

CS-62 トルコ・カッパドキア地方の地下空間利用とその力学的安定性に関する研究

名古屋大学大学院 正員 ○ 清木隆文
東海大学海洋学部 正員 アイダシ・オメル
名古屋大学大学院 フェロー 西 淳二
名古屋大学大学院 正員 市川康明

1. はじめに 一般に地下空間を利用するにあたり、その閉鎖性が問われ、住環境に適さないと言われている。例えば採光が難しいなど問題点が挙げられる。一方、利点の一つとして恒温性を考えると、もともとある一定の温度を持つことから、用途として倉庫が適していると言われている。著者らは、トルコ共和国のカッパドキア地方にある地下都市群の地質調査、住環境調査を行っている。前回の報告¹⁾および既往の研究²⁾³⁾で、温度・湿度環境に注目し、数箇所の地下施設（半地下住居、地下都市、半地下倉庫）について議論した。本研究では、改めてこの地方の利用状況に注目し、その保存状態および現在における活用状態について一部を紹介するとともに、その力学的安定性について数値解析により考察した。



写真-1 地下空間の掘削風景

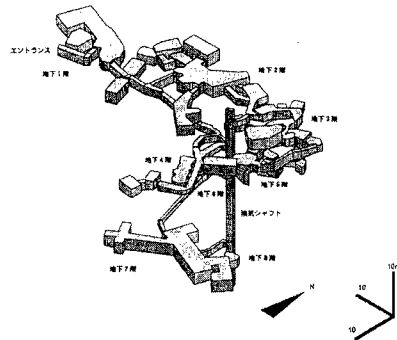


図-1 地下都市デリンキュ全体図⁴⁾

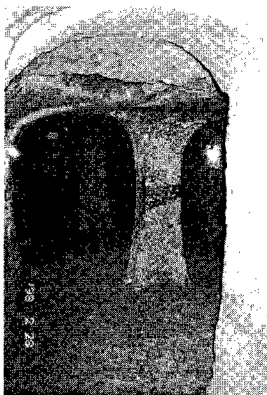


写真-2 地下都市デリンキュの内部

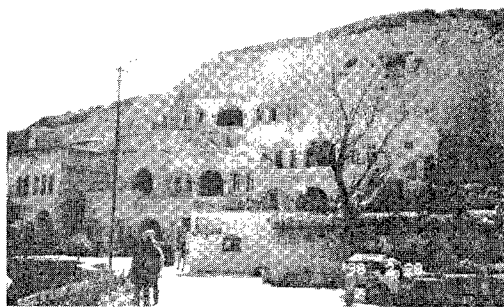


写真-3 半地下型ホテル（Alfina Hotel）

2. 地下空間の利用状況 トルコ共和国・カッパドキア地方には、2,000 年以上前から地下空間を生活と密接

キーワード：トルコ・カッパドキア地方、地下施設、力学的安定性 連絡先：〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院工学研究科地圏環境工学専攻 Tel. 052-789-3830, Fax. 052-789-3837



写真-4 放置された半地下型住居



写真-5 半地下型住居

に利用している。その大半は、世界遺産として保存の対象となっているが、一部の半地下住居には手が加えられ、現在では生活場所あるいはホテルとして活用されている。古くから地下都市を作ってきた地層は、Kavak（凝灰岩）層と呼ばれ、比較的厚い層を構成し、厚いところで 300 m、薄いところでも 80 m の層厚を持つ。Kavak 凝灰岩の一軸圧縮強度は 60 kgf/cm^2 程度と弱く⁴⁾、古代の人々は、幸運にも地下に都市（町）を当時の単純な掘削道具で建設できる材料が身近あり、非常に恵まれていたことになる。現在でもなお手掘り掘削が行われている（写真-1）。以下にカッパドキア地方の地下空間利用状況を示す。(A) 図-1 は、地下都市デリンクユ(Derinkuyu)を 3 次元的に表現したもの⁴⁾である。地下都市デリンクユは、約地下 43 m まで掘られた換気シャフトを中心に地下 1 階から地下 8 階の各層がそれを取り巻くように配置されている。現在では、このような地下都市は 36 箇所確認されているに過ぎないが、全盛期には 400 から 500 の地下都市がこの地方にあったとされる(写真-2)。(B) 写真-3 は、奇岩ホテルとして名高い Alfina Hotel（5 階建て、西向き）である。これは、既存の半地下型住居を再生したものである。このような半地下型のホテルがカッパドキア地方には点在する。またホテルに限らず、このような古来の地下空間を再利用した例が周囲に多く見られる。(C) 半地下型住居は古くに作られた半地下型住居（例えば、写真-4）を改築し、内部を現在の暮らし向きに直している。これらの半地下住居は、改築を行う際に地質および建築の専門家の検査をもとに、改築申請をトルコ文化省歴史的遺跡保存局に行い、許可をもらうとのことにより実現する（写真-5）。(D) 地下を商業施設として使っているが、その例として地下型商店、地下型レストラン、半地下型倉庫などがある。

3. 数値解析による地下空間の安定性⁵⁾ 以上のように、トルコ・カッパドキア地方では地下空間を古くから現在まで活発に利用している。この力学的には軟岩に分類される Kavak 凝灰岩の安定性を力学的に考察する。ここでは、地下空洞を掘削する環境を再現し、その安定性を FEM による粘弾塑性性解析、弾塑性解析を行ったが、掘削後 1,500 年を経ても危険性を示すに至らなかった。

4. まとめ トルコ・カッパドキア地方は、歴史的に地下空間を利用していることで知られているが、現在でもなお活発に使われている。この地質条件をもと数値解析を行い、安定性を考察したが、顕著な危険性を示すに至らなかった。ただし現実的には、地下空間表面の風化の影響を考察する必要がある。この研究はトルコ・Istanbul 工科大学 Erdoğan Yüzer 教授、Mustafa Erdoğan 助教授、Hacettepe 大学 Reşat Ulusay 助教授、Pamukkale 大学 Halil Kumsar 助教授の研究グループの協力を得て実行されたことを付記する。

参考文献 1) 清木隆文 ほか (1998): 現場計測による地下空間の恒温性に関する一考察, 土木学会第 53 回年次講演会概要集 CS-145, pp.288-289., 2) 久野正博 (1997): 地下空間の住環境に関する研究—カッパドキアの地下都市デリンクユの事例—, 名古屋大学修士論文., 3) 清木隆文 ほか (1999): 地下空間における温・湿度特性に関する一考察—トルコ共和国・カッパドキア地方の地下施設について—, 地下空間シンポジウム論文・報告集, 第 4 巻, 土木学会 [審査付論文], pp.141-150., 4) 嶋田竜紀, 米田崇 (1998): カッパドキアの地下都市と過去から現在の地下空間に関する研究, 東海大学卒業論文., 5) アイダマン・オメル(1999): 文部省科学研究費(国際学術研究) 報告書「地下都市(トルコ共和国デリンクユ)の住環境に関する研究」課題番号 09044154.