

13. コンクリート検知センサーシステムの開発

久保 正年
石原誠一郎

要 旨

本報告は、このたび開発したコンクリートの存在を検知するコンクリート検知センサーシステムについて、その開発内容と施工実験結果を述べるものである。

実験の結果、本センサーは従来のコンクリートセンサーと異なり、水や剥離剤には全く反応せず、センサーがコンクリートに接触を保っているときだけ作動することが確認された。

キーワード

コンクリート／センサー／充填／締め固め／化学反応

目 次

1. はじめに
2. システムの開発
3. 作業所における性能確認実験
4. あとがき

13. THE DEVELOPMENT OF A CONCRETE DETECTION SYSTEM

Masatoshi Kubo,
Seiichiro Ishihara

Abstract

This paper describes the workings and examines the test results of a newly-developed concrete-detection system.

Test results indicate that, unlike conventional concrete detectors, this concrete detector sensor does not detect water or form coating materials and only operates when the sensor maintains contact with green concrete.

1. はじめに

近年、新幹線や高速道路などの都市間交通網の整備や、都市空間の有効利用を図るため、高層建築物や地下構造物の建設が数多く行われているが、その建設には多量のコンクリートが使用されている。

対象とする建築物の重要度からいって、そのコンクリートの打設には高度な施工技術が必要とされるが、その作業は従来と同様ほとんど人手に頼って行われているといつてよい。コンクリートが密実に打ち込まれているかどうかの確認は、ほとんど目視に頼っているといつてよく、これまで、その充填状況を正確に確認できる工法の開発が待たれていた。

このような状況のもと、当社では、水には反応せずコンクリートだけを検知するセンサーと、そのセンサーを使ってコンクリートの充填状況をリアルタイムで監視できるコンクリート検知センサーシステム《コンキャッチャー》を開発した。

以下、開発したシステムについてその概要と、当社作業所で行った性能確認実験についてその結果を述べる。

2. システムの開発

システムの開発にあたり、まずコンクリートだけを検知できる検知センサーを開発した。以下、その検知センサー本体の原理と、それらの複数のセンサーが検知した情報を伝達・表示・記録するシステムについて、その概要と構成を述べる。

2.1 コンクリート検知センサー

コンクリートを検知するセンサーとして、これまで数種類のものが市販されているが、その多くは一对の電極間に水分が来ると電流が流れ、その電気の流れてコンクリートを検知するものである。そのため、コンクリートを打設する前に型枠面へ行う散水や降雨による水分にすぐ反応し、また、コンクリート打設中、センサーにコンクリートが一旦付着してしまうと離れてからも検知し続ける等の問題点が指摘されていた。

(1) 開発目標

この現状を踏まえ、下記事項を開発目標にあげ、センサーの開発に着手した。

- ① 水は一切検知せず、コンクリートだけを確実に検知する。
- ② 小型で薄く、取り扱い易いものとする。

③ 一度センサーがコンクリートを検知しても、センサーからコンクリートが離れると検知を中止し、再びコンクリートに触れると再検知する。

④ 型枠に剥離剤を塗布する時、剥離剤がセンサーに付着しても何の影響も受けない。

(2) センサーの原理

センサーを開発するにあたり、電気化学の技術を採用した。異種金属を組み合わせる構成した電極をコンクリートに浸漬すると、化学的に起電力が発生するが、この起電力の大きさは電極に利用した金属の種類、純度および面積等によって異なる。

3種の金属（以下金属A、金属B、金属Cと呼ぶ）を組み合わせた電極を、水中およびコンクリート中に入れたときの起電力の発生状態を図-1(a)~(c)に示すが、今回開発したセンサーは、一方の電極を金属A、他方の電極を金属B+金属Cとした図-1(c)に示す組合せとした。すなわち、この組合せをとることによって、水とコンクリートの中では極性が反転し、水とコンクリートを確実に違ったものとして識別することができるからである。

