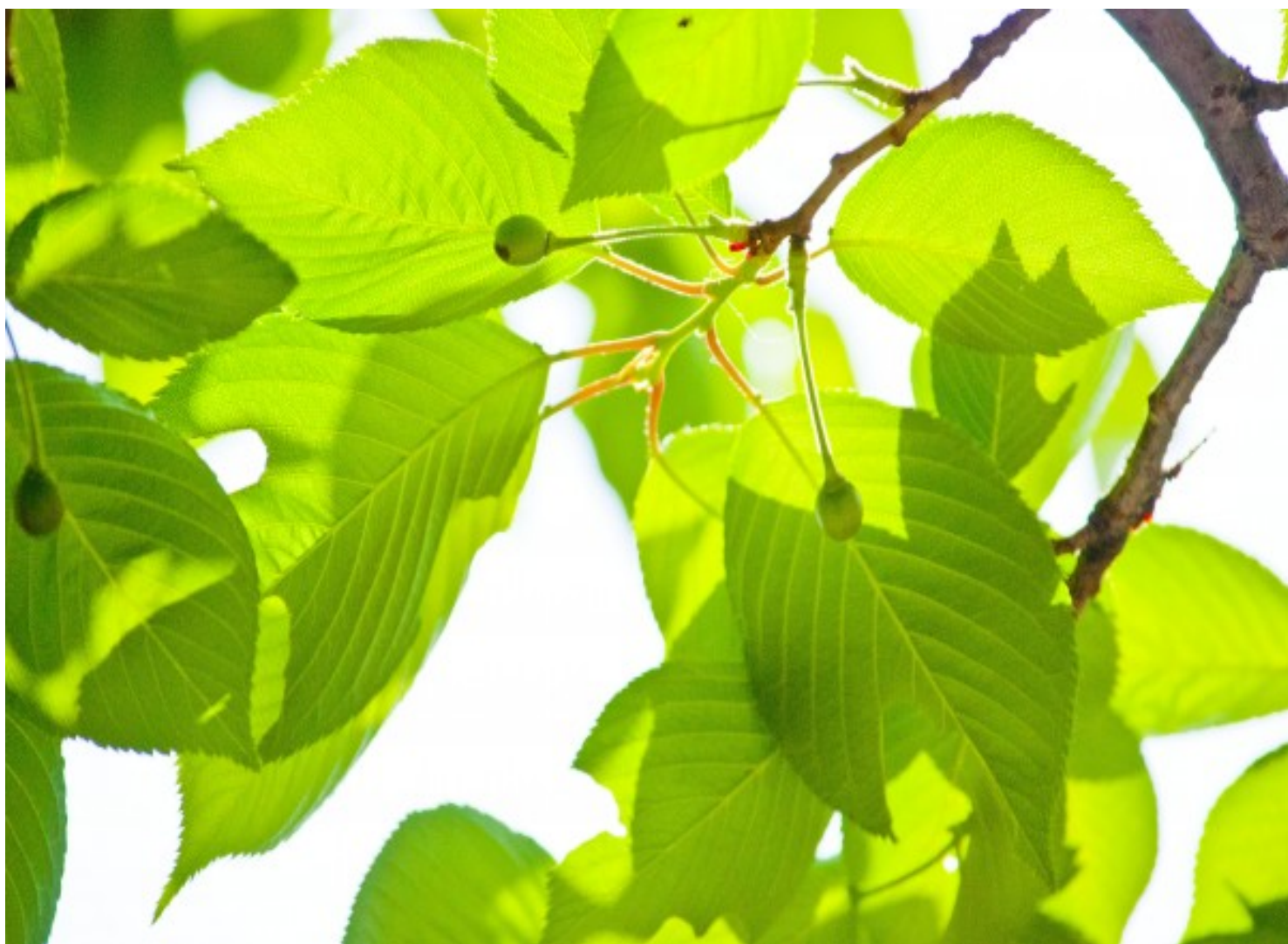


三協Mirai News



2017年夏号 No. 18

三協Miraiからお届けする、技術情報ニュースです



- ・シリーズ「歴史」トンネル(2)
- ・特集 電気化学的補修工法
- ・技術ニュース 関連JISの動向
- ・日本のコンクリート構造物

トンネル（２）

■山岳トンネル

1857年に建設が始まり、1871年に開通したフレジュス鉄道トンネルは、アルプスを貫いてイタリアとフランスを結んだ最初のトンネルです。全長は12,234mで1882年までは、世界最長の鉄道トンネルでした。



