理は、積算等との整合性から資材の数量を重視している面が多い。設計・施工仕様は明確でも目標品質は不明であることが多いので、実際の「出来映え」を詳細に把握することが可能となっても施工品質の合否判定を行うことは現状では容易ではない。工場製品の場合は、材料と工程の管理で所定の品質を確保することは可能であるが、現場で造成する基礎の品質は、施工条件だけでなく地盤に左右されるので施工機械の作動管理だけでは不十分な場合がある。今後、目標性能の達成度が評価できる性能管理技術が開発されると、従来の施工手順などを要しない新たな施工方法の採用が可能になると考えられる。

2. 品質評価と品質管理

品質管理の方法と管理結果の評価方法を確立するためには、まず、管理対象の品質を詳細に調査して品質評価のための評価指標を適切に設定しなければならない。その際、施工品質に対する地盤条件、施工条件などの影響を考慮することが必要である。基礎地盤の品質評価に関して、特に注意を要するのは現場造成によるものであり、各種地盤改良工法における改良地盤はもちろんであるが、杭基礎に

関しても現場造成によるものが少なくない。埋込み杭における杭周固定部・根固め部、場所打ち杭におけるコンクリートなどがこれに該当する。このため、これらの施工品質に関しては、数多くの実現場における品質評価結果を収集分析し、品質の変化・ばらつき的大小と要因などを地盤条件・施工条件毎に詳細に検討することが望まれる。また、基礎の要求性能を確保するためには、基礎の品質だけでなく、基礎形式を問わず、支持地盤の管理が極めて重要である。これらに関しては、経験実績によるところが多く、特別の場合以外は計器による定量的判断が困難となっている。地盤状況は設計段階では確実に把握できないことも多く、地中埋設物などが存在しているような地盤条件下では支持地盤の管理精度が当該基礎の性能に支配的な影響を及ぼす場合もある。このため、支持地盤の管理・確認方法の高度化と合理化も今後の課題であり、基礎形式や工法の特徴を考慮した管理手法の開発が有用と考えられる。

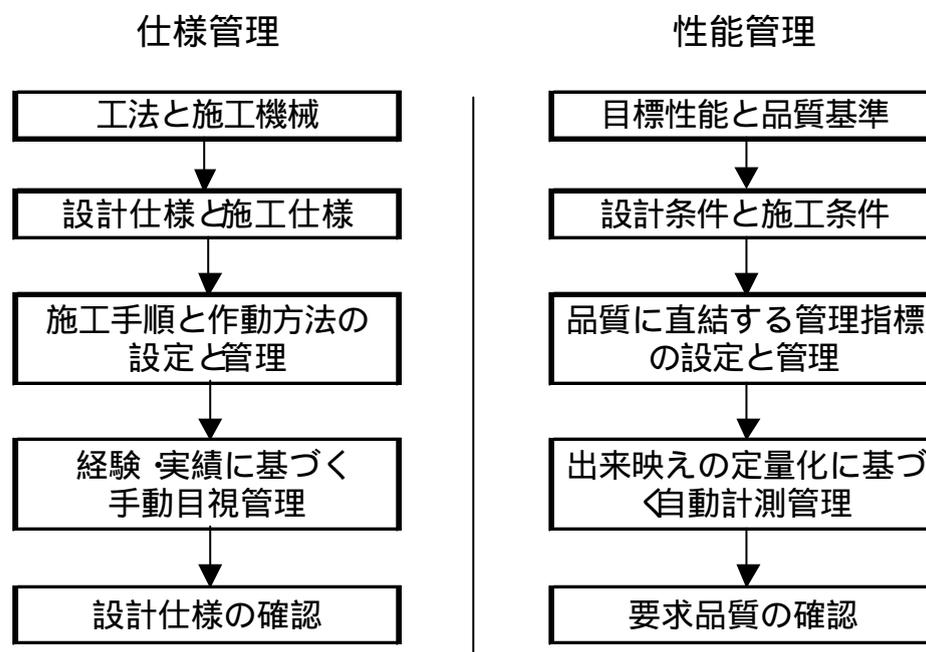


図 5.2.2 現状の仕様管理と将来の性能管理

品質評価技術は、施工品質の出来映えを把握するものであり、計測技術の進歩により精度や信頼性の高い評価が可能である。実工事の品質管理は、信頼性と併せて実用性や経済性も重要であるが、現在の管理方法や管理値の信頼性を知るためには、適切な品質評価技術により管理値の意味や管理の限界を把握しておくことが望ましい。

3. 品質管理方法の組合せ

設計で想定する品質を実現するためには、様々な管理手法の組合せを考えることが重要である。同一の管理方法に対して同一の管理値や管理数量が常に存在するわけではなく、要求品質と施工条件などによっては通常管理値では不適切になる場合もあり得る。地盤調査や施工管理を重視した管理、品質検査を重視した管理など目的や経済性などを考慮した管理が必要である。地盤条件などが特殊で

一般的な設計・管理で要求性能を持続することが難しい場合には、維持管理を重視した品質管理が合理的かつ経済的になることもある。戸建住宅の液状化対策などを考えた場合は、設計者、施主等との合意のもとで維持管理を前提とした設計と管理が合理的になることもある。

4．管理結果の表示と保存

性能設計を実現するためには、性能評価だけでなく性能の表示が重要である。図 5.2.3、表 5.2.1、表 5.2.2 は、新構造総プロにおける性能評価と性能表示の基本的な考え方（参考文献 5.2.5）を示す。図 5.2.4 は、図 5.2.3 に対応した基礎の性能評価と性能表示の流れを示したものである。設計基準と品質基準を設定するためには、設定するに足る地盤情報が必要不可欠であり、想定した地盤の妥当性が判断できる管理方法が必要である。また、品質基準は、品質を詳細に調べた場合に合否が判定できる程度の基準であることが必要であり、品質評価手法が明確でかつ既往の数多くの調査実績に基づいたものでなければならない。

性能表示に関しては、設計時と施工時の表示が必要である。施工品質に関しては、工程毎に目視・手動などで経験的に管理してきたのが現状であり、現状の設計施工水準のもとでは従来の方法も有用ではあるが、新たな施工品質の評価技術を今後とも開発して、計器により出来映えを直接的に表示する工夫も必要と考えられる。品質管理の結果に関しては、表 5.2.2 に相当する表示を目指すことが望ましい。表 5.2.3 は、品質管理における表示項目と表示において留意すべき事項を整理したものである。個々の管理では、これらに関連する事項をできるだけ詳細に表示することが必要であるが、管理の役割からすると、管理結果を利用する側の立場などを考慮して、わかりやすさの観点から表示内容の総合化や重み付けなどを行うことも有用である。このため、管理結果の表示に関しては、表示対象や表示項目などを考慮した表示レベルの設定など、表示技術の開発も今後必要となろう。

品質管理の結果は、必要な期間適切に保存することが重要である。最終的な表示結果だけでなく、表示の背景となった施工状況などの詳細に関しても建築物の用途や重要性を考慮して、必要な期間保存することが重要である。品確法では、瑕疵担保責任に係わる問題の他、『日本住宅性能表示基準』を定めて住宅の構造、機能等に関して等級表示する性能表示制度を創設しており、指定住宅性能評価機関が表示基準に基づいて作成した評価書の保存期間に関しても建設省施行令 30 条第 21 条で規定されている（参考文献 5.2.7）。これによると、設計段階のみ評価した『設計性能評価住宅』と中間検査や完了検査などにより施工段階も評価した『建設性能評価住宅』のそれぞれに対して、評価書の保存期間が前者で 5 年以上、後者で 20 年以上となっており、これらも視野に入れて管理結果の保存期間を適切に設定することが必要である。また、性能表示制度においては、等級表示のほか、基礎に関する支持力の設定方法（支持力算定方法と地盤調査結果の関係など）や基礎の構造方法も表示対象となっていることに留意しなければならない。これらの評価方法や表示方法は、品確法告示 1652 号で規定されている。等級とは、建築基準法で規定されている最低限の性能を等級 1 とし、それを上回る性能を等級 2、3 などと格付けするものである。中地震時における構造躯体の損傷防止に関して等級 2、3 とした表示をするためには、基礎に関しても上部構造と同様、許容応力度計算により荷重外力を等級 1 の 1.25 倍、1.50 倍とした場合に損傷が生じないことを確認することが必要となっている。また、

品確法で求められている構造性能の持続性を考えた場合、通常の基礎設計では長期の圧密沈下も検討対象となっているため、耐震性だけでなく圧密沈下の予測の評価とそれに繋がる情報の表示も有用と考えられる。

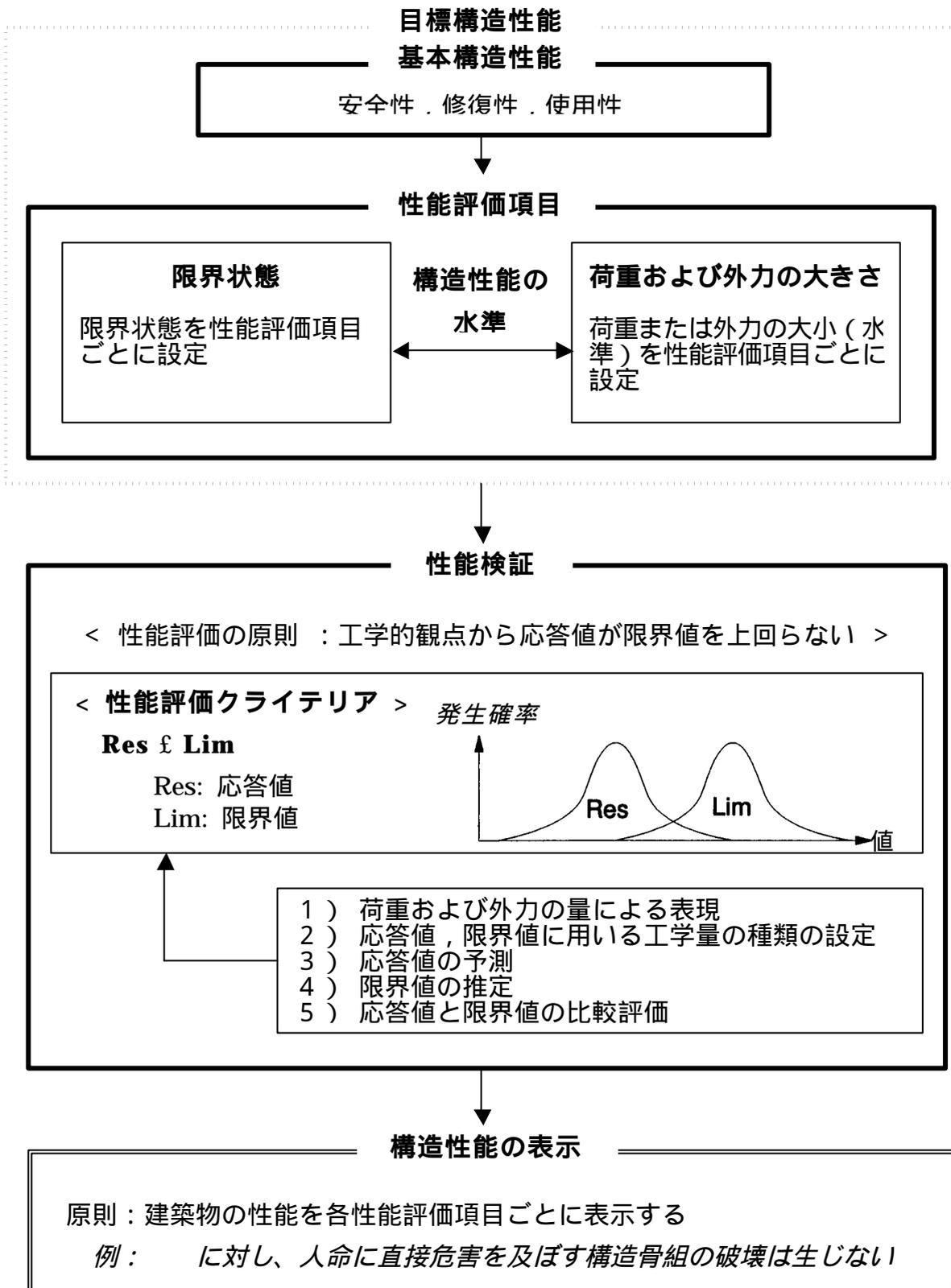


図 5.2.3 構造性能評価体系

表 5.2.1 性能評価項目と限界状態

| | | | |
|--------|---|---|--|
| 基本構造性能 | 安全性 (人名の保護) (建築物の内外の人の生命に直接及ぼす危険の回避) | 修復性 (財産の保全) (外部からの刺激によ建築物の損傷の制御) | 使用性 (機能性、居住性の確保) (建築物の使い易さや住み良さの確保) |
|--------|---|---|--|

| 限界状態の種類 評価対象 | 安全限界 (Safety Limit) | 修復限界 (Reparability Limit) | 使用限界 (Serviceability Limit) |
|---------------------------|---|--|---|
| 構造骨組 | 鉛直支持能力を喪失しない 人命に直接危害を及ぼすような、構造骨組の鉛直支持能力を喪失しない。 | 損傷が設定範囲に収まる^{*1} 構造骨組の損傷が修復のしやすさの観点から設定した範囲内にある。 | 機能障害や感覚障害を生じない 構造骨組の変形・振動が日常の使用に支障をきたさない。 |
| 建築部材 (構造部材) (内・外装材) | 脱落・飛散しない 人命に直接危害を及ぼすような、建築部材の脱落・飛散を生じない。 | 損傷が設定範囲に収まる^{*1} 建築部材の損傷が修復のしやすさの観点から設定した範囲内にある。 | 機能障害や感覚障害を生じない 建築部材の変形・振動が日常の使用に支障をきたさない。 |
| 設備機器 | 転倒・脱落・移動しない 構造骨組及び部材の変形・振動により、人命に直接危害を及ぼすような、設備機器の転倒・脱落・移動を生じない。 | 損傷が設定範囲に収まる^{*1} 構造骨組及び部材の変形・振動による設備機器の損傷が修復のしやすさの観点から設定した範囲内にある。 | 機能障害や感覚障害を生じない 構造骨組及び部材の変形・振動が設備機器の日常の使用に支障をきたさない。 |
| 什器 | 転倒・脱落・移動しない 構造骨組及び部材の変形・振動により、人命に直接危害を及ぼすような、什器の転倒・脱落・移動を生じない。 | 損傷が設定範囲に収まる^{*1} 構造骨組及び部材の変形・振動による什器の損傷が修復のしやすさの観点から設定した範囲内にある。 | 機能障害や感覚障害を生じない 構造骨組及び部材の変形・振動が什器の日常の使用に支障をきたさない。 |
| 地盤 ^{*2} | 崩壊^{*3}や大規模な変状^{*4}が生じない 人命に直接危害を及ぼすような地盤の崩壊 ^{*3} や、構造骨組の鉛直支持能力を喪失の誘因となるような変状 ^{*4} を生じない。 | 損傷が設定範囲に収まる^{*1} 地盤の支持能力の低下や変状 ^{*4} が建物の修復のしやすさの観点から設定した範囲内にある。 | 機能障害や感覚障害を生じない 地盤の支持能力の低下や変状 ^{*4} が日常の建物の使用や通行などに支障をきたさない。 |

<用語の定義>

(^{*1}) 損傷や支持能力の低下および変状が、修復のしやすさの観点(経済性, 技術的観点)より定めた設定範囲内である状態をいう。

(^{*2}) 地盤そのものではなく、地盤変状に起因する建物について。

(^{*3}) 地滑りや盛土法面の崩壊, 側方流動などをいう。

(^{*4}) 地盤沈下, (液状化等による) 剛性低下に伴う地盤の変形、亀裂や段差の発生などをいう。

表 5.2.2 構造性能評価書 (例 1: 構造骨組の安全性)

< 基本事項 >

| | | | |
|-----------|------------------------------|---------|------|
| A. 基本構造性能 | 安全性 | B. 評価対象 | 構造骨組 |
| C. 基本要件性能 | 人命に直接危害を及ぼすような、構造骨組の破壊が生じない。 | | |

< 設計における目標性能 >

| | |
|---------------|--|
| D. 設計における目標性能 | <p>例) E, F, Gの荷重または外力により、人命に直接危害を及ぼす恐れのある次のような状態が発生する可能性を十分小さくする。</p> <p>1)鉛直支持部材の鉛直支持能力の喪失</p> <p>2)建築物の水平抵抗能力の喪失</p> |
|---------------|--|

< 荷重または外力 >

| | |
|----------------|--|
| E. 荷重または外力の種類 | 例)地震荷重 |
| F. 荷重または外力の大きさ | 例)想定しうる地震力のうち当該建築物に最大級の影響を及ぼす大きさの地震(とその余震) |
| G. 荷重または外力の大きさ | 例) を震源とする海洋型の地震で、再現期間が 年の地震動 |

< 性能評価 >

| H. 性能評価の原則 | 応答値が限界値を適切な余裕度をもって上回らない | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|---|-------------|-------------|-------------|-------|----|------|----|------|-----|--|----|------|---------------|---------------------------|
| I. 性能評価のクライテリア | <p>例1) 推定応答値が設定限界値を上回る確率が 年で %以上</p> <p>例2) 推定上限応答値が設定下限限界値を超えない</p> <p>例3) 設定平均限界値の推定平均応答値に対する比が 以下</p> | | | | | | | | | | | | | | |
| J. 設定限界値の意味 | 例)履歴エネルギー吸収能が破壊点の %の点 | | | | | | | | | | | | | | |
| K. 性能評価の結果 (例) | <table border="1"> <thead> <tr> <th>評価用状態値の種類</th> <th>設定限界値 (代表値)</th> <th>推定応答値 (代表値)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4">層間変形角</td> <td>1階</td> <td>(ad)</td> </tr> <tr> <td>2階</td> <td>(ad)</td> </tr> <tr> <td>...</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6階</td> <td>(ad)</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1"> <tr> <td>基本要件性能を満足する確率</td> <td>推定応答値が設定限界値を上回る確率は 年で %以下</td> </tr> </table> | 評価用状態値の種類 | 設定限界値 (代表値) | 推定応答値 (代表値) | 層間変形角 | 1階 | (ad) | 2階 | (ad) | ... | | 6階 | (ad) | 基本要件性能を満足する確率 | 推定応答値が設定限界値を上回る確率は 年で %以下 |
| 評価用状態値の種類 | 設定限界値 (代表値) | 推定応答値 (代表値) | | | | | | | | | | | | | |
| 層間変形角 | 1階 | (ad) | | | | | | | | | | | | | |
| | 2階 | (ad) | | | | | | | | | | | | | |
| | ... | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6階 | (ad) | | | | | | | | | | | | | |
| 基本要件性能を満足する確率 | 推定応答値が設定限界値を上回る確率は 年で %以下 | | | | | | | | | | | | | | |

< 性能の表示 >

| | |
|------------------|--|
| L. 本建築物が保有する構造性能 | E, F, Gの荷重または外力に対し、本建築物は人命に直接危害を及ぼす構造骨組の破壊は工学的観点からほぼ生じない。(注) |
|------------------|--|

注) 荷重および外力、応答値および限界値の推定には不確定因子が含まれるため、「ほぼ生じない」という表現とした。

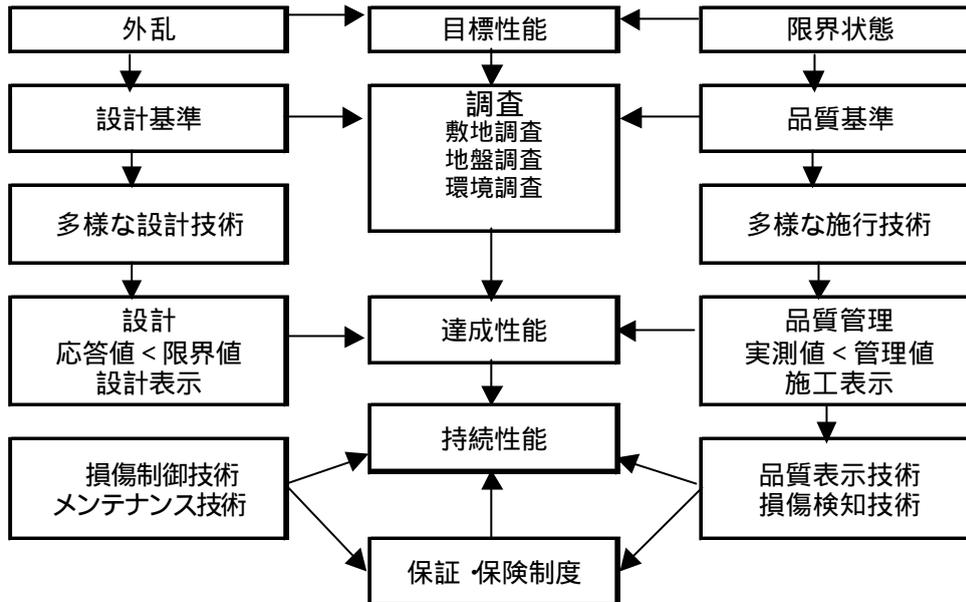


図 5.2.4 基礎の性能評価と性能表示

表 5.2.3 基礎の品質管理における基本的な表示項目

| 表示対象 | 管理結果の表示に際して留意すべき事項 |
|------|----------------------------|
| 使用材料 | 材料の種類、量、規格、事前試験結果など |
| 施工方法 | 施工会社、専門工事会社、施工機械、工法の関係など |
| 管理時期 | 施工時期、効果発現時期、使用時期、調査時期の関係など |
| 管理位置 | 事前調査位置、施工範囲、施工順序、調査位置の関係など |
| 管理方法 | 管理指標、管理装置、管理値、検査数、合否判定基準など |
| 管理者 | 設計者、監理者、施工者、調査者の関係など |

(2) 品質管理の方法

- (1) 設計の要求性能を確保するため、施工時に適切な施工管理を行う。
- (2) 設計の要求性能を確認するため、施工後に必要に応じて適切な品質検査を行う。
- (3) 設計の要求性能を持続させるため、必要に応じて適切な維持管理を行う。

【解説】

1 . 設計の要求性能と施工管理

施工管理では、管理項目に対する管理値を適切に定めることが必要である。管理項目や管理値に関しては、各機関の技術資料などに基づいて設定することも可能であるが、設計性能を設定する際に根拠とした調査結果や前提条件を考慮して設定することが重要である。また、本工事前の各種試験施工では設計で想定した地盤の妥当性を確認することが可能であり、想定したものと実際が異なる場合には設計段階に戻って管理方法などを再検討することも必要である。また、試験施工によって、当初計画した管理方法や管理値の妥当性を確認し、本工事に反映させることが必要である。

性能を基盤とした品質管理の基本的な考え方を図 5 . 2 . 5 に示す。設計における想定性能に基づいて目標品質を定め、それに対応する管理方法・管理値などを設定する。杭を例にとると、杭の支持力を当該敷地の載荷試験結果に基づいて評価する場合はその試験杭の施工品質が目標品質となる。一方、支持力を算定式に基づいて評価している場合は、算定式を構築する場合に用いた既往の載荷試験結果における施工品質が目標品質となり、既往の技術資料などから載荷試験杭の施工品質に対する情報を収集して管理方法や管理値を考えることが有用である。杭の支持力などを当該敷地の載荷試験で評価したい場合、試験杭と本杭で杭径、根入れ深さ、地盤条件の違いがあるので、計算等で補完することも必要であるが、試験杭の品質管理結果を本杭の管理に反映させることが必要である。施工品質のおおよそを試験杭で確認したい場合も同様である。基礎の施工品質と管理方法、管理値の関係を詳細に検討し、目標品質が実現できる管理技術が明確になれば、従来にない新たな施工法・施工機械・管理手法の採用も可能になると考えられる。

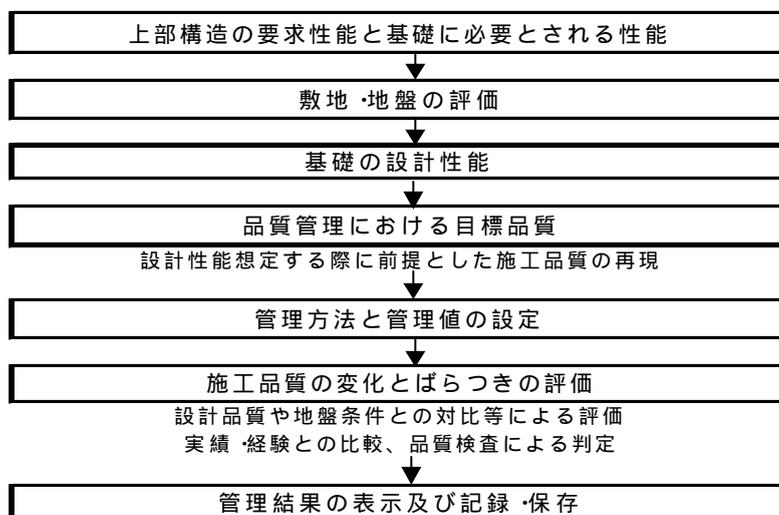


図 5 . 2 . 5 性能を基盤とした品質管理の考え方

2．要求性能の持続性

品質管理の目的は、設計で想定した品質を確保することであるが、設計性能の持続性に対しても十分な配慮が必要である。前述した『住宅の品質確保の促進等に関する法律』では、新築住宅の柱、壁、梁、基礎、基礎ぐいなど法令で定めた構造耐力上主要な部分に関しては 10 年保証を義務付けており、これに該当する部分は性能の持続性が当然のこととして要求されることになる。なお、ここでいう新築住宅とは、『新たに建設された住宅で、まだ人の居住の用に供したことがないもので、かつ、新築されてから 1 年を経過していないもの』と定義されている。性能の持続性を判断するためには、不具合や瑕疵といった問題をどう考えるかが重要である。これに関しては個別に判断することが基本であるが、品確法第 70 条に基づく告示 1653 号において、『建設住宅性能評価書』が交付された住宅を対象とした瑕疵の可能性を判断する基準が、床や柱の傾斜、構造部分のひび割れなどを対象として定量的な目安が示されており、ひとつの判断資料となる。この告示に関して、基礎に直接関係する部分は、基礎のひび割れであるが、基礎の沈下や傾斜に関しては、床・柱などの傾斜を扱う際に基礎の沈下・傾斜の状況を併せて評価することになる。基礎のひび割れに関しては、基礎表面の仕上げ材の種類により異なるが、瑕疵の可能性が高い状態の目安として仕上げ材と構造材にまたがった幅 0.5mm 以上のひびわれやさび汁を伴うひび割れ、瑕疵が存する可能性が一定程度存する状態の目安として仕上げ材と構造材にまたがった幅 0.3～0.5mm 以上のひび割れなどが示されている。床の傾斜に関しては前述の告示において、瑕疵の可能性が高い状態の目安を 6/1000 以上、瑕疵の可能性が一定程度存する状態を 3/1000 以上 6/1000 未満、瑕疵の可能性が低い状態を 3/1000 未満、となっていることも視野に入れて、設計段階や施工段階で目標とする基礎の傾斜や沈下のレベルを適切に設定し、これに対応する管理方法と管理値を考えることが重要である。なお、これらの目安に関しては、通常予測できない自然現象の発生や居住者の不適切な使用など特別の事由の存しない通常の状態において発生した事象に対するものであり、瑕疵の有無を特定するためのものではないことに十分留意しなければならない。基礎の設計において、沈下や傾斜が特に重要となるのは圧密沈下の問題であるが、最近ではパイルドラフトなどの新しい基礎形式の設計法も開発されており、このような新しい基礎形式に適した管理方法や管理結果の表示方法の開発も必要であろう。また、性能表示制度においては、前述したように等級表示を行うことになっているため、設計で等級 2，等級 3 の通常より高い性能を目指した基礎にあっては、それだけ優れた持続性が要求されることにもなる。なお、品確法では住宅の性能の一部に対して性能表示制度や瑕疵担保責任の特例を設けているが、個々の設計では法令上特に定めのない様々な性能を想定することがあり、これらについては個々に設計の要求性能に対する持続性を評価することが必要であろう。

3．基礎工事における品質管理の課題

施工品質が直接目視で確認できない基礎の品質管理の信頼性を高めるには、施工の安定性を表示することが望ましい。施工の安定性とは、施工が遅滞なくスムーズに進むかどうかを意味するものである。現状では施工機械の作動状況などから判断することになるが、安定性の表示に当たっては、設計で想定した地盤条件と実際との違いなども概ね判断できるレベルのものでなければならない。

図 5.2.6 は、深層混合処理工法を対象とした基本的な管理状況を示したものである。計器で機械の作動状況や資材の使用状況を連続的に捉えることは合理的かつ迅速な管理にとって重要であるが、基礎工事全体からみると目視確認が主体となっており、計器による管理は現状では困難である。また、高度な品質評価技術を実工事の品質管理方法として採用すると、施工品質の安定性や管理の信頼性を高めることができるので有用ではあるが、一方でコスト高をもたらすおそれもあり、管理精度の向上を設計施工に反映させることも必要と考えられる。図 5.2.7 のように品質のばらつきを減らして平均値を高めることができれば、設計評価を高めることも可能で低コスト化に繋がる。基礎部材の許容応力度や許容支持力を求める安全率などは、法令等で規定されるので通常の場合は自由度が乏しいが、施工時の調合強度・注入量などには個々に設定できる要因も多い。このため、現時点でも品質管理の高度化・合理化を設計に反映させることが十分可能と考えられる。

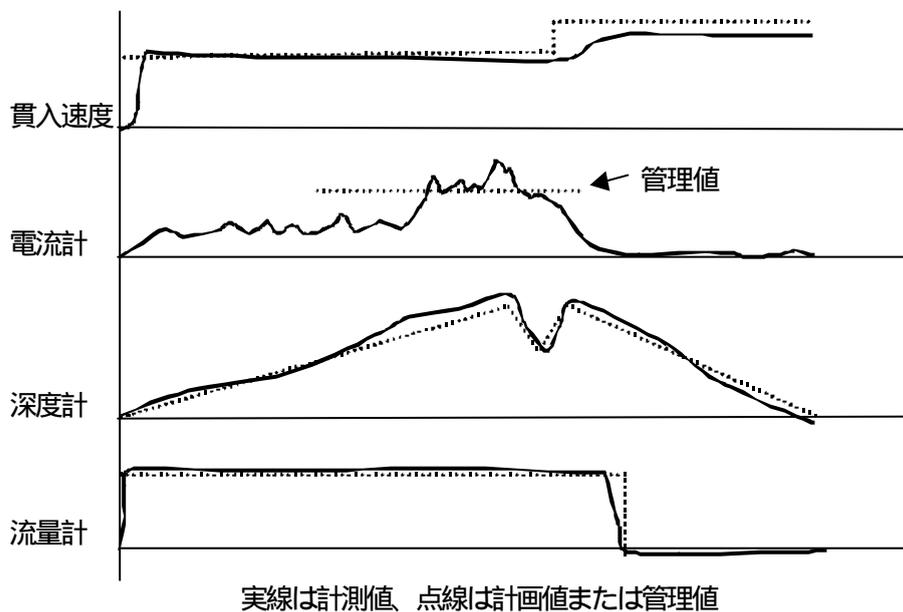


図 5.2.6 深層混合処理工法を例にした自動計測による施工状況の定量化表示

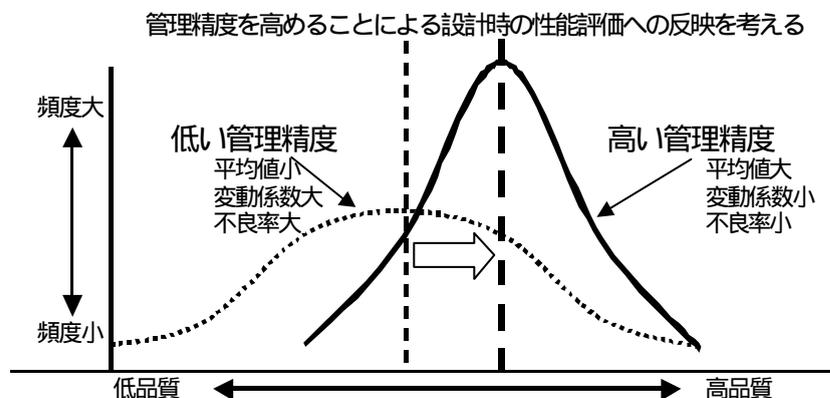


図 5.2.7 品質のばらつきと評価

5.2.2.2 施工管理

(1) 施工方法及び施工機械

(1) 品質が明確な材料を適切に使用して施工を行う。

(2) 施工の安定性が確認できる適切な施工方法及び施工機械を用いる。

【解説】

基礎の施工に関しては、同一の地盤条件や同一の施工条件のもとでは品質の変化やばらつきが少ない施工品質を築造することが重要であり、施工に対する基本要件を下記に示す。

使用材料の品質が既知で安定していること

施工時の使用材料の供給が安定していること

施工手順が安定していること

施工機械の作動状況が安定していること

基礎形式に応じて必要とする地盤状況が適切に把握できること。

施工の確実性を高めるためには、施工の安定性を施工単位毎に正確に記録して表示することが可能か否かが重要になる。施工単位とは、1サイクル毎の施工であり、杭なら杭1本毎を意味する。このため、施工状況が把握できる計測機器等を備えた施工機械で施工データを常時計測し、施工開始後の時間経過と共に自動表示することが望まれる。特に、施工品質が施工条件だけでなく地盤条件にも大きく係わっている地盤改良の場合は、図 5.2.6 で示したように施工深度や使用材料の供給量などを自動計測管理することが一般的になりつつある。

(2) 管理項目、管理方法及び管理値

- (1) 管理項目、管理方法、管理値を適切に設定する。
- (2) 施工状況は、地盤条件や施工条件を考慮して施工単位毎に正確に記録する。
- (3) 周辺の地盤環境や構造物などに及ぼす影響は、必要に応じて計測等を行い、正確に把握する。

【解説】

1. 施工管理の役割と重要性

基礎の品質は、地盤条件や施工条件に依存することが多い。設計で要求される基礎の性能は、想定した地盤条件の確実性と想定した施工品質の確実性に係わっているため、施工時に両者を確認することが本来必要である。これらの確認を確実に行うことができれば、設計の要求性能に基づく施工仕様は合理的なものとなるが、設計段階の評価や施工段階の確認が不十分な場合は余裕のある設計施工仕様が必要となる。

杭を例にとると、想定した杭周面地盤や先端地盤の妥当性を確認する管理が重要である。これは、杭施工時の問題だけでなく、事前地盤調査の質・量など調査・設計の妥当性にも関連することでもある。品確法における性能表示制度では、杭長が重要な表示項目となっており、杭基礎に不具合が生じた場合は表示された杭長と支持層深さや地盤調査結果の関係を施工報告書などに基づいて確認することになる。現状の支持地盤の管理では、地盤によっては掘削土砂の目視確認や掘削速度、さらには電流値から推定することも可能ではあるが、設計時に想定した品質と実際の違いが生じやすいのは支持層深さや各層の層厚であることが多く、施工情報に基づく支持地盤の評価技術の高度化が望まれる。

杭の施工品質を考えた場合、設計で用いる諸定数は、寸法・形状と材料特性に大別できる。寸法には、杭径、杭長、パイルキャップ（フーチング）の大きさなどがあり、材料特性には強度・剛性などがある。寸法・形状の評価に関しては、深度方向の杭長に対する IT 試験（参考文献 5.2.10）が実用に供されているが（図 5.2.8）、半径方向の断面寸法を推定する非破壊的な評価技術も今後有用と考えられる。現状では、これらの非破壊試験は、既存杭の再利用や健全性、地震等の損傷度調査などに用いられているが、新設時の品質管理として用いることも可能である。なお、IT 試験に関しては、『杭の健全性試験実施マニュアル』として付録 - 5.1 で取りまとめているので参照されたい。

性能を重視した信頼できる施工管理の方法と管理値を設定するためには、信頼できる調査結果に基づいて施工品質の変化やばらつきを多数調査・分析することが基本である。そして、地盤条件や施工条件を加味して設計の要求品質を適切に設定し、所定の品質が確保できるような実用的な管理方法・管理装置を採用することが重要である。管理値の設定に当たっては、要求品質が実現できるよう、制御できる品質の範囲と限界を知ることが重要である。簡便かつ実績が豊富でさらに結果の判定が明確な品質評価技術は、実用的な品質管理方法になりうるため、前述した IT 試験などは実用的な管理手法になりうると思われる。目標とする施工品質に関しては、様々な考え方があるが、5.2.2.1 項で述べたように載荷試験や掘出し試験など設計性能を評価する際の施工品質を目指すことが基本と考えられる。

また、施工管理においては、重視すべき事項や特に慎重な配慮を要する条件などについては、過去

のトラブル事例（参考文献 5 . 2 . 11～13）などに記載されているので、これらを参考にして個々の管理に反映させることが重要である。

なお、建築基準法の改正に伴って、平成 11 年に中間検査制度が創設され、中間検査実施マニュアル（参考文献 5 . 2 . 14）が策定され、構造別の中間検査チェックシートなどが示されているので必要に応じて参照されたい。

2 . 管理値の考え方

管理値は、地盤条件や施工条件さらには設計施工の余裕度を考慮して適切に設定することが基本ではあるが、測定結果の妥当性を地盤条件や施工条件毎に判断することになると、その確認に要する時間や人員配置、さらには施工者や管理者の熟練度が要求され、工程を後戻りすることなくスムーズに進めることが困難になる。このため、実務上は、標準的な管理値を設定して、計測結果がこれに収まるような場合は詳細な検討を省略できる目安を設定することも重要である。

特殊な地盤条件や施工条件の場合は、一般的な管理値が不適切な場合もあるので、本工事前の試験施工により管理状況を把握し、当該施工に適した管理値を設定することが望ましい。通常の場合でも、何らかの試験施工によって、通常管理値が確保しやすいかどうか、地盤条件や施工条件において特に支障がないかどうかを確認することが必要である。また、管理方法によっては、測定者の熟練度だけでなく、管理時期、管理位置により結果が異なる場合もあるので、信頼できる調査方法による計測結果と比較するなどして誤差が生じる要因や管理に際しての留意事項をできるだけ明確にすることが望ましい。管理値に関しても、標準となる値を満足するかどうかの観点だけでなく、通常の場合における計測結果などと対比して当該敷地における施工状況の特徴を把握することが望ましい。

3 . 杭基礎の施工管理

杭基礎の施工管理における管理対象は、評価方法・計測方法によって大別すると、位置・寸法・形状、材料特性、地盤の支持力、の三者に大別される。対象となる部位で区分すると、杭体、杭頭接合部、パイルキャップで区分される。これらの管理方法などに関しては、杭材や施工法毎に考える必要があり 3 章で詳細に記述しているが、ここでは代表的な杭工法である埋め込み杭と場所打ち杭に対して、品質評価技術及び品質管理技術の現状と課題を示すことにする。

埋め込み杭では、杭体は工場製品であるため品質は安定しているが、地盤から決まる支持性能を考えた場合、杭先端の根固め部及び杭周固定部の現場造成部の品質や支持層確認の精度が重要となる。根固め部や杭周固定部の品質に関しては、設定した管理仕様を確保して施工された杭の支持力を載荷試験で確認することにより間接的に管理していると一般に考えられているが、地下水流が存在する場合など地盤条件によっては特殊な採取装置で所定の深度より直接採取して確認する手法も有用である。改良体の品質評価法として開発された比抵抗に基づく調査技術（参考文献 5 . 2 . 15）など、管理対象部の品質を電氣的或いは化学的指標で捉え、実用的な調査法に発展させることができれば、これらの直接的な管理確認方法も有望である。なお、現場造成部の品質は、地盤条件のほか、注入状況や攪拌状況に依存しているので、管理精度を高めるには流量計や深度計で攪拌状況を計測し、施工の安定

性を知ることが基本である。深層混合処理工法では、上述した計器による注入管理が一般的であり、杭基礎の場合でも支持力性能がセメントミルクなどの注入状況に依存するような特別の工法の場合は、深層混合処理工法と同様な管理が期待される。注入量や配合量は、一般に余裕があるので管理精度の向上による経済効果も期待できる。支持層管理に関しては、施工時の掘削抵抗を電流計などで捉えて事前調査による柱状図と対比させる手法などが開発されており、今後はこれらの手法の普及・促進と合わせて、地盤条件や施工条件などを加味した適用範囲などを明確にすることも必要であろう。

場所打ち杭では、杭体を現場造成するため、杭頭部などのコンクリートの品質、寸法形状、スライムなどの評価が重要である。コンクリートの品質については、強度試験以外では弾性波速度を指標とする計測技術なども原理的には適用可能と考えられる。現時点では、コンクリート硬化後の杭体のP波伝搬速度を指標とした品質評価技術（参考文献5.2.16）などが提案されている。IT試験を含めて、この種の非破壊試験は海外での実績が多い。また、杭頭部の余盛り部分などで泥水が多量に混入している状態の存在は、未硬化段階のコンクリートの電気的特性の違いからある程度把握することも可能である。場所打ち杭の場合、杭の寸法・形状が確認できないので、コンクリート打設前の掘削孔の寸法・形状の評価が重要である。これに対しては超音波孔壁測定が実用化されているが、断面形状が急激に変化するような新工法の開発などを考えると、指向性の向上や劣化した泥水に対する適用範囲の拡大など、計測技術の改良・改善が有用である。また、この杭では、先端スライムの評価が重要で、先端にスライムが厚く堆積している場合や非常に高密度の泥水が存在している場合は、先端支持力だけでなく、打設時に孔底土砂等が移動し、断面寸法やコンクリートの置換性に支障をもたらすおそれも皆無ではない。この種の問題に関しては、孔底の土砂性状とコンクリート打設が孔底に及ぼす影響の両者を考慮して孔底部のコンクリートの挙動を評価することが重要であり、打設実験と併せてコンクリートの打設圧の測定や孔底の硬さの影響などを評価したうえで管理項目や管理値を目的に応じて適切に設定することが必要であろう（参考文献5.2.17）。孔底土砂の性状に関しては、深度方向の泥水の比重分布を簡易に評価しうるフロート式重錘（参考文献5.2.18）や深度方向の品質を評価する比抵抗重錘（参考文献5.2.19）が開発されている。場所打ち杭の支持層管理としては、掘削土砂の目視確認や掘削機械の作動時における地盤の掘削抵抗を実績・経験に基づいて判断するケースが多い。場所打ち杭先端の支持層は、通常、N値50以上の砂礫層や砂層であるため、支持層の判別が比較的容易であり、現状の管理で特に支障ないと考えられるが、今後の設計施工技術の多様化などを考慮すると施工中の地盤情報を計器等により定量的に把握して支持地盤の管理精度を高めることが有用と考えられる。

現時点で標準的と考えられる管理方法や管理値、管理に使用する装置、管理結果の記録方法は、杭の種類や施工方法により大きく異なる場合があるので、工法毎の詳細については5.2.3項にまとめて整理している。

4. 直接基礎の施工管理

直接基礎の基礎コンクリートに対する施工管理の方法と管理値は、地上部分の鉄筋コンクリート造と比較すると、鉄筋のかぶりの違いなどを除けばほぼ同様である。したがって、管理方法などに関し

ては、鉄筋コンクリート造を対象とした第4章によるところが多い。基礎底の転圧などの地業に関連する管理、根切り掘削に関連する管理、地下水位処理に関する管理など、基礎特有の施工管理が重要になることもあるが、杭基礎・地盤改良・戸建住宅の基礎に関連した管理と重複する内容が多く、5.2.3項以下の検討では特に対象として取り上げていない。

根切り掘削においては、建設現場の工事の安全性に関する管理が重要となり、建築基準法第88条、同施行令136条6などの法令や関連する各機関の技術指針（参考文献5.2.20）などに従い、地盤沈下・盤ぶくれなどの地盤変状や地下水処理など周辺への影響も十分考慮した管理が必要である。

直接基礎の底盤直下の地盤が軟弱な場合は、地盤改良を施すことがあり、この場合は改良地盤に対する施工管理が必要となる。改良地盤の場合は、基礎の構造部分と比較して、品質が地盤条件や施工条件により密接に関わっているので、要求性能を確保するためには事前調査や施工管理が特に重要となる。5.2.3項には、深層混合処理工法や締固め工法に関する品質管理の基本的な考え方を整理しているが、詳細は参考文献5.2.21及び5.2.22が参考になる。なお、深層混合処理工法による改良体の攪拌混合度のおおよそを施工直後に判定する方法に関しては、参考文献5.2.15に示された電気比抵抗を用いた深層混合処理工法の攪拌混合度の調査方法が有望であり、必要に応じて参照されたい。締固め工法など他の工法の場合でも、改良後の地盤調査結果に基づいて改良効果の確認を行うことが基本であり、改良部分やその周囲の地盤の品質の変化やばらつきを考慮して、深層混合処理工法と同様な観点で検査方法などを設定することが重要となる。深層混合処理工法を除くと、品質のばらつきを考慮した設計目標の考え方や品質検査方法、合否判定基準が明確でないので、これらについては今後の課題と考えられる。

戸建住宅の基礎に関しては、建築基準法の改正に伴い、基礎の寸法や配筋に関して詳細な仕様が告示1347号で規定され、構造方法が明確になった。このため、戸建住宅等を対象とした基礎の品質管理に関してもこれまで以上に管理精度の向上が求められることになり、設計段階及び施工段階の確認事項を5.2.3項で詳細に示している。

5. その他の基礎等の施工管理

建築物の地震時の転倒防止や洪水時の浮力による浮き上がり防止を目的として本設アンカーを用いることがある。このアンカーの施工に際しては、想定した支持層に確実に所定の長さ定着させて所定の緊張力を確保することや計画された施工角度や施工深度を確保することが必要であり、掘削段階、定着段階、緊張段階で適切な管理が必要不可欠となる。アンカーの施工角度が鉛直でない斜めアンカーの場合は、想定した支持層深さがわずかに変化するだけで支持層に所定の長さを定着させるために要するアンカー長が大きく変化するおそれがあるので、事前の地盤調査を密にして支持層深さ・位置を正確に把握することが必要である。管理方法や管理値の詳細については、参考文献5.2.23や工法毎の施工マニュアルなどに示されている。

擁壁に関しては、建築基準法施行令142条の改正と関連して擁壁の構造計算の方法を規定した告示1449号が新たに規定され、擁壁の構造計算の方法や構造方法が宅地造成等規制法に準拠することになった。擁壁の施工管理方法は、擁壁の種類や構造により異なるが、一般に重要となるのは、擁壁背面

の盛土部分などの締固めや擁壁底面の支持層確認である。擁壁の総延長が長い場合には、事前の地盤調査が不十分なものとなり、擁壁底面の地盤状況が設計で想定したものとはかなり異なるおそれがある。このような場合は、住宅の基礎だけでなく壁体の不同沈下や傾斜、さらには擁壁の孕み出しや変状、ひび割れの等の構造被害の誘因となるので要注意である。改正された建築基準法では、構造方法などを告示 1449 号で新たに規定しており、品質管理の方法などに関しては宅地造成等規制法に基づく各種擁壁の施工及び施工管理方法の詳細を整理した宅地防災マニュアルなどが参考となる（参考文献 5 . 2 . 24 及び 5 . 2 . 25）。

6 . 地盤環境や周辺構造物等に及ぼす影響

基礎の施工に際しては、地盤に振動・衝撃を加えたり、地下水位を変化させたりすることがある。また、地盤中に粉体・液体などの様々な材料を投入して改良地盤を造成することもある。このような場合、地盤はもとより地下水の水質などの地盤環境としての物理化学的性質が変化することがある。このため、基礎の施工が周辺環境に対する影響に関しても支障がないことを確認することが必要であり、状況に応じて計測を行い、各種法令に照らして周辺環境に対する安全性を検討・表示することが望まれる。騒音や振動に関しては、騒音規制法や振動規制法における規制を配慮することはもちろんであるが、当該敷地周辺の状況にも配慮した検討が必要である。騒音規制法においては、特定建設作業の騒音が特定建設作業の敷地の境界線において 85dB を超える大きさでないことになっている。振動規制法においては、特定建設作業の振動が特定建設作業の敷地の境界線において 75dB を超える大きさでないことになっている。振動は、施工機種、地盤条件等により大きく異なる。通常、発電機、ベースマシンおよびブルドーザーショベルの移動なども振動の発生源となる。また、最近では従来の騒音・振動に加えて、土壌の化学的性質などからみた地盤環境の問題も取り上げられており、土壌環境基準に対してもできるだけ配慮することが望ましい。セメント系固化材を使用した地盤改良において、使用する材料や地盤条件、施工条件などによっては土壌環境基準を超える濃度で六価クロムが溶出するおそれが指摘されており（参考文献 5 . 2 . 26）地盤や施工に応じた材料の選定など、必要に応じて適切な措置を講じることが望ましい。

