

鋼製支保工が塩害腐食した場合の影響解明のための載荷実験

山口大学大学院	学生会員	○QIAN	QI
西日本工業大学	正会員	林	久資
株式会社マシノ		西原	直哉
株式会社マシノ		宮崎	浩樹
松江工業高等専門学校	正会員	岡崎	泰幸
山口大学大学院	正会員	吉武	勇

表-1 鋼製支保工の寸法

(mm)	高さ	幅	ウェブ厚	上フランジ厚	下フランジ厚
Case1	125	125	6.5	9	9
Case2	120.5	125	6.5	9	4.5
Case3	116	125	6.5	9	0

表-2 コンクリートの基本物性

セメント	W/C	s/a	Gmax	スランプ	空気量
N	60%	60%	15mm	17cm	2%

表-3 材齢 28 日における試験結果

圧縮強度	ポアソン比	ヤング係数
22.1 N/mm ²	0.19	23.1 kN/mm ²

1. 研究背景

現在の日本における山岳トンネルは、鋼製支保工、吹付けコンクリート、ロックボルトによって支保が構築される NATM¹⁾で建設されることが一般的であり、NATM によって建設された道路、鉄道をはじめ多くのトンネルや坑道が維持管理段階にある。また、日本は国土の多くが海に面しており、トンネルが沿岸部や河川の汽水域の地下に建設されるケースも希ではない。

沿岸部や河川の汽水域の地下に建設されたトンネルに発生する漏水は、塩水であることが想定でき、トンネル坑内が腐食環境下に置かれる可能性がある²⁾。そこで、本研究ではトンネルの支保部材のうち鋼製支保工が塩水によって腐食した場合のトンネルの安定性の解明を目標とした。特に腐食減耗を模擬した鋼製支保工を用いた試験体の載荷実験を報告する。

2. 実験材料

本実験で用いた試験体寸法は、長さ 1500mm、幅 125mm、高さ 300mm とした。健全な鋼製支保工 (Case1)・下フランジを半分減耗 (Case2)・下フランジを切断したもの (Case3)・鋼製支保工を使用しない試験体 (Case4) を各 3 体準備した。

鋼製支保工の寸法を表-1 に、吹付けコンクリート配合を表-2 に示す。また、材齢 28 日における圧縮強度、ヤング係数およびポアソン比を求めた (表-3)。

3. 載荷実験

本研究では、図-1 に示すように、トンネル支保工の天端部を模擬した試験体を載荷装置に設置し、天端部に水平 2 点載荷を行った。載荷には、油圧ジャッキを用いた。試験体の両端を回転支点とした。



図-1 載荷装置

4. 実験結果および考察

Case1 では、荷重増加に応じて鋼製支保工とコンクリートの界面にひび割れが発生・進展し、鋼製支保工の剥離によって破壊に至った (図-2)。このような破壊形態は、鋼製支保工を用いた Case2, Case3 でもみられた。一方 Case4 では、アーチ中央部にひび割れが発生・進展して破壊に至った (図-2)。

荷重-変位関係を図-3 に示す。健全な鋼製支保工 Case1 の最大荷重が著しく大きく、Case2, Case3,

キーワード 山岳トンネル, 鋼製支保工, 腐食, 載荷試験

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院創成科学研究科 TEL 0836-85-9306

Case4 の順に最大荷重が減少した。

荷重試験における最大荷重の平均値を図-4 に示す。Case1 の平均最大荷重は 208.1kN であり、Case2 と Case3 の平均最大荷重がそれぞれ 124.1kN と 42.5kN であったことから、支保工の減耗が顕著になるほど、試験体の耐力が低下することがわかった。さらに、Case4 の平均最大耐力は 11.1kN であり、他の3つの試験体と比べて極端に低いことから、支保工の作用効果が明らかになった。