フレジュス鉄道トンネルのイタリア側坑口

建設初期には工事は黒色火薬の他は人力に頼っていましたが、後に圧縮空気を利用した削岩機が発明され、トンネルの掘削技術は急速に発展しました。



削岩機による工事

日本では1870年（明治3年）に、日本初の鉄道トンネルとなる石屋川トンネルが建設されました。このトンネルは現在の住吉駅と六甲道駅間にあり、全長は61mです。建設は、地表面を掘り下げてトンネルの構造物を構築し、後で埋め戻す、開削工法で行われています。1919年（大正8年）に、複々線化に伴ってトンネルは解体され、現在は石屋川公園に

トンネルがあったことを示す説明板が置かれています。



石屋川トンネル

1880年（明治13年）に完成した逢坂山トンネルは、外国人技師に頼らず、日本人だけで完成させた近代最初の山岳トンネルです。トンネルは大津市と京都山科の間にある逢坂山にあり、全長は665mです。掘削は手掘りによって行われました。1921年（大正10年）に新線が開通したことにより廃線となり、その後、名神高速道路の建設に伴って、現在は東側坑口のみを残して埋められています。



逢坂山トンネル（旧逢坂山隧道）東口

1881年（明治14年）に竣工した、米沢市と福島市を結ぶ栗子トンネルは、道路として初の山岳トンネルです。工事は手掘りでは困難を極め、当時世界で3台目となる削岩機をアメリカから導入して行いました。

現在は、落盤、閉塞していて通行は出来ません。



栗子トンネル

滋賀県と福井県を結ぶ柳ヶ瀬トンネルは、1884年（明治17年）に完成しました。トンネルの掘削では、日本ではじめてダイナマイトが使用されました。トンネルの長さは1,352mで、鉄道トンネルとして建設されましたが、1958年（昭和33年）からは、道路トンネルとして現在も使われています。



柳ヶ瀬トンネル



トンネル内部

シンプロントンネルはスイスのブリークとイタリアのイゼーレを、アルプス山脈を貫いて結ぶ鉄道トンネルで、15年ほど違う時期に建設された2本の単線トンネルで構成されています。最初の単線トンネルは1906年（明治39年）に開通し、トンネルの長さは19,803mでした。2本目のトンネルは1921年（大正10年）に開通し、こちらの全長は19,824mです。シンプロントンネルは、1982年（昭和57年）に大清水トンネル（全長22,221m）が開通するまでの76年間、世界最長の鉄道トンネルでした。



シンプロントンネルのイタリア側入り口

上越線の群馬県と新潟県の間にある清水トンネルは、日本で初めて大型施工機械を使用して施工が行われました。開通は1931年（昭和6年）でトンネルの全長は9,702mで、1962年（昭和37年）に北陸トンネル（13,870m）

が開通するまで30年以上日本最長の鉄道トンネルでした。



清水トンネル

1934年（昭和9年）に開通した丹那トンネルは、熱海駅と函南駅を結ぶ複線規格のトンネルで、総延長は7,804mです。完成当時は清水トンネルに次ぐ日本第2位の長さで、鉄道用複線トンネルとしては日本最長でした。

丹那トンネルの着工は1918年（大正7年）で、7年後の1925年（大正14年）に完成する予定でした。しかし丹那盆地の地質構造から大量の湧水に見舞われ、多数の水抜き杭を掘って地下水を抜く必要があり、開通までに16年を要しました。水抜き杭の全長は15kmに達し、排水量は箱根芦ノ湖の貯水量の3倍の6億 m^3 に達しました。