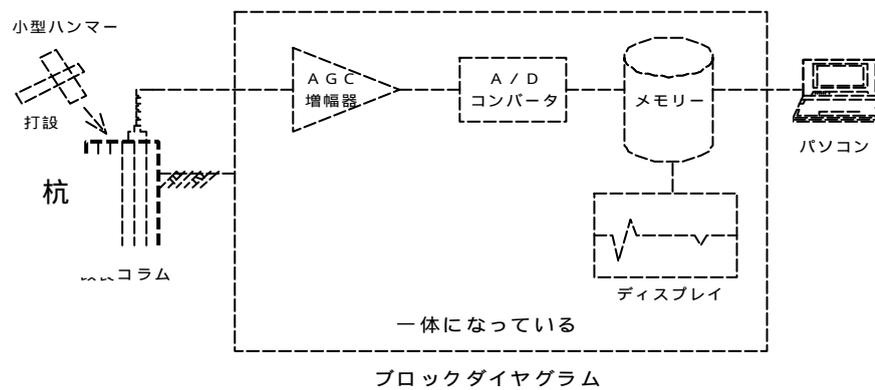
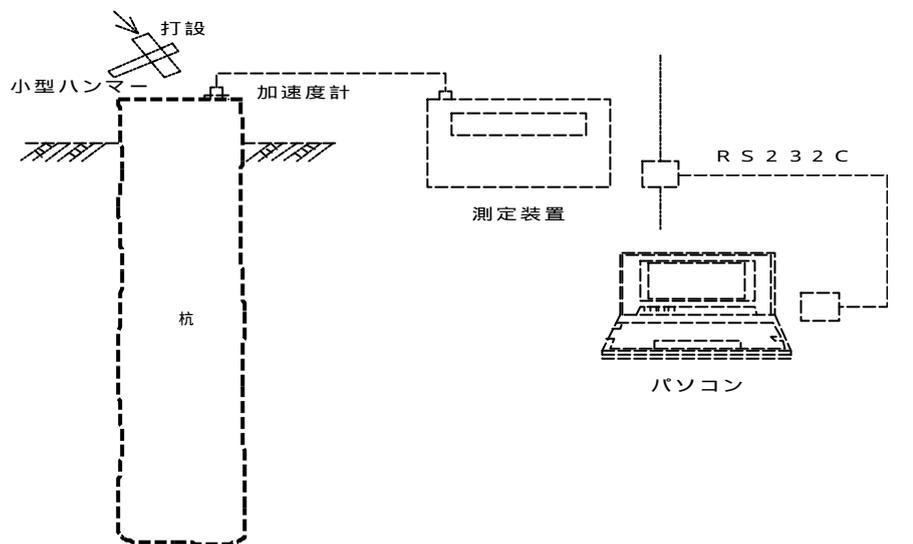
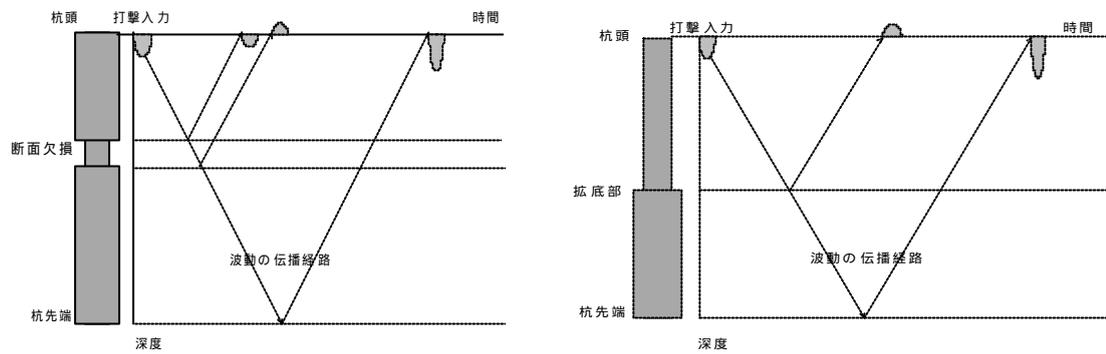


図 5.2.8 IT 試験

5.2.2.3 品質検査

(1) 検査指標と検査方法

- (1) 設計で想定する品質を満足していることが確認できる検査指標を設定する。
- (2) 検査指標は、原則として無作為に選定する。

【解説】

施工後の基礎の品質を確認することは重要であるが、品質検査として合否判定を下せるものは少ない。現時点において検査的な位置付けで行われている様々な調査・試験に関しても、合否判定が明確な検査ではなく、品質確認としての位置付けとして施工品質の妥当性を概ね把握するために慣習的になされている場合がほとんどである。この理由としては、

地盤条件などが複雑な場合があり施工品質を的確に把握しきれないこと。

実大規模の載荷試験を多数実施しない限り基礎の施工品質の合否を正確に判定できないこと。

基礎の品質を検査に要する費用が多額であること。

基礎の品質不良個所の特定が難しいこと。

基礎の補修・補強が技術的・経済的に容易でないこと。

などが考えられる。

杭基礎や直接基礎の設計は、事前の地盤調査結果に基づいてなされるので、地盤から決まる性能に関しては杭の載荷試験などを除くと直接試験で確認することはほとんどなく、想定した地盤条件と実際がほぼ同等であれば間接的に支持力の妥当性を確認したとみなされ、このような場合は現場造成部の品質が検査対象になると考えられる。しかし、地中施工した現場造成部の品質に関しては、品質の変化及びばらつき、品質に及ぼす施工条件や地盤条件の影響などに関して明らかでないことが多く、実績経験などに基づいて今後さらに信頼できる検査方法や合否判定基準などを開発することが必要であろう。改良地盤の場合は、基礎の設計で必要とする許容支持力などの改良後の性能を仮定して検討することが多いが、改良効果を何らかの手法で確認することが必要不可欠と考えられる。建築物を対象とした深層混合処理工法や浅層混合処理工法の場合は、具体的な検査方法や合否判定基準の考え方が参考文献5.2.21に示されており、必要に応じて参照されたい。

品質検査における検査指標は、支持力や設計基準強度など設計で重視する基礎の保有性能が主であり、施工後の現位置載荷試験や現場で採取した基礎部分の圧縮試験によって得られる。検査指標は、原則として無作為に選定することが必要であり、信頼できる検査指標が得られるような検査方法を設定しなければならない。ただし、杭の載荷試験のように反力杭の施工や杭体のひずみゲージなどを予め取り付け必要がある場合には無作為な選定が困難なので、このような場合には載荷試験杭の施工品質を管理データに基づいて検討し、当該試験杭の施工が当該敷地の代表あるいは標準として特に支障ないことを確認することが試験結果の信頼性を高めるうえで必要と考えられる。

(2) 合否判定

- (1) 検査数量は、建物規模、改良規模、地盤条件、施工条件、検査方法等を考慮して適切に設定する。
- (2) 品質の変化・ばらつきを考慮して、設計の要求性能が確認できる合否判定基準を設定する。
- (3) 合否判定では、検査結果と検査方法の適用範囲や前提条件を比較し、検査方法の妥当性を確認する。
- (4) 上記の検査は、適切な検査員が実施する。

【解説】

合否判定の信頼性を高めるには、多くの検査数が必要である。統計論に基づいて品質検査の信頼性を考えた場合、同一条件と判断される品質の母集団から20～30個の標本数が必要となり、このような数量に基づく品質検査は特別の場合を除くと困難である。基礎の品質は、施工条件だけでなく地盤条件や施工深度などの部位・部分に密接に関わっている場合もあるので、地層・土質毎、深度毎に信頼できる検査数量の確保を目指すとともに非現実的となる。事前調査における地盤調査に関しても、地層構成などを詳細に検討することなく当該敷地の1本の柱状図をそのまま用いざるを得ない場合もあるが、地盤調査の数量や施工管理のレベルに対応した検査数量が必要と考えられる。

合否判定基準が明確な検査方法を施工全量に対して適用できる場合は確実な検査が可能であるが、経済性などの観点からごく一部の品質に対する抜取り検査に依存することが多い。このような場合には、品質の変化やばらつきを仮定した施工単位毎の管理に委ねざるを得ない。したがって、施工品質の変化やばらつきに関する既往資料に基づいて、変化やばらつきなどを評価して管理・検査に反映させることが望ましい。検査の信頼性を高めるには、地盤条件や施工管理の精度を高めることも必要である。検査対象となる範囲の地盤条件が明確で、かつ施工に使用する材料の供給状況や施工機械の作動状況が安定していれば、少ない検査数から合否判定を行うことも可能である。現状の品質検査・確認では、検査対象の品質のばらつきを特に意識しない場合もあるが、種々の判定方法や判定式の適用範囲を把握したうえで検査方法を設定することが重要と考えられる。

合否判定に関して、種々の仮定に基づき検査基準を設定している場合は、前提条件や検査結果の妥当性を判断することが望ましい。設計時に想定した地盤条件に基づいて検査を行う場合は、想定した地盤条件と施工時に確認した地盤情報を比較し、検査方法の妥当性を確認することが必要である。

現状の基礎工事において全数検査的な意味合で性能確認がなされているものとしては、地盤アンカーの引張り試験があげられる。これは、極限引抜き抵抗力などの保有耐力を確認するものではないが、施工品質の安定性や極端に品質が異なるものの存在が把握できる可能性があるため地盤条件などによっては非常に有用である。また、現時点において、コストや信頼性の観点から施工後の品質検査で全数検査が可能なものとしてIT試験による杭長等の確認があげられる。

品質検査における合否判定は、第三者性を有する適切な検査員が行うことが必要である。また、検査の信頼性を高めるためには、調査位置・時期の選定、各種試験の実施、試験結果の考察など、調査結果を得るまでの各過程に係わる関係者の役割などについても十分考慮することが必要である。

5.2.2.4 維持管理

- (1) 建築物の供用期間、使用状況、周辺環境の変化、基礎の状態を考慮し、適切な管理方法を設定する。
- (2) 設計で想定した性能が確保できるよう適切な位置・時期に維持管理を行う。

【解説】

設計において目標性能を設定するためには、対象とする建築物の供用期間を設定することが必要であり、施工後の性能の持続性も視野に入れた管理が必要である。基礎の設計において、圧密沈下を考慮した総沈下量・不同沈下量・傾斜などの検討を行っている場合は、当初想定した持続性の評価が特に重要になる。

設計や施工管理においてどの程度の供用期間を想定するかについては、法令上、契約上、社会通念上、設計上など様々な考え方があり、管理対象によってもかなり異なると考えられる。維持管理を前提にした設計施工を当初から想定する場合、実際の使用状況や地盤環境等が当初の想定と異なった場合など、維持管理に期待するレベルも個々の条件で異なると考えられる。

当初の設計で維持管理が重要になる例としては、想定した荷重外力に対する基礎及び擁壁の性能が供用期間中の地盤環境の変化や長期間継続する圧密沈下などに強く依存する場合があげられ、具体的には、斜め地盤アンカーのようにアンカー埋設部が当該建物外部に配置される場合、クリープが生じるおそれのある地盤にアンカーを定着させる場合、敷地に特殊な材料を埋設し地盤全体を一体のものとして補強した場合、不同沈下や傾斜に対して予め沈下修正が可能な措置を基礎に施した場合、水平力に対する基礎及び擁壁の抵抗機構として周囲の地盤の受動抵抗を考慮している場合など、があげられる。身近なところでは、擁壁背面の透水層の排水機能も重要な維持管理の対象であり、水抜き孔の点検・清掃も必要不可欠と考えられる。建築物を対象とした通常の基礎設計では、敷地が安定していることを前提にして、基礎に作用する荷重外力に対する基礎部材の構造耐力や地盤の支持性能の評価がなされる場合がほとんどであるが、土砂災害などが生じるおそれのある敷地の場合、基礎の施工により敷地周辺の地中応力が著しく変化して敷地の安定性が損なわれるような場合などでは、調査・設計・施工の各段階で慎重な対応が必要不可欠であり、維持管理においても点検・観測により敷地の安定性を把握することが重要と考えられる。

通常想定し得ない地盤環境等の変化としては、周辺工事などによる地盤変動、通常想定し得ない地震・豪雨・洪水などに伴う地盤変動と基礎に作用する荷重外力の変化、通常想定し得ない著しい地下水位の変化、地盤の物理化学的性質の変化などが考えられる。通常想定し得ないかどうかの判断は、法令上、契約上、社会通念上、一般的な技術水準のレベル、当該敷地周辺での実績経験、当該設計者及び施工者の一般的な業務における実績など、様々な考え方があり実況により判断することになる。

維持管理に関しては、持続性を阻害する要因を分析して適切な時期に行うことが重要である。長期的な地盤の圧密現象に起因して不具合が生じている場合は、圧密沈下の終了の有無と対策方法による効果の持続性を考慮して、応急的な維持管理方法と本格的な維持管理方法、修復・補強方法を適切に組み合わせるなど、必要とする性能の確保に努めることが望ましい。

5.2.3 基礎形式と品質管理

5.2.3.1 杭基礎

(1) 基本方針

- (1) 杭基礎の要求性能を確保するため、杭体、杭頭接合部、パイルキャップの品質管理を適切に行う。
- (2) 杭基礎に要求される位置・寸法・形状、材料特性、地盤の支持性能などの品質管理を適切に行う。
- (3) 管理結果は、管理方法、重要性、役割・責任等を考慮して適切に記録し、必要な期間保存する。

【解説】

1. 品質管理の対象部分

杭基礎の品質管理の対象は、杭体、杭頭接合部、パイルキャップに大別される。次節以降では、杭工事における施工順序と役割分担などを考慮して、杭体の品質管理を主体として杭種毎に管理方法を示しているが、杭基礎の品質管理としてみた場合、杭頭接合部やパイルキャップ（フーチング）も重要な管理対象となる。

杭基礎に必要な性能は、設定した荷重・外力に対して上部構造を安全に支持するために必要な構造耐力を有することであり、設計で想定した杭体・接合部・パイルキャップ・基礎梁間の荷重伝達機構を確保するための管理も重要である。杭とパイルキャップを剛強に接合しない方法も可能であり、従来にない滑り支障構造等とするような場合は維持管理に関しても十分な配慮を要する。

表 5.2.4 は、杭基礎の基本的な品質管理項目を整理したものである。

表 5.2.4 杭基礎全体としての基本的な品質管理項目と管理内容

| 管理対象 | 管理項目及び管理内容 | 検討事項及び留意点 |
|---------|--|---|
| 杭体 | 杭本体の 位置・寸法・形状 地盤支持力 杭体品質 | 杭の施工方法毎の検討（5.2.3.1(2)～(5)項） |
| 杭頭接合部 | 杭頭処理方法 杭頭部の品質 接合部の品質 溶接部の品質 杭頭位置 杭頭部の配筋状況 接合部の配筋状況 | 処置方法・処理手順・処理深度の確認 コンクリートの硬化不良部分の有無の確認 はつりに伴うひび割れの有無の確認 配筋状況（径、ピッチ、定着長、本数など） パイルキャップへの埋込み長さ 杭心ずれ、傾斜角 杭周囲の充填液の充填性の確認 溶接部の品質などの確認 |
| パイルキャップ | 位置・寸法・形状 品質 基礎梁、柱との接合部分 | 配筋状況（径、ピッチ、定着長、本数など） コンクリートの品質（圧縮強度など） 鉄筋コンクリート造一般の管理に準拠 杭施工時の杭心ずれ、高止り、杭頭部の品質に応じた位置・寸法・形状を要する。 |

杭の施工方法によって、杭頭部の接合方法や杭頭部の杭体品質が異なるので、施工方法や接合方式に応じて、杭頭部の品質（場所打ちコンクリート杭における杭頭付近のコンクリート、埋込み杭における杭周充填液など）接合部の配筋、パイルキャップへの埋込み長さなどを管理することが必要である。

杭の施工では、設定した杭頭位置が杭心ずれのため移動することがあり、それに起因する付加応力などの影響を考慮して構造耐力上支障ないことを確認するとともに、杭心ずれに対応した接合方法やパイルキャップの寸法・形状を考えることが重要である。また、杭の高止りなどが原因で設定した杭頭位置が上下することがあり、このような場合は杭心ずれの場合と同様、適切な接合方法やフーチングの寸法・形状を確保する必要がある。また、敷地境界等の関係から外周部の杭は偏心することが多いので、設計段階だけでなく施工段階においても補強筋の配置・仕様とその必要性を実績・経験等により検討し、管理・検査に反映させることが必要である。参考文献 5.2.14 では、施工時の中間検査におけるチェック項目をまとめたものであるが、杭心ずれが 10cm を超えるような場合はベース筋や基礎梁の補強の有無を確認することになっている。また、パイルキャップと杭の大きさが大差ないような場合は、杭心ずれに見合う寸法・形状の変更を要する場合もあるので、過大な杭心ずれが生じた場合には、設計段階に戻って調査・設計・管理方法などを再検討することが必要であろう。

設計段階では地盤条件が正確に把握できない場合があるため、施工段階で通常予期し得ない事態が生じ、当初目標とした杭の施工品質が確保できないこともある。このような場合でも、杭頭接合部やパイルキャップの寸法・位置・配筋、杭長などを調整することにより当初必要とした性能を確保する可能性もあるので、杭施工時の品質管理結果に基づいて杭基礎としての管理方法や管理値を適切に設定することが重要と考えられる。

2. 品質管理の対象区分

杭基礎の品質管理における対象は、管理対象の役割や評価法・計測法の違いによって、位置、寸法・形状、材料特性、地盤の支持力、の三者に大別される。これらの管理方法などに関しては、使用材料、施工方法、施工手順など杭の施工法により管理方法や記録方法がかなり異なる。また、品質管理の重要度の関係から、管理の責任や役割が監理者である場合や管理者、専門家である場合など様々であり、建築物の用途・重要性や現場毎の設計施工管理体制によっても異なる。

品質管理における管理値は、地盤条件や杭基礎に要求する品質の確実性などにも依存するので設計者や施工者が経験実績に基づいて判断しなければならない。また、同一の工法であってもその管理値は、土木・建築など分野毎の構造形式や基礎形式の違いによっても変わりうるので、当該基礎杭の設計上の評価なども考慮して適切に管理値を設定することが重要である。

次節以降に示す管理値は、特殊な地盤条件の場合や調査・設計が不適切な場合を除くと、現状における杭の支持力評価のもとで計測結果がこれらの値に収まっていれば施工品質に関して概ね支障ないと判断できるものである。ただし、これらの管理値のなかには、管理値を設定するにたる定量的な根拠を具体的に提示することが困難で、技術規定の背景が曖昧な過去の実績・経験に基づいて設定されているものをそのまま踏襲している場合もある。したがって、注意深く施工した場合の計測結果など

最新の資料をできるだけ収集分析して、地盤条件や施工条件に見合った管理方法と管理値を設定することが重要と考えられる。なお、杭基礎の検査・監理におけるチェックリストなどは参考文献5.2.14及び5.2.27などに示されているので、必要に応じて参照されたい。また、杭工事では通常予想し得なかった地盤の特殊性などが原因でトラブルに遭遇することも皆無でないため、公表されている種々のトラブル例を収集分析して参考にすることも重要である。これに関しては、参考文献5.2.11で、 施工中の杭体の破損、 杭体内からの被圧地下水の噴出、 杭の挿入不能・高止まり、 逸水による孔壁崩壊や逸泥、 など様々な事例が取り上げられているので参考にされたい。

3. 管理結果の記録と保存

品質管理の結果は、施工後の維持管理、補修、増改築などを考えるうえで重要である。また、管理の役割・責任を明確にすることが必要な場合もあるので、管理結果を適切に整理して必要な記録・保存することが望ましい。管理結果は、契約上一般に必要とされる間（例えば引き渡し完了まで）は、管理結果を設計施工側が保存しておくことが望ましく、それ以降は建築物の購入者（施主など）が保存することが必要である。管理結果の表示・表現方法に関しては、工事の規模・内容などによって様々な段階・レベルがあり、管理の役割と結果が理解しやすい方法で整理しておくことが重要であろう。

(2) 既製コンクリート杭

- (1) 既製コンクリート杭に要求される設置位置、寸法、形状が確保できるよう、杭心、杭径、杭長、鉛直精度などに関して、管理対象、管理項目、管理方法などを適切に設ける。
- (2) 既製コンクリート杭の杭体に要求される品質が確保できるよう、既製品としての杭体などの使用材料と施工方法に関して、管理対象、管理項目、管理方法などを適切に設定する。
- (3) 既製コンクリート杭に要求される地盤支持力が確保できるよう、周面摩擦力や先端支持力に関連する管理対象、管理項目、管理方法などを適切に設定する。
- (4) 管理結果は、管理者、管理方法、管理値などとの関係がわかるよう適切に記録し保存する。

【解説】

1. 既製コンクリート杭の品質管理の基本的な考え方（参考文献 5.2.28～5.2.30）

(1) 工法の特徴

既製コンクリート杭の施工法には、打込み工法と埋込み工法の二つに分けられる。打込み工法は長い歴史があるが、杭施工により発生する騒音・振動が環境に与える影響について問題視されるようになり、これに対応するために昭和40年代初めに埋込み工法が開発され、高度成長期中頃に従来の打込み工法から埋込み工法が主流になった。近年、埋込み工法は、大口径化、長尺化が進められ、根固め部を補強し先端支持力を増大させた工法や、節杭を用いて杭周面摩擦力を増大させた摩擦杭工法などが開発されている。

(2) 品質管理の現状

既製コンクリート杭施工の品質管理手法は、施工法の変化に伴い大きく変化した。打込み工法では、ハンマにより杭頭を打撃し、打撃中の貫入量やリバウンド量から一本毎の動的支持力を評価、管理する方法であったが、埋込み工法では、打撃による動的支持力の評価ができないため、あらかじめ設定した管理方法、管理値から施工後の完成形状を間接的に推測する手法が用いられている。

(3) 施工管理

打込み工法では、施工中の貫入記録による支持力確認が可能であるため、施工品質を直接管理することが可能である。問題となるのは、場所打ちコンクリート杭と同様に地盤を掘削し、既製の杭体を設置する埋込み工法の場合である。この場合は、出来上がりの品質を確認することは非常に難しい。ここでは埋込み工法を中心に以下に主な管理項目と管理手法について示す。

() 寸法・形状の管理

既製コンクリート杭の寸法の管理

管理目的は、設計者が要求する仕様通りの杭が使用されているかどうかを確認することにある。管理項目は、概ね JIS の規定によるが、各施工法に使用する杭の先端形状等についても注意しなければならない。特に中掘り拡大根固めに使用する杭については、杭内径寸法とスクリュー外径との関係を考慮しなければならない。

施工寸法・形状の管理

管理目的は、設計品質として要求される掘削径、支持層根入れ長さ、拡大径等を確保することである。これら施工上の各寸法・形状を確保するためには、掘削装置の寸法・形状を常に設計寸法以上

に確保する必要がある。また、作業地盤の良否が施工品質に大きな影響を与えるため、施工機械を安定した地盤面に設置する必要がある。さらに各施工法毎に考慮しなければならない点がある。まずプレボーリング系においては、施工掘削寸法・形状の確保について地盤性状とのかかわりが深いため、孔壁保護に使用する固定液等の管理が必要となる。中掘り系においては、フリクションカッタの仕様や沈設時のエアーの管理が必要となる。管理項目としては、掘削装置の形状、寸法、傾斜、プレボーリング系での固定液の比重・量、中掘り系でのエアー、高圧噴射圧力などがある。

() 平面位置の管理

管理目的は、設計品質として要求された予定位置への杭心を確保することである。そのためには、掘削装置を予定建込み位置に設置すると共に掘削孔或いは沈設時の杭の鉛直性を確保することである。管理項目としては、杭心表示杭、施工時の逃げ芯の設置、掘削装置の鉛直性などがある。

() 地盤支持力の管理

管理目的は、設計品質で要求された先端支持力と周面摩擦力による支持力を確保することである。基本的には載荷試験を実施して確認する方法が最適であるが、コスト上の理由などからこれまでに実施した載荷試験結果も参照して今回提案している管理手法を用いることで支持力が確保されると推定せざるをえないことが多い。管理項目としては、杭先端深度、先端地盤掘削時の電流値変化、根固め液及び固定液の品質等がある。特に最終打撃工法においては、打撃エネルギーと杭沈下量・リバウンド量の関係から動的支持力を算定して管理を行っている。

2. 品質管理項目に対する管理値

表 5.2.5 ~ 表 5.2.9 は、各施工法別の要求品質と品質管理方法の関係を取りまとめた例を示す。

各管理項目に対する管理値は、現行の管理基準に基づき一応表示しているが、設計条件及び施工条件に応じて一律に決めることの出来ない点がありこれらについて以下に解説を加える。

(1) 杭の鉛直精度

杭の鉛直精度を確保するためには、前述した通り掘削装置或いは掘削機本体リーダーの鉛直性が管理目標となる。プレボーリング工法における掘削孔の大きな傾斜は、杭先端位置で隣接する孔と接触することにより先端支持力に大きな影響を与える可能性がある。同様に中掘り工法においてもこの傾斜は杭中空部に設置されるスクリー挿入に問題が生じ、強いては施工時の杭本体破損といった大きな問題にも発展することも考えられる。このように、杭体の傾斜は支持力品質に大きな問題となりかねないため、適切な管理値の設定が必要となる。ここでは、これらを踏まえて施工最大長と隣接する杭との杭間隔の観点から隣接する杭の先端位置で根固め球根部が接触しないよう鉛直精度を 1 / 100 以下と設定している。この杭鉛直精度を確保するために掘削装置本体のリーダーの鉛直精度管理値を 1 / 200 ~ 1 / 300 程度に設定しているのが現状である。

(2) 杭周固定液 (掘削液)

プレボーリング工法系に使用している杭周固定液 (掘削液) は、掘削孔の崩壊を防ぐ意味と杭周面摩擦力を確保するためとの 2 つの役割がある。杭周摩擦力を確保する意味では、表に規定された管理

値を満足することが必要であろう。一方杭を所定位置まで挿入するため必要な掘削防止には、場所打ちコンクリート杭で用いる安定液と同様な機能が必要となり、安定液の一般的な比重は、1.01～1.20程度であることを考慮して同程度の機能の杭周固定液を使用することが必要と考えられる。これらの杭周固定液の配合については、各工法により異なる為、詳細については各工法の施工指針を参照にすることがよい。

(3) 根固め液

埋込み杭における根固め球根部の形状と強度は、先端支持力に大きな影響を与える。特に強度については、各工法とも明確な管理値を設けている。その場で強度を確認するためには、後述する電気比抵抗試験等があるが、施工過程で管理する手法としては、比重から強度を推定する方法が一般的である。ここでは、過去のコンクリートパイル建設技術協会のデータを基本に混練した溶液の比重を 1.6 以上確保することで所定の強度が得られると考えて管理値を決定している。

(4) 施工品質全般

施工品質全般については、施工経過或いは結果を基に設計要求品質通りに杭が設置されたか否かを確認する必要がある。そこで施工全般について報告書を作成して報告し、これを管理者が確認し、規定した管理値が満足しているか否かを判断して、必要があれば設計へフィードバックを行う。

(5) その他

施工時に施工品質をより明確に確認する方法として IT 試験がある。これは杭施工後に杭が健全な状態か否かを確認する手法で、研究段階から実用化への発展段階にあるが、今までにない品質管理手法の 1 つといえよう。今後、実用化に向けた研究開発が望まれる。

表 - 5 . 2 . 5 既製コンクリート杭の要求品質と品質管理方法(打込み) フレホ-リンク併用打込み工法の場合

| 区分 | 管理目的 | 要求品質 | 管理対象 | 管理項目 | 管理方法 | | 方法の信頼度 | | | 管理値 管理規格 | 記録方法 | 計器・目視 | 自動 手動 | 必要性 | 管理分担 | | | |
|------|--------------|-------------|---------|-------------|--------------|--------|--------|---|---|-------------|---------|-------|----------|-----|------|-----|-----|--|
| | | | | | 手法 | 頻度 | 高 | 中 | 低 | | | | | | 監理者 | 管理者 | 施工者 | |
| 杭 | 杭の品質 | J I S 規格 | 仕様 | 形状・寸法・偏 | 伝票確認 | 搬入毎 | | | | J I S | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 先端形状 | 仕様 | 形状・寸法 | 目視 | 搬入毎 | | | | 設計目視による | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | | |
| 副材料 | 施工品質 | 規定仕様 | 種類 | J I S 規格 | 目視・伝票 | 搬入毎 | | | | J I S | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 使用量 | | 日毎使用量 | 袋数・サイロ記録 | 搬入毎 | | | | | 記録紙 | 計器・目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 防湿・防風化 | 保管法規定 | 使用時確認 | 指示・目視 | 搬入毎 | | | | | | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 杭支持力 | 施工品質 施工形状 | 所定位置 | 杭設置位置 | 杭心表示杭 | 逃げ心の設置 | 杭心毎 | | | | ±2cm | チェックシート | 計器・目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 施工法別形状 | ロッド形状 | 形状・寸法 | 計測 | 搬入毎 | | | | | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 所定径 | 先端ビット径 | 形状・寸法 | 計測 | 毎朝 | | | | 規定値以上 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | | 掘削ロッド径 | 形状・寸法 | 計測 | 毎朝 | | | | " | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | | 所定掘削長さ | ロッド長さ | 掘削長さ | 計測 | 搬入毎 | | | | " | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | |
| | 掘削状況 | 孔の鉛直度 | ロッドの鉛直性 | ロッドの傾斜 | 下げ振り(傾斜計) | 全数 | | | | | チェックシート | 計器・目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 孔壁保護 | 掘削速度 | 掘削速度 | 時計(m当たり) | 全数 | | | | 規定値以内 | チェックシート | 計器・目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 排土・泥状態 | | 排土色調 | 目視 | 全数 | | | | | | 目視 | 手動 | B | | | | |
| | 打込状況 | 杭種 | 杭継ぎ順序 | 上中下杭種 | 目視 | 全数 | | | | | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | リーダの鉛直度 | リーダの鉛直性 | リーダの傾斜 | 下げ振り(傾斜計) | 全数 | | | | 1/200 | チェックシート | 計器・目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 杭の鉛直度 | 杭の鉛直性 | 杭の傾斜 | 下げ振り(トランソット) | 全数 | | | | 1/100 | チェックシート | 計器・目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 杭体の健全度 | | 総打撃回数 | カウント | 全数 | | | | J I S | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | | | |
| | | 杭体の健全度 | 杭頭保護 | クッション | 目視 | 全数 | | | | | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 杭体の健全度 | | ハワ・キャップ・杭軸線 | 目視 | 全数 | | | | | | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 水平位置 | 設置位置 | 逃げ心からの距離 | 計測 | 全数 | | | | ±10cm | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | 掘削液 | 規定配合 | | 比重 | 比重計 | 全数 | | | | | 写真 | 計器 | 手動 | B | | | | |
| | | 注入量 | | セメント量 | 使用量 | 全数 | | | | 規定量以上 | チェックシート | 計器 | 手動 | B | | | | |
| | 打止め | 支持力の確認 | | 貫入量、リフト量 | 測定・目視 | 全数 | | | | 規定値以内 | 記録紙 | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 支持力の確認 | | ハワ重量・落下高さ | 測定・目視 | 全数 | | | | | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 杭体破損防止 | | 総打撃回数 | カウント | 全数 | | | | J I S | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | | | |
| | 杭接続 | 継手強度 | 接続状況 | 仕様 | 接続条件の確認 | 全数 | | | | | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | | | | 資格者の確認 | 全数 | | | | | チェックシート | 目視 | 手動 | B | | | | |
| | その他 | 施工品質 支持力 | 杭の健全度 | | 施工前後の健全性 | I T 試験 | 抜粋 | | | | | 記録紙 | 計器 | 自動 | B | | | |
| | | | 支持力の確認 | | | 載荷試験 | 抜粋 | | | | | 報告書 | 計器 | 自動 | B | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

重要性

A : 必ず実施
B : 必要に応じて実施

管理分担

: 承認者
: 担当者

表-5.2.6 既製コンクリート杭の要求品質と品質管理方法(プレボーリング根固め)

| 区分 | 管理目的 | 要求品質 | 管理対象 | 管理項目 | 管理方法 | | 方法の信頼度 | | | 管理値 | 記録方法 | 計器・目視 | 自動 手動 | 必要性 | 管理分担 | | | |
|------|-------------|---------|----------|----------|-----------|----------|--------|---|-------------|------------|---------|---------|----------|-----|------|-----|-----|--|
| | | | | | 手法 | 頻度 | 高 | 中 | 低 | 管理規格 | | | | | 監理者 | 管理者 | 施工者 | |
| 杭 | 杭の品質 | J I S規格 | 仕様 | 形状・寸法・傷 | 伝票確認 | 搬入毎 | | | | J I S | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 先端形状 | 仕様 | 形状・寸法 | 目視 | 搬入毎 | | | | 設計目視による | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | | |
| 副材料 | 施工品質 | 規定仕様 | 種類 | J I S規格 | 目視・伝票 | 搬入毎 | | | | J I S | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 使用量 | | 日毎使用量 | 袋数・サイロ記録 | 搬入毎 | | | | | 記録紙 | 計器・目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 防湿・防風化 | 保管法規定 | 使用時確認 | 指示・目視 | 搬入毎 | | | | | | | 目視 | 手動 | A | | | |
| 副機材 | 施工品質 | J I S規格 | 先端ビット径 | 形状・寸法 | 計測 | 毎朝 | | | | J I S | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | | アースオーガ径 | 形状・寸法 | 計測 | 毎朝 | | | | " | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| 杭支持力 | 施工品質 | 所定位置 | 杭設置位置 | 杭心表示杭 | 逃げ心の設置 | 杭心毎 | | | | ±2cm | チェックシート | 計器・目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 施工形状 | 所定掘削長 | アースオーガ長 | 掘削長さ | 計測 | 搬入毎 | | | | " | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | | | ビット長 | 掘削長さ | 計測 | 搬入毎 | | | | " | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | |
| | 掘削状況 | 孔の鉛直度 | 掘削ジグの鉛直性 | 掘削ジグの傾斜 | 下げ振り(傾斜計) | 全数 | | | | | | チェックシート | 計器・目視 | 手動 | A | | | |
| | | 掘削抵抗の把握 | 掘削抵抗・土質 | | 電流計 | 全数 | | | | | | 記録紙 | 計器 | 自動 | B | | | |
| | | 孔壁保護 | 掘削速度 | 掘削速度 | 時計(m当たり) | 全数 | | | | 規定値以内 | | チェックシート | 計器・目視 | 手動 | A | | | |
| | | | 掘削液(安定液) | 必要濃度 | 目視 | 全数 | | | | | | | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | | 排土・泥状態 | 土質柱状図 | 排土色調 | 目視 | 全数 | | | | | | 目視 | 手動 | B | | | |
| | | | 支持層掘削長 | 推定支持層深度 | 電流値の変化 | レベル確認 | 全数 | | | | | | 計器 | 手動 | A | | | |
| | | | 最終掘削深度 | 杭先端深度 | 予定深度 | 電流計レベル確認 | 全数 | | | | ±10cm | | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | |
| | 根固め液 | 規定配合 | 水セメント比 | 調合 | 配合表 | 全数 | | | | 70%以下 | | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | | |
| | | 注入量 | | セメント・水量 | 使用量 | 全数 | | | | 規定量以上 | | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | | |
| | | 強度 | ブラント採取 | 規定圧縮強度 | | 規定数 | | | | 20N/mm2以上 | | 写真 | 計器 | 自動 | A | | | |
| | 杭周固定液 | 地盤適合配合 | | 調合 | 配合表 | 全数 | | | | | | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | | |
| | | 注入量 | | セメント・水量 | 使用量 | 全数 | | | | 必要量 | | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | | |
| | | 強度 | オーバーフロー液 | 規定圧縮強度 | | 規定数 | | | | 0.5N/mm2以上 | | 写真 | 計器 | 自動 | A | | | |
| | 杭挿入 | 杭種 | 杭継ぎ順序 | 上中下杭種 | 目視 | 全数 | | | | | | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | 水平位置 | 挿入位置 | 逃げ心からの距離 | 計測 | 全数 | | | | ±5cm | | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | 杭の傾斜 | 挿入の鉛直性 | 傾斜 | 下げ振り | 全数 | | | | 1/200 | | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | | |
| | 杭接続 | 継手強度 | 接続状況 | 仕様 | 接続条件の確認 | 全数 | | | | | | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | | | | 資格者の確認 | 全数 | | | | | | チェックシート | 目視 | 手動 | B | | | |
| | 杭定着 | 所定位置 | 杭頭位置 | 最終設置 | モンケン打撃数 | 全数 | | | | | | チェックシート | 目視 | 手動 | B | | | |
| | | | | 高止まり量 | 計測 | 全数 | | | | +50cm以下 | | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | | |
| | | | 杭頭水平・傾斜 | 計測 | 全数 | | | | ±10cm・1/100 | | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | | | |
| その他 | 施工品質 支持力 | 杭の健全度 | | 施工前後の健全性 | I T試験 | 抜粋 | | | | | 記録紙 | 計器 | 自動 | B | | | | |
| | | 支持力の確認 | | | 載荷試験 | 抜粋 | | | | | 報告書 | 計器 | 自動 | B | | | | |

重要性 A: 必ず実施
B: 必要に応じて実施

管理分担 : 承認者
: 担当者

表 - 5 . 2 . 7 既製コンクリート杭の要求品質と品質管理方法(プレボーリング拡大根固め)

| 区分 | 管理目的 | 要求品質 | 管理対象 | 管理項目 | 管理方法 | | 方法の信頼度 | | | 管理値 管理規格 | 記録方法 | 計器・目視 | 自動 手動 | 必要性 | 管理分担 | | | |
|------|--------------|---------|---------|----------|-----------|-----|--------|---|---|-------------|---------|-------|----------|-----|------|-----|-----|--|
| | | | | | 手法 | 頻度 | 高 | 中 | 低 | | | | | | 監理者 | 管理者 | 施工者 | |
| 杭 | 杭の品質 | JIS規格 | 仕様 | 形状・寸法・傷 | 伝票確認 | 搬入毎 | | | | JIS | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 先端形状 | 仕様 | 形状・寸法 | 目視 | 搬入毎 | | | | 設計目視による | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | | |
| 副材料 | 施工品質 | 規定仕様 | 種類 | JIS規格 | 目視・伝票 | 搬入毎 | | | | JIS | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 使用量 | | 日毎使用量 | 袋数・サイロ記録 | 搬入毎 | | | | | 記録紙 | 計器・目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 防湿・防風化 | 保管法規定 | 使用時確認 | 指示・目視 | 搬入毎 | | | | | | 目視 | 手動 | A | | | | |
| 杭支持力 | 施工品質 施工形状 | 所定位置 | 杭設置位置 | 杭芯表示杭 | 逃げ心の設置 | 杭芯毎 | | | | ±2cm | チェックシート | 計器・目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 施工法別形状 | ロッド形状 | 形状・寸法 | 計測 | 搬入毎 | | | | | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 所定径 | 先端ビット径 | 形状・寸法 | 計測 | 毎朝 | | | | 規定値以上 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | | 掘削ロッド径 | 形状・寸法 | 計測 | 毎朝 | | | | " | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 所定掘削長 | ロッド長さ | 掘削長さ | 計測 | 搬入毎 | | | | " | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | 掘削状況 | 孔の鉛直度 | ロッドの鉛直性 | ロッドの傾斜 | 下げ振り(傾斜計) | 全数 | | | | | チェックシート | 計器・目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 掘削抵抗の把握 | 掘削抵抗・土質 | | 電流計 | 全数 | | | | | 記録紙 | 計器 | 自動 | B | | | | |
| | | 孔壁保護 | 掘削速度 | 掘削速度 | 時計(m当たり) | 全数 | | | | 規定値以内 | チェックシート | 計器・目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 排土・泥状態 | 排土色調 | | 目視 | 全数 | | | | | | 目視 | 手動 | B | | | | |
| | | 支持層掘削長 | 推定支持層深度 | 電流値の変化 | レベル確認 | 全数 | | | | | | | 計器 | 手動 | A | | | |
| | | 掘削深度 | 杭先端深度 | 予定深度 | 電流計レベル確認 | 全数 | | | | ±10cm | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 拡大掘削 | 径・長さ | 拡大ビット | 形状・寸法 | 計測 | 毎朝 | | | | 規定値以上 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 拡大掘削 | 掘削抵抗の把握 | 電流値の変化 | 電流計 | 全数 | | | | | 記録紙 | 計器 | 自動 | A | | | | |
| | | 拡大掘削長 | | 掘削長 | レベル | 全数 | | | | 規定値以上 | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | | | |
| | 先端根固め | 規定配合 | | 比重 | 比重計 | 全数 | | | | 1.6以上 | 写真 | 計器 | 手動 | A | | | | |
| | | 注入量 | | セメント量 | 使用量 | 全数 | | | | 規定量以上 | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | | | |
| | | 強度 | プラント採取 | 規定圧縮強度 | | 規定数 | | | | 19.6N/mm2以上 | 写真 | 計器 | 自動 | A | | | | |
| | 杭周固定 | 規定配合 | | 比重 | 比重計 | 全数 | | | | | 写真 | 計器 | 手動 | A | | | | |
| | | 注入量 | | セメント量 | 使用量 | 全数 | | | | 規定量以上 | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | | | |
| | | 強度 | | 規定圧縮強度 | | 規定数 | | | | 0.5N/mm2以上 | 写真 | 計器 | 自動 | A | | | | |
| | 杭挿入 | 杭種 | 杭縫ぎ順序 | 上中下杭種 | 目視 | 全数 | | | | | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 水平位置 | 挿入位置 | 逃げ芯からの距離 | 計測 | 全数 | | | | ±5cm | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 杭の傾斜 | 挿入の鉛直性 | 傾斜 | 下げ振り | 全数 | | | | 1/200 | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | | | |
| | 杭接続 | 継手強度 | 接続状況 | 仕様 | 接続条件の確認 | 全数 | | | | | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | | | | 資格者の確認 | 全数 | | | | | チェックシート | 目視 | 手動 | B | | | | |
| | 杭定着 | 所定位置 | 杭頭位置 | 杭頭水平・傾斜 | 計測 | 全数 | | | | ±10cm・1/100 | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| その他 | 施工品質 支持力 | 杭の健全度 | | 施工前後の健全性 | IT試験 | 抜粋 | | | | | 記録紙 | 計器 | 自動 | B | | | | |
| | | 支持力の確認 | | | 載荷試験 | 抜粋 | | | | | 報告書 | 計器 | 自動 | B | | | | |

重要性

A : 必ず実施
B : 必要に応じて実施

管理分担

: 承認者
: 担当者

表 - 5 . 2 . 8 既製コンクリート杭の要求品質と品質管理方法 (中掘り拡大根固め工法)

| 区分 | 管理目的 | 要求品質 | 管理対象 | 管理項目 | 管理方法 | | 方法の信頼度 | | | 管理値 管理規格 | 記録方法 | 計器・目視 | 自動 手動 | 必要性 | 管理分担 | | | |
|------|--------------|---------|---------|----------|-----------|-----|--------|---|-------------|-------------|---------|-------|----------|-----|------|-----|-----|--|
| | | | | | 手法 | 頻度 | 高 | 中 | 低 | | | | | | 監理者 | 管理者 | 施工者 | |
| 杭 | 杭の品質 | J I S規格 | 仕様 | 形状・寸法・傷 | 伝票確認 | 搬入毎 | | | | J I S | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 先端形状 | 仕様 | 形状・寸法 | 目視 | 搬入毎 | | | | 設計目視による | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | | |
| 副材料 | 施工品質 | 規定仕様 | 種類 | J I S規格 | 目視・伝票 | 搬入毎 | | | | J I S | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 使用量 | | 日毎使用量 | 袋数・サイロ記録 | 搬入毎 | | | | | 記録紙 | 計器・目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 防湿・防風化 | 保管法規定 | 使用時確認 | 指示・目視 | 搬入毎 | | | | | | 目視 | 手動 | A | | | | |
| 杭支持力 | 施工品質 施工形状 | 所定位置 | 杭設置位置 | 杭心表示杭 | 逃げ心の設置 | 杭心毎 | | | | ±2cm | チェックシート | 計器・目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 掘削装置形状 | オーガー形状 | 使用時確認 | 目視 | 毎朝 | | ○ | | 著しい変形 | 写真 | 目視 | | A | | | | |
| | | 所定径 | 先端ビット径 | 形状・寸法 | 計測 | 毎朝 | | | | 規定値以上 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | | オーガー径 | 形状・寸法 | 計測 | 搬入毎 | | | | " | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | 所定設置深さ | オーガー長さ | 掘削長さ | 計測 | 搬入毎 | | | | " | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | | | |
| | 杭接続 | 杭種 | 杭継ぎ順序 | 上中下杭種 | 目視 | 全数 | | | | | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | 杭沈設状況 | 杭の鉛直度 | 杭建込み鉛直性 | 杭の傾斜 | 下げ振り(傾斜計) | 全数 | | | | 1/200 | チェックシート | 計器・目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 水平位置 | 杭設置位置 | 逃げ心からの距離 | 計測 | 全数 | | | | ±5cm | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 掘削抵抗の把握 | 掘削抵抗・土質 | | 電流計 | 全数 | | | | | 記録紙 | 計器 | 自動 | A | | | | |
| | | 杭の沈設速度 | 掘削速度 | 掘削速度 | 時計(m当たり) | 全数 | | | | 規定値以内 | チェックシート | 計器・目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 排土状態 | 杭損傷防止 | 排土の難易性 | 目視 | 全数 | | | | | | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 支持層挿入長 | 推定支持層深度 | 電流値の変化 | 電流計 | 全数 | | | | | | 計器 | 手動 | A | | | | |
| | | 塵杭の沈設深さ | 杭の設置深度 | 先端からの距離 | レベル確認 | 全数 | | | | | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | | | |
| | | 杭の設置深度 | 杭先端深度 | 予定深度 | レベル確認 | 全数 | | | | ±10cm | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | | | |
| | 拡大掘削 の場合 | 径・長さ | 拡大ビット | 形状・寸法 | 計測 | 毎朝 | | | | 規定値以上 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 拡大掘削 | 掘削抵抗の把握 | 電流値の変化 | 電流計 | 全数 | | | | | 記録紙 | 計器 | 自動 | A | | | | |
| | | 拡大掘削長 | | 掘削長 | レベル | 全数 | | | | 規定値以上 | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | | | |
| | 高圧噴射 の場合 | 噴射圧力 | ポンプ圧力計 | 圧力 | 目視・記録 | 全数 | | | | 18MP a以上 | 写真 | 計器 | 手動 | A | | | | |
| | | 注入量 | | 注入量 | 使用量・記録 | 全数 | | | | 規定値以上 | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | | | |
| | | 所要時間 | | 噴射時間 | 計測・記録 | 全数 | | | | 規定値以上 | チェックシート | 計器 | 自動 | A | | | | |
| | 先端根固め | 規定配合 | | 比重 | 比重計 | 全数 | | | | 1.6以上 | 写真 | 計器 | 手動 | A | | | | |
| 注入量 | | | セメント量 | 使用量 | 全数 | | | | 規定量以上 | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | | | | |
| 強度 | | プラント採取 | 規定圧縮強度 | 計測 | 規定数 | | | | 19.6N/mm2以上 | 写真 | 計器 | 自動 | A | | | | | |
| 杭接続 | 継手強度 | 接続状況 | 仕様 | 接続条件の確認 | 全数 | | | | | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | | | |
| | | | | 資格者の確認 | 全数 | | | | | チェックシート | 目視 | 手動 | B | | | | | |
| 杭定着 | 所定位置 | 杭頭位置 | 杭頭水平・傾斜 | 計測 | 全数 | | | | ±10cm・1/100 | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | | | | |
| その他 | 施工品質 支持力 | 杭の健全度 | | 施工前後の健全性 | I T試験 | 抜粋 | | | | 記録紙 | 計器 | 自動 | B | | | | | |
| | | 支持力の確認 | | | 載荷試験 | 抜粋 | | | | 設計値以上 | 報告書 | 計器 | 自動 | B | | | | |

重要性 A : 必ず実施
B : 必要に応じて実施

管理分担 : 承認者
: 担当者

表 - 5 . 2 . 9 既製コンクリート杭の要求品質と品質管理方法(摩擦杭)

| 区分 | 管理目的 | 要求品質 | 管理対象 | 管理項目 | 管理方法 | | 方法の信頼度 | | | 管理値 管理規格 | 記録方法 | 計器・目視 | 自動 手動 | 必要性 | 管理分担 | | | |
|------|--------------|---------|---------|----------|-------------|-----|--------|---|-------------|-------------|------------|-------------|----------|-----|------|-----|-----|---|
| | | | | | 手法 | 頻度 | 高 | 中 | 低 | | | | | | 監理者 | 管理者 | 施工者 | |
| 杭 | 杭の品質 | 設計規格 | 仕様 | 形状・寸法・傷 | 伝票確認 | 搬入毎 | | | | 評価・評定による | 写真・チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 先端形状 | 仕様 | 形状・寸法 | 目視 | 搬入毎 | | | | 設計目視による | 写真・チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| 副材料 | 施工品質 | 規定仕様 | 種類 | 規格・種類 | 目視・伝票 | 搬入毎 | | | | 評価・評定による | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 使用量 | | 日毎使用量 | 袋数・サイロ記録 | 搬入毎 | | | | | 伝票・記録紙 | 計器・目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 防湿・防風化 | 保管法規定 | 使用時確認 | 指示・目視 | 搬入毎 | | | | | | 目視 | 手動 | A | | | | |
| 杭支持力 | 施工品質 施工形状 | 所定位置 | 杭設置位置 | 杭心表示杭 | 逃げ心の設置 | 全数 | | | | ±2cm | チェックシート | 計器・目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 施工法別形状 | ロッド形状 | 形状・寸法 | 計測 | 搬入毎 | | | | | 写真・チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 所定径 | 先端ビット径 | 形状・寸法 | 計測 | 搬入毎 | | | | 規定値以上 | 写真・チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | | 掘削ロッド径 | 形状・寸法 | 計測 | 搬入毎 | | | | " | 写真・チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 所定掘削長 | ロッド長さ | 掘削長さ | 計測 | 搬入毎 | | | | " | 写真・チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | 掘削状況 | 孔の鉛直度 | ロッドの鉛直性 | ロッドの傾斜 | 下げ振り(傾斜計) | 全数 | | | | | | チェックシート | 計器・目視 | 手動 | A | | | |
| | | 掘削抵抗の把握 | 掘削抵抗・土質 | | 電流計 油圧計 | 全数 | | | | | | 記録紙・チェックシート | 計器 | 自動 | B | | | |
| | | 孔壁保護 | 掘削速度 | 掘削速度 | 時計(m当たり) | 全数 | | | | 規定値以内 | | チェックシート | 計器・目視 | 手動 | A | | | |
| | | 排土・泥状態 | | 排土色調 | 目視 | 全数 | | | | | | | 目視 | 手動 | B | | | |
| | | 支持層掘削長 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | 掘削深度 | 杭先端深度 | 予定深度 | 電流計・油圧計・レベル | 全数 | | | | ±10cm | | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | | |
| | 拡大掘削 | 径・長さ | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | 拡大掘削 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | | 拡大掘削長 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 先端根固め | 規定配合 | | 比重 | 比重計 | 規定数 | | | | 認定・評定による | | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | | |
| | | 注入量 | | セメント量 | 使用量 | 全数 | | | | 規定量以上 | | チェックシート | 計器・目視 | 手動 | A | | | |
| | | 強度 | ブラント採取 | 規定圧縮強度 | | 規定数 | | | | 認定・評定による | | 試験報告書 | 計器 | 自動 | A | | | |
| | 杭周固定 | 規定配合 | | 比重 | 比重計 | 規定数 | | | | 認定・評定による | | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | | |
| | | 注入量 | | セメント量 | 使用量 | 全数 | | | | 規定量以上 | | チェックシート | 計器・目視 | 手動 | A | | | |
| | | 強度 | | 規定圧縮強度 | | 規定数 | | | | 認定・評定による | | 試験報告書 | 計器 | 自動 | A | | | |
| | 杭挿入 | 杭種 | 杭継ぎ順序 | 上中下杭種 | 目視 | 全数 | | | | | | 写真・チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | 水平位置 | 挿入位置 | 逃げ心からの距離 | 計測 | 全数 | | | | ±5cm | | 写真・チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | 杭の傾斜 | 挿入の鉛直性 | 傾斜 | 下げ振り | 全数 | | | | 1/200 | | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | | |
| | 杭接続 | 継手強度 | 接続状況 | 仕様 | 接続条件の確認 | 全数 | | | | | | 写真・チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | | | 資格者の確認 | 全数 | | | | | | チェックシート | 目視 | 手動 | B | | | | |
| 杭定着 | 所定位置 | 杭頭位置 | 杭頭水平・傾斜 | 計測 | 全数 | | | | ±10cm・1/100 | | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| その他 | 施工品質 | 杭の健全度 | | 施工前後の健全性 | I T 試験 | 抜粋 | | | | | 記録紙 | 計器 | 自動 | B | | | | |
| | 支持力 | 支持力の確認 | | | 載荷試験 | 抜粋 | | | | | 報告書 | 計器 | 自動 | B | | | | |

