

旧炭坑を含む地盤における数値解析シミュレーション

(株)クワキ・シビル 正会員○安部由華 山口大学大学院

学生会員 新谷信行

山口大学工学部

正会員 進士正人 臨床トンネル工学研究所

フェロ-会員 中川浩二

1. はじめに

山口県宇部市湾岸部には、過去に旧炭坑として採掘された坑道が地盤中に古洞として存在している。この地盤上に大型重量構造物を構築する際、古洞崩壊による構造物基礎の不等沈下等が懸念される。しかし一般に、地表部からのグラウト充填工事等の施工の難易性・確実性も考慮した上で、古洞から基礎面までの距離が30m以上の地盤では対策を施す必要はないと考えられている¹⁾が、上載荷重による古洞を含む地盤全体の影響評価は不明な点が多い。

そこで本研究では、2次元数値解析を用いて古洞を有する地盤モデルを作成し、構造物載荷シミュレーションを行う。そして、古洞の存在が構造物基礎及び地盤に与える影響を評価する。なお、影響度評価にはモール・クーロンの破壊基準との接近度を基本とする局所安全率を用い、その目標安全率を1.5とした。

2. 構造物載荷シミュレーション

2-1 解析条件

解析モデルを図-1に示す。既存試験資料¹⁾を参考に古洞モデルを検討し、古洞厚を2m、古洞幅10m、古洞間隔10mとした。宇部市における古洞以外の代表的な地盤は頁岩と砂岩で構成されているため、頁岩と砂岩それぞれの単一構成地盤モデルを想定し、各物性値は表-1に示すように、既存試験資料から得られた最も小さい物性値とした。載荷条件は、橋脚の杭基礎（1本当たり2700kN/m²）を想定し、左右5本合計10本を地表面に載荷した。このときの載荷位置は、古洞直上部及び残柱直上部の2パターンで行った。その上で土被りを50m、40m、30m、20mと変化させ、土被りの変化による地盤内の安全率を比較した。

2-2 頁岩を主体とした地盤モデル

図-2に示すように、土被り50mの場合では基礎載荷により古洞周辺から安全率の低下している部分が古洞上部に広がっているが、目標安全率の1.5を下回る部分は基礎面まで達していない。したがって、古洞の存在が基礎に与える影響は少ないと考えられる。一方、図-3に示すように土被り20mの場合では載荷後の安全率が1.5を下回る部分が古洞から基礎面まで達しており、古洞の存在が基礎に与える影響は大きいと考えられる。次に、載荷位置の違いによる影響は図-2, 3からわかるように、土被り厚に関わらずほとんど境界条件の影響によるものが若干あるのみである。図-4(a)に杭基礎下15m位置に着目した局所安全率を示す。図-2中に着目点の位置を示す。この結果では、土被り20mの場合のみ目標

表-1 地盤物性値

地質名	密度 (kN/m ³)	変形係数 (kN/m ²)	ポアソン比	粘着力 (kN/m ²)	内部摩擦角 (°)
頁岩	21.7	241,200	0.35	765	12
砂岩	22.4	214,800	0.35	400	34
古洞	18.8	269,950	0.35	255	22

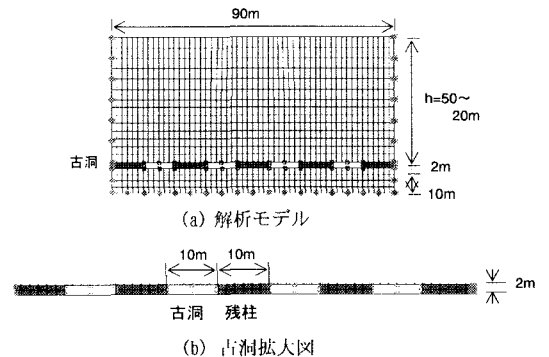


図-1 解析モデル

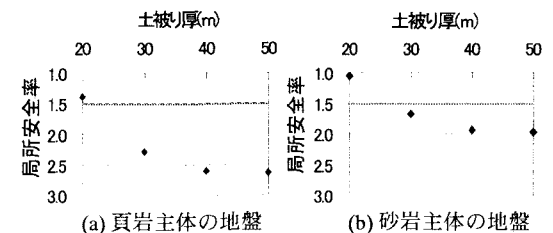
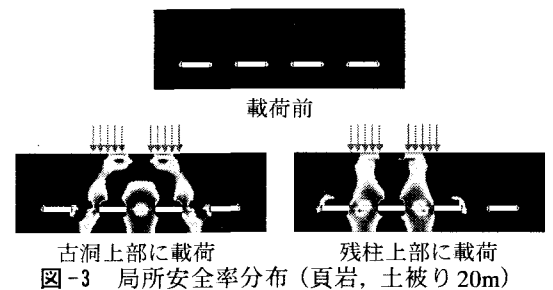
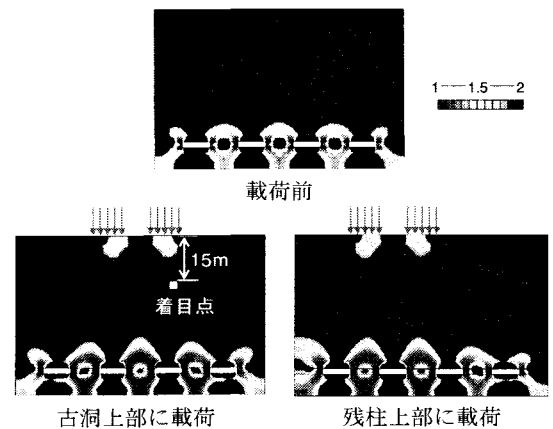


