

80 年以上供用した地下鉄トンネルのコンクリートの品質について

長岡工業高等専門学校 正会員 ○岩波 基
 東京地下鉄株式会社 正会員 大石敬司
 東京地下鉄株式会社 正会員 新井 泰

1. はじめに

橋梁分野を中心として地上のコンクリート構造物では維持管理に科学的マネジメントが導入されてきている。これに対して、トンネルのコンクリートでは、圧縮強度や化学的な品質の変化が明らかになっていないため、マネジメント手法が適用されていない。そのため、土木学会トンネル標準示方書開削工法では、コンクリートの水セメント比を50%以下とし、30mm 以上のかぶりを確保することでコンクリートの耐久性能が確保できると定性的に定められているだけで、トンネルコンクリートの長期的変化に関する研究がほとんど行われてこなかった。そこで、本論文は地下コンクリートの劣化予測を精度よく行うための基礎データの収集の一環として、地盤内で長期間供用された構造物からコンクリートコアを採取し、コンクリートの化学的な分析と物理的な試験を行い、中性化や強度低下を計測してまとめたものである。

2. 対象構造物

東京地下鉄京橋駅は、昭和7年に開業され、84年供用されてきた。図-1に示すように地下1階の側壁から直径100mmのコンクリートコアを3本採取した。3本にほとんど差異が見られなかったため、そのうち2本について分析を行った。

3. 調査の内容

2本のコアを外観観察した上で、写真-1に示した箇所で圧縮強度および静弾性係数の測定、中性化深さの測定、配合推定および電子顕微鏡観察を行った。

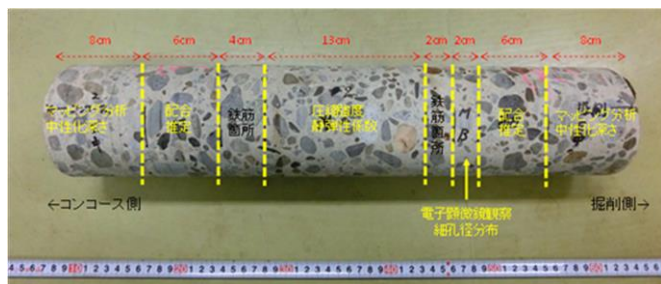
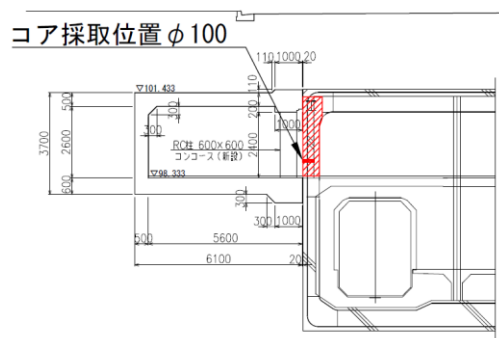
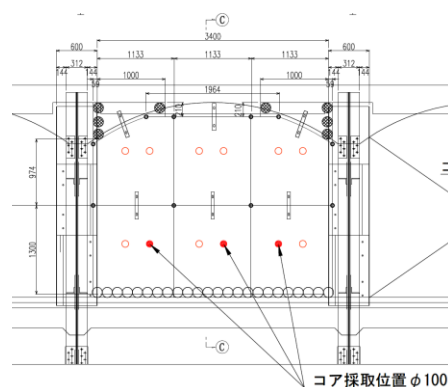


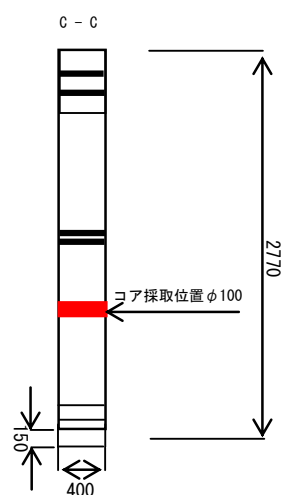
写真-1 各試験に用いた試料の箇所



(断面構造)



(正面図)



(コア採取位置)

図-1 京橋駅の構造とコア採取箇所

キーワード 地下構造物, 長期材齢コンクリート, 中性化深さ, 配合推定, 圧縮強度

連絡先 〒940-8532 新潟県長岡市西片貝町 888 長岡工業高等専門学校 TEL 0258-34-9273

4. 調査結果

(1) 圧縮強度および静弾性係数の測定結果

力学的試験の結果をまとめたものが表-1 である。これを見ると京橋駅のコンクリートは圧縮強度が 25.6 N/mm^2 と 29.5 N/mm^2 であった。これは、鉄筋コンクリート標準仕方書（昭和6年）で、水セメント比 55% のコンクリートの圧縮強度 σ_{28} を 17.5 N/mm^2 としていることから、現在、十分な強度を有しており、強度の低下が生じていないと推測される。