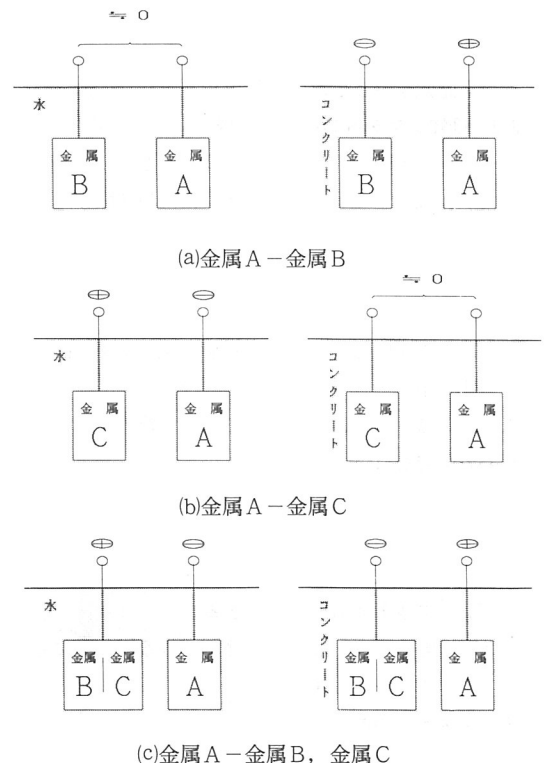


図-1 電極の組合せによって異なる起電力の発生状態

表－1 コンクリート検知センサー仕様

検 出 対 象	建築土木用フレッシュコンクリート
検 出 方 式	電気化学式
形 状	防水箱型 45mm×45mm×10mm（通信回路を含む大きさ）
取 付 位 置	コンクリートの充填確認を必要とする場所
検 知 時 間	検知／on コンクリートに浸漬後約20秒 検知／off コンクリートより空中に露出後約10秒
検 知 出 力	コンクリート存在検知信号 コンクリート存在信号
電 源 電 圧	直流24V ±20% 通信用インターフェースより供給
消 費 電 力	約0.1W
許容周囲温度	－10℃～＋60℃
許 容 湿 度	100%

(3) センサーの仕様

この原理を用いて開発したコンクリート検知センサーの仕様を表－1に示す。

45mm角の厚さ10mm程度のものであり、コンクリートだけを感知することができる。

2.2 検知システムの概要と構成

センサー本体の原理については 2.1でその概要を述べたが、以下、センサーが検知した情報を取り込み、記録・表示する検知システムについてその概要を述べる。

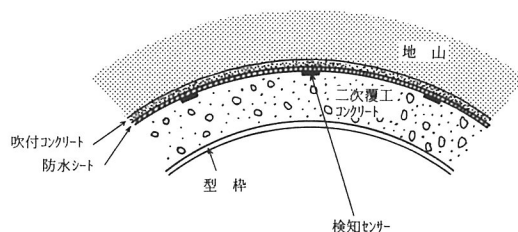
(1) 開発目標

システムを開発する前に、対象とする工事を山岳トンネル工事（NATM工法）およびシールドトンネル工事にしぼり込み、下記項目を開発目標にあげ、システムの開発を行った。

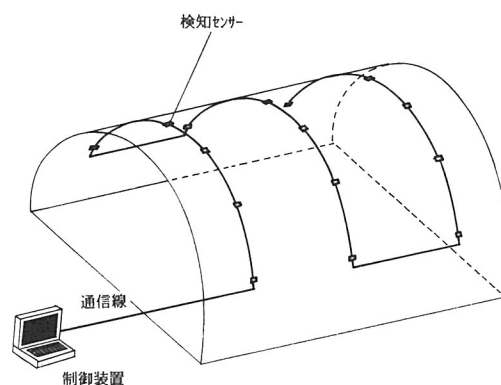
- ① コンクリートの打設状況を、制御装置の画面上にリアルタイムで表示する。
- ② 検知時間などのデータが保存でき、また、プリントアウトすることができる。
- ③ 検知センサー間の配線は、できるだけ少なくして施工性を良くする。

