腐食環境センサを適用した補強土壁用補強材の予防保全手法の検討

太平洋セメント株式会社　正会員　○江里口　玲，井坂 幸俊，工藤　正智
ヒロセ補強土株式会社　正会員　志村　直紀，佐藤　登

１．はじめに

補強土壁はフランスから約 40 年以上前に技術導入され，多くの施工実績を有している構造物である．一方，すでに施工後 25 年以上を経過している構造物は全体の 20%近くにのぼり，今後も年々増加し続けるため，点検労力の負担増加や事故の発生が懸念されることから，合理的な維持管理手法の検討が各種行われている[1]．しかしながら，構造的に個々の部材の劣化度合いを評価する手法は少なく，中でもプレキャストパネルを支える補強材については盛土中に埋設されることから，その健全性を評価することは容易ではない．補強材は亜鉛メッキによる防食層を施しているものの，経年変化により防食効果が低下し補強材が腐食に至るケースも少なからずみられる．本研究においては補強材の予防保全を目的に開発された腐食環境センサを用いて，模擬盛土中における腐食促進試験を実施し，その検知性能とその際の補強材の状態を比較評価した．

２．補強土壁工法の概要

図-1 に補強土壁工法の概要を示す．プレキャスト製のコンクリートパネルを垂直に施工し，盛土中に 4 本の補強材を挟み込みながら積層し付着させる．補強材は SS 材や SM 材を母材として表面に亜鉛メッキを 69μm 以上の厚みで防食層を設けており，その厚みや種類により設計耐用年数を定めている．一方，盛土については，土の風化現象や雨水の浸入により鋼材の腐食環境が進展し，補強材の亜鉛メッキを腐食させた後に母材である鋼材の腐食のリスクが高まる．補強材は盛土との滑り抵抗により保持されているが，腐食による断面欠損等でその設計耐力を維持できない場合もあり，時によっては構造物全体が崩壊に至るケースも少なからず考えられる．すなわち，補強材の腐食は構造物の寿命と近しい指標として認識されている．

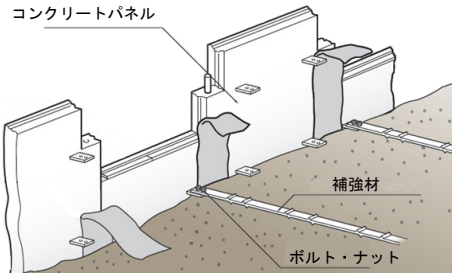

図-1　補強土壁の構造

図-2　補強材用腐食センサの外観

３．模擬盛土中における促進試験

３．１ 腐食環境センサの構造と外観

図-2 に示す腐食環境センサは，既往の鉄箔状の腐食環境センサ[2]の表面へ補強材を対象としたスプレー塗布の施工方法に則り亜鉛メッキを施し，周囲を樹脂製の筐体で囲う構造とした．なお，スプレー塗布した亜鉛メッキ層の厚みをマイクロメータで計測した結果，約 50μm の亜鉛メッキ層を形成していることを確認している．この構造では表面に露出している部分が，すべて亜鉛メッキされた状態であるため，亜鉛メッキ層の部分が腐食して防食効果が消失した時点で，腐食環境センサの鉄箔部が腐食し反応する仕組みである．すなわち，腐食環境センサは補強材の母材である鋼材を模擬しており，腐食環境センサが反応することで補強材の鋼材腐食時期を検知できると予想される．さらに，腐食環境センサは非常に敏感に反応するため，補強材に腐食が発生したとしても，構造耐力が低下するような致命的な劣化に至る前に検知でき予防保全が可能となると考えられる．

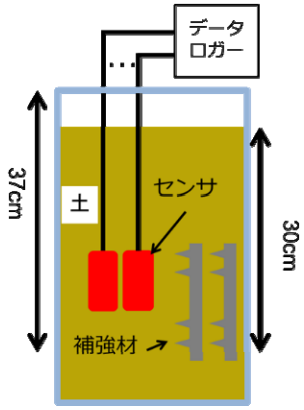

図-3　実験構成

キーワード　補強土壁，補強材，防食，腐食，亜鉛メッキ，腐食センサ
連絡先　〒285-8655　千葉県佐倉市大作 2-4-2　太平洋セメント㈱中央研究所　TEL 043-498-3928

