

二次覆工を有するシールドトンネルの鋼製セグメントの劣化調査結果

NTT アクセスサービスシステム研究所 正会員 ○松本安弘
 NTT アクセスサービスシステム研究所 非会員 篠崎聡
 NTT アクセスサービスシステム研究所 非会員 玉松潤一郎

1. はじめに

NTT は主に都市において光ファイバ等のケーブルを収容するために通信用のシールドトンネル網を保有している。近年ではほとんど新規建設は行われていない一方で、1980年～1989年の10年間には総延長の約4割が建設された。建設後の平均経過年数が今後急速に増加するため、劣化予測の重要性が増している。

通信用のシールドトンネルの構造の特徴として、二次覆工を有することが挙げられる。土圧、水圧は鋼製セグメントによる一次覆工のみで負担する設計のため、劣化予測のためには一次覆工の点検データ収集が重要である。しかし二次覆工に覆われている一次覆工は目視点検等が困難であり、データ収集が難しい。そこで著者らの研究グループでは二次覆工の更改工事の機会に一次覆工の板厚調査等を実施し、点検データの収集を進めてきている¹⁾。本報告では、新規に実施したシールドトンネルの一次覆工の劣化調査結果について報告する。

2. 調査対象のトンネルと調査の内容

海岸に近く、砂層から砂礫層に地層が変化する箇所が存在する、外径2.75 mのトンネルAを調査対象とした。調査の内容は鋼製セグメントの板厚測定と漏水の成分分析の2つであり、板厚測定では主桁、スキンプレート、継手板、縦リブのそれぞれの残存板厚を測定し、漏水の成分分析では、トンネル内に流入する水のpH、塩化物イオン濃度を測定した。図-1に示すように、板厚の測定断面は地層の変化箇所付近を含む5断面を選定し、漏水は3ヶ所にて採取した。また板厚測定については1測定断面ごとに、図-2のように主桁、スキンプレート、縦リブの10測点および断面内の継手板箇所における継手板のそれぞれの残存厚さを表面に付着した二次覆工や錆をケレン等により除去した上で、超音波厚さ計で計測した。主桁に関しては、トンネル半径方向の外側、中央、内側の3点を計測した。なお、測定断面4の測点6は二次覆工除去が困難で計測を省略した。また、測定断面2, 3, 4においてそれぞれ1つずつ、継手板が除去困難な二次覆工に覆われており計測を省略した。それぞれの測定断面におけるセグメント各部の設計板厚は表-1の通りである。表-1におけるリング番号は、立坑接続部のリング番号を1として、測定断面が何番目のセグメントリングであるかを示している。

3. 調査結果と劣化状況の考察

図-3に、鋼製セグメントの板厚測定結果を示す。図-3では、測定断面における部位ごとの全測点での測定値の平均値をプロットした。また表-2に、採取した漏水の成分分析結果を示す。

図-3では、測定断面1の主桁等、一部の部位において設計板厚に対する板厚の減少量が負の値となっているが、これは鋼材の規格(JIS G 3193等)が製品板厚に対する誤差を許容しており、設計板厚よりも厚い製品が使用されたためと考えられる。地層の変化箇所付近の測定断面4と他の測定断面との測定結果は同様の傾向で

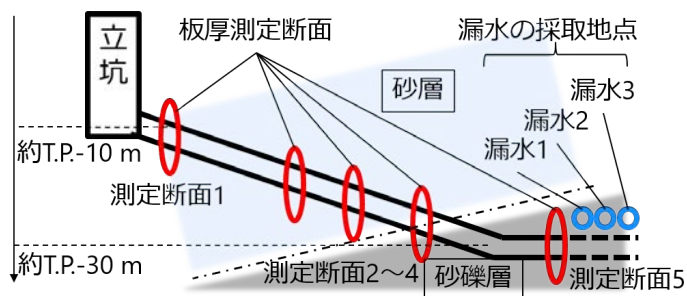


図-1 トンネルAにおける板厚測定断面位置と漏水採取地点
(縦断図, T.P.は東京湾中等測位)

