

## 地下空洞の温湿度特性に関する一考察

飛島建設 技術研究所 正会員 小林 薫 正会員 近久 博志  
 同上 正会員 中原 博隆 正会員 松元 和伸  
 同上 正会員 筒井 雅行 正会員 熊谷 幸樹

### 1. はじめに

北欧をはじめ海外では、数多くの地下空洞が文化・スポーツ施設並びに居住空間として利用されている<sup>1),2)</sup>。一方、わが国における地下空洞は地下発電所等のエネルギー関連施設に数多く利用されているが、不特定多数と密着した施設としての利用例はほとんど見られなかった。しかし、近年では景観の保全、耐震性、土地の有効利用等から山岳・丘陵地の多いわが国の地形を活かした地下施設を建設する方向に動いている。実際、国内でも地下空洞の利用範囲は展示・観光施設などにも広がっている<sup>3),4)</sup>。その際、不特定多数と密着した地下空洞ほど、利用者の快適性などが強く求められるようになり、快適性などに大きな影響を及ぼす要因の一つであるその空間が持つ温湿度特性を把握することが重要である。本報告は、地下空洞の温湿度特性を把握することを目的に、構造の異なる2種類の地下空洞で温湿度及び風速を計測しその計測結果を基に考察する。

### 2. 調査対象とした地下空洞の構造概要

調査対象とした2種類の地下空洞の構造概要を以下に示す。両空洞とも山岳部に建設された線状構造物である。A空洞は、静岡県内の標高100m地点に位置する両坑口部が開放状態の全長918m、断面は図-1(a)に示す馬蹄形で内部は覆工コンクリートが施工されている。最大土被りは、空洞中央部で約140mである。また、B空洞は、岐阜県内の標高640m地点に位置する一方が閉塞された状態の全長80m、断面は図-1(b)に示す通りで覆工コンクリートはなく鋼製支保工のみ施工されている。最大土被りは、空洞先端部で約35mである。

### 3. 計測概要

温湿度と風速の計測概要を以下に示す。A空洞の計測位置は、図-1(a)に示す通りである。延長方向の計測位置は、坑内温湿度、覆工表面温度及び風速は、南側坑口部から100mピッチで900mまでの9断面と3m、450m及び915mの3断面を合わせた計12断面で、温湿度と風速は坑外の計測も実施した。また、覆工内温度(深さ20cm)、坑内温湿度の経時変化(約3日間)の計測断面は、南側坑口部から5m、450m及び913mの3断面である。B空洞の計測位置は、図-1(b)に示す通りである。延長方向の計測位置は、坑口部外気温1箇所、坑内温度と岩盤表面温度は坑口部0mから10mピッチで80mまでの9断面、計測断面内における高さ方向の坑内温度と風速の計測は、坑口部0mから20mピッチで5断面実施した。また、相対湿度は、坑外、坑口部0m及び坑口から40mの3箇所計測した。

両空洞の坑口部で計測した平均湧水量は、調査時点ではA空洞  $Q_a = 55 \text{ ㍈/min}$  (6/29 ~ 7/1), B空洞  $Q_b = 28.8 \text{ ㍈/min}$  (9/5 ~ 8) である。また、湧水温度は、A空洞は  $17.8 \text{ }^\circ\text{C}$ 、B空洞は  $14 \text{ }^\circ\text{C}$  である。なお、B空洞については、冬期(12/19 ~ 22)も同様の計測を実施している。

