

地下空間設計における感性評価と力学解析の融合の試み

山口大学工学部 学○今泉暁音 正 清水則一
 広島工業大学 正 櫻井春輔

1. はじめに

地下空間は、トンネル、地下発電所、地下街などの社会施設としての利用だけでなく、アート空間あるいはアミューズメント空間として利用することが考えられる^{1)~4)}。しかし、一般に人々は地下空間に対してネガティブなイメージを持つことが多い。したがって、地下空間を、力学的立場からはもちろんのこと、空間の快適性など感性的要素も取り込み設計することが1つの課題と考えられる⁵⁾。本研究では、地下空間の形状を題材として感性と力学設計を融合した設計の可能性を検討することを目的とし、地下空間の快適性評価と力学的安全性評価をそれぞれ行い、それらの結果を用いて地下空間形状の総合評価を行う。

2. アンケート実施による

地下空間形状の快適性評価⁶⁾

図1に示すような、実写真を画像処理し作成した、様々な形状の地下空間に対して、250人を対象に、快適性評価のアンケートを行った。8種類の形容詞対（「バランスの良い-バランスの悪い」「広がりのある-広がりのない」など）に、「快適-不快」という評価基準を加えて、図2に示すように7段階で被験者に評価を求めた。アンケート結果から、良いイメージで捉えられる側を7、悪いイメージで捉えられる側を1として評定値を求め、それを用いて、SD法⁷⁾⁸⁾

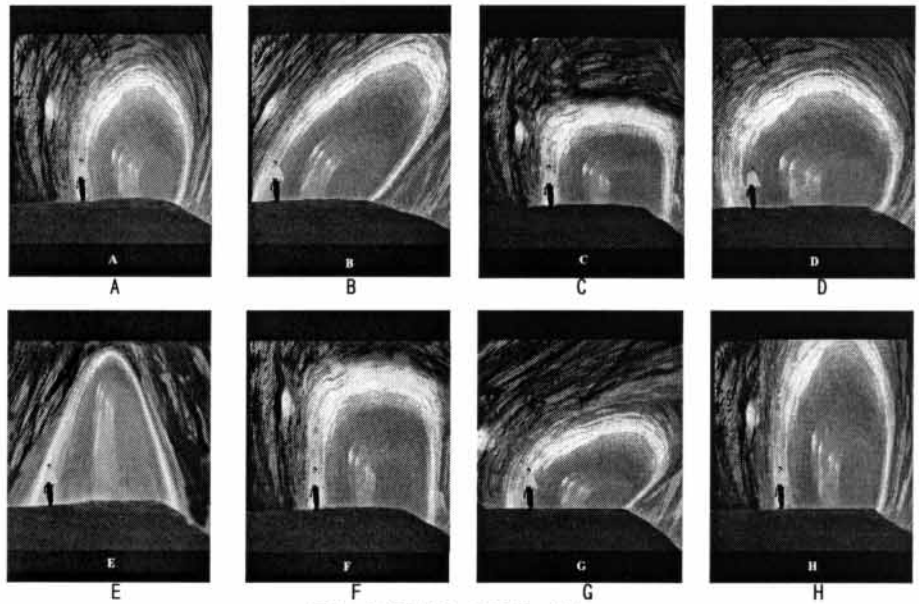


図1 評価対象のスライド

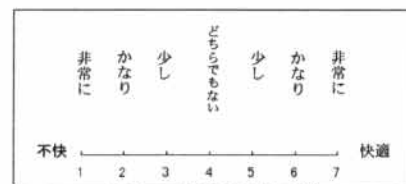


図2 評価尺度の例

に基づく因子分析と、快適性評価値を目的変数、他の形容詞尺度評価値を説明変数とし重回帰分析を行った。図3に快適性評価結果を示す。上半円形、矩形、アーチ形が快適性の値が高く、斜めにゆがんだ形状の値は小さくなっている。

3. 地下空間形状の安全性評価

図2に示す地下空間に対し、2次元平面ひずみ条件で弾性解析を行った。入力パラメーターは表1に示す。初期応力は静水圧状態 (Case1) 及び側圧係数2 (Case2) の2ケースとした。本解析条件の岩盤の限界せん断ひずみ γ_c を0.375%とし、最大せん断ひずみがこの値を領域を不安定領域とみなす。解析結果より

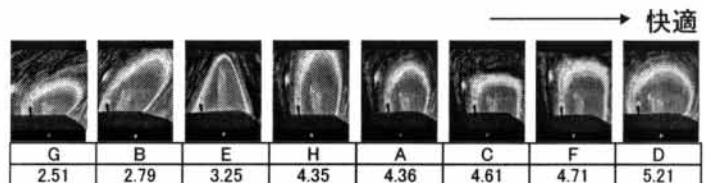


図3 快適性評価

(図4参照)、掘削面積 A_0 、最大せん断ひずみが限界せん断ひずみを超える領域の面積 A_{ss} 、さらに引張応力が生じた領域の面積 A_{st} とし、それぞれ掘削面積 A_0 との比を求め、せん断破壊に対する指標： $M_{ss0}=A_{ss}/A_0$ 、引張破壊に対する指標： $M_{st0}=A_{st}/A_0$ を定める。そして、空洞の危険指標： $M_{s0}=M_{ss0}+M_{st0}$ とし各形状間の安全性の比較をおこなった (図5、および表2)。Case1ではE,Bが、Case2ではC,Gが上位となっている。

keywords : underground space, perception, rock mechanics, comfortality, safety

連絡先 〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1 山口大学大学院理工学研究科社会建設工学専攻 今泉暁音
 TEL 0836-85-9334 FAX 0836-85-9301