重要性 A：必ず実施
B：必要に応じて実施

管理分担 :承認者 A：必ず実施
:担当者 B：必要に応じて実施

(3) 鋼管杭

- (1) 鋼管杭に要求される設置位置、寸法、形状が確保できるよう、杭芯、杭径、杭長、鉛直精度などに関して、管理対象、管理項目、管理方法などを適切に設定する。
- (2) 杭体に要求される品質が確保できるよう、鋼管などの使用材料と施工方法に関して、管理対象、管理項目、管理方法などを適切に設定する。
- (3) 鋼管杭に要求される地盤支持力が確保できるよう、周面摩擦力や先端支持力に関連する管理対象、管理項目、管理方法などを適切に設定する。
- (4) 管理結果は、管理者、管理方法、管理値などとの関係がわかるよう適切に記録し保存する。

【解説】

1. 鋼管杭基礎の品質管理の基本的考え方

(1) 工法の特徴

鋼管杭基礎とは、一般に円形の鋼管を打撃、中掘り、回転圧入等により地盤に設置して支持力を発現する工法である。鋼管杭は、材質の均一性が高いこと、部材の耐力（曲げ・引張・せん断強度）の信頼性が高く変形性能に優れていること、大径長尺杭施工が可能であることなどの特長から、主に軟弱地盤あるいは液状化地盤における建築物基礎として利用されることが多い。

(2) 品質管理の流れ

鋼管杭の品質管理は、製造工場で行われる杭形状・寸法・杭材質に関する品質管理と 施工現場で実施される施工に関する品質管理とに大別される。杭としての機能を発揮させるためにはいずれも重要であり、管理対象、管理項目、管理方法などは適切に設定する必要がある。

(3) 主な品質管理項目について

鋼管杭の品質管理に関する主な項目についてまとめると以下のとおりである。

）杭形状・寸法・材質の管理

鋼管杭の工場における製品検査は、ダイヤメータテープ、マイクロメータ、鋼製巻尺ならびに一部限界ゲージ等を用いて、全数について合否判定を行い確認し記録される。その検査結果は、一般に寸法検査成績表に10本に1本の割合で外径、厚さ、長さについて実測値を記載され、その他についてはGood表示で記載される（参考文献5.2.31）。現在では、製造技術の進歩により製品の品質が安定しており、横曲がり、平面度、直角度、真円度についても高い精度で品質管理がなされている。

）施工時の品質管理

施工時における主な品質管理項目として、次の点が挙げられる。

杭の平面位置および鉛直性の管理

上部構造の荷重を確実に支持するため、所定位置へ杭心の設置や杭の鉛直性確保などが重要な管理項目として挙げられる。

掘削施工の管理

中掘り工法など埋込杭の施工では、所定通りに掘削沈設作業および根固め球根築造を行うため、掘削沈設速度や掘削時の電流抵抗値、根固め球根築造におけるセメントミルクの噴射量、噴射圧、攪拌時間等の管理項目がある。

貫入抵抗・施工時作用力の管理

打込み杭、回転貫入杭では、施工の際に杭体へ比較的大きな打撃力あるいは回転トルクを与えるため、施工時に杭体を損傷することがないように、逐次杭の貫入状況に異常がないことを確認するとともに、杭体および施工重機に応じた適切な作用力のもとで施工を行う必要がある。

現場継手溶接部の品質管理

現場で溶接により継ぎ杭を行う場合は、溶接部の品質を確保するため、天候、気温などの施工環境の確認をはじめ、施工工程の管理、溶接部の仕上がり状況の管理などを行う。

地盤支持力の管理

鋼管杭は一般に支持杭として用いられる場合が多いが、この場合、支持層への根入れを設計で想定したレベルまで確実にを行うとともに、先端支持力が確実に得られるよう、打ち込み杭の場合は貫入量・リバウンド量等の管理を、また、埋込杭の場合は特に先端根固め部の構築をそれぞれ管理することが重要である。

2. 品質管理項目に対する管理値

(1) 杭形状・寸法に関して

鋼管杭の形状・寸法に関する管理値は、杭体としての機能確保、施工における鉛直性確保、継ぎ杭部における溶接品質の確保などを考慮して定められている。また、鋼管杭では、品質管理上、その最小板厚が、原則として6mm以上かつ杭径の1/100以上とされている(参考文献5.2.32)。これは、杭径板厚比1/100未満では、管端部の扁平防止および真円度確保が保証しにくいこと、施工(現場溶接)時に鋼管を接合しにくいこと、施工時に座屈する恐れがあることなどによる(参考文献5.2.33)。特に、打撃工法では、施工時に杭体に強い衝撃力を与えるため、杭体が損傷しないよう適切な杭仕様を設定するよう注意が必要である。

(2) 杭建て込み

杭の建て込み作業では、杭心位置および杭の鉛直精度の管理が重要となる。一般に杭が設計で想定した支持機能を満足させるため、杭心位置は設計で定めた位置から10cm以内に施工するとともに、鉛直精度は、杭の傾斜が1/100以下に収まるよう管理することが望ましい。このうち、杭の鉛直性については、特に初期の建て込み精度に大きく支配されるため、トランシットなどにより直角2方向から鉛直度管理を確実に行うことが大切である。

(3) 地盤支持力について

打込み杭および回転貫入杭では、施工時における杭の貫入抵抗から土質状況および支持層レベルの把握や支持層への根入れ管理が比較的明確であり、支持力管理に役立てられている。このうち、打ち込み杭の場合は、現場で簡便に支持力を推定する方法として、古くから動的支持力算定式が活用されている。よく用いられる式として、杭打ち込み時におけるエネルギー平衡方程式より導かれたHiley式(参考文献5.2.34)やそれを簡略化した建設省告示式(参考文献5.2.1)その他、波動理論から導かれた通称「道示式」(参考文献5.2.35)などがある。動的支持力算定式は、杭の静的な極限支持力を動的な貫入抵抗や波動理論から求めようとするもので、実際の静的支持力とはかなりば

らつきがあるものの、すべての杭について支持力の確認がリアルタイムに容易かつ低コストに実施できるため、広く一般的に利用されている。また、近年、杭打撃時に発生する加速度とひずみを利用して支持力を推定する載荷試験方法（参考文献 5 . 2 . 36）についても研究・実用化が進められており、適用事例も増えつつある。これらの適用にあたっては、その成り立ちおよび適用性を十分踏まえた上で品質管理に活用されたい。一方、中掘り工法などの埋込杭では、根固め液が十分に固化するまで所定の支持力が発現されないことから、リアルタイムでの支持力管理は困難である。このため、周面摩擦力および先端支持力を確実に発現させるために、掘削沈設時における杭建て込み精度の確保および沈設速度の管理や先端根固め部構築時における根固め液注入量、噴出圧、攪拌時間、圧縮強度などの管理項目がある。これらは各工法毎にそれぞれ定められた管理値があるため、詳細については各工法の施工指針等を参考にされたい。

（４）現場継手溶接部について

鋼管杭どうしの接合は、一般に溶接によって行われる。鋼管杭の現場円周溶接については、近年、溶接継手仕様の統一（参考文献 5 . 2 . 37）や溶接技術の進歩により、しかるべき管理のもとで作業を行えば、現場溶接部が強度低下を起こして問題となることはほとんどなく、平成 10 年の建築基準法の改定では現場円周溶接部の許容応力度の低減は廃止されることとなった（参考文献 5 . 2 . 32）。ただし、溶接の品質は継手部の耐力や杭の支持力に大きく影響を与えることに変わりはなく、現場では原則として溶接施工管理技術者をおくことが義務づけられているなど、その設計および施工管理には十分注意を払う必要がある。なお、現場溶接に関する仕様およびその管理については、参考文献 5 . 2 . 35 などを参考されたい。

なお、表 5 . 2 . 10～表 5 . 2 . 13 に鋼管杭の打込工法、中掘り工法および近年開発された鋼管ソイルセメント杭工法、回転貫入杭工法について品質管理の目安を示す。各工法によってそれぞれの支持力特性および施工特性を踏まえた品質管理規定がある（参考文献 5 . 2 . 38）ため、それらの工法の特性を十分に理解した上で品質管理を行うことが望まれる。

表 - 5 . 2 . 1 0 鋼管杭の要求品質と品質管理方法（打撃工法）

| 区分 | 管理目的 | 要求品質 | 管理対象 | 管理項目 | 管理方法 | | 方法の信頼度 | | | 管理値の目安 (許容値) | 記録方法 | 計器 目視 | 必要 性 | 管理者 | | | | | |
|-------|--------------|----------------|-----------|-----------|----------|-------------------|-------------------------|---------|---|---|---------------------|-------------|---------|-------|-----|-----|----|--|--|
| | | | | | 手法 | 頻度 | 高 | 中 | 低 | | | | | 監理者 | 管理者 | 施工者 | | | |
| 形状・寸法 | 設計形状寸法 確保 | 設計値 | 杭径 D | 形状・寸法 | ダイヤメータ等 | 10本又は | | | | ±0.5% | 試験成績書 | 計器 | A | | | | | | |
| | | | 板厚 t | 寸法 | マイクロメータ | その端数 ごとに 1本 | | | | t<16mm D<500mm + 0、-0.6mm 500 D<800m + 0、-0.7mm 800 D<2000m + 0、-0.8mm t 16mm D<800mm + 0、-0.8mm 800 D<2000m + 0、-1.0mm | | | | 試験成績書 | 計器 | A | | | |
| | | | 長さ L | 寸法 | 検尺テープ等 | | | | +規定せず、-0 | 試験成績書 | | | | | | | 計器 | | |
| | | 規定値以内 溶接性確保 | 曲がり M | 形状・寸法 | 計測装置 | | | | 長さの0.1%以下 | 可否表示 | 計器 | A | | | | | | | |
| | | 溶接部端面 | 形状・寸法 | 計測装置 | | | | | 平面度 2mm以下 直角度 外径の0.5%以下、ただし4mm以下 真円度 1.0%以下 | 可否表示 可否表示 可否表示 | 計器 計器 計器 | A A A | | | | | | | |
| 杭体品質 | 設計強度確保 | 設計強度 | 化学成分 | 化学成分 | 計測装置 | 採取 | | | | 機械的強度を安定して得るための化学成分が 適量添加されていること | 試験成績書 | 計器 | A | | | | | | |
| | | | 機械的性質 | 鋼材耐力 | 引張試験 | 採取 | | | | 設計降伏耐力、引張耐力以上 | 試験成績書 | 計器 | A | | | | | | |
| | | | 工場円周溶接部 | 溶接部 | 放射線透過試験 | 10箇所ご とに1箇所 | | | | 試験で定める判定規定を満足すること | 写真撮影 | 計器 | A | | | | | | |
| 位置・寸法 | 位置の確保 | 所定位置 | 杭心 | 杭心位置 | 検尺テープなど | 全数 | | | | 10cm以内 | チェックシート | 目視 | A | | | | | | |
| | | | 傾斜 | 杭の鉛直度 | トランジットなど | 全数 | | | | 1/100以下 | チェックシート | 目視 | A | | | | | | |
| | | | 所定位置 | 杭天端 | 杭天端位置 | 検尺テープなど | 全数 | | | | 設計天端位置 | チェックシート | 目視 | A | | | | | |
| 杭体品質 | 設計強度確保 | 杭の健全性 | 打撃エネルギー | ハンマ重量・落下高 | 確認 | 全数 | | | | 杭体発生応力度が許容値以下であること | チェックシート | 目視 | A | | | | | | |
| | | | 杭頭部形状 | 変形の有無 | 目視 | 全数 | | | | 座屈 変形等なく健全であること | チェックシート | 目視 | A | | | | | | |
| | | | 現場継手溶接 | 天候 | - | 確認 | - | | | | 降雨 降雪時の作業は避けるか対策をとる | チェックシート | 目視 | A | | | | | |
| | 設計強度確保 | 設計強度 | 気温 | - | 計測 | - | | | | 0 以下では中止するか十分な予熱を確保 | チェックシート | 計器 | A | | | | | | |
| | | | 建込時形状 | 形状 | 計測 | 全数 | | | | ル-ト間隔 = 1 ~ 4mm、開先角度45°以上 | チェックシート | 目視 | A | | | | | | |
| | | | 電流電圧 | 電流・電圧 | 計測装置 | 全数 | | | | 適切な電流、電圧を確保する | チェックシート | 計器 | A | | | | | | |
| | | | 溶接速度 | 溶接速度 | 計測装置 | 全数 | | | | 適切な溶接速度を確保する | チェックシート | 計器 | A | | | | | | |
| | | | 溶接部 | 溶接層数 | 計測 | 全数 | | | | 適切な層数を確保する | チェックシート | 目視 | A | | | | | | |
| | | | ビード表面波凹凸 | 外観検査 | 全数 | | | | | 2mm以下 | チェックシート | 目視 | A | | | | | | |
| | | | アンダーカット深さ | 外観検査 | 全数 | | | | | 0.3mm以下 | チェックシート | 目視 | A | | | | | | |
| | | | 余盛高さ | 外観検査 | 全数 | | | | | 4mm以下 | チェックシート | 目視 | A | | | | | | |
| 溶接内部 | 内部検査 | 採取 | | | | | 各試験で定める判定規定を満足すること | チェックシート | 計器 | B | | | | | | | | | |
| 養生 | 温度・時間 | 計測 | 全数 | | | | 200 ~ 250 以下（溶接完了後1分前後） | チェックシート | 目視 | A | | | | | | | | | |
| 支持力 | 支持力確保 | 設計支持力 | 支持層 | 支持層位置 | 杭貫入量確認 | 全数 | | | | 想定地盤と同等 | チェックシート | 計器 | A | | | | | | |
| | | | 支持層根入れ | 根入れ長 | 杭貫入量確認 | 全数 | | | | 設計根入れ長 | チェックシート | 計器 | A | | | | | | |
| | | | 支持力 | 貫入量、ハウンド量 | 測定・目視 | 全数 | | | | 設計支持力以上 | チェックシート | 計器 | A | | | | | | |
| | | | 実支持力 | ハンマ重量・落下高 | 算定式等 | | | | | 設計支持力以上 | 記録紙 | 計器 | B | | | | | | |

表 - 5 . 2 . 1 1 鋼管杭の要求品質と品質管理方法（中掘工法）

| 区分 | 管理目的 | 要求品質 | 管理対象 | 管理項目 | 管理方法 | | 方法の信頼度 | | | 管理値の目安 (許容値) | 記録方法 | 計器 目視 | 必要 性 | 管理者 | | | | |
|-------|------------------|----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------------------|--------------|-----------------------|---------|---|--|--------------------------------|----------------|-------------|-----|-----|--|--|
| | | | | | 手法 | 頻度 | 高 | 中 | 低 | | | | | 監理者 | 管理者 | 施工者 | | |
| 形状・寸法 | 設計形状寸法 確保 | 設計値 | 杭径 D 板厚 t | 形状・寸法 | ダイヤメーター | 10本又は その端数 ごとに 1本 | | | | ±0.5% | 試験成績書 | 計器 | A | | | | | |
| | | | | 寸法 | マイクロメータ | | | | | t<16mm D<500mm + 0、-0.6mm 500 D<800m + 0、-0.7mm 800 D<2000m + 0、-0.8mm t 16mm D<800mm + 0、-0.8mm 800 D<2000m + 0、-1.0mm | | | | 試験成績書 | 計器 | A | | |
| | | | 長さ L | 寸法 | 検尺テープ等 | | | | | +規定せず、-0 | 試験成績書 | 計器 | A | | | | | |
| | | | 規定値以内 溶接性確保 | 曲がり M 溶接部端面 | 形状・寸法 形状・寸法 | | 計測装置 計測装置 | | | | 長さの0.1%以下 平面度 2mm以下 直角度 外径の0.5%以下、ただし4mm以下 真円度 1.0%以下 | 合否表示 合否表示 合否表示 | 計器 計器 計器 | A A A | | | | |
| 抗体品質 | 設計強度確保 | 設計強度 | 化学成分 | 化学成分 | 計測装置 | 採取 | | | | 機械的強度を安定して得るための化学成分が 適量添加されていること | 試験成績書 | 計器 | A | | | | | |
| | | | 機械的性質 | 鋼材耐力 | 引張試験 | 採取 | | | | | 設計降伏耐力、引張耐力以上 | 試験成績書 | 計器 | A | | | | |
| | | | 工場円周溶接部 | 溶接部 | 放射線透過試験 | 10箇所ご とに1箇所 | | | | | 試験で定める判定規定を満足すること | 写真撮影 | 計器 | A | | | | |
| 位置・寸法 | 位置・寸法 確保 | 所定位置 傾斜 所定掘削 所定位置 | 杭心 | 杭心位置 | 検尺テープなど | 全数 | | | | 10cm以内 | チェックシート | 目視 | A | | | | | |
| | | | 杭の鉛直度 | 杭の傾斜 | トランシットなど | 全数 | | | | 1/100以下 | チェックシート | 目視 | A | | | | | |
| | | | オーガスクロー/ハット | 形状・寸法 | 計測・目視 | 全数 | | | | | 所定の仕様を満足すること | チェックシート | 目視 | A | | | | |
| | | | 杭天端 | 杭天端位置 | 検尺テープなど | 全数 | | | | | 設計天端位置 | チェックシート | 目視 | A | | | | |
| 抗体品質 | 現場継手溶接 設計強度確保 | 設計強度 | 天候 | - | 確認 | - | | | | 降雨・降雪時の作業は避けるか対策をとる | チェックシート | 目視 | A | | | | | |
| | | | 気温 | - | 計測 | - | | | | 0 以下では中止するか十分な予熱を確保 | チェックシート | 計器 | A | | | | | |
| | | | 建込時形状 | 形状 | 計測 | 全数 | | | | | ルト間隔=1~4mm、開先角度45°以上 | チェックシート | 目視 | A | | | | |
| | | | 電流電圧 | 電流・電圧 | 計測装置 | 全数 | | | | | 適切な電流、電圧を確保する | チェックシート | 計器 | A | | | | |
| | | | 溶接速度 | 溶接速度 | 計測装置 | 全数 | | | | | 適切な溶接速度を確保する | チェックシート | 計器 | A | | | | |
| | | | 溶接部 | 溶接層数 | 計測 | 全数 | | | | | | 適切な層数を確保する | チェックシート | 目視 | A | | | |
| | | | | ビード表面波凹凸 | 外観検査 | 全数 | | | | | | 2mm以下 | チェックシート | 目視 | A | | | |
| | | | | アングーカット深さ | 外観検査 | 全数 | | | | | | 0.3mm以下 | チェックシート | 目視 | A | | | |
| | | | 余盛高さ | 外観検査 | 全数 | | | | | | 4mm以下 | チェックシート | 目視 | A | | | | |
| | | | 溶接内部 | 内部検査 | 採取 | | | | | | 各試験で定める判定規定を満足すること | チェックシート | 計器 | B | | | | |
| 養生 | 温度・時間 | 計測 | 全数 | | | | | 200~250 以下（溶接完了後1分前後） | チェックシート | 目視 | A | | | | | | | |
| 支持力 | 支持力確保 | 設計支持力 | 杭沈設速度 | 掘削速度 | 計測 | 全数 | | | | 規定値以内 | チェックシート | 計器 | A | | | | | |
| | | | 支持層 | 支持層位置 | 電流値 | 全数 | | | | | 想定地盤と同等 | チェックシート | 計器 | A | | | | |
| | | | 支持層根入れ | 根入れ長 | レベル確認 | 全数 | | | | | 設計根入れ長 | チェックシート | 計器 | A | | | | |
| | | | 引上げ速度 | スクロー引上げ速度 | 計測 | 全数 | | | | | 各工法で定める所定の引上げ速度以下 | チェックシート | 計器 | A | | | | |
| | | | 根固め液 | 注入量 | 計測装置 | 全数 | | | | | | 各工法で定める所定量 | チェックシート | 計器 | A | | | |
| | | | | 噴出圧 | 計測装置 | 全数 | | | | | | 各工法で定める所定値 | チェックシート | 計器 | A | | | |
| | | | | 均一性 | 攪拌時間 | 全数 | | | | | | 各工法で定める所定時間 | チェックシート | 計器 | A | | | |
| | | | | 圧縮強度 | 圧縮試験 | 採取 | | | | | | 所定の圧縮強度、20N/mm ² 以上 | チェックシート | 計器 | A | | | |
| | | | 配合 | 配合量測定 | 採取 | | | | | | 所定の配合量、W/C=60~70% | チェックシート | 計器 | A | | | | |
| | | | 支持力 | 実支持力 | 載荷試験 | 随時 | | | | | 設計支持力以上 | 記録紙 | 計器 | B | | | | |

必要性 A：必ず実施、 B：必要に応じて実施 管理分担：承認者、担当者

表 - 5 . 2 . 1 2 鋼管杭の要求品質と品質管理方法（鋼管ソイルセメント杭工法）

| 区分 | 管理目的 | 要求品質 | 管理対象 | 管理項目 | 管理方法 | | 方法の信頼度 | | | 管理値の目安 (許容値) | 記録方法 | 計器 目視 | 必要 性 | 管理者 | | | | |
|-------|------------------|----------------------------|--------------|------------|----------|----------------------------|--------|-----------------------|---|-------------------------------------|-------------------|-------------|---------|-----|-----|-----|--|--|
| | | | | | 手法 | 頻度 | 高 | 中 | 低 | | | | | 監理者 | 管理者 | 施工者 | | |
| 形状・寸法 | 設計形状寸法 確保 | 設計値 | 杭径 D | 形状・寸法 | ダイヤメーター | 10本又は その端数 ごとに 1本 | | | | ±0.5% | 試験成績書 | 計器 | A | | | | | |
| | | | 板厚 t | 寸法 | マイクロメータ | | | | t<16mm D<500mm + 0、-0.6mm 500 D<800m + 0、-0.7mm 800 D<2000m + 0、-0.8mm t 16mm D<800mm + 0、-0.8mm 800 D<2000m + 0、-1.0mm | 試験成績書 | 計器 | A | | | | | | |
| | | | 長さ L | 寸法 | 検尺テープ等 | | | | +規定せず、-0 | 試験成績書 | 計器 | A | | | | | | |
| | | 規定値以内 | 曲がり M | 形状・寸法 | 計測装置 | | | | 長さの0.1%以下 | 合否表示 | 計器 | A | | | | | | |
| | | 溶接性確保 | 溶接部端面 | 形状・寸法 | 計測装置 | | | | 平面度 2mm以下 直角度 外径の0.5%以下、ただし4mm以下 真円度 1.0%以下 | 合否表示 合否表示 合否表示 | 計器 計器 計器 | A A A | | | | | | |
| 抗体品質 | 設計強度確保 | 設計強度 | 化学成分 | 化学成分 | 計測装置 | 採取 | | | | 機械的強度を安定して得るための化学成分が 適量添加されていること | 試験成績書 | 計器 | A | | | | | |
| | | | 機械的性質 | 鋼材耐力 | 引張試験 | 採取 | | | | 設計降伏耐力、引張耐力以上 | 試験成績書 | 計器 | A | | | | | |
| | | | 工場円周溶接部 | 溶接部 | 放射線透過試験 | 10箇所 ごとに1箇所 | | | | 試験で定める判定規定を満足すること | 写真撮影 | 計器 | A | | | | | |
| 位置・寸法 | 位置・寸法 確保 | 所定位置 傾斜 所定掘削 所定位置 | 杭心 | 杭心位置 | 検尺テープなど | 全数 | | | | 10cm以内 | チェックシート | 目視 | A | | | | | |
| | | | 杭の鉛直度 | 杭の傾斜 | トランシットなど | 全数 | | | | 1/100以下 | チェックシート | 目視 | A | | | | | |
| | | | オーガスクリュー/ハット | 形状・寸法 | 計測・目視 | 全数 | | | | 所定の仕様を満足すること | チェックシート | 目視 | A | | | | | |
| | | | 杭天端 | 杭天端位置 | 検尺テープなど | 全数 | | | | 設計天端位置 | チェックシート | 目視 | A | | | | | |
| 抗体品質 | 現場継手溶接 設計強度確保 | 設計強度 | 天候 | - | 確認 | - | | | | 降雨・降雪時の作業は避けるか対策をとる | チェックシート | 目視 | A | | | | | |
| | | | 気温 | - | 計測 | - | | | | 0 以下では中止するか十分な予熱を確保 | チェックシート | 計器 | A | | | | | |
| | | | 建込時形状 | 形状 | 計測 | 全数 | | | | ル-ト間隔 = 1~4mm、開先角度45°以上 | チェックシート | 目視 | A | | | | | |
| | | | 電流電圧 | 電流・電圧 | 計測装置 | 全数 | | | | 適切な電流、電圧を確保する | チェックシート | 計器 | A | | | | | |
| | | | 溶接速度 | 溶接速度 | 計測装置 | 全数 | | | | 適切な溶接速度を確保する | チェックシート | 計器 | A | | | | | |
| | | | 溶接部 | 溶接層数 | 計測 | 全数 | | | | | 適切な層数を確保する | チェックシート | 目視 | A | | | | |
| | | | | ヒート表面波凹凸 | 外観検査 | 全数 | | | | | 2mm以下 | チェックシート | 目視 | A | | | | |
| | | | | アング-カット深さ | 外観検査 | 全数 | | | | | 0.3mm以下 | チェックシート | 目視 | A | | | | |
| | | | 余盛高さ | 外観検査 | 全数 | | | | | 4mm以下 | チェックシート | 目視 | A | | | | | |
| | | | 溶接内部 | 内部検査 | 採取 | | | | | 各試験で定める判定規定を満足すること | チェックシート | 計器 | B | | | | | |
| 養生 | 温度・時間 | 計測 | 全数 | | | | | 200~250 以下（溶接完了後1分前後） | チェックシート | 目視 | A | | | | | | | |
| 支持力 | 支持力確保 | 設計支持力 | 杭沈設速度 | 掘削速度 | 計測 | 全数 | | | | 規定値以内 | チェックシート | 計器 | A | | | | | |
| | | | 支持層 | 支持層位置 | 電流値 | 全数 | | | | 想定地盤と同等 | チェックシート | 計器 | A | | | | | |
| | | | 支持層根入れ | 根入れ長 | レベル確認 | 全数 | | | | | 設計根入れ長 | チェックシート | 計器 | A | | | | |
| | | | 引上げ速度 | スクリュー引上げ速度 | 計測 | 全数 | | | | | 各工法で定める所定の引上げ速度以下 | チェックシート | 計器 | A | | | | |
| | | | 根固液・周面固定液 | 注入量 | 計測装置 | 全数 | | | | | | 各工法で定める所定量 | チェックシート | 計器 | A | | | |
| | | | | 噴出圧 | 計測装置 | 全数 | | | | | | 各工法で定める所定値 | チェックシート | 計器 | A | | | |
| | | | | 均一性 | 攪拌時間 | 全数 | | | | | | 各工法で定める所定時間 | チェックシート | 計器 | A | | | |
| | | | | 圧縮強度 | 圧縮試験 | 採取 | | | | | | 所定の圧縮強度 | チェックシート | 計器 | A | | | |
| | | | | 配合 | 配合量測定 | 採取 | | | | | | 所定の配合量 | チェックシート | 計器 | A | | | |
| | | | 支持力 | 実支持力 | 載荷試験 | 随時 | | | | | 設計支持力以上 | 記録紙 | 計器 | B | | | | |

必要性 A：必ず実施， B：必要に応じて実施

管理分担：承認者， 担当者

表 - 5 . 2 . 1 3 鋼管杭の要求品質と品質管理方法（回転貫入杭工法）

| 区分 | 管理目的 | 要求品質 | 管理対象 | 管理項目 | 管理方法 | | 方法の信頼度 | | | 管理値の目安 (許容値) | 記録方法 | 計器 目視 | 必要 性 | 管理者 | | | | | | | | |
|-------|------------------|-------|---------|-----------|-----------|-------------------|-----------------------|---------|---|---|---------|----------|---------|---------|-----|-----|---------|----|---|---------|----|---|
| | | | | | 手法 | 頻度 | 高 | 中 | 低 | | | | | 監理者 | 管理者 | 施工者 | | | | | | |
| 形状 寸法 | 設計形状寸法 確保 | 設計値 | 杭径 D | 形状 寸法 | ダイヤメータ等 | 10本又は | | | | ± 0.5% | 試験成績書 | 計器 | A | | | | | | | | | |
| | | | 板厚 t | 寸法 | マイクロメータ | その端数 ごとに 1本 | | | | t<16mm D<500mm + 0、-0.6mm 500 D<800m + 0、-0.7mm 800 D<2000 + 0、-0.8mm t 16mm D<800mm + 0、-0.8mm 800 D<2000 + 0、-1.0mm | | | | 試験成績書 | 計器 | A | | | | | | |
| | | | 長さ L | 寸法 | 検尺テープ等 | | | | +規定せず、-0 | 試験成績書 | | | | | | | 計器 | A | | | | |
| | | 規定値以内 | 曲がり M | 形状 寸法 | 計測装置 | | | | 長さの0.1%以下 | | 合否表示 | 計器 | A | | | | | | | | | |
| | | 溶接性確保 | 溶接部端面 | 形状 寸法 | 計測装置 | | | | 平面度 2mm以下 直角度 外径の0.5%以下、ただし4mm以下 真円度 1.0%以下 | | | | | 合否表示 | 計器 | A | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 杭体品質 | 設計強度確保 | 設計強度 | 化学成分 | 化学成分 | 計測装置 | 抜取 | | | | 機械的強度を安定して得るための化学成分が 適量添加されていること | 試験成績書 | 計器 | A | | | | | | | | | |
| | | | 機械的性質 | 鋼材耐力 | 引張試験 | 抜取 | | | | 設計降伏耐力、引張耐力以上 | | | | 試験成績書 | 計器 | A | | | | | | |
| | | | 工場円周溶接部 | 溶接部 | 放射線透過試験 | 10箇所ご とに1箇所 | | | | 試験で定める判定規定を満足すること | | | | | | | 写真撮影 | 計器 | A | | | |
| 位置 寸法 | 品質確保 | 所定位置 | 杭心 | 杭心位置 | 検尺テープなど | 全数 | | | | 10cm以内 | チェックシート | 目視 | A | | | | | | | | | |
| | | 傾斜 | 杭の鉛直度 | 杭の傾斜 | トランシットなど | 全数 | | | | 1/100以下 | | | | チェックシート | 目視 | A | | | | | | |
| | | 所定位置 | 杭天端 | 杭天端位置 | 検尺テープなど | 全数 | | | | 設計天端位置 | | | | | | | チェックシート | 目視 | A | | | |
| 杭体品質 | 設計強度確保 | 杭の健全性 | 回転トルク | 作用トルク | 確認 | 全数 | | | | 杭体発生応力度が許容値以下であること | チェックシート | 目視 | A | | | | | | | | | |
| | | | 杭頭部形状 | 変形の有無 | 目視 | 全数 | | | | 座屈 変形等なく健全であること | | | | チェックシート | 目視 | A | | | | | | |
| | 現場継手溶接 設計強度確保 | 設計強度 | 天候 | - | 確認 | - | | | | 降雨 降雪時の作業は避けるか対策をとる | チェックシート | 目視 | A | | | | | | | | | |
| | | | 気温 | - | 計測 | - | | | | 0 以下では中止するか十分な予熱を確保 | | | | チェックシート | 計器 | A | | | | | | |
| | | | 建込時形状 | 形状 | 計測 | 全数 | | | | ル-ト間隔=1~4mm、開先角度45°以上 | | | | | | | チェックシート | 目視 | A | | | |
| | | | 電流電圧 | 電流 電圧 | 計測装置 | 全数 | | | | 適切な電流、電圧を確保する | | | | チェックシート | 計器 | A | | | | | | |
| | | | 溶接速度 | 溶接速度 | 計測装置 | 全数 | | | | 適切な溶接速度を確保する | | | | | | | チェックシート | 計器 | A | | | |
| | | | 溶接部 | 溶接層数 | 計測 | 全数 | | | | 適切な層数を確保する | | | | チェックシート | 目視 | A | | | | | | |
| | | | | ビ-ド表面波凹凸 | 外観検査 | 全数 | | | | 2mm以下 | | | | | | | チェックシート | 目視 | A | | | |
| | | | | ア-ダ-カット深さ | 外観検査 | 全数 | | | | 0.3mm以下 | | | | | | | | | | チェックシート | 目視 | A |
| | | | | 余盛高さ | 外観検査 | 全数 | | | | 4mm以下 | | | | | | | チェックシート | 目視 | A | | | |
| 養生 | 温度 時間 | 計測 | 全数 | | | | 各試験で定める判定規定を満足すること | チェックシート | 計器 | B | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | 200~250 以下（溶接完了後1分前後） | | | | チェックシート | 目視 | A | | | | | | | | | |
| 支持力 | 支持力確保 | 設計支持力 | 支持層 | 支持層位置 | トルク・電流値など | 全数 | | | | 想定地盤と同等 | | | | チェックシート | 計器 | A | | | | | | |
| | | | 支持層根入れ | 根入れ長 | トルク・電流値など | 全数 | | | | 設計根入れ長 | チェックシート | 計器 | A | | | | | | | | | |
| | | | | 実支持力 | 載荷試験 | 随時 | | | | 設計支持力以上 | | | | | | | 記録紙 | 計器 | B | | | |

(4) 場所打ちコンクリート杭

- (1) 場所打ちコンクリート杭に要求される設置位置、寸法、形状が確保できるよう、杭心、杭径、杭長、鉛直精度などに関して、管理対象、管理項目、管理方法などを適切に設ける。
- (2) 場所打ちコンクリート杭の杭体に要求される品質が確保できるよう、鉄筋やコンクリートなどの使用材料と施工方法に関して、管理対象、管理項目、管理方法などを適切に設ける。
- (3) 場所打ちコンクリート杭に要求する地盤支持力が確保できるよう、周面摩擦力や先端支持力に関連する管理対象、管理項目、管理方法などを適切に設ける。
- (4) 管理結果は、管理者、管理方法、管理値などとの関係がわかるよう適切に記録し保存する。

【解説】

1. 場所打ち杭の品質管理の基本的な考え方（参考文献 5.2.39 及び 5.2.40）

(1) 工法の特徴

場所打ちコンクリート杭は、施工機械や掘削方法により分類される代表的なものとして、アースドリル、リバーサーキュレーションドリル(以下リバーサーという)、オールケーシング工法がある。各工法の特徴を以下に示す。

アースドリル工法

アースドリル機のケリーバーに取り付けたドリリングバケットを回転させながら地盤を掘削し、掘削土砂をバケット内に収納する。収納した土砂は、バケットとともに地上に引き上げ排出する。掘削孔壁は、表層部は表層ケーシングにより、それ以深はベントナイトなどを用いた人工泥水である安定液により保護する。掘削完了後、一次孔底処理を行い掘削孔内に鉄筋かごを建込む。次に二次孔底処理を行ったのち、トレミーを用いてコンクリートを打込み、杭を築造する。

リバーサー工法

ドリルパイプの先端に取り付けたビットを回転させて地盤を掘削し、掘削した土砂は孔内水とともにサクシオンポンプなどにより地上に吸い上げ排出する。掘削孔壁は、表層部はスタンドパイプにより、それ以深においては泥水中の土粒子によって形成されるマッドケーキと水頭差(20kN/m²以上)により保護する。掘削完了後はアースドリル工法と同様である。

オールケーシング工法

杭の全長にわたりケーシングチューブを揺動(または回転)・圧入しながら、ケーシングチューブ内の土砂をハンマーグラブで掘削・排土する。掘削完了後、一次スライム処理を行い、鉄筋かごを掘削孔内に建込む。次に、トレミーを用いてコンクリートを打込みながらケーシングチューブを引抜き、杭を築造する。

(2) 品質管理の流れ

場所打ちコンクリート杭は、掘削精度、安定液管理、孔底処理、鉄筋籠の作製や建込み、コンクリート打設など多岐にわたる管理工程を経て築造されるため、施工の流れを考慮して適切な管理を実施しなければならない。

(3) 施工管理

場所打ちコンクリート杭は現場で築造されるため、施工条件や地盤条件などにより施工後の出来上

がり形状及び杭体の品質を検査することが困難である。したがって施工工程に合わせた品質管理項目を定めて管理を行うことが所定の品質を保持するためには重要である。主な管理項目と管理内容を以下に示す。

杭の平面精度の管理

管理目的は、杭頭接合部位置における設計上の杭心を確保することである。そのためには掘削機械の据付け、心ずれ、鉛直性などの精度を確保するため、水平で強固な足場を整備するとともに、所定の建込み位置に据付ける。

寸法・形状の管理

管理項目は、設計品質として要求される杭径を確保することである。杭径を確実に確保するためには、杭径に合致した掘削器具を用いる。また、掘削機械は水平で強固な足場を確保し安定度を保持する。掘削に関わる問題として掘削孔を崩壊させないよう安定液を管理する。

杭体品質の管理

管理項目は、打設されるコンクリートの設計基準強度と配筋される鉄筋強度の確保である。コンクリートについては受入れ時の品質管理、及び水中打設時の泥水の比重管理及び、コンクリートの打設方法が杭体の品質を左右する大きな要因となる。鉄筋強度については、設計図書通りに配筋されているか、溶接部に欠陥がないかを検査する。

地盤支持力の管理

管理項目は、設計で要求される先端支持力と周辺摩擦力による許容支持力を確保することである。支持層の確認は、支持層への根入れ長さを確保するとともに、支持層から採取した土質と土質調査資料と設計図書を対比して行う。

2. 品質管理項目に対する管理値

表 5.2.14~表 5.2.16 は場所打ちコンクリート杭の要求品質と品質管理方法の関係を取りまとめた管理シートの例を示す。各管理項目に対する管理値のうち、設計条件及び施工条件により一律に決めることができない項目について、以下に示す。

(1) 掘削機械の設置精度及び鉛直精度

掘削機械の据付けおよびケーシングの設置精度は、杭の心ずれおよび鉛直精度に大きく影響を与えるため所定の位置に精度よく設置する。

アースドリル工法では、掘削機の水平を水準器で、ケリーバーの鉛直性をトランシットまたは下げ振りにより合わせる。つづいてケリーバーの先端部中心を標示杭に一致させる。逃げ杭を利用して表層ケーシングを杭心に一致させ、トランシットまたは下げ振りにより鉛直に建込む。ここでは、掘削中は掘削機の水平を保つとともにケリーバーの鉛直性をトランシットまたは下げ振りにて直交する2方向より管理する。

リバース工法では、ケーシング押し込み用ジャッキの中心と標示杭とを一致させ、その後ケーシングをトランシットまたは下げ振りにより鉛直に建て込む。続いて、あらかじめ架台上に設置したロータリーテーブルの中心とケーシング中心とを一致させる。この時、水準器で架台を水平に据え付ける。

掘削中は、ロータリーテーブルを水平に保つとともに、トランシットまたは下げ振りにて直交する 2 方向よりケリーバーの鉛直性を管理する。なお、適切なスタビライザーの使用は精度確保に有効である。

オールケーシング工法では、標示杭と掘削機のケーシング締め付け装置の中心とを一致させる。続いて、ケーシングを吊り込み、標示杭とケーシング中心とを一致させる。掘削機の水平は、水準器を用いてアウトリガーで調整して確保する。

掘削初期の地表面下 10m 程度までのケーシングの圧入精度によって以後の精度が決定される。したがって、この間の管理を厳しく行う。方法は、トランシットまたは下げ振りにて直交する 2 方向より管理する。傾斜が認められた場合には、ケーシングの引抜き・圧入を繰り返しながら修正を行う。

掘削精度に関しては、杭の心ずれ、掘削孔の傾斜、掘削径であるが、これらの管理値は、一般的に心ずれは 100 mm 以内、掘削孔の傾斜は、1/100 以下、掘削径は設計径以上としている。アースドリル工法やリバース工法における傾斜及び掘削径の確認は、超音波孔壁測定機で行っている。

(2) 孔内水の管理

杭の掘削中においては、孔壁の崩壊や周辺および支持地盤を緩めないよう孔内水の管理を行う。アースドリル工法では、適切な長さの表層ケーシングと適切な配合の安定液管理により孔壁の崩壊を防止する。

安定液は、孔壁の崩壊を防止する機能とともにコンクリートの打込み時に、安定液がコンクリート中に混入されることなく、コンクリートと良好に置換される機能を持たせる。安定液としては、一般にベントナイトを主体としたものと CMC を主体としたものの二種類がある。これらに分散剤や変質防止剤などを加えたものを使用する。

安定液の配合は、必要な造壁性・比重のもので、出来るだけ低粘性のものとするのがよい。一般的に粘性で 20 ~ 35 秒、比重 1.01 ~ 1.15 で使用されている。

リバース工法では、適切な長さのケーシングと適切な比重の泥水および孔内水位を地下水位より 2 m 以上高く保つ管理により孔壁の崩壊を防止する。比重の範囲は、一般的に 1.01 ~ 1.10 とされている。

オールケーシング工法では、杭全長にわたりケーシングを使用するため、孔壁を崩壊させるおそれはほとんどない。周辺及び支持地盤の緩み防止対策としては、砂質地盤においては、ボイリングを防止するために、早めに孔内に給水し、孔内水位を地下水位・被圧水位よりも高く保って掘削する。また、軟弱粘性土地盤においては、ケーシングの先行量を多くしてヒーピングを防止する。

(3) 孔底処理の管理

場所打ちコンクリート杭は掘削により杭を築造するため孔底部に掘り屑やスライムが沈積しやすい。スライム処理の不十分なままでコンクリートを打設すると、先端支持力の低下及び杭断面の欠損及びコンクリート強度の低下などの原因となる。

アースドリル工法での一次処理は安定液を使用した通常の場合には、沈澱待ちをした後、底浚いバケツにて処理する。また、水中ポンプによる方法により、砂分の多い孔内安定液をきれいな安定液と置換する方法を行うこともある。孔内水がない特殊の場合には、底浚いバケツで掘り屑を丁寧に除去する。二次処理は、安定液を使用した通常の場合には、水中ポンプによる方法により行う。孔内

水がない特殊の場合には、行わない。

リバース工法での一次処理は、掘削完了後ビットを孔底より少し引き上げ、適当な時間空回しをして、孔内泥水の循環を行って掘り屑を除去するとともに、孔底部付近の土砂分の孔内泥水を排除する。二次処理は、一般的には、トレミー管とサクシオンポンプとを連結し、スライムを吸い上げて排出する。また、エアリフトによる方法を行う場合もある。

オールケーシング工法での一次処理は、孔内水が多い場合には、掘り屑除去後に沈殿バケットを孔底に降ろし、一定時間沈殿待ちをした後に、沈殿バケットとともに沈積したスライムを引き上げる。孔内水がない場合やわずかな場合には、沈殿物が発生しないので掘削完了後、ハンマーグラブによりしずかに掘り屑を除去する。二次処理は、通常行わない。スライム量が多い場合は、エアリフトによる方法や水中ポンプによる方法を行う。

処理後の残留スライム量が杭の支持力に与える影響を定量的に示すことは難しい。ここでは、残留スライム量の管理値は10 cm以下としているが、原則的には施工計画時に設計者と協議して管理値を決めることが望ましい。

(4) コンクリートの打込み管理

場所打ちコンクリート杭におけるコンクリートの打込みは、杭体の品質を左右する重要な工程であり、コンクリートの配合および性質と下記の打込み方法を十分に理解し品質の管理に努める。

場所打ちコンクリート杭で使用されるコンクリートは、レディーミクストコンクリートであり、使用材料よりAEコンクリートとなっている。場所打ちコンクリート杭の施工では、コンクリート打ち込みのほとんどが水中もしくは泥水中で行われること、また孔内に水がない場合でも落下高が大きくなることから、コンクリートの分離を防止するため、トレミーによるコンクリートの打込みを行っている。このため、場所打ちコンクリート杭に用いるコンクリートは、流動性がよくワーカビリティのよいものが要求される。従来の実績より、所要スランプは18 cm程度が望ましい。また、粗骨材の最大寸法は一般に25 mm(碎石では20 mm)としている。

コンクリートの練混ぜから打込み終了までの時間の限度をJISでは90分と規定しているが、JASS5では外気温が25 未満の場合は、120分、25 以上の場合は90分としている。また、打込みが連続的に行えるようにするため、工事着工前にプラントの能力、現場までの距離・運搬経路及び所要時間などを調査するとともに、現場内での受入準備・打込み時間の予測を行うことが必要である。なお、所定の時間内に打込みが完了しないことが予想される場合は、練り混ぜ時にコンクリートの品質に影響のない範囲で凝結遅延剤を添加するなど対応方法について監理者と協議する。

トレミー先端は、プランジャが抜け落ちることができるよう0.2m程度孔底より離す。これ以上離すとコンクリートの分離を生じるおそれがあるので十分注意する。

コンクリートの打込み速度は、1~2m³/minとすることが望ましい。コンクリートの打込み速度が速すぎると、ホッパーの口元からコンクリートがあふれ、コンクリートが分離し杭天端位置の測定がしにくくなったり安定液の劣化が生じるので、ホッパーの口元からコンクリートがあふれないような速度で打ち込むようにする。

トレミーの先端は、コンクリート打込み中、打ち込んだコンクリートにレイタンスや孔内水が混入

することを防止するため、常にコンクリート中に2m挿入しておくことが必要である。なお、トレミーのコンクリート中への挿入長さが長くなると、コンクリートの流出が悪くなるので最長でも9m程度までにとどめておいた方がよい。

杭頭部付近のコンクリートは、水や泥水との接触によって劣化するため設計天端より高くコンクリートを打込む必要がある。これを余盛りという。劣化しているコンクリートと良質なコンクリートの境界の判断が難しいため、余盛りの高さはコンクリートの骨材を含む高さとし、一般にその値はオーケーシング工法では、0.5m、アースドリル工法やリバース工法では1.0m以上としている。尚、余盛り部分を直押さえができる場合等は余盛り長を少なくすることもできる。コンクリートの天端位置は、杭の中心部と円周部では異なる場合がある。特に、杭径が大きかったり鉄筋の間隔が小さい場合は、この傾向が顕著になることがある。この場合は、一番低い位置での高さを余盛り高さとする。

表 - 5 . 2 . 1 4 場所打ちコンクリート杭の要求品質と品質管理方法 (アースドリル工法)

| 区分 | 管理目的 | 要求品質 | 管理対象 | 管理項目 | 管理方法 | | 方法の信頼度 | | | 管理値 | 記録方法 | 計器 目視 | 自動 手動 | 必要性 | 管理分担 | | |
|-------|----------------|-------------|------------|--|---------------------------|---------------------|----------|---------|-----|----------------------------------|---------|----------|----------|-----|------|-----|------|
| | | | | | 手法 | 頻度 | 高 | 中 | 低 | | | | | | 監理者 | 管理者 | 専業者 |
| 寸法・形状 | 位置の確保 | 杭心位置 | 杭心出し | 杭心位置 | トランスで測量 | 全本数 | | | | 計画位置 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | 墨出大工 |
| | | | 杭心 | 杭心位置 | カールで測定 | 全本数 | | | | 100mm以内 | 記録紙 | 目視 | 手動 | A | | | 墨出大工 |
| | 設計寸法・ 形状の確保 | 杭 径 | バケツ | バケツの直径 | カールで測定 | 全本数 | | | | 設計径以上 | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | | 掘削孔 | 掘削孔の直径 | 超音波孔壁測定 | 抜取り | | | | 設計径以上 | 記録紙 | 計器 | 自動 | B | | | |
| | | 杭 長 | 掘削孔 | 掘削深度 | 検尺テープで測定 | 全本数 | | | | 設計長以上 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | | 掘削孔 | 掘削孔の鉛直度 | 超音波孔壁測定 | 抜取り | | | | 1/100以下 | 記録紙 | 計器 | 自動 | B | | | |
| | | 傾 斜 | 掘削機械 | 掘削機の水平度 | 水準器で確認 | 全本数 | | | | 気泡中心 | - - - | 目視 | 自動 | B | | | |
| | | | クレーン | クレーンの鉛直度 | トランス、下げ巻りで確認 | 随時 | | | | - - - | - - - | 目視 | 手動 | B | | | |
| 杭体の品質 | 鉄筋強度 の確保 | 鉄筋強度 設計値 | 鉄筋かご | かごの径・長さ・材質、 主筋の径・本数・材質、 フープの径・ピッチ・材質 | カール・リボンテープで測 定、鉄筋タグで確認 | 全本数 | | | | 設計図通り | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | | 鉄筋かごの継手 | 鉄筋かごの継手長 | リボンテープで測定 | 全本数 | | | | 45d以上 | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | | 鉄筋かごの天端 | 鉄筋かごの設置高 | 検尺テープで測定 | 全本数 | | | | 設計設置高さ | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | |
| | 設計基準 強度の確保 | コンクリート強度 | 受け入れコンクリート | スラブ | スラブ試験 | コンクリート 打設 開始前 | | | | 18±2.5cm、20±1.5cm | 写真 | 計器 | 手動 | A | | | 生工 |
| | | | アラジヤ | アラジヤ挿入 | Hミ内に挿入 | 全本数 | | | | 4.5±1.5% | 写真 | 計器 | 手動 | A | | | 生工 |
| | | | アラジヤ | アラジヤ挿入 | Hミ内に挿入 | 全本数 | | | | 使用 | - - - | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | | Hミ先端位置 | Hミと孔底のあき | 検尺テープで測定 | 全本数 | | | | あき200～300mm | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | | Hミ先端位置 | Hミのコンクリート中への長さ | 検尺テープで測定 | 生工事 1台毎 | | | | 原則、コンクリート中に2m以上 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | | 打上り高さ | コンクリート打設 | 検尺テープで測定 | 生工事 1台毎 | | | | 設計打上り高以下 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | | コンクリートの天端 | コンクリートの天端位置 | 検尺テープで測定 | 全本数 | | | | 設計天端位置 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | |
| 余盛り長 | 余盛り | 検尺テープで測定 | 全本数 | | | | 1.0m以上 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | | | |
| 圧縮強度 | コンクリート | 圧縮試験 | 全数 | | | | 設計基準強度以上 | 試験成績書 | 計器 | 自動 | A | | | | 生工 | | |
| 地盤支持力 | 支持力 の確保 | 周面摩擦力 | 掘削地層 | 土質の種類 | サブリグ | 試験杭 | | | | 土質調査資料に適合 | サプル | 目視 | - | B | | | |
| | | | 安定液 | 安定液の性状 | 安定液各種試験 | 掘削 開始前 | | | | 比重1.01～1.15、粘性 20～35秒、砂分10%以下 | チェックシート | 計器 | 自動 | A | | | |
| | | | | 安定液の水位 | 検尺テープで測定 | 適時 | | | | 地下水位以上 | - - - | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | 先端支持力 | 拡底部 | 拡底部の直径 | 超音波孔壁測定 | 抜取り | | | | 設計径以上 | 記録紙 | 計器 | 自動 | A | | | |
| | | | 支持層 | 土質の種類 | サブリグ | 全本数 | | | | 土質調査資料に適合 | サプル | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | | 支持層への根入れ | 支持層への根入れ長 | 検尺テープで測定 | 全本数 | | | | 設計根入れ長以上 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | | 残留石灰 | 石灰の厚さ | 検尺テープで測定 | 全本数 | | | | 100mm以下 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | |
| 許容支持力 | 鉛直・水平支持力 | 許容支持力 | 載荷試験 | 1本 | | | | 沈下量・変位量 | 報告書 | 計器 | 自動 | B | | | | | |

