高耐久性埋設型枠の目地部の耐久性に関する実験的検討

鹿島建設（株）　正会員　○青山達彦　柿本啓太郎　渡邊有寿　本田智昭
カジマ・リノベイト(株)　正会員　白木　浩

１．背景および目的

埋設型枠工法は，コンクリート工事における生産性向上や，構造物の耐久性の確保・向上の観点から検討される事例が増加している．しかし，埋設型枠の目地部は塩化物イオンなどコンクリートの劣化因子が侵入しやすく，耐久性上の弱部となることが懸念される．本論文では，目地部への塩化物イオンの侵入に着目して，目地構造と目地材を要因とした実験的検討を行った結果について述べる．

２．埋設型枠の概要および適用方法

本検討で用いた埋設型枠は，水，シリカフュームと無機系粉体をベースにした結合材，細骨材，補強用合成繊維を主材料とした高強度繊維補強モルタルで構成される[1)]．高強度繊維補強モルタルは，水結合材比が 15%程度であり，圧縮強度が 100N/mm^2 程度，塩化物イオン拡散係数が 0.0031cm^2/年と，普通コンクリートと比較して高強度かつ高い耐久性を有している．このような特性を有することから，本埋設型枠は，構造部材としてかぶり内（圧縮縁）に設置する設計をすることで，より合理的な活用ができるものと考えられる．例えば，橋脚に用いる場合，目地部には圧縮力を伝達する機能が求められ，型枠同士を突き合せる方法が考えられる．

３．実験概要

3.1　目地部の概要

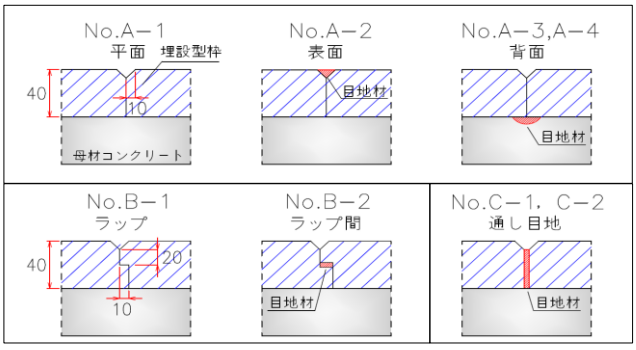
ここでは，型枠を突き合せる目地構造を中心に，目地部の耐久性の評価を行った．本実験で用いた目地構造と目地材の組合せを**表－1** に，目地部の詳細を**図－1** に示す．

目地構造は，鉛直に突き合せる方法（A シリーズ：平面）と端部を鍵型に加工し，ラップさせて突き合せる方法（B シリーズ：鍵型ラップ）とした．また，埋設型枠の設置誤差や温度変形などの吸収を見込んで型枠間に隙間を設ける方法（C シリーズ：通し目地）も検討した．

A シリーズでは，目地材として，A-2 と A-3 に，ポリウレタン系シーリング材を，A-4 に，水膨張性ウレタンフォームを用いた．B シリーズでは，B-2 に，ラップ間に設置が容易な非加硫ブチルゴム系水膨張シーラーを用いた．C シリーズでは，C-1 に，圧縮力を伝達することができる高弾性・高強度樹脂モルタルを用いた．この樹脂モルタルは，圧縮強度 100N/mm^2 程度の高強度に加え，耐久性（塩害，凍害等）に優れた材料である[2)]．なお，C-2 では，圧縮力の伝達を期待しない一般的な表面保護工としての用途を想定して，A-4 と同様のウレタンフォームを用いた．

表－1　目地部概要

No.	圧縮力伝達	目地構造	目地材 材料	目地材 部位
A-1	考慮あり	突合せ-平面-	なし	－
A-2			ﾎﾟﾘｳﾚﾀﾝ系ｼｰﾘﾝｸﾞ材	表面
A-3			ﾎﾟﾘｳﾚﾀﾝ系ｼｰﾘﾝｸﾞ材	背面
A-4			水膨張性ｳﾚﾀﾝﾌｫｰﾑ	
B-1		突合せ-ﾗｯﾌﾟ-	なし	－
B-2			非加硫ﾌﾞﾁﾙｺﾞﾑ系水膨張ｼｰﾗｰ	ﾗｯﾌﾟ間
C-1		通し目地	高弾性・高強度樹脂ﾓﾙﾀﾙ	目地間
C-2	なし		水膨張性ｳﾚﾀﾝﾌｫｰﾑ	



図－1　目地部詳細

表－2　母材コンクリート配合（30-8-25N）

水セメント比 (%)	単位量(kg/m^3) 水	ｾﾒﾝﾄ	細骨材	粗骨材	AE 減水剤
36.1	170	471	743	942	6.0

3.2　供試体の作製

供試体は，目地の加工・処理を行った埋設型枠の背面に母材コンクリート（**表－2**）を打込み，材齢 28 日まで封緘養生した．その後は，埋設型枠表面以外の 5 面をエポキシ樹脂で被覆した．

