

52. ソイルセメント柱列強度の早期判定装置の開発

(株)竹中工務店：*寺村 知大・村上 信直
松岡 信弘・北村 敏直

1. はじめに

ソイルセメント柱列工法は、高能率な多軸機の実用化により止水壁・山止め壁に広く適用されている。しかし、ソイルセメント強度は多くの要因に左右されるため、施工中のソイル柱列の強度を判定することは難しい。一般的には、28日材令の強度試験が行われているに過ぎず、その現場の施工管理に生かすことができない。そのため、注入率を高めた過剰な品質による傾向が強く、廃泥処理費、材料費、ハツリ費が高くなっている。

本報告は、ソイルセメント液中のセメント水比を測定してソイルセメント柱列強度を早期に判定することにより、ソイルセメント柱列の品質を現場で管理できるソイルセメント柱列強度の早期判定装置の開発について述べるものである。

2. 開発の概要

2.1 開発のねらい

早期判定装置の開発ねらいを下記に示す。

- ソイルセメント液の強度早期判定結果から、次工程のソイル柱列を最適な配合、施工条件で造成し、所期のソイル品質を確保する。
- セメントミルクの材料費、廃泥処理費、ハツリ費の低減を図る。

2.2 早期判定方法

ソイルセメント液の強度は図-1に示すように多くの要因に影響されるが、過去のデータを調査すると図-2に示すように、土質をパラメータとしセメント比と比例関係にある。

そこで、ソイルセメント柱列の造成直後のソイルセメント液をサンプリングし、そのセメント水比を測定することにより、ソイルセメント柱列の強度を判定する方法を採用した。

2.3 基本構想

早期判定の基本フローを図-3に示す。

まず、ソイルセメント液の含水率、セメント濃度を測定し、セメント水比と強度の関係からソイルセ

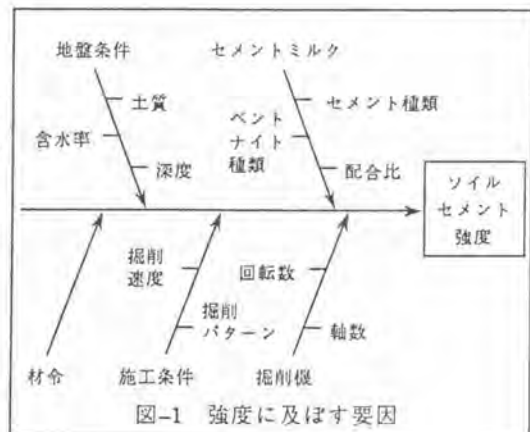


図-1 強度に及ぼす要因

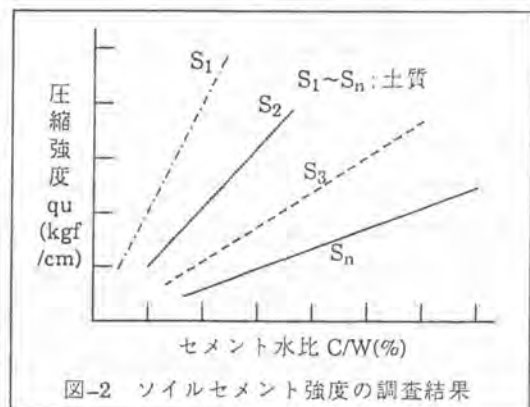


図-2 ソイルセメント強度の調査結果

メント柱列の強度を求めその良否を判定する。その結果、次工程のソイルセメント柱列に対するセメントミルクの配合比、注入量を最適なものとして設定する。早期判定装置は約10分でソイルセメント柱列強度を判定可能なものとし、測定機器とマイコンを組み合わせたものとする。

2.4 要素技術の検討

早期判定装置の要素技術には、含水率測定技術とセメント濃度測定技術があり、これらを精度、能率、経済性およびマイコンとのシステム化の難易から検討した。

1) セメント濃度測定技術の検討

セメント濃度測定方法とは、表-1に示すように化学的方法、物理的方法の各種の方法がある。手法の選定にあたっては、精度、能率、経済性、マイコンとのシステム化の項目について評価した。特に、測定対象物のソイルセメント液中には細粒分の土粒子を含むこと、およびマイコンとのシステム化を考慮すると、早期判定装置に最適なセメント濃度測定法として、逆滴定によるアルカリ濃度測定法が挙げられ、これを採用した。

2) 含水率測定技術の検討

含水率測定方法には、表-2に示すように乾燥法、RI法、電極法がある。手法の選定にあたっては、測定対象物が水分の多いソイルセメント液であること、短時間で測定が可能なおよびマイコンとのシステム化が容易であることを考慮したその結果、早期判定装置に最適な含水率測定法として、乾燥法の加熱ブロック法が挙げられ、これを採用した。

