

# 進化する地下空洞充填工法

## — 地下空洞に起因する陥没・沈下を防ぐ確実な対策技術 —

和田 幸二郎 正会員 飛鳥建設(株)名古屋支店 土木部 19御嵩充填第5期作業所 所長

土木の持続的な発展のためには、ベテランからの伝承の機会を逃さず、かつ、時代に合った伝承の取り組みが重要となる。本連載では、伝承すべき技術に焦点を当て、さまざまな視点から伝承の実情を伝えていく。第14回は、放置された地下空洞を確実に充填し、地域住民に安全と安心を提供する「地下空洞充填工法」について紹介する。

### 地下空洞の現状

全国には石炭や亜炭の採掘跡、特殊地下壕跡等の地下空洞が至る所に放置されている。このような空洞は長い年月の間に内部の壁面や天盤の劣化が進行する。時に地震動を受けて空洞が崩落し、地表面に陥没や沈下を引き起こし大きな社会問題になっている(写真1)。特に東海地方では戦後の燃料難の時期に家庭用・工業用燃料として昭和30年代まで採掘されてきた亜

炭採掘空洞が現在も多く残存しており、採掘を終えて半世紀以上が経過した今日まで、地表面の陥没や構造物の沈下・傾斜などの被害が年数件も発生している。2011年東北地方太平洋沖地震で東北地方を中心に多数の地下空洞が陥没したことから、将来の地震に対する対策の重要性が改めて認識されている。

### 地下空洞充填工法 (キラ充填工法)とは

地下空洞に起因する陥没・沈下を

防ぐ対策工法として、地表面からボーリング孔などを通じてスラリー状の固化物を空洞内に充填して埋め戻す地下空洞充填工法がある。本工法は、空洞の規模に合わせて分類され、小規模な空洞対策にはセメントベントナイト注入工法、中小規模の空洞対策には流動化処理工法など、そして大中規模の空洞対策には、経済的かつスラリーの流動性が高く、他工法よりも充填性に優れる「キラ充填工法」がある。

キラ充填工法は、1975年に名古屋通産局(当時)に設置された古洞関連総合施策委員会が検討・開発された。充填材は、近隣の砕石工場などで山砂利選別時に発生する脱水ケーキ(通称キラ)を母材とし、セメントを主成分とする固化材と水を混練りして製造される。専用の充填材製造プラン



写真1 亜炭廃坑に起因した陥没状況

トを現地に設置し、地表面からボーリング孔などを通じてスラリー状の充填材を空洞内にポンプ圧送する。

このキラ充填材は、材料の特性により流動性と材料分離抵抗性に優れ、一つの充填孔から空洞内の遠方にまで圧送できるため、複雑な形状の空洞で



WADA Koujirou

1968年鹿児島県生まれ。1991年鹿児島大学農学部農業工学科修了。同年、飛鳥建設(株)に入社。名古屋支店を中心に作業所長として従事。

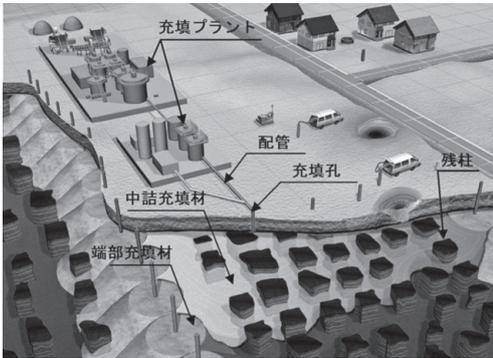


図1 限定充填工法の施工イメージ図

あっても均質に充填できることが最大の特徴である。また、ブリーディングが少なく空洞天端の隙間がほとんど発生しない、水中充填が可能という特徴もある。母材としてキラが用いられる理由は、前記の特徴に加え、その産地が亜炭廃坑分布地域に近いことや、もともと廃棄処分されることが多い副産物であるため安価で手に入ることで挙げられる。

## 地下空洞充填工事との出会い

私が地下空洞充填工事に携わったのは今から20年前、愛知県内で新たに開発される宅地の地下に残存する亜炭廃坑跡の陥没・沈下対策として行っ

たキラ充填工法が最初であった。

充填箇所(孔口)では、孔口作業員が配管の先端に設置した圧力計で常に圧力の変化を確認している。他の作業員は周辺のボーリング孔にて空洞内の水位変化や、重りを下ろし高さを計測することで充填材の到達有無を確認している。また、充填箇所のみならず、広範囲にわたり周辺の地盤状況も監視している。キラ充填工法による空洞充填は、陥没や沈下の原因となる空洞を埋め戻し、地盤の安定化を図ることを目的としているため、圧力をかけて空洞天端に密着し固化させる。そのため、土かぶりや地質状況、陥没履歴や立坑跡の存在などの条件により管理圧力や充填孔の間隔を検討する必要があるので、見えない地下の空間を相手にしているため、必要な情報を収集し、いかに想像力を働かせ、次に起こり得ることを予測できるかが大事であり、シンプルな工法だが奥が深い、そういう印象を持った。

## 限定充填工法の開発

同時期に東海環状自動車道の建設があり、その下に大規模な亜炭廃坑が

あることから最適な対策工法として、充填工法が選定された。しかし、従来の充填工法では流動性の高さゆえに、域外へ流出し不経済であった。そこで、道路直下に限定した合理的な充填を行うために、従来のキラ充填工法を進化させた「限定充填工法」が開発され、初めて採用された。

限定充填工法は充填材の流動性を抑えるために、水ガラスを添加した低流動性の充填材(端部充填材)で対象となる空洞範囲の外縁を一つ一つ充填しながら連続した壁を形成する(図1)。その後、残った内側の空洞を流動性の高い充填材(中詰充填材)で充填していく。この工事を契機に限定充填工法が主流となり、現在までに42件、約44万㎡の施工実績がある。

さらに最近では、端部充填材を二層構造とし、下層部分の水ガラス量を低減させた「二層端部限定充填工法」を開発した。現在施工中の「南海トラフ巨大地震亜炭跡防災対策事業」において採用され、合理的な充填とコストダウンを実現している。

## 今後の展望

この工事に長年携わって、私が一番うれしく思うことは、対策範囲に住む地元の皆さんに喜んでいただけていることである。「これで今後、安心して生活できます。ありがとうございます。この言葉でどんな苦労も報われる。

一方で、この工事は、空洞水の流出に対する適切な処理と対応、充填材の地上への流出防止、既存建物への変状防止など、現場経験でしか培われない判断力が重要となることが多い。現在は熟練技術者が不足しているため、これらを担っていく技術者の育成が課題である。さらに学会発表や技術講習会を通じて、この工法の社会的役割の重要性を広めていく必要がある。

危険な地下空洞は、まだまだ全国に多数残されている。技術者としての誇りを持ち、今までの経験を生かし充填技術のさらなる進化、効率化を目指し、安全・安心な社会づくりに貢献していきたい。また、同じ気持ちを持つ技術者を次の時代に引き継いでいきたいと思っている。

### 参考文献

(一) (社) 充填技術協会・空洞充填調査施工マニュアル、2016年

(担当編集委員・川里麻莉子)