コンクリート電柱の中性化および塩化物イオン浸透特性と型枠継ぎ目の影響

(財)鉄道総合技術研究所　正会員　○上田　洋
(財)鉄道総合技術研究所　工藤　輝大
(財)鉄道総合技術研究所　正会員　佐々木孝彦

１．目　的

鉄道の架線柱としてコンクリート電柱が本格的に使用開始されてから 40 年以上を経過しており，今後とも良好に維持管理するには，その耐久性を知る必要がある．本研究ではコンクリート電柱の耐久性評価の一環として，その中性化および塩化物イオン(Cl^-)浸透特性について調べるとともに，コンクリート電柱に生じる型枠継ぎ目の影響について考察した．

２．コンクリート電柱の変状

コンクリート電柱の多くは健全に使用されているが，一部に剥離などの変状を生じているものが見受けられる．これらの変状を調査したところ，型枠の継ぎ目不良が原因となっているものが多かった．継ぎ目不良とは，**図 1** に示すように型枠の歪みなどによって型枠同士が密着していないと，遠心成型時にモルタルが流出してジャンカ状の欠陥を生じるものである．

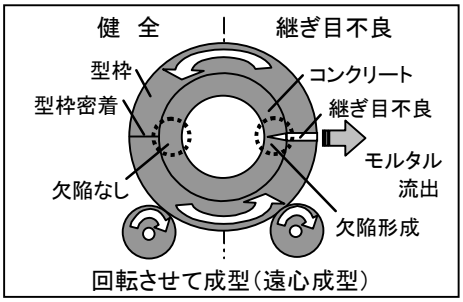


図 1　型枠継ぎ目不良箇所の形成

３．試験方法

作製した試験体は，JIS A 5373 に準拠した直径 350mm，ひび割れ発生時の支持点における曲げモーメントが 65kN･m の N 形とした．**表 1** に使用したコンクリートの配合を示す．一部の試験体は，型枠の継ぎ目を加工して継ぎ目不良を模擬した試験体とした．作製した試験体は，促進中性化試験および Cl^-浸透試験に供した．促進中性化試験は試験体を温度 30℃，相対湿度 60%，炭酸ガス濃度 5%の環境に静置したのち，試験体を切断して中性化深さ測定を行うとともに，電子線マイクロアナライザー（EPMA）による炭素の分析を実施した．Cl^-浸透試験は，試験体を 5%-塩化ナトリウム溶液に浸漬したのち，試験体を切断して EPMA による塩素の分析を実施した．

表 1　コンクリートの配合

設計基準強度f'ck (N/mm2)	粗骨材の最大寸法 (mm)	スランプの範囲 (cm)	設計空気量 (%)	水セメント比 (%)	細骨材率 (%)
63.7	13	20±2	2±1	35.6	46
混和剤混入率 (CA/C) (%)	単位量 (kg/m3)				
	セメント	水	細骨材	粗骨材	混和剤
1.00	500	178	770	911	5.00

・混和剤には高性能減水剤を使用。

４．試験結果および考察

(1)　中性化に関する検討

作製した試験体を 12 ヶ月間促進中性化させた結果，表面側，内空側ともに中性化深さは 0mm であった．また，経年 35 年のコンクリート電柱を撤去して測定した結果も同様であった．**図 2** は，既報[1)]を参考にして促進試験を実環境に換算したもので，コンクリート電柱では中性化が進行しないことがわかる．ここで，水結合材比(W/B)が小さい場合の中性化速度係数 α_p を表す式として，以下の式がある[2)]．

$$\alpha_p = -0.38 + 1.63\ W/B \qquad (1)$$

コンクリート電柱は遠心成型時にモルタルの一部が流出するため，実質の水セメント比は配合上の値とは異なる．そこで，Cl^-を添加した電柱を作製して Cl^-の分布から単位水量の分布を推定し，別途推定した単位セメント量と合わせて実質の水セメント比を推定した．**図 3**

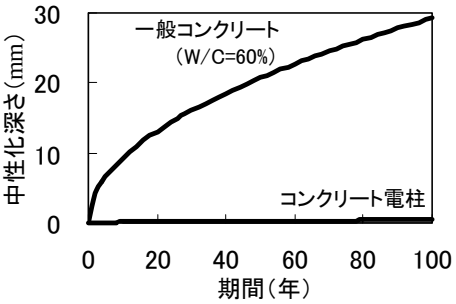


図 2　コンクリート電柱の中性化深さ

キーワード：コンクリート，電柱，耐久性，中性化，塩害
連絡先：〒185-8540　東京都国分寺市光町 2-8-38　(財)鉄道総合技術研究所材料技術研究部（ｺﾝｸﾘｰﾄ材料）TEL042-573-7338

に示すように，単位水量および単位セメント量は内空側で高く，遠心成型によって内空側にモルタル層が形成されることによると考えられる．一方，実質の水セメント比はいずれの部位でもその変化が小さかった．既報[3]では，配合が 36%のコンクリートポールにおける実質の水セメント比は 30%と報告されているが，本研究の結果からは深さ方向によらずおおむね 22～23%と推定された．

