

2008 年度 化学問題

問題

海成粘土層とれき層からなる地中に建設され、竣工後 10 年が経過した地下鉄線のシールドトンネルの図 1、2 に示す箇所に、写真 1 のような変状が発生した。当該箇所は、シールドセグメントの目地から漏水があり、排水路に写真 2 のような折出物が堆積し、その成分は表 1 に示すとおりである。

軌道を支える台座コンクリートは、設計基準強度 24 N/mm²、水セメント比 60%、使用したセメントは普通ポルトランドセメントである。次の問に、合計 1000 字以内で答えよ。

問 1 変状の原因を推定し、構造物の健全性を評価するための調査項目および調査方法を述べよ。

問 2 構造物の機能を考慮して、今後 50 年間使用するための維持管理計画を立案せよ。なお、調査、点検および補修作業は、列車運行が停止している 0 : 00 ~ 5 : 00 までの間で実施するものとする。

2008 年度・問題 B-2

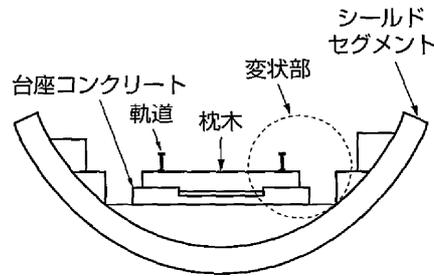


図 1 シールドトンネルの断面

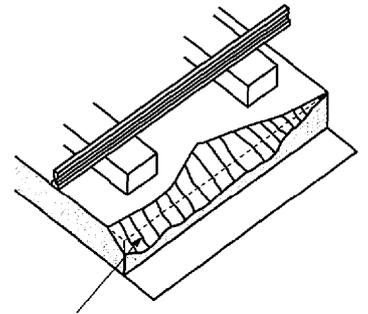


図 2 変状部の拡大図

○Na₂SO₄ 硫酸ナトリウム

表 1 折出物の化学組成 (質量%)

CaO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	Cl ⁻	Fe ₂ O ₃
0.21	54.2	43.0	0.44	0.51	0.09

生石灰

酸化ナトリウム

塩化物イオン

三酸化イオン

酸化カリウム

酸化第二鉄

○化学的侵食

1. セメント水和物と浸食性物質が化学反応を起こし、水和物を可溶性の物質に変えることによりコンクリートを劣化させる。

大多数の酸、無機塩類、硫化水素や亜硫酸ガス等

2. 水和物と反応して膨張性の化合物を生成し、その膨張圧によってコンクリートを劣化させる。

各種硫酸塩

受験番号	
問題番号	II-2-

技術部門	2008年 問題B
選択科目	化学
専門とする事項	

○受験番号、問題番号、技術部門、選択科目及び専門とする事項の欄は必ず記入すること。
 ○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

問 1 に つ い て
地下鉄のトンネルは、海成粘土層と礫層の地層に建設された、竣工後10年が経過したシールドトンネルである。
海成粘土からは、硫黄や硫酸カルシウムの結晶を析出する事例が多く、当該地下鉄においても海水に含まれる硫酸塩が、海成粘土層と礫層からの地下水によってもたらされていると推察される。硫酸塩がコンクリート中に侵入すると、エトリンガイドを生成する。その膨張反応から、コンクリートが次第に強度低下を生じ、隅角部が損傷したと考えられる。
トンネルは、竣工後10年であり、設計基準強度が 24 N/mm^2 、水セメント比60%と耐久性は低い。しかも普通ポルトランドセメントを用いているため、耐硫酸塩抵抗性は低いと考えられる。
健全性評価のための調査は、劣化部分と健全部のコア強度の確認が必要である。また、劣化因子侵入深さ、中性化深さ、鋼材の位置と腐食状況の調査も必要である。なお、漏水箇所を特定し、その箇所のコンクリートコアの強度確認も必要である。
問 2 に つ い て
このトンネルを今後50年間供用するために、必要な対策工を立案する。台座コンクリートは、調査結果を考慮する必要があるが、加速期～劣化期に相当する。排水路の浸食がすぐにトンネル構造や鉄道軌道に影響

●裏面は使用しないで下さい。

●裏面に記載された解答は無効とします。

24字×25字

○解答欄の記入は、1マスにつき1文字とすること。（英数字及び図表を除く。）

し	な	い	に	し	て	も	、	こ	の	よ	う	な	劣	化	が	生	じ	た	事	か	ら	、	シ
ー	ル	ド	セ	グ	メ	ン	ト	の	劣	化	も	想	定	さ	れ	る	。	台	座	コ	ン	ク	リ
ー	ト	の	欠	損	部	分	は	、	劣	化	因	子	が	侵	入	し	て	い	る	部	分	ま	で
を	は	つ	り	取	り	、	断	面	修	復	を	行	う	。	コ	ン	ク	リ	ー	ト	表	面	は
劣	化	因	子	の	侵	入	防	止	の	た	め	の	表	面	被	覆	工	を	行	う	事	が	考
え	ら	れ	る	。																			
	今	後	5	0	年	間	供	用	す	る	た	め	に	は	、	現	状	の	安	全	性	を	確
認	す	る	と	と	も	に	、	劣	化	が	進	展	し	な	い	対	策	を	講	じ	る	。	原
因	は	シ	ー	ル	ド	外	部	か	ら	の	硫	酸	塩	の	侵	入	で	あ	る	が	、	シ	ー
ル	ド	を	完	全	防	水	す	る	に	は	コ	ス	ト	が	か	か	り	、	合	理	的	で	は
な	い	。	漏	水	を	止	め	た	場	合	、	別	の	場	所	か	ら	漏	水	を	生	じ	る
可	能	性	も	高	い	。	そ	こ	で	、	漏	水	を	許	容	し	、	漏	水	し	た	硫	酸
塩	を	含	む	水	が	構	造	物	を	傷	め	な	い	よ	う	に	、	漏	水	箇	所	に	防
食	塗	装	な	ど	の	対	策	を	講	じ	た	上	で	排	水	す	る	。					
	調	査	点	検	及	び	補	修	・	維	持	管	理	は	、	列	車	走	行	停	止	し	た
5	時	間	の	範	囲	で	、	列	車	停	止	の	確	認	な	ど	の	時	間	を	考	慮	す
る	と	、	3	～	4	時	間	程	度	の	短	い	時	間	で	完	了	す	る	必	要	が	あ
る	。	作	業	は	ま	ず	、	シ	ー	ル	ド	セ	グ	メ	ン	ト	の	劣	化	箇	所	で	目
視	と	打	音	に	よ	る	調	査	を	行	い	、	表	面	の	損	傷	を	調	査	す	る	と
と	も	に	、	析	出	物	の	分	布	、	補	修	箇	所	の	選	定	と	補	修	の	計	画
立	案	を	行	う	。																		
	今	後	ト	ン	ネ	ル	を	安	全	・	安	心	に	供	用	し	て	い	く	た	め	に	は
点	検	結	果	、	補	修	・	補	強	工	法	の	記	録	を	残	し	、	定	期	的	に	点
検	を	継	続	し	て	い	く	必	要	が	あ	る	。										