

～路面陥没を未然に防ぐため～

国道21号亜炭鉱廃坑跡の空洞充填について

田中 寿樹

多治見砂防国道事務所 道路管理課（〒507-0023 岐阜県多治見市小田町4-8-6）

岐阜県可児郡御嵩町の亜炭産業は、明治から昭和にかけ国内のエネルギー事情と関係しながら採掘が盛んに行われた地域でありました、しかし産業衰退後は、地下に無数に掘られた空洞だけが残し、現在では空洞が陥没や地盤沈下などの鉱害の原因となっています。また御嵩町を通過している国道21号路面下においても空洞の存在を確認しており、平成26年度から対策工事を実施しています。

中部地方整備局で亜炭廃鉱跡の空洞充填対策事業を実施している事務所は当事務所のみであるため、職員になじみが薄い、当事業について紹介します。

キーワード：亜炭、空洞、鉱害、対策事業

1. 亜炭とは

大昔に地上を覆っていた森林が火山活動や地殻変動などによって地中に埋まり、地中の圧力や熱の作用による化学変化で炭化したものが、亜炭または石炭となります。しかし亜炭は石炭に比べて炭素量が少ないため得られる熱量が低く、さらに燃えると独特の臭いや煙が発生します。

2. 御嵩町の亜炭産業について

御嵩町の亜炭産業の始まりは明治2年から始まります。旅先で石炭という燃える石について教えられた御嵩町の住人が、似たものが自宅裏山にあったので掘り出して燃やしたところ、異臭がしたが良く燃えたため商売として広めたのが始まりだそうです。その後、明治においては、戦争による国力増強や好景気などにより製糸工場のボイラー燃料として亜炭の需要が増加します。昭和においては、太平洋戦争の勃発により石炭の軍事利用が激化したため、繊維をはじめ、製糸、製菓、酒造等の大工場が次々と燃料確保のため亜炭鉱社を開発します。そして昭和18年に岐阜県が全国一位の生産県となり、戦後の昭和23年には亜炭生産高が最大となります。一時は御嵩町から可児にかけて140もの炭鉱があり、5000人の労働者が年間約60万トンの亜炭を採掘し、御嵩町の亜炭として、

その名が知られるようになりました。

またなぜ御嵩町で亜炭産業が盛んになったかは、次の3点が理由だと言われています。

- ・中京工業地帯に近く、供給面で石炭に比べて有利であった。(石炭の主な生産地は北海道や九州)
- ・労働人口に恵まれていた。
- ・亜炭層が比較的浅いところにあり、鉱山開発が小資本でできたため。(地表から50m以内のものが70%)

しかし昭和30年代以降になると、落盤や出水などによる、事故(鉱害)が多発しました、またエネルギー需要が石油燃料へ切り替わっていくと共に、徐々に衰退していき、昭和42年には御嵩町内の亜炭鉱山はすべて閉山となり、残ったのは無数に掘られた地下の空洞だけとなりました。

3. 亜炭廃鉱後がもたらしものと御嵩町の対応

御嵩町の亜炭の採掘は、地下の坑内を支えるため、約3mの四角い柱(残柱)を残しながら採掘する残柱式で採掘が行われました。当時の亜炭採掘にあたっては、残柱の間隔の基準や、採掘後の図面の提出の義務化など、乱掘を防止するため、国が制度を設けて採掘が行われていたましたが、残柱の中には削り採られて基準よりも細くなっている柱があったり、基準通りであったとしてもクラックが入ったり、経年劣化による剥離が進行している残柱

が確認されています。



写真-1 現在の坑内残柱状況。

弱い残柱が崩れるなどが原因で、年間4、5件、多い年で10件程度の地表に穴があく陥没や、地盤沈下などの鉱害が発生しています。また平成22年10月20日には東西約65m、南北76mにわたる規模の大きい地盤沈下が発生しています。こうした鉱害に対して、御嵩町ではボーリング調査等を行い、平成20年に全国で唯一、「亜炭層(空洞)深度分布図」が公表されました。また相次ぐ鉱害に対して、これまでは事後復旧しか認められていませんでしたが、平成25年度に国で創設された亜炭鉱予防対策事業のモデル地区に御嵩町が選定され、地盤の調査や公共施設や宅地地下の空洞充填が始まりました、それに伴い国や県も道路下の空洞充填が始まります。



写真-2 御嵩町地盤沈下(平成22年10月20日)