キーワード：埋設型枠，目地，耐久性，高強度繊維補強モルタル
連絡先　〒770-00873　徳島県徳島市東沖洲 1-3-10　鹿島建設(株) 四国支店　TEL　088-678-4173

3.3 実験概要

塩化物イオンの侵入に対する抵抗性は，温海水乾湿繰返しによる促進実験で評価した．実験は，50℃海水浸漬 1 日， 20℃送風乾燥 6 日を 1 サイクルとして計 13 サイクル実施した．促進試験後，供試体を目地直角方向に切断し，電子線マイクロアナライザ（EPMA）による塩化物イオンの面分析を行った．

４．実験結果

供試体の分析面の写真と塩化物イオンの分布図を**写真－1** に示す．ここで，No. N は，母材コンクリートのみの供試体の結果を示しており，本促進実験によって深さ 20mm まで塩化物イオンが浸透している．

A シリーズにおいて，目地材を設置しない A-1 では，目地部から塩化物イオンが侵入し，母材コンクリートの深さ 10mm 程度まで浸透している．一方，シーリング材を設置した A-2，A-3 では，設置場所が表面，背面によらず，塩化物イオンの侵入が防止されている．また，A-4 では，母材コンクリートとウレタンフォームの界面に塩化物イオンが浸透している．これは，ウレタンフォームが埋設型枠に十分に密着しておらず，その隙間から塩化物イオンが侵入したものと考えられる．

B シリーズにおいて，目地材を設けない B-1 では，目地部に塩化物イオンが侵入しているものの，A-1 と異なり，母材コンクリートには到達していない．これは，型枠端部を鍵型に加工し，ラップさせることで，塩化物イオンの侵入経路が長くなったためと考えられる．ただし，今後，促進試験を継続することで，母材コンクリートへの浸透が進むと考えられる．ラップ間に水膨張シーラーを設置した B-2 では，塩化物イオンの侵入が防止されている．

C シリーズでは，樹脂モルタル，ウレタンフォームを設置することで，塩化物イオンの侵入が防止されていた。これは，埋設型枠と目地材が良好に密着していることによるものと判断される。

５．まとめ

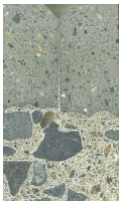
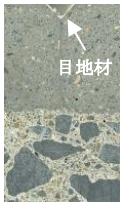
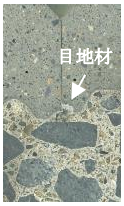
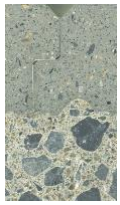
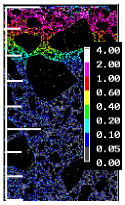
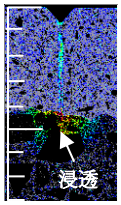
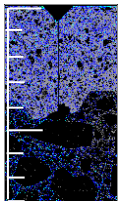
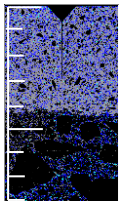
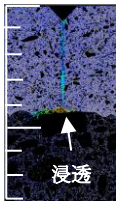
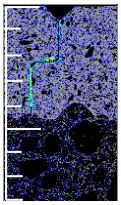
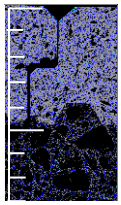
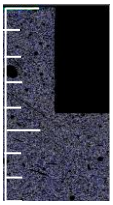
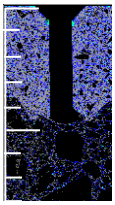
本論文では，型枠を突き合せる目地構造および通し目地構造について，塩化物イオンの侵入を防止できる目地構造の検討を行った．本実験条件では，塩化物イオンの侵入経路を長くすることや，埋設型枠と目地材を良好に接着させることの有効性が示された．しかし，実際の供用環境では，紫外線や凍結融解作用による目地材の経年劣化や，環境温度などの影響による，目開きの繰返しによって目地材が剥がれることも想定される．今後はこれらの供用環境に応じて，最適な目地構造および目地材を選定すべく，さらなる検討，評価を行う予定である．

参考文献

1）本田智昭ら：有機繊維を用いた埋設型枠の性能と適用事例，土木学会第 70 回年次学術講演会講演概要集，PP.347-348，2015，9.

2）内田真末ら：樹脂モルタル補修材によるコンクリート構造物の耐久性向上に関する研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.37，No.1，pp.1633-1638，2015，7.

写真－1　実験結果

No.	N	A-1	A-2	A-3	A-4	B-1	B-2	C-1	C-2
圧縮伝達	－	考慮あり							なし
目地	母材ｺﾝｸﾘｰﾄ	突合せ -平面-				突合せ -ラップ-		通し目地	
目地材		なし	ｼｰﾘﾝｸﾞ材	ｼｰﾘﾝｸﾞ材	ｳﾚﾀﾝﾌｫｰﾑ	なし	水膨張ｼｰﾗｰ	樹脂ﾓﾙﾀﾙ	ｳﾚﾀﾝﾌｫｰﾑ
供試体写真									
EPMA 分析 1 目盛 10mm