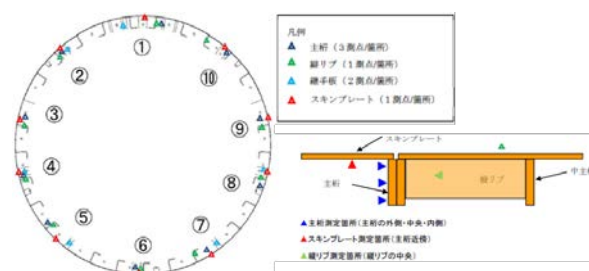


図-2 測定断面ごとの板厚測定箇所

キーワード：シールドトンネル、鋼製セグメント、一次覆工、劣化

連絡先：〒305-0805 茨城県つくば市花畑 1-7-1 NTT アクセスサービスシステム研究所 TEL 029-868-6240

表-1 それぞれの測定断面のセグメント各部の設計板厚

測定断面	リング番号	主桁 (mm)	スキンプレート (mm)	縦リブ (mm)	継手板 (mm)
1	12	12.0	4.0	8.0	12.0
2	205	9.0	3.2	7.0	9.0
3	244	9.0	3.2	7.0	9.0
4	341	9.0	3.2	7.0	9.0
5	449	14.0	3.2	7.0	14.0

表-2 漏水の成分分析結果

採取地点	リング番号	pH	塩化物イオン濃度 (g/l)
1	458	7.7	5.5
2	471	7.3	5.3
3	499	7.4	5.0
(参考) 海水	-	-	約 1.9×10^{-2}

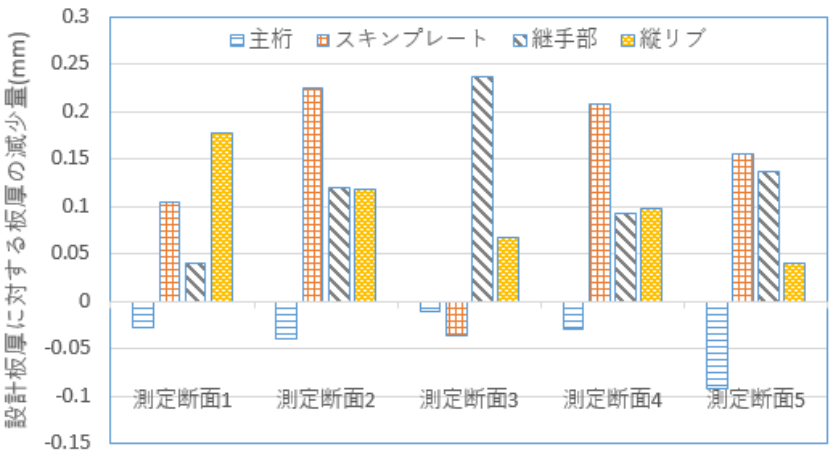


図-3 鋼製セグメントの各部材の板厚計測結果



図-4 リング番号 131 におけるスキンプレート孔食

あり、地層変化による腐食進行への影響は明確ではない。また表-2 から、採取地点 1～3 のすべてで塩化物イオン濃度は 5.0 g/l 以上であることがわかる。これは海水の約 4 分の 1 の濃度²⁾であるが、文献³⁾によると土壌中における炭素鋼の均一な腐食速度は 0.01 mm/年程度である (最大浸食部は～0.3 mm/年程度)。建設後約 25 年経過するトンネル A(1995 年建設) の腐食速度も図-3 から同程度とわかるため、塩化物イオン濃度による均一な腐食速度の加速は確認できなかった。しかし図-4 に示すように例えばリング番号 131 において孔食および孔食からの漏水が確認されており、塩化物イオン濃度が局所的な孔食の原因となったと考えられる。また表-2 の通り、漏水の pH は 7.3～7.7 と中性付近の値であり、鋼材の腐食速度への影響は小さいと考えられる。

4. おわりに

本報告では二次覆工を有する、ある通信用シールドトンネルの一次覆工の劣化調査結果を報告した。調査により、各部材の均一な板厚の減少は土壌中における一般的な値³⁾と同程度だが、スキンプレートに一部孔食が見られ、漏水の原因となっていることがわかった。漏水が継手部の劣化だけでなく、スキンプレートの孔食からも発生していることはこれまでの調査結果¹⁾とも一致している。スキンプレートの孔食が悪化しトンネル周辺の土砂を引き込んだ場合、路面陥没等につながる恐れがあるため、今後はその防止方法の検討を行う予定である。具体的には、二次覆工非破壊による一次覆工の漏水箇所の調査技術と補修工法とを検討する予定である。

参考文献

1) 石川柚希, 篠崎聡, 涌井一清, 佐藤聖也, 玉松潤一郎, シールドトンネル一次覆工の劣化調査結果の報告, 第 30 回トンネル工学研究発表会講演集, vol. 30, no. II-4, pp. 1-4, 2020.
2) 野崎 義行, 最新の海水の元素組成表 (1996 年版) とその解説, 日本海水学会誌, vol. 51, no. 5, pp. 302-308, 1997.
3) 腐食防食学会編, 材料環境学入門, 丸善出版, p. 273, 1993.