図-4 杭基礎下15m位置に着目した局所安全率

安全率1.5を下回り、30m、40mの場合では、50mの場合よりも安全率は低下しているが、目標安全率1.5以上であることから古洞の存在が基礎に与える影響は少ないと考えられる。

2-3 砂岩を主体とした地盤モデル

図-4(b)に示すように、土被り20mの場合では頁岩と同様に目標安全率1.5を下回り、破壊域が基礎面に達する可能性が高く、古洞の存在が基礎に与える影響が大きいと考えられる。

以上の結果より、宇部市の地盤では土被り30m以上が確保できれば、古洞の存在が基礎に与える影響は少ないと考えられる。

3. 古洞を2層含む地盤における構造物載荷シミュレーション

3-1 解析条件

前章において影響が少ないと判断した土被り30m以上の解析モデルについて、古洞を2層設定し、これまでと同様の構造物載荷シミュレーションを行う。ここで、古洞の上下間隔は10mとし、古洞寸法、荷重条件は前節と同様の条件とした。2層の古洞配置については、事前解析の結果図-5に示すように2層の古洞がずれて存在する場合の方が厳しい条件であることから、これを解析モデルとした。

3-2 頁岩を主体とした地盤モデル

図-5(b)に示す土被り30mの場合では、古洞の上下間で破壊域の拡がりがあるが、基礎面には達しておらず古洞の存在が基礎に与える影響は少ないと判断できる。また、図-6に示す各土被りでの杭基礎下15m位置に着目した局所安全率の図からも、土被り30m以上であれば安全率は1.5以上であり、古洞の存在が基礎に与える影響は少ないと考えられる。

3-3 砂岩を主体とした地盤モデル

土被り30mの場合における載荷前後の安全率分布図を図-7に示す。頁岩と比較すると粘着力が小さいため、目標安全率1.5を下回る部分が大きく拡がり基礎面まで達している。また、図-8に示す各土被りでの杭基礎下15m位置に着目した局所安全率の図からも、土被り30mの場合では目標安全率1.5を下回り、古洞の存在が基礎に与える影響が大きいと考えられる。

以上の結果より、頁岩を主体とした地盤では、土被り30m以上であれば古洞が2層存在する場合でも古洞の存在が基礎に与える影響は少ないが、砂岩を主体とする地盤では、古洞が2層存在する場合は検討の必要が生じる。現実の地盤は、頁岩と砂岩は互層状態で構成されていることを考慮すると、土被り30mをグラウト充填等の対策工施工の判断根拠とすることは妥当であるといえる。

4. 結論

本研究では、古洞を含む地盤において土被りを変化させて構造物載荷シミュレーションを行った。その結果、①載荷位置の違いによる安全率低下の部分に大きな変化は見られない。②土被りが30m以上あれば、古洞の存在が基礎に与える影響は少ないと考えられるが、古洞が連続して2層存在する場合や砂岩を主体とした地盤では、ほぼ限界状態であると考えられることが分かった。

参考文献

- 1) 山口県宇部小野田湾岸道路建設事務所:山口県宇部小野田地区道路及び街路事業に伴う古洞対策検討委員会資料

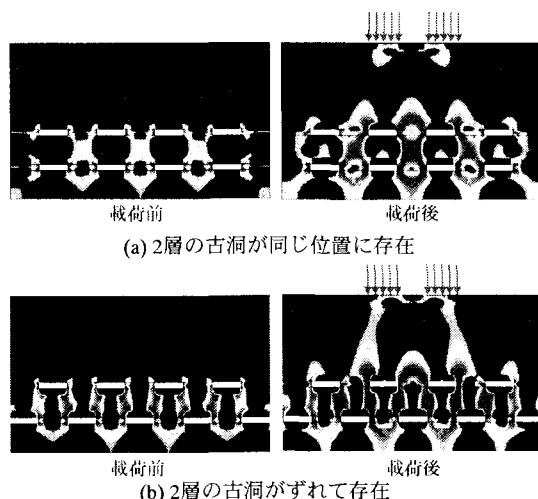


図-5 古洞モデルの比較(頁岩、土被り30m)

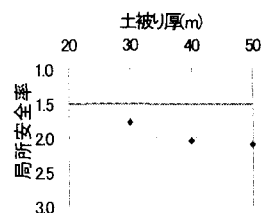


図-6 杭基礎下15m位置に着目した局所安全率(頁岩主体の地盤)

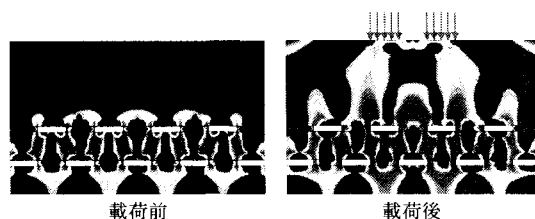


図-7 局所安全率分布(砂岩、土被り30m)

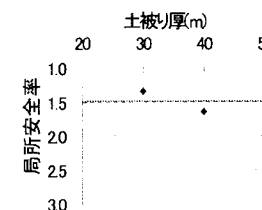


図-8 杭基礎下15m位置に着目した局所安全率(砂岩主体の地盤)