V-151　スチールセグメントの腐食調査

ＮＴＴ　正会員　○冨田　隆　松宮直規
ＮＴＴ　倉橋　渡　中川功一

１．はじめに

鋼製セグメントはシールドトンネルにおいて、広く利用されている。その耐久性については施工状況や、環境条件により影響されると考えられる。特に耐久性に影響するセグメントの腐食は、シールドトンネルの耐力低下に直接つながり、漏水等を誘発する原因にもなり、劣化を考える上で最も重要であると考えられる

スチールセグメントはトンネル外側では、裏込め材に覆われ、内側では、二次巻きコンクリートに覆われているので、一般には腐食は少ないと考えられている。しかし、実際の構造物におけるデータ蓄積は殆どされていないのが現状である。今回、東京都内のとう道４地点においてスチールセグメント腐食状況調査を実施したので、その結果を報告する。

２．調査方法

Ａ地点及びＢ地点は同じとう道で、調査地点が150m程度離れている。Ａ地点は漏水補修工事時に調査したもので、Ｂ地点及びＣ地点はシャフト工事時に調査し、Ｄ地点は漏水補修工事調査工事時に調査したものである。各地点の調査内容は表１に示す。

表１　調査内容

調査地点	調査面積	目視調査	ｽｷﾝﾌﾟﾚｰﾄ 厚調査	漏水分析
A	10㎡	トンネル内側	11箇所	○
B	2㎡	トンネル両側	3箇所	×
C	10㎡	トンネル両側	6箇所	×
D	φ5cmX5, φ10cmX1	トンネル内側	1箇所	×

調査項目はセグメントの腐食状況の目視調査、スキンプレート厚調査、漏水分析の３項目で、目視調査は、腐食の状況を肉眼またはファイバースコープにより観察した。スキンプレート厚調査は、スキンプレート表面に鋼板の地がでるまで磨きだし超音波厚み計を使用し各箇所を３回ずつ計測して、平均値をスキンプレート厚とした。漏水分析は、Fe^{2+}についてはパックテスターを使用し、その他のイオンについてはイオンクロマトグラフィーを使用した。

表２　スキンプレート厚さ調査

調査地点	建設年度	とう道径（mm）	覆工	推進土層	N値	土被り（m）	ｽｷﾝﾌﾟﾚｰﾄ厚（mm）	最大腐食量（mm）	エア溜	漏水
A	1969	φ3550	ｺﾝｸﾘｰﾄ	砂礫	25	16.0	2.7	0.6	○	○
B	1969	φ3550	ｺﾝｸﾘｰﾄ	微粒砂	50以上	14.1	2.7	0	○	×
C	1978	φ5700	ｺﾝｸﾘｰﾄ	粘土	15	16.2	3.0	0	○	×
D	1974	φ4300	ｺﾝｸﾘｰﾄ	粘土	41	28.8	2.0	0	○	○

３．調査結果及び考察

３．１　全体のセグメント腐食状況

調査結果を表２に示す。調査した４地点の中で、セグメントに顕著な腐食が認められたのは、Ａ地点のみで、他の３地点では殆ど腐食は認められなかった。Ｂ及びＣ地点では、スキンプレートを切り出したが、トンネル外側でも内側からも腐食を観察することができなかった。

写真１はＡ地点をトンネル内側から撮影したもので、スキンプレート表面が黒色の腐食生成物で覆われている。写真２はＣ地点をトンネル外側から撮影したもので、建設時の塗装が残っ