(2) システムの概要と構成

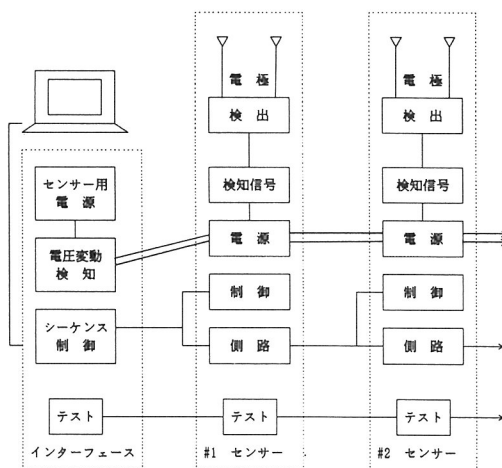
センサーは、山岳トンネルでは吹付コンクリートの上に設置する防水シート面（図－2）に、シールドトンネルではセグメントの補強リブに取り付け、それぞ



図－2 山岳トンネルでの設置例（断面）



図－3 システム構成図



図－4 通信回路

れ型枠との間に打設される二次覆工コンクリートを検知するものとした。

図－3 にシステムの構成図を示す。

① 通信回路および配線

基本的に、1 個のセンサーは、1 対の電極と 1 個の電圧検出回路および 1 個の通信回路で構成さ

れている。電極で発生したアナログ電圧をデジタル信号に変換してから、制御装置に伝送する方法をとっているため、1本のケーブルで複数のセンサーを制御装置に連結できる。

② 制御装置

制御装置としてラップトップパソコンを利用した。トンネルのどの部分にコンクリートが充填されているのかが画面表示で即座に判断できるよう工夫した。また、センサーの表示（数量、位置）も、現場条件に合わせて簡単に設定を変更できるようにした。

コンクリートの存在を示す画面表示を図-5に、コンクリート検知センサーシステムを構成する機器の全景を写真-1に示す。

③ プリンター

コンクリートの打設状況の経過を後日確認できるようにデータを保存すると同時に、打設現場でいつでも経過が確認できるように、プリンターによってデータを出力させることとした。プリンター

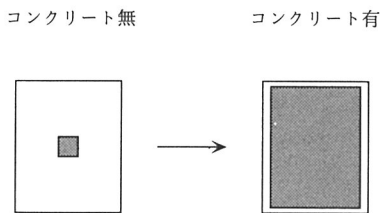


図-5 コンクリートの存在を示す画面表示

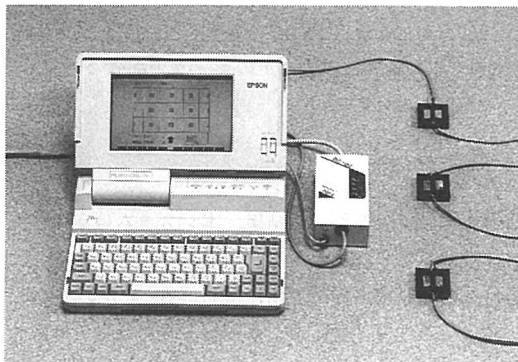


写真-1 システムを構成する機器

による出力は、センサーや通信回路からの信号に変化が発生した時だけ行うこととしているが、その出力表示例を表-2に、その出力データに示す数字の意味を表-3に示す。

④ システムの仕様

システムを構成する各機器の仕様を表-4に示す。

表-2 プリンターの出力表示

時 間	センサー番号														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
19:49	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1
19:49	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1
19:49	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1
断線発生→ 短絡発生→ 19:49	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
19:50	0	0	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
19:50	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1

表-3 出力データの内容

O F F	:	" 0 "
O N	:	" 1 "
回 線 断 線	:	" 2 "
回 線 短 絡	:	" 3 "
システム異常	:	" 4 "

表-4 システムの仕様

センサー制御方式	ラップトップ型コンピュータによるボーリング方式 (通信用インターフェース内蔵)
形 状	防水箱型可搬式 (ラップトップ・サイズ)
制御可能センサー数	最大 128個
延 長 距 離	約 1,000m
条件設定方法	現場条件に合わせて、テンキーによる事前設定
表 示 方 法	バックライト液晶ディスプレイ
プ リ ン タ ー	入力形式 簡易セントロニクス ロール紙自動捲取器付
電 源 電 圧	AC 100V ±20% (安定化電源内蔵)
消 費 電 力	20W/100V (センサー128個接続の場合)
許容周囲温度	-10℃～+60℃
許 容 湿 度	80%

