

鉄筋およびコンクリートが低周波電磁波の減衰に及ぼす影響

Effect Of Concrete And Reinforcing Bar On The Low Frequency Electromagnetic Wave Attenuation.

○浅野 勇*, 増川 晋*, 田頭 秀和*, 林田 洋一*

Isamu ASANO, Susumu MASUKAWA, Hidekazu TAGASHIRA and Yoichi HAYASHIDA

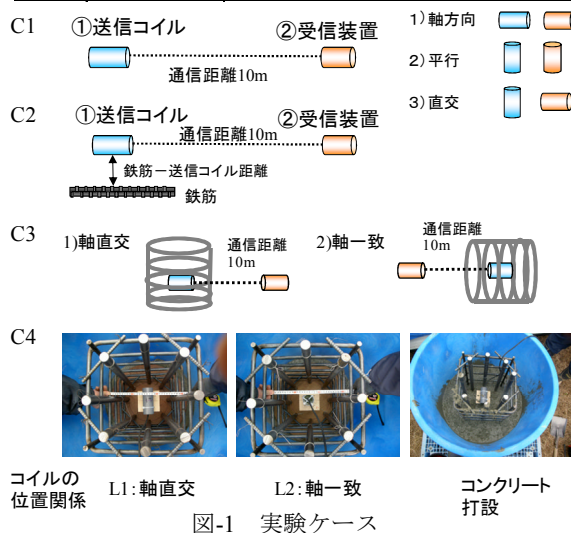
1. はじめに

コンクリート構造物のモニタリングを行うためには、従来のセンサに較べて高性能（小型，長寿命，施工性が高く，低コスト）なセンサの開発が必要である。センサの高性能化を阻む原因にセンサに付属するケーブルがある。ケーブルはセンサの小型化，施工性の障害になる。また，誘導電流や断線による欠測の原因にもなる。高性能なセンサを実現するためにはセンサのワイヤレス化が重要である。コンクリート中からワイヤレス通信を実現する方式としてはフィルダム等で実績のある低周波電磁波を利用した通信方法¹⁾が考えられるが，コンクリートおよび鉄筋が低周波電磁波の減衰に与える影響は未解明な点が多い。本研究では，コンクリートおよび鉄筋が低周波電磁波の距離減衰に与える影響を調べる。

2. 低周波電磁波の減衰実験の概要

図-1 に示す 4 ケースの実験を行った。実験の概要を図-2 に示す。実験では送信コイルから低周波電磁波を発信し，受信装置（受信コイル）に電磁誘導により発生する電圧を測定した。C1 では送受信コイルの位置関係を 3 水準変化させ受信電圧の変化を調べた。C2 では送信コイルと鉄筋間の距離を 0～6cm の間で変化させ受信電圧の変化を調べた。C3 では帯鉄筋が受信電圧に与える影響をコイルと帯鉄筋の位置関係を変化させ調べた。C4 では $\phi 58\text{cm}$ ，H70cm の樽型容器（200L）の中心に送信コイルを設置し気中状態で電圧を計測した。その後， $\phi 25\text{mm}$ の丸鋼を主筋として 8 本（鉄筋比 1.5%），D16 の帯筋を 100mm ピッチで配筋し，鉄筋設置後，コンクリート打設後の受信電圧を通信距離を変えて測定した。図-3 に実験に使用したコイルの仕様を示す。

実験ケース	通信距離	実験水準
C1	10m (一定)	送受信コイルの位置関係 (軸方向, 平行, 直交) を変化させる。
C2	10m (一定)	コイルから鉄筋までの距離を変化させる。鉄筋は $\phi 13, 25\text{mm}$ ，長さ 10cm の丸鋼。
C3	10m (一定)	帯鉄筋とコイルの位置関係を変化させる (軸直交, 軸一致)。
C4	5, 10, 20, 30, 50m	鉄筋コンクリートへの埋設試験。L1: 帯鉄筋軸直交, L2: 帯鉄筋軸一致。コンクリートの材令の影響を調べる。



Experimental conditions.

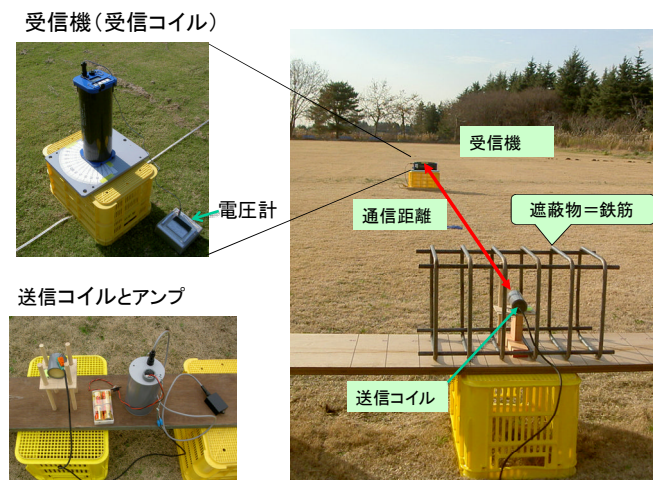


図-2 実験の概要

Schematic view of the experiment.

