



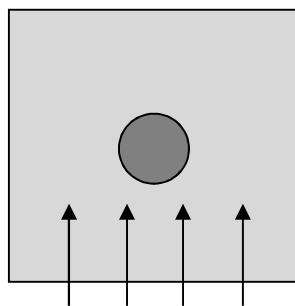
チタンワイヤーセンサーを用いた 鋼材腐食の検知方法の開発

【プレストレスト・コンクリート建設業協会】

(株)ピーエス三菱 技術本部 技術部

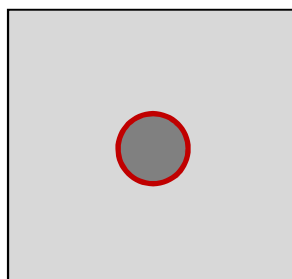
メンテナンス技術グループ 青山 敏幸

1.はじめに(コンクリート中の塩害)



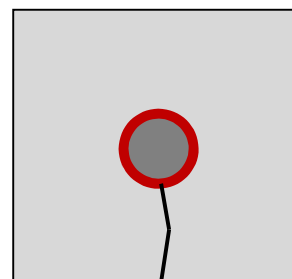
塩化物イオン濃度が腐食発生限界濃度に達するまでの期間

潜伏期



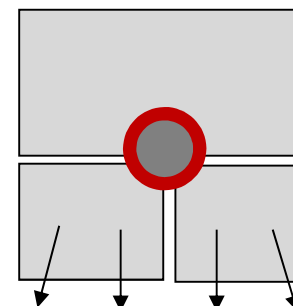
鋼材の腐食開始から腐食ひび割れ発生までの期間

進展期



腐食ひび割れ発生により腐食速度が増大する期間

加速期



腐食量の増加により耐荷力の低下が顕著となる期間

劣化期



コンクリートの外観の変状が生じる前（進展期まで）に、コンクリート中の鋼材の腐食が検知できる技術が望まれる。

2.自然電位法とは

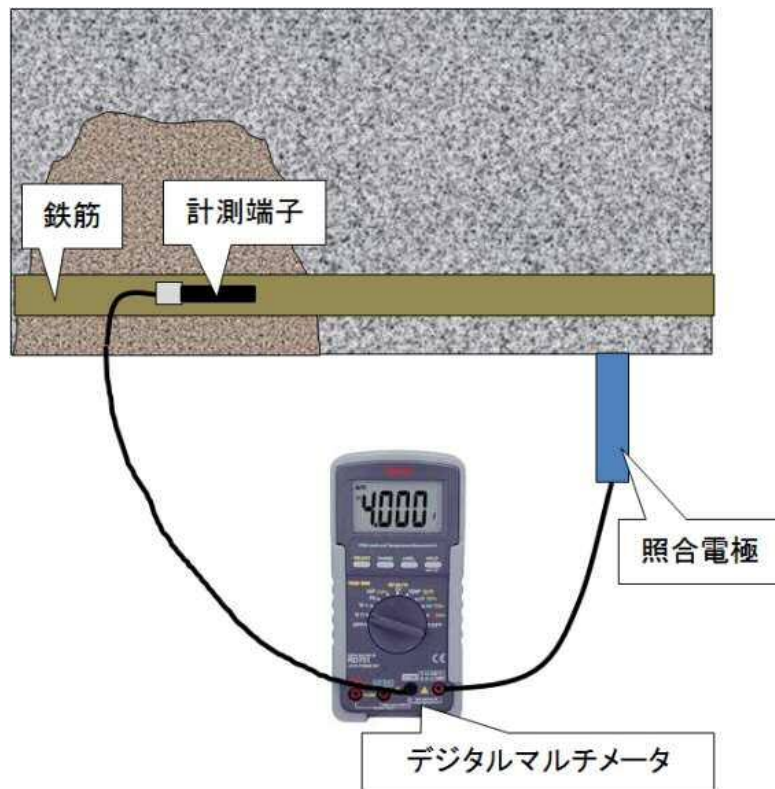
非破壊によるコンクリート中の鋼材の腐食検知技術

→ 鋼材の自然電位の測定

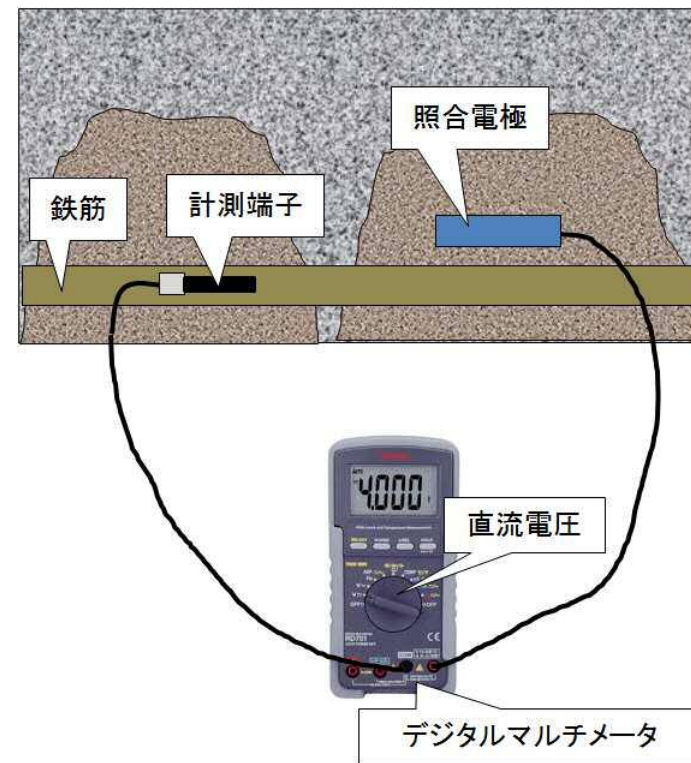
基準となるセンサー(照合電極)と鋼材の電位差を測定し、その値から鉄筋の腐食の傾向を非破壊的に測定する方法

2.自然電位の測定方法

(1) コンクリート表面に照合電極を押し当てる方法



(2) コンクリートに照合電極を埋め込んで測定する方法



2. 自然電位の測定結果の判定

腐食判定基準 (ASTM C 876※1)

自然電位 E (mV vs.CSE)	腐食確率
$E > -200$	90%以上の確率で腐食なし