必要性 A必ず実施 B必要に応じて実施 管理分担 承認者 担当者

表 - 5 . 2 . 1 5 場所打ちコンクリート杭の要求品質と品質管理方法 (リバースサーキュレーションドリル工法)

| 区分 | 管理目的 | 要求品質 | 管理対象 | 管理項目 | 管理方法 | | 方法の信頼度 | | | 管理値 | 記録方法 | 計器 目視 | 自動 手動 | 必要性 | 管理分担 | | |
|-------|------------|--------------|-------------|---|-------------------------|-------------|----------|---------|-----------|-------------------|---------|----------|----------|-----|------|-----|------|
| | | | | | 手法 | 頻度 | 高 | 中 | 低 | | | | | | 監理者 | 管理者 | 専門家 |
| 寸法・形状 | 位置の確保 | 杭心位置 | 杭心出し | 杭心位置 | トコットで測定 | 全本数 | | | | 計画位置 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | 墨出大工 |
| | | | 杭心 | 杭心位置 | スケール | 全本数 | | | | 100mm以内 | 記録紙 | 目視 | 手動 | A | | | 墨出大工 |
| | 設計寸法・形状の確保 | 杭径 | 三翼ビット | 三翼ビットの直径 | スケールで測定 | 全本数 | | | | 設計径以上 | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | | 掘削孔 | 掘削孔の直径 | 超音波孔壁測定 | 抜取り | | | | 設計径以上 | 記録紙 | 計器 | 自動 | B | | | |
| | | 杭長 | 掘削孔 | 掘削深度 | 検尺テープで測定 | 全本数 | | | | 設計長以上 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | | 掘削孔 | 掘削孔の鉛直度 | 超音波孔壁測定 | 抜取り | | | | 1/100以下 | 記録紙 | 計器 | 自動 | B | | | |
| | | 傾斜 | 掘削機械 | ロータリーの水平度 | 水準器で確認 | 全本数 | | | | 気泡中心 | - - - | 目視 | 自動 | B | | | |
| クレーン | クレーンの鉛直度 | | トコット、下げ振り確認 | 随時 | | | | - - - | - - - | 目視 | 手動 | B | | | | | |
| 杭体の品質 | 鉄筋強度の確保 | 鉄筋強度 設計配筋 | 鉄筋かご | かごの径・長さ・材質、 主筋の径・本数・材質、 ブレースの径・ピッチ・材質 | スケール・ロープで測定、 鉄筋タグで確認 | 全本数 | | | | 設計図通り | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | | 鉄筋かごの継手 | 鉄筋かごの継手長 | ロープで測定 | 全本数 | | | | 45d以上 | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | | 鉄筋かごの天端 | 鉄筋かごの設置高 | 検尺テープで測定 | 全本数 | | | | 設計設置高さ | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | |
| | 設計基準強度の確保 | コンクリート強度 | 受け入れコンクリート | スラブ | スラブ試験 | コンクリート打設開始前 | | | | 18±2.5cm、20±1.5cm | 写真 | 計器 | 手動 | A | | | 生工 |
| | | | アラ量 | アラ試験 | | | | | | 4.5±1.5% | 写真 | 計器 | 手動 | A | | | 生工 |
| | | | プラグジャ | プラグ挿入 | Hミ内に挿入 | 全本数 | | | | 使用 | - - - | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | | Hミ先端位置 | Hミと孔底のあき | 検尺テープで測定 | 全本数 | | | | あき200～300mm | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | | | Hミのコンクリート中への長さ | 検尺テープで測定 | 全本数 | | | | 原則、コンクリート中に2m以上 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | | 打上り高さ | コンクリート打設 | 検尺テープで測定 | 全本数 | | | | 設計打ち上がり高以下 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | | コンクリートの天端 | コンクリートの天端位置 | 検尺テープで測定 | 全本数 | | | | 設計天端位置 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | |
| 余盛り長 | 余盛り | 検尺テープで測定 | 全本数 | | | | 1.0m以上 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | | | |
| 圧縮強度 | コンクリート | 圧縮試験 | 全数 | | | | 設計基準強度以上 | 試験成績書 | 計器 | 自動 | A | | | 生工 | | | |
| 地盤支持力 | 支持力の確保 | 周面摩擦力 | 掘削地層 | 土質の種類 | サブリグ | 試験杭 | | | | 土質調査資料に適合 | サプル | 目視 | - | B | | | |
| | | | 泥水 | 泥水の性状 | 泥水各種試験 | 掘削中 | | | | 比重1.01～1.10 | チェックシート | 計器 | 自動 | A | | | |
| | | | | 泥水の水位 | 検尺テープで測定 | 適時 | | | | 地下水位+2.0m以上 | - - - | 目視 | 手動 | A | | | |
| | 先端支持力 | 拡底部 | 拡底部の直径 | 超音波孔壁測定 | 抜取り | | | | 設計径以上 | 記録紙 | 計器 | 自動 | A | | | | |
| | | 支持層 | 土質の種類 | サブリグ | 全本数 | | | | 土質調査資料に適合 | サプル | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 支持層への根入れ | 支持層への根入れ長 | 検尺テープで測定 | 全本数 | | | | 設計根入れ長以上 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 残留スラム | スラムの厚さ | 検尺テープで測定 | 全本数 | | | | 100mm以下 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| 許容支持力 | 鉛直・水平支持力 | 許容支持力 | 載荷試験 | 1本 | | | | 沈下量・変位量 | 報告書 | 計器 | 自動 | B | | | | | |

必要性A:必ず実施 B:必要に応じて実施 管理分担 承認者 担当者

表 - 5 . 2 . 1 6 場所打ちコンクリート杭の要求品質と品質管理方法 (オールケーシング工法)

| 区分 | 管理目的 | 要求品質 | 管理対象 | 管理項目 | 管理方法 | | 方法の信頼度 | | | 管理値 | 記録方法 | 計器 目視 | 自動 手動 | 必要性 | 管理分担 | | | | |
|-------------------|----------------|--------------|-------------------|---|----------------------------|---------------------|--------|---------|-------|-----------------------|-----------------|----------|-----------|-----|------|-----|------|----|--|
| | | | | | 手法 | 頻度 | 高 | 中 | 低 | | | | | | 監理者 | 管理者 | 専業者 | | |
| 寸法・形状 | 位置の確保 | 杭心位置 | 杭心出し | 杭心位置 | トランシットで測定 | 全本数 | | | | 計画位置 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | 墨出大工 | | |
| | | | 杭心 | 杭心位置 | スケール | 全本数 | | | | 100mm以内 | 記録紙 | 目視 | 手動 | A | | | 墨出大工 | | |
| | 設計寸法・ 形状の確保 | 杭 径 | ケーシングチューブ | ファーストチューブの直径 | スケールで測定 | 全本数 | | | | 設計径以上 | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | | | |
| | | | 杭 長 | 掘削孔 | 掘削深度 | 検尺テープで測定 | 全本数 | | | | 設計長以上 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | 傾 斜 | 掘削孔 | 掘削孔の鉛直度 | 超音波孔壁測定 | 抜取り | | | | 1/100以下 | 記録紙 | 計器 | 自動 | B | | | | | |
| | | | 掘削機械 | 掘削機の水平度 | 水準器で確認 | 全本数 | | | | 気泡中心 | - - - | 目視 | 自動 | B | | | | | |
| ケーシングチューブ | ケーシングチューブの鉛直度 | トランシット、下げ振り | 確認 | 随時 | | | | - - - | - - - | 目視 | 手動 | B | | | | | | | |
| 杭体の品質 | 鉄筋強度 の確保 | 鉄筋強度 設計配筋 | 鉄筋かご | かごの径・長さ・材質、 主筋の径・本数・材質、 サブの径・ピッチ・材質 | スケール・リボンテープで測 定、鉄筋タグで確認 | 全本数 | | | | 設計図通り | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | | |
| | | | 鉄筋かごの継手 | 鉄筋かごの継手長 | リボンテープで測定 | 全本数 | | | | 45dl以上 | 写真 | 目視 | 手動 | A | | | | | |
| | | | 鉄筋かごの天端 | 鉄筋かごの設置高 | 検尺テープで測定 | 全本数 | | | | 設計設置高さ | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | | |
| | 設計基準 強度の確保 | コンクリート強度 | 受け入れコンクリート | スラブ | スラブ試験 | コンクリート 打設 開始前 | | | | 18 ± 2.5cm、20 ± 1.5cm | 写真 | 計器 | 手動 | A | | | 生工 | | |
| | | | IF量 | IF試験 | | | | | | 4.5 ± 1.5% | 写真 | 計器 | 手動 | A | | | 生工 | | |
| | | | ブラジャ | ブラジャ挿入 | Hミ内に挿入 | 全本数 | | | | 使用 | - - - | 目視 | 手動 | A | | | | | |
| | | | Hミ先端位置 | Hミと孔底のあき | 検尺テープで測定 | 全本数 | | | | | あき200 ~ 300mm | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | | | Hミのコンクリート中への長さ | 検尺テープで測定 | 生コン車 1台毎 | | | | | 原則、コンクリート中に2m以上 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | | ケーシングチューブ 先端位置 | ケーシングチューブのコンクリート中への長さ | 検尺テープで測定 | 生コン車 1台毎 | | | | | 原則、コンクリート中に2m以上 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | | 打上り高さ | コンクリート打設 | 検尺テープで測定 | 生コン車 1台毎 | | | | | 設計打ち上がり高以下 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | | コンクリートの天端 | コンクリートの天端位置 | 検尺テープで測定 | 全本数 | | | | | 設計天端位置 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | | 余盛り長 | 余盛り | 検尺テープで測定 | 全本数 | | | | | 0.5m以上 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | | 圧縮強度 | コンクリート | 圧縮試験 | 全数 | | | | | 設計基準強度以上 | 試験成績書 | 計器 | 自動 | A | | | 生工 | |
| | | | 地盤支持力 | 支持力 の確保 | 周面摩擦力 | 掘削地層 | 土質の種類 | サブリグ | 試験杭 | | | | 土質調査資料に適合 | サブル | 目視 | - | B | | |
| 孔内水 (地下水のある場合) | 孔内水の水位 | 検尺テープで測定 | | | | 適時 | | | | 地下水位以上 | - - - | 目視 | 手動 | A | | | | | |
| 先端支持力 | 支持層 | 土質の種類 | | | サブリグ | 全本数 | | | | 土質調査資料に適合 | サブル | 目視 | 手動 | A | | | | | |
| | 支持層への根入れ | 支持層への根入れ長 | | | 検尺テープで測定 | 全本数 | | | | 設計根入れ長以上 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | | |
| 残留スラム | スラムの厚さ | 検尺テープで測定 | | | 全本数 | | | | | 100mm以下 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | | |
| 許容支持力 | 鉛直・水平支持力 | 許容支持力 | 載荷試験 | 1本 | | | | 沈下量・変位量 | 報告書 | 計器 | 自動 | B | | | | | | | |

必要性A:必ず実施 B:必要に応じて実施 管理分担 :承認者 :担当者

(5) 連続地中壁(壁杭)

- (1) 連続地中壁杭に要求される設置位置、寸法、形状が確保できるよう、壁杭心、壁杭平面寸法、壁杭長、鉛直精度などに関して、管理対象、管理項目、管理方法などを適切に設けて管理する。
- (2) 連続地中壁の杭体に要求される品質が確保できるよう、鉄筋やコンクリートなどの使用材料と施工方法に関して、管理対象、管理項目、管理方法などを適切に設けて管理する。
- (3) 連続地中壁杭に要求される地盤支持力が確保できるよう、周面摩擦力や先端支持力に関連する管理対象、管理項目、管理方法などを適切に設けて管理する。
- (4) 管理結果は、管理者、管理方法、管理値などとの関係がわかるよう適切に記録し保存する。

【解説】

1. 連続地中壁杭の品質管理の基本的な考え方(参考文献5.2.28、5.2.41~5.2.46)

連続地中壁の利用法として本設壁と壁杭とを併用するケースが多いが、ここでは基礎杭として壁杭を使用する場合の利用方法に限定して品質管理法を具体的に示すことにする。一方、本設壁として使用する場合は、地下壁としての性能・機能などを考慮した設置位置・寸法・形状、壁体品質・配筋などに関する管理が必要である。この場合の管理方法は、設計上の多様な本設壁としての要求性能や後打ち躯体との接合方法などによって大きく変わりうるため、ここでは具体的に扱わないこととするが、接合方法や工法の特徴を十分考慮して、設計品質が確保されていることを確認した試験施工や施工実績などに基づいて、管理方法などの詳細を設定しなければならない。

(1) 工法の特徴

連続地中壁杭とは、場所打ち鉄筋コンクリートにより形成される連続地中壁を建築物の基礎杭として利用したものである。この壁杭単体の平面形状は一般的に矩形であるが、構造継手を用いて相互に接合することにより、矩形や多角形などの閉合断面、十字形あるいはH形断面等のような自由な形状を選定できることから、剛性の高い基礎杭を作ることができる。使用する掘削機は回転式およびバケット式に大きく区分され、それぞれ施工方法が多少異なるため、個々に管理項目と管理内容を持っている。

(2) 品質管理の流れ

連続地中壁杭の品質管理は、掘削工事、安定液管理、スライム処理、鉄筋籠組立、鉄筋籠建込み、コンクリート打設の工種ごとに適切に行われる。管理結果を示す各種記録のうち、管理目的を直接示す重要な検査記録、例として掘削壁厚・先端深度・支持地盤の土質・載荷試験結果については、ユーザーあるいは工事発注者、またはその代理人が保存することが望ましい。

(3) 施工管理

連続地中壁杭は、場所打ちコンクリート杭と同様に地盤中で造成されるため、施工後の出来上がり形状および材料の品質を検査することが困難である。したがって、施工の各段階で管理項目を定めて先手管理を行うことによって、設計品質を確保することが基本となる。主な管理項目と管理内容を以下に示す。

1) 寸法・形状の管理

管理目的は、設計品質として要求される壁杭の平面寸法を確保することである。そのために確実に壁厚を確保できる掘削機を用いる。また、掘削機を安定した地盤面に設置して掘削溝に傾斜が生じないように掘削する。地盤に関わる問題としては掘削溝を崩壊させないように安定液を管理する。管理項目としては、掘削溝の傾斜、壁杭の平面寸法、打設コンクリート天端位置、安定液の液面高さ・品質などがある。

2) 平面位置の管理

管理目的は、杭頭接合部位置における設計上の壁杭心を確保することである。そのためには、掘削機を所定の建込み位置に設置するとともに、建築物の掘削底における所定の壁杭心位置からのずれを少なくするよう必要な掘削溝の鉛直性を確保する。管理項目としては、設計壁杭心の逃墨、杭頭接合部位置の心ずれがある。

3) 壁体品質の管理

管理目的は、打設されるコンクリートの設計基準強度と配筋される鉄筋強度の確保である。コンクリートについては受入れ時の品質管理、および水中打設時の安定液管理、コンクリートの打設方法が壁体の施工品質を左右する大きな要因となる。鉄筋強度については、設計図書どおりに配筋されているか、また、溶接部に欠陥がないかを検査する。管理項目としては、受入れコンクリートの調合呼び強度・スランプ値、トレミー管の平面位置・先端のコンクリート中への貫入深度、コンクリートの打設速度・余盛高さ、および組立鉄筋籠の形状・溶接部ののど厚などがある。

4) 地盤支持力の管理

管理目的は、設計で設定する先端支持力と周面摩擦力による許容支持力を確保することである。管理項目としては、杭先端深度と地盤の判別、置換する安定液の品質、沈降するスライム量、載荷試験から得られる許容支持力・沈下特性などがある。

2. 品質管理項目に対する管理値

表 5.2.17 には、連続地中壁杭の要求品質と品質管理方法の関係を取りまとめた例を示す。各管理項目に対する管理値のうち、設計条件及び施工条件に応じて一律に決めることができない項目について、以下に解説を加えておく。

(1) 鉛直削孔精度

連続地中壁杭の鉛直削孔精度に関しては、掘削溝の傾斜及び壁杭心のずれなどが管理項目として挙げられる。掘削溝の傾斜は、壁杭の耐力、鉄筋の挿入・かぶり厚さの確保などに影響を与える。また、壁杭心のずれは、上部構造の要求性能に影響を与える。

掘削溝の傾斜に対する管理値は、鉄筋のかぶり厚さを確保する上で必要掘削平面を全掘削深度に亘って確保できるように設定する必要がある。

杭心のずれに対する管理値は、上部構造に対して設計上許容される値から決まり、場所打ちコンクリート杭と同様の管理値を目標とする。

以上のことを考慮すると、原則的には設計者と協議の上で削孔精度を定めることが望ましい。

(2) 安定液

連続地中壁の施工に用いる安定液は、地盤条件および施工条件を考慮して配合設計し、管理値を設定する。通常用いられる安定液の比重は、1.01～1.20 の範囲のものが多く、このうち、比重が 1.10 を超えるものは、主として掘削時の循環用の安定液として使用される。ここで、安定液の比重が高い場合、施工される連続地中壁の品質に対する問題点としては以下の項目があげられる。

掘削時の問題としては、第一に溝壁面に形成されるマッドケーキ厚が増大する。これにより、溝壁の安定性の低下と崩壊発生の可能性が生ずるほか、壁厚の不足による連続壁の施工不良（必要壁厚の不足、鉄筋籠のかぶり厚さの不足など）が発生する。第二に安定液の循環効率が低下する。これにより、安定液の劣化による溝壁の崩壊が発生しやすくなる。第三は掘削底に堆積するスライムの増大である。これにより、壁杭の沈下が増加し、強いては支持力が低下する。

コンクリート打設時の問題としては、安定液とコンクリートの置換性が低下する。これにより、打設コンクリートの品質不良（強度不足、不良コンクリートなど）が発生する。

このため、高比重の安定液を用いる場合は、良液循環装置などを設置し、溝壁内に良質の安定液を供給することで品質を確保することが肝要である。

(3) トレミー管平面位置

連続地中壁杭へコンクリートを打設する際のトレミー管を配置する平面位置は、トレミー管 1 本が分担する打設範囲を考慮して決定する。

トレミー管の平面位置は、エレメント内の打設コンクリートがほぼ平坦に打ち上がり、良好なコンクリートが打設できる距離で定められる。このため、トレミー管の平面配置はコンクリートの品質に影響を及ぼす。

標準的には、トレミー管はコーナー部に重点的に配置し、これらを含めて壁長手方向で 3～4m 程度に 1 本は配置できるよう鉄筋籠を計画する。

(4) トレミー管先端位置

連続地中壁杭へのコンクリート打設に関して、トレミー管先端位置が管理項目として挙げられる。このトレミー管先端のコンクリート中への貫入管理値は、コンクリートの品質に影響を及ぼす。トレミー管の貫入量が小さいと、コンクリート打込み面付近のレイタンスや押し上げられてくるスライムを巻き込むおそれがある。一方、貫入量が大きいとコンクリートの流出が悪くなり、またトレミー管の引抜きも困難になる。

以上、トレミー管の貫入管理値は、打設するコンクリートの品質および施工性を考慮して設定されており、コンクリート中に 2m 以上貫入させることが標準的である。

(5) コンクリート打設速度

コンクリートの打設速度が極端に速いと、コンクリートの自重により加圧されてブリージングが生じ品質が低下することがある。一方、打設速度が極端に遅いと、コンクリートの流動性が失われトレミー管内の閉塞や溝壁内の充填性の低下を招くことがある。また、調合や施工方法によって、打設速度が異なることもある。したがって、一概に最適な打設速度は決められないのが現状である。

標準的には、5～10m/時間を目安としている。

(6) 沈降スライム量

連続地中壁杭の支持力を確保するためには、連続地中壁杭先端の沈降スライム量を管理項目とすることが挙げられる。沈降スライム量が厚いと、連続地中壁杭先端が設計先端深度に到達しないばかりか、設計で見込んだ先端支持力が発揮されず摩擦杭的な挙動により、連続地中壁頭部の沈下量が増大し、支持力・沈下量の両面で上部構造に影響を与える。したがって、設計の先端深度、杭先端荷重度、許容沈下量等から沈降スライム量の管理値を設定する必要がある。

沈降スライム量の測定には検尺テープなどを使用する。また、微細な粒子のスライムは安定液中に浮遊していることから、スライム厚さの管理は砂分率の測定による管理方法と併せて行う。

原則的には、沈降スライム量の管理値は設計者と協議した上で設定されるべきである。

表 - 5 . 2 . 1 7 連続地中壁杭（単独壁）の要求品質と品質管理方法

| 区分 | 管理目的 | 要求品質 | 管理項目 | 管理方法 | | 方法の信頼度 | | | 管理値 | 記録方法 | 計器・目視 | 自動 手動 | 重要性 | 管理分担 | | | |
|-------|----------------------|-------------|-----------|----------------------|------------|---------|----|-------------|----------|-------------|---------|----------|-----|------|-----|-----|--|
| | | | | 手法 | 頻度 | 高 | 中 | 低 | | | | | | 監理者 | 管理者 | 施工者 | |
| 寸法・形状 | 施工壁厚の確保 | 設計壁厚 | 掘削機械 | 掘削機の寸法（幅） | スケール | 始業前 | | | | 公称壁厚以上 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | | 掘削溝の鉛直性 | 掘削機の傾斜 | 内蔵傾斜計 1) | 随時 | | | | 施工計画書で規定 | 記録紙 | 計器 | 自動 | B | | | |
| | | | 掘削溝の寸法 | 掘削壁厚 | 超音波溝壁測定 | 全数 | | | | 公称壁厚以上 | 記録紙 | 計器 | 自動 | A | | | |
| | | | 打設時コンクリート | 打設コン天位置 | 検尺テープ | 1/4毎 | | | | 計画量 | 打設管理表 | 目視 | 手動 | A | | | |
| | 溝壁の安定保持 | 安定液 | 安定液の高さ | 検尺テープ | 全数 | | | | 施工計画書で規定 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | 比重・粘性・濾水量・ケーシング厚・砂分率 | | 各種検査 | 始業前 | | | | 施工計画書で規定 3) | チェックシート | 計器・目視 | 手動 | A | | | | | |
| 平面位置 | 建込み位置の確保 | 設計壁心 | 頭部壁心 | 設計壁心逃げ墨 | トランソット、テープ | 全数 | | | | 施工計画書で規定 | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | | |
| | 設計位置の確保 | 設計壁厚 設計心 | 掘削底の壁位置 | 壁心ずれ | 位置管理装置 | 抜取り | | | | 施工計画書で規定 | 記録紙 | 計器 | 自動 | A | | | |
| | | | | | 超音波溝壁測定 | 全数 | | | | 施工計画書で規定 2) | 記録紙 | 計器 | 自動 | A | | | |
| 壁体の品質 | 設計基準強度の確保 | コンクリート強度 | 受入れコンクリート | 呼び強度 | 試験練，強度試験 | 抜取り | | | | 設計基準強度以上 | 打設管理表 | 計器 | 手動 | A | | | |
| | | | | スランプ値 | スランプ試験 | 抜取り | | | | 施工計画書で規定 | 打設管理表 | 計器 | 手動 | A | | | |
| | | | 置換安定液 | 比重・粘性・濾水量・ケーシング厚・砂分率 | 各種検査 | 全数 | | | | 施工計画書で規定 | チェックシート | 計器 | 手動 | A | | | |
| | | | トレミー管 | 平面位置 | スケール | 全数 | | | | 施工計画書で規定 | チェックシート | 目視 | — | A | | | |
| | | | | 先端位置 | 検尺テープ | 全数 | | | | 施工計画書で規定 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | | 打設時コンクリート | 打設速度 | 検尺テープ | 全数 | | | | 施工計画書で規定 | 打設管理表 | 目視 | 手動 | A | | | |
| | 余盛高さ | 検尺テープ | | 全数 | | | | 施工計画書で規定 | 打設管理表 | 目視 | 手動 | A | | | | | |
| | 鉄筋強度の確保 | 設計配筋 | | 組立鉄筋籠 | 設計配筋 | 施工図との照合 | 全数 | | | | 施工図どおり | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | |
| | | 鉄筋強度 | 溶接部 | 鉄筋強度 | 要領書との照合 | 全数 | | | | 要領書どおり | チェックシート | 目視 | — | B | | | |
| 地盤支持力 | | 支持力確保 | 設計先端深度 | 掘削深さ | 掘削直後の先端深度 | 検尺テープ | 全数 | | | | 計画深度以上 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | |
| | スライム処理後の先端深度 | | | | 検尺テープ | 全数 | | | | 計画深度以上 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | |
| | スライム厚さ | | | 置換安定液の砂分率 | 砂分計 | 全数 | | | | 施工計画書で規定 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | |
| | | | | 沈降スライム量 | 検尺テープ | 全数 | | | | 施工計画書で規定 | チェックシート | 目視 | 手動 | A | | | |
| | 先端支持力 | 想定支持地盤 | 排泥の土質 | 柱状図との照合 | 全数 | | | | 想定地盤種類 | チェックシート | 目視 | — | A | | | | |
| | | | | ホーリング資料 | 全数 | | | | 想定地盤種類 | チェックシート | 目視 | — | A | | | | |
| | 周面摩擦力 | 想定地盤 | 排泥の土質 | 柱状図との照合 | 全数 | | | | 想定地盤種類 | チェックシート | 目視 | — | B | | | | |
| | 許容支持力 | 杭頭支持力 | 極限支持力 | 載荷試験 | 1本 | | | | 沈下量 | 報告書 | 計器 | 自動 | B | | | | |

重要性 A：必ず実施

管理分担：承認者

注1) 機種により異なる 2) 設計者と協議の上で決定 3) 循環方式で異なる

B：必要に応じて実施

：担当者

5.2.3.2 地盤改良

(1) 基本方針

- (1) 地盤条件、構造種別、基礎形式などを考慮して、改良地盤に必要な性能が確保されるよう改良方法、使用材料、改良範囲などの管理を行う。
- (2) 地盤改良に際しては、強度・耐久性・地盤環境上支障ない材料を適切に使用する。
- (3) 地盤改良による改良効果は、適切な調査法・評価法によって確認する。
- (4) 管理結果は、管理方法、重要性、役割・責任等を考慮して適切に記録し必要な期間保存する。

【解説】

1. 改良地盤における品質管理の基本

地盤の安定性が乏しい場合、基礎を工夫するより地盤に手を加えることが合理的になることは決して少なくない。しかし、改良地盤の品質は、改良前の自然地盤の品質・性状の変化及びばらつきに施工のばらつきが加わるので、自然地盤以上に品質・性状を的確に評価・確認することが必要となる。

このため、建築物のために地盤改良を採用する場合には、改良効果の確認方法が明確でなければならない。また、改良地盤を本設地盤として用いる場合は、建築物の供用期間と同程度の耐久性が確保できることを事前に確認しておくことが必要である。使用する材料は、耐久性や地盤環境上支障ない安全なものでなければならない。強酸性地盤や廃棄物地盤などを対象とする場合は、地盤によってはその化学的性質が特殊で使用材料との化学反応などにより改良機構、耐久性、安全性などに支障を生じるおそれもあり、十分な配慮が必要と考えられる。

セメント系固化材を用いた地盤改良工法を採用する場合、条件によっては土壤環境基準を超える六価クロムが溶出するおそれがあり、建設省所管工事を対象として平成 12 年 3 月 24 日付け建設省技調発第 48 号『セメント及びセメント系固化材の地盤改良への使用及び改良土の再利用に関する当面の措置について』および建設省技調発第 49 号『同運用について』の通達が各地方建設局宛に出され、各都道府県および政令指定都市、関係業界団体等に参考送付している（参考文献 5.2.26）。この通達に関連して、改良地盤に対する六価クロムの溶出量を求めるための試験方法などが示されており、固化材の種類などを適切に選定して環境上支障ないことを確認したうえで、上記の通達に該当する地盤改良工法が公共工事で採用されていると考えられる。また、このようなことを背景にして、環境問題に配慮した新しいセメント系固化材が開発されている。民間建築工事は、この通達の対象ではないが、セメント系固化材に対する環境問題の現状と今後の動きなどを踏まえて地盤環境に配慮することが望ましい。

土壤の汚染等に係る環境基準としては、環境庁告示 46 号（改訂平成 10 年）において、人の健康を保護し生活環境を保全するうえで維持することが望ましい基準が、カドミウム、全シアン、鉛、六価クロム、砒素、総水銀、アルキル水銀、PCB などに対して示されており、地盤改良に使用する全ての材料の組成・成分に対して十分配慮することが必要である。ただし、この基準は、汚染の原因が自然的原因であることが明らかな場合や対象とする化学物質の利用および処分を目的としてこれらを集積している施設に係る土壤には適用しないとなっていることに留意しなければならない。改良に使用

する主材料は、特別の場合を除くと無機系の材料が使用されているので特に支障はないと考えられるが、改良効果を調整するために微量の助材や添加材を加える場合にはこれらの成分等の影響についても十分検討しなければならない。地盤改良による環境問題としては、上述のセメント系固化材だけでなく、かつてはアクリルアミド系の注入薬液による地盤汚染の問題が取り上げられた経緯がある。これに関しては、昭和49年建設事務次官通達が出され、『薬液注入による建設工事の暫定指針』（参考文献5.2.47）で使用できる薬液が限定され、水質の監視方法などが示されていることにも留意しなければならない。この暫定指針も六価クロムの問題と同様、建設省所管の公共工事が主対象となっていると考えられるが、民間工事においても上記の暫定指針の内容を考慮して環境に配慮した適切な対応がなされていると考えられる。

改良地盤の支持力性能などの改良効果を評価する場合、自然地盤に対する調査結果と設計用地盤定数の関係を改良地盤にそのまま当てはめる場合が多い。しかし、自然地盤と改良地盤とでは、土性だけでなく応力状態などが一般に異なるので、自然地盤に対する種々の経験式の適用性についても検討が必要である。また、改良地盤の場合は、地層の違いに起因する品質の変化・ばらつきに加えて、同一の深度・地層であっても平面的な位置の違いによる品質の変化・ばらつきが生じる。このため、地層や調査位置、施工手順などが改良効果にとってどのような意味を持つのか、把握しておくことが重要である。

施工管理状況は、工程毎に自動計測して記録することが望ましい。特に、材料の供給と改良状況など、改良部分の品質と直結する重要な管理項目に関しては、極力自動計測して経過時間との関係を正確に記録・保存することが重要である。改良効果を確認するための調査法や評価法を構築するためには、管理指標、調査方法、調査時期、調査位置などの関係を明確にすることが必要である。以下、管理指標などを考える上での留意点を示す。

（1）管理指標

管理指標（調査指標）を設定するためには、設計で直接要求された性能を評価する指標か否か？積算上の数量等を確認するための仕様管理における指標か否か？などを明確にすることが重要である。要求された指標が正確に確認できれば合否判定につながり、管理指標が間接的であればあるほど施工者側の自主管理としての意味合いが強まることになる。支持力度や強度などの指標を試験で直接確認する場合、性能評価の目的や前提条件との関係を的確に把握しておく必要がある。改良深度や基礎の大きさを配慮することなく平板載荷試験で支持力を確認しようとすることや（例えば、コラム頭部で平板載荷試験をするなど）、コアの採取状況を知らずにコア強度を過信するといったことがないようにすることが重要である。強度試験や載荷試験のような本格的な試験、品質のおおよそが把握できる非破壊試験、施工管理データに基づく評価などを適切に組み合わせて、精度とコストを加味した管理システムを構築することが望ましい。

（2）調査手法

調査手法に関しては、どのような調査法でどのように機械・装置を用いるかという視点だけでなく、誰でも実施できる一般的な調査法か否か？自動計測か手動計測か？計器管理か目視管理か？結果の判定は専門家の高度な判定が必要か否か？などを考慮することが必要である。

(3) 調査時期

調査時期に関しては、改良効果の発現時期や改良原理を適切に考慮しなければならない。施工中や施工直後に改良効果のおおよそを把握する管理、設計上想定した材令で行う管理・検査まで様々である。固化系の地盤改良の場合、早期材令での強度確認が工程上必要となるケースが少なくない。養生温度を高めて強度発現を促進させ、早期に28日材令の強度を推定する研究も進められている。改良体の早期材令での強度確認を行うためには早期材令の強度と28日材令の強度に対する比を設定することが必要であるが、改良体の強度は同一材令であってもサンプリング時の材令とその後の養生方法などにも左右されるので、試験体の採取方法、養生方法、土質などを明確にすることが必要である。また、一般に改良体の深部ほど地温が高くなることなども考慮して、調査時期を適切に設定しなければならない。

締固め工法のように地中応力の増加などを目的とする改良の場合は、応力緩和・クリープ変形などの影響を考えなければならない。さらに、改良後の杭の施工によって応力解放等が生ずる場合には、その影響に関しても適切に評価しなければならない。その他、施工時に周辺地盤が乱される場合は、ダメ - ジの大きさや回復状況を考慮して管理時期を設定しなければならない。

(4) 調査位置

施工品質が深度・平面的にも違いうる改良地盤の場合、調査位置の選定が重要である。管理位置を、何時（設計、施工前、施工後）、誰（設計者、施工者、管理者等）が決めるかといった点も重要である。改良効果と施工手順との関係、改良効果と深度及び平面的な位置関係なども配慮しなければならない。コストなどの理由で多数の調査が困難な現状を考慮すると、施工管理結果（例えば、コラムの施工における圧力・流量計、深度計、電流計の測定結果）などに基づいて、施工の安定性を評価し、安定した集団、不安定な集団に対してそれぞれ適切な調査位置・調査数量を決めることが有用と考えられる。

(2) 深層混合処理工法

- (1) 地盤の成層状況などを考慮して必要とされる寸法・形状の改良体が確保できるように管理を行う。
- (2) 改良体に必要とされる強度等が確保できるように配合条件及び攪拌方法等を管理する。
- (3) 所定の攪拌条件が確保できるように固化材液の吐出量、攪拌翼の回転数、施工深度の管理を行う。
- (4) 改良地盤に必要とされる地盤支持力が確保できるように支持地盤の管理を行う。
- (5) 必要とする性能が確保されていることを確認するため、改良体の強度等の確認を行う。
- (6) 管理結果は、管理者、管理方法、管理値などとの関係がわかるよう適切に記録し保存する。

【解説】

1. 品質管理の基本的な考え方

(1) 工法の特徴

深層混合処理工法は、改良原理が現地土と固化材の攪拌混合であるため、改良体の品質は一定でなく、ある程度のばらつきを有している。このため、設計において許容する品質のばらつきの度合いが明確でないと、施工後に品質の良否を判断することが難しい。合理的な品質管理を実施するためには、設計において想定した品質のばらつきとその評価に関する考え方を十分理解しなければならない(参考文献5.2.21、5.2.22、5.2.48~5.2.50)。

適切な配合と施工は、深層混合処理工法の品質管理の基本であるが、両者のみで所定の品質を確保しているかどうかを判断することは難しい。これは、事前の地盤調査では地盤条件を確実に把握できない場合があること、地盤が均質でないこと、地中での攪拌混合状況を直接把握できないこと、攪拌混合の度合いが地盤の局所的な変化(地中障害物など)に大きく左右される場合があることなどのためであり、設計で想定している品質のばらつきの信頼性は必ずしも十分でない。このため、設計基準強度に対して配合強度を高めて高強度の改良体の築造を目指す。品質のバラツキが小さくできる均質な改良体の築造を目指す。検査数量を増やすなどして検査の精度を高めて確実な判定を行う。など、設計・施工・管理の各段階で信頼性のレベルを検討し、必要とする性能を確保するための管理方法をコストなどとの関係から個々に検討しなければならない。なお、品質管理の具体的な内容等に関しては、参考文献5.2.21に詳細に示されており、参照されたい。

(2) 品質管理の流れ

調査段階では、事前調査に基づいて敷地地盤の評価を行い、設計に必要な土質定数や類似地盤での施工実績を収集・分析することが必要である。設計段階では、基礎形式などの比較検討を行い、地盤改良の採用の適否を検討する。選定された工法に対して改良仕様を設定し、必要な固化材の種類・量、施工機種、施工仕様を検討する。固化材の配合量などの配合条件は、原則として配合試験に基づいて設定する。建物の重要度や改良規模によっては試験施工により改良効果を確認し、施工仕様を設定する場合がある。住宅等の場合で、既往資料に基づいて配合条件が設定できれば配合試験を省略することも可能である。

本施工では所定の施工仕様を満足する施工管理を行う。施工時には、改良体の寸法・形状、攪拌混

合方法、配合量等の管理を行う。品質検査は、設計上の要求性能が確保されたか否かを確認するために行うものであり、コア強度の抜取検査、実大規模の検査、その他の検査等がある。これらの検査により、改良効果を判定する。品質検査の検査指標としては、採取コアの一軸圧縮強さなどが基本である。均質でない改良体の品質を評価するためには、改良体の物性を正確に判断できる調査・試験方法を選択し、強度等の品質のばらつきを設計の要求性能に照らして合理的に評価する手法を用いることが必要である。

(3) 事前調査

地盤改良の施工に際しては、事前調査により、現地周辺の環境、地盤条件、施工環境などを把握し、工事を円滑に進めるための施工計画を立案しなければならない。品質管理は、施工計画に沿って実施することが必要であり、事前調査などに基づいた地盤評価が重要である。支持地盤の把握精度は、配合量の設定、施工管理での支持層確認など、品質検査の信頼性のすべてに係わっている。品質検査では、検査対象のコラム群を設定することが重要であるが、同一コラム群の地盤条件はほぼ同等であることの確認が重要である。このため、事前調査により地盤条件を正確に把握し、品質検査のコラム群を設定することが検査の信頼性を高めるうえで重要であろう。

(4) 配合管理

同一地盤であっても改良強度は土質により異なるので、設計対象とすべき地層を適切に選定し、配合強度・配合条件を設定しなければならない。所定の改良体強度を確保するためには、事前調査により把握した地盤条件と配合強度を考慮して固化材の配合条件を設定しなければならない。スラリー系の固化材を用いる場合、配合条件として 固化材の種類（一般軟弱土用、有機質土用・高含水比土用等） 配合量、 水/固化材比などであり、添加剤などが必要となる場合もありうる。

(5) 施工管理

深層混合処理工法の場合、施工中の仕上りを直接目視確認できないため、計器等の管理により所定の改良範囲と改良品質を確保しなければならない。改良範囲の管理とは、コラムが計画書に示される改良径・長さ、位置、数量等を有しているか否かを確認することである。改良体の品質の管理とは、攪拌状況や固化材の供給状況を深度計・回転計・流量計などを用いて自動計測することである。主な管理項目と管理内容を以下に示す。

寸法・形状の管理

施工機械を所定の位置に設置し、施工時に移動や傾斜が生じないように保持する。軟弱地盤では表層改良を施すなどして、施工機械の安定性を検討することが望ましい。寸法・形状の管理項目としては、攪拌径、改良長などがある。

固化材の管理

固化材の管理では、固化材液を所定の水/固化材比に管理することと、地盤に投入する固化材を所定の投入量（添加量）に管理することにある。固化材液は一般にプラントで製造され、使用する水や固化材の重量を計測することにより管理することが多い。袋詰めの固化材を使用する場合は、使用する袋数を管理することもあるが、袋数だけでは単位m当たりの吐出量を正確に把握することが困難であり、流量計などを用いて吐出量を絶えず管理することが重要である。添加量は、所定の水/固化材比の

スラリーを吐出量とロッドの昇降速度により管理することができ、改良深度 1 m 毎の添加量をスラリー吐出量 (l/min) とロッドの昇降速度により計算して施工時に即時表示することが望ましい。現状の固化材の管理では、比重や水/固化材比を施工段階で常時管理することができないので、吐出量と併せて固化材の比重や濃度などを同時に絶えず計測表示できるような計測技術の開発が望まれる。

攪拌混合度の管理

コラムの品質は、攪拌混合状況に大きく左右される。このため、攪拌中に共回りなどが発生して混合不良となる箇所が生じないように対策を施すことが重要である。攪拌混合度は、一般に軸回転数および掘進・引き上げ速度などで管理することが多い。攪拌混合度は、攪拌翼枚数、攪拌径と軸回転数および掘進・引き上げ速度から得られる羽根切り回数で評価することがあるが、同一の羽根切り回数であっても攪拌翼の間隔や形状などにより攪拌混合度が左右される可能性を認識しなければならない。

支持地盤の管理

施工中は、深度方向の地層の変化を把握し、事前調査により想定した状況と概ね一致するかどうかを確認することが重要である。地盤状況を把握し、事前調査によって推定した成層状態の変化と比較検討して、設計で要求された品質の確保にとって支障ないことを確認しなければならない。局所的な地層の変化や均質な攪拌混合の障害となりやすい礫や玉石などが存在する場合は、必要に応じて施工計画を再検討する。この管理は、掘削中のオーガの電流値またはトルクなどを用いることが多い。コア強度に基づく品質検査は、ほぼ同一の地盤条件とみなしうる土層毎に実施することになるので、事前の地盤調査結果と施工中の地盤状況の管理結果なども合わせて、品質検査における対象範囲をより的確に把握することが必要である。改良体の先端を支持層に貫入又は定着させようとする場合には、支持力性能を確保する上で、支持層の管理が特に重要となる。一般的な支持層の管理方法は、i) 地盤調査による支持層の等高線図、) 試掘による支持層の確認、) オーガの電流値またはトルク値による確認、) 所定の掘進速度が保持できないもしくは貫入できない地点まで掘進する、) 所定区間毎のエネルギー投入量による確認、などがある。支持層が傾斜している場合などは、詳細調査を実施して支持層の傾斜や平面的な分布を把握する。

頭部処理の管理

施工後にコラム頭部の位置を所定の仕上り天端に揃えるため、バックホーなどで頭部を切り取って処理することがある。この際、コラムが破損しないよう注意しなければならない。施工中のコラム頭部は、盛り上がる場合や沈降する場合があるので、強度発現が低い早期材令の内にバックホー等により頭部の仕上り状況を確認するなどして、施工時の掘削開始レベルを適切に設定しなければならない。

(6) 環境保全のための管理

施工による周辺環境への影響としては、地盤変動、水質調査、騒音、振動、地盤環境などがある。地盤条件や施工位置によっては、近接施工によって周辺の構造物に不同沈下などをもたらす恐れがあるので、施工中の計測により周辺地盤の挙動を把握するなど、必要に応じて周辺の構造物に及ぼす影響を施工前後のレベル測定等による確認することが望ましい。水質に関しては、pH (水素イオン濃度)、SS (浮遊物質)、濁度、水温、DO (溶存酸素)、COD (化学的酸素要求量)、透明度の調査を要することがある。騒音・振動の影響は、騒音・振動の大きさと現場からの距離、生活時間帯な

どの周辺状況により異なるので、施工時に発生する処理機やプラントなどの騒音・振動の大きさを把握して影響の程度を予測することが必要である。また、地盤環境問題に関しては、前節で示したように六価クロムの問題が取り上げられており、環境に配慮した固化材の選定などが望まれる。

(7) 品質検査

セメント系固化材を用いた地盤改良工法では、改良した部分に品質のバラツキが生じる。したがって、これを適切な方法で評価し、改良後の品質が設計の要求する性能を満足しているかどうかを確認しなければならない。改良体の設計基準強度は、通常、コアの一軸圧縮強さに基づいて設定されているので、採取したコア強度が検査指標となる。検査における合否は、コア強度の平均値やばらつきの大きさなどで評価することになるので、設計時に想定する強度と検査結果の関係が重要となる。

2. 品質管理における確認事項

深層混合処理工法に関する設計施工管理における基本的な考え方は上記に示しており、設計・施工の各段階で上記を満足するような管理が必要である。ここでは、設計及び施工の各段階で適切な管理をする上で確認しておくべき事項を以下に示す。

2.1 設計段階の確認

(1) 品質データの収集

調査段階では事前調査により資料収集や地盤調査を行い、設計に必要な土質データの他、類似地盤における施工実績などを収集することが重要である。改良効果は、配合量や地盤条件だけでなく、工法毎に独自性を有する攪拌翼や攪拌方法に左右される傾向があり、工法毎の実績に基づいて品質のばらつきなどを考えなければならない。品質のばらつきは、土質毎のコア強度の平均値や変動係数で評価することが多いが、評価に際しては採取したコアの数量、1m当たりの採取個数、ボーリングコアの採取率、コアの採取方法、コアの採取位置などの情報と併せて評価することが必要である。品質のばらつきに関して信頼できる情報を得るためには、既存資料が以下の条件を満足しているかどうかを確認することが重要である。

全長コアボーリングを土質毎に多数の現場で実施し、深度方向に改良体が一体として固結していることを確認した実績が豊富であること。好ましい攪拌混合状況としては、コア採取率を指標とした場合、1m当たりまたは全長当たりにつき概ね90%以上の状態で全体として一体に固結していること。

コアボーリングによるコア強度のばらつきなどの分析は、コアの採取位置や採取状況が明確で、かつ1m当たり3個以上採集したコアの強度試験結果により行われていること。

コア強度調査用のコラムの施工に際しては、電流計・深度計・回転計などにより、コラムの施工状況を自動計測し、その結果が標準仕様どおりであることを確認していること。

また、実際の施工において、既存資料が得られた施工条件（施工機械、施工手順、管理値など）が確保できるかどうかを設計段階で確認しておくことが望ましい。コラムの攪拌状況は、土質によってもかなり異なり、砂質系は一般に攪拌が容易でロームが攪拌しにくいとされており、ローム地盤での

施工品質に関する情報が工法の実績や信頼性を評価するために重要と考えられる。また、コラムの先端は、攪拌翼による攪拌機能が一般的に乏しい傾向があるので、先端地盤の支持力に強く依存する設計を行う場合などでは、先端部の攪拌性能に関する検討が必要である。

(2) 土質工学的性質の把握

配合条件や改良長などを設定するに際しては、地盤調査結果に基づく原地盤の成層状態と土質工学的性質の把握が特に重要であり、支持層や地層の傾斜など深度方向における土質特性の変化はもちろんのこと平面的な土質性状の変化を把握することが必要である。コアの品質検査では、層毎にコア強度が調査されるので、土質の種類・層厚の把握が検査の信頼性に影響を及ぼすことに留意しなければならない。また、被圧水など施工に影響を及ぼすような地盤条件を把握し、施工の適否についても適切に判断しなければならない。支持層が明確で支持力の多くが先端地盤に依存している場合は支持層確認が重要であり、実際の施工時の確認も比較的容易ではあるが、支持層が明確でなく中間層などに支持させるような場合は施工時における支持地盤の管理が難しいことがある。このような場合は詳細な地盤調査結果に基づいて、支持に余裕のある改良長や改良径を設定しておくことが望ましい。

配合条件を設定する際には、深度方向の土質の違いや平面的な地層構成を正確に把握した上で、設計対象層を適切に設定しなければならない。対象層の設定に際しては、深度方向の強度変化と最弱層の関係が重要である。一般には、最低値保証の考え方にに基づき、同一の配合量において強度発現が最も劣る層を最弱層とし、これを設計対象層とする場合が多い。なお、深度方向の強度変化は、同一配合・同一土質であっても、地下水位が浅いと深で改良体の強度が異なる場合があるので、地下水位の影響も考慮に入れて地層構成を判断し、設計対象層を設定することが重要である。

2.2 施工段階の確認

(1) 施工の安定度の把握

改良体の良好な品質を確保するためには、コラム毎に地層の変化や地中障害物の存在を適切に把握して管理に反映させるとともに、すべてのコラムを対象として、改良範囲、固化材の配合量、攪拌精度及び支持層への定着等に関する施工の安定性を、計器による管理データに基づいて判定することが重要である。このため、施工に先立って、深度計、電流計、回転計などの各計器のキャリブレーションを入念に行い、誤差等を把握しておく必要がある。施工の安定性を損なう要因としては、攪拌装置の回転数の不足、地中障害物による掘進不能、地盤が軟らかいため過大な掘進速度などがあげられる。この他、注入タンクのバッチ交換などの際、注入管にエアがわずかに混入するだけで吐出量が低下して、スラリー吐出量が不足することがある。施工時のトラブルなどで施工を停止せざるを得ない場合には、セメント量を多めに注入して再攪拌するなどの対処が必要であり、実績や経験に基づく判断が必要となる。コンクリートガラなどが大量に存在する場合には、施工位置、改良長、改良範囲などを設計者等と協議し、必要な対策を講じることが望ましい。

(2) 支持地盤の把握

施工中は、深度方向の地盤の変化を把握して支持地盤の管理を実施しなければならない。深度方向の地層の変化は、本施工に先だって事前調査や試験施工により把握しなければならないが必ずしも十分

でない。局所的な地層の変化や均質な攪拌混合の障害となりやすい礫や玉石などの存在を施工中に把握して、事前調査によって推定した成層状態の変化と比較検討し、設計で要求された品質の確保によって支障ないことを確認しなければならない。この管理は、掘削中のオーガの電流値またはトルクなどを用いる場合が多い。また、改良体の先端を支持層に貫入又は定着させようとする場合には、支持力性能を確保するうえで、支持層の管理が特に重要となる。

(3) 検査対象層

品質検査は、ほぼ同一の地盤条件とみなしうるコラム群毎に実施することになるので、事前の地盤調査結果と施工中の地盤状況の管理結果なども合わせて、品質検査の対象とするコラム群や検査の対象となる地層をよりの確に把握することが必要である。