* (独) 農研機構 農村工学研究所 施設資源部 構造研究室

センサ，ワイヤレス，鉄筋コンクリート

*NARO, National Institute for Rural Engineering

種類	コイル (mm)	容器 (mm)	出力 (W)	周波数
大(L)	φ 39×105	φ 48×120	1.8	8.5kHz
小(S)	φ 50×50	φ 60×60	1.0	

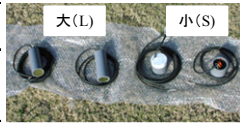


図-3 送信コイルの仕様
Specification of the transmitting coils.

3. 試験結果

(1) 送受信コイル位置の影響 (C1)

実験結果を表-1 に示す。軸方向のケースの受信電圧を基準とすれば、測定電圧は軸方向に較べて平行位置で 0.43, 直交の位置で 0.01 と軸方向位置の受信電圧より小さくなった。

(2) 鉄筋までの距離の影響 (C2)

実験結果を図-4 に示す。容器表面から鉄筋表面までの距離が 2cm 以下になると受信電圧は急激に低下した。鉄筋を容器表面に接触させると鉄筋が無い場合の受信電圧の約 1/3 まで電圧は低下した。

(3) 帯鉄筋の影響 (C3)

受信電圧は軸直交ケースが 100mV, 軸一致ケースが 48mV であった。帯鉄筋と送信コイルの軸方向が一致する位置関係では軸直交ケースに較べて受信電圧が約 1/2 に低下した。

(4) 鉄筋コンクリート試験 (C4)

図-5 に通信距離と受信強度の関係を示す。図の L1: 軸直交ケースには気中(鉄筋を設置する前に測定), 鉄筋(鉄筋を設置して測定), 鉄筋+コンクリート(コンクリート打設後に測定)の3条件に対する受信電圧測定値を示した。L1 ケースでは, 気中における受信電圧を 100%とすると, 各条件の受信電圧は, 鉄筋設置後に気中の 75%に, コンクリート打設後に気中の 65%に減衰した。L2: 軸一致のケースでは, L1 の気中ケースに較べ受信電圧は 35%まで低下した。打設後 1.5 時間と材齢 28 日の受信電圧の測定結果はほぼ等しかった。周辺ノイズが 1mV と仮定した場合の最大通信距離を計算すると L1 が 45m, L2 が 30m と推定された。

4. 考察

低周波電磁波は指向性があり, 送受信コイルの位置関係により受信電圧が大きく変化する。実測では送受信コイルの位置関係に注意が必要である。送信コイル近傍に鉄筋が存在すると受信電圧が低下する。これは, 低周波電磁波により鉄筋中に渦電流が発生し, エネルギーロスが発生するためと

考えられる。帯鉄筋による受信電圧の低下は, 帯鉄筋がコイルと同じように働き, 送信コイルから発信される低周波電磁波と逆向きの誘導電磁界を発生させるため電圧が低下すると考えられる。鉄筋コンクリートの埋設実験からは低周波電磁波の減衰に対する影響の主要因は鉄筋であり, コンクリートによる減衰効果は小さいと推定できる。

表-1 電圧と送受信コイル位置関係
Relationship between the voltage and positional relation of coils.

位置関係	軸方向	平行	直交
受信電圧(mV)	280 (1)	120 (0.48)	3.3 (0.01)

()内の値は軸方向の受信電圧に対する測定値の比を表す。

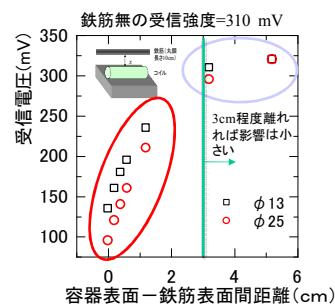


図-4 電圧と容器表面-鉄筋間距離の関係
Relationship between the case surface-reinforcing bar distance and the voltage.

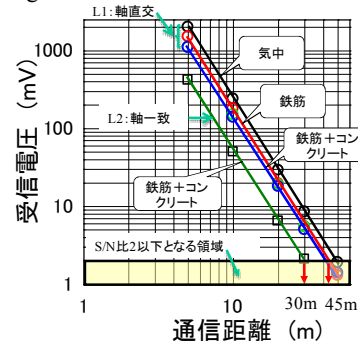


図-5 電圧と通信距離の関係(鉄筋コンクリート埋設)
Relationship between the transmission distance and the voltage(Cast reinforced concrete).

5. 結論

厚さ 30cm, 鉄筋比 1.5%程度の鉄筋コンクリート中から低周波電磁波により 30~45m 程度のワイヤレス通信が可能であることを確認した。なお, 本研究は, 農林水産省実用開発事業ストックマネジメントの一部として行われたことを付記する。

参考文献

1)浅野 勇, 林田 洋一, 田頭秀和, 増川晋(2009): ワイヤレス埋設計器の現状について, 平成 21 年度ダム工学研究発表会, pp.1-4.