1964年（昭和39年）には丹那トンネルの約50m北側に、総延長7,959mの東海道新幹線用の新丹那トンネルが開通しています。



丹那トンネル

新丹那トンネル



特集

電気化学的補修工法

電気化学的補修工法

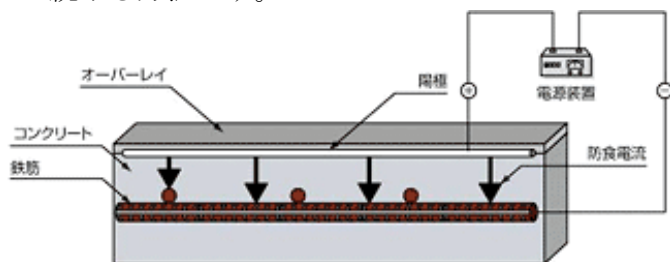
電気化学的補修工法は、コンクリート内部の鉄筋に直流電流を供給することを基本とするコンクリート構造物の劣化補修工法です。電気化学的補修工法は、補修の目的によって、電気防食工法、脱塩工法、再アルカリ化工法、電着工法の4つの方法があります。これら4つの補修工法についてご紹介します。

電気防食工法

電気防食工法は、主として塩害により劣化した鉄筋コンクリート構造物が対象となり、劣化の程度を問わず適用することが出来ます。また、今後の劣化が予想される場合にも、保護的に適用することも可能です。補修の目的は、コンクリート中の鋼材の腐食反応を停止させることにあります。

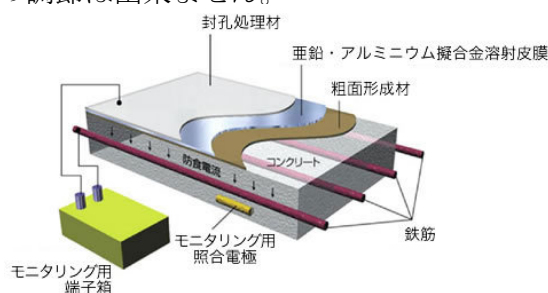
補修の方法は、コンクリート表面に陽極材を設置して、コンクリートを介して鉄筋に防食電流を供給します。電気防食の種類としては、防食電流の供給方法の違いによって外部電源方式と流電陽極方式の2つがあります。

外部電源方式は、次の図に示すように外部に直流電源装置設けて、強制的に電流を流し続ける方法です。



外部電源方式

流電陽極方式は、コンクリート内部の鉄筋よりも電氣的に卑な金属(亜鉛やアルミなど)を陽極材としてコンクリートの表面や近傍に設置し、鉄筋と接続させることにより防食電流を確保する方法です。この方式では防食電流の調節は出来ません。



流電陽極方式

電気防食の特徴としては、再劣化しない、多量の塩分が存在する環境でも防食が可能である、塩分を含有するコンクリートの除去が不要である、鉄筋の防錆処理が不要である、防食効果の確認が容易である、などが挙げられます。

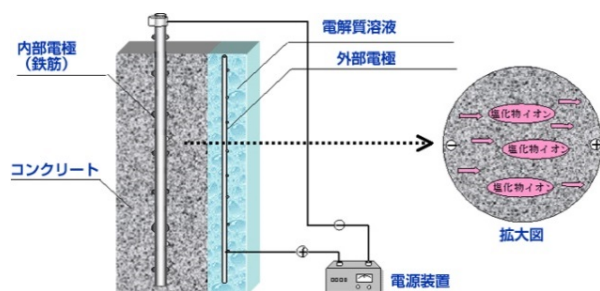
脱塩工法

脱塩工法は、塩害により劣化したコンクリート構造物が対象になります。補修の目的はコンクリート内部から劣化因子である塩分を電気化学的に外部へ排出させ、鉄筋を不動態化させることです。

