

コンクリートの品質向上のための新しい浸水養生工法の開発とトンネル覆工への適用

Development of the New Wet Curing Method for Effects of Improving Durability of Concrete and Its Application for Tunnel Lining Concrete



古川幸則 Yukinori FURUKAWA *1

要 旨

硬化したコンクリートは、強度特性や耐久性などの面において本来優れた性能を発揮する材料であるが、施工環境や施工方法によっては潜在的な性能を発揮できない場合がある。しかし、多年にわたるコンクリートの品質に係わる研究は、理想的な養生が行われることを前提として本来の性能を見極めることが主体となっている。近年報告されているコンクリートの不具合事例の多くは、トンネルや高架橋で生じたコンクリート片のはく落、コンクリートの中酸化の進行や塩分浸透による鉄筋腐食による耐荷性能の低下、凍結融解によるスケーリングや断面減少、化学的侵食によるコンクリートの劣化である。これらは、コンクリート構造物の表面付近の性能低下が大きな原因であることから、最近ではコンクリート構造物の耐久性に関する研究が多方面で進められている。これらの研究においては、水中、散水、噴霧、封かんなどの養生方法とコンクリートの品質向上効果の検討が行われており、水中養生が最も優れていることが共通の研究成果として得られている。

トンネル構造物においては、1999年に相次いで、鉄道トンネルの覆工コンクリート剥落事故が発生した。NATMによるトンネル覆工コンクリートに関しては、コンクリートポンプ等の施工機械の性能向上と相まって、その品質は格段に向上したという認識が強くなっているが、実際の養生方法を鑑みると、良いコンクリートが施工されているとは言い難い。なぜならば、トンネル覆工コンクリートに対しては湿潤養生を行うことが難しく、実際は不十分な湿潤養生や養生環境が劣悪な中での気中養生状態となっているからである。

本研究では、覆工コンクリートにおける新たな湿潤養生である浸水養生の開発と、その品質向上効果について評価を行った。

第1章では、研究の背景、目的について述べ、論文の構成について示した。

第2章では、コンクリート施工技術および歴史的図書、各種規定の変遷を調査した。また、養生技術に関する新工法について、これらの適用性について調査した。その結果、コンクリートの施工技術は、製造、運搬、締固め等の作業工程で著しい発展を遂げ一定の目的を達成したが、養生については目立った技術開発は行われていないことが明らかになった。国内外の図書や基準類の変遷については、養生の目的や方法は現在と大きな差異はないが、湿潤養生については、旧基準の方がコンクリートに外部から水分を供給することの必要性が強調されており、近年養生が軽視されていることが明かとなった。新しい養生工法については、壁や柱などの鉛直部材に適用できる養生方法は存在するものの、その適用目的は、コンクリートから水分を逸散させない保水養生技術が多く、給水養生が可能な技術は施工性に問題があり実用化が難しいものが多いことを指摘した。

第3章では、コンクリート性能の指標としてよく用いられる強度発現性、物質移動抵抗性等の耐久性に関する最近の研究事例を調査した。その結果、保水養生よりもコンクリートに水を供給する給水養生の方が、コンクリート表層部の品質が向上することを明らかにした。

第4章では、覆工コンクリートの役割・機能および設計思想の変遷や施工方法を調査し、養生方法の課題と湿潤養生を適切に実施した場合の養生効果について検討した。その結果、覆工コンクリートは力学的機能を付加しないことや、施工機械の能力向上によりコンクリートの品質が向上するという観点から薄肉構造となっていることを示した。しかし、実際の施工ではトンネル坑内の養生環境が悪化しているにもかかわらず、一般には覆工コンクリートは打込みの翌日には脱型し、付加的な養生を行っていないことが分かった。また、養生効果については、覆工コンクリートにおいても保水養生ではなく給水養生を行なうことで、強度発現特性、物質移動抵抗性が向上することが分かった。

第5章では、これまで困難とされていた鉛直壁面やアーチ構造物内面のコンクリート表面に、常に水膜を形成させ湿潤養生を行う養生方法を浸水養生と定義し、それを実現するための施工方法を検討した。その結果、養生シートとコンクリート表面の間の空気を、吸引機により吸出し減圧することで、コンクリート面に養生シートを密着させ、その間に給水を行いコンクリート表面に水膜を形成できるアクアカーテン養生システムの開発に成功し、その具体的な施工方法、特徴を示した。

第6章では、大型試験体を用いた室内試験を行い、アクアカーテンによる養生効果を検証した。その結果、強度特性、中性化抵抗性、凍結融解抵抗性等で品質が向上し、特に細孔径分布については水中養生とほぼ同等な細孔構造となり、コンクリート表層が緻密化したことから、浸水養生は水中養生に匹敵する養生効果を確保できることが分かった。

第7章では、アクアカーテンを覆工コンクリートに適用できるように養生システムの更なる開発を行った。その結果、トンネル掘削作業に影響を及ぼさず、アンカー等の固定治具が不要な養生工法を確立した。これによりトンネル坑内という特殊条件下でも、確実に、かつ再現性の高い浸水養生を行うことが可能となった。

第8章では、以上の研究結果について総括した。

キーワード：コンクリート養生，湿潤養生，浸水養生，耐久性

Summary:

Concrete lining is at times adopted as part of the support members for mountain tunnels. In the case of concrete lining for road tunnels in particular, concrete lining with a 30cm width is applied at a standard rate of 10.5m per two days, due to the characteristics of construction work. Because of this the curing time available for the concrete lining is between 15 to 20 hours, which makes securing a favorable quality difficult.

A moisture curing system intended for concrete lining is developed in order to increase the quality with as short a curing period as possible. In this system, air is evacuated from the gap between the curing sheet and the concrete surface to create a close contact, and by supplying water to the space between the contacting surfaces, a water film is formed over the concrete surface. This enables the wet curing of vertical concrete surfaces and interior surfaces of tunnel linings after the formwork has been removed, a process that has to date been difficult.

In this study, the effects of AC (AQUA CURTAIN) wet curing on improving concrete durability were ascertained. The findings from this study are described below.

Compared to sheathing curing, wet curing improved freeze-thaw resistance and carbonation resistance, as well as the durability of the concrete.

By applying wet curing, which provides adequate moisture, the concrete becomes denser and the pore structure becomes the same as that obtained with water curing.

It was found that the AC system can be applied to, and wet curing correctly conducted, even to sections on which it is generally difficult to conduct wet curing, such as vertical walls and arch structures, and that when applied, it exhibits superior practicality.

On the basis of the abovementioned findings, we can state that a dense concrete surface can be achieved and long-term durability can be improved by removing the formwork immediately after a strength sufficient to allow the removal of the formwork has been ensured, and by then conducting AC curing.