家屋に近接した亜炭廃坑充填工事の施工

飛島建設　正会員　○加藤一郎、正会員　杉浦乾郎、正会員　坂本昭夫
飛島建設　正会員　和田幸二郎、宮沢義博

1．はじめに

全国には石炭廃坑、亜炭廃坑、地下採石場跡、地下壕など様々な空洞が採掘当時のまま放置されたものが多く存在する。空洞内部では採掘で表面にさらされた天盤や柱（残柱）、壁などが年々劣化により強度低下してやがて崩壊する。その影響が上部地盤に空隙や緩みとなって伝播し、突然、地表面に陥没や沈下となって現れることがある。東海地方では戦前・戦中・戦後にかけて亜炭が盛んに採掘された。その結果、採掘跡は廃坑として各地に残り、陥没や沈下の被害（鉱害）が発生するなどしてこの地方の深刻な社会問題になっている。ここでは、愛知県長久手市における土地区画整理事業地に存在する亜炭廃坑の空洞対策として施工した空洞充填工法（特に、限定充填工法）による充填工事の概要と、課題であった空洞充填による近接家屋へ及ぼす影響の防止策について報告する。

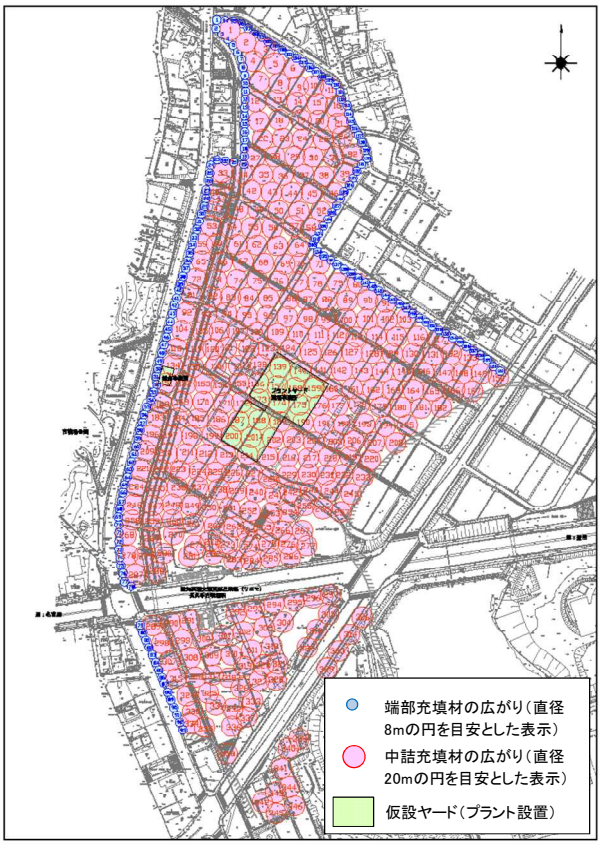

図-2　充填平面図（計画時）

2．空洞充填工法の概要

空洞充填工法は東海地方の亜炭廃坑対策として、昭和 50 年頃に旧名古屋通商産業局の主導で開発された技術である。以来、亜炭廃坑の対策を中心として多数の実績を積み重ねているが、東海地方以外でも、様々な空洞の対策工事として採用されている。空洞充填工法は、砂利工場などで発生する脱水ケーキに固化材と水を練り混ぜて製造した充填材スラリーを、ボーリング孔（充填孔）から空洞内に注入し固化させる工法で、高い流動性で空洞内を隅々まで充填できるのが特徴である。しかし、亜炭廃坑のように面的に広く採掘された空洞の一定範囲を充填する場合、その流動性が災いして対象範囲外の空洞にまで充填材が大量流出する課題があった。これを解決したのが限定充填工法である（**図-1**）。この工法は、最初に流動性を制御した充填材（端部充填材）で対象範囲の境界線上に隔壁を形成し、その後、内側に流動性の高い充填材（中詰充填材）を注入する。端部充填材は上記の配合材料に水ガラスを添加し、そのゲル化作用で流動性を制御するものである。

3．充填工事の概要

工事名：長久手中央土地区画整理事業亜炭廃坑充填工事、発注者：長久手中央土地区画整理組合、設計・施工管理者：玉野総合コンサルタント（株）、施工者：飛島建設（株）、工期：平成 23 年 11 月～平成 25 年 3 月、施工対象面積：

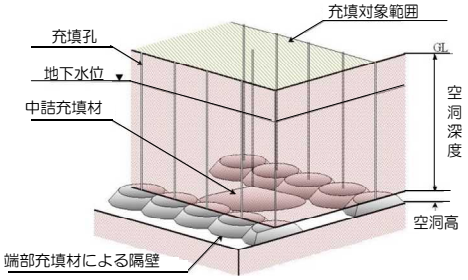

図-1　限定充填工法の概念図

表-1　充填材の品質目標値

品質項目	目標値	備　考
フロー値	9～14秒	ﾌﾟﾚﾊﾟｯｸﾄｺﾝｸﾘｰﾄPﾛｰﾄ
テーブルフロー値（限定充填）	端部 140～180mm	JIS R 5201
ブリーディング率	3%以下	ﾒｽｼﾘﾝﾀﾞｰ等
一軸圧縮強度	50kN/m^{2}以上	標準水中養生日数28日
	20kN/m^{2}以上	空洞充填材の不攪乱試料
有害物質分析	定量基準以下	