(4) トラブルの要因

文献 7)では、深層混合処理工法におけるトラブルとして、硬質土層における貫入不良、障害物による施工不良、セメントスラリーのパイプ内の硬化、攪拌混合性能の把握不足による品質低下、作業中断による施工目地の発生、近接施工による既設構造物への影響、海上工事における水質汚濁、などが指摘されており、過去のトラブル事例などを十分考慮した管理が必要である。

(5) 品質検査

品質検査では、コアの一軸圧縮強さが検査指標となり、施工後のコラムからコアを必要数採取して強度確認を行うことになる。検査は、抜取検査が主体であり、設計で想定した品質のばらつきに基づいて検査方法を設定することになるが、検査数量が多く検査後に品質のばらつきが把握できる場合は、検査結果から求められる標準偏差、変動係数、平均値と当初想定した値を比較検討して、検査結果が設計の要求性能を満足しているかどうかを確認することが必要である。また、結果の評価に際しては、品質検査用の改良体の配置、配合量、ボーリング柱状図の位置などが既知であることが基本であり、個々のデータの信頼性を判断するための地盤情報をできるだけ入手して、施工記録と対比することが必要である。

2.3 品質管理分析シート

表 5.2.18 は、要求品質と管理対象などの関係を、5.2.3.1項の杭基礎と同様に区分してとりまとめたものである。個々の管理に際しては、上記の内容や地盤条件・構造物の用途・目的・管理の重要性などを考慮して、管理方法や管理値を適切に設定することが必要である。

表 - 5 . 2 . 1 8 深層混合処理工法の要求品質と品質管理方法

| 区分 | 管理目的 | 要求品質 | 管理対象 | 管理項目 | 管理方法 | | 信頼性 | | | 管理値 | 記録方法 | 計器 目視 | 自動 手動 | 管理項目 | 必要性 | 管理分担 | | | | | |
|-------------|-----------------------|---------|-----------------|-----------------|--------------------------|--------------------|----------------------|---------|---------|-----------|-----------------------|----------------|-----------|--------------------------|-------------|---------|-----|-----|--|--|--|
| | | | | | 手法 | 頻度 | 高 | 中 | 低 | | | | | | | 監理者 | 管理者 | 専業者 | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 寸法・形状 | 位置の確保 | コラム芯位置 | コラム芯 コラム芯セット | コラム芯位置 | トランシットで測量 | 全数 | | | | 計画位置 | コラム伏せ図 | 芯棒 | 手動 | コラム芯位置 | A | | | | | | |
| | | | | 芯セットの位置 | 芯にヘッドを合わせる | 全数 | | | | 10cm以内 | | 目視 | 手動 | 芯セットの位置 | B | | | | | | |
| | 設計寸法・形状 の確保 | コラム径 | 攪拌翼 | 攪拌翼の径 | スケールで測定 | 10日に1回 | | | | ±10mm以内 | チェックシート | スケール | 手動 | 攪拌翼の径 | A | | | | | | |
| | | | | 施工径 | 固化体径 | コラム頭部をスケールで確認 | 随時 | | | | 設計径-10mm 以上 | チェックシート | スケール | 手動 | 固化体径 | B | | | | | |
| | コラム長 | 掘削深度 | 掘削深度 | ヘッド先端深度 | 深度計 | 全数 | | | | チャート、磁気記録 | 深度計 | 自動 | ヘッド先端深度 | A | | | | | | | |
| | 傾斜 | 施工機リーダー | 鉛直度 | 鉛直度 | リーダーの角度計のチェック | 全数 | | | | 1/100以内 | 目視 | 角度計 | 手動 | 鉛直度 | A | | | | | | |
| 改良地盤 の品質 | 改良体の 設計基準強度 の確保 | 改良体の強度 | 改良体の強度 | 地盤 | 土質 地下水位の土質 周辺の地盤環境 | 土質調査報告書 土質調査報告書 | 1現場1カ所以上 1現場1カ所以上 | | | | 報告書 報告書 | 目視 目視 | | 土質 地下水位の土質 周辺の地盤環境 | A A B | | | | | | |
| | | | | 固化材 | 納品伝票 | 目視 | 納入毎 | | | | 写真管理 規定値の99% 以上 | 納品伝票 | 目視 | | 納品伝票 | A | | | | | |
| | | | | 固化材液 | 比重 | 比重計 | 1日1~2回 | | | | | チェックシート | 目視 | | 比重 | A | | | | | |
| | | | | | | 濃度 | 重量測定、袋数 | バッチ毎 | | | | ±2%以内 | チェックシート | 重量計 | 手動 | 濃度 | A | | | | |
| | | | | 添加量 | 添加量 | 添加量 | 流量計、速度計より計算 | 全数 | | | | 規定値以上 | 磁気記録 | パソコン | 自動 | 添加量 | A | | | | |
| | | | | | | 単位吐出量 | 流量計 | 全数 | | | | 規定値以上 | チャート、磁気記録 | 流量計 | 自動 | 単位吐出量 | A | | | | |
| | | | | | | 総吐出量 | 流量計 | 全数 | | | | 規定値以上 | チャート、磁気記録 | 流量計 | 自動 | 総吐出量 | B | | | | |
| | | | | | | 貫入速度 | 速度計 | 全数 | | | | 規定値以下 | チャート、磁気記録 | 速度計 | 自動 | 貫入速度 | A | | | | |
| | | | | 攪拌状況 (攪拌混合度) | 攪拌回数 | 軸回転数と速度計より計算 | 全数 | | | | | 規定値以上 | 磁気記録 | パソコン | 自動 | 攪拌回数 | A | | | | |
| | | | | | | 軸回転数 | モーターの設定値 | 現場搬入時 | | | | | チェックシート | 目視 | 手動 | 軸回転数 | A | | | | |
| | | | | | | 共回り防止機能 | 目視 | ヘッド交換時 | | | | | チェックシート | 目視 | 手動 | 共回り防止機能 | A | | | | |
| | | | | | | 貫入速度 | 速度計 | 全数 | | | | 規定値以下 | チャート、磁気記録 | 速度計 | 自動 | 貫入速度 | A | | | | |
| | | | | 強度確認 | 引き上げ速度 | 速度計 | 全数 | | | | 規定値以下 | チャート、磁気記録 | 速度計 | 自動 | 引き上げ速度 | A | | | | | |
| | | | | | | 対象土質 | 土質柱状図 | 対象コラム群毎 | | | | | チェックシート | 目視 | 手動 | 対象土質 | A | | | | |
| 対象コラム群 | 土質断面図 | 現場毎 | | | | | | | チェックシート | 目視 | 手動 | 対象コラム群 | A | | | | | | | | |
| 採取状況 | コア採取率判定 | コアポーリング | | | | | | | チェックシート | 目視 | 手動 | 採取状況 | A | | | | | | | | |
| 採取位置 | 頭部コア、コアポーリング | 仕様書による | | | | | | | チェックシート | 目視 | 手動 | 採取位置 | A | | | | | | | | |
| 試験数 | 試験数 | 仕様書による | | | | | 報告書 | 目視 | 手動 | 試験数 | A | | | | | | | | | | |
| 平均強度 | 材令、養生方法、試験機関 | 仕様書による | | | | 判定値を満足 | 報告書 | 試験器 | 手動 | 平均強度 | A | | | | | | | | | | |
| 地盤環境 | 土壌環境基準 | 化学的性質 | 有害性の調査 | 溶出試験 | 必要に応じて | | | | 基準値以内 | 報告書 | 試験 | 手動 | 有害性の調査 | B | | | | | | | |
| 地盤支持力 | 支持力の 確保 | 周囲摩擦力 | 掘削地層 | 対象土質 | 土質柱状図 | 対象コラム群毎 | | | | | チェックシート | 目視 | 手動 | 対象土質 | A | | | | | | |
| | | | | 先端支持力 | 攪拌状況 | 先端翼位置 | 深度計 | 全数 | | | | 所定深度、支 持層確認 | チャート、磁気記録 | 深度計 | 自動 | 先端翼位置 | A | | | | |
| | | | | | | 繰り返し回数 | 深度計 | 全数 | | | | チャート、磁気記録 | 深度計 | 自動 | 繰り返し回数 | A | | | | | |
| | | | | 土質 | 支持層確認 | 電流計、トルク計、柱状図など | 全数 | | | | 規定値以上 | チェックシート | 目視 | 手動 | 支持層確認 | A | | | | | |
| 許容支持力 | 鉛直・水平支持 | 許容支持力 | 載荷試験 | 0~数本 | | | | 規定値以上 | 報告書 | 試験 | | 許容支持力 | B | | | | | | | | |

重要性

A:必ず実施
B:必要に応じて実施

管理分担

:承認者
:担当者

(3) 締固め工法

- (1) 地盤の成層状況などを考慮して必要される寸法・形状の砂柱良体が確保できるように管理を行う。
- (2) 改良地盤に必要とされる強度・変形係数等が確保できるように使用材料や締固め方法等の管理を行う。
- (3) 所定の締固め条件が確保できるように材料の投入量・連続性、締固め度、深度の管理を行う。
- (4) 改良地盤に必要とされる地盤支持力が確保できるように支持地盤の管理を行う。
- (5) 必要とされる性能が確保されていることを確認するため、締固め効果の確認を行う。
- (6) 管理結果は、管理者、管理方法、管理値などとの関係がわかるよう適切に記録し保存する。

【解説】

1. 品質管理の基本的な考え方

(1) 工法の特徴 (参考文献 5.2.22)

締固め工法は、砂・碎石を地盤中に鉛直に打設して砂柱を築造するなどして、地盤を締固めて閉め地盤を占め閉め地盤の支持性能の向上を目指す地盤改良工法である。この工法は、土木工事を主体として、砂質土地盤や粘性土地盤の支持力増加、砂質地盤における液状化対策として実績を有しており、兵庫県南部地震ではこの工法による改良地盤上でも建物の沈下や傾斜といった被害がほとんど認められなかったことから、今後積極的に利用するケースが増加するものと考えられる。この工法は、振動や回転圧入などを利用して地盤中に強制的に砂柱を押し込む形となるため振動・騒音問題に難があり、市街地では採用しにくい面があったが、最近では静的に圧入する低騒音・低振動タイプのものも開発されており、地盤条件によっては他の基礎地業と比較して経済的かつ合理的なものになりうる。

しかし、設計及び品質管理に関しては、前節で取り上げた深層混合処理工法と比較すると、建築物の本設地盤として採用された例が少なく、技術的知見の収集・分析において不十分な面がある。そこで、ここでは、前節の深層混合処理工法における品質管理と対比させながら、本工法の品質管理の特徴と今後の課題などを示すことにする。

(2) 品質管理の流れ

締固め工法では、地盤状況に基づいて、供給材料の品質や供給量など適切に設定し、計画通りの締固め効果が得られるような砂柱を築造するための施工管理を行い、締固め効果の確認を行うことになる。

締固め効果は、土質、深度、改良前の事前N値、成層状態といった地盤条件だけでなく、使用材料の品質、供給状況に密接に係わっている。事前調査段階では、締固め効果の評価にとって重要な地盤調査を行い、土質定数を設定して類似地盤での施工実績などを収集・分析することが必要である。設計段階では、基礎形式などの比較検討を行い、地盤改良の採用の適否を検討する。使用する砂や碎石の粒度分布などの詳細を計画するとともに、品質が安定した材料が供給できるかどうかを検討しなければならない。

(3) 事前調査

締固め効果は、土質、事前N値などの地盤条件に密接に関わっており、効果予測の信頼性を高める

には改良前の地盤の成層状況などを詳細に把握することが必要である。改良後の効果確認では、砂柱中心や砂柱間のN値の増加状況で評価することが多いが、調査位置や調査結果などを考慮した施工全量に対する確認或いは推定が可能となるような調査が必要である。深層混合処理工法の場合と同様、改良効果が成層状態により異なるので、改良効果を予測する場合に重視した地層を設計対象層として、その地層の平面的な分布状況と層厚等の変化を把握することが必要である。締固め工法を液状化対策などとしても用いる場合は、設計対象層を限定せずとも、設計上の検討深度までの改良後の地盤調査結果に基づいて総合的に判定することも可能であるが、このような場合は改良後のN値の予測精度が土質や深度に対して十分でないと改良範囲全体に対して合否の判定を行うことが難しいことに留意しなければならない。締固め効果は、現地盤の細粒分含有率に密接に関わっているため、粒度構成を詳細に調査することも重要である。同一敷地で層厚が大きく変化するような場合は、地層構成などにより改良範囲をいくつかの設計対象群（砂柱群）に分けて、それぞれの群毎に効果確認を行うことが必要となるので、設計対象層を中心として成層状態を詳細に把握することが必要になる。

（４）材料管理

効果予測の信頼性を高めるには、供給する砂や砕石等の使用材料の品質管理も重要である。最近では、資源の有効利用の観点から、人工骨材、スラグ、貝殻等の廃棄物などの様々な材料を積極的に活用する試みもなされており、使用材料の特性に応じた品質管理が必要である。

使用材料の粒度構成などに基づいて、設計で要求する寸法形状の砂柱を得るため1本毎の総供給砂量と1m当りの砂量を適切に設定しなければならない。その際、成層状態によっては、砂柱の径を一定に制御することが難しい場合があるので注意を要する。使用材料の管理項目としては、原材料の種類、材料の比重、粒度分布、砂柱の径及び長さなどである。

（５）施工管理

施工中の砂柱の築造段階では、計器等で寸法・形状、使用材料の供給状況などを管理することになる。主な管理項目と管理内容を以下に示す。

寸法・形状の管理

施工機械を所定の位置に設置し、施工時に移動や傾斜が生じないように保持する。軟弱地盤では表層改良を施すなどして、施工機械の安定性を検討することが望ましい。寸法・形状の管理項目としては、砂柱径、砂柱長がある。砂柱径については、現状では示す材料の排出量に応じた砂柱の造成高さから間接的に管理することになるが、複雑な地層などの場合はより直接的に砂柱径を測定する技術開発や締固め度を直接管理する技術開発が望まれる。

使用材料の管理

使用材料の管理では、所定の材料の供給状況を計器で管理することが主体となる。供給する砂等の材料の品質（比重、粒度分布など）だけでなく、天候などに左右される現位置での資材管理も重要である。施工時には、所定の供給量を確保するため、単位深さ当たりの砂吐出量を深度計と流量計（砂面計など）を用いて管理することが基本である。

締固め効果の管理

施工時に締固め効果を管理することは本来重要であるが、本工法の場合、深層混合処理工法と異な

り、改良効果を判断するためには砂柱間の締固め効果も管理しなければならず、現状では事前の地盤調査と施工状況から間接的に管理せざるを得ない。また、施工範囲における砂柱の間隔や深度だけでなく、施工手順などによっても異なる可能性があるので、改良効果の予測だけでなく確認においては、これらの影響も十分考慮して設計条件や管理・確認方法を検討することが重要である。

支持地盤の管理

締固め効果は、土質や成層状況に依存しているので、施工中は深度方向の地層の変化を把握し、事前調査で想定した状況と一致するかどうかを確認することが重要である。地盤状況を施工中に把握し、事前調査によって推定した成層状態の変化と比較検討し、設計で要求された品質の確保にとって支障ないことを確認しなければならない。局所的な地層の変化や施工障害となりやすい礫や玉石などが存在する場合は、必要に応じて施工計画を再検討する。

この管理は、ケーシングを施工深度まで貫入する際の貫入抵抗から推定することが基本であり、現状では貫入速度を指標としているが、管理精度を高めるためにはケーシング先端部の抵抗をより正確に評価できる手法の開発が必要であろう。N値に基づく品質検査は、ほぼ同一の地盤条件とみなしうる土層毎に実施することになるので、事前の地盤調査結果と施工中の地盤状況の管理結果なども合わせて、品質検査における対象砂柱群をよりの確に把握することが必要である。砂柱体の先端を支持層に貫入させて高い支持性能を期待する場合は、支持層の管理が特に重要となる。一般的な支持層の管理方法は、i)地盤調査による支持層の等高線図、)試掘による支持層の確認、)貫入速度などによる確認、)所定の掘進速度が保持できないもしくは貫入できない地点まで掘進する。などがある。支持層が傾斜している場合などは、詳細調査を実施して支持層の傾斜や平面的な分布を把握する。

頭部処理の管理

施工後に砂柱頭部の位置を所定の仕上り天端に揃えるため、バックホーなどによる頭部処理を必要とすることがある。この際、目視等で砂柱の寸法形状や配置さらには周辺の締まり具合を確認することが必要である。砂柱上に基礎スラブを構築する場合は、砂柱と周囲の剛性などが異なるので表層部分だけでなく載荷範囲の転圧や締固めを入念に行い、不同沈下や局所的な荷重の集中が生じないような配慮が必要である。

環境保全のための管理

周辺環境への影響に関する管理は、深層混合処理工法の場合と概ね同様である。使用材料が一般的な砂・碎石の場合には、騒音・振動・地盤変動の管理が主であり、周辺に井戸等が存在する場合には水質の変化などにも注意を要する。特殊な人工材料や種々の廃棄物を用いる場合には、材料の成分・組成と当該敷地地盤の化学的性質の関係も十分考慮することが必要である。これらの点に関しては、5.2.3.2(1)に記述する土壌環境基準などに十分配慮して必要な対策を講じなければならない。

(6) 品質検査

締固め効果は、地盤の変化・ばらつきと施工の変化やばらつきの両者と密接に関わっているので、改良後の施工品質のばらつきを適切な方法で評価し、改良後の品質が設計の要求性能を満足しているかどうかを確認しなければならない。

設計対象層の事後N値は、事前のN値、対象層の厚さ、対象層の上部及び下部の土質やN値などにも左右されるので、事前の調査位置と事後の調査位置をほぼ同一の地点とするとともに、調査位置の柱状図が改良範囲を代表しうるかについても十分な配慮が必要である。成層状態や施工手順なども考慮して、検査対象となる砂柱群を区分して、群毎に効果確認することが必要である。

標準貫入試験は、通常はm毎に1個のデータしか得られないので、砂柱長が短く設計対象層が薄い場合や成層状態が複雑で施工時の支持地盤の把握が難しい場合には事後調査の数量をできるだけ多くするなど、効果確認の信頼性を高める工夫が必要である。基礎の大きさや地盤条件によっては、平板載荷試験により荷重～沈下関係を求めて許容支持力などの確認に反映させることも可能であるが、砂径・砂柱間隔、深度方向の土質等の変化、載荷板の大きさと実際に基礎底盤の大きさの関係などを考慮することが必要である。改良範囲の中央で載荷試験をする場合は周囲の密実な砂柱による拘束効果が期待できるが、実際の基礎底盤が大きいと実際の荷重状態を試験で再現することが難しい。このため、試験結果の評価に際しては、群杭的な効果や砂柱の配置と試験位置の関係などについても十分な配慮を要すると考えられる。

2. 品質管理における確認事項

締固め工法に関する設計施工管理における基本的な考え方は上記に示しており、設計・施工の各段階で上記を満足するような管理が必要である。ここでは、設計及び施工の各段階において管理をする上で確認しておくべき事項を以下に示す。

2.1 設計段階の確認

(1) 品質データの収集

調査段階では事前調査により資料収集や地盤調査を行い、設計に必要な土質データの他、類似地盤における施工実績などを収集することが重要である。改良効果は、砂柱径や地盤条件だけでなく、使用する材料の種類、粒度や成層状態に密接に係わっているため、実績に基づいて品質のばらつきなどを考えなければならない。品質のばらつきは、土質毎のN値の変化状況で評価することが多いが、評価に際しては施工時期と調査時期の関係、砂柱の施工手順などの情報と併せて評価することが必要である。品質のばらつきに関して信頼できる情報を得るためには、既存資料が以下の条件を満足しているかどうかを確認することが重要である。

調査用ボーリングを土質毎に多数の現場で実施し、深度方向に概ね一定の寸法形状の砂柱が築造されていることを確認した実績が豊富であること。

効果確認としての事前事後のN値のばらつきなどの分析は、細粒分含有率、深度、成層状態、土質、施工順序、施工時期と確認時期との関係、事前事後の調査位置との関係が明確で、かつ1m毎の詳細な標準貫入試験が行われていること。

効果確認用の標準貫入試験位置周辺の砂柱の施工に際しては、深度計・砂面計などにより、砂柱の施工状況を自動計測し、その結果が標準仕様どおりであることが確認していること。

また、実際の施工において、既存資料が得られた施工条件（施工機械、施工手順、管理値など）が

確保できるかどうかを設計段階で確認しておくことが望ましい。

設計施工では、m毎に一定の砂量を供給して、所定の砂柱径や砂柱長が得られることを前提としているが、打設した砂は、地盤を押し上げやすい層、即ち相対的に軟弱な層に集中しやすいので、施工後の砂柱径が深度方向で異なる可能性もある。このため、多層地盤と均一地盤においては、事前事後のN値の変化状況や締固め効果が異なることも考えられ、成層状況なども加味してm当たりの投入量や圧入力を適切に設定しなければならない。

(2) 土質工学的性質の把握

従前より締固め工法は港湾工事などを主体として用いられており、対象地盤としては、深度方向の地層の変化が少ない比較的均質な海性の粘土や沖積砂層、或いは埋立地がほとんどである。したがって、改良効果に関する既存資料のほとんどもこれらの地盤を対象とした事前事後のN値に基づいている。このため、陸生の粘土・砂層の場合とは傾向が異なることも考えられ、既往の資料との比較検討が必要である。陸性の地盤では、成層状態が複雑で局所的に極めて軟弱な層を有する場合や硬い砂礫層を有する場合があります、これらの影響に関しても適切に考慮して砂柱径や砂量を設定しなければならない。この工法は、地盤中に非排土状況で強制的に所定の寸法・形状の砂柱体を築造することを目的としているが、表層付近は深部と比較すると拘束条件などが異なり地盤の隆起や周辺の地盤変状が生じやすいので、改良効果と深度との関係についても十分な検討を要する。また、締固め効果は、改良範囲における地層を詳細に把握して、設計対象層の深度や厚さの分布を適切に設定することが必要である。また、被圧水など施工に影響を及ぼす可能性があるかどうかを事前調査などから把握して、施工の適否を判断しなければならない。

2.2 施工段階の確認

(1) 施工の安定度の把握

施工段階では、砂柱体一本一本毎に地層の変化や地中障害物等の存在を適切に把握して管理に反映させるとともに、全ての砂柱体を対象として、改良範囲、投入砂量、砂の排出量に応じた造成高さや貫入抵抗等に関する施工の安定性を、計器による管理データに基づき判定することが望ましい。このため、地中施工に先立って、深度計、砂面計などの各計器のキャリブレーションを入念に行い、誤差等を把握することが必要である。施工の安定性を損なう要因としては、単位m当たりの投入砂量の変動、地中障害物による貫入不能などがあげられる。この他、砂の排出不良で投入量が低下した場合には、ポップ・ヤケーシングパイプ内の砂抜け状態を改善して、再施工するなどの対処が必要である。施工時のトラブルなどで施工を停止せざるを得ない場合には、実績や経験に基づく判断が必要となる。

(2) 支持地盤の把握

施工中は、深度方向の地盤状況の変化を把握して支持地盤を管理しなければならない。コンクリートガラなどによる局所的な地層の変化やケーシングパイプ内の貫入障害となりやすい礫や玉石などの存在を把握して、事前調査によって推定した成層状態の変化と比較検討し、設計で要求された品質の確保に支障ないことを確認しなければならない。この管理は、砂を地盤中に投入する際の貫入速度の変化などで行う場合が多く、試験施工時の管理結果と地盤調査の関係を十分把握して、本施工の管理

に反映させることが必要である。また、砂柱体の先端を支持層に貫入させようとする場合には、所定の砂柱長や砂柱径による支持力性能の確保のために、支持層の管理が特に重要となり、支持層が確認できない場合は要求性能に照らした対策を講じる必要がある。

(3) 検査対象層

品質管理は、ほぼ同一の地盤条件と施工条件とみなしうる砂柱群毎に実施することになるので、事前の地盤調査結果と施工中の地盤状況の管理結果などを対比し、想定した地層断面の妥当性を確認することが基本である。このような施工データの分析によって、管理対象とする砂柱群や検査の対象となる地層をよりの確に設定することが可能となる(参考文献5.2.51)。

(4) トラブルの要因

参考文献5.2.11では、締固め工法におけるトラブルとして、細粒分含有率が高い場合の効果不足、粒度分布が悪い場合の効果、表層付近の改良効果、改良効果の遅延、振動騒音障害、砂礫による施工障害などが指摘されており、過去のトラブル事例などを考慮した管理が必要である。

(5) 品質検査

品質検査では、改良後のN値が基本的な検査指標となる。施工後の砂柱体に対しては、砂柱間のN値だけでなく、砂柱体自身のN値の評価も必要である。通常の場合は、設計で想定した品質のばらつきに基づいて検査方法を設定することになるが、検査数量が多く検査後に品質のばらつきが把握できる場合は、検査結果から求められる標準偏差、変動係数、平均値と当初想定した値を比較検討して、検査結果が設計の要求性能を満足しているかどうかを確認することが必要である。また、結果の評価に際しては、品質検査用の砂柱体の配置と調査用の事前事後のボーリング位置、施工手順の関係が既知であることが基本であり、個々のデータの信頼性を判断するための地盤情報をできるだけ入手して、施工記録と対比することが必要である。

締固め工法の場合は、深層混合処理工法と比較すると、品質の変化やばらつきなどに対する知見が十分集積されていないので、要求性能に応じた検査方法を確立することが今後の課題である。合否判定基準を適切に設定するには、複合地盤としての基礎の大きさを考慮した改良部と未改良部の荷重伝達機構など設計上の要求性能を明確にしたうえで、深層混合処理工法の場合と同様で、施工後の施工品質のばらつきと検査の信頼性を考慮した抜取検査方法を構築することが必要であろう。また、検査数量をどのように設定するかについても今後の課題である。

2.3 品質管理分析シート

表5.2.19は、要求品質と管理対象などの関係を、深層混合処理工法の場合と同様に区分してとりまとめたものである。個々の管理に際しては、上記の内容や地盤条件・構造物の用途・目的・管理の重要性などを考慮して、管理方法や管理値を適切に設定することが必要である。

表 - 5 . 2 . 1 9 締固め工法の要求品質と品質管理方法

| 区分 | 管理目的 | 要求品質 | 管理対象 | 管理項目 | 管理方法 | | 信頼性 | | | 管理値 | 記録方法 | 計器 目視 | 自動 手動 | 必要性 | 管理分担 | | | |
|------------|--------------|-------------|----------|----------|-----------------------|----------------|-------|--------|--------|--------------|--------|----------|----------|-----|------|-----|-----|--|
| | | | | | 手法 | 頻度 | 高 | 中 | 低 | | | | | | 監理者 | 管理者 | 專業者 | |
| 寸法 形状 | 位置 | 砂杭芯位置 | 砂杭芯 | 芯位置 | トランシットで測量 | 施工中は全数 | | | | 検査規格値：±100mm | 管理図に記入 | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | | 砂杭芯セット | 芯セットの位置 | 芯位置にケーシングパイプを合わせる。 | 検査は、1箇所4本/100本 | | | | | | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | 深 度 | 天端高 先端深度 | レベル | レベル | 打設記録の確認 | 全数 | | | | +規定しない、-0 | 自動記録 | 計器 | 自動 | A | | | | |
| | | | 打ち止め管理 | 打ち止め管理 | 打設記録の確認 | 全数 | | | | 貫入速度の低下 | 自動記録 | 計器 | 自動 | A | | | | |
| | 寸法・形状 の確保 | 砂杭径 | 単位砂量 | 直径 | 直径 | 砂量より換算 | 全数1m毎 | | | | 設計値以上 | 自動記録 | 計器 | 自動 | A | | | |
| | | | | 連続性 | 連続性 | 施工管理計 | 全数1m毎 | | | | 施工計画値 | 自動記録 | 計器 | 自動 | B | | | |
| 傾斜 | 砂杭長 | 単位砂量 | 砂杭長 | 砂杭長 | 施工管理計 | 全数1m毎 | | | | 設計値以上 | 自動記録 | 計器 | 自動 | A | | | | |
| | | | ケーシングパイプ | 鉛直度 | トランシットで測量または重錘 | 施工中適宜 | | | | 施工計画値 | 管理表に記入 | 目視 | 手動 | B | | | | |
| 砂杭体 の品質 | 砂杭体強度 | 材料特性 | 施工性 | 外観 | 観察 | 施工中適宜 | | | | 異物の混入がないこと | 管理表に記入 | 目視 | 手動 | B | | | | |
| | | | 砂粒度 | 種類、品質及粒度 | JIS A 1102,JIS A 1204 | 搬入前、採取地毎に1回 | | | | 粒径加積曲線の範囲設定 | 管理図に記入 | 計器 | 手動 | A | | | | |
| | 締固め度 | 密度 | 体積変化率測定 | 施工前 | | | | 施工計画値 | 管理図に記入 | 計器 | 手動 | A | | | | | | |
| | 地盤環境 | 土壌環境基準 | 特殊材料のみ | 水質 | 水質検査 | 必要に応じて | | | | 設計値以上 | 管理図に記入 | 計器 | 手動 | B | | | | |
| 地盤支持力 | 締固め効果 | 砂杭締固め度 | 砂杭芯N値 | 単位砂量 | 施工管理計 | 全サイクル毎 | | | | 施工計画値 | 自動記録 | 計器 | 自動 | A | | | | |
| | | | | 施工順序 | 施工図 | 全数 | | | | 施工計画値 | 管理図に記入 | 目視 | 手動 | B | | | | |
| | | | | 施工時期 | 施工図 | 全数 | | | | 施工計画値 | 管理図に記入 | 目視 | 手動 | B | | | | |
| | | | | 対象土質 | 設計図書 | 1m毎 | | | | 設計による | 管理図に記入 | 目視 | 手動 | B | | | | |
| | | | | 対象砂柱群 | 設計図書 | 数百本毎 | | | | 設計による | 管理図に記入 | 目視 | 手動 | B | | | | |
| | | | | 試験数 | 施工計画書 | 必要数 | | | | 施工計画値 | 管理表に記入 | 目視 | 手動 | A | | | | |
| | | | | 平均N値 | 設計図書 | 設計ブロック毎 | | | | 設計値以上 | 管理図に記入 | 計器 | 手動 | A | | | | |
| | | | | 砂杭間締固め度 | 砂杭間N値 | 単位砂量 | 施工管理計 | 全サイクル毎 | | | | 施工計画値 | 自動記録 | 計器 | 自動 | A | | |
| | 施工順序 | 施工図 | 全数 | | | | | | 施工計画値 | 管理図に記入 | 目視 | 手動 | B | | | | | |
| | 施工時期 | 施工図 | 全数 | | | | | | 施工計画値 | 管理図に記入 | 目視 | 手動 | B | | | | | |
| | 対象土質 | 設計図書 | 1m毎 | | | | | | 設計による | 管理図に記入 | 目視 | 手動 | A | | | | | |
| | 対象砂柱群 | 設計図書 | 数百本毎 | | | | | | 設計による | 管理図に記入 | 目視 | 手動 | B | | | | | |
| | 試験数 | 施工計画書 | 必要数 | | | | | | 施工計画値 | 管理表に記入 | 目視 | 手動 | A | | | | | |
| | 平均N値 | 設計図書 | 設計ブロック毎 | | | | 設計値以上 | 管理図に記入 | 計器 | 手動 | A | | | | | | | |
| 支持力 | 許容支持力 | 鉛直・水平支持力 | 許容支持力 | 載荷試験 | 必要数 | | | | 設計値以上 | 管理図に記入 | 計器 | 手動 | B | | | | | |

重要性 : 必ず実施

管理分担 : 承認者

B : 必要に応じて実施

: 担当者

5.2.3.3 戸建住宅等の基礎

- (1) 敷地の履歴、地形、地質、擁壁・崖面の有無などを適切に考慮して、地盤の支持性能を評価する。
- (2) 構造種別、地盤条件、敷地条件などを考慮して、基礎の構造方法を設定し適切に管理する。
- (3) 基礎に必要な強度・剛性等を確保するため、寸法・形状、配筋等の管理を行う。
- (4) 基礎に必要な地盤支持力を確保するため、根入れ深さ、転圧等の支持地盤の管理を行う。
- (5) 管理結果は、管理方法、重要性、役割・責任等を考慮して適切に記録し必要な期間保存する。

【解説】

1. 住宅基礎の基本的な考え方

1.1 技術基準の現状

戸建住宅等の基礎の設計施工に関しては、これまで法令上の規定は少なく、住宅金融公庫の標準仕様（参考文献5.2.52）や性能保証住宅設計施工基準（参考文献5.2.53）、小規模建築物の基礎設計の手引き（参考文献5.2.9）などによるところが多かった。しかし、平成10年の建築基準法の改正に伴い、住宅を含む基礎の構造方法や構造計算の方法が明確に規定された。また、敷地の安定性を考える上で重要な擁壁についても、建築基準法の改正により構造方法や構造計算の方法が明確に規定されることになった。

木造の建築物の場合、改正前の建築基準法令42条において、特定行政庁が指定する軟弱地盤は有筋とすることを規定していたが実際に指定されるようなことはほとんどなく、鉄筋のかぶり厚さの問題を除くと、布基礎であれば寸法・配筋に規定はなく無筋でも仕様上は許容していた。このため、実務では地盤に応じた適切な寸法・配筋が必要と考えられており、前述の公庫仕様などを参考にした仕様の実況に応じて設定されていたと考えられる。今回の改正（参考文献5.2.54）では、基礎の構造方法に関する告示1347号が新設されることになり、地盤の許容支持力に応じた構造方法が規定され、布基礎やべた基礎の寸法・配筋が明確となった。また、地盤の許容支持力を評価する場合、基礎の周辺に擁壁が存在すると擁壁の影響を考慮することが必要であるが、改正前の令第142条では、腐らない材料を使用することなど基本的な構造方法が規定されているにすぎず、土圧等に対する擁壁の安全性を確認するために必要な構造計算や構造方法は明確ではなかった。構造方法が不明な擁壁や構造計算による安全性の確認が難しい擁壁の場合、擁壁自体の孕み出しや崩壊だけでなく背面上の住宅に障害をもたらすことがあり、住宅の基礎に対する地盤の許容支持力を適切に評価することが難しい。このため、擁壁に関しても、令142条等の改正と告示1449号が新設され、構造方法と構造計算の方法が規定され、宅地造成等規制法における鉄筋・無筋コンクリート造や練積み造擁壁の技術基準を適用することになった。

また、これらの新たな規定は、5.2.1項、5.2.2項で示したように、建築基準法と併行して、住宅の品質確保の促進等に関する法律（以下、品確法）（参考文献5.2.7）が創設され、全ての新築住宅で構造耐力上主要な部分（基礎を含む）に対して10年保証が義務化されたことにも密接に係わることになる。住宅を対象とした基礎・地盤の品質管理を適切に行うためには、今回の改正における基礎や擁壁の構造方法などに関する規定の内容とその背景を理解することが必要であり、以下に

その概要を示す。

1.2 基礎の構造方法

(1) 基礎の構造方法

基礎の構造方法には、基礎杭、べた基礎、布基礎などがある。基礎杭を使用する場合は、建築物の荷重を深部の地盤で支持できるので、基礎スラブ付近の地盤状況に無関係に使用できるが、布基礎やべた基礎では基礎底面付近の地盤の支持性能や上部構造に見合った寸法・形状と配筋が必要になる。新規の告示1347号により、非常に規模の小さい建築物や地盤が特に良好な場合を除き、原則として有筋の布基礎またはべた基礎を採用することが規定された。そして、特別な構造計算により安全性などを確認できる場合を除くと、べた基礎は長期許容支持力度が 20kN/m^2 以上、布基礎は 30kN/m^2 以上の場合に限って適用できることになった。なお、ここでいう地盤の長期許容支持力は、改良地盤では改良後の値である。地盤改良を用いる場合は、改良後の許容支持力が基礎形式に応じて規定されている値以上で、かつ個々の設計で必要とする支持力が確保されていることを改良形式や地盤条件を考慮して確認しなければならない。改良後の許容支持力とは、改良部分や未改良部分の強度・剛性の違い、改良地盤を支える地盤の支持性能、基礎の設置範囲などの関係を考慮して、基礎底面が接地する部分の地盤の許容応力度を平均化したものである。深層混合処理工法や浅層混合処理工法を採用する場合、『建築物のための地盤改良の設計及び品質管理指針』（参考文献5.2.21）に基づく設計・品質管理を行えば改良後の許容支持力は規定された値以上となり、布基礎、べた基礎、さらには独立基礎の場合であっても用いることができる。

図5.2.9には、布基礎やべた基礎の寸法・配筋、立上り部分の高さなどに関する規定を示す。また、立上り部分には、湿気などを防止するため換気口が設けられるが、周辺にひび割れや亀裂が生じやすいことを考慮し、9mm以上の鉄筋で補強することが規定された。

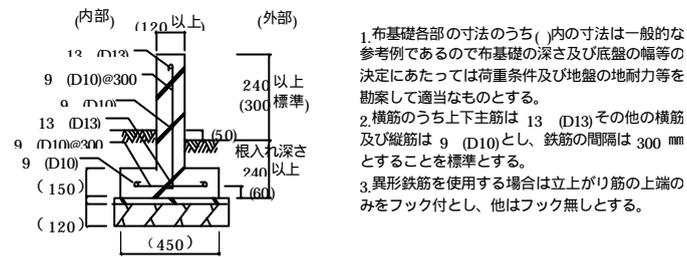
(2) 有筋と無筋の基礎

基礎が無筋の場合と有筋の場合では、構造耐力はもちろん、通常予測しない事由で地盤沈下などが発生した場合でも上部構造に及ぼす影響がかなり異なる。図5.2.10（参考文献5.2.55）は、住宅周辺の掘削工事に起因する地盤沈下が木造住宅に及ぼす被害を布基礎の有筋と無筋で区別して整理したものである。全体的に見ると、傾斜角が $3/1000$ を超えると被害度が大きくなり、特に無筋基礎では $6/1000$ を超えると半数近くに大きな被害が見られる。一方、有筋基礎は傾斜が大きくなっても無筋基礎に比べて構造的な被害が少ない。無筋の基礎の場合は、基礎の損傷に伴って上部構造が変形して構造物や内外装材などに障害が生じやすく、基礎の有筋化により基礎梁の耐力・剛性を高めることによって沈下障害などの被害を軽減できると考えられる。

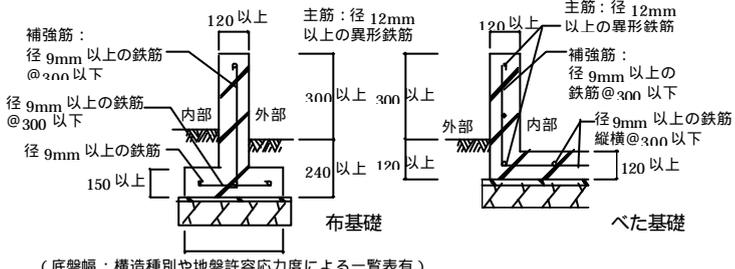
住宅の沈下障害は、粘性土を主体とした軟弱地盤（参考文献5.2.56）や掘削工事の他、地震時の砂質土地盤における液状化によっても生じうる。液状化などの地盤変状による基礎の被害例では、無筋の布基礎の場合は立上り部分のひびわれ幅が1cm程度となる場合も多く、土間コンクリートと基礎だけでなく、外壁や梁にも繋がる著しい損傷が生じた例もあるが、基礎の配筋等が適切であれば軽微な損傷に留まっているケースも多い。兵庫県南部地震では、芦屋浜シーサイドタウンで液状化によ

る沈下障害(参考文献5.2.57)が数多く認められた。このうち、鉄骨造2階45棟の調査住宅では約半数で10/1000を超える傾斜が生じていたが、基礎の構造被害は軽微であった。これは、基礎高さ約900mm、基礎の立上り幅150mm、主筋D16と高規格であったことや構造計算で基礎の安全性を確認しているためと考えられる。ただし、北海道南西沖地震では、梁せいが1600mm程度と相当高規格にあるに係わらず、布基礎が一体に繋がっていないため、液状化によって基礎が破断した例(図5.2.11参照)があり(参考文献5.2.55)基礎を釣り合いよく配置することが重要と考えられる。

なお、過去の地震による基礎の被害状況を考慮すると、コーナー部が損傷しているケースも多く、アンカー筋の定着やコーナー部の補強筋の配置を確実にするとともに、必要に応じてハンチ部などを設け補強することが望ましい。



(a)住宅金融公庫 参考布基礎詳細図(平成12年度版)より



(底盤幅: 構造種別や地盤許容応力度による一覧表有)

(b)建築基準法告示1347号(平成12年)より

図 5.2.9 布基礎及びべた基礎の構造方法

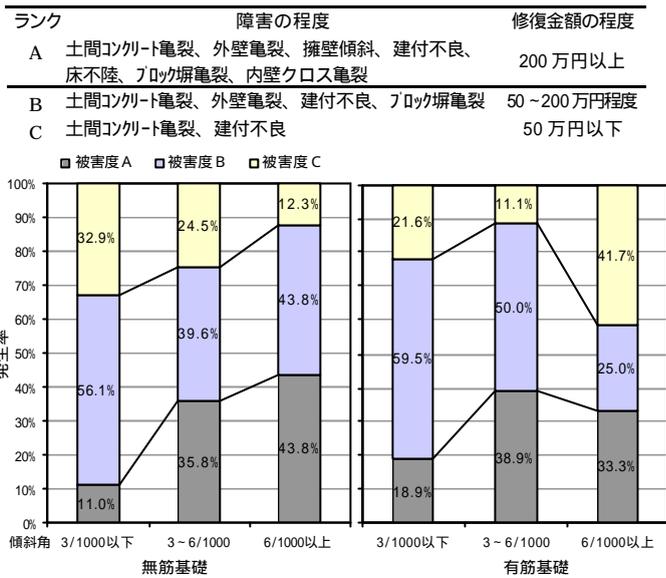


図 5.2.10 傾斜角と被害度の関係

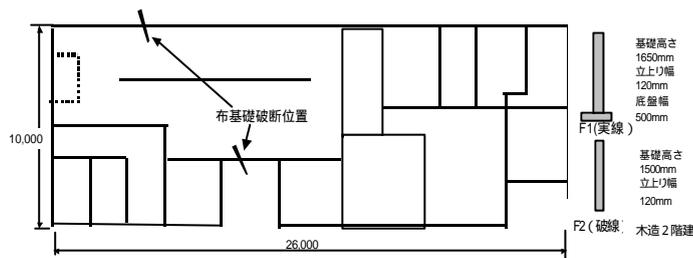


図 5.2.11 地震による基礎の破断例（基礎伏せ図）

(3) 基礎の構造計算

前述の告示第1347号第一で規定されている構造方法以外の構造方法を採用する場合、特別な構造計算を必要とする。したがって、独立基礎の場合や基礎の寸法や配筋などが告示に規定されている範囲外となる場合などが対象となる。この構造計算では、建築物、敷地、地盤その他の基礎に影響を与えるものの実況を正確に把握したうえで、自重等による圧密沈下や即時沈下の検討を行い、建築物又は建築物の各部分に有害な損傷、変形及び沈下が生じないことを確かめなければならない。これらは、通常の構造計算を行う場合でも検討することが望ましい事項ではあるが、独立基礎や特別な構造方法の基礎の場合には、盛土等の宅地造成などに関連する荷重や地下水位の変動の可能性、擁壁を含む敷地の安定性の問題など、簡単な敷地調査・地盤調査だけでは判断できないことに関してもその影響を適切に把握することが特に重要と考えられる。構造計算においては、基礎を含む構造耐力上主要な部分の各部に生じる応力度が許容応力度以下であることの確認に加えて、住宅の総沈下量や傾斜が安全性の観点からだけでなく、機能・使用性の観点からも支障ないことの確認が必要である。なお、告示1347号第一で規定している構造方法に関しては、根入れ深さや立上り高さなど構造計算だけでは対処で

きない事項があることに留意しなければならない。

軟弱地盤上に厚く盛土した場合には、盛土時期や軟弱層の性状からみて圧密沈下の終了の有無や残留沈下量の影響についての配慮が必要である。沈下観測結果などから考えると、軟弱地盤を盛土した場合は地中応力の大きさを反映して盛土端部より中心側の沈下量が大きくなり、住宅が盛土中央に向かって傾斜しやすい状況にある。このため、盛土端付近に住宅が位置する場合は、盛土厚や軟弱層厚などを考慮して不同沈下や傾斜のおそれがないよう盛土後の放置期間などについても適切に考慮しなければならない。

また、軟弱地盤では、地下水位低下による圧密沈下の影響も必要に応じて検討しなければならない。これらの検討を行うためには、簡単な敷地調査・地盤調査だけでは判断できないので、敷地の状況によっては特別の調査試験を要すると考えられる。

(4) 基礎の構造方法と地盤評価の基本的な考え方

戸建住宅等の基礎の構造方法を適切に評価するためには、地盤の許容支持力等を適切に評価することが重要である。この許容支持力等は、建築基準法告示 111 号や関連する各機関の技術指針類に基づいて評価することになるが、住宅を対象とした場合は、通常の平坦地盤を前提にした地盤調査結果に基づく支持力評価だけでは不十分な場合があり、敷地の状況などを十分勘案して検討することが重要である。

表 5.2.20 には、戸建住宅の基礎の構造方法と地盤評価に関して基本的な考え方の例を示す。

地盤 は、敷地調査・周辺調査に基づいて基礎の構造方法が設定できる場合である。当該宅地の履歴や利用状況が明らかで、かつ、当該建物と同等の規模の周辺建物の基礎が極く一般的なもので不同沈下などの障害が認められない場合には、当該敷地の地盤の長期許容応力度としては概ね 30kN/m^2 は期待でき、一般的な仕様の布基礎やべた基礎を採用することも可能である。

地盤 は、一般的な地盤調査と敷地調査に基づいて地盤の許容応力度を評価することが可能な地盤である。この場合は、スウェーデン式サウンディングなどによる当該敷地の地盤調査を前提にして、基礎の構造方法を設定できる。スウェーデン式サウンディングは、住宅を対象とした地盤調査として最も一般的に行われている方法である（参考文献 5.2.58 及び 5.2.59）。ただし、住宅周辺に既存擁壁が存在する場合、液状化のおそれがある場合、新規の造成地盤の場合などでは、慎重な対応が必要である。

地盤 は、宅地の造成方法が特別な場合や不明な場合、敷地周辺に構造や安定性が不明な擁壁などが存在している場合など、専門家による別途の検討を要するような地盤である。

なお、上表は基本的な考え方を例示したものであり、当該地域・地盤の特徴や周辺の沈下障害事例などに基づいて、特別の軟弱地盤対策を要するかどうか判断できる簡易なフローチャートなどを今後確立させることが必要である。また、液状化に関しては、液状化の判定方法や対策等に関する基本的な考え方が参考文献 5.2.1、5.2.9 及び 5.2.60 などに示されており、想定する地震力に対する要求性能の観点から必要な対策を講じることが重要である。

表 - 5 . 2 . 2 0 戸建住宅等の基礎の構造方法と地盤評価に関する考え方の例

| 地盤の種類 | 基礎の構造方法と地盤評価 |
|-------|---|
| 地盤 | <p>地盤の許容支持力を詳細な敷地調査などにより 30kN/m² 程度に設定することができ、告示 1347 号に規定された基礎の構造方法を採用することができる場合。 ただし、この場合には、敷地調査などにより下記の各項目のいずれも満足することを確認することが必要と考えられる。</p> <p>既存宅地である場合 一般的な布基礎を採用している周辺住宅に沈下障害が認められない場合。 基礎の配置などで特に偏りがない場合。 住宅の近傍（頂部から背面側に壁高の 1.5 倍以内）に擁壁が存在しない場合 （擁壁の構造方法が宅地造成等規制法に準拠したものであり、擁壁の積載荷重が住宅荷重以下で安定性が評価できる場合、または住宅荷重を擁壁に作用させない場合を除く） 住宅近傍に既存不適格擁壁や増積み擁壁が存在しない場合。 切土・盛土をしない場合（構造計算等で安全性が確認できる場合は除く） 過去に周辺で地盤災害が生じていない場合 液状化のおそれがない場合 地中にコンクリートガラや廃棄物などが存在しない場合 既存の布基礎等の撤去等に関して、埋戻しや転圧が適切であることを確認した場合</p> |
| 地盤 | <p>スウェーデン式サウンディングに基づいて地盤の許容支持力を評価することが可能であり、それに基づいて告示 1347 号の構造方法を採用することができる場合。ただし、地盤に該当する場合を除く。なお、下記のいずれかに該当する場合、構造計算や敷地調査結果などに基づく別途の検討を要する。</p> <p>基礎の配置などで偏りが存在する場合。 住宅の近傍（頂部から背面側に壁高の 1.5 倍以内）に擁壁が存在する場合 （擁壁の構造方法が宅地造成等規制法に準拠したものであり、擁壁の積載荷重が住宅荷重以下で安定性が評価できる場合、または住宅荷重を擁壁に作用させない場合を除く） 新規の造成地盤（盛土地盤など）の場合 過去に周辺で地盤災害が生じている場合 液状化のおそれがある場合 地中にコンクリートガラや廃棄物などが存在する場合</p> |
| 地盤 | <p>地盤調査のみによる地盤の許容応力度の評価だけでは不十分で敷地調査などに基づく専門家の判断を要する場合。具体的には、下記にいずれかに該当する場合などがあげられる。</p> <p>住宅の近傍（頂部から背面側に壁高の 1.5 倍以内）に構造方法や耐震性などが不明な擁壁が存在する場合 新規の造成地盤で造成情報が不明な場合 盛土地盤などで端部すべり等の検討がなされていない場合 盛土荷重などによる圧密沈下が終了していない場合または終了が確認できない場合。 液状化のおそれがある場合で、液状化対策が技術的・経済的に困難で採用できない場合 広域地盤沈下や崖くずれなどの地盤災害・土砂災害のおそれがある場合。 基礎の配置や建物荷重に著しい偏りが生じる場合。 地中に通常予期しないコンクリートガラや廃棄物などが存在する場合</p> |

1.3 擁壁の構造方法

(1) 擁壁の構造計算と宅地造成等規制法

斜面地などで宅地を造成する場合、自然のがけ面や盛土・切土に伴って生じるがけ面を擁壁で覆うことによって敷地の安定性を図ることがある。擁壁を必要とするかどうかは、がけ面の角度や土質によって異なり、必要とする壁高や壁の勾配などを考慮して様々な構造方法の擁壁が用いられている。擁壁の種類は、大別して、構造計算が適用できる鉄筋コンクリート造や無筋コンクリート造と、背面の土質や擁壁の勾配などに応じて壁高や根入れ深さなどの仕様が設定されている練積み造擁壁の2つに大別できる。練積み造とは、石積み擁壁の背面をコンクリートで一体化したものの総称である。