3. 作業所における性能確認実験

開発したコンクリート検知センサーシステムの性能を確認するため、山岳トンネルおよびシールドトンネルの作業所でそれぞれ実験を行った。

(1) 実験目的

トンネル二次覆工作業のような劣悪な環境下でも、センサーおよび検知システムが正常に検知性能を発揮し、また、剥離剤を散布しても支障が起らないことを確認する。

(2) 実験概要

a) 山岳トンネルの場合

図-2、図-3に示す位置で防水シート面にセンサーを15個取り付け、コンクリートを打設した。センサーを取り付けた状況を写真-2に、コンクリート打設中の状況を写真-3に示す。

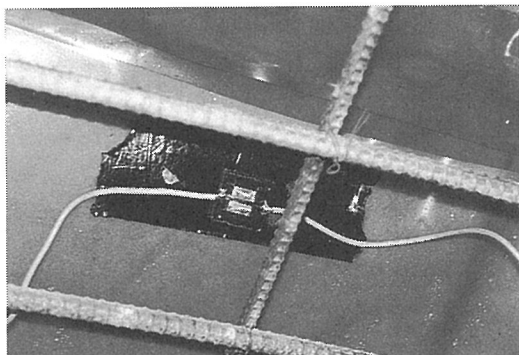


写真-2 センサーの取付け状態

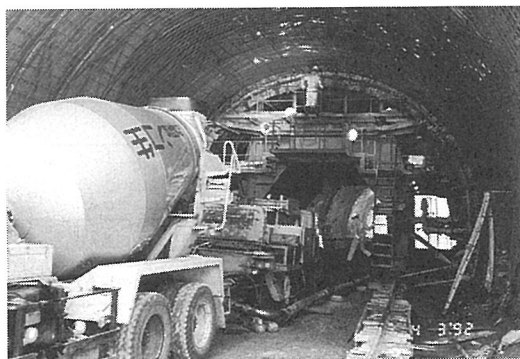


写真-3 コンクリート打設中の状況

b) シールドトンネルの場合

セグメント部分にセンサーを取り付け、覆工用のスチールフォームをセットしてからコンクリートを打設した。

(3) システムの作動状況

以下、山岳トンネル工事を取り上げ、システムの作動状況について説明する。

打設したコンクリートの配合は、設計基準強度180 kgf/cm²、スランプ15cm、最大骨材寸法20mmであり、コンクリート打設は8時40分より開始し、12時20分に終了した。

制御装置に表示された画面（トンネルを上から見た状態）と、センサーの作動時刻を図-6に示す。また、その時のセンサーの作動状況を写真-4に示す。

(4) まとめ

山岳トンネル、シールドトンネル共、湿気や剥離剤の影響は全く受けず良好に作動した。今後の課題として、コンクリート打設中に起こる引張り力に耐えるセンサーおよび配線の固定方法の検討と、電圧降下が起こったときの制御装置の画面のちらつきをなくすための安定化電源の設置があげられる。

○:センサー 番号を示す

⑮ 9時47分	⑭ 10時54分	⑬ 11時25分	⑫ 10時43分	⑪ 9時48分
⑥ 10時9分	⑦ 11時27分	⑧ 11時57分	⑨ 11時20分	⑩ 10時5分分
⑤ 10時23分	④ 11時55分	③ 12時13分	② 11時48分	① 10時13分