$-200 \geq E > -350$	不確定
$E \leq -350$	90%以上の確率で腐食あり

数値は、飽和硫酸銅電極(CSE) に対しての値である。
照合電極の種類によって値は変化する。

※1 ASTM : ASTM C876-91 (Reapproved 1999) Standard Test Method for Half-Cell Potentials of Reinforcing Steel in Concrete, Annual Book of STM Standards 2006

3. 従来の照合電極の種類

電位測定に用いられる代表的な基準電極 ※

基準電極	電位 (V vs.SHE, 25°C)
飽和硫酸銅電極 (CSE)	+0.316
鉛電極 (PRE)	-0.483
二酸化マンガン電極 (MNO)	+0.120
飽和塩化銀電極 (SSE)	+0.196
飽和カロメル電極 (SCE)	+0.242

SHE：標準水素電極

コンクリート構造物の埋設には、二酸化マンガン電極、鉛電極が一般に用いられている。

※ 表は、物理化学的解釈に基づく電気化学的計測手法の体系化に関する研究委員会（公益社団法人 日本コンクリート工学会(2015年9月)）から抜粋

4. 自然電位法の課題(1)

(1) コンクリート表面にコンクリートを押し当てる方法

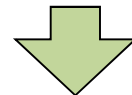
- 測定するごとに、足場が必要となる。
 - 鋼材位置をマーキングし、その箇所近傍に照合電極を押し当てて測定する必要がある。
 - コンクリート表面からの測定のため、コンクリート中の含水率や、かぶりの影響を受けやすい。
- 上記の作業を繰り返すと、調査に多くの費用が発生する傾向にある。

4. 自然電位法の課題(2)