建築基準法における擁壁の技術規定は、従来より建築基準法施行令第142条に示されていたが、今回の改正で令第80条第2項及び令第139条第3項に基づき、建設大臣が定めた構造計算を行うことが明確になった。その構造計算の方法は、告示第1449号で規定され、宅地造成等規制法施行令第7条の鉄筋コンクリート造や無筋コンクリート造の擁壁に対する構造計算の方法を準用することとなった。なお、令第142条では高さ2m以上の擁壁を対象としており、これは改正前と同様である。

擁壁の構造計算に関しては、従来でも壁高が2mを超えると、鉄筋コンクリート造等の擁壁の場合は構造計算あるいは構造計算に基づいた標準図集によることが一般的であり、その他の擁壁の場合は標準構造図によることがほとんどであった。しかし、構造計算の方法に関する規定が明確でなかったため、宅地造成等規制法、道路土工指針、建築基礎構造設計指針（日本建築学会）などに準拠して様々な方法で検討されていたと考えられる。今回新設した告示第1449号により、擁壁の構造計算は宅地造成等規制法施行令第7条の鉄筋コンクリート造等の擁壁に対する構造計算の方法に基づくことが明確となった。ただし、宅地造成等規制法では、同法に基づく擁壁で覆わなければならない崖面を宅地造成等規制法施行令第3条において、高さ2m以上の切土、高さ1m以上の盛土、高さ2m以上の切盛土としており、壁高2m以上の擁壁を対象とした建築基準法とは適用範囲が異なることに留意しなければならない（図5.2.12）。壁高2m未満の盛土を対象とする擁壁の場合、建築基準法では擁壁の構造方法や構造計算についての規定はないことになるが、盛土厚さ1mに相当する盛土重量は住宅重量の2倍以上に達するので、壁高が2m以下であっても擁壁の安定性や地盤沈下などに対して十分な配慮が必要と考えられる。なお、建築基準法では、擁壁の設置を必要とするがけ面の角度、上部と下部の多段擁壁となる場合の壁高の評価方法は必ずしも明確ではないが、宅造法では擁壁の設置を必要とする崖面を地表面が水平面に対して30度を超える角度をなす土地（硬岩盤は除く）となっており、宅地防災マニュアルで擁壁を近接して設置する場合の考え方が図5.2.13として例示されている。また、宅地造成等規制法においては、切土に対して擁壁へ覆う必要のある崖の高さが背面の土質に応じて図5.2.14のように規定されており、必要に応じて参照されたい。また、宅地造成等規制法（参考文献5.2.61）に基づく擁壁の設計施工管理に関しては、平成元年経民発第24号で宅地防災マニュアルが通達されており、宅地防災マニュアルの解説（参考文献5.2.24）及び宅地防災マニュアル事例集（参考文献5.2.25）にまとめられているので参考になる。

(2) 擁壁の耐震性と擁壁の地震被害

建築基準法における擁壁の構造計算の方法は、前述したように宅地造成等規制法施行令第7条の構

造計算を準用することとなったが、この構造計算は、長期の許容応力度に対するものであり、耐震に関する事項は特に規定されていない。しかし、規模の大きい擁壁では耐震性の検討が一般的となりつつあり、前述した宅地防災マニュアルでは中地震と大地震の両者を想定した擁壁の安定計算や壁体の構造計算の方法を規定しており、これらを参考に耐震性の検討を行うことが望ましい。なお、このマニュアルでは、兵庫県南部地震の宅地被害調査結果（参考文献 5 . 2 . 62）などを参考にして、中地震及び大地震時のそれぞれにおいて基準水平震度をそれぞれ 0.20、0.25 とし、これに地域係数 (0.7~1.0)、地盤種別係数 (0.8~1.2)、重要度係数 (0.9~1.0) を乗じて設計用水平震度を求めることが提案されている。

過去の地震被害などでも、壁高 1m 程度の石積み擁壁の変状により背面の住宅に傾斜等が生じたケースが数多く認められている。空積み擁壁の近傍に基礎を設置すると、住宅重量に起因する水平力が擁壁頂部に作用し石の脱落や孕み出しが生じやすく要注意である。石積み造の場合は、一般にコーナー部が弱点となり、過去の震災でもコーナー部の主働土圧領域でずれや脱落が生じているケースが多く、コーナー部に関してはハンチ状にコンクリートで一体化するといった配慮が望ましい。また、既存の石積み擁壁の直上にブロック造の擁壁を増積みして敷地の有効利用を目指す場合があるが、このような増積み擁壁（図 5 . 2 . 15）では孕みだしや崩壊などが特に生じやすいので、一体の擁壁として土圧に対する抵抗機能を確保しているどうかを確認することが必要である。支持力機構が異なる 2 つ以上の基礎形式で建築物を支持する異種基礎の場合に特別な構造計算を要することと同様、擁壁の構造方法が上下や左右で異なる場合、その境界部分が一般に弱点となりやすいので、コーナー部と合わせて、一体の擁壁として土圧に対して確実に抵抗できるような接合方法等が必要と考えられる。なお、住宅の近傍に構造方法が不明で安定性が判断できない擁壁が存在する場合、擁壁の補強などを行った後に基礎に対する地盤の許容支持力を設定することが重要であり、補強などに関しては参考文献 5 . 2 . 63 などが参考になる。

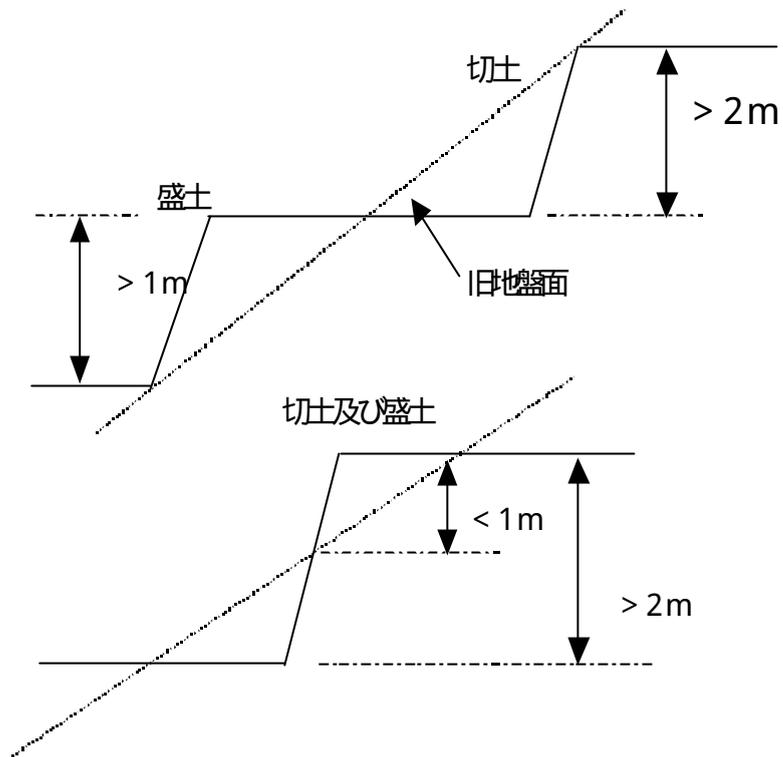
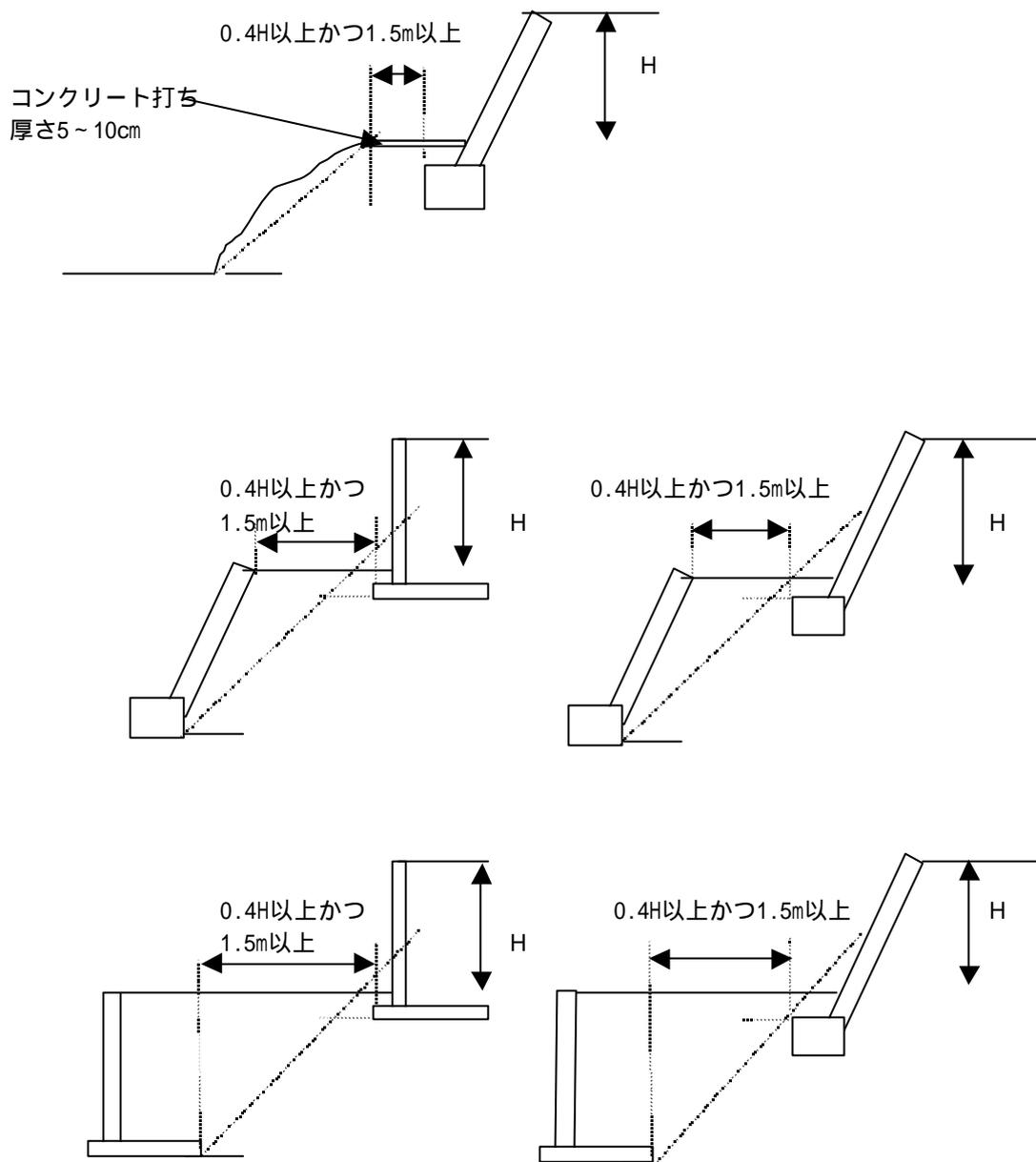


図 5.2.12 宅地造成等規制法において義務設置擁壁を要する条件（参考文献 5.2.61）



| 背面土質 | 角度 |
|-----------------------------------|-----|
| 軟岩（風化の著しいものは除く） | 60度 |
| 風化の著しい岩 | 40度 |
| 砂利、真砂土、関東ローム、硬質粘土 その他これらの類するもの | 35度 |
| 盛土または腐植土 | 25度 |

図 5.2.13 擁壁をがけや既存の擁壁等に近接して設置する場合の考え方
(参考文献5.2.24)

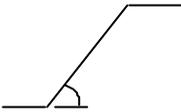
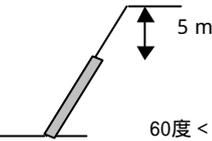
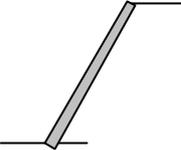
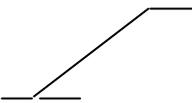
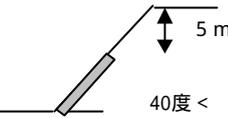
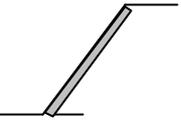
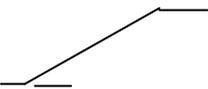
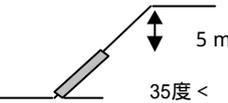
| 土質 \ 区分 | 擁壁不要 | がけの上端から垂直距離 5 mまで擁壁不要 | 擁壁を要する |
|--|---|---|---|
| 軟岩 風化の著しい ものは除く | がけ面の角度が 60度以下のもの  60度 | がけ面の角度が 60度を越え80度以下のもの  60度 < 80度 | がけの角度が 80度を越えるもの  > 80度 |
| 風化の著しい岩 | がけ面の角度が 40度以下のもの  40度 | がけ面の角度が 40度を越え50度以下のもの  40度 < 50度 | がけの角度が 50度を越えるもの  > 50度 |
| 砂利 真砂土佐渡 関東ローム 硬質粘土 その他これらに 類するもの | がけ面の角度が 35度以下のもの  35度 | がけ面の角度が 35度を越え45度以下のもの  35度 < 45度 | がけの角度が 45度を越えるもの  > 45度 |

図 5.2.14 切土の場合で擁壁を要しないがけ又はがけの部分 (参考文献 5.2.61)

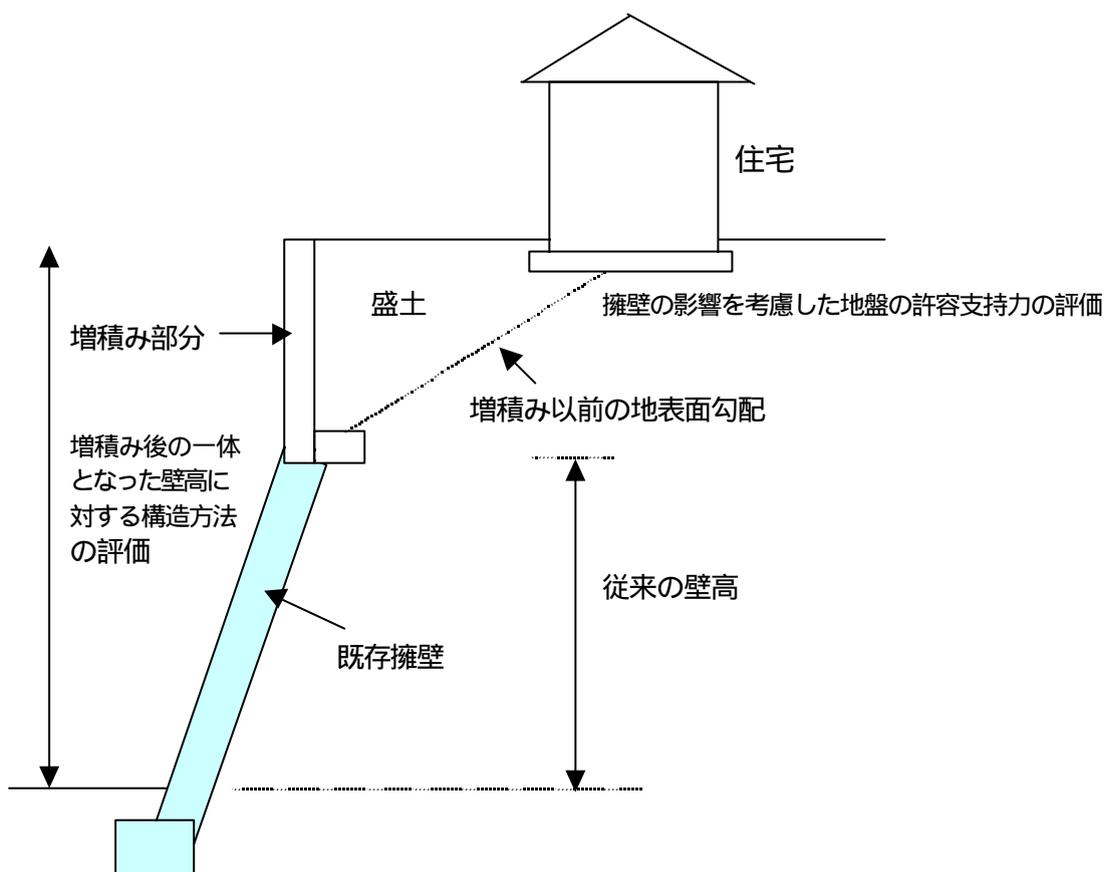


図 5.2.15 増積み擁壁の例

1.4 敷地情報及び地盤情報

基礎の構造方法や地盤の許容支持力等に関しては、建築基準法をはじめとする技術基準の他、各機関の技術指針類に示されており、一般的な評価は可能であるが、基礎の不具合を回避するためには敷地の履歴を考慮した地盤評価が重要である。実際の不具合事象の多くは、敷地情報の不足と評価の不適切さに起因するケースが多い。住宅の沈下問題は、中・高層建物と比較して、地盤調査の質量、支持層の安定性、外乱の把握、設計施工の技術水準、沈下障害の深刻さなどから遙かに厄介であるが、品確法などで求められる設計性能の持続性を考えると非常に重要である。

品確法で創設された性能表示制度は、5.2.1項で示したように、住宅の構造性能、防火性能、空気環境などの様々な性能項目を等級表示する制度である。地盤は住宅の部分ではないため、直接的な等級表示の対象となっていないが、常時の地盤の許容支持力を設定する根拠となった方法を関連情報として表示することとなっており、地盤調査の方法・数量・位置、敷地の履歴等に関する情報が表示対象となる。既存擁壁が存在している場合や新規に擁壁を設置する場合の擁壁の構造方法、地盤改良を採用する場合の改良範囲と効果の確認方法、新規に盛土した場合の沈下の影響などは必ずしも直接的な表示対象となっていないが、これらの評価が不十分な場合は地盤の許容支持力を適切に設定することが困難である。また、基礎の施工時においてコンクリートガラなど設計時に想定しなかった廃棄物が地中に埋設されている場合があるので、施工時には想定した地盤状況との違いなどを考慮して構造耐力上支障ない基礎を構築することが重要である。

表 5.2.21は、戸建住宅等に関する基本的な敷地情報、地盤情報を整理したものである。敷地条件によっては、これらの影響が住宅の構造性能にとって支配的となる場合があるので、過去の地盤災害や土砂災害が発生しているような場合や新規の宅地で造成情報が不明な場合には、要注意である。

表 5.2.21 戸建住宅等の基礎及び地盤に性能評価における敷地情報と地盤情報

| 項目 | 敷地情報と地盤情報 |
|--------|--|
| 敷地調査 | 敷地履歴：地目、古地名、市街地、湖沼、埋立地 利用状況：宅地、農地（水田、畑） 新規宅地（造成後 年） 造成情報：切土or盛土、盛土厚、盛土時期、軟弱層厚 周辺調査：沈下障害事例と基礎の構造方法 |
| 行政情報 | 砂防法、宅地造成規制法、急傾斜地指定区域、液状化マップ、 土砂災害警戒区域、土砂災害特別警戒区域 |
| 地盤調査 | 調査方法（標準貫入試験、スウェーデン式サウンディング、目視、既存データ、その他） 数量（ヶ所、深度 mなど） |
| 地盤災害事例 | 地震、地すべり、崖くずれ、広域地盤沈下、豪雨災害、洪水、側方流動 |
| 地盤環境 | 交通振動：敷地境界線での振動測定（振動規制法における要請値75dBとの比較） 地盤環境：強酸性地盤、廃棄物地盤など（環境庁告示21号の土壌環境基準との比較） |

2．品質管理における確認事項

住宅基礎の設計及び施工の各段階での品質管理における確認事項や留意点を以下に示す。設計段階や施工段階では、地盤や基礎の構造方法が適切であることを確認するとともに、できるだけ正確に記録・保存することが必要と考えられる。特に重要と考えられる部分に関しては写真などで設計施工の确实性を記録しておくことが望ましい。また、重要な管理・確認事項に関しては、敷地の状況などを勘案し、中間検査実施マニュアル（参考文献5．2．14）などを参考に適切に設定することが望ましい。

2．1 設計段階の確認

（1）支持地盤

設計段階では、地盤調査結果に基づいて地盤の許容支持力等を評価し、許容支持力に応じた基礎の構造方法を設定することが必要である。これに関しては、表 5．2．18 で例示した基礎選定の考え方などを参考にし、経験・実績に基づいて基礎の構造方法や寸法・配筋などを決めることも有用である。

当該敷地が台地上の既存宅地などで不同沈下・傾斜などの沈下障害などが生じておらず、周辺の住宅の基礎形式などからみても軟弱地盤対策などが採用されていないような場合には、地盤の許容支持力を 30kN/m² 程度とみて特に支障ないと考えられるが、原則的に、地盤調査結果に基づいて地盤の支持力を評価することが必要である。地盤調査に当たっては、住宅敷地全体の地層構成などがわかるように 1 地点だけでなく 3～4 地点で実施することが望ましい。

住宅用の地盤調査としてはスウェーデン式サウンディングが一般的である。しかし、この方法は、地表付近の地層に礫やガラなどが存在していると貫入不能或いは測定結果の信頼性が乏しくなる、自動式と手動式の 2 タイプがあり、自動式の調査法や適用性などが現時点では必ずしも明確でない。

調査深度が深いとロッドの摩擦や鉛直精度によるかなりの誤差が生じうる。

地盤の支持力を評価する場合に非常に重要となる自沈の判定が難しい。

などの問題もあり、地盤の硬軟を正確に把握できない場合があることに留意しなければならない。極く浅層で貫入不能となっている場合は、貫入不能の原因を明確にするとともに、周辺のボーリング調査など対比するなどしてできるだけ深部の状況を把握することが望ましい。

また、最近ではスウェーデン式サウンディング以外の動的平板載荷試験方法なども開発・実用化されている。

（2）敷地の安定度

スウェーデン式サウンディングの結果に基づいて許容支持力のおおよそを把握することは可能であるが、新規の盛土地盤や住宅基礎周辺に擁壁が存在する場合は平坦地盤を対象とした通常の支持力評価が不適切となる可能性を十分理解しなければならない。

住宅敷地が、軟弱地盤上に新規に盛土した造成地盤の場合は、盛土荷重による圧密沈下の終了の有無などを考えることが必要であり、盛土荷重や住宅荷重による住宅の沈下傾斜のほか、周辺の構造物

への影響に関しても配慮しなければならない。住宅敷地に擁壁が存在する場合は擁壁の構造や安全性を確かたうえで地盤の許容支持力を評価しなければならず、構造方法や耐震性などが不明な場合は住宅荷重を擁壁に伝えない工夫が必要である。

擁壁頂部から背面側に擁壁高さの1~1.5倍以内に住宅の基礎を設置すると擁壁に左右する土圧が増加するおそれがあるので、このような場合は当初の擁壁の設計における積載荷重と住宅荷重の関係を考慮して、擁壁自体の安全性や地盤の許容支持力を詳細に検討することが必要である。

構造計算が難しい練積み造の擁壁で増積みした場合は、増積みした部分と既存の部分を合わせて一体の練積み部分とみなし、上段と下段の構造方法の違いや背面地盤の違いなどを考慮して一体化した擁壁の勾配・根入れ・壁厚などを適切に設定し、これらの値が当初から壁高の高い一体の擁壁とした場合の標準仕様と比較することが必要である。また、増積み擁壁が既に存在する場合は、上段と下段の間に接合部の鉄筋の有無を非破壊式の鉄筋計で調査するなどして一体性を確認することが重要である。

(3) 改良地盤

地盤改良が既に採用されている場合、改良工法や改良範囲を把握すると改良効果の確認方法に関してもできるだけ情報収集することが望ましい。改良地盤なども含めて地盤の許容応力度を評価する際に、平板載荷試験により支持性能を調べることがあるが、載荷板の大きさと基礎の寸法との関係や地層構成などによっては平板載荷試験のみの評価が適切でないことがあるので要注意である。表層部が良好であっても、深部に軟弱な圧密層が存在している場合は、別途沈下の影響を考慮することが必要である。

最近、軟弱地盤対策として5.2.3.2(2)項で示した深層混合処理工法や表層混合処理工法を採用することが多く、戸建住宅などを対象とした調査・試験方法や管理方法に関しては、参考文献5.2.21が参考になる。なお、この工法を用いる場合は、基礎の構造耐力に支障をもたらさないコラムの配置が必要であり、構造計算で確認した場合を除くと柱下全てに配置することが望ましい。

(4) 基礎の構造方法

布基礎やべた基礎を採用する場合は、原則、計画する基礎の立上り高さ・立上り幅、底盤厚さ・底盤幅、根入れ深さ、配筋などが告示1347号で規定された値以上であることを確認しなければならない。換気口周りの補強に関しては、補強鉄筋の定着長が確保できるよう配慮するとともに、基礎のコーナー部に関しても十分な定着長を確保することが必要である。補強方法については、参考文献5.2.52及び5.2.53が参考になる。耐力壁の壁倍率が特に大きく集中している場合は、その下部の基礎の配筋・寸法に関してもできるだけ余裕を持たせることが望ましい。また、敷地境界との関係で基礎の外周部に偏心モーメントによるねじれなどが作用することがあり、このような場合は補強筋などを配して余裕を持たせることが望ましい。地盤調査の結果から、支持層が傾斜している場合、地盤の硬さに偏りがある場合、地盤中にコンクリートガラなどが埋設されている場合は、不同沈下の原因となるおそれがあるので、詳細な地盤調査を行うとともに、建物荷重の偏りなどの影響を考慮した釣り合いよい基礎を配置することが望ましい。1階の一部を駐車場などとして使用するような場合、地盤条件によっては荷重の偏りなどのため沈下障害を招くことがあり、基礎の配置や仕様を工夫することが

望ましい。また、設計時の調査でコンクリートガラなどが埋設されている場合、施工時のトラブルなども考慮した設計施工が必要である。

基礎に必要とされる寸法などの詳細仕様を考える際、根入れ深さや地上部分の立上り高さも重要である。基礎の根入れとしては、雨水の浸入や凍上・凍結さらには日常的な敷地の使用により耐力上の影響が生じない深さが必要である。通常の場合は、地震等の水平力に対して基礎が滑り出すおそれはないので根入れ深さを特に考慮することはないが、根入れがない場合は基礎底面と地盤との摩擦抵抗などについても十分な配慮が必要である。

建設残土の削減や工期短縮を目指す場合は、根入れをできるだけ少なくすることや根入れのない基礎を望むことがあり、地盤や地域によっては根入れを特に必要としない場合もあると考えられるが、特別の場合を除くと、数 10cm 程度表土を取り除いて基礎底に当たる地盤面を露出させることが必要である。地表面付近の表土は植栽や不陸さらには雨水の浸入などからみて、不均質で性状が安定しないおそれがあるので表土を取り除くことが必要であり、通常は 30cm 程度以上の根入れを確保することが望ましい。また、根入れ深さは、仕様としての最低値の数値を考えるよりも、当然のことながら必要とする地盤の支持力が得られる深さまでとしなければならない。地域によっては、冬季に地盤が凍上するおそれがあり、凍結深度より大きい根入れとすることが必要である。地盤の高低差などの関係から、根入れ深さを評価する地盤面が工事完了時の整地等により高くなる場合もあるが、このような場合には低い部分にあわせて必要な根入れ深さを確保することが望ましい。また、良好な基礎底に当たる地表面を露出させるだけでなく、掘削における地盤の緩みをなくし基礎底面とのなじみをよくするため十分な転圧や締め固めを行なうとともに、砕石や割栗石などによる地業が必要である。また、雨水の侵入等により基礎底面の地盤が盤ぶくれし、基礎に亀裂・ひび割れを生じさせる特殊な地盤もあるので、当該敷地周辺の実績経験に基づいて膨張性地盤等の存在を計画段階や設計段階で把握し、設計施工に反映させることが重要と考えられる。

2.2 施工段階の確認事項

(1) 支持地盤

住宅基礎の施工段階では、計画された施工仕様に従うことは当然であるが、掘削底の地盤の状況や敷地周辺の状況などを考慮して、計画された基礎の構造方法が地盤や敷地の状況からみて特に支障ないかどうかなどを、一般的或いは信頼できる最新の技術情報に照らして確認することが必要である。

掘削段階では、掘削底面の地盤状況が基礎の構造方法などからみて当初想定した状況かどうかを目視等で確認するとともに、割栗・砂利地業などで底面を十分転圧し安定化させることが必要である。転圧が不良な場合には不同沈下などを招く可能性がある。比較的浅層の良質な地盤を支持層とするような場合で掘削底の硬さの偏りを把握した場合には、確実に支持層に根入れすることが望ましい。

掘削部分にコンクリートガラや廃棄物などが埋設され、設計段階の予測と異なる場合には、基礎の構造方法の妥当性を設計者に確認するなど十分な配慮が必要である。既設の住宅を取り壊して基礎を設ける場合においても既設の基礎の撤去や埋め戻しを適切に行うことが必要である。

(2) 基礎及び擁壁の構造方法

基礎や擁壁の構造方法などについては、設計図書を満足することは当然であるが、特別の場合を除くと、かぶり厚さや寸法などに関しても法令で規定した仕様を満足することを併せて確認することが必要である。基礎の換気口の補強やコーナー部の補強・定着^{1),2)}についても十分な配慮を要する。練積み造擁壁の場合は、根入れ深さや壁体の厚さなどに関する仕様が宅地造成等規制法に示されており、これらの値と対比して安全性を確認することが必要である。なお、敷地周辺に擁壁などが存在し、擁壁の性能が基礎の性能に密接に関係すると考えられる場合は、擁壁の安定性を確認するとともに、施工に伴う影響についても必要に応じて計測するなど、周辺への影響がないことを確認することが必要である。また、外周部の基礎が敷地境界などの関係で偏心している場合は、補強筋の必要性を実績経験に基づいて検討し、適切な対策を講じることが望ましい。

(3) 改良地盤

深層混合処理工法を採用する場合には、コラム頭部の処理を適切に行い、コラムの損傷を防止すると共に基礎からの荷重を安全で伝達できるよう転圧などを十分行っておくことが必要である。コラムの施工位置に関しても、基礎伏図からみて釣り合いよい配置になっているどうかや心ずれなどに関する配慮も必要である。なお、敷地周辺に擁壁などが存在し、擁壁の性能が基礎の性能に密接に関係すると考えられる場合は、擁壁の安定性を確認するとともに、施工に伴う影響についても必要に応じて計測するなど、周辺への影響がないことを確認することが必要である。また、既存の基礎の撤去などを必要とするような場合、改良位置における地表面付近の土質が不均質になるおそれや当初の予定通りコラムを配置することが難しいこともあると考えられるので、このような場合は施工段階で適切な対策を講じることが必要である。

表層混合処理工法を採用する場合は、天候や塵埃などに関して十分配慮すると共に、改良部の底面付近の地盤状況や転圧・締固めなどに関しても施工のばらつきが原因で不同沈下などが生じないように転圧回数などを詳細に設定しておくことが必要である。

2.3 品質管理分析シート

表 5.2.22は、戸建住宅等の基礎を対象とした要求品質と管理対象などの関係を整理したものである。この表は、戸建住宅等の設計施工の現状を考慮し、5.2.3.1項の杭基礎や5.2.3.2項の地盤改良に対するものより簡潔にしている。個々の管理に際しては、上記の内容や地盤条件・構造物の用途・目的・管理の重要性などを考慮して、管理方法や管理値を適切に設定することが必要である。安定性に乏しい地表面付近の地層を支持層とする住宅の場合は、敷地条件の影響を受けやすいので新規に高盛土した場合や周辺に崖面などがあって平坦地盤でない場合などでは、敷地条件などに応じた基礎の設計施工と管理が特に重要と考えられる。

表 5.2.2.2 戸建住宅等の基礎の要求品質と品質管理方法

| 区分 | 管理目的 | 要求品質 (管理項目) | 管理対象 | 評価法、管理値及び留意事項 | 基準類 |
|-------------------|---------------------|----------------------|--|---|-------------------------------|
| 基礎の位置 寸法 形状 | 設計位置 の確保 | 所定の位置 | 設置位置 | 設計図書 地中埋設物、コンクリートガラ、廃棄物等に注意 | |
| | 設計寸法 設計形状 の確保 | 構造方法 | 基礎形式 | 許容支持力20kN/m ² 以上でべた基礎、30kN/m ² 以上で布基礎 僕立基礎は、原則構造計算による | 告示1347号ほか |
| | | 基礎立上り部 | 基礎立上り高 基礎立上り幅 | 地上部分では30cm以上 12cm以上 | 告示1347号 告示1347号 |
| | | 基礎底盤部 | 底板幅 | 許容支持力30kN/m ² で木造2階の布基礎30cm以上など 許容支持力と構造種別に応じた一覧表あり。 | 告示1347号 |
| | | | 底板厚 | 布基礎15cm以上、片側が土に接しないべた基礎12cm以上 | 告示1347号 |
| 根入れ深さ | 根入れ深さ | 布基礎24cm以上、べた基礎12cm以上 | 告示1347号 | | |
| 基礎の 品質 | 構造耐力 | 鉄筋 | 立上り部 底盤部 換気孔周辺 コーナ部 偏心基礎 | 上下端で12mm以上を1本以上、9mm以上@300以下で縦横 9mm以上を@300以下で縦横 9mm以上で補強。定着に注意 アンカー筋の種類・定着長、横筋の定着に注意 外周部等における偏心基礎の補強筋の有無 | 告示1347号 告示1347号 告示1347号 |
| | | コンクリート | 強度 | 12N/mm ² 以上(令134条)、標準は21kN/m ² 以上 調合強度と打設方法など | |
| 地盤の 支持力 | 支持力 | 許容支持力 | 地盤調査 | SW試験による支持力評価。平板載荷試験では、 載荷盤大きさ、過度の転圧、深部の軟弱層に注意。 | 告示111号 |
| | | | 改良地盤 | コラムの場合には、原則柱下全て。 効果確認の有無。施工報告書の有無 | |
| | | | 地業 | 掘削底の転圧、締固め、使用材料(割栗、砕石など) 既存基礎の撤去後の確実な埋戻し、転圧等に注意 | |
| | | 凍上 | 凍結深度 | 条例、下水道等の現状 | |
| | 盤ぶくれ | 膨張性地盤 | | | |
| 沈下変形 | 沈下量 | 地盤調査 | SW試験における自沈層の評価 切盛境界、支持層深さの変化に注意 | 告示1347号 | |
| | 液状化 | 地盤調査 | 地下水位以深の緩い砂質土層 行政情報(液状化マップなど) | 通達806号など | |
| 敷地条件 | 安定性 | 擁壁 | 壁高 | 令138条、142条の適用擁壁は高さ2m以上。 | 告示1449号、宅造法 告示1449号、宅造法 |
| | | | 構造方法 仕様 | 鉄筋コンクリート造等擁壁、練積み擁壁、宅造認定擁壁 根入れ、形状、勾配 | |
| | | | 背面土 | 雨水の侵入による耐力低下が生じやすい場合があり。 頂部から壁高の1.5倍以内の基礎配置に注意 | |
| | | | 住宅との距離 | 既存不適格擁壁、壁高2m未満の空積み造にも注意。 | |
| | | 既存擁壁 | 3M ² につき75mm以上の水抜き孔。透水マットも可 | 告示1449号 | |
| | | 背面排水能力 | | 宅造法 | |
| | | 盛土 | 高さ | 盛土高さと同沈層厚(SW試験)の関係に注意 | 宅地防災マニュアル |
| 盛土時期 | 圧密沈下の終了の有無 | | | | |
| 住宅配置 | 盛土中央部に向う沈下の傾向 | | | | |
| 隣地との距離 | 高盛土による周辺住宅への沈下障害 | | | | |
| 切土 | 勾配、土質 | 擁壁を要しない勾配、高さなど | 宅造法など | | |
| 崖面、のり面 | 勾配、土質 | 保護工の種類、有無など | 砂防法、急傾法、宅造法 | | |
| 側法流動 | 地形 | 岸壁付近の宅地の安定性と耐震性 | 宅地防災マニュアル | | |
| 排水機能 | 地表面勾配 | 雨水のたまりやすさ | | | |
| 敷地環境 | 地盤環境 | 土壌環境 | 化学物質 | 土壌環境基準 | 環境庁告示20号 |
| | | 地盤沈下 | 年平均沈下量 | 広域地盤沈下地帯 | 行政情報など |
| | | 洪水 | 洪水履歴 | 異常水位、下水道処理能力、海面との高低差 | 行政情報など |
| | 特殊な外乱 | 地盤振動 | 交通振動 | 敷地境界で75dB(要請値) | 振動規制法 |
| | | 地盤振動 | 工事振動 | 敷地境界で85dB(規制値) | 振動規制法 |
| 地下水位変動 | 周辺工事 | デーブウエルなど | | | |

基礎 擁壁等の仕様や評価法、管理値等の詳細は、必要に応じて下記の資料などを参考にすることが望ましい。
 住宅金融公庫融資住宅工事共通仕様書2000、性能保証住宅設計施工基準、(財)住宅保証機構、平成12年度版、
 小規模建築物基礎設計の手引き、日本建築学会、1988 改正建築基準法(2年目施行)の解説、新日本法規、2000、
 建築物のための地盤改良の設計及び品質管理指針、日本建築センター、1997 建築基礎構造設計指針、日本建築学会、1988、
 小規模建築物等のための液状化マップと対策工法、国土庁、1990、構造規定の解説、建築指導課監修、日本建築センター、1997、
 宅地造成等規制法 同解説、民間宅地指導室監修、2000、宅地防災マニュアルの解説、民間宅地指導室監修、(株)ぎょうせい、1992

参考文献

- 5.2.1) 建築基礎構造設計指針、日本建築学会、1988
- 5.2.2) 建築工事共通仕様書、公共建築協会、平成9年度版、1997
- 5.2.3) 建築工事監理指針、公共建築協会、平成9年度版、1997
- 5.2.4) 建築工事共通仕様書・同解、JASS3・JASS4、日本建築学会、1988
- 5.2.5) 構造性能評価ガイドライン(案) 建設省総合技術開発プロジェクト『新建築構造体系の開発』性能評価分科会報告書、平成10年3月
- 5.2.6) 建築物を対象とした基礎・地盤の性能評価ガイドライン(案) 建設省総合技術開発プロジェクト『新建築構造体系の開発』性能評価分科会・基礎WG・要求性能SWG報告書、平成12年3月
- 5.2.7) 必携：住宅の品質確保等の促進に関する法律、ベターリビング、2000
- 5.2.8) 建築基礎設計のための地盤調査指針、日本建築学会、1997
- 5.2.9) 小規模建築物の基礎設計の手引き、日本建築学会、1988
- 5.2.10) 二木他：品質検査のためにインテグリティ試験、日本建築学会大会、2000,9
- 5.2.11) 地盤改良のトラブルとその対策、土質工学会編、1992
- 5.2.12) 杭基礎のトラブルの要因と対策、土質工学会編、1993
- 5.2.13) 基礎工事におけるトラブル事例とその対策、基礎工、1999
- 5.2.14) 建築構造審査要領、日本建築主事会議、監修：住宅局建築指導課、1999
- 5.2.15) 田村、藤井他：電気比抵抗による改良地盤の品質評価実験、日本建築学会構造系論文報告集、2000,4月
- 5.2.16) 小野他：超音波を用いた場所打ち杭の非破壊調査、基礎工、平成10年7月
- 5.2.17) 石黒他：アースドリル杭におけるコンクリート打設時の孔底挙動に関する大型模型実験、第34回地盤工学研究発表会、1999,7
- 5.2.18) 田村、藤井、青木、杉村、酒井、根本：フロート式重錘による泥水・スライム評価法、土と基礎、1999
- 5.2.19) Saito K., et al.: Investigation of slime and slurry in cast-place concrete piles by resistivity method、Soils & Foundations、1999
- 5.2.20) 山留め設計施工指針・同解説、日本建築学会、1988
- 5.2.21) 建築物のための地盤改良の設計及び品質管理指針、編集協力建築研究所、日本建築センター、1997
- 5.2.22) 地盤工学会：地盤改良効果の予測と実際、1999
- 5.2.23) 建築地盤アンカ - の設計施工指針、日本建築学会、1992
- 5.2.24) 宅地防災マニュアルの解説、建設経済局民間宅地指導室監修、(株)ぎょうせい、1992
- 5.2.25) 宅地防災マニュアル事例集、建設経済局民間宅地指導室監修、(株)ぎょうせい、1995
- 5.2.26) 三木博史、小橋秀俊：セメント系固化材と環境問題、基礎工、2000、9月
- 5.2.27) 杭の工事監理チェックリスト、日本建築構造技術者協会、技報堂、1998

- 5 . 2 . 28) 建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5、日本建築学会、1997
- 5 . 2 . 29) 既製コンクリート杭の施工管理、コンクリートパイル建設技術協会、2000
- 5 . 2 . 30) 既製コンクリート杭施工指針・同解説 コンクリートパイル建設技術協会、1995
- 5 . 2 . 31) 鋼管杭標準製作仕様書、鋼管杭協会、1994
- 5 . 2 . 32) 建築基準法施行令第 38 条に基づく告示 1347 号、2000
- 5 . 2 . 33) 建築における最新の鋼管杭基礎の設計と施工、基礎工 vol.28、No.12、2000
- 5 . 2 . 34) 鋼管杭 その設計と施工、鋼管杭協会、2000
- 5 . 2 . 35) 杭基礎施工便覧、(社)日本道路協会、1992
- 5 . 2 . 36) 新しい載荷試験の動向、基礎工 vol.24、No.8、1996
- 5 . 2 . 37) 鋼管杭の標準付属品、鋼管杭協会、1990
- 5 . 2 . 38) 鋼管杭における最近の品質管理技術、基礎工 vol.27、No.7、1999
- 5 . 2 . 39) 日本基礎建設協会：場所打ちコンクリート杭 2000
- 5 . 2 . 40) 日本基礎建設協会：場所打ちコンクリート杭 施工指針・同解説 2000
- 5 . 2 . 41) 続地中壁工法、土質工学会
- 5 . 2 . 42) わかりやすい地中連続壁工法 連壁、地中連続壁基礎協会、1996
- 5 . 2 . 43) 地中連続壁基礎工法ハンドブック 施工編、地中連続壁基礎協会、1991
- 5 . 2 . 44) 地盤工学ハンドブック、地盤工学会、1999
- 5 . 2 . 45) 連続地中壁工法 現場技術者のための土と基礎シリーズ 15、地盤工学会、1996
- 5 . 2 . 46) 道路橋示方書・同解説 下部構造編、日本道路協会、1997
- 5 . 2 . 47) 地盤工学会編：薬液注入工法の設計から施工まで
- 5 . 2 . 48) 田村、日比野、中野、溝口：改良地盤の品質検査における合否判定の考え方、土と基礎、1996、No.5
- 5 . 2 . 49) 住宅・都市整備公団建築部；ソイルセメントコラム工法設計・施工指針(案)、1988
- 5 . 2 . 50) CDM研究会；セメント系深層混合処理工法(CDM)設計と施工マニュアル、1995
- 5 . 2 . 51) 田村、日比野、中野、溝口：改良地盤の品質検査における合否判定の考え方、土と基礎、1996、No.5
- 5 . 2 . 52) 住宅金融公庫融資住宅工事共通仕様書、2000
- 5 . 2 . 53) 性能保証住宅設計施工基準、(財)住宅保証機構、平成 12 年度版
- 5 . 2 . 54) 改正建築基準法(2 年目施行)の解説、新日本法規、2000
- 5 . 2 . 55) 田村、藤井、河合、植田：戸建住宅の基礎・地盤を対象とした性能評価の考え方、土と基礎、No.4、2001
- 5 . 2 . 56) 田村：軟弱地盤における住宅の不同沈下、日本建築学会論文報告集、1992
- 5 . 2 . 57) 藤井、伊集院、田村、伊奈：兵庫県南部地震における戸建住宅の液状化被害と修復、土と基礎、1998.
- 5 . 2 . 58) 地盤工学会編：スウェーデン式サウンディング試験 地盤調査法、1995.
- 5 . 2 . 59) 藤井、二木、風間、田村、伊集院、阿部：スウェーデン式サウンディングにおける N_{sw} と N 値

との相関性，日本建築学会技術報告集，1992

- 5 . 2 . 60) 小規模建築物のための液状化対策、国土庁、1990
- 5 . 2 . 61) 宅地造成等規制法・同解説、建設経済局民間宅地指導室監修、2000
- 5 . 2 . 62) 沖村、二木、岡本、南部：兵庫県南部地震による宅地擁壁被害の特徴と原因、土木学会論文集、No.637、1999
- 5 . 2 . 63) 宅地擁壁復旧技術マニュアルの解説、監修：建設省建設経済局民間宅地指導室、宅地防災協会

資料 - 基礎工事に関する資格

基礎工事に関する主な資格一覧

| 資格の種類 | 資格 | | | 交付機関 |
|----------------------------|----|----|----|------------------------------|
| | 免許 | 講習 | 教育 | |
| アーク溶接 低圧電気取扱 基礎工事用機械 | | | | 専門者が行なう教育 |
| 玉掛 | | | | 都道府県労働基準局長又はその指定を受けた機関が行なう講習 |
| 車両用建設機械（掘削用） | | | | |
| 同上（基礎工事用） | | | | |
| 小型移動式クレーン | | | | |
| ガス溶接 | | | | （社）日本溶接協会 |
| アーク溶接 JIS Z 3801 | | | | （社）日本溶接協会 |
| 移動式クレーン | | | | 都道府県労働基準局 |
| 鉄道重機機械 | | | | （社）日本鉄道施設協会 |
| 基礎施工士 | | | | （社）日本基礎建設協会 |
| 既製杭施工管理技士 | | | | （社）コンクリートパイル建設技術協会 |
| 建設機械施工技士 | | | | （社）建設機械化協会 |

付録 - 5.1

杭の健全性試験実施マニュアル

1．総説

1．1 目的

このマニュアルは、低ひずみの弾性波を利用した、杭の品質管理手法を示すことを目的とする。

< 解説 >

このマニュアルは、低ひずみの弾性波を利用した、杭の品質評価試験法について、測定方法・解析手順・評価手法のガイドラインを示すものである。

ここでは、一般に杭の健全性試験と呼ばれる、低ひずみの弾性波の反射性状を解析する手法についての解説を行う。杭打ち試験や動的載荷試験、急速載荷試験など、大ひずみを伴う弾性挙動を扱う試験法については、これを含まない。

低ひずみの弾性波を利用して杭の品質を検査する方法は、インテグリティ試験（健全性試験）、ローストレイン法試験などと呼ばれており、杭に対する非破壊試験法のひとつである。

この試験方法は、杭頭にセンサーを設置した上で軽打して弾性波を発生させ、その反射波を検出して杭の品質を評価するものである。

低ひずみの弾性波を用いた試験方法としては、これ以外にも定常加振やパルスによる加振を行い、共振周波数や伝達関数を求めてこれを解析するもの等があるが、反射波を解析する手法が最も良く利用されている。

この試験方法は 1960 年代にヨーロッパに於いて実施されて以来、1970 年後半には、打ち込み RC 杭の需要の増加に伴い、打ち込みに伴うクラックや破損などの杭の品質に関するトラブルが増加したために、簡便に杭の品質を推定する方法として欧米で発達した。

1980 年代になると、コンピュータなどの周辺技術の発達もあって試験の精度が向上した。また、1980 年に弾性波を利用した杭の品質管理に関する国際会議 (International Conference on The Application of Stress Wave Theory to Piles) が開催されて以来、4 年毎にこの種の試験方法に関する国際会議が開催されるようになった。会議の内容やテーマも回を追う毎に充実してきており、この種の試験方法への関心の高まりを反映している。

この試験法は最初にヨーロッパで実施されたこともあり、現在の試験法や試験器の開発もヨーロッパを中心に行われている感がある。現在国内で使用されている試験器も多くはオランダ製のものであり、米国製のも使用されている。

日本国内でも、かつて建設省土木研究所が中心となって、装置の開発が行われている。

低ひずみの弾性波を利用した試験法は、杭の支持力を直接求めるものではないが、杭の長さ、クラックや断面欠損等の損傷を評価できる可能性のある試験方法である。この試験方法は、非破壊試験であり、迅速で低コストであるという特徴があり、全数試験も可能である。そのため、杭の品質を確認する上での簡便な検査手法として利用されている。

このマニュアルでは、品質検査としての、低ひずみの弾性波を用いた試験方法を標準化することにより、適切な試験の利用方法を普及することを目的とする。

1.2 本マニュアルで対象とする杭の種類

本マニュアルでは、場所打ちコンクリート杭および既製コンクリート杭を対象とする。

< 解説 >

近年、場所打ち杭や既製コンクリート杭に対して品質管理あるいは品質評価のために健全性試験が行われることが増加している。

そのため、これまでに蓄積された測定データを基に、測定方法・評価手法のガイドラインを示すことが可能になった。

これに対して、鋼管杭は肉厚が薄いために試験の際に局部振動が発生することから、必ずしも良好な測定ができない場合があり、また、壁杭などでは試験が実施された実績が十分でなくガイドラインを示す段階に至っていない。これらの事情から現段階では既製コンクリート杭・場所打ちコンクリート杭のみを対象とした。

1.3 本マニュアルで対象とする試験法

本マニュアルでは、小さな力により生じる微少なひずみを伴って伝播する弾性波の挙動を解析して杭体の品質を評価する試験方法を対象とする。

< 解説 >

このマニュアルで対象としている試験法は、ハンドハンマーの軽打等により発生する弾性波動を解析するもので、一般にインテグリティ試験等と呼ばれる簡便な試験方法である。

弾性波を用いた杭の品質管理の手法には、大きな力を加えることにより、杭の支持力を求めるための試験（PDA、ハイストレイン法等と呼ばれる）急速載荷試験（STATNOMIC等）や、PDA等に比べて小さい打撃を行うミッドレンジ法等の試験もある。これらの試験は、このマニュアルで対象とする試験法に比べるとかなり大がかりなものである。

低ひずみの弾性波を用いる試験方法は、1960年代に欧米において適用が始まり、1980年代にはいると、パーソナルコンピュータなどの周辺技術の発達に伴い急速に発展した。

計測装置も電子技術の発展に伴い、アナログ式の計測装置は次第にデジタル化され、計測精度も向上した。今日では既製コンクリート杭では60m以上、場所打ちコンクリート杭では80m以上の杭に対しての適用実績もある。

1.4 本マニュアルで取扱う評価の範囲

本マニュアルでは、施工時の杭の品質を評価することを対象とする。評価の項目は、杭長、損傷の有無、断面欠損の有無の確認である。

< 解説 >

本マニュアルで対象とする評価の範囲は、施工時に杭の品質を検査するための試験に限定する。ただし、根伐り工事後に、その工事による杭体へのダメージの有無を確認するための試験など、施工時に試験を実施しない場合であっても、本マニュアルの評価手法を適用できる場合もある。

