

New PLS工法用急硬性コンクリートの実用化

Application of Quick Hardening Concrete to New PLS Method

喜多達夫 Tatsuo KITA*

要 旨

近年、山岳トンネル工法の要素技術、特に補助工法の技術が進歩したことにより、都市部の未固結地山を対象とした山岳トンネル工法の適用事例が増大している。

このような背景から、補助工法の1つである New PLS 工法(New Pre-Lining Support Method)を開発・改良さらに実用化へと進めてきた。本研究では、New PLS 工法を広く適用していくために、New PLS 工法に用いられるスリットコンクリートの配合選定手法、現場の品質管理手法、さらにはスリットコンクリート自身の性能向上を研究目的として実施した。スリットコンクリートの配合選定に関しては、2車線道路トンネル(Yトンネル)建設工事において、スリットコンクリートに使用する材料および配合選定手法を明らかにした。現場での品質管理手法に関しては、Yトンネルでの実施工に合わせて必要なバッチャープラント設備、スリットコンクリートの製造方法および品質管理方法を明らかにし、それらを実施工で実践することにより妥当性を検証した。スリットコンクリート自身の性能向上に関しては、今後 New PLS 工法の適用範囲(大断面トンネルなど)を拡大していく目的で、スリットコンクリート自身の変形性能(タフネス)を向上させるための鋼繊維の適用、さらには、スリットコンクリート自身の高強度化について検討し、目標とする性能を有するスリットコンクリートが製造できることを明らかにした。

以下に本論文を構成する各章の概要を示す。

「第1章 緒論」では、山岳トンネルの補助工法のうち先受け工法に分類されるプレライニング工法の1つである New PLS 工法を開発・改良さらに実用化へと進めた研究背景と広く適用していくには、急硬性コンクリートの配合選定手法、現場での品質管理手法および急硬性コンクリート自身の性能を向上させる手法を確立することが研究目的であることを示した。

「第2章 New PLS 工法の概要と開発の経緯」では、これまでの New PLS 工法用急硬性コンクリートの開発に関する経緯をレビューした。すなわち、New PLS 工法研究会としての共同研究成果である N トンネルでの試験施工結果などをまとめるとともに、New PLS 工法で初めての実施工となった H トンネルでの適用に向け実施した研究成果、施工状況、さらには施工により明らかになった課題について示した。

「第3章 スリットコンクリートの配合選定」では、凝結調整剤量、急結剤量および急硬材量の特殊混和材の選定方法を明らかにした。すなわち、凝結調整剤量は急硬材量の異なる配合に対し、所定のスランプ保持性能を満足する凝結調整剤量を選定する。急結剤量は急硬材量および凝結調整剤量の異なる配合に対し、所定の自立時間を満足する急結剤量を選定する。急硬材量は凝結調整剤量および急結剤量の異なる配合に対し、所定の初期強度を満足する急硬材量を選定する手順で各特殊混和材量が選定できることを明らかにした。また、コンクリート温度毎に特殊混和材量を変化させる配合修正を行うことにより、所要の品質を有するスリットコンクリートが製造できる配合修正方法についても明らかにし、Yトンネルでの使用配合を提案した。

「第4章 実施工における製造技術および施工管理技術」では、計量装置・サイロの増設、ホップなどの改良を行えば、吹付けコンクリート用バッチャープラントがベースコンクリートの製造プラントとして使用できることや、パン型、二軸強制練りミキサの練混ぜ性能には差異がないことを明らかにした。また、セメント、急硬材、細・粗骨材を空練りしたのち水と凝結調整剤(スラリー)を投入し練り混ぜるベースコンクリートの製造方法についても明らかにした。一方、適切な管理項目、規格値を定めて特殊混和材を管理する手法、コンクリート温度から配合を選定する手法、印字データによるベースコンクリート製造管理手法、施工状況に合せた切羽での急結剤の管理を行う品質・施工管理方法を確立し、実施工に適用した。その結果、良好な施工が行われたことから、品質・施工管理方法が適切であったことを明らかにした。

「第5章 鋼繊維補強スリットコンクリートの開発」では、鋼繊維補強スリットコンクリートは、従来のスリットコンクリートと同様なスランプ保持性能、自立性能および初期強度発現性を有していることから、New PLS 工法への適用が可能であることを明らかにした。また、曲げじん性性能は、鋼繊維混入率 0.5Vo1%の場合には、開発目標とした日本道路公団の定める高強度・鋼繊維吹付けコンクリートの要求性能を下回る可能性があるが、0.75Vo1%の場合には、要求性能以上の性能を付与することが可能であることを明らかにした。さらに、試験施工により従来の New PLS 工法と同様の施工機械および施工方法で施工が可能であることも明らかにした。

* 技術研究所

「埼玉大学学位論文 2005.9」の要旨を掲載

「第6章 高強度スリットコンクリートの開発」では、急硬材置換率30%までは、従来のスリットコンクリートに要求される目標品質を満足し、急硬材置換率30%で材齢6時間で15N/mm²、材齢1日で25N/mm²程度の高強度が得られることを明らかにした。また、高性能減水剤を併用しても、従来のスリットコンクリートに要求される目標品質を満足し、材齢28日の圧縮強度は35～45N/mm²が期待できること、また、単位水量が同じであれば、水結合材比の小さい方が高い強度が得られたことから、高性能減水剤を適用する効果があることも明らかにした。

「第7章 結論および今後の課題」では、各章の研究成果を要約するとともに、今後のNew PLS工法の課題について示した。

キーワード：プレライニング工法，急硬性コンクリート，特殊混和材，鋼繊維，高強度

Summary

The New PLS (Pre-Lining Support) Method is one of pre-lining methods in which slit concrete elements (pre-lining) surrounding a tunnel is built ahead of the cutting-face to act as a support prior to tunnel excavation.

Following performance is required for the slit concrete used in the New PLS Method:

1. The slit concrete shall be uniformly filled up and not segregated inside the slit excavated by a chain-cutter.
2. At the time moving forms are removed along excavation, the exposed surface of the slit concrete should not collapse.
3. The slit concrete should have enough strength to act as a support against the earth pressure during excavation.

In order to satisfy all these requirements, three kinds of special admixture, i.e. quick hardening additive, set control agent, and quick setting admixture, are used in the present New PLS Method.

For promoting extensive application of the New PLS Method, following three subjects were mainly studied in this research.

1. Establish the mix design method of the quick hardening concrete for the use in the New PLS Method.
2. Establish a quality control method at the site.
3. Improve the performance of the quick hardening concrete itself.

From the research results, following points were made cleared:

1. Based on the mixing proportion selection test flow of the slit concrete, a specified mixture (20°C) can be selected. Moreover, a mixing proportion adjustment method for the slit concrete ensuring the specified quality was established by verifying the amount of special kind of admixture according to concrete temperature (5°C, 10°C, 25°C, 30°C).
2. The facility, technique and quality control method required for the manufacturing of the quick hardening concrete in the New PLS Method are clarified.
3. From the mixing proportion selection tests and a trial construction it is cleared that the steel fiber reinforced slit concrete obtained by adding steel fiber at 0.75 volume% is potentially applicable for large section tunnels and so on.
4. In the case of using quick hardening additive with replacement ratio of 30%, the concrete can gain high strength of 15 N/mm² at 6-hour aging and 25 N/mm² at 1-day aging. Furthermore, if high-range water-reducing admixture is used in a mixture of the same water content, high strength up to 35-45 N/mm² can be attained due to small water-cementitious material ratio. Therefore, the application effect of high-range water-reducing admixture was clarified.