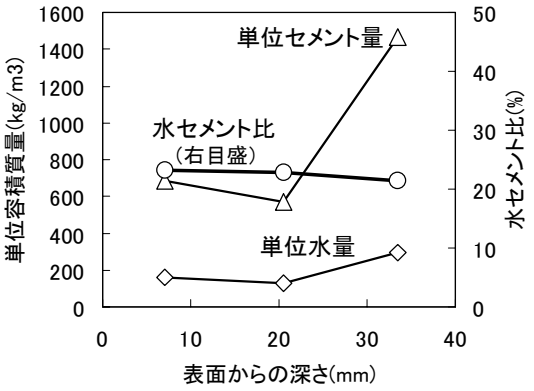


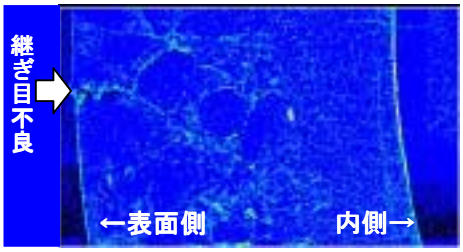
図 3　単位水量、単位セメント量と水セメント比

この値を式(1)に代入すると中性化速度係数は 0 となり，測定結果と一致する．したがって，コンクリート電柱の中性化速度は実質の水セメント比を推定することにより，一般のコンクリートと同様に扱えると考えられる．また，実質の水セメント比が深さ方向によらないことから，内空側からの中性化が進行しないことも理解できる．

図 4 は，継ぎ目不良箇所における促進中性化 6 ヶ月後の炭素の分布を示したもので，空隙に沿って炭素の存在が認められる．したがって，継ぎ目不良箇所では空隙に沿って炭酸ガスが浸透して鋼材腐食を生じ，剥離などの変状に至ると考えられる．

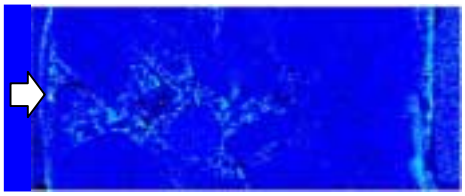
(2)　Cl^-の浸透に関する検討

継ぎ目不良のない健全な試験体では、浸漬 6 ヶ月目においても Cl^-の浸透はみられなかった．継ぎ目不良を有する試験体では，**図 5** に示すように継ぎ目不良箇所から Cl^-が浸透し，期間の経過とともに浸透領域が広がっている．したがって，継ぎ目不良箇所では Cl^-が容易に浸透し、鋼材腐食に至ると考えられる。

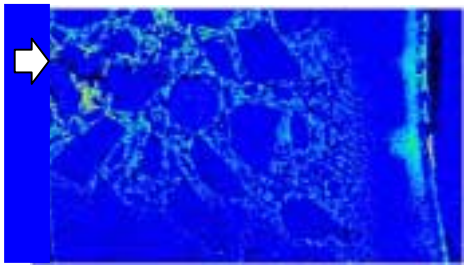


＊図中の白い部分が炭素の浸透領域。
矢印は継ぎ目不良箇所

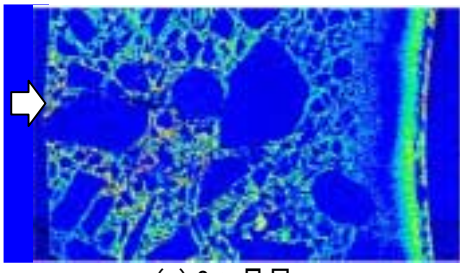
図 4　促進中性化 6 ヶ月後の炭素の分布（EPMA 分析）



(a) 1 ヶ月目



(b) 3 ヶ月目



(c) 6 ヶ月目

＊いずれも左が表面側で右が内空側。白いところほど塩分が多く浸透している。矢印は継ぎ目不良箇所。

図 5　塩素の分布（EPMA 分析）

５．まとめ

本研究で得られた結果を以下に示す．

(1)　コンクリート電柱の変状は，型枠の継ぎ目不良箇所に発生することが多い．

(2)　コンクリート電柱は遠心成型により，実質の水セメント比は配合値よりも小さく 22~23%と推定される．

(3)　コンクリート電柱では実質の水セメント比が小さいことにより，中性化が進行しないほか，塩化物イオンも浸透しにくく，耐久性に優れている．

(4)　型枠の継ぎ目に不良がある箇所では，炭酸ガスや塩化物イオンが浸透して鋼材腐食を生じ得る．

(5)　コンクリート電柱の維持管理にあたっては，型枠の継ぎ目不良に着目することが有効である．

参考文献

(1) 高田良章、魚本健人：中性化の進行に伴うコンクリートの品質変化、コンクリート工学年次論文報告集 Vo.14-1、901-904 1992

(2) 土木学会：自己充てん型高強度高耐久コンクリート構造物設計・施工指針（案）－新世代交通システム用構造物への試み－、P.246　2001

(3) 杉木六郎：鉄筋ｺﾝｸﾘｰﾄﾎﾟｰﾙおよびくいに用いるコンクリートの施工方法に関する研究、土木学会論文集、No.88、P33 1962