

地中埋設用 I C タグの通信特性に関する基礎的実験

独立行政法人土木研究所 正会員 島崎 修 正会員 堤 祥一
正会員 大下 武志

1. はじめに

土構造物の維持管理において、監視カメラ、変位計等の設置によってモニタリングされている。しかし、これら既存の設備にはケーブル等の配線に労力を要し、また、ケーブルがその他の作業に支障を与え、施工機械等による断線も懸念されることから、ワイヤレス式センサの適用が期待される。現在、ワイヤレス式センサの1つとして物品管理、入場者管理等を目的とした I C タグの普及が見込まれている。そこで、土木の環境下での I C タグの通信特性を知るため、地中埋設用 I C タグの基礎的実験を行った。

地中埋設用 I C タグの通信距離は、周辺地盤の影響を受け、特に水による通信距離の低減は多数報告されている¹⁾。しかし、埋め戻し土の含水状態の違いによる通信距離を比較検討した結果は報告されていない。そこで本実験では、I C タグの設置方法および地盤の含水状態の違いによる通信距離への影響を検討した。

2. 使用した I C タグおよび計測器

フジテコム(株)社製の埋設管用 I C タグ (パッシブ型) を使用し、オンメタル型 (INT-L) である。使用周波数は 125kHz、256 バイトの記憶容量を持ち、計測用バギーに内蔵されたアンテナを介し、P D A により I D 等の情報を読み書きできるものである。

3. 実験方法

実験では、土木研究所内にある鉄筋コンクリート製土槽 (縦 4.0m × 横 3.5m × 深さ 4.0m) に、計測用バギーの進行方向に対して、設置向きを変化させた 3 個の I C タグを設置し、所定の土被り厚における通信範囲を計測する為、計測用バギーを前後に動かし、I C タグを認識できる範囲を求めた。実験ケースを表 - 1、土槽内での設置位置を図 - 1 に示す。

通信可能・不可能の判定は、計測用バギーに接続した P D A により、I C タグを認識することが出来るかどうかで判断した。

4. 実験結果

【埋め戻し実験】

この実験では、地中での I C タグの通信範囲を計測することを目的として、I C タグ設置後に川砂を 25cm ピッチで巻出し、各土被りでの通信範囲を計測した。なお、川砂の含水比は 6.9~8.4% であった。I C タグを認識する範囲を図化したものを図 - 2 に示す。この結果より、I C タグの設置向きにより通信範囲の形状が異なり、最大通信距離にも差があることが分かる。

表 - 1 実験ケース一覧

実験ケース	計測バギーに対する設置向き
Case1	鉛直に設置したもの
Case2	傾けて設置したもの
Case3	横に寝かして設置したもの

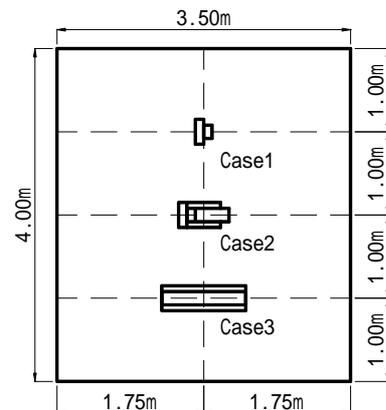


図 - 1 設置位置図(上面)

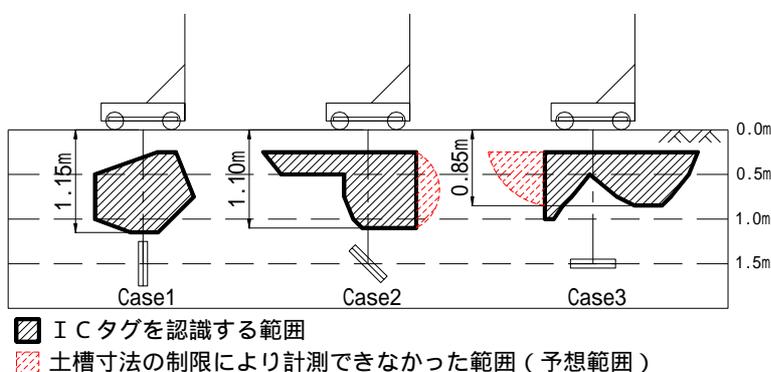


図 - 2 I C タグの通信範囲

キーワード：I C タグ、土構造物維持管理、通信特性

連絡先：〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6 独立行政法人土木研究所 Tel : 029-879-6759

【地下水上昇実験】

この実験では、【埋め戻し実験】から得られた最大通信距離深さに IC タグを設置し、IC タグの設置高さまで地下水位を上昇させた後に、5cm ピッチで地下水位を上昇させ、各水位における、通信可能・不可能かの確認を行った。実験のイメージを図 - 3 に示す。その結果、地下水位を GL-10cm まで上げてても、通信反応の鈍さもなく、自然含水状態の地盤と変わりなく計測できることを確認した。