補修方法は、コンクリート表面に水酸化カルシウムやホウ酸リチウムなどの電解質溶液を含んだ陽極外部電極を設置し、コンクリート中の鉄筋を陰極として直流電流を流します。その結果、塩分は電気泳動によってコンクリート中から外部電極側に排出されます。

脱塩工法では、電解質溶液のアルカリイオンがコンクリート内部に浸透するため、コン

クリートが再アルカリ化され、鉄筋の不動態被膜の回復を図ることが出来ます。脱塩後には鉄筋位置の塩化物イオン濃度が、発錆限界以下となっていることを確認します。また、将来外部からの塩化物イオンの侵入がある場合は外部電極撤去後に、表面被覆工法を行います。脱塩工法では標準レベルの電流密度（ 1 A/m^2 ）で、通電期間は8週間程度かかります。



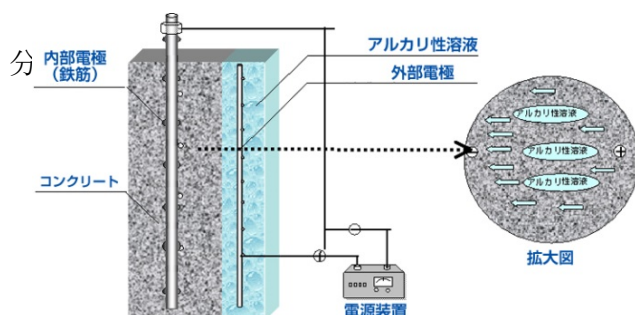
脱塩工法

再アルカリ化工法

再アルカリ化工法は、中性化により劣化した構造物が対象となります。補修の目的は、中性化したコンクリートの再アルカリ化と鉄筋の不動態化です。

補修方法はコンクリートの表面に炭酸カリウムなどのアルカリ性溶液と電極を仮設し、コンクリート内の鉄筋との間に直流電流を流すことで、アルカリ性溶液を鉄筋周辺まで電気浸透させ再アルカリ化を図ります。

再アルカリ化工法では、 $1 \sim 2\text{ A/m}^2$ 程度の電流を1～2週間通電させます。



再アルカリ化工法



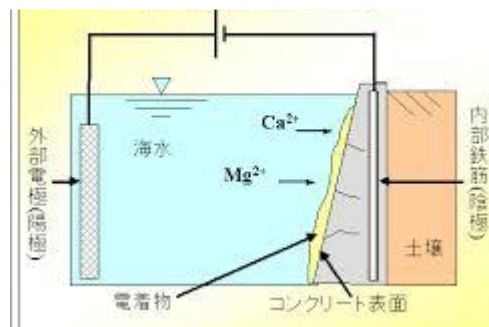
再アルカリ化工法の実施状況

電着工法

電着工法は、ひび割れが発生したり、もしくはひび割れが予測され、それによって鉄筋の腐食が懸念される、海中のコンクリート構造物が対象となります。

この工法では下図に示すように、外部電極（陽極）を設置し、直流電流（ $0.5 \sim 2.0\text{ A/m}^2$ ）を外部電極からコンクリート中の鉄筋に約6か月間流します。このことによって、海水中のカルシウムイオン（ Ca^{2+} ）やマグネシウムイオン（ Mg^{2+} ）などがひび割れの内部やコンクリート表面に、無機系の電着物として析出します。電着物の析出によって、ひび割れ部の充填や表面被覆、表層部の緻密化が図られます。

