

高温環境下におけるコンクリート構造物の劣化調査および補修事例

○ (株)大林組 正会員 富井 孝喜
 (株)大林組 吉岡 英範
 (株)神戸製鋼所 三木 達也

1. はじめに

コンクリートが普及し出した頃は、耐火性、耐水性、耐久性に優れ、製造施工が容易で自由な形状寸法の構造物が作れる万能な材料であると期待されていた。しかし、近年、高度成長期に建設・整備されたコンクリート構造物の多くは、供用年数が40年を超えてきており、当初想定していなかった様々な劣化損傷が生じている。

本稿では、海岸埋立地に位置する製鉄工場内にある燃焼施設と煙突をつなぐ煙道における劣化調査及び補修事例について紹介するものである。

2. 劣化現象

煙道の構造を図-1に示す。鉄筋コンクリート造のボックスカルバートの内側に耐火煉瓦によるアーチトンネルを形成した構造となっている。ボックスカルバートの部材厚さは1mを超えるマスコンクリートとなっている。また、煙道は地下水位以下に位置しており、常時、地下水の水圧を受けている。

建設から45年が経過しており、今回、煉瓦部の変形、部分的な崩壊が確認されたことからコンクリート構造物の劣化調査と大規模な補修工事を実施した。

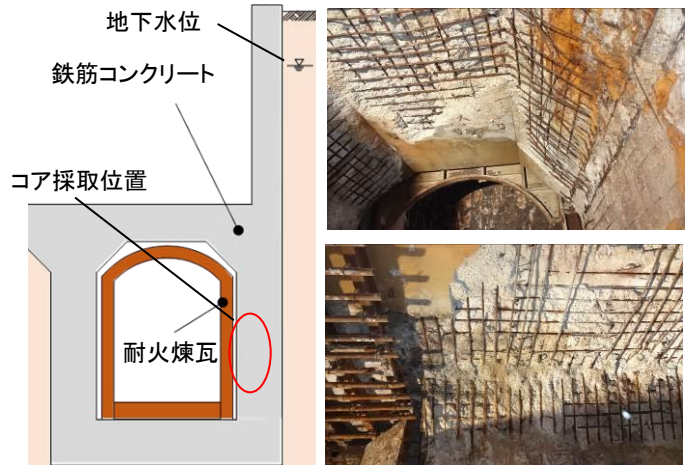


図-1 煙道構造図



写真-1 煙道劣化状況
(煉瓦撤去後)

3. 劣化調査

煙道内部は、耐火煉瓦内側で800℃、煉瓦背面つまりコンクリート面で180℃に達する。炉を停止して内部温度が下がってから入構し、内部からの劣化調査

を実施した。目視調査では、全体的にコンクリートの浮き、剥離、鉄筋の腐食状況が確認された（写真-1参照）。また、コンクリートの成分分析のため、コア調査を壁面の3か所で実施した。コア調査写真を写真-2に、コア調査結果を表-2～3に示す。



写真-2 コア採取写真(コア No. 3)

表-2 圧縮強度結果

コア No.	供試体寸法 径×長さ	圧縮強度 N/mm ²	密度 kg/m ³
1	100mm×200mm	74.8	2320

表-3 塩化物含有量測定結果

コア No.	採取位置	Cl ⁻	
		(mass%)	(kg/m ³)
1	部材外側	0.00	0.09
	中央	0.01	0.25
	煙道内部側	0.05	1.08
2	部材外側	0.04	0.81
	中央	0.08	1.79
	煙道内部側	0.08	1.89
3	部材外側	0.01	0.18
	中央	0.01	0.33
	煙道内部側	0.20	4.55

コア調査により、煙道内部側のかぶりコンクリートの剥離、鉄筋の腐食が確認された。コンクリートの圧縮強度結果より、剥離していない部分のコンクリート自体の強度低下等の劣化は確認されなかった。また、塩化物含有量測定結果より、煙道内部側の塩化物イオン量が、部材外側よりも高いことが分かった。特にコア No. 3 では、4.55(kg/m³)の濃度が確認されており、鉄筋の発錆限界値である1.2(kg/m³)を大きく上回っている。これは、ひび割れから地下水(海水)が浸入し、約180℃の高温環境で水が蒸発するために塩化物が濃縮されているためと考えられる。さらに、過去の同様の調査結果でも煙道内部の塩分含有量が高いことが確認されている。



写真-3 壁漏水部

写真-4 鉄筋腐食状況

4. 補修対策

今回の調査結果より、構造物全体において、高温排気による温度応力ひび割れの発生および塩害による鋼材の断面欠損の進行が認められる。中性化の進行がそれほど進行していないことから、高濃度の塩分含有環境において、鋼材腐食が爆発的に進行する可能性は低い、ひび割れからの空気や水分の供給を遮断する必要がある。よって、図-2 に示す補修方法を採用した。

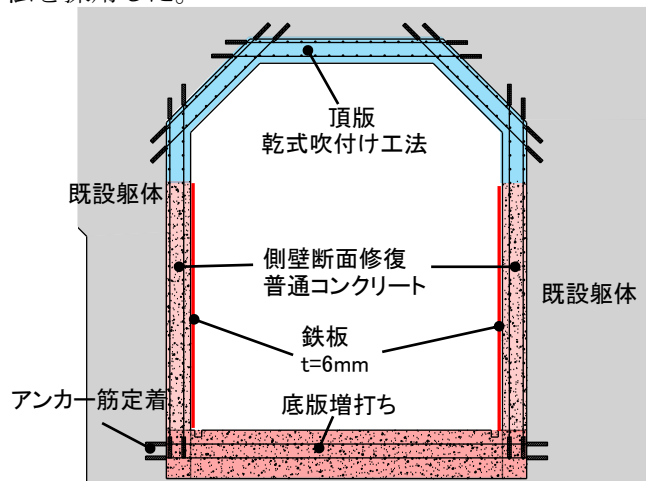


図-2 補修断面図

- ・剥離したかぶり部分および内部側鉄筋背面（深さ約 350 mm）まで、コンクリートを除去する。
- ・腐食し、断面欠損した鉄筋は交換する。ここで、今後の塩害対策として、亜鉛メッキ鉄筋に交換する。
- ・側壁部分については、工期短縮と剥落防止効果のため、鉄板型枠を埋設型枠として使用し、普通コンクリート（27-18-20BB）を打設した。
- ・過大なひび割れにはひび割れ注入を実施する。高熱を考慮して無機系（セメント系）注入材を使用する。
- ・天井部分については、耐熱型乾式吹付材料（高炉スラグ水彩砂および微粉末配合）にて断面修復を実施。かぶり部分には SUS 製のメッシュ筋を配置して剥落防止機能を付加させた。

・煙道補修作業は、構造耐力を保持するため、全面を同時に実施するのではなく、分割施工により実施した。また、コンクリートのひび割れ幅の変動を確認しながら実施した。

施工状況写真を写真-5～写真-9 に示す。



写真-5 はつり状況



写真-6 亜鉛メッキ鉄筋



写真-7 鉄板型枠



写真-8 乾式吹付



写真-9 施工完了

5. まとめ

耐火煉瓦等で被覆され、目視による点検保守ができなかったこともあるが、高温環境下において海水混じりの地下水の浸入で、構造物が大きく損傷するという現象が確認できた。今後は、各種計測管理の実施および塩害による腐食に強い補強材および耐熱性のある本体材料の使用などの検討が必要となってくる。本報文が、類似する構造物の劣化現象に悩む管理者への一助になれば幸いです。