(2) コンクリートに照合電極を埋め込んで測定する方法

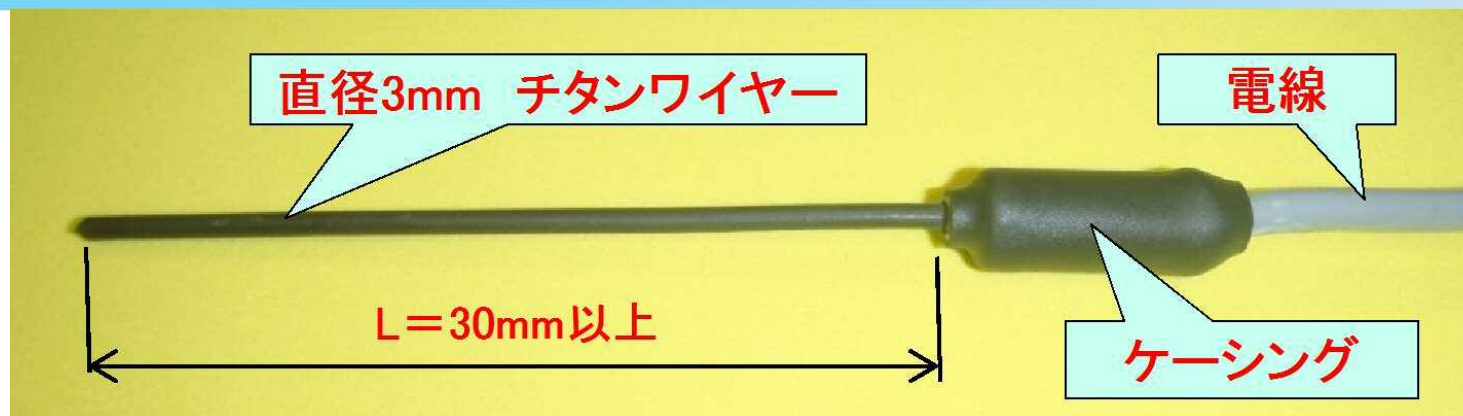
- 照合電極を設置した後に所定位置まで配線すれば、測定ごとに足場を設置する必要はない。
- 鋼材近傍にセンサーを設置するため、かぶりや含水率の影響を受けにくい。

→ただし、広範囲にわたる鋼材電位を測定するためには、大量の照合電極を設置する必要があるため、コストが高くなる。



手軽で、経済的な照合電極の開発が望まれる。

5. チタンワイヤーセンサーとは



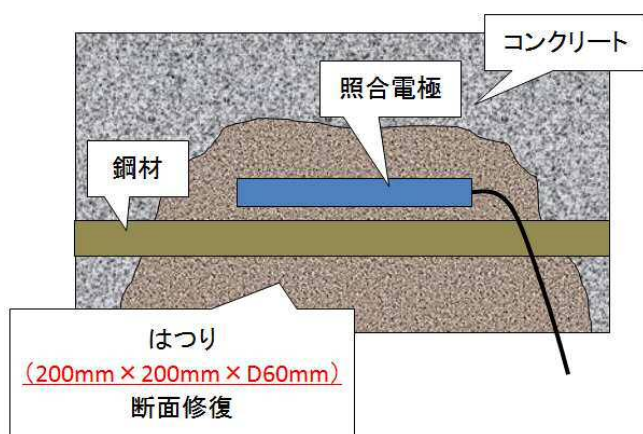
チタンワイヤーセンサーの構造

- 直径3mm、長さ30mm以上の寸法
(ケーシング部の直径は約10mm、長さ30mm)
- センサーは、高純度チタンに特殊被膜を施した構造
- 電位値は、飽和塩化銀電極とほぼ同等

