

台湾高雄地下鉄工事における駅部半逆巻き工法の適用（その2） 自己充填コンクリートの品質管理および施工管理について

前田建設工業（株） 技術研究所 主管研究員 正会員 ○中島 良光
前田建設工業（株） 海外施工G 高雄（作）所長 フェロー 酒井 照夫
前田建設工業（株） 土木部 土木設計G リーダー 正会員 林 幹朗

1. はじめに

本地下鉄工事は台湾の高雄市から BOT 契約で請け負った高雄地下鉄株式会社を発注者とした設計・施工工事である。このうち 08 駅（地下 2 層構造）では中床版を先行構築し、地下 2 階の掘削と同時に地下 1 階の構築を施工するという半逆巻き工法（以下 Mid down 工法）を採用した。本稿では、この Mid down 工法に適用した自己充填コンクリート（以下 SCC）の配合設計、施工および品質管理について報告する。

2. SCC採用の経緯

高雄地下鉄の駅は一般に地下 2 層階でコラム free 構造とされていた。そのため、構造鉄筋が 235kg/m³程度と非常に多くなった。したがって一般の逆巻き工法の問題の他に、施工計画時点で以下の問題が懸念された。①B2 壁構造鉄筋が過密であるためコンクリートの充填不良が予想される、②逆打ちのため締め固めが非常に困難である。これらの問題点を解決するため SCC を採用することとした。

3. 高雄における SCC の問題点とその対策

3-1 問題点の確認

事前調査により高雄では SCC は仮設覆工板の構築に使用されているのみであり、永久構造物に使用された実績は皆無であることが分かったが、当工事よりやや早く他工区にて SCC 採用の実績があり、その工区から情報を収集した。その結果、次の問題点が確認された。① SCC と言っているにもかかわらず粘性が低く分離しやすい。②表面気泡が普通コンクリートに比べて多い。③V ロート試験や U 型充てん試験が合格であるにもかかわらず分離している。④結果としてコールドジョイントやジャンカが出来やすい。これらの問題を精査した結果、粗骨材寸法が 15mm であるにもかかわらず、通常の V ロート試験や U 型充てん試験を実施しているため、分離していてもコンクリートが通過してしまっていることが判明した。これらの問題点を解決するため、スランプフローの目視判断および粗骨材の沈降の確認による分離の判断を重視することとして配合試験を実施し、同様に全量試験器を用いた目視判断によるコンクリートの分離判断により施工管理を行うことにした。

3-2 具体的な対策方法

上述の問題点を解決し、当現場で SCC を採用するため、以下の対策を立案し、実施した。

(1) 配合の改善

先行他現場の配合では単位水量 180kg/m³、セメント量が 400kg/m³程度であったのに対し、スランプフローの目視による分離判断により、セメント量を 470kg/m³まで増加し、表-1 の配合とした。

表-1 SCC 配合表

設計基準強度 f _c ' (N/mm ²)	目標スランプ SF (mm)	目標空気量 Air (%)	水セメント 比 W/C (%)	粗骨材 最大寸法 G _{max} (mm)	細骨材 率 s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
						水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 SP
28.0	650±50	2.0 以下	35.7	19	52.8	168	470	907	822	5.64

セメント: 高炉セメント, 密度 3.04, 細骨材: 海砂, FM2.70, 密度 2.60g/cc, 粗骨材: 碎石, FM:6.57, 密度 2.65g/cc
混和剤: 高性能減水剤 (ポリカルボン酸系)

キーワード 逆巻き工法, SCC, 自己充填コンクリート, 台湾, 地下鉄, 全量試験器

連絡先 〒179-8914 東京都練馬区旭町 1-39-16 前田建設工業（株）技術研究所 Tel. 03-3977-2241

高雄では細骨材は中国からの輸入した川砂が多く、F Mのバラツキが大きい上に微粒分が少ないため、コンクリートが分離しやすい。そのため、粉体量を大きくする必要があった。

また、高雄は亜熱帯に属することから、気温が高く流動性の保持が心配された。台湾にはポリカルボン酸系の高性能減水剤を製造するメーカーがないため、日本製の高性能減水剤を扱うメーカーを探し、流動性の保持を考慮して選定し、良好な保持性能を持つ配合とした。この他にVロート流下試験も実施するとともに目視による分離判定により分離の無い良好な配合を決定した。図-1に品質の経時変化を示す。ただし、セメント量の増加に伴い温度ひび割れが発生する可能性が高いため、温度解析に基づき、誘発目地を設置して対応することとした。

(2) 施工における配筋の改善

実施工に先立ち、実物大模型型枠による試験施工を実施し、流動性、充填性、逆打ちとなる天端の気泡の発生、落下による分離や打設口下の配筋による影響、温度上昇量などを確認した。この結果、打設口下にせん断補強筋があるとコンクリートが落下中に当たって分離し、ジャンカを生じることを発注者に見てもらい、せん断補強筋が打設口を避けるように配置することを提案した。写真-1に試験施工の状況を、写真-2にジャンカの発生状況を示す。

この試験施工の結果から、打設時にはせん断補強筋をあらかじめずらしておくとともに、打設口からサニーホースを用いて自由落下しないように打設することで分離しないように工夫した。これにより、打ち込み時の巻き込みエアも減少し、型枠表面の気泡も減らすことができた。

(3) 施工における品質管理の改善

施工時の品質管理においては、全量試験器を用いて目視で分離状況を把握することとした。写真-3に全量試験の実施状況を示す。品質管理はS C Cを用いた施工の要であり、十分な経験を持つ検査員が必要となる。そのため、試験練り時から教育を実施し、試験方法や判断方法の指導を行った。

4. まとめ

コンクリートの締め固めなどの施工技能が未熟な労働者が多い海外では、S C Cの需要が今後も増加する事が考えられる。S C Cは分離の判断が試験結果の数値だけでは難しく、経験豊かなエンジニアの目視に頼らざるを得ないのが現状である。また、製造、施工および品質管理についても現地のプラントや現場スタッフが全く未経験であるため、事前に十分な教育を行う必要がある。そのため、安易にS C Cを使用せず、事前に十分な調査と教育を実施し、品質管理や施工管理に必要な組織を整えて管理を行い、無事に施工を終了した。

ご指導いただいた高知工科大学岡村学長（当時）、大内准教授に心より感謝する次第です。

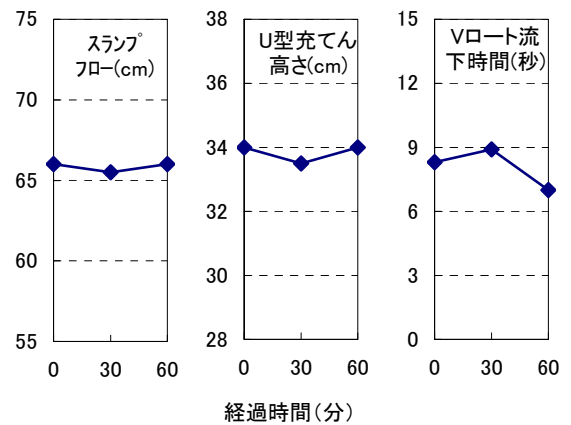


図-1 コンクリート品質の経時変化



写真-1 実物大模型打設試験状況



写真-2 ジャンカの発生状況



写真-3 全量試験実施状況