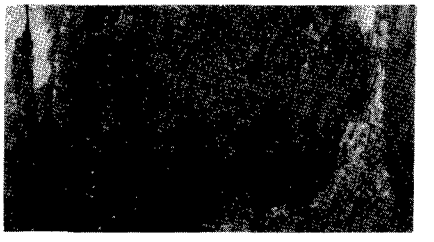

写真１　トンネル内側腐食部

写真２　トンネル外側非腐食部

ていて、腐食は観察されない。そこで、顕著な腐食の見られたＡ地点については、さらに詳細な調査を実施した。

３．２　Ａ地点のセグメント腐食状況

漏水はトンネル上部より毎分２ℓ程度生じている。漏水部からは茶褐色の物質が析出している。漏水の分析結果を表３に示す。分析結果から、Fe^{2+}が10ppm 以上と通常の地下水と比較して、かなり高い濃度を示している点が注目される。この他Na^{+}，SO_4^{2+} も濃度が高いが、Fe^{2+}濃度が高いほかは、通常の地下水の範疇である。

表３　漏水分析表

イオン名	Cl^{-}	NO_3^{-}	SO_4^{2-}	Na^{+}	K^{+}	Fe^{2+}	pH
濃度（ppm）	47	0.3	75	34	22	10	7.8

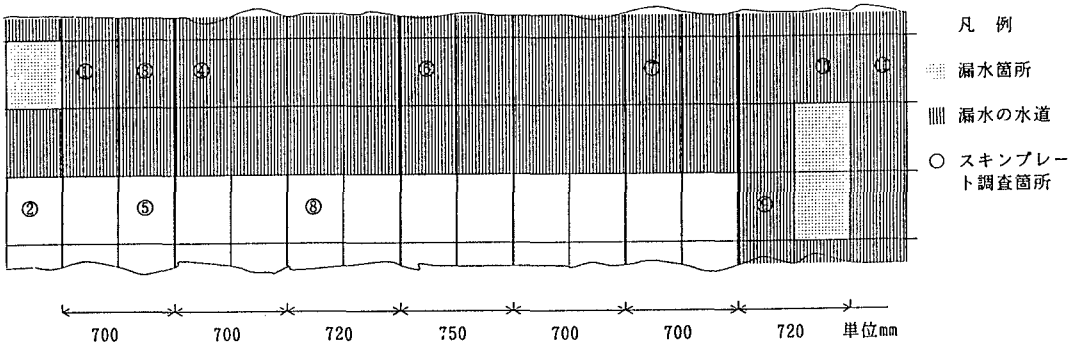

図１　スキンプレート厚調査位置

図１はスキンプレート厚さの調査位置を示したものである。スキンプレート厚さの調査結果は表４に示す。スキンプレートの最大腐食量は0.6mm であり、最大腐食速度は29μm/年であった。これは、一般的な大気中や土中、における鋼材の腐食速度と比較して大きな値ではない。

腐食が確認できたところは、エア溜まりと呼ばれる上部の空洞部で、かつ漏水の通り道の部分であった。

また腐食生成物を除去したらクレータ状の窪みが散見できた。最大の窪みは大きさは14mm² 深さ0.45mmである。

腐食量を検出できた部分は必ずトンネルの内側のセグメントが腐食しており、内側に腐食が観察されない部分では、腐食量を検出できなかった。トンネル外側のセグメントは、腐食は殆ど進行していないと考えられる。

表４　スキンプレート厚さ調査

測定位置	測定厚（mm） 平均値	測定厚（mm） 標準偏差	腐食量（mm）	腐食速度（μm/年）
①	2.3	0.05	0.4	19
②	2.7	0	0	0
③	2.3	0.05	0.4	19
④	2.1	0.05	0.6	29
⑤	2.7	0	0	0
⑥	2.3	0.05	0.4	19
⑦	2.1	0	0.6	29
⑧	2.7	0	0	0
⑨	2.1	0.05	0.6	29
⑩	2.4	0.11	0.3	14
⑪	2.4	0.07	0.3	14

４．まとめ

一連の調査により、以下の事が判明した。(1)セグメントの腐食が観察されたのは、４地点の中１地点のみである。(2)セグメントはトンネル内側で腐食し、腐食しているのはエア溜まりでかつ漏水の通る部分のみである。(3)トンネル外側のセグメントでは、殆ど腐食していないと考えられる。(4)腐食速度は最大29μm/年であった。