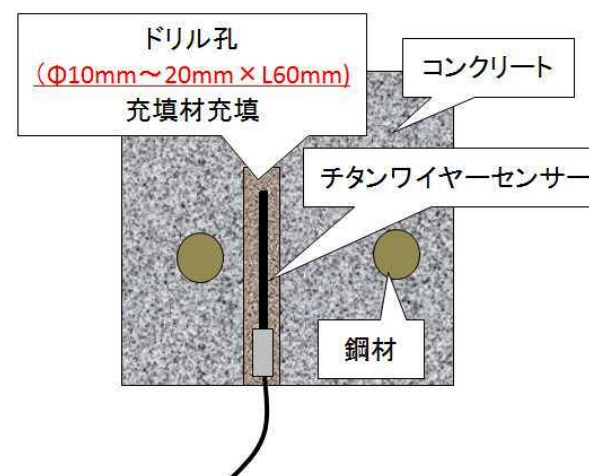
SIP戦略的イノベーション創造プログラム
金沢大学 鳥居特任教授を中心としたグループにて開発

5. チタンワイヤーセンサーの特徴(その1)

- (1) 従来製品のようにコンクリートを大きくはつる必要はなく、ドリル孔や溝切削した箇所を設置することができる。



従来の照合電極

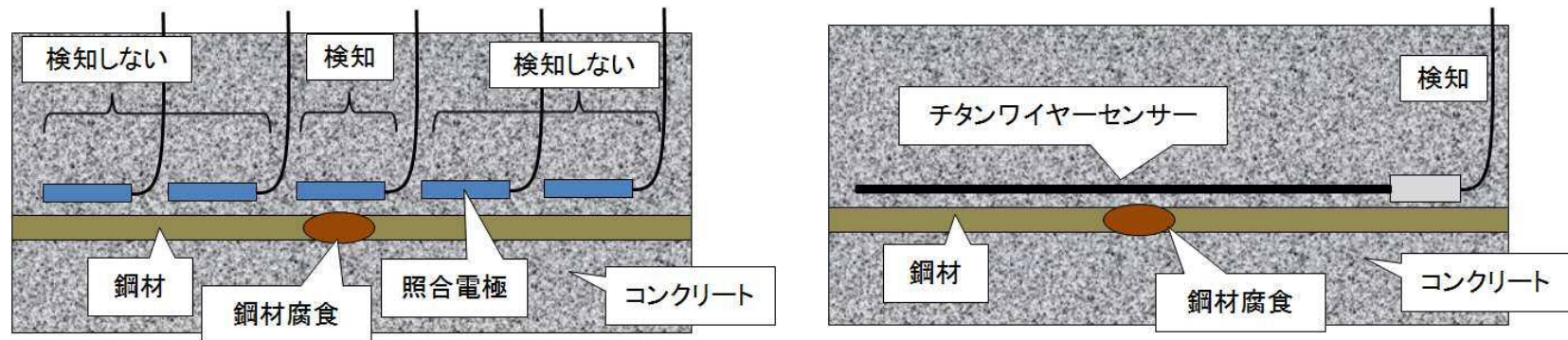


チタンワイヤーセンサー

- (2) 従来の照合電極に比べて安価である。
(センサー長により異なるが、50mmの場合は、従来品の1/20程度の価格である。)

5. チタンワイヤーセンサーの特徴(その2)