図-6 制御装置画面上のセンサー配置とセンサー作動時刻

4. あとがき

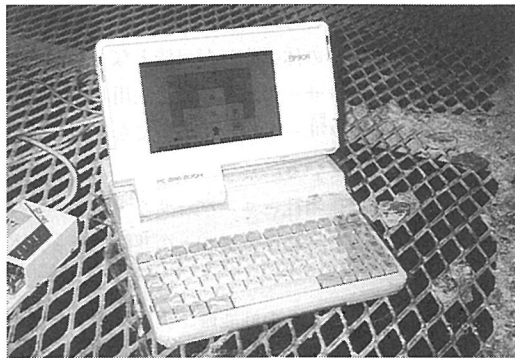
性能確認実験を行った結果、本システムは電氣的性能に問題もなく、また、水、剥離剤の影響等もなく、良好な性能を持ち充分実用に供し得ることがわかった。

本コンクリート検知センサーは、水には全く反応せずコンクリートだけを確実に検知できる点、また、コンクリートに浸漬したセンサーがコンクリートが無くなると検知をやめ、再びコンクリートに浸漬すると再

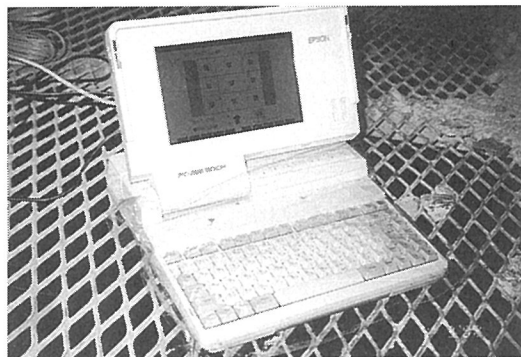
(a) No.15作動（9時47分）



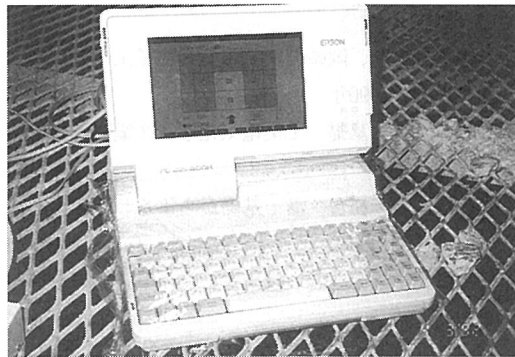
(d) No. 2, 4, 8, 3 以外作動（11時27分）



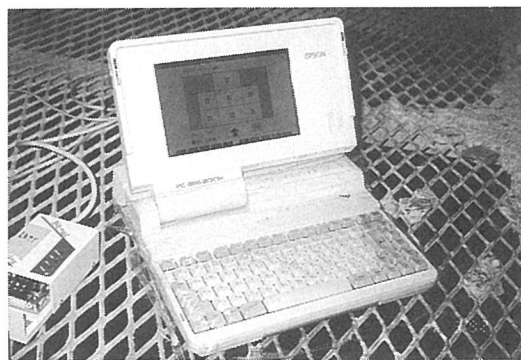
(b) No.15,11,10, 6, 5, 1 作動（10時23分）



(e) No. 8, 3 以外作動（11時55分）



(c) No.15,11,10, 6, 1, 5, 12,14作動（10時54分）



(f) 全数作動（12時13分）



写真－4 センサー作動状況

検知する点などから、トンネル工事以外にも、建築物の開口部下部、逆打ち工法の打継ぎ部等の充填確認にも大いに役立つものとするが、また、コンクリート自動打設システムへの体系作りが可能となったと考える。今後、このセンサーの基本技術を利用し、水中や海中構造物のコンクリート打設についても展開を図っていきたいと考えている。

なお、本開発は、当社とユニバーサル・システムコントロール(株)ならびに岐阜工業(株)との共同で行ったものである。

最後に、このシステムの性能確認実験に多大な協力をいただいた大阪本店土木部機械課 原田哲夫課長、森本吉則主任、実験の場の提供とご協力をいただいた川原章武所長、横山真二所長をはじめ、作業所の皆様に心より御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 根本愛之助、岡崎彰夫：電気・電子工学概論、森北出版、1990年
- 2) 石黒孝義：基礎 工業電気化学、産業図書、1988年
- 3) 綿枝邦彦、務台 潔：基礎からよくわかる化学、旺文社、1989年
- 4) 電気化学協会：若い技術者の為の電気化学、丸善、1983年