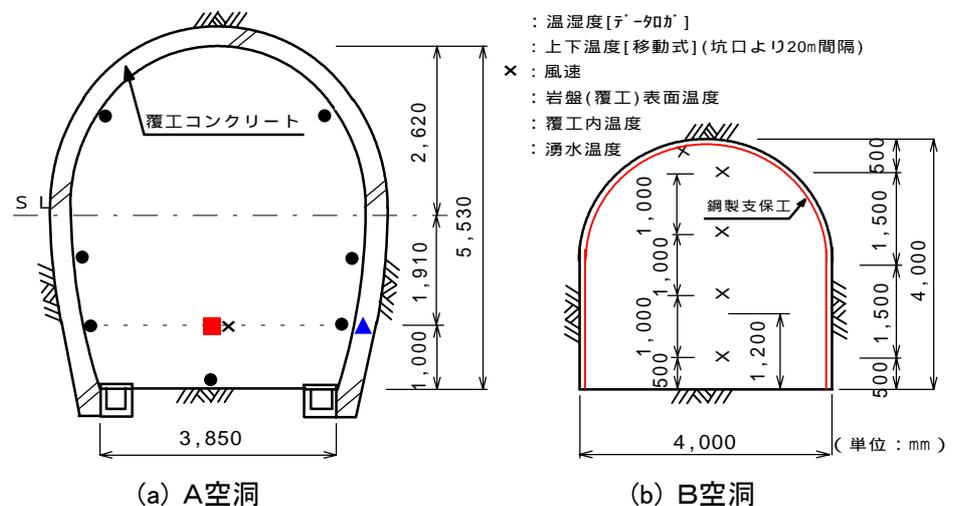


図-1 空洞断面および温湿度・風速の計測位置

**キーワード** : 地下空洞, 温度・湿度計測, 岩盤, トンネル

〒270-0222 千葉県東葛飾郡関宿町木間ヶ瀬5472 TEL:0471-98-7572 FAX:0471-98-7586

4. 空洞内の温湿度・風速の計測結果と考察

図-2より, A空洞では温湿度が外気の影響を受けて引きずられるように変化しており, この傾向は坑口部が顕著である. また, 図-3に示すB空洞では, 坑口部0mから80mまで温湿度は外気の影響をほとんど受けておらずほぼ一定値を示している. これは, 図-4に示すように坑内風速が遅い場合(A空洞19:00), 空洞延長方向の同一高さの坑内温度変化は小さいが, 坑内風速が速い箇所(A空洞10:00)は坑内温度変化が大きい. つまり, 坑内温度の変動は, 主に空洞内に外気が流れ込んだために生じたものと考えられ, 地下空洞は外気の流入を防げば比較的土被りが浅い場所でも優れた遮断性を有していると言える. 図-5は, 各空洞内で計測した地下水温で基準化した外気温と坑内温度の関係を示す. この図より, A空洞(L=450m地点)及びB空洞(L=80m地点)とも坑内温度は一定で, 外気温の影響をほとんど受けておらず極めて遮断性が良いことがわかる.

図-6は, B空洞の各計測断面における高さ方向の坑内温度と風速を示す. 高さ4mの地下空洞でも上下間で温度及び風速に差が生じている. また, 温度及び風速とも, 坑口部ほど変動が大きく, 岩盤(覆工)表面温度が各断面とも高さ方向に関係なくほぼ一定値であり, 結露防止等の空調制御は坑口部ほど難しいことがわかる. さらに, 図-6(b)上に示すように「ヘルム」を用いた気流計測では, 微風であるが天端付近は坑内, 下端部は坑外方向へ, 冬期は夏期とは逆方向の天端付近は坑外, 下端部は坑内方向への流れが確認され, 一端が閉塞状態の地下空洞の温湿度特性と関連する自然換気状態での気流を把握できた.

5. おわりに

今後は, 地下空洞に関する温湿度など, 数多くの現場計測データの蓄積を図り, より快適な地下空洞の環境を得るための自然エネルギー(湧水など)を活用した空調システム開発や断熱材の最適配置などについて検討していく予定である.

参考文献

- 1) アイダン・オメル, 他: カップドギア(トルコ)地方における過去と現在の地下空洞利用, 地下空洞ソサエティ論文・報告集, 第4巻, pp.219-226, 1999.
- 2) 近久博志: 岩盤地下空洞の新たな活用(1) 北欧における不特定多数が活用する岩盤地下空洞, トンネルと地下, Vol.30, No.1, pp.73-82, 1999.
- 3) 戸井田, 柵瀬, 是永: 原油岩盤タンクに隣接したトンネルの多目的利用について, 地下空洞ソサエティ論文・報告集, 第4巻, pp.213-218, 1999.
- 4) Chikahisa, H., Kobayashi, K., et al.: Building a museum in a large rock cavern, *Tunnels & Tunneling International*, pp.161-163, JANUARY 1999.