この工法は、現在のところ試験的に使用されていますが、実用化されたものはまだありません。



電着工法

関連 J I S の動向

平成 28 年度に改正・制定されたコンクリート関連 J I S の、主要な改正点や制定理由をお知らせします。

■改正（主要な改正点）

- J I S A 1118 フレッシュコンクリートの空気量の容積による試験方法（容積方法）
 - ・対象とする粗骨材の最大寸法 50mm以下を 40mm以下に変更。必要に応じて報告する事項に“骨材修正係数”及び“ウェットスクリーニングの有無”を追加。
- J I S A 1145 骨材のアルカリシリカ反応性試験方法（化学法）
 - J I S A 1146 骨材のアルカリシリカ反応性試験方法（モルタルバー法）
 - ・A 1145で“無害でない”と判定されてもA 1146で“無害”と判定されれば、後者を優先するという規定を削除。骨材の縮分方法としてA 1158を追記。
- J I S A 1149 コンクリートの静弾性係数試験方法
 - ・6. 2 供試体寸法の測定を追記。
- J I S A 6202 コンクリート用膨張材
 - ・これまでの膨張材 30 型に、新たに膨張材 20 型の区分を追加。
 - ・凝結試験、圧縮強さ試験及び A. 3. 5. 3 モルタルの配合について、区分別に規定。
 - ・附属書 B（参考）測長器のダイヤルゲージは、0. 001 mm 目盛に変更。
- J I S A 5406 建築用コンクリートブロック
 - ・種類に圧縮強さによる区分を新たに追加。
 - ・形状及び寸法において、モジュール呼び寸法や正味厚さを範囲で規定し、その範囲から選択できるようにする。
 - ・気乾かさ密度試験を削除。
 - ・送り状などの添付文書に表示する項目に、製品の呼び方に基づく表示や寸法の表示を追加。

■制定（制定の理由）

- J I S Q 13315-1 コンクリート及びコンクリート構造物に関する環境マネジメントー第 1 部ー：一般原則
- J I S Q 13315-2 コンクリート及びコンクリート構造物に関する環境マネジメントー第 2 部ー：システム境界及びインベントリデータ
 - ・コンクリートの利用による建設活動に起因する環境負荷を最小化し、便益を最大化するためには環境負荷の評価が不可欠である。こうしたことから、コンクリートの製造・再生・廃棄、コンクリート構造物の設計・施工・利用・解体に関わる活動において、環境影響を評価し、環境改善を行っていく必要がある。

日本のコンクリート構造物

日本最古の木骨コンクリートブロック建築 —移情閣（孫文記念館）—

神戸市の東舞子町に建つ移情閣は、華僑の貿易商、呉錦堂により 1915 年（大正 4 年）に建てられました。構造は木の柱の外側にコンクリートブロックを積んだ木骨コンクリートブロック造で三層八角形の中国式楼閣となっています。移情閣という名前は、窓から六甲山地、瀬戸内海、淡路島、四国と移り変わる風情を楽しめることから名づけられました。この地は孫文が訪れたことのあるゆかりの地であることから、この建物を孫文の記念館にしようという動きがあり、1983 年に移情閣が兵庫県に寄贈され、翌 1984 年（昭和 59 年）に孫文記念館（旧称は孫中山記念館）として開館しました。2001 年（平成 13 年）に「移情閣」の名称で国の重要文化財に指定されました。



外観（後ろは明石海峡大橋）



前庭からの外観



孫文像



復元された金唐革紙



階段（壁紙は金唐革紙）

三協M i r a i 株式会社

本 社	〒105-0013	東京都港区浜松町 1-9-10 (DaiwaA 浜松町ビル) Tel. 03(3431)8266／Fax. 03(3434)5422
大阪支店	〒541-0059	大阪市中央区博労町 3-3-7 (O R E 本町南ビル) Tel. 06(6252)7075／Fax. 06(6252)7076
仙台営業所	〒980-0023	仙台市青葉区北目町 2-39 (東北中心ビル) Tel. 022(266)4662／Fax. 022(266)4663
福岡営業所	〒812-0013	福岡市博多区博多駅東 2-4-17 (第六岡部ビル) Tel. 092(481)3265／Fax. 092(481)3266



発行 三協M i r a i 株式会社
東京都港区浜松町 1-9-10 (DaiwaA 浜松町ビル)
U R L : <http://www.sankyomirai.co.jp>