コンクリートや鋼製支保工のひずみの測定結果を図-5 に示す。ここに示すひずみ分布は、荷重荷重 18kN 時の結果である。これらより、同一荷重におけるひずみは、鋼製支保工が健全な Case1 より、鋼製支保工が減耗した Case2, Case3 の方が圧縮・引張側のひずみが増大する結果が得られた。下フランジの減耗が発生した場合、荷重に応じて鋼製支保工の曲げ変形が生じます。この曲げ変形に伴い、鋼製支保工とコンクリートの間のせん断力が増加し、コンクリートと鋼製支保工の間にはく離が生じることが考えられる。

5. まとめ

本研究では、鋼製支保工が塩水等によって腐食した場合を想定したトンネル支保部材の荷重実験を実施した。以下に主な知見をまとめて示す。

- (1) 鋼製支保工の下フランジの減耗が顕著なほど、最大耐力が低下する。
- (2) 鋼製支保工の下フランジが減耗した場合、荷重によって鋼製支保工とコンクリートの間のせん断力が増加し、コンクリートと鋼製支保工のはく離が生じやすくなる。

謝辞

元山口大学工学部の稲山聖也氏には、実験の遂行に関して多大なる協力をいただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 公益社団法人土木学会：トンネル標準示方書[山岳工法編]・同解説，pp.83-87，2016.
- 2) 日本原子力研究開発機構幌延深地層研究センター：幌延深地層研究計画令和3年度調査研究成果報告，pp.1-2，2022.



図-2 破壊形態 (上 Case1 ; 下 Case4)

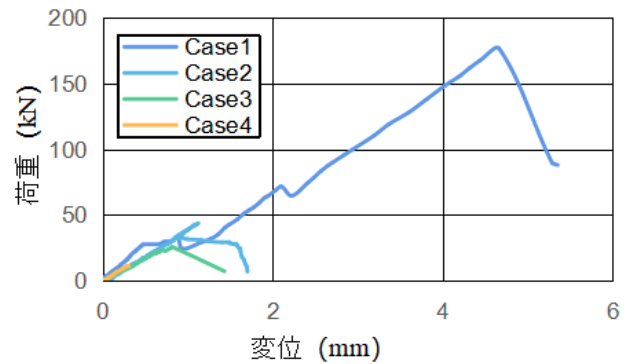


図-3 荷重-変位関係

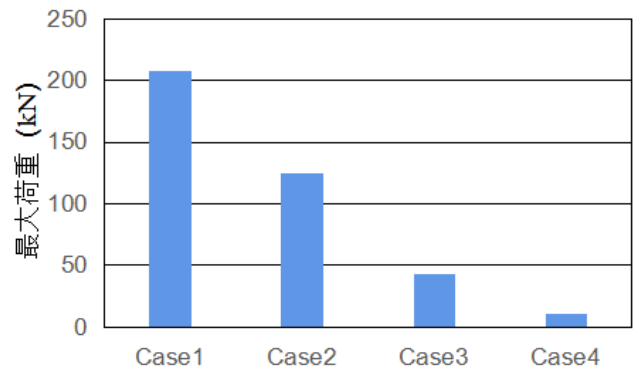


図-4 最大荷重の平均値

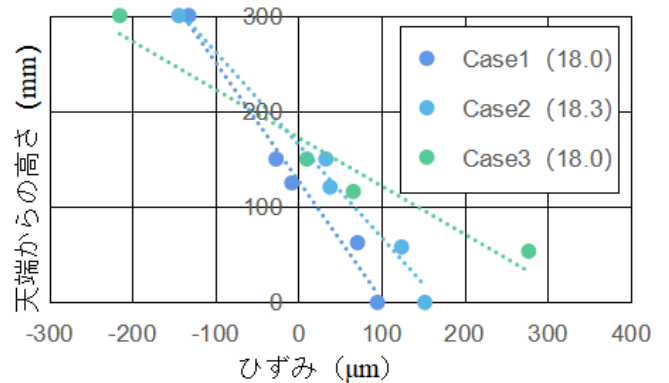


図-5 ひずみ計測結果