表-2　充填材の配合

（1m^{3}あたり）

材　料	端部充填材	中詰充填材
粘土キラ(kg)	390	360
砂キラ(kg)	130	120
特殊土用固化材(kg)	90	60
特殊水ガラス(kg)	48.8	—
遅延剤(kg)	0.27	0.18
水(kg)	732	798

キーワード　地下空洞，陥没，空洞充填，限定充填
連絡先　〒460-0017名古屋市中区松原3-2-8テルウェル新松原ビル7F　飛島建設（株）名古屋支店　TEL.052-331-7405

128,000m^2、計画充填量：端部充填材 6,231m^3、中詰充填材 44,463m^3、合計 50,694m^3、実施充填量：端部充填材 8,364m^3、中詰充填材 41,407m^3、合計 49,771m^3、事前調査孔（計画）：1,179 本、充填孔（計画）：507 本

当地の亜炭層の深さは約 4m～約 20m とほぼ東から西に向かって傾斜しており、採掘はこの亜炭層に沿って広く行われていた。採掘高さは平均約 1.5m、このうち、下部には当時坑内に残されたぼたや天盤崩落岩塊などによると思われる礫や土砂が平均厚さ約 0.7m で堆積し、その上に平均高さ約 0.8m の完全な空洞があった。また、地下水位が高いこともあり、空洞部分は満水状態であった。**図-2** に工事の全体平面図を示す。図中、充填孔位置を中心として充填材の広がりを円として表示した。端部充填材の充填孔は、空洞の傾斜の下流側にあたる事業用地の境界線に沿って連続的に隔壁を形成できる位置とした。**表-1** は充填材の品質目標値である。また、充填材の配合は品質目標値を満足するように事前に試験練りを行い決定した。決定配合を**表-2** に示す。

４．施工方法

限定充填工法における端部充填材は、ゲル開始後、速やかに空洞内に送り出す必要があるため、あらかじめ脱水ケーキ、水ガラス、水を練り混ぜたスラリー（A 液）と、セメントミルク（B 液）を別々の配管で充填孔の位置まで圧送し、そこで両液を連続的にミキシングし、空洞内に注入する（1.5 ショット）。**図-3** にその充填状況を示す。また、51 箇所で充填後 28 日を経過した時点で、確認ボーリングで充填材コアを採取し、空洞天端に隙間がないこと、および充填材の一軸圧縮試験から目標強度を満足していることを確認した。**図-4** に採取コアを示す。

５．近接家屋への影響防止

空洞充填工法では充填材の注入圧力が過大になると空洞より上部の地盤を隆起させることがある。そのため、特に地上に既設の構造物がある場合などは、注入圧力に十分注意し、構造物に傾斜計を設置するなどして挙動を監視しながら施工する。本工事では施工範囲の一角に住宅と店舗があったため、近接した位置での充填では圧力管理と計測管理を慎重に行って施工したため影響を与えることはなかった。また、当地は空洞水が被圧しているため、ほとんどのエリアで充填材の注入により空洞水が周囲の未充填の充填孔から噴出する現象が見られた（**図-5**）。店舗の付近では過去に陥没が発生していたことから、今なお地盤内にゆるみが残っていると空洞水が建物内に噴出する可能性があった。この解決策として、近くの未充填の充填孔まわりに釜場を設けて排水孔として利用し（**図-6**、**図-7**）、また、店舗まわりにも釜場を設け、空洞水の水圧を上昇させないようにして無事に施工した。

６．おわりに

本工事では限定充填工法により対象範囲外への充填材の流出ロスを防止でき、また、確認ボーリングの結果から、土砂が堆積し水が充満した複雑な空洞を均質に埋め戻しできたことを確認した。さらに、家屋に近接した箇所の充填では、地盤の隆起や空洞水の噴出が懸念されたが、適切な施工管理と事前の対策により無事完了できた。

長久手中央土地区画整理組合、長久手市、玉野総合コンサルタント（株）および一般社団法人充填技術協会をはじめ、関係各位には多大なるご指導をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献　1) 新版 空洞充填調査施工マニュアル，一般社団法人充填技術協会，2010 年 10 月

図-3　充填状況

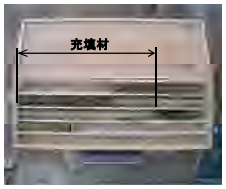

図-4　充填材コア

図-5　未充填孔からの水の噴出

図-6　未充填孔による排水孔と釜場

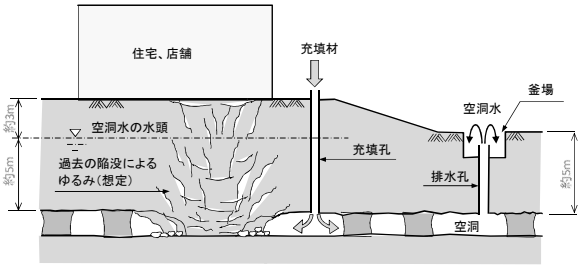

図-7　空洞水の水圧低下の概念図