杭の健全性試験は、本来あるべき反射信号からの個々の反射の差異を評価するものである。多くの健全な杭の中にあるわずかな異常なものを検出する際には有効であり、得られた反射信号と本来あるべき反射信号との差異を分析する。

1995年に発生した兵庫県南部地震では、多くの杭被害が発生し、地震の後で、杭が健全であるかどうかを調査するような試験が多く実施されている。しかし、このような試験を行う際には、抽出された数少ない杭を対象にするために、かなり慎重な評価を行うことが必要になり、一般的な技術レベル以上の知識と経験が必要である。さらに、このような使用方法は、施工時の杭の品質を評価するための試験とは条件が異なり、本マニュアルでは対象としない。

2. 試験方法および装置

2.1 試験の理論的背景

杭の健全性試験は、弾性波動伝播理論に基づいて弾性波の伝播・反射性状から、杭体のクラック、破断、破損、断面欠損などの損傷の有無を調べることにより、杭体の健全性を評価しようとする試験方法である。

< 解説 >

微小なひずみを伴う弾性波動の伝播を考えた場合、杭は棒状の弾性体であると考えられる。そのため、弾性波動は細い棒を伝播する一次元の波動伝播であると考えられる。杭にクラックや断面欠損などがある場合には、図2.1に示すようにその位置で弾性波の一部が反射する。この反射波を一次元の弾性波動伝播理論に基づく解析を行うことにより、杭の健全性を評価することができる。しかし、クラックや断面欠損が断面の一部にある場合は、一次元の理論では厳密な検討が行えない。また、地盤による拘束や周面抵抗などを考慮する際にも一次元の理論では不十分な場合もある。

従って、通常は一次元の解析で十分結果を評価することが可能であるが、詳細な検討のためには二次元または三次元の動的なFEM解析が必要になる場合もある。(図2.2、図2.3)

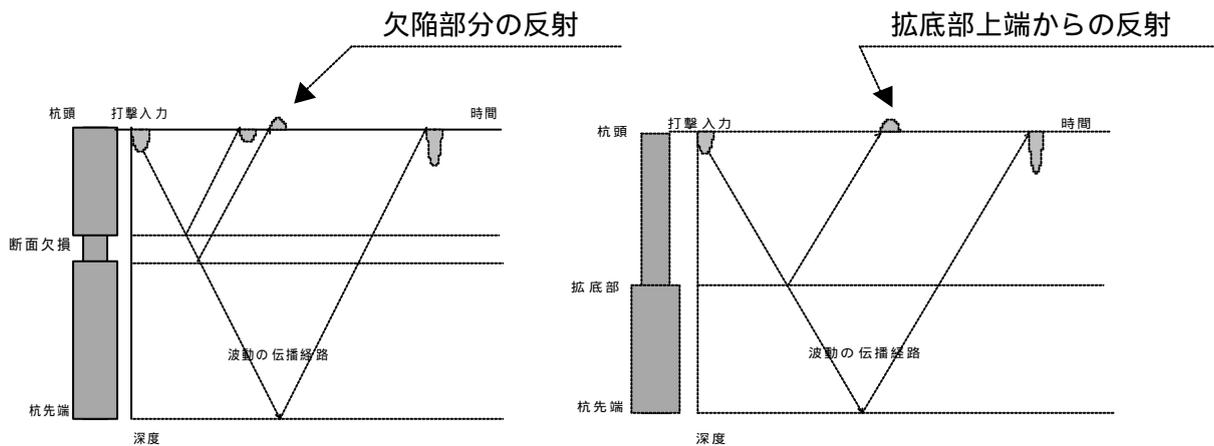


図2.1 試験方法の概要

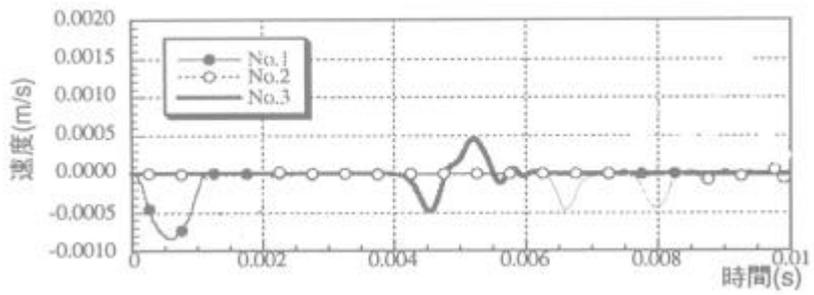
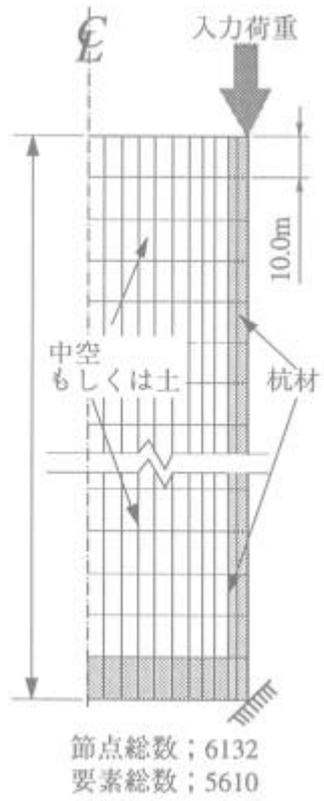


図 2 . 2 二次元動的 FEM による解析例

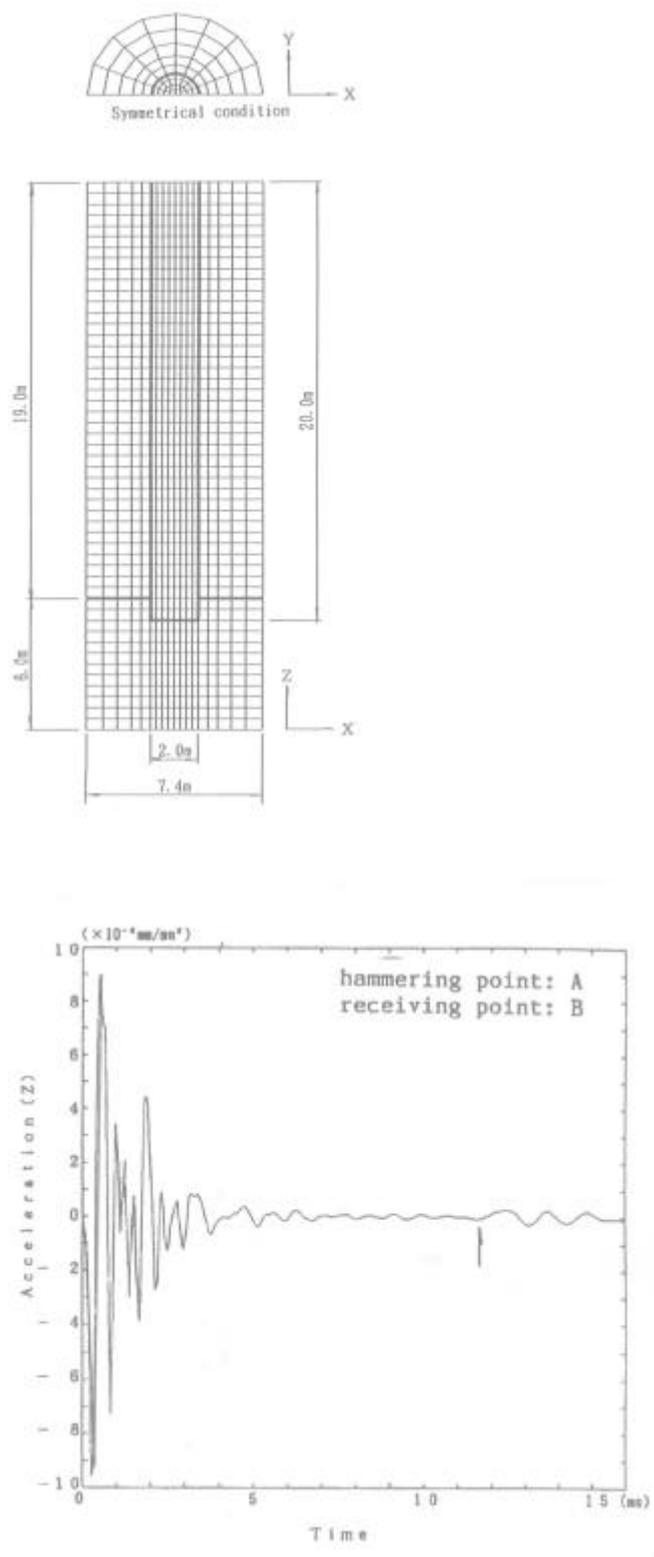


図 2 . 3 三次元動的 FEM による解析例

2.2 試験に用いる装置

杭の健全性試験には、試験精度を十分に確保できる試験装置を用いる。試験装置は、試験の前に標準杭を用いて校正を行い、所定の性能を有することを確認する。

< 解説 >

試験装置は、弾性波動を発生させるハンマーと、振動を検出するセンサー、信号増幅装置、記録装置から構成される。(図2.4、写真2.1参照)

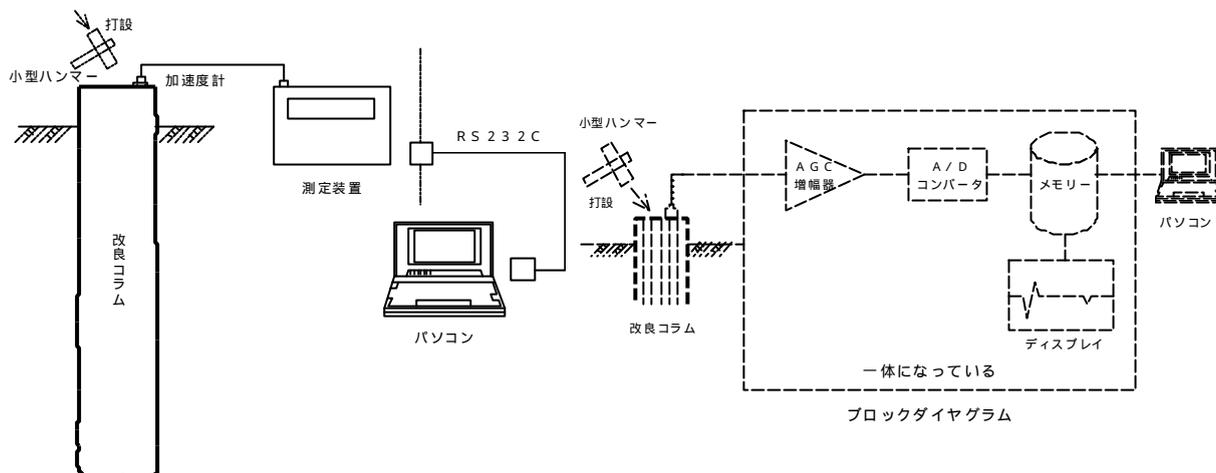


図2.4 測定装置の例

弾性波動を発生させるハンマーには、試験に適した周波数(200Hz~5kHz)の振動を発生できるプラスチック製のものや木製のかけやが用いられる。弾性波動を検出するセンサーとしては、取り扱いが容易で試験に適した周波数特性を有する圧電型の加速度計が用いられる。増幅装置は圧電型加速度計に適したものが用いられ、記録装置は今日ではデジタル式のものを用いられている。

また、記録の際には波形の判断を容易にするために、加速度信号を積分して、速度信号を表示することが一般的である。このほかに、AGC(Auto Gain Control; 増幅率を自動的に変化させる装置)や各種周波数フィルターなどを組み合わせて用いることもある。

今日では、これらの試験に必要な装置を一つにまとめた専用の試験装置が用いられることが多く、試験データはパソコンに取り込まれる。

原則的に試験装置は試験の目的を達成できるものであれば、どのようなものを用いても良い。また、装置の精度を保証するために、標準杭(弾性定数と長さを確認した杭を)地中に埋め込んで確認を行う。



杭 製 造



I T 試 験



I T 試 験①

工場出荷時の健全性確認（工場出荷前）

PAGE 77

写真 2 . 1 測定装置の例

2.3 試験の準備

試験を行う際には、計測器を整備し、性能をあらかじめ確認しておく。また、現場の状況がわかるような資料や図面を用意し、杭番号をつけて杭と測定結果を対応できるようにしておく。

試験は杭頭をハンマー等で軽打して弾性波を発生させ、センサーでその弾性波動を検出する。この際、場所打ちコンクリート杭と既製コンクリート杭では、打撃の方法やセンサーの設置場所の選択などが異なる。それぞれの杭に適した方法で試験を行う。

< 解説 >

試験を行う際には、杭の仕様や施工方法がどのようなものであるのかを確認しておく。また、杭伏図や施工図などを用意して測定番号をつけ、どの杭で測定を行ったものであるかを明確にする。

試験を適正に行うためには、付録にあるようなチェックシートを用いて確認を行うなどの配慮をする。

2.4 試験の方法

試験は杭頭をハンマー等で軽打して弾性波を発生させ、センサーでその弾性波動を検出する。この際、場所打ちコンクリート杭と既製コンクリート杭では、打撃の方法やセンサーの設置場所の選択などが異なる。それぞれの杭に適した方法で試験を行う。

< 解説 >

場所打ちコンクリート杭と既製コンクリート杭では、杭体のマスの大きさが異なることや、杭が中空／中空の違いなどから、弾性波を発生させるのに適したハンマーの質量や打撃の強さが異なる。

また、信号を検出するセンサーを設置する位置や設置の方法も異なる。

測定に際しては杭の条件に適した測定を行い、解析に値する記録を得る必要がある。

2.4.1 場所打ちコンクリート杭

場所打ちコンクリート杭の試験は、施工後コンクリートが硬化した後に試験を行う。杭頭が地表に露出していない場合には、杭頭までの掘削工事が終了した後で試験を行う。

< 解説 >

これまでに実施した場所打ちコンクリート杭の測定例をまとめると、施工後24時間経過すれば、コンクリートの強度が、試験可能な強度に達することが報告されている。試験後に何らかの不具合が確認された場合は、対策が必要な場合もあり得ることを考えると、試験はなるべく早い時期に行っても良い。杭施工時に杭頭が地中にある場合には、すぐに試験を行えない場合もあるので、埋戻し時に参考例に示すような工夫を行ってより試験を実施することも可能である。

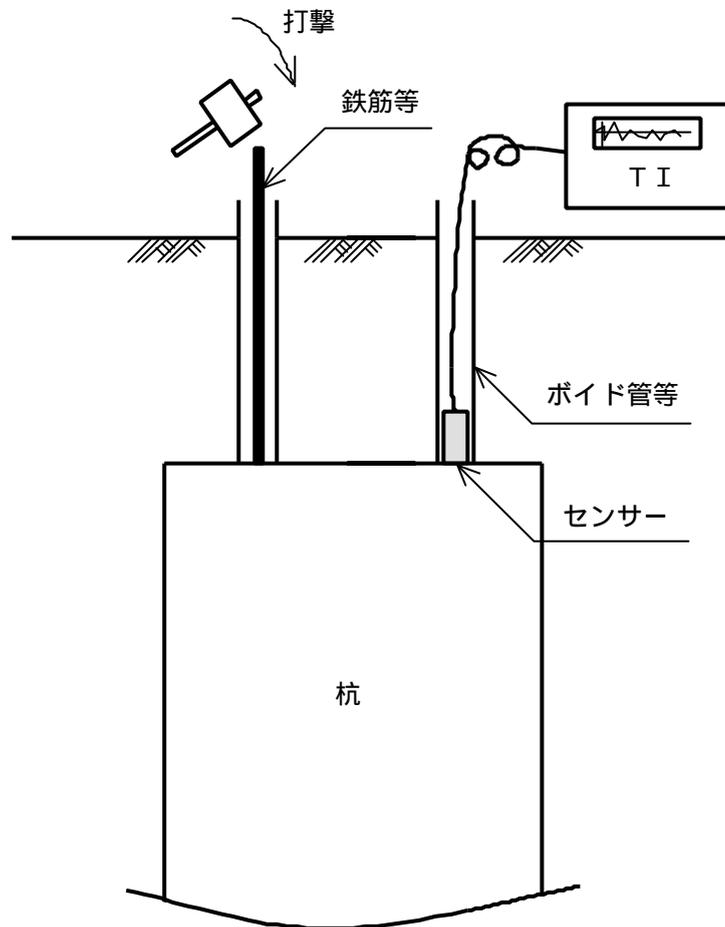


図 2.5 杭頭が地表にない場合の測定の方法

しかし、上述の方法で多数の杭の測定を行うことは、現場の条件やコスト的に困難であることから、施工時に杭頭が地中にある杭については、杭頭までの掘削工事が終了した時点で試験を行うものとする。

場所打ちコンクリート杭に対する健全性試験の意味は、施工長の確認および断面欠損部分などの杭体の損傷が無いことを確認することである。

健全性試験により杭長を推定する場合には、弾性波速度を仮定する必要がある、誤差が伴う。特に若材令で試験を行う場合には誤差の範囲が広がる。適切な弾性波速度を仮定するためには、施工記録の明確な杭 2 本程度の測定結果を用いて推定する等の方法が有効である。

また、このような推定誤差が生じることから、杭長の推定は、複数の杭に対する試験結果を横並びに評価することも有効である。その際、杭の施工記録も参照する。

(1) 弾性波の発生方法

場所打ち杭の弾性波の発生は、カケヤによる打撃やおもりの落下などの方法が適切であり、その位置はコンクリートのわれやはがれの無い部分を選択する。
また、鉄筋から少なくとも 10cm 以上離れた位置を打撃する。

< 解説 >

場所打ち杭の測定では比較的大きなエネルギーによる打撃が有効である。そのために、木製のかけや等を用いることが適切である。打撃の強度は測定装置のインジケータにより確認して調整する。

杭頭部のコンクリートのわれやはがれは、予備測定の結果を判断することにより検出可能である。

(写真 2 . 2)



全 景



No. 1

写真-1 杭 頭 状 況

(2) センサー設置場所の選択

弾性波を受振するためのセンサーは、杭頭付近のコンクリートのわれやはがれの無い位置を選択し設置する。データを記録するに先だって、良好な測定波形を得られる発振やセンサーの位置を決めるために数回の予備測定を行う。

< 解説 >

場所打ち杭では、杭頭が地表に近い位置にある場合には余盛りコンクリートをはつることがあり、われやはがれが生じやすい。これらに近い位置にセンサーを設置すると、それらの影響により良好な測定ができない。われやはがれは、ハンドハンマーで軽打することによりその有無を推定することも可能である。

われやはがれが確認された場合には、良好な測定波形が得られるまで、センサー設置場所を変えて予備測定を繰り返す。

杭に欠陥があり良好な波形が得られない場合は、どのような場所にセンサーを設置しても同傾向の波形記録になるが、杭頭付近のわれやはがれの影響であれば設置場所を変えると記録波形の傾向が変わることもあることから、われやはがれの影響を判断できる。

図2.6にわれやはがれのある場合の測定波形図の例を示す。

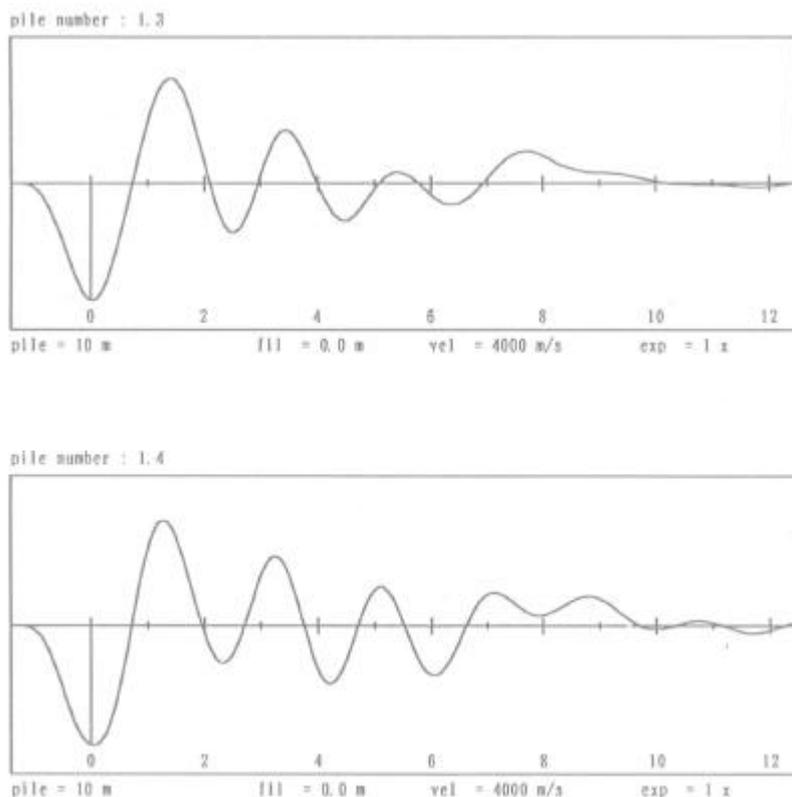


図2.6 割れ・剥がれのある場合の波形

(3) センサーの設置

センサーは受感軸を杭軸方向に向け杭体に接着、アンカーボルト止め、または手でしっかりと押しつけて保持することにより設置する。手で保持する場合にはぶれないように特に注意する。

< 解説 >

センサーは、原則的には杭頭面内に設置する。これが困難な場合には、杭頭付近の杭側面に設置することも可能である。いずれの場合にも、測定対象となる弾性波動の振動方向は杭軸方向になるので、センサーの受感軸は必ずその方向に向けて設置する。

手でセンサーを保持する場合にはぶれないよう、細心の注意を払う必要がある。また、その際、コンクリート表面の凹凸をならすために、粘性材料（ブチルゴム等）を薄く（1mm程度）のばしてセンサーと杭体の間に付着させることでがたを防ぐことも可能である。この場合、粘性材料の厚さが厚いと、高周波の振動成分が減衰することになるので、注意を払う。

(4) 試験の対象とする杭の長さ

場所打ち杭では、杭長 60m までのものを試験の対象とする。

< 解説 >

一般的には、場所打ちコンクリート杭では、80m 程度までの長さのものも、評価が可能である。しかし、施工後時間の経過に応じて地盤の周面抵抗により減衰が増大するため、次第に評価可能な杭の長さは限定される。施工後かなり時間が経過したものであっても、杭長 60m 以内のものであれば先端反射を確認できることがわかっており、これを試験対象の杭の範囲とした。実際には、本施工に先立ち行われる試験杭に対して測定を行い、試験の適用性を確認することも有効である。

(5) 測定の回数

測定結果の再現性を確認するために 1 本の杭に対して 4 回以上測定する。

< 解説 >

場所打ち杭では、試験の前に予備測定を行い、良好な波形を得られる打撃位置、センサー設置位置を選択しておく。

測定結果の再現性を確認するために、1 本の杭に対して 4 回以上の測定を行う。経験的には、4 回の測定でほぼ同傾向の測定記録が得られれば、その杭の評価を行いうる測定が行われたと考えて良い。

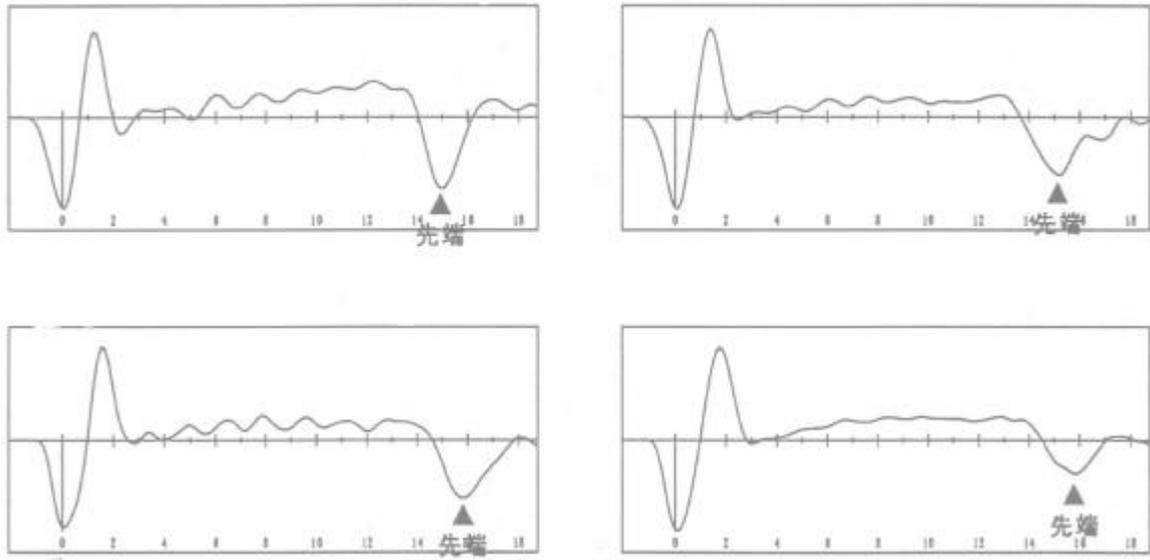


図 2 . 7 4 回の測定波形の例

2.4.2 既製コンクリート杭

既製コンクリート杭は、施工前および施工後について健全性試験を実施する。現場へ搬入、仮置き後など、杭の施工前に試験を行って、荷ずれ等による損傷の有無を確認することが可能である。施工後には、施工の不良箇所や杭長の確認を行う。

< 解説 >

工場出荷時のハンマーによる打撃試験と同時に健全性試験を行えば、打撃試験のみを行う場合よりも定量的に、また、詳細に杭の品質を確認することが可能である。

既製コンクリート杭は、杭の納入業者と施工業者が異なることも多い。杭の損傷は、施工の前後において発生することが予想されるので、健全性試験は施工前、施工後に実施する。

施工前の現場搬入後、仮置き時および施工前に試験を行えば、仮に杭が損傷した場合、どの時点で損傷したかを判断することが可能である。

これまでの測定結果より、杭を横に重ねて積んである場合でも試験が可能である。この際、杭の製造番号の確認を必ず行い、どの杭がどこに施工されたかを明確にしておくことが重要である。

施工後の測定は、施工後なるべく早い時期（埋め込み杭では根固め液や周面固定液が硬化する前）に試験を行えば、60mを越える長さの杭であっても、健全性の評価が可能である。

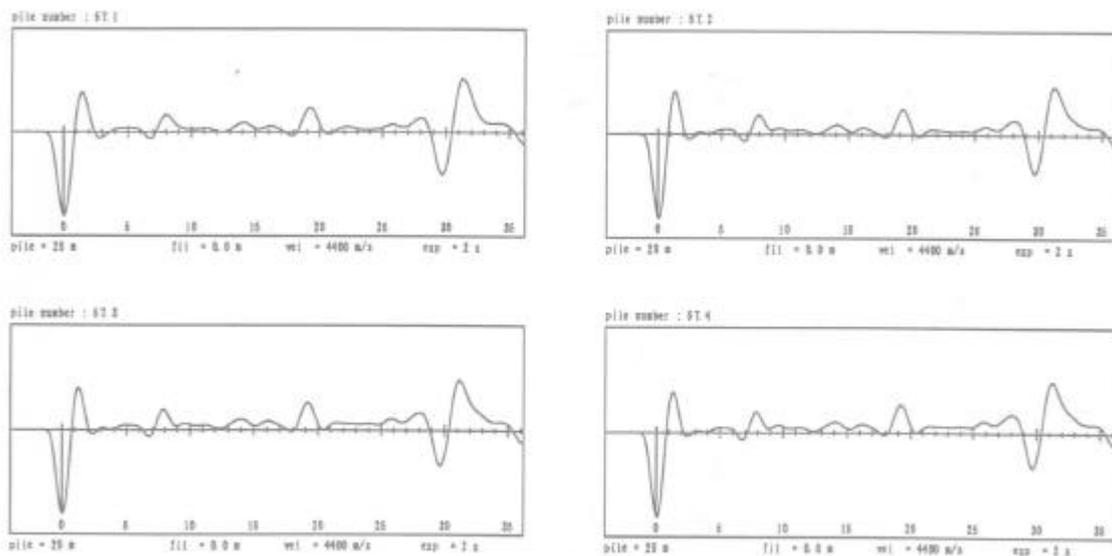


図 2.8 4回の測定波形例

(1) 施工前の杭の品質評価

施工前に試験を実施することにより、従来のハンマー打撃検査に代えて定量的な判断を行うことが可能である。また、運搬中や仮置き時に発生する荷ずれによる損傷を検知することが可能である。

また、コンクリートの弾性定数と弾性波速度の間には理論的な相関関係があることから、弾性波速度を指標にして杭コンクリートの品質を評価・管理することが可能である。

この場合の測定は、1本の杭に対して2回以上とする。

< 解説 >

以下のフローチャートに杭の健全性試験を行うタイミングとその時点で得られる杭の健全性に関する情報を示す。

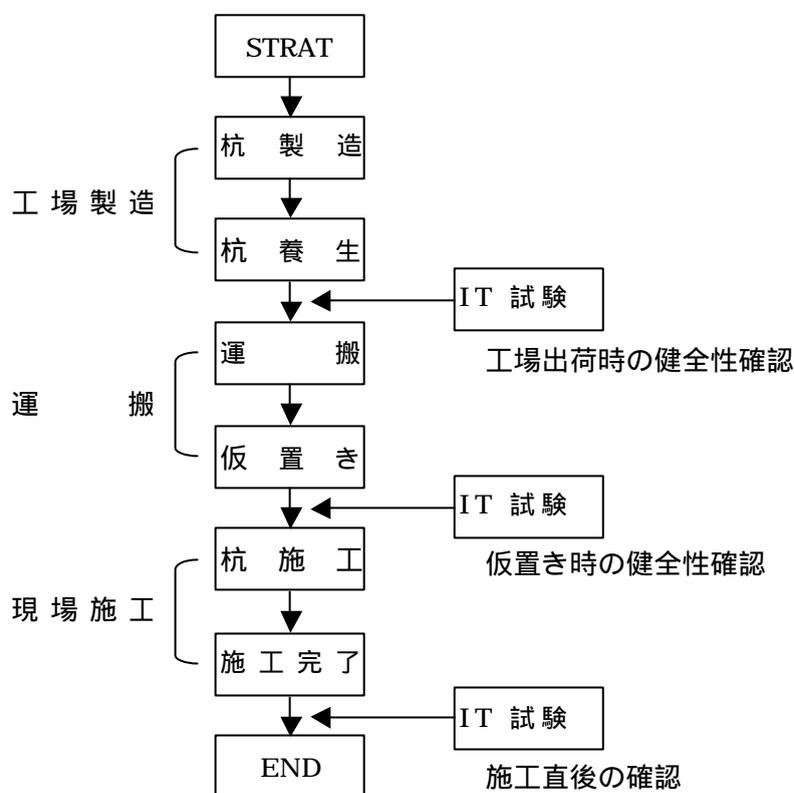


図 2 . 9 試験を実施する時期と得られる情報

(2) 施工後の杭の品質評価

施工直後に試験を行うことにより、杭の施工長および杭体の施工による損傷の有無を調べることが可能である。

< 解説 >

このマニュアルで最重要視している杭の品質評価の項目は、概略の施工長および施工後に杭体に欠陥が生じていないことを確認することにある。

杭の施工直後の試験では、根固め杭の場合、根固め部の評価を行うことはできないが、損傷の有無や杭長の評価が可能である。この点から、既製コンクリート杭では、施工直後の杭の健全性試験を行うことが最も重要な計測であるといえる。事情により施工前の測定を行わない場合であっても、施工直後の試験は省略すべきでない。

施工後1日以上経過した時点で試験を行うことにより、根固め部分や周面抵抗などの概略の状態を推定できる場合もあるが、その場合でも施工直後の試験の結果と比較して議論すべきである。

施工後時間が経過するに伴い、周面抵抗などの要素により、杭を伝播する弾性波動は減衰が大きくなる。そのため、施工直後には、判断が可能な波形が得られる場合でも、時間が経過するにつれ明確な判断が行えなくなる場合もある。

根切り後に最終段階の確認を行う場合もあるが、この場合に対象となる評価項目は、根切りの際に重機などによって杭頭に近い位置に損傷が生じるというような事故がなかったことを確認することである。この場合、損傷は杭頭から2～3mのところを生じることがほとんどであり、損傷の有無は容易に判断できる。また、この場合、先端反射は必ずしも明瞭でないため、先端反射の判定は行わなくても良い。

(3) 弾性波の発生方法

既製コンクリート杭は、場所打ち杭に比べて断面積が小さく、中空部分を有するので、弾性波の発生には小型のハンドハンマーを用いる。

< 解説 >

これまでの測定実験の結果より、杭頭にプレートがある場合、プレートに浮きが無い限り、弾性波の発生位置とセンサー設置位置が、どのような関係にあっても測定結果に有意な違いは生じないことが認められる。しかし、センサーにあまり近い位置で弾性波を発生させると、センサーの容量を超える振動が加わる可能性があるため、弾性波の発生位置はセンサー設置位置から少し(10cm以上)離れた位置とする。



IT試験③



IT試験③



IT試験③

施工状態の確認（杭体施工直後）

写真 2 . 3 センサーの設置、打撃の状況

(4) センサー設置場所の選択

弾性波を受振するためのセンサーは、端板がコンクリートに密着している場所で、打撃をする場所の近傍を避けた位置に設置する。

試験の際、データを記録するに先だって弾性波を発生させる位置やセンサー設置の位置を変えて数回の予備測定を行う。その上で、最も良好な測定波形が得られる位置で試験を行う。

< 解説 >

センサー設置位置は原則的に杭頭面内とするが、これが困難な場合には杭頭に近い位置の杭側面に設置することも可能である。

杭頭に端板がある場合には、これを軽打する事によりプレートの浮きを判断することが可能である。

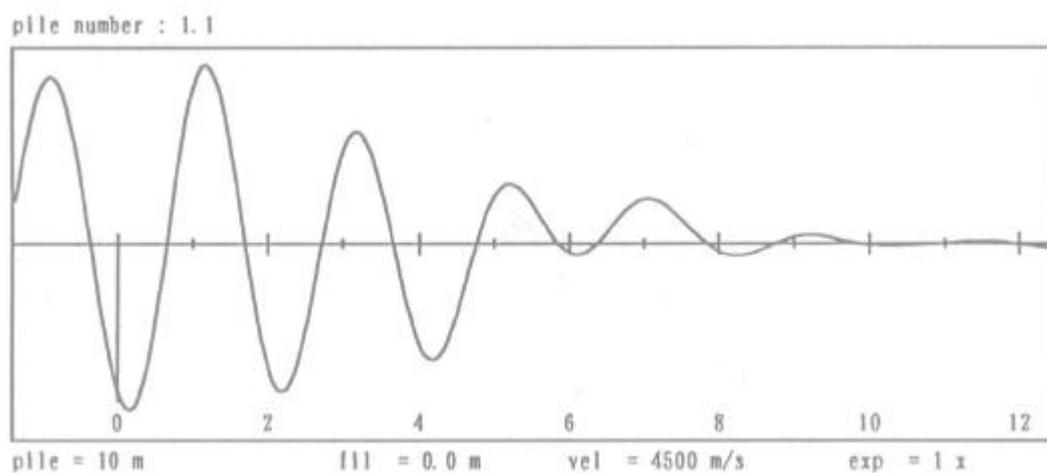


図 2 . 1 0 端板に浮きがある場合の波形例

杭頭が切断されている場合には、極力切断面を平滑に仕上げたうえでセンサーを設置することが望ましい。

場所打ち杭の場合と同様、予備測定を行い打撃位置、センサー設置位置を決定した上で試験を行う。

(5) センサーの設置

センサーは受感軸を杭軸方向に向け杭体に接着、アンカーボルト止め、または手でしっかりと押しつけて保持することにより設置する。手で保持する場合にはぶれないように特に注意する。

< 解説 >

センサーは、原則的には杭頭面内に設置する。これが困難な場合には、杭頭付近の杭側面に設置することも可能である。いずれの場合にも、測定対象となる弾性波動の振動方向は杭軸方向になるので、センサーの受感軸は必ずその方向に向けて設置する。

手でセンサーを保持する場合にはぶれないよう、細心の注意を払う必要がある。また、その際、コンクリート表面の凹凸をならすために、粘性材料（ブチルゴム等）を薄く（1mm程度）のばしてセンサーと杭体の間に付着させることでがたを防ぐことも可能である。この場合、粘性材料の厚さが厚いと、高周波の振動成分が減衰することになるので、注意を払う。

(6) 試験可能な杭の長さ

既製コンクリート杭では、杭長 60m までのものに対して試験を実施する。これ以上の長さのものであっても、試験が可能な場合もあるので、そのような場合には事前に適用性を検討する。

< 解説 >

施工前の試験は、全数について実施することが有効である。試験の際には、杭の製造番号を確認しておく。

施工後の試験では、施工直後の杭であれば周面抵抗が少ないことなどから、60m 程度の杭であっても先端反射が得られる。施工後 1 日程度の時間が経過すると、杭の周面抵抗は大きくなり先端反射が確認できる杭長は 30m 程度が限界となる。

既製コンクリート杭の試験では、施工直後の試験が最も重要である。

杭頭が地表に無い場合であっても、杭頭を地表面付近で保持して測定を行い、杭長および杭体に損傷がないことを確認する。

(7) 測定の回数

試験は再現性を確認するため 1 本の杭に対して、工場出荷時、仮置き時には 2 回、施工後は 4 回以上の測定を行う。

再現性を確認するために、複数回の測定を行う。このとき得られる波形が一定のものであれば再現性があると考えられ、適正な測定が行われたと考えられる。

2 . 5 試験結果の収録

試験の結果は、測定装置のメモリーに記録される。これをパソコンに転送し、解析は、パソコンに取り込まれたデータを用いて行う。

< 解説 >

現在一般に用いられている測定装置は、測定データをデジタル値としてメモリーに保存するものがほとんどである。記録データを波形図等として出力する場合、解析を行う場合には、メモリーに保存されたデータをパソコンに転送した上で、機器に専用として付属しているソフトウェアを用いてパソコン及びその周辺機器を用いて解析を行う。

3 . 測定波形の表示および試験結果の整理

3 . 1 測定波形の表示

測定波形は、全てを波形記録として表示する。このとき、波形図の縦軸は相対速度応答、横軸は換算杭長または時間軸として表示することを原則とする。

< 解説 >

健全性試験の波形記録は、1本の杭について4回以上（既製コンクリート杭の施工前測定では2回以上）収録されることになる。収録された波形記録は、波形の再現性を確認するために、全てのものについて表示する。

表示の方法は、波形図として記録紙上にプロットするものとする。

健全性試験では、弾性波動をピックアップするセンサーとして、加速度計が用いられることが多い。従って得られる信号は杭頭部の加速度応答波形である。加速度応答波形は高周波の振動成分を多く含み、複雑な形をした場合が多い。そこで、通常これを積分して速度応答波形として表示する。このとき、図の縦軸（振幅軸）は、反射波を容易に確認できるように打撃による弾性波の入力時刻より、時間経過に伴い振幅を増幅する処理を行う（Auto Gain Control ; AGC と呼ぶ）。そのため、縦軸の値は相対値となる。

速度応答波形とすることで、発生する弾性波の杭頭部での応答は単純な形のガウス波形に近いものとなる。また、杭先端からの反射波も発生時の振動波形に近いものとして検出されることから、波形の判断を容易に行うことができる。さらに、波形を見やすいものとするために、ローパスフィルターを用いることもある。

また、健全性試験では、記録波形の横軸は時間軸で表す場合もあるが、反射の位置からその反射が生じる深度を直接読みとれるように長さに換算して表示する場合が多い。

このときの換算の方法は、

$$L = C \times t / 2$$

ここに、L : 長さ、 C : 弾性波速度、 t : 時間 による。

健全性試験の波形例を図3.1に示す。

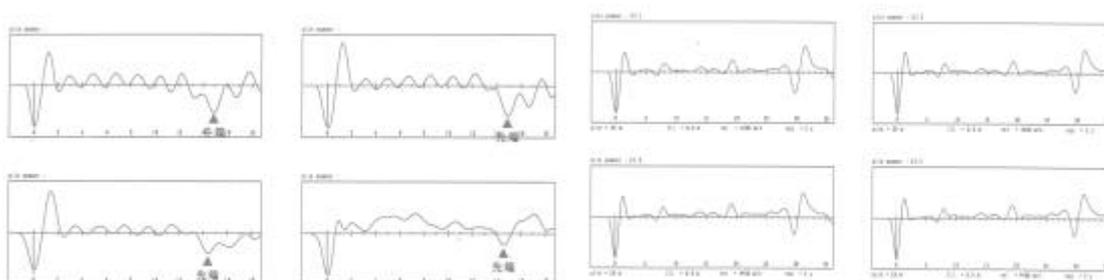


図3.1 試験の波形例

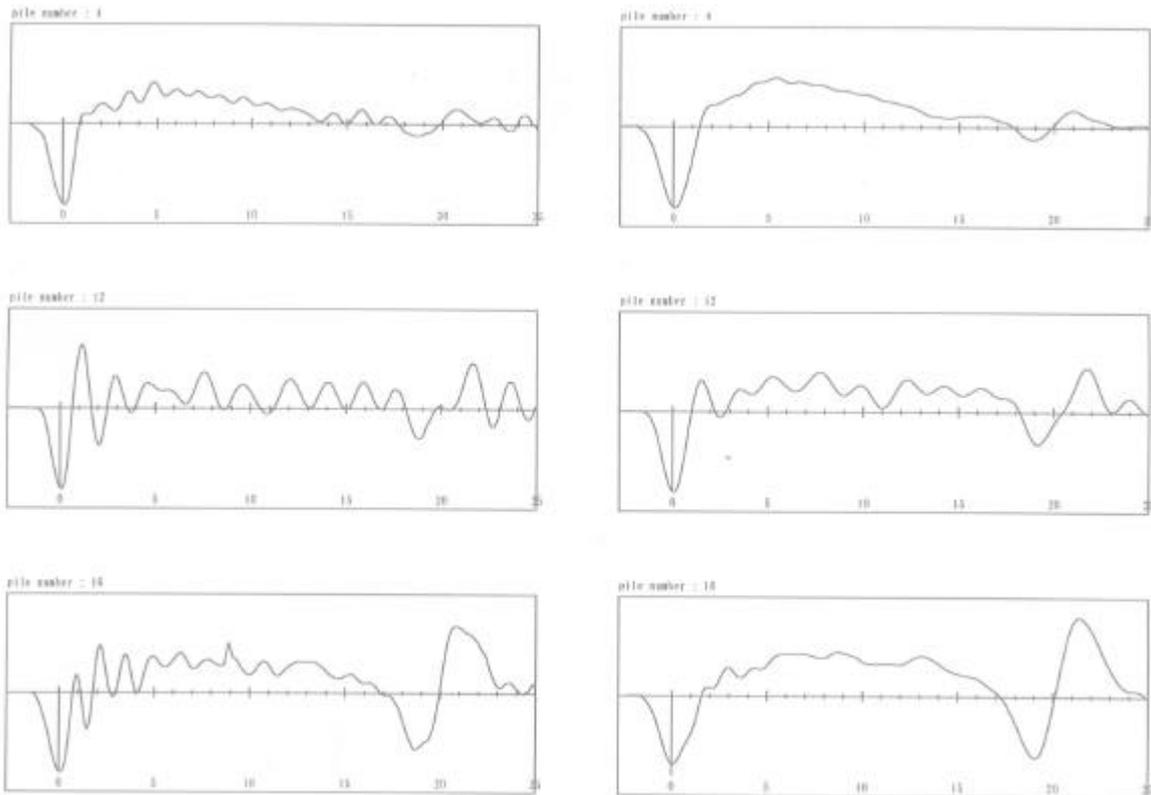


図 3 . 2 フィルター処理の例

また、波形記録を重合加算処理（スタッキング）することにより、ノイズを除去して明瞭な波形にすることも効果的な場合もある。

3 . 2 試験結果の整理

健全性試験の結果は、波形図および一覧表として、測定杭の番号により整理して表示する。

< 解説 >

波形図を表示する際には、杭番号、測定日時等を一緒に示し、どの杭の測定を行ったかを明確にしておく。

波形図は、判読可能な範囲で小さく表示すれば杭相互の比較検討をする際、波形を見比べることができるので、判定・評価がやりやすい。

測定杭の位置などの情報を得るためには、GPS（全地球測位システム）やトータルステーションによって位置情報を記録しておくことも有効なことである。

4．試験結果の解釈

試験結果の解釈は、個々の杭に対しての評価とともに、杭相互間の横並びの評価を行う。

< 解説 >

健全性試験結果の評価は、場所打ちコンクリート杭であっても、既製コンクリート杭であっても基本的な考え方は同じである。しかし、考え得る損傷の種類や原因はそれぞれ異なったものであるため、解釈の際の着目点は杭種により異なる。

はじめに個々の杭に対して長さや損傷の有無の評価を行い、その後、測定波形の類似性や波形のトレンドの比較、長さのばらつきなど杭相互での試験結果の比較を行い、特異なものがあるかどうかなどの検討を行う。

4．1 場所打ちコンクリート杭

場所打ちコンクリート杭の試験では、比較的長いものであっても、ある程度明確な評価が可能である場合が多い。

試験結果を解釈するためには、テンプレートを用いるか、シミュレーションを行って判断を行う。

< 解説 >

(1) テンプレートを用いる方法

これまでの実測結果を基に杭の状態と試験の結果の対応を例示したテンプレートを作成し、付録として添付した。杭の状態の判断は、このテンプレートを参照する。

測定波形の判断を行う際に着目する点は以下の要素である。

入射波の確認

先端反射の大きさと出現時刻（長さ）

先端反射以前の反射の有無

波形の全体的なトレンド

これらの要素についてテンプレートを参照して個々の杭の評価を行う。

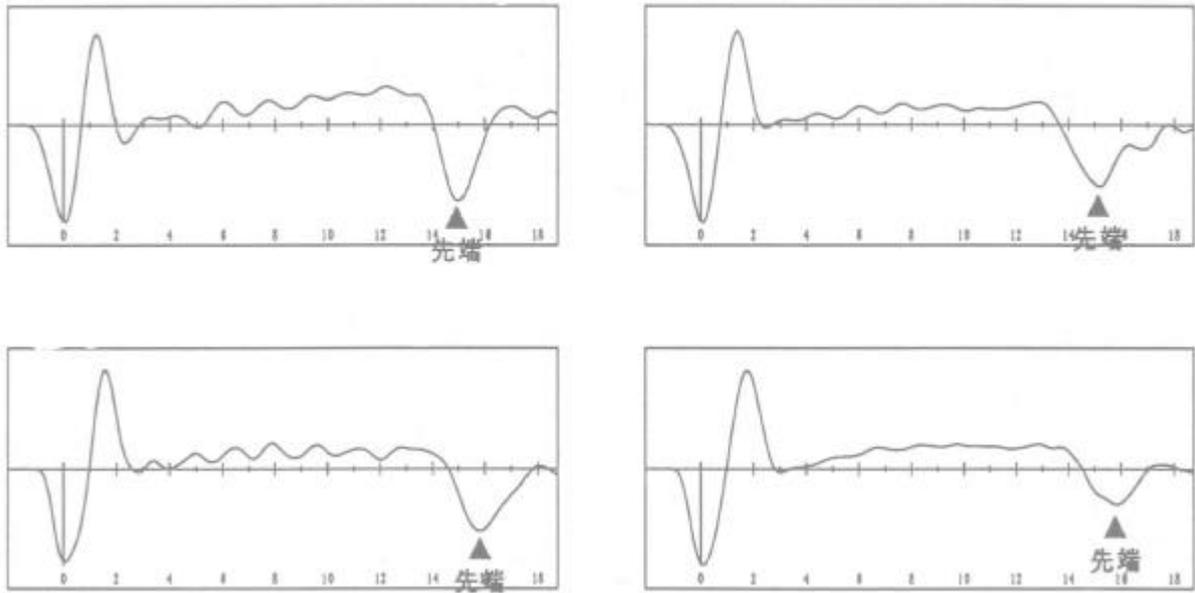


図 4 . 1 解析の例

(2) シミュレーションによる方法

杭と地盤をモデル化して杭頭に力を与え、その時の杭頭での応答を実測の応答とマッチングするまでイタレーションを行い、最も実測値に適合したモデルの杭の状態から実際の杭の状態を推定することができる。

< 解説 >

杭-地盤系のモデル化は、通常一次元モデルを用いることが多い。通常の場合は、これである程度現実に即したシミュレーションが可能であるが、二次元または三次元モデルを用いた有限要素法による高度な解析も行われることもある。

4.2 既製コンクリート杭

既製コンクリート杭の試験では、施工直後までの試験の結果については反射波の性状を目視判断する。

施工後1日以上経過したものの結果の判断は、テンプレートを用いるか、シミュレーションを行って判断する。

< 解説 >

既製コンクリート杭の施工前および施工直後の測定波形は、図4.2に示すように打撃入力および反射波が非常に明瞭に検出される。従って、測定波形の再現性と反射波を目視で確認すれば損傷の有無、長さを評価することが可能である。そこで、ここでの判断・評価は、記録波形を直接目視判断することとした。

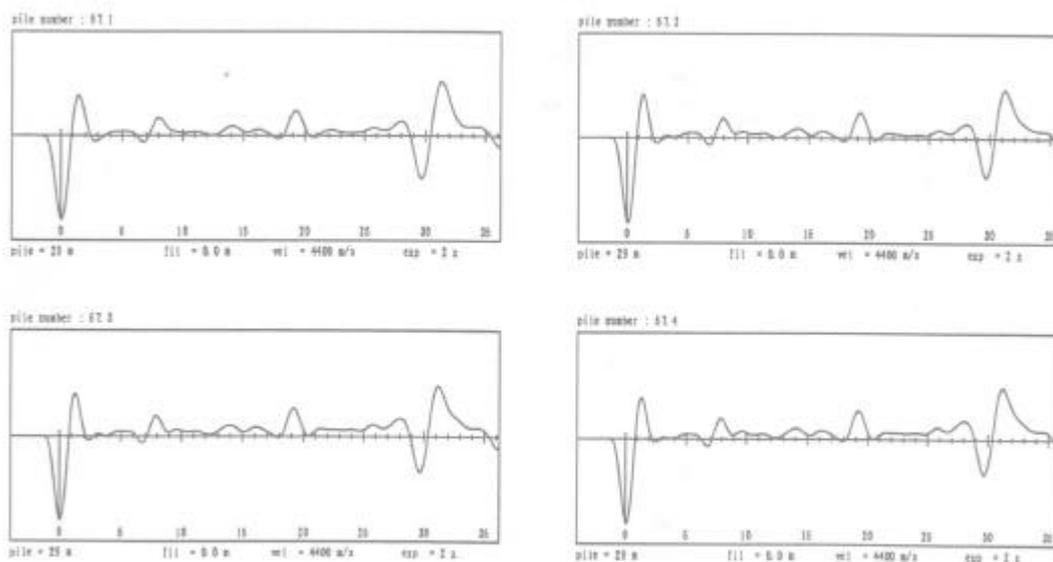


図4.2 既製コンクリート杭施工直後の測定波形例

(1) テンプレートを用いる方法(施工後1日以上経過した杭の評価)