3. 装置の概要

1) 機器構成

早期判定装置は、図-4に示すように含水率測定装置とセメント濃度測定装置およびマイコンから構成される。

写真-1は、早期判定装置の外観を示す。

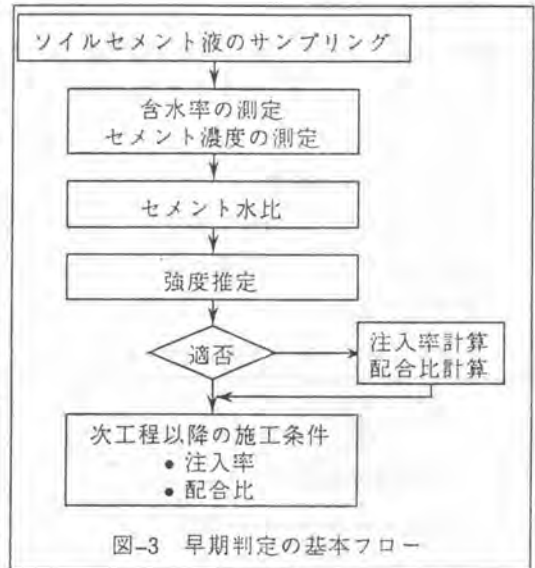


図-3 早期判定の基本フロー

表-1 セメント濃度測定法の検討

測定法	評価項目	精度が高い (不純物あり)	短時間で測定	経済的	システム化が容易
化学的	塩酸溶解熱法	△	○	○	○
	逆滴定法	○	○	△	○
	色差計法	△	○	△	×
物理的	洗い分析法	×	△	○	×
	遠心脱水法	△	○	△	×
	比重計法	×	○	○	△

表-2 含水率測定法の検討

測定法	評価項目	精度が高い (水分が多い)	短時間で測定	経済的	システム化が容易
乾燥法	JIS法	◎	×	○	×
	赤外線法	△	△	○	△
	アルコール燃焼法	×	△	◎	△
	電子レンジ法	○	○	○	△
	加熱ブロック法	◎	◎	△	◎
RI法		×	○	×	○
電極法		△	○	○	○

2) 機能と操作手順

本操作には、下記の二つの機能を持たせている。

- ① ソイルセメント液のセメント濃度と含水率を測定することにより、ソイルセメント柱列強度を早期に判定する機能
- ② あらかじめ設定した設計強度および施工条件に適合したセメントミルクの配合比および注入速度を求めるシミュレーション機能

上記機能に対する操作手順フローを図-5に示す。

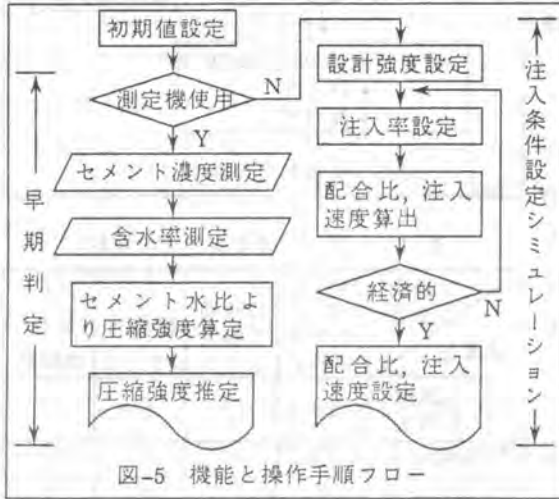


図-5 機能と操作手順フロー

初期値設定項目には、下記のものがある。

- 早期判定の場合：深度と土質、施工速度、注入材料の種類、配合比、注入速度
- シミュレーションの場合：深度と土質、設計強度、施工速度、注入材料の種類

ソイルセメント柱列強度の早期判定は、測定装置によって測定された含水率とセメント濃度の値がマイコンに送られ、セメント水比との関係から算出して行われる。

本装置を用いた注入条件を求めるシミュレーションは、図-6に示すように設計強度に対するセメント水比と注入率は土質および配合比をパラメータとした一定の関係にあることから算出する。マイコン中のセメント水比と圧縮強度の関係は、過去のデータを整理して求めたものである。