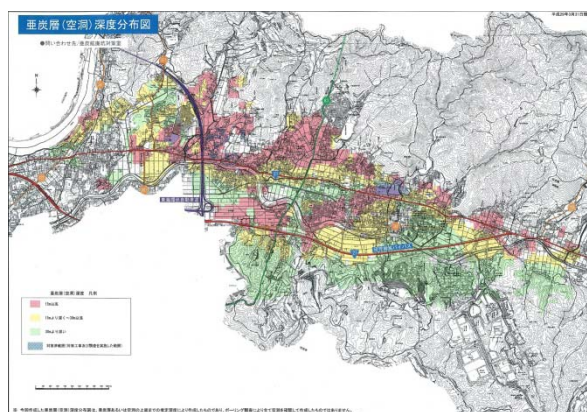


図-1 亜炭層(空洞)深度分布図

4. 国道21号での対応

御嵩町内を通っている国道21号の延長は約7.0kmです。またこれまで、亜炭廃鉱跡の空洞が原因による陥没等の被害事例はありませんが、御嵩町から公開された亜炭層(空洞)深度分布図では国道21号路面下にも空洞の存在が指摘されています、さらに発生が予想されている南海トラフ巨大地震による影響が心配されるなか、多治見砂防国道事務所では、平成25年度より国道21号の路面下の状況について調査を開始しました。調査はボーリング調査により亜炭層及び空洞について確認しました。さらに県や町の協力により21号沿線のボーリングデータ約500本を集約し路面下の亜炭層の分布深度や空洞について地質縦断面図及び横断面図にとりまとめました。また同時に、県や町が主催する亜炭坑跡検討委員会が設立され、国道21号の対策範囲5500m及び対策深度30mについて決定しました。

調査の結果、対策範囲の路面下に亜炭層及び空洞がある事が解りました。ただしボーリングデータで確認できる路面下の状況は、限られた点の情報であること、及び亜炭の採掘は残柱式で行われていたため、ボーリング調査箇所が残柱箇所であった場合は空洞が確認出来なかった可能性があり、調査結果は推定に基づくものです。

上記により国道21号路面下の地質状況については、整理を行ったが、事業の効率的な推進をはかるため、計画の作成を行った。

まず計画の作成にあたっては、対策範囲の工区割を行いました。工区割については、路面下の亜炭層分布深度、空洞有無の状況から、これまでの対策工事の実績より1年間で施工出来る延長(200m～300m)を決め、17工区の工区割を行いました。

次に、工区について対策優先度の設定を行いました。優先度については、路面下の亜炭層分布深度、空洞有無の状況に、周辺で起こった陥没履歴の条件を追加して対策の優先度について下記5段階の設定を行いました。

ランク		記 事
A A	工事着手	空洞の存在が確実で、分布範囲も把握されている。充填工事の着手が可能である。
A	優先して対策する	空洞の存在が確実である。詳細調査を行い充填工事を施工する。
B	対策を行う	区間内に空洞が存在することが明らかである。概略調査を行ったうえで充填工事を施工する。
C	対策の要否を検討する	空洞の存在が未詳である。対策の要否を検討する。
D	対策は必要なし	空洞が存在しないことを確認されている。充填工事が完了している。

図-2 対策優先度

次に、各工区に設定された対策優先度について、工事を進めていく上での優先順位について、設定を行いました。

優先順位の設定については、御嵩町役場、学校、消防署等の重要施設、及び災害発生時の防災拠点となる御嵩町役場と東海環状自動車道 可児御嵩インターとを結ぶルート、及び空洞を確認した亜炭層が浅く分布している箇所、以上の条件により各工区について優先順位を決定しました。

なお、亜炭層が浅く部分しているとは、「空洞充填調査施工マニュアル(2016)」より深度15m以下の空洞と、深度30m以下の空洞について、陥没発生の頻度や形態が異なり、地表への影響度を区分していることから、今回の優先順位決定の条件に取り入れています。

以上により対策範囲については、17工区を対策優先度を5段階に分け、工事実施の優先順位を9段階に整理を行った計画について作成し、この計画を基本に工事の発注を行っています。

5. 国道21対策工事について

空洞対策工法として、一般に考えられ対策としては図-3の工法等があるが、共用している現道交通での施工及びコスト面から、空洞充填工法が妥当であると判断した。

また空洞充填工法については図-4により、いくつかの工法があるが、このうちキラ充填工法と流動化処理工法の2工法については、亜炭廃鉱跡の空洞充填において実績があり、さらにエアーモルタル注入工法とセメントベントナイト注入工法は材料単価が高いこともあり、多治見砂防国道事務所では、キラ充填工法と流動化処理工法の2工法を採用しています。

工 法	空洞充填工法	路盤補強工法	構造物による支持
概 要	地表から空洞へ充填材注入孔を設置し、経時的に固化する流動材料を注入して空洞を充填し、陥没を抑止する。	現道下にコンクリートによる構造物などを設置し、空洞陥没が発生しても剛構造(梁など)で道路を保持する。	空洞分布箇所において、杭などにより空洞下の地盤に基礎をとる構造物を設置して道路を保持する。
特 徴	片側交互通行などで道路交通を確保したまま施工可能。実績も多く、経済的。	小規模陥没には効果は見込めるが、大規模陥没には適さない。通行止めなどにより施工する必要がある。	効果は確実である。通行止めなどにより施工する必要がある。大規模工事では工事費が高い。
国道21号への適用性	○	△	×

