立坑覆エコンクリートの健全性調査

|--|

- 三井住友建設株式会社 勝沼 好夫
- 核燃料サイクル開発機構 見掛信一郎 正会員
- 核燃料サイクル開発機構 佐藤 稔紀 正会員

1.はじめに

核燃料サイクル開発機構が計画している瑞浪超深地層研究所の研究坑道は,深度約 1000m に達する超大深 度の立坑と水平坑道から構成され,建設および研究に使用する期間は15年程度の長期間となる.このため, 研究坑道のうちでも特に立坑覆工の安定性,維持管理が重要な課題のひとつとなっているが,立坑の覆工コン クリートについては ,その健全性を調査した事例が非常に少なく ,調査結果もほとんど公表されていない状況 にある.

そこで、今後の立坑工事に対する設計、施工および維持管理に資するデータを取得することを目的に、わが 国に現存する石炭鉱山の立坑において覆工コンクリートの健全性調査を実施し、その健全性を評価した.

2.調査概要

調査は,わが国に現存する石炭鉱山立坑のうち,特別な仮設なしに立坑内部に立ち入ることが可能な X 鉱 山立坑とY鉱山立坑(坑道連接部)において実施した.各立坑の概要を表-1に示す.

	X 鉱山立坑	Y 鉱山立坑
内径×深さ	6.0m×786m(二次覆工なし)	6.2m×639m(二次覆工なし)
工期	上部 436m:昭和 23 年~昭和 26 年 下部 350m:昭和 41 年~昭和 44 年	昭和 38 年 ~ 昭和 41 年
使用目的	平成8年度までは入気用,平成9年度からは排気用	排気用
工法	上部はロングステップ工法,下部はショートステップ工法	ロングステップ工法
岩種	砂岩,砂質泥岩の互層	玄武岩 (上部約 68m), 砂岩,砂質泥岩の互層

表-1 調査立坑の概要

調査項目は, 書類調査, 目視観察による外観変状の調査, コア採取による圧縮強度(JISA1107-1993, JIS A 1108-1999)および中性化深さ(フェノールフタレイン溶液噴霧による発色)の調査, 反発硬度法によ るコンクリート強度の推定(JSCE-G 504-1999), 細孔径分布の測定(水銀圧入法), 熱分析(30~1000 における重量,発熱・吸熱), 配合推定(セメント協会法), 塩化物イオン量の測定(JISA1154), 粉末 X線回折(鉱物(結晶)分析による劣化因子の有無), EPMA によるマッピング分析(元素(Ca,Si,Cl,S) 分析による水和組織の変質の有無,範囲)である.

3.調査結果

目視観察による外観変状の調査結果から,X鉱山立坑では,ジャンカ, コールドジョイント,漏水,ひび割れ,表層剥離,剥落が確認された. ジャンカやコールドジョイントは,特に施工年代の古い上部立坑で多く 確認された.漏水は,ジャンカやコールドジョイントに伴うものであっ た.表層剥離は,全体を通して散見された.剥落は広い範囲で数多く確 認され,特に下部立坑における断層破砕帯の付近では,写真-1に示すよ うな大きなひび割れや剥落が確認された.Y鉱山立坑では,全体的に表 写真-1 覆工コンクリートの剥落



層の劣化が進んでおり、部分的に薄く剥離している箇所も認められたが、比較的健全な状態であった.

キーワード 立坑,覆工,コンクリート,健全性

連絡先 〒270-0132 千葉県流山市駒木 518-1 三井住友建設(株)技術研究所 TEL 04-7140-5201 コア強度とコア採取位置で測定した反発硬度の関係 を図-1 に示す.図中の実線および破線は,各種推定式 における反発硬度と圧縮強度の関係を示したものであ る.反発硬度法による推定強度は,X 鉱山立坑の上部 で27.5~43.4N/mm²(5箇所),下部で25.4~38.3N/mm² (4箇所),Y 鉱山立坑で34.0~41.6 N/mm²(7箇所) である.何れも20N/mm²以上の圧縮強度を示すことか ら,十分な強度を有するものと考えられる.

なお,水セメント比については,配合推定および書 類調査の結果から,X鉱山立坑の上部で42%程度,下 部で61%程度,Y鉱山立坑で52%程度と推定される.

中性化深さは X 鉱山立坑の上部で 2mm(約52年間), 下部で 28mm(約34年間), Y 鉱山立坑で 8mm(約37 年間)であった.また,X 鉱山立坑の下部では,促進 剤として塩化カルシウムが使用された可能性があり, 鋼材腐食発生限界濃度(一般に 1.2kg/m³)を超える, 2.07kg/m³の塩化物イオンが確認された.

粉末 X線回折の結果を表-2 に示す.表面部では,炭酸化により炭酸カルシウムが生成していることは確認されたが,その他の反応生成物は特に確認されなかった.X 鉱山立坑の内部では,セメント水和物の水酸化カルシウムやけい酸カルシウム水和物が確認され,健全な状態にあると考えられる.Y 鉱山立坑の内部では,けい酸カルシウム水和物とエトリンガイトは確認されたが,水酸化カルシウムは確認されなかった.

EPMA によるマッピング分析から得られた CaO/SiO₂ (モル比)分布を図-2 に示す.一般に,セメント水和 物の変質は,Caの溶脱による CaO/SiO₂の低下によって 確認できるが,今回の結果では,何れの試料において も表面で大きく,内部に行くに従って小さくなる傾向 を示した.これは,主にSi量の低下によるものであり, 表面部においては,けい酸カルシウム水和物の分解や 溶脱などによるセメント水和物の変質が生じている可 能性があると考える.そして,粉末X線回折において も炭酸カルシウム以外の反応生成物は確認されていな



表-2 粉末 X 線回折測定結果







いことから,その劣化機構としては,風化・老化(炭酸化を含む)が考えられる.なお,Ca 量の低下が比較 的少なかった原因としては,炭酸化による炭酸カルシウムの析出が考えられる.

4.おわりに

立坑覆エコンクリートの劣化としては,表面部での風化・老化(炭酸化を含む)によるセメント水和物の変 質の可能性が確認されたが,その深さからも軽微なものであると考えられる.なお,今回は供用中の立坑での 調査であり,覆工背面の調査は実施できなかった.背面部については地下水の作用なども考えられることから, 別途検討が必要になると考える.