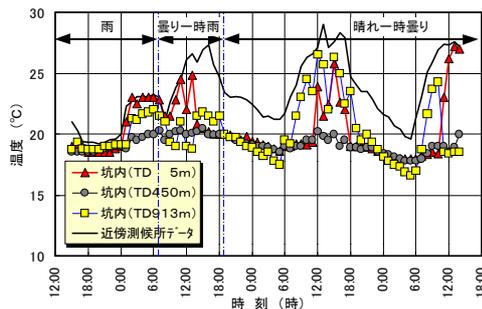


図-2(a) A空洞内の温度経時変化

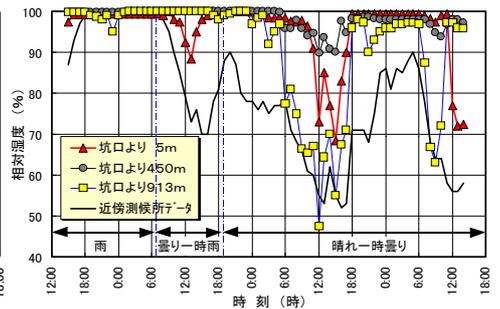


図-2(b) A空洞内の湿度経時変化

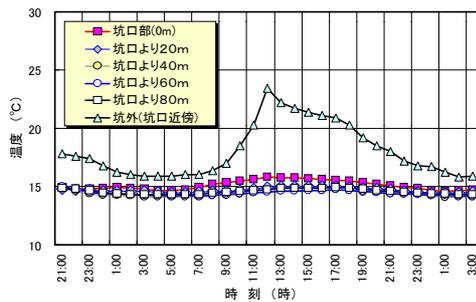


図-3(a) B空洞内の温度経時変化

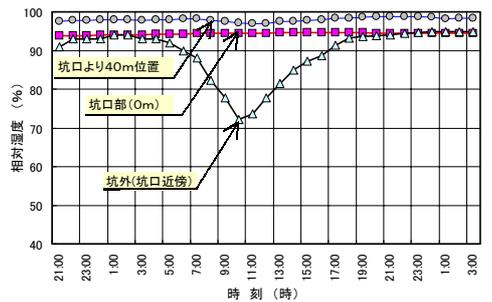


図-3(b) B空洞内の湿度経時変化

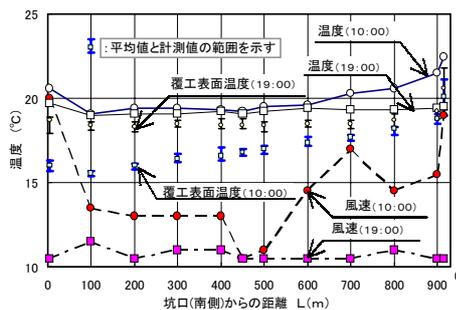


図-4 A空洞内の温度及び風速

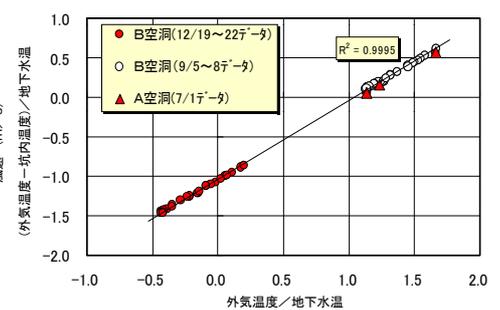


図-5 外気温と坑内温度の関係

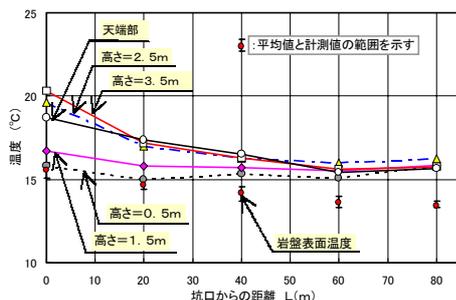


図-6(a) B空洞内の温度

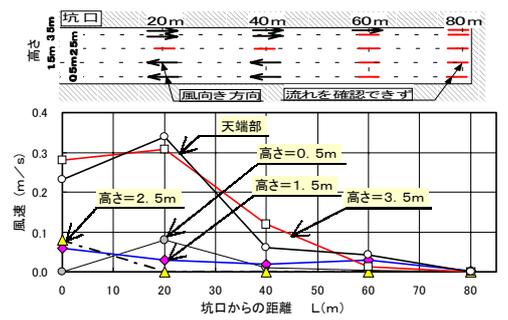


図-6(b) B空洞内の風向・風速