(3) 計測の目的や計測範囲に応じて、チタンワイヤーセンサーの長さを変えることができる。

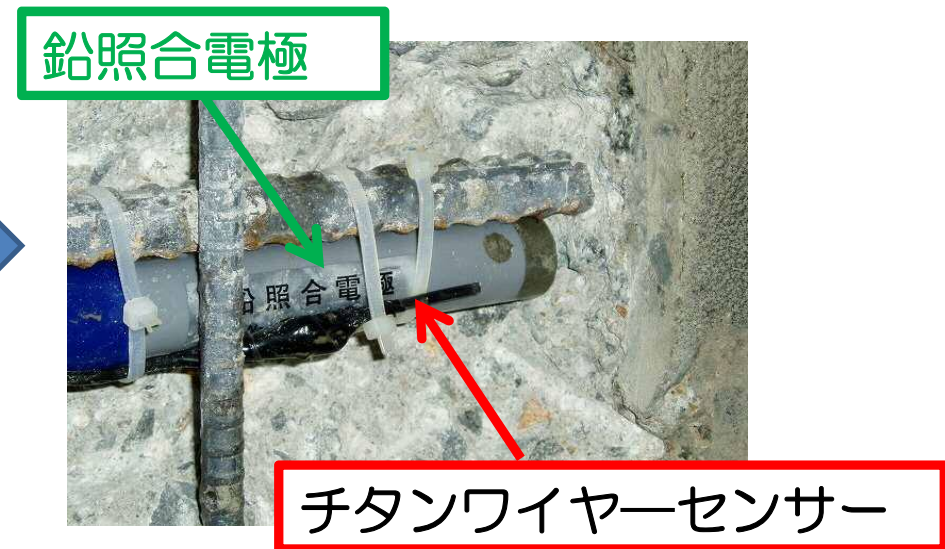


(4) NETIS登録技術(登録No : KT-170081-A)

6. 設置事例(1)

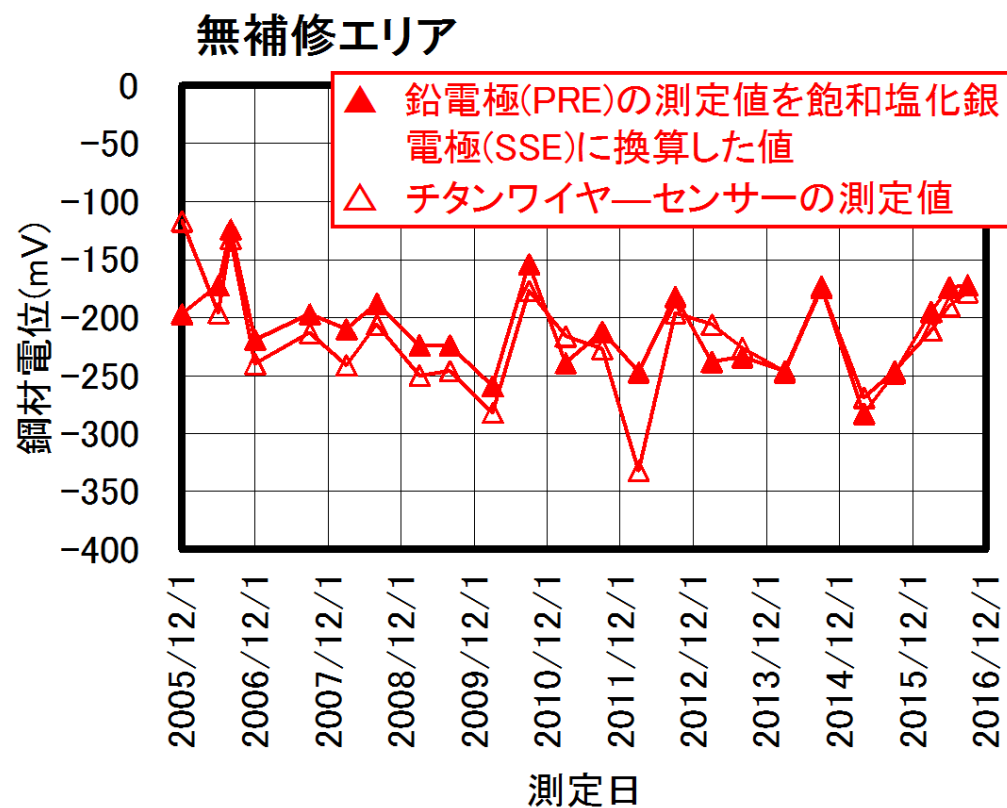
【長期暴露試験体への適用】

- 試験期間：2005年4月～2015年3月
- 試験場所：北陸建設材料耐久性試験施設
(新潟県糸魚川市大字市振)



6. 設置事例(1)

【測定結果】



→約10年間にわたり、市販の照合電極(鉛電極)と同様の挙動を示している。

6. 設置事例(2)

【既設道路橋への適用】

- ・ 設置方法：コンクリート部へのドリル削孔による設置



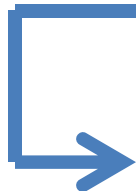
φ25mm
ドリル削孔



ドリル削孔完了



ワイヤーセンサー
設置、モルタル被覆



センサー設置完了



配線・配管



計測

6. 設置事例(3)