5. 考察

【通信範囲の指向性について】

IC タグの設置向きにより、計測範囲の形状が異なり、加えて、最大通信範囲も異なることが分かった。今回の実験ケースでは、IC タグを立てた Case1 の最大通信範囲が最も長いことが分かった。また、IC タグを横に寝かした Case3 は、IC タグの真上が極端に通信範囲が狭くなる、いわゆる“ヌル点”が存在することも分かった。これは、IC タグおよび計測用バギーのアンテナに巻かれたコイルの向きにより、通信範囲に指向性があることが原因であると考えられる。

【地下水位の影響について】

地下水位上昇実験結果より地下水位以下に設置された IC タグは、自然含水状態の地盤(今回の実験では含水比 $w=6.9 \sim 8.4\%$)と同程度の最大通信距離となり、地盤の含水状態および地下水の有無による、通信範囲への影響はないものと考えられる。

【通信距離に及ぼす水の影響について】

以上の実験結果より、地盤内の通信距離には地下水の影響がないことを確認した。しかし、IC タグの通信距離は水の影響により減衰することが、多数の文献で確認されており¹⁾、自然含水状態の地盤も $w=6.9 \sim 8.4\%$ の水分を含んでいることから、気中および水中でも同様の実験を行い、検討した。実験結果を表 - 2 に示す。また、地中・水中・気中の条件下における通信範囲を図 - 4 に示す。この結果よりいずれの実験ケースにおいても $H(\text{地中})/H(\text{水中})=100\%$ であり、地中での通信範囲は水中での通信範囲と同じであることが分かる。また、 $H(\text{地中})/H(\text{気中})=79 \sim 88\%$ となり、通信範囲の低減を確認することができた。

6. まとめ

土木構造物において、IC タグといったワイヤレス式センサを適用する場合、例えば地盤等に埋め込むことを想定すると、電池交換の必要がないパッシブ型の IC タグを利用することが便利であると考えられる。しかし、通信に必要な電力を外部からの起電力に頼ることから、電波が微弱で設置された環境に影響を受ける。特に土木の分野では、屋外での使用が要求され、通信距離が水に影響を受けることが考えられる。今回の実験では地中での通信距離と水中での通信距離と差がないことを確認できたことから、水中での通信距離が土木の環境下での通信距離であると提案できる。

参考文献：1) 例えば、安東一真：UHF 帯 IC タグの実験レポート(2)、日経RFIDテクノロジー、2005.11

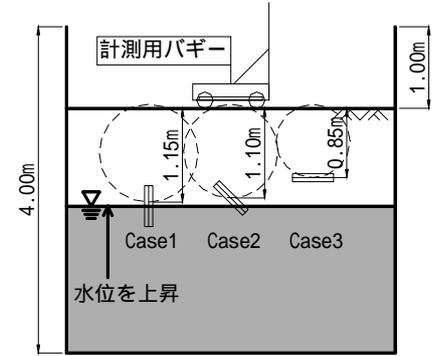


図 - 3 実験イメージ図

表 - 2 最大通信距離一覧表

実験ケース	Case1	Case2	Case3
地中での最大通信距離 H(地中)	1.15 m	1.10 m	0.85 m
気中での最大通信距離 H(気中)	1.45 m	1.25 m	1.00 m
水中での最大通信距離 H(水中)	1.15 m	1.10 m	0.85 m
H(地中)/H(気中)	79 %	88 %	85 %
H(地中)/H(水中)	100 %	100 %	100 %

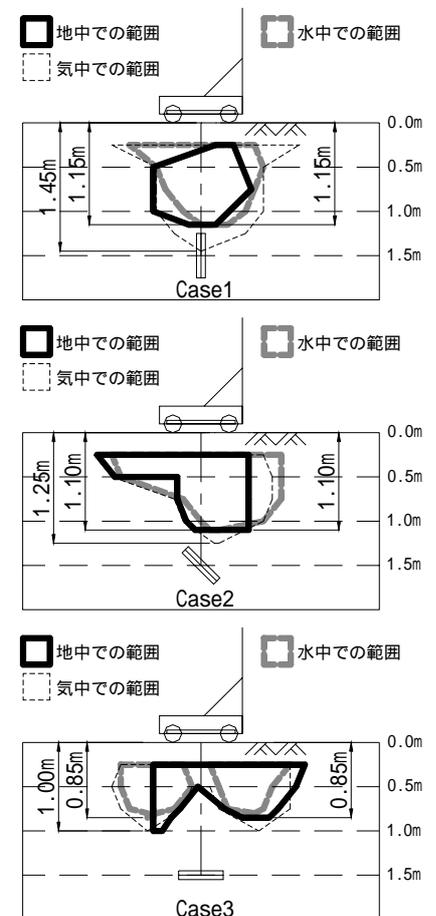


図 - 4 通信範囲