図-3 空洞対策工法

	キラ充填工法	流動化処理工法	エアーモルタル注入工法	セメントベントナイト(CB)注入工法
概 要	砂利工場や砕石工場で発生した副産物キラ等に固化材および水を練り混ぜて製造した充填材スラリーを空洞内に注入して固化させる技術である。現地に充填材製造プラントを設置して充填材を製造し、注入孔から空洞内に注入する。	発生土に水を加えた泥水に固化材を混合して流動化させたスラリー(流動化処理土)で埋め戻す技術である。空洞を埋め戻すには、現地に設置した移動式プラントで流動化処理土を製造するか、近郊の常設プラントから流動化処理土を運搬し、注入孔から空洞内に注入する。	モルタルに起泡剤を添加して発泡した軽量の注入材で埋め戻す技術である。空洞を埋め戻すには、一般に、現地にプラントを設置してモルタルを製造するか、生コン工場から搬入したモルタルに起泡剤を投入、発泡させてエアーモルタルとし、空洞内に注入する。	ベントナイトに水とセメントを混合して製造した注入材を注入する技術である。空洞を埋め戻すには、一般に、現地に小規模なプラントを設置し、グラウトポンプにより注入する。
使用材料	キラ等 固化材 水	発生土 泥水(水) 固化材	細砂 固化材 起泡剤 水	ベントナイト 固化材 水
環境安全性 (水質影響)	一般に水質影響は認められない。	一般に水質影響は認められない。	一般に水質影響は認められない。	一般に水質影響は認められない。
適用性の高い 現場条件	空洞充填用に開発された工法であるため、様々な空洞条件に適応可能。特に大規模の空洞埋め戻しに適す。	一般に開削工事における狭隙部の埋め戻しに多く用いられる。空洞埋め戻しでは、崩落等のない中小規模の空洞に適す。	一般に軟弱地盤上での盛土や擁壁等の裏込めに用いられる。空洞埋め戻しでは水のない中小規模の空洞に適す。	一般にグラウトによる地盤改良工法として用いられる。空洞埋め戻しでは小規模で、特に崩落後の処置など狭い空洞に適す。

図-4 代表的な空洞充填工法の特徴と適用性

国道21号の対策範囲は片側1車線の2車線道路であり、両工法とも、充填材の違いはあるが、同様なやり方で工事を実施します。図-5が工事の標準断面図であり空洞がある亜炭層が深度14mにあり、空洞高さ1.5mを想定した図面となっています。

施工は道路を1車線規制し、規制した車線のセンタからボーリングマシーンにより亜炭層の中心天端に向けて充填材を注入する孔(充填孔)を設置します。同様に車線の中心から道路の路肩付近の空洞天端に向けて充填材の広がり及び空洞天端まで充填材が行き届いているか確認する孔(充填到達観測孔)を設置します。次に充填孔から充填材を注入します。充填材は空洞天端まで充填材が行き届くように、流動性が低い材料を使用しています。

また充填材到達観測孔から充填材の広がり確認するため、充填材に接触すると反応するセンサーを設置します。また充填完了後は、ボーリング調査を実施し、充填が十分行われているかを確認します。

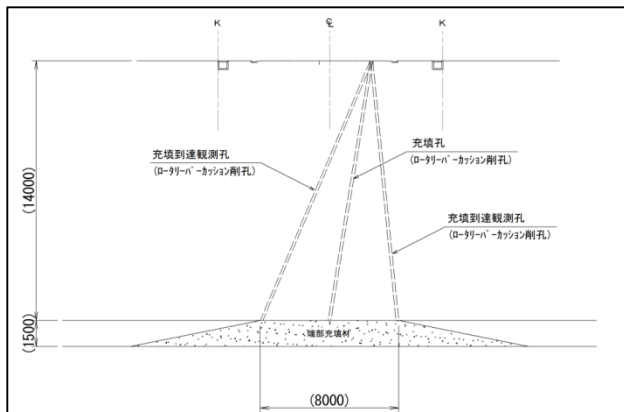


図-5 充填孔・充填材観測孔 標準横断面図

6. まとめ

現在、多治見砂防国道事務所では、平成26年度から亜炭廃鉱跡の対策工事を優先順位が高い方から順次実施してきており、現在までの進捗は道路延長で約1300mが対策済みとなっています。

地下の空洞の残柱は風化してきており、今後想定される南海トラフ巨大地震による影響が懸念されます。

安全安心の社会実現に向けて、地域からの要望が大きい当事業について、対策完了を目指し事業を継続していきます。

参考文献

- 1) 御嵩の亜炭 御嵩町教育委員会・中山道みたけ館.
- 2) 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