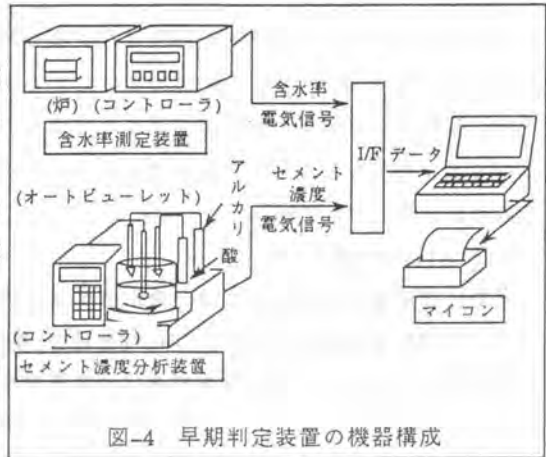


図-4 早期判定装置の機器構成



写真-1 早期判定装置試作機の外観

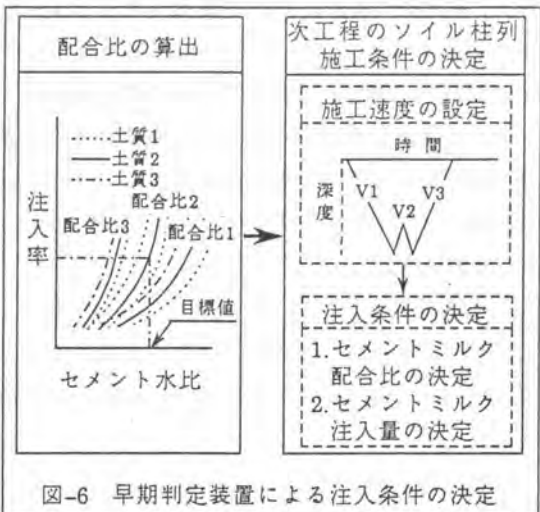


図-6 早期判定装置による注入条件の決定

3.3 測定精度

早期判定装置の含水率測定装置およびセメント濃度測定装置について精度を調査した。

● 含水率測定精度の調査結果

豊浦標準砂を用いて、重量比でセメントとベントナイトとの比を8:1に調整し、含水率を10, 20, 30, 40, 50, 60, 80%に調合した疑似セメントミルクについて、含水率測定装置により含水率を測定しその精度を調査した。測定精度は図-7に示すように4%を確保できるものであり、測定時間は約3分と短いものである。

● セメント濃度測定精度の調査結果

あらかじめ重量測定したセメントを水と混合した懸濁液についてセメント濃度分析装置を用いてその精度を調査した。測定精度は図-8に示すように2%を確保できるものであり、測定時間は5分以内である。

4. 実施工適用結果

図-9は、現在までに10数プロジェクトに適用した結果についてまとめたものである。

実測値は、早期判定時と同じソイルセメント液のサンプルを恒温恒湿室で養生し、28日材令のものについて、圧縮試験した値である。早期判定値と実測値はほぼ近似した値であり、早期判定装置は実用に供することが分った。

5. あとがき

ソイルセメント柱列強度の早期判定装置は、従来困難とされていた現場施工管理機器として適用出来ることが分った。本装置の適用によりソイルセメント柱列の施工の合理化を図っていききたい。

今後、数多くのプロジェクトに適用しながら早期判定値の精度向上を図っていききたい。最後に本装置の開発あたって御協力頂いた関係各位に感謝の意を表します。

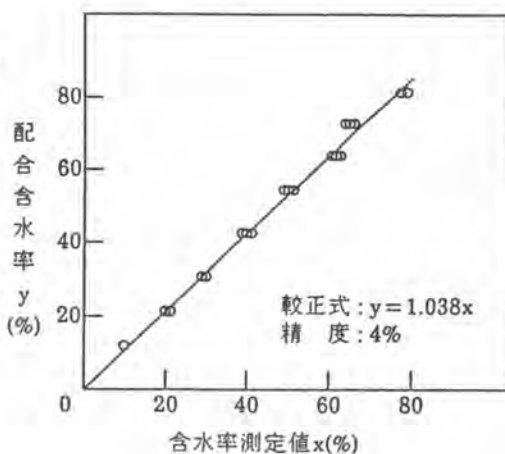


図-7 含水率測定結果

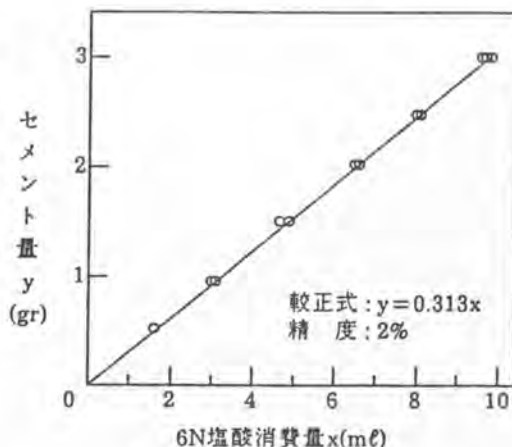


図-8 セメント濃度測定結果

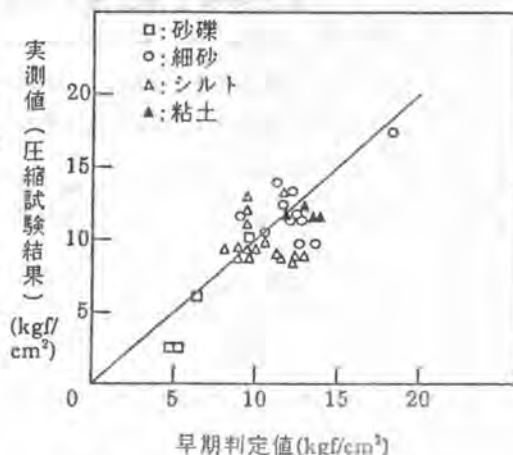


図-9 早期判定装置による測定結果