【既設道路橋への適用】

- 設置方法：既設コンクリートの断面修復部への設置



既設コンクリートの断面修復部でも、小スペースでのセンサーの設置が可能

6. 設置事例(4)

【既設道路橋への適用】

- 設置方法：既設コンクリートのコンクリート表面に溝切削した後に、2mのチタンワイヤーセンサーを設置



チタンワイヤーセンサー設置箇所
で測定した可般式照合電極
による鋼材電位の平均値は、
チタンワイヤーセンサーの
測定値とほぼ一致



可般式照合電極の測定

6. 設置事例(5)

【新設PC試験桁への適用】

- 設置方法：新設PC桁への設置事例



コンクリート製作時に、長手方向に

- 1 m×6本
- 6m×1本

のワイヤーセンサーをセット

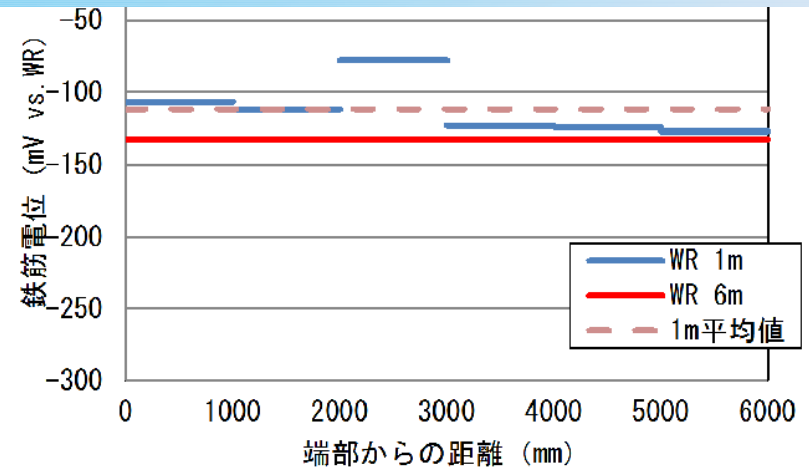
詳細は、PCシンポジウム(プレストレストコンクリート工学会)に投稿中

6. 設置事例(5)

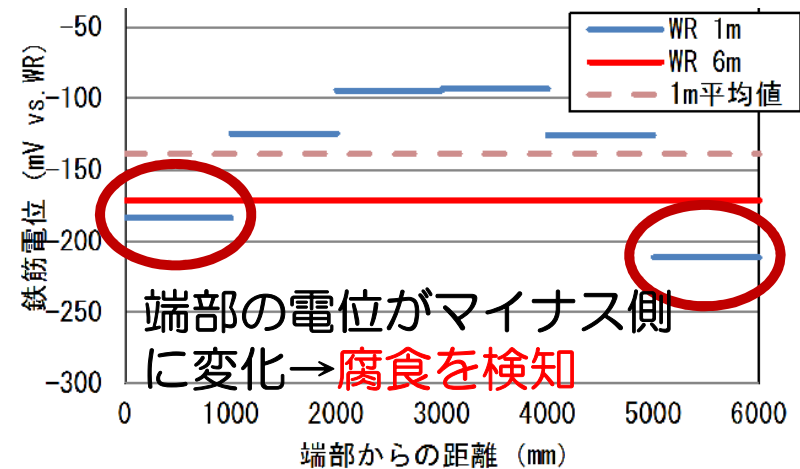
暴露約1000日経過後



端部のPC鋼材が腐食



暴露20日経過後



端部の電位がマイナス側に
変化→腐食を検知

暴露約1000日経過後

7. 今後の展開

維持管理の合理化



モバイルモニター「イージーMモニター」
コンクリート構造物の腐食・防食状態のモバイル型遠隔監視システム
NETIS登録技術(登録No:KT-170043-A)
【平成27年度 情報化推進貢献国土交通大臣表彰】

(特徴)

- 遠隔監視システムを用いて、測定データを自動で取り込むことが可能である。
- データの確認は、モバイル端末で行うため、いつでもどこでも閲覧が可能である。また、色分けされた一覧表で腐食状態の一次診断が可能である。

