

概要版

都市トンネルの100年延命化に関する設計方法、材料開発そして維持管理に関する研究

早稲田大学 岩波 基

わが国では、総延長2万kmを超えるトンネルが、道路、鉄道、電力、通信、下水道、水路等の多岐にわたる目的で供用されている。その中で、都市部の深部にある3000km以上のトンネルには、円管構造が一般的に採用されており、それらの供用期間は50年を超えるものが多くなってきている。適切な維持管理が成されているものの、経年が進む中で、様々な原因により、ひび割れ、はく離、漏水、変形等の変状が生じてトンネルとしての機能が阻害されるものが増えてきている。しかし、耐久性が50年を確保する仕様は経験的に定められているものの、理論的な設計方法は確立していない。そのような状況で、鉄道トンネルの設計基準の標準的な設計供用年数は100年になり、他の用途のトンネルでも100年を供用年数にする流れがある。

我が国のトンネル構造物において漏水が生じることは一般的には起こっており、この漏水が構造物の経年劣化を促進するものであることが経験的にわかっている。しかし、トンネルの漏水が劣化要因となるメカニズムは明らかになっていないのが現状である。そこで、本研究では、コンクリートひび割れからの漏水によるカルシウムイオンの溶出に着目し、ひび割れ面における酸化カルシウムの溶出からコンクリートのpHの低下および圧縮強度の低下について、実験結果から推定を行い、トンネルを100年に延命化させる設計方法、材料開発そして維持管理に関する検討を行った。

77日間の漏水実験で溶出した酸化カルシウム量をEPMA分析を行った。その結果からコンクリート細孔内濃度を推定してpHと圧縮強度の低下を推定したものを表1と表2に示す。

表1 セメント水比と圧縮強度表

	実験前	実験後
セメント水比	1.58	1.47
圧縮強度(N/mm ²)	30.1	26.5

表2 pHの変化

	実験前	実験後
pH	12.30	12.01

表1に示したように、コンクリート強度の低下が漏水と接している面では生じているが、EPMA分析の画像からその深さは1mm以下の箇所が多く最大でも2mm程度であった。このことから算定した曲げ耐力の低減は全くなかった。一方、pHの低下は77日間で0.3近くが強度低下と同様の領域で生じた。この領域では、さらに長期的な漏水の影響でpHの低下が生じ、鉄筋周辺の不動態皮膜が減少する可能性があるとともに、水の溶存酸素によって鉄筋腐食が生じる可能性が考えられる。実際のトンネルでも漏水が生じている箇所で錆が漏出していることが多い。

以上の結果から、今回の実験を長期的に行うことで、コンクリート劣化と漏水の関係が明確になることが判明した。本研究から、漏水量の制御方法とpHの問題点が明確になった。そこで、今年度の実験ではそれらを行かして実施する予定です。また、試験期間を最長5年間として漏水試験を行う予定である。