© Japan Society of Civil Engineers

３．２　腐食促進試験の概要

腐食促進試験は，真砂土を使った盛土の最適含水比である 14%に調整した試料土内に腐食環境センサを n=3 と補強土壁用の補強材 2 種（SM490A＋亜鉛メッキ，SS400＋亜鉛メッキ）を各 1 枚埋設してバイブレーターで締め固め，温度 30℃，湿度 80%の恒温室内で促進試験を実施した．試料土は，加水した水分量に対し，材齢 104 日まで，NaCl 5%濃度の環境とし，その後は 10%濃度とした．実験構成を**図-3** に示す．高さ 37cm の容器内の中心位置に腐食環境センサと補強材を埋設し，腐食環境センサの抵抗値変化をデータロガーで連続的に測定するとともに，定期的にセンサと補強材を取出し表面状態の目視観察を行った．

４．実験結果

４．１　腐食環境センサの抵抗値変化

腐食環境センサの抵抗値の経時変化を**図-4** に示す．腐食環境センサは 100Ω 以上の抵抗値に達すると鋼材が腐食する環境に至ったと判定することから，抵抗値が 100Ω 以上になるまでに要した日数を**表-1** に示す．腐食環境センサは 117～138 日で腐食環境に達したと判定しており，平均すると約 130 日程度で反応する結果となった．

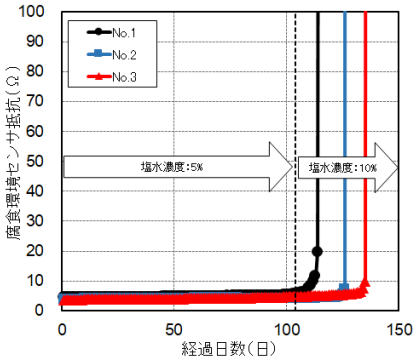

図-4　腐食環境センサの抵抗変化

表-1　腐食環境センサの反応時期

No .	腐食環境センサ反応時期 (100Ω 以上に達した日数)
1	117
2	129
3	138

４．２　腐食環境センサと補強材の目視観察結果

腐食環境センサと補強材における表面状態目視観察結果を**図-5** に示す．腐食環境センサの抵抗値が 100Ω を超え腐食判定となった時期のセンサ表面には数点の赤錆が確認できる．腐食環境センサが腐食判定を示した時期(100～120 日)の補強材表面は，白錆が支配的であり，150～180 日の時点で一部に茶褐色の点錆が認められる程度である．補強材については，180 日以降，茶褐色の点錆の露出箇所が増加する結果となった．また，SS 材と SM 材を比較すると，茶褐色の点錆の露出範囲は SS 材のほうが広範囲に広がっている状況が認められた．

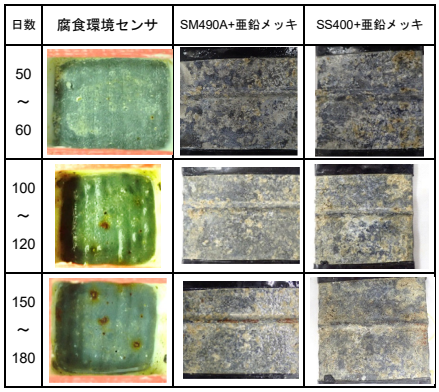

図-5　センサと補強材の表面変化

この結果より，腐食環境センサは亜鉛メッキの防食効果が低下するとともに，鉄箔部のセンサが腐食して表面に赤錆が露出しており，補強材についても，茶褐色の錆は母材である鋼材の錆が表面に露出してきている可能性が高いと推察される．補強材の腐食開始時期を茶褐色の点錆が表面に露出した時点とすると，腐食環境センサは，補強材の腐食開始時期より数十日程度，早期に反応する結果であった．この結果については，腐食環境センサに施した亜鉛メッキ層の厚みが補強材の亜鉛メッキ層より 20μm 以上厚いことが影響したと考えている．なお，腐食環境センサのほうが早期に反応することは，予防保全的維持管理を実現できる手法と評価できる．加えて，腐食環境センサの表面に施した防食亜鉛メッキ層の厚みを補強材の亜鉛メッキ層と同等にすることで，補強材の腐食時期に近い時期に反応させることも可能と考えられる．

５．まとめ

1) 亜鉛メッキを施した腐食環境センサは約 130 日の時点で腐食を判定し，補強材表面に茶褐色の錆が生じた時期より数十日程度早い結果であった．
2) 腐食環境センサを維持管理手法として適用することで，補強土壁の予防保全的維持管理を実現可能である．

参考文献

1) 宮武裕昭ほか：補強土壁における点検手法の構築に向けた取組み，土木技術資料，第 57 巻，第 8 号，pp.14-17，2015
2) 佐藤達三ほか：コンクリート中鉄筋の腐食環境検知センサに関する検討，土木学会年次学術講演会講演概要集，V-347，pp.693-694，2010

© Japan Society of Civil Engineers