7. 今後の展開

無線ネットワークを用いた測定

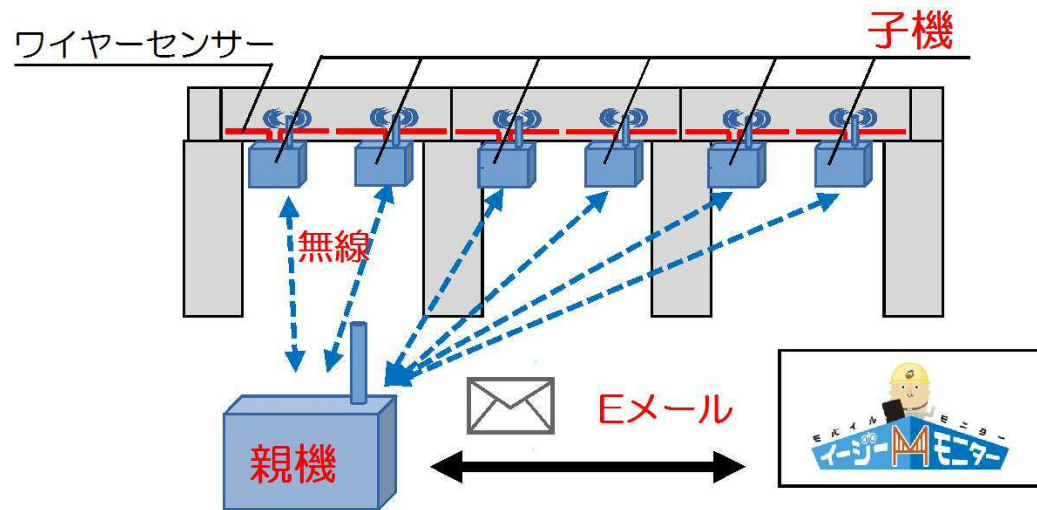


図-1 システムの概要

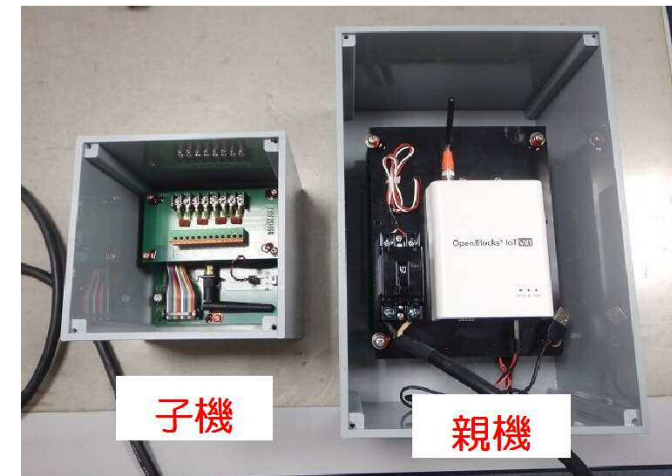


写真-1 計測機器(子機、親機)

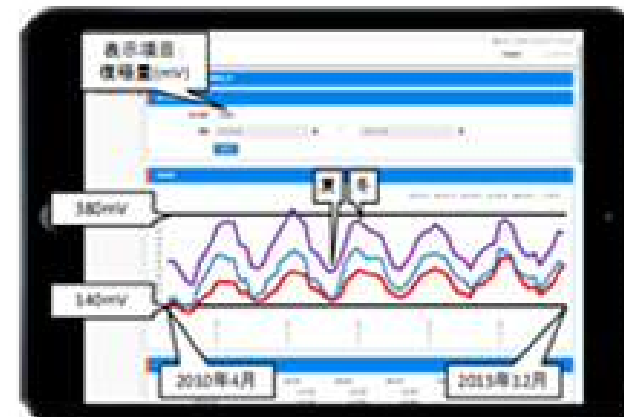
- 子機－親機間は無線通信
- 親機からはモバイルデータ通信

7. 今後の展開

モバイル端末によるデータの閲覧



色分けされた一覧表



グラフ表示

電気防食の構造物への適用事例
自然電位の測定でも実施予定

ご清聴ありがとうございました