これまでの実測結果を基に杭の状態と試験の結果の対応を例示したテンプレートを作成し、付録として添付した。杭の状態を判断する場合にはこのテンプレートを参照する。

< 解説 >

本マニュアルでは、既製コンクリート杭に対する試験のうち、最も重要なものは施工直後の測定であるとしている。施工後時間経過とともに周面拘束の回復や根固め部の硬化などの影響により、試験の結果は次第に不明瞭になる場合もある。テンプレートを用いて判定を行う場合、上記理由のため判定が困難になる場合もある。そのような場合には、施工直後に行った試験の結果による判断を優先する。

(2) シミュレーションによる方法(施工後1日以上経過した杭の評価)

杭と地盤をモデル化して杭頭に力を与え、その時の杭頭での応答を実測の応答とマッチングするまでイタレーションを行い、最も実測値に適合したモデルの杭の状態から実際の杭の状態を推定することができる。

< 解説 >

杭-地盤系のモデル化は、通常一次元モデルを用いたウェーブフィッティングを行うことが多い。場所打ちコンクリート杭の場合には、二次元または三次元モデルを用いた有限要素法により、高精度な推定を行う場合もあるが、既製コンクリート杭は杭の断面積が長さに対して小さいため一次元の棒状の弾性体であると見なされ、断面方向にメッシュを設定するFEM解析の有効性は低い。

シミュレーション(ウェーブフィッティング)による解析を行う場合でも、施工後の時間経過の影響により判定が困難になる場合もある。この場合には、施工直後に行った試験の結果による判定を優先させる。

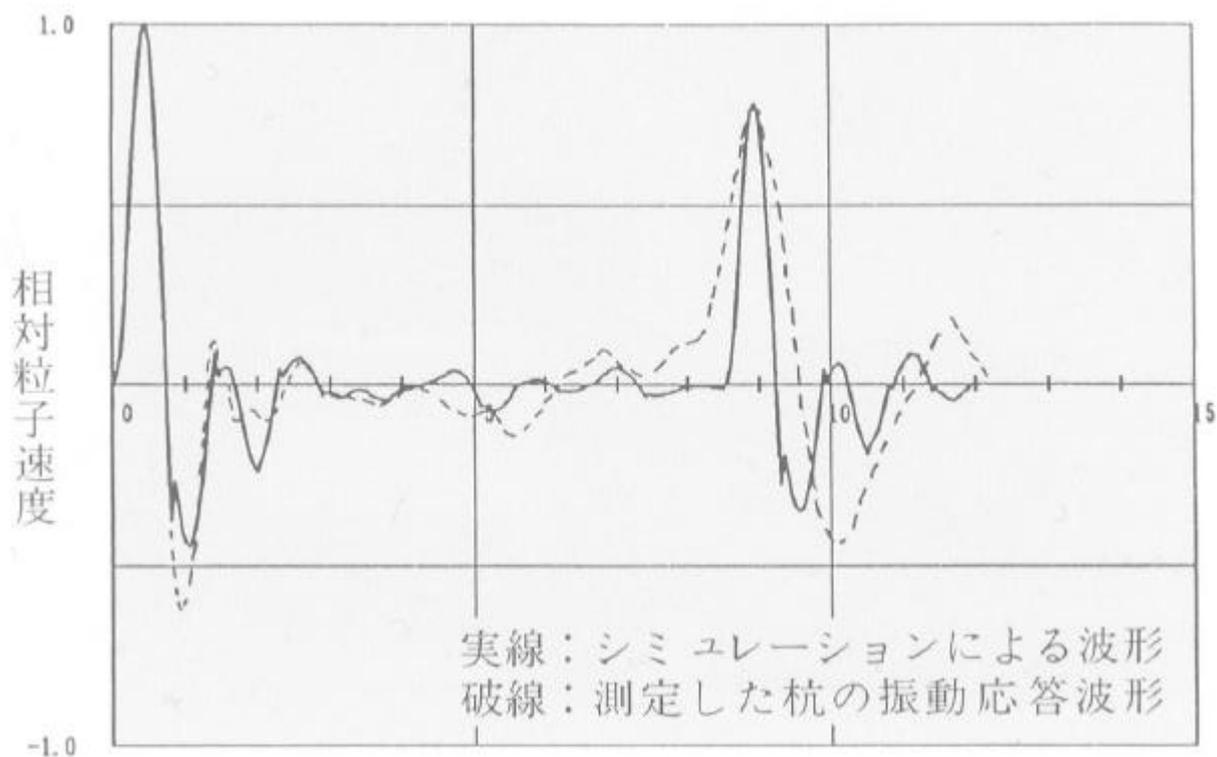


図4.3 シミュレーション(ウェーブフィッティング)の例

5．試験結果の評価

試験は原則として施工杭の全数について行う。試験結果の評価は、個々の測定杭について評価を行った後で、杭相互の比較検討を行う。

< 解説 >

個々の杭については、4章で述べた着目点に注目して健全性の評価を行う。そうした後で、杭相互の波形の類似性や特異点、先端反射出現時刻（杭長）のばらつきなどについて、統計的にまとめる。そうすることで、ひとつの現場内での杭の品質の均一性を推定することが可能である。

5．1 評価の項目

試験結果の評価は、以下の項目について行う。

換算杭長

換算杭長のばらつき

欠陥の有無

波形のトレンドのばらつき（横並びの評価）

< 解説 >

杭の健全性評価の重要な項目は、上記4項目である。換算杭長は、先端反射の到達時刻から換算することができる。欠陥の有無は、先端反射以前にある反射の有無や大きさから判断される。試験結果の横並びの判断として、杭長や波形のトレンドのばらつきについて統計的手法を用いて判断を行い、杭の品質の均一性を評価する。

5．2 全数検査および抜き取り検査の考え方

このマニュアルでは、測定を行う目的をユーザーに対する品質保証という立場に立ち、試験数量や評価手法に、消費者危険を考慮した検査法を導入する。

< 解説 >

施工された杭は、ひとつの製品と考えることができる。従って、杭に対する性能評価試験は、その品質（性能）を検査するための手法であるといえる。ある製品の品質（性能）を検査しようとする場合、手法として、全数検査と抜き取り検査がある。これらの検査方法は JIS 等に示されているが、抜き取り検査ではどのような手法をとっても不良率を"0"とする事はできない。

すなわち、抜き取り検査では杭の全数について、不良がないことを示すことはできない。従って、本マニュアルでは、全数検査を行うことを原則とする。

5.3 全数検査の意義

試験は、施工された杭の全数について実施することを原則とする。

< 解説 >

全数検査では、施工されたすべての杭の品質を保証することが可能である。

一般に、全数検査が適当な場合として以下のような場合がある。

不良品が少しでも混入することが許されない場合

不良品があることで次の工程で重大な損失を受ける場合

検査が簡単で全数検査が容易な場合

杭の設計においては不良品の混入は考慮されておらず、また、もし不良の杭があれば、再施工のためにその後の工程が遅れるなど、重大な損失が生じることになることを考えると、施工された杭について何らかの簡単な方法により全数検査をおこなうことは、非常に有効である。

試験の結果は、まず個々の杭について検討・評価を行うことになるが、全数検査が前提であれば、試験結果を横並びに評価することも可能である。すなわち顕著な反射波などの解析による個々の評価の他に、波形の全体的なトレンド等が似ているかどうか、杭長のばらつきはどうかといった杭相互の比較検討も可能になる。

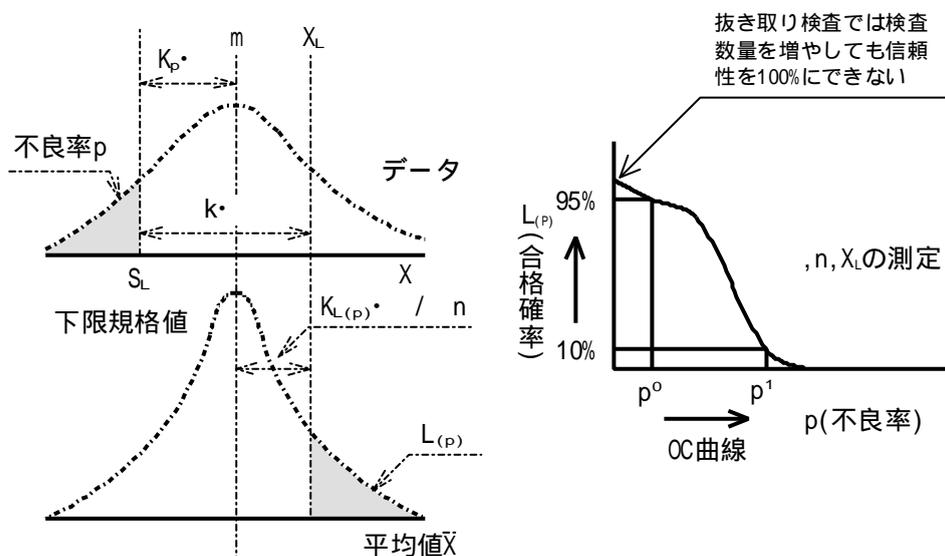


図5.1 不良率，検査の合格確率の考え方

6．試験体制

試験は施主が行う場合、設計者が行う場合、施工業者が行う場合がある。目的によっては独自に行う場合もあるが、第三者な機関に依頼して行うことが望ましい。

< 解説 >

本マニュアルでは測定を行う目的をユーザーに対する品質保証とすることを位置づけている。

したがって、試験の客観性や公平性を考えると、試験を行う機関は設計者や施工業者とは別の独立した測定機関が行うことが望ましい。

試験は施工業者が自主検査として行う場合もあり得るが、これは適正な施工が行われたことを自主的に検査するのが目的であるので、ユーザーに対する品質保証という観点とは目的が異なる。

杭の健全性試験 チェックシート

(記入例)

装置確認者：二木 幹夫 2001年 4月 3日

試験実施者：阿部 秋男

試験装置

| 管理番号 | 校正日 | 充電状態 | 動作 | 付属品 |
|----------|------------|------|------|---|
| TSR - 04 | 2001. 4. 2 | O.K. | O.K. | センサー、ケーブル データケーブル ブチルゴム ハンマー、カケヤ |

試験概要

| | | |
|----------|------------------|---------------------|
| 件名 | 建設工事杭の健全性試験 | |
| 目的 | 基礎杭の健全性を調べる。 | |
| 日時 | 2001年 4月 5日 | |
| 測定数量 | 20本 | |
| 杭条件 | 杭 No. | 杭状図のとおり(杭伏図あり) |
| | 杭種 | 場所打ちコンクリート杭 |
| | 工法 | 工法 |
| | 杭長 | 30m |
| | 杭径 | 軸部 1000mm、先端 1500mm |
| 地盤条件 | 先端地盤 | 砂れき(柱状図あり) |
| | 周面地盤 | 細砂と粘土の互層 |
| センサの設置方法 | ブチルゴムを用い手でおさえた。 | |
| ハンマーの種類 | 木製カケヤ | |
| データ収録条件 | 増幅倍率 | 10倍 |
| | フィルター | 0(なし) |
| | 設定伝播速度 | 4000m/s |
| 測定波形 | 全ての杭で先端反射が確認された。 | |

杭の健全性試験
測定波形式例集

既成コンクリート杭

既成コンクリート杭では、打設直後であれば本文中にあるように長い杭であっても明瞭な先端反射が確認できる測定を行うことが可能である。

測定波形式例集に収録した波形の事例は、打設後時間が経過してから測定を行ったものであり、その場合には地盤条件や杭周面と地盤の接触条件などにより必ずしも明確な結果が得られない場合もある。

そのような場合には、判断を行う際、施工直後に行った測定結果と比較検討して総合的な判断を行うことが必要になる。

この事例集に収録した事例の中にもそのような判断を行って健全性を評価したものや、他の試験の結果と併せて考察を行ったものも含まれる。

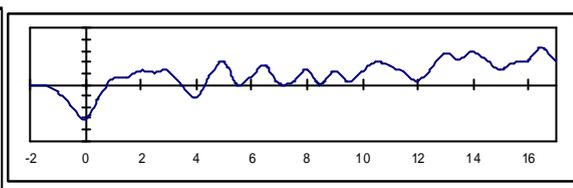
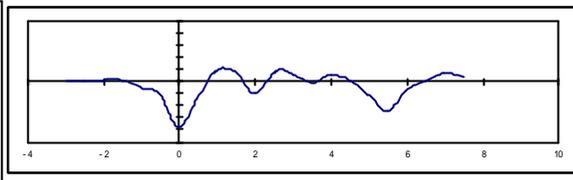
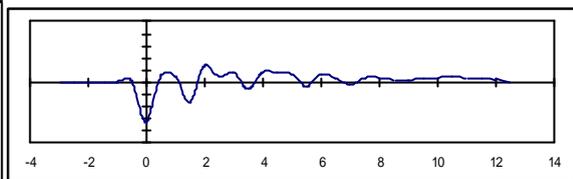
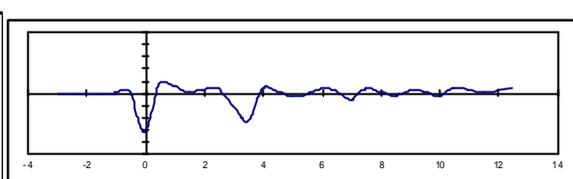
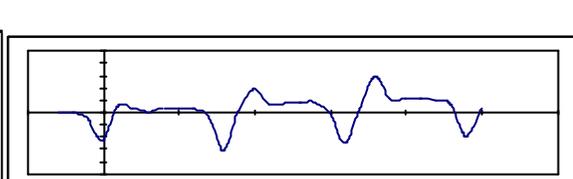
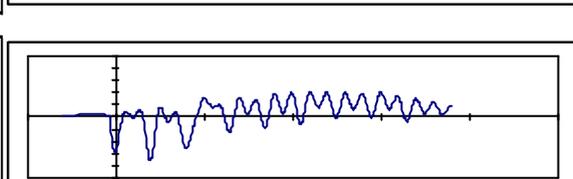
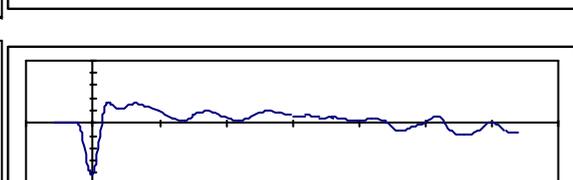
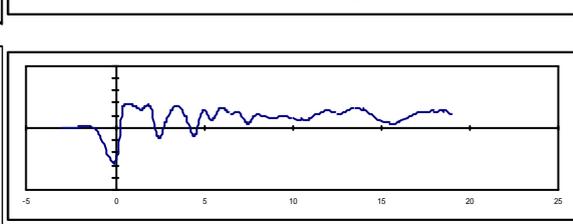
場所コンクリート杭

場所打コンクリート杭では、根切り後杭頭処理を行った後に測定を実施しても明瞭な結果を得られることが確認されている。

しかし、地盤の拘束条件や杭長などの要因により、測定結果には、それらの影響を含むことになる。

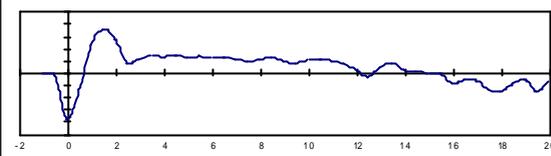
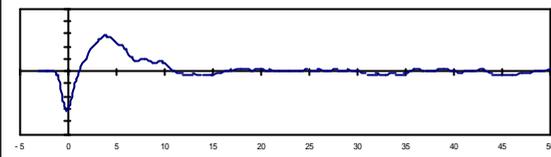
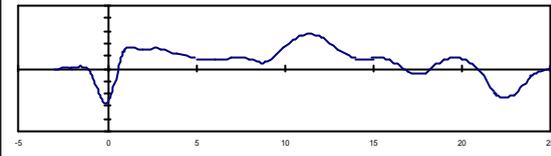
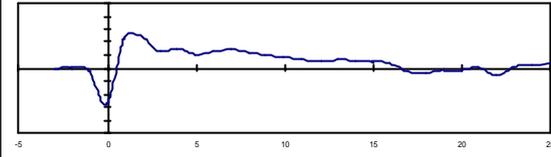
また、理論的には杭先端拡底部分のできれば評価できるが、この拡底部分の反射は先端反射に比べて大きなものではなく、地盤条件によっては不明瞭になる場合もある。

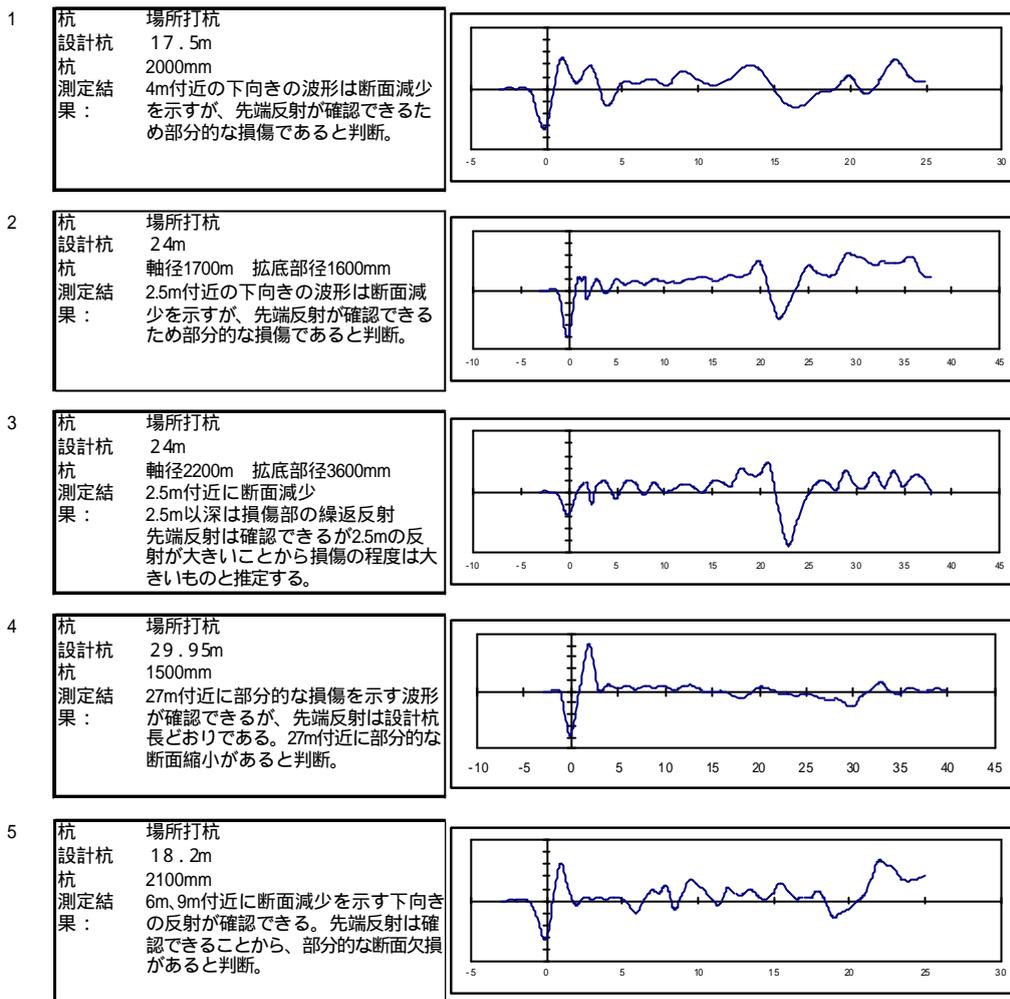
従ってここでの判断は杭長と杭軸部の欠損の有無に限定した。

| | | |
|---|---|--|
| 1 | <p>杭種 PHC杭 設計杭長 :13m 杭径 400mm 測定結果 : 4m付近に明瞭な反射がありこの位置で切断しているものと判断。</p> |  |
| 2 | <p>杭 PHC杭 設計杭長 6m 杭径 800mm 測定結果 : 2.0m付近に損傷を示す反射がある。先端反射も確認できることから、部分的な損傷がこの位置にあると判断。</p> |  |
| 3 | <p>杭 PHC杭 設計杭長 23m 杭径 300mm 測定結果 : 1.8m付近に明瞭な反射があり、全断面に及ぶ損傷があると判断。その反射は繰り返している。</p> |  |
| 4 | <p>杭 PHC杭 設計杭長 23m 杭径 300mm 測定結果 : 3.4m付近に明瞭な反射があり、全断面に及ぶ損傷があると判断。その反射は繰り返している。</p> |  |
| 5 | <p>杭 PHC杭 設計杭長 20m 杭径 400mm 測定結果 : 8.0m付近に明瞭な反射があり、全断面に及ぶ損傷があると判断。その反射は繰り返している。</p> |  |
| 6 | <p>杭 PHC杭 設計杭長 14m 杭径 300mm 測定結果 : 2.0m付近に明瞭な反射があり、全断面に及ぶ損傷があると判断。その反射は繰り返している。</p> |  |
| 7 | <p>杭 PHC杭 設計杭長 23m 杭径 350mm 測定結果 : 6m付近に反射が確認できる。また、先端反射も確認できることから、6m付近の反射は、部分的な損傷であると推定できる。その反射は繰り返している。</p> |  |
| 8 | <p>杭 PHC杭 設計杭長 13m 杭径 500mm 測定結果 : 3.0m付近に明瞭な反射があり、全断面に及ぶ損傷があると判断。その反射は繰り返している。</p> |  |

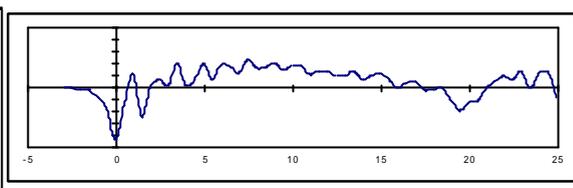
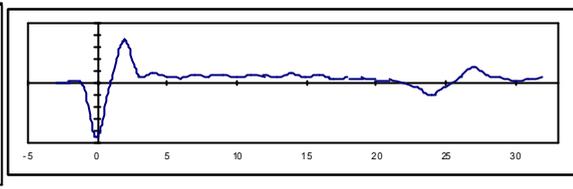
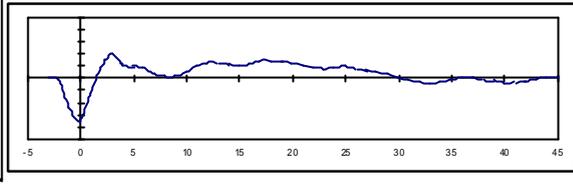
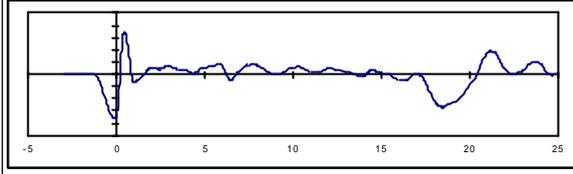
- | | | |
|---|---|--|
| 1 | <p>杭種 PC杭 設計杭長 : 既存杭杭長調査 杭径 400mm 測定結果 : 測定結果から30m付近に先端を示す反射が不明瞭であるが確認できる。8m付近の反射は継ぎ手であることをボアホールカメラで確認。このような場合には他の調査手法も行うことが</p> | |
| 2 | <p>杭種 PHC杭 設計杭長 : 13m 杭径 400mm 測定結果 : 設計杭長どおりであり、損傷を示す下向きの波形はなく健全であると判断。</p> | |
| 3 | <p>杭種 PC杭 設計杭長 : 12m 杭径 300mm 測定結果 : 設計杭長どおりであり、損傷を示す下向きの波形もなく健全であると判断。7m付近までの低周波の上向きの反射は地盤の拘束による。</p> | |
| 4 | <p>杭種 PHC杭 設計杭長 : 6m 杭径 800mm 測定結果 : 設計杭長どおりであり、損傷を示す下向きの波形はなく健全であると判断。</p> | |
| 5 | <p>杭種 PHC杭 設計杭長 2m 杭径 800mm 測定結果 : 設計杭長どおりであり、損傷を示す下向きの波形はなく健全であると判断。</p> | |
| 6 | <p>杭種 PHC杭 設計杭長 7m 杭径 800mm 測定結果 : 杭頭付近に小さなクラックの影響による反射があるが、明瞭な先端反射を確認できる。クラック位置までの部分を切断して使用した。</p> | |
| 7 | <p>杭種 PC杭 設計杭長 既存杭杭長調査 杭径 450mm 測定結果 : 15mで明瞭な先端反射が確認でき、杭長は15mと判定。</p> | |
| 8 | <p>杭種 PHC杭 設計杭長 12m 杭径 600mm 測定結果 : 設計杭長どおりであり、損傷を示す下向きの波形もなく健全であると判断。</p> | |

| | | |
|----|--|--|
| 9 | <p>杭 PC杭 設計杭 既存杭杭長調査 杭 400mm 測定結果： 施工資料から32.5mの杭長、測定結果から31m付近に明瞭な反射が確認でき、先端反射であると判断。</p> | |
| 10 | <p>杭 PC杭 設計杭 13m 杭 300mm 測定結果： 設計杭長どおりであり、損傷を示す下向きの反射もなく健全であると判断。</p> | |
| 11 | <p>杭 PHC杭 設計杭 20m 杭 350mm 測定結果： 設計杭長どおりであり、損傷を示す下向きの波形はなく健全であると判断。</p> | |
| 12 | <p>杭 PHC杭 設計杭 既存杭杭長調査 杭 300mm 測定結果： 4mの先端反射から、杭長は4mと判定。</p> | |
| 13 | <p>杭 PHC杭 設計杭 20m 杭 500mm 測定結果： 設計杭長どおりであり、損傷を示す下向きの波形はなく健全であると判断。</p> | |
| 14 | <p>杭 PHC杭 設計杭 33m 杭 600mm 測定結果： 設計杭長どおりであり、損傷を示す下向きの波形はなく健全であると判断。(先端反射不明瞭であるが損傷の反射がないことから健全と判断)</p> | |
| 15 | <p>杭 PC杭 設計杭 既存杭杭長調査 杭 350mm 測定結果： 6.5mに明瞭な反射が確認でき、13mの繰り返し反射から杭長は6.5mと判定。</p> | |
| 16 | <p>杭 PHC杭 設計杭 12m 杭 600mm 測定結果： 設計杭長どおりであり、損傷を示す下向きの波形はなく健全であると判断。</p> | |

| | | |
|----|--|---|
| 17 | <p>杭 PHC杭 設計杭 13.8m 杭 600mm 測定結果： 設計杭長どおりであり、損傷を示す下向きの波形はな く健全であると判断。</p> |  |
| 18 | <p>杭 PHC杭 設計杭 既存杭調査 杭 300mm 測定結果： 34m付近の下向きの反射が先端反射であると判定。先端反射不明瞭であるが小さい反射と地盤構成を考慮して判断した)</p> |  |
| 19 | <p>杭 PHC杭 設計杭 18m 杭 350mm 測定結果： 設計杭長どおりであり、損傷を示す下向きの波形はな く健全であると判断。10m付近の上向きの反射は地盤拘束によるものと推定する。</p> |  |
| 20 | <p>杭 PHC杭 設計杭 18m 杭 300mm 測定結果： 設計杭長どおりであり、損傷を示す下向きの波形はな く健全であると判断。</p> |  |



| | | |
|---|--|--|
| 1 | <p>杭種 場所打杭 設計杭長 : 18m 杭径 口元ケーシング 4m-2400mm ガイドケーシング 7m-2200mm 測定結果 : 設計杭長どおりであり、損傷を示す下向きの波形はなく健全であると判断。3.5m, 6.5mにケーシング尻の反射が確認できる。</p> | |
| 2 | <p>杭種 場所打杭 設計杭長 : 12m 杭径 1200mm 測定結果 : 設計杭長どおりであり、損傷を示す下向きの波形はなく健全であると判断。</p> | |
| 3 | <p>杭種 場所打杭 設計杭長 : 19.4m 杭径 軸径2500mm 拡底部径2800mm 測定結果 : 設計杭長どおりであり、損傷を示す下向きの波形はなく健全であると判断。</p> | |
| 4 | <p>杭種 場所打杭 設計杭長 : 20.9m 杭径 軸径2100mm 拡底部径3200mm 測定結果 : 設計杭長どおりであり、損傷を示す下向きの波形はなく健全であると判断。</p> | |
| 5 | <p>杭種 場所打杭 設計杭長 17.5m 杭径 2000mm 測定結果 : 設計杭長どおりであり、損傷を示す下向きの波形はなく健全であると判断。</p> | |
| 6 | <p>杭種 場所打杭 設計杭長 2.7m 杭径 800mm 測定結果 : 設計杭長どおりであり、損傷を示す下向きの波形はなく健全であると判断。</p> | |
| 7 | <p>杭種 場所打杭 設計杭長 2.4m 杭径 軸径1900mm 拡底部径2600mm 測定結果 : 先端反射は明瞭であるが拡底部の反射が不明瞭である。これは地盤条件によるものと考えられ、健全であると判断。</p> | |
| 8 | <p>杭種 場所打杭 設計杭長 15.45m 杭径 軸径1500mm 拡底部径2600mm 測定結果 : 設計杭長どおりであり、損傷を示す下向きの波形はなく健全であると判断。</p> | |

| | | |
|----|--|---|
| 9 | <p>杭 場所打杭 設計杭 19.33m 杭 1100mm 測定結果： 測定波形は杭頭ハツリによるコンクリートの剥離の影響を受けている。このような場合には杭頭処理を行った上で再測定を行うことが望ましい。</p> |  |
| 10 | <p>杭 場所打杭 設計杭 24m 杭 1500mm 測定結果： 設計杭長どおりであり、損傷を示す下向きの波形はなく健全であると判断。</p> |  |
| 11 | <p>杭 場所打杭 設計杭 34m 杭 1000mm 測定結果： 9mまで鋼管を巻いており、9m付近の下向きの反射は鋼管尻と思われる。先端反射は小さいが、損傷を示す反射はなく、健全であると判断。</p> |  |
| 12 | <p>杭 場所打杭 設計杭 19m 杭 2100mm (下部1800mm) 測定結果： 6.0m付近の反射は断面減少を示す反射である。設計通りであり健全であると判断。</p> |  |

付録 - 5.2

電気比抵抗を用いた改良体の品質評価方法 (案)

電気比抵抗を用いた改良体の品質評価方法（案）

1．適用範囲

この調査方法は、セメント系固化材を用いた改良体（主として深層混合処理工法）の攪拌混合度の調査に使用する。試験は、現位置で築造された施工直後の未硬化段階の改良体に対して適用するものとする。

2．調査方法の概要

2.1 目的

固化材と土とを現位置で攪拌混合して地中に改良体を構築する深層混合処理工法においては、土と固化材を一体のものとして確実に固結することが必要である。改良体は、必ずしも均質である必要はなく、用途・目的に応じた品質を保っていればよいが、設定した施工仕様のもとでどの程度の均質性を有しているか把握することは重要である。現在の施工管理では、攪拌混合の度合いを直接管理することが難しく、固化材の吐出量と掘進速度・攪拌翼の回転数などを対比しながら間接的に攪拌混合度を管理しているにすぎない。地盤が複雑な場合や経験の乏しい特殊な地盤を対象とする場合、改良体上端や先端の攪拌混合状況を特に確認したい場合、実績・経験の乏しい施工方法の信頼性を確かめたい場合には、改良部分の品質を詳細にコアボーリングなどにより直接調査して強度等の確認を行い、適切な施工機械や施工方法を採用することが必要である。しかし、コアボーリングにより強度等を詳細に調査することは、採取したコアの状況によっては多数のコア試料が得られないことや供試体に未硬化な土塊などを含む場合には強度試験の結果自体の信頼性も十分でない。このようなことから、施工直後の硬化していない状態で攪拌状況の凡を把握することが有用と考えられる。今回提案する調査方法は、未だ硬化していない段階でも改良体の攪拌状況を電気比抵抗¹⁾を指標として調査するものである^{2),3)}。

2.2 計測原理および測定方法

この調査方法は、土と固化材液の電気比抵抗の差を利用して、改良部分の比抵抗の変化から攪拌の度合いを推定するものである。攪拌混合による比抵抗の変化の影響を知るため、市販のケイ砂7号（平均粒径0.15mm）を対象として室内で混合した均質な試験体の未硬化状態の比抵抗と添加量の関係を図1²⁾に示す。この図には、硬化後の一軸圧縮強さ（28日材令）も併せて示している。測定方法は、図2²⁾に示している。図1において、スラリーの水セメント比は、70%であり、添加量を増加するにつれて比抵抗が小さく、強度が大きくなっている。また、添加量が200kg/m³程度を超えると、その比抵抗値はセメントミルクの比抵抗とほぼ等しくなっている。比抵抗の大きさから添加量や強度を推定することは難しいと考えられるが、添加していない状態の比抵抗は添加したものと比較してかなり大きいので、攪拌不良な土塊が存在しているような場合、その影響は比抵抗で捉えられると考えられる。なお、比抵抗と添加量の相関は、対象土の種類によっても異なり、粘性土の場合は一般に比抵抗が低く、セメントミルクと大きな違いがないケースもありうる。このような場合は、比抵抗による攪拌混合度の評

値の信頼性が低いので、原地盤の比抵抗測定の結果と併せて評価する必要があるが、一般に砂質土では比抵抗値が $20 \sim 30 \cdot m$ 以上であり、比抵抗が攪拌混合度を評価する指標となる³⁾。

なお、現位置における比抵抗の測定は、コ-ン貫入試験用の装置を利用して貫入ロッドに電極を取り付け、未硬化状態の柔らかい改良体中に貫入させ深度方向の比抵抗分布を求めることにしている。

図3には、計測原理と測定方法の概要を示す。

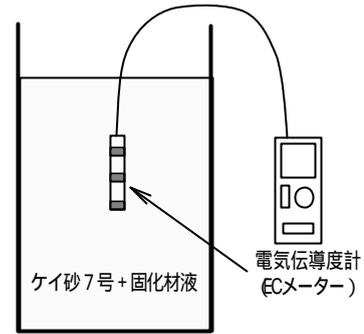
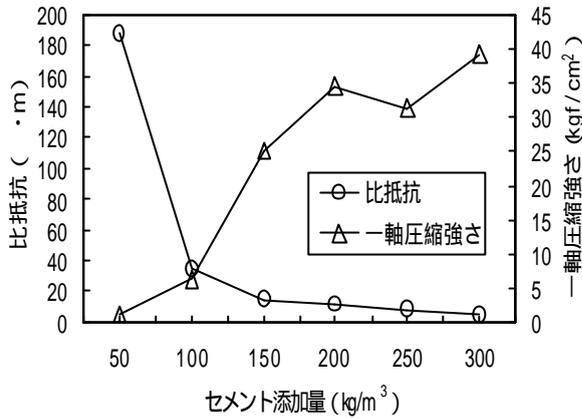


図1 比抵抗・一軸圧縮強さとセメント添加量の関係

図2 室内試験の測定方法

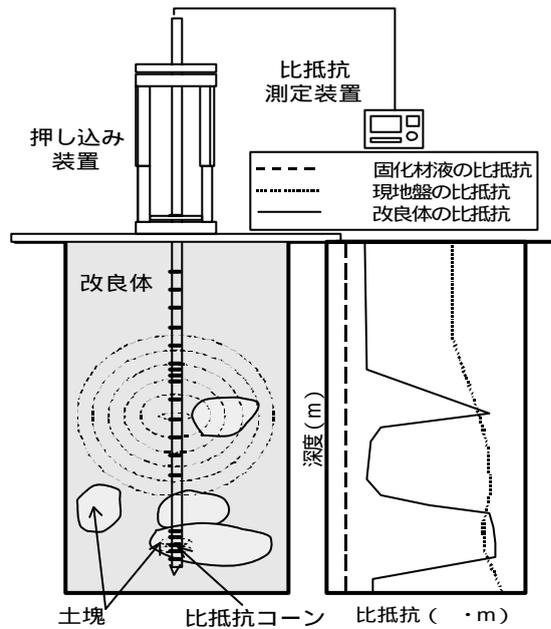


図3 計測原理と測定方法の概念

3. 試験装置・機器

3.1 電気比抵抗プローブ

電気比抵抗プローブは、比抵抗を計測するためにロッドの先端に取り付けられているセンサー部分であり、押し込み及び引抜き時に破損などが生じない強度剛性と、深度方向の比抵抗値が求められる機能を有していなければならない。電極間隔や電極配置などの仕様に関しては、測定結果とボーリングコアなどによる実際の攪拌混合度を比較したうえで適切に設定することが必要である。センサーからの電気信号は、ロッド内のケーブルを通じて地上までほぼリアルタイムに伝達される。

これまでの調査実績は、図4の電極間隔1～2cmのウェンナー式四極法を基本としており、後述の図6で示す試験結果などを参考にして攪拌混合度を評価する場合は、図4と類似のものを採用することが必要である。なお、このプローブには4つの電極が取り付けられ、それぞれの電極間隔は1～2cm程度であり、外側の2極(C1,C2)に電流を印加して内側2極(P1,P2)で電位を測定するものである。先端は押し込み時に有利なコーン円錐形状とすることが望ましい。

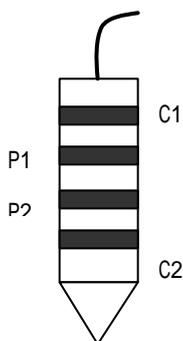


図4 電気比抵抗プローブの例

3.2 押し込み装置

押し込み装置は、未硬化時の測定に際し、押し込み不可能とならないような能力を有するものを使用する。

押し込み装置の一般的な仕様を以下に例示する。押し込み及び引抜き時の鉛直精度に関しては、改良体の鉛直精度程度は必要と考えられる。押し込み能力及び引抜き能力は、プローブが貫入する部分の硬さなど考慮して決める必要がある。調査目的や地盤条件によっては、未硬化部分のみを対象とした試験で攪拌状況の大凡を把握することが可能であり、この場合は下記に例示した押し込み及び引抜き能力を必要としない。しかし、現地盤の比抵抗分布を把握したい場合や改良体の先端地盤に押し込んで先端部の状況を把握したい場合には、できるだけ大きい押し込み能力が必要である。また、測定区間が長い場合やトラブルなどのため計測に長時間を要する場合や測定中に改良体の硬化が始まるおそれもある。これまでの測定実績から判断すると、5～10トン程度の押し込み及び引抜き能力を有していれば計測上特に問題ないと考えられる。貫入速度は、比抵抗の測定間隔、計測地点、計測深度と測定精度などを考慮して、サンプリング間隔・時間に対応させることが必要である。計測を迅速に行うためには、一定

の速度で貫入させながら連続的に測定することが望ましいが、計測時に停止させながら断続的に測定してもよい。図4の貫入口ッドを用いて、測定間隔を2～10cmとする場合、貫入速度1～5cm程度であれば計測上特に支障はない。

- ・鉛直精度：改良体の鉛直性と同等な範囲（1%以内）
- ・押し込み能力：5～10トン程度
- ・引抜き能力：押し込み能力と同等程度
- ・貫入速度：毎秒1～5cm程度

3.3 計測装置

計測装置は、計画した測定間隔と測定数で改良体や現地盤の電気比抵抗を測定できるものでなければならない。図4の四極法プローブを用いた場合、1～100 mの範囲が測定できれば攪拌混合度を判断することが可能と考えられる。既往の測定実績からみた比抵抗測定装置の仕様を以下に例示する。

- ・電源：交流式定電流源
- ・周波数：1～1000Hz程度
- ・印加電流：0.1～5mA程度
- ・比抵抗測定範囲：0.01～1000 Ω・m
- ・サンプリング間隔：1～5cm/毎

4. 試験方法

4.1 計測手順

計測の手順を以下に示す。

(1) 装置の点検

- ・電気比抵抗プローブの点検：電極及び測定電線に関して断線していないか確認を行う。例えば、各電極間の導通確認及び測定電線の導通確認をテスターなどで行う。
- ・電気比抵抗測定装置の点検：電気比抵抗プローブと測定電線を測定装置に接続し、十分な大きさ（20リットル以上のバケツなど）の容器に3種類程度の塩水を入れ、各溶液の比抵抗値を測定する。同時に、校正済みの比抵抗計などを用いて2つの結果の誤差が計測時に無視できる範囲（誤差として概ね5%以下程度）にあることを確認することが望ましい。

(2) 調査位置の選定

測定位置は、改良体のコアボーリングを行う場合の標準とする位置で行うことが望ましい。一般的には、コアボーリングは改良体半径の1/2地点（図5）で行う場合が多いが、攪拌翼の形状や固化材液の吐出位置によっては攪拌混合度は水平断面で異なる場合があるので、当該工法による既往のコア強度調査結果に基づいて適切に設定することが重要である。測定位置を改良体、1/2半径、改良体外周部などとすれば、水平断面の攪拌混合度の変化を知ることも可能である。ただし、外周部

を調査する場合は、電極間隔によっては測定結果が改良体外周の現地盤の影響を受けるだけでなく、鉛直精度によっては地中部でプローブが改良体外部に突き出る可能性があることに注意しなければならない。

改良体の比抵抗を詳細に把握するためには、1改良体につき3箇所での測定が望ましい。改良長が長く1回の測定に時間がかかる場合は2箇所ないし1箇所の測定でもよい。また、改良体の比抵抗測定の信頼性を高めるためには、現地盤における比抵抗の深度分布と比較することが有用であり、できるだけ改良体周辺もしくは改良体施工前の同位置の現地盤に対して測定することが望ましい。

(3) 押込み装置の設置

押込み装置の設置は、改良体の施工後速やかに行う。設置の際には押込み装置の水平、鉛直を確認する。地表部分には、攪拌された土や固化材液が盛上っている場合があるので、バックホーなどで取り除いて水平にすると共に、計測中に押込み装置のぶれや移動が生じないように鋼板を敷いたりして、適切な位置・状態で装置を据え付けることが重要である。

(4) 計測

計測は、ロッドを押込みながら深度5cm前後毎のデータを連続的に自動測定することが望ましいが、測定器の性能上から連続測定が不可能な場合には、各深度で押込みを停止し測定を行ってもよい。改良体の硬化速度は、固化材の種類や地盤条件、気温等に左右されるので、硬化状況を別途の施工試験で確認⁴⁾したうえで計測範囲、計測点数を適切に設定し、余裕をもって貫入速度などの計測方法を定めることが必要である。硬化が始まるとロッドを引抜いた部分に孔が空いたままの状態となるので、測定用の改良体を本工事で使用する場合には、計測後にセメントミルク等を測定孔に注入するなど必要に応じて適切な対策を講じなければならない。計測に十分な時間をかけて詳細に調査したい場合には、遅延材などを固化材液に混入することも有用である。

計測に際しては、現地盤の深度方向の比抵抗分布や固化材液の比抵抗値も併せて測定することが望ましい。現地盤でロッドを貫入させる場合、地盤や押込み能力によっては貫入不能となり、プローブやロッドが破損することもあるので、柱状図におけるN値などにより装置の押込み能力に不足がないかどうかを事前に確認しておくことが必要である。

なお、計測は改良区間全長について行うことが基本と考えられるが、調査目的に応じて必要な区間を設定することが重要である。当該地盤における改良体の攪拌混合度を詳細に調査したい場合には、当該地盤で攪拌しにくい土質を優先的に調べる必要があるであり、粘土・ロームなどが含まれているとこれらの層を優先的に調べなければならない。土質毎の攪拌混合度のデータを蓄積したい場合は、その層が対象となる。また、改良体頭部や先端部は、現地盤との境界部分になり、この部分の攪拌状況を把握することが重要になる場合があるので、改良体の上部及び下部でそれぞれ50cm程度の現地盤を同時に測定することが望ましい。

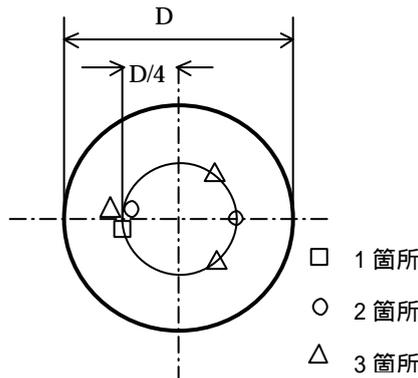


図5 調査位置例

4.2 結果の整理

結果の整理は、1回の測定毎に、電気比抵抗の深度分布を求め、図3に例示したように記録することが基本である。

固化材液自身の比抵抗値や現地盤の深度方向の比抵抗値も併せて示すと、攪拌混合度が評価しやすい。また、配合試験時において人為的にミキサー等で均質に攪拌混合された改良体の比抵抗値と固化材液の添加量の関係などを調べておけば、現位置における比抵抗値の意味が理解しやすい。

目的や地盤条件によっては、1本の測定結果により攪拌混合度の深度方向の変化の大凡を把握することも可能であるが、改良長1m毎の攪拌混合度を定量的評価するためには、m毎の電気比抵抗の変動係数を求めることが有効である。後述の図6は、電気比抵抗の変動係数と測定結果と改良体のコア採取率の関係に関する既往のデータを集めた結果であり、測定結果を定量的に評価するためには電気比抵抗の測定結果を他の指標と関連づけた整理が必要である。なお、図6の既往の調査結果と測定結果を対比して攪拌混合度を検討する場合の変動係数の求め方を以下に示す。

深度 - 電気比抵抗分布図を描く

改良長よりも先端部分と頭部部分を15～20cm程度（電流電極間距離の3倍程度）取り除く。

の範囲で先端から3個程度（電流電極間距離の3倍程度の範囲に入るデータ個数）のデータの移動平均を行う。

のデータを用いて変動係数を求める。変動係数の計算範囲は以下に示す2つの手法を用いると良い。

なお、m毎の変動係数を求めるためには、電気比抵抗の測定間隔を5cm程度とし、m間で約20個程度の測定値が得られるようにすることが望ましい。

- a) 1m区間毎の変動係数（図6-a）参照）
- b) 改良区間全長（ の範囲）の変動係数（図6-b）参照）

5. 試験結果の解釈

4.2の方法により結果の整理を行い、改良体の攪拌混合度を評価する。電気比抵抗プローブの電極間隔を大きすると、間隔は小さい場合と比較して比抵抗値の深度毎の変化が少なくなり、局所的な攪拌

状況の変化の影響が少なくなる⁵⁾。電極間隔が小さい場合、攪拌されていない土塊の存在だけでなく礫等の存在にも測定結果が左右されるので、柱状図や施工時の電流計などから判断される土質の変化なども十分理解した上で、比抵抗の深度方向の分布を評価することが必要である。また、一方で電極間隔が大きいのにも係らず比抵抗が深度方向に変化する場合は、攪拌状況がかなり変化すると考えることも可能である。

図4のプロープを用いて約5cm毎に計測した場合の電気比抵抗の変動係数とコアの土塊混入率の関係については、図6に示す相関性が認められている。コアの土塊混入率は、コアが採取できなかった割合であり、(100%-コア採取率%)に相当する。攪拌混合度は評価するためにコアの連続性を評価することが重要であり、通常支障ないとされるコア採取率は文献1)などでは90%以上が目安値とされている。このため、土塊混入率としても10%以下であることが望ましいと考えられ、図6では電気比抵抗の変動係数が30%~40%を超えるとコアの土塊混入率が10%以上になる場合が多くなっていることより、電気比抵抗の変動係数が30~40%より大きいと土塊混入率が高くなると考えられる。ただし、測定結果は攪拌状況と直接関係のない礫などの存在に左右される可能性などを考慮すると、1つの改良体について1回の測定では信頼性が乏しいので、変動係数から土塊混入状況を推定したいような場合は、3回程度以上の測定を行うことが望ましい。

6. 報告

電気比抵抗測定結果に対して、深度-電気比抵抗分布図の整理を行う。その際、柱状図、ボーリングコアスケッチ、一軸圧縮強度分布図などがあれば、それらを併記することが望ましい。改良体の品質は、施工時の攪拌状況に左右されるので、深度計、流量計、電流計などによる施工管理結果に対しても同時に示し、測定結果と対比することが攪拌混合状況の評価にとって有用である。また、電気比抵抗値やその変動係数とコアの土塊混入率との相関を整理するとよい。

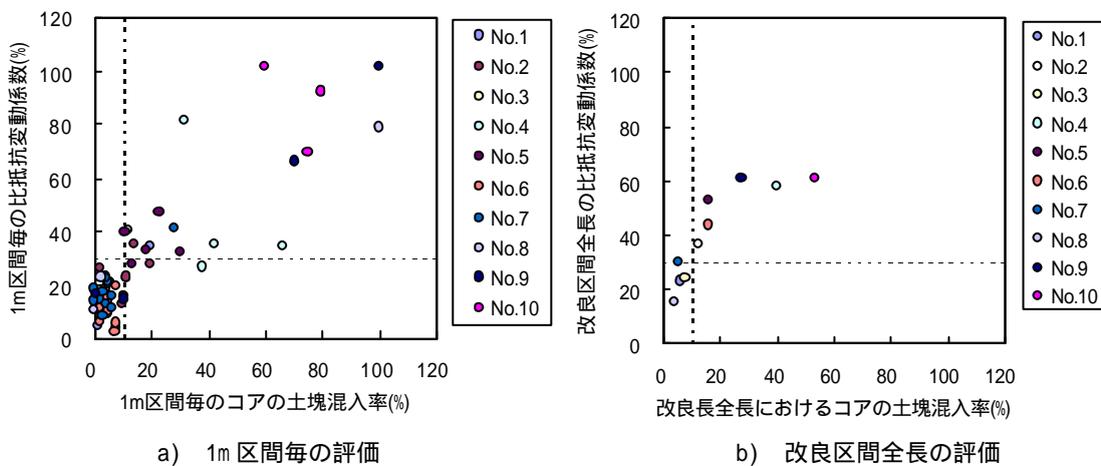


図6 電気比抵抗の変動係数とコアの土塊混入率との相関

参考文献

- 1) 地盤調査法：電気探査法、地盤工学会
- 2) 田村・藤井他；電気比抵抗を用いた改良体の品質評価に関する現場実験、日本建築学会論文報告集、No.5、2000
- 3) 田村・渡辺他；深層混合処理工法を対象とした性能評価の考え方、土と基礎、No.4、2000年
- 3) 小堀・渡辺他；機械式深層攪拌混合工法に関する性能評価技術の開発（その1）～（その6）第35回地盤工学研究発表会、2000