(2) 中性化深さ

中性化深さの測定結果を表-2 に示す。No. 2 および No. 4 とともに、地山に接している掘削側の中性化深さは小さく、とくに No. 2 ではほとんど進行していない。これは、コールタールによって止水のためのコーティングがなされていたためであると考えられる。一方、コンコース側では平均値が 32.3 mm と 30.9 mm でコンクリート標準仕方書の中性化推定の特性値とほぼ同程度である。ただ、最大値では 41.0 mm と 35.0 mm で特性値をやや超えていた。

(3) 配合推定

配合を推定した結果を表-3 に示す。No. 2 と No. 4 で、セメント、水、骨材の推定結果に大きな差異はなかった。水セメント比は 70% を超える値であり、現代のコンクリートでは高めといえるが、昭和の早い時期のコンクリートとしては、このくらいの値のものは少なくない。

(4) 電子顕微鏡観察

No. 2 と No. 4 で差が無かったので、写真-2 に No. 2 の 100 倍で観察したものを、写真-3 に観察した視野の一部を拡大して 300 倍で観察したものを示す。写真-3 でセメント粒子の外周を点線で示したが、長径が $60 \sim 90 \mu\text{m}$ のものが多く観察され、まれに $100 \mu\text{m}$ を超えるものもあり、現代のものよりもずっと大きい。また、大きな空隙が無く、緻密なコンクリートであることが分かる。さらに、骨材周囲にはセメントペーストがよく行き渡り、骨材とセメントペーストがよく密着している。

5. おわりに

今回の銀座線京橋駅のコンクリートは、地中において 80 年以上供用した現在でも、密実で十分な強度を有するものであることが分かった。今後、周辺地盤条件の違いや止水材の有無、コンクリート材料と施工方法の変遷がコンクリートの劣化に与える影響を定量的に明らかにするため、多くの試料を採取して同様の分析を行っていくことが必要である。その結果、合理的な設計および維持管理が可能となると考える。

表-1 力学的試験結果

試料名	補正後	静弾性
	圧縮	係数
	強度 (N/mm^2)	(kN/mm^2)
No.2	25.6	24.6
No.4	29.5	20.8

表-2 中性化深さ

試料名	中性化深さ(mm)	
	平均	最大
No.2 掘削側	0.0	0.0
No.2 コンコース側	32.3	41.0
No.4 掘削側	3.3	5.0
No.4 コンコース側	30.9	35.0

表-3 配合推定結果

試料名	単位容積質量 (kg/m^3)	材料単位量 (kg/m^3)			水セメント比 (%)
		セメント	水	骨材	
No.2	2345	312	223	1810	71.5
No.4	2338	312	222	1803	71.2

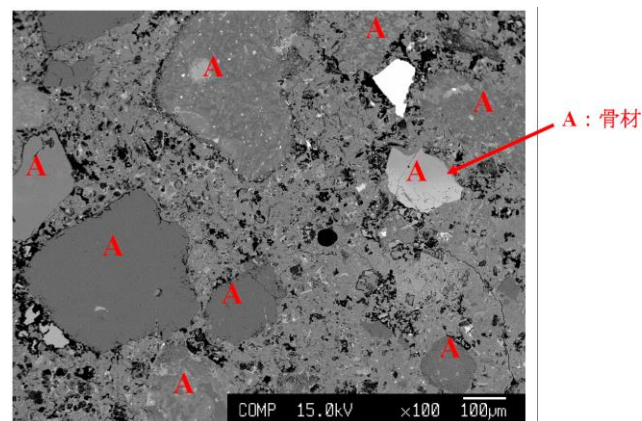


写真-2 組成像 (No. 2) 100 倍

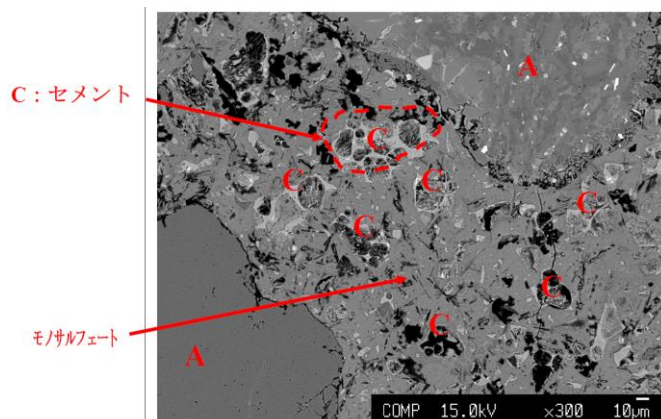


写真-3 組成像 (No. 2) 300 倍