表1 解析条件

解析領域:100×100(m ²)		
弾性係数 E (Gpa)	1	
ポアソン比 ν	0.25	
単位体積重量 ρ (kN/m ³)	25	
初期応力 (MPa)	鉛直方向成分	5
	水平方向成分	Case1: 5 Case2: 10

表2 地下空間の安全性

		A	B	C	D	E	G	H	
Case1	M _{st}	0.46	0.38	0.60	0.56	0.40	0.53	0.45	0.51
	M _{st}	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	M _{sd}	0.46	0.38	0.60	0.56	0.40	0.53	0.45	0.51
Case2	M _{st}	2.37	2.20	1.83	1.94	3.34	2.09	1.47	2.92
	M _{st}	0.01	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.02
	M _{sd}	2.38	2.20	1.83	1.94	3.53	2.09	1.47	2.93

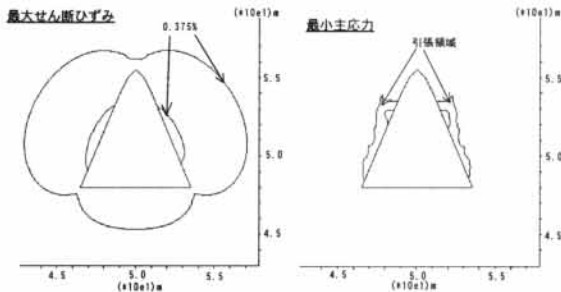


図4 解析例 (形状E, Case2)

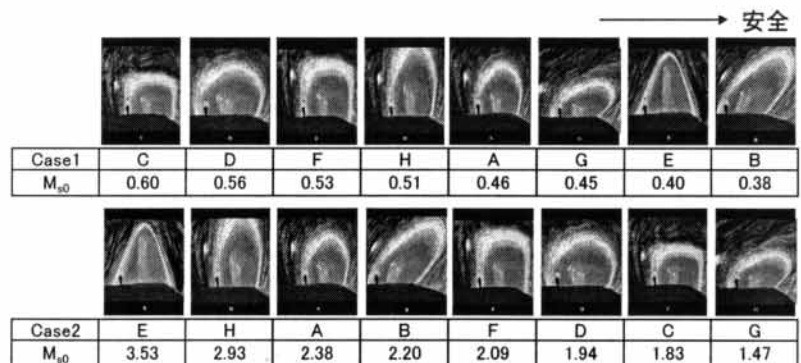


図5 地下空間の安全性評価

4. 感性和力学による地下空間形状の評価

2. で求めた快適性の評価値を M_p とする。M_p を1~7の値で評価したので、安全性に対しても、同様に安全側を7とし、1~7の値で表す。ここでは各ケースに対しそれぞれ評価値 M_{s0} の最大値を1, 最小値を7とし、その間は比例的に値を与え、安定性の評価値 M_s とした。図6は、快適性と安全性の評価値をプロットし、その分布を3次曲線近似したものである。Case1では快適性と安全性には相反する関係があるが、Case2ではC,D上が安全性と快適性の両者を満足する形状となっている。仮に総合評価値: M=M_p/2+M_s/2 とし、さらに、2つのケースの平均評価値 M' を求めた (表3, 図7)。2ケースを総合するとC,あるいはAが最適形状となる。

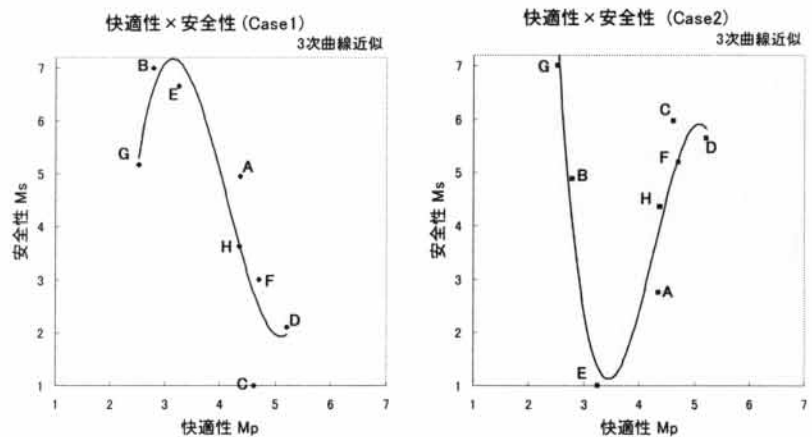


図6 快適性と安全性の関係

表3 地下空間の総合評価値

	A	B	C	D	E	F	G	H	
快適性 M _p	4.36	2.79	4.61	5.21	3.25	4.71	2.51	4.35	
安全性 M _s	case1	4.95	7.00	1.00	2.10	6.65	3.01	5.18	3.63
	case2	4.36	4.88	5.96	5.64	1.00	5.20	7.00	2.75
M=(M _p /2+M _s /2)	case1	4.66	4.89	2.81	3.65	4.95	3.86	3.85	3.99
	case2	4.36	3.83	5.29	5.42	2.12	4.95	4.76	3.55
M'=(M ₁ +M ₂)/2	4.51	4.36	4.05	4.54	3.54	4.40	4.30	4.37	

5. まとめ

空洞形状の評価の一例として感性的快適性と力学的安全性の両側面からの評価を行い、感性和力学の融合という新しい研究分野に挑戦した。今後取り組むべき課題として、感性的評価の際の評価対象の臨場感ある提示、地下空洞の安全性評価指標、感性和力学的検討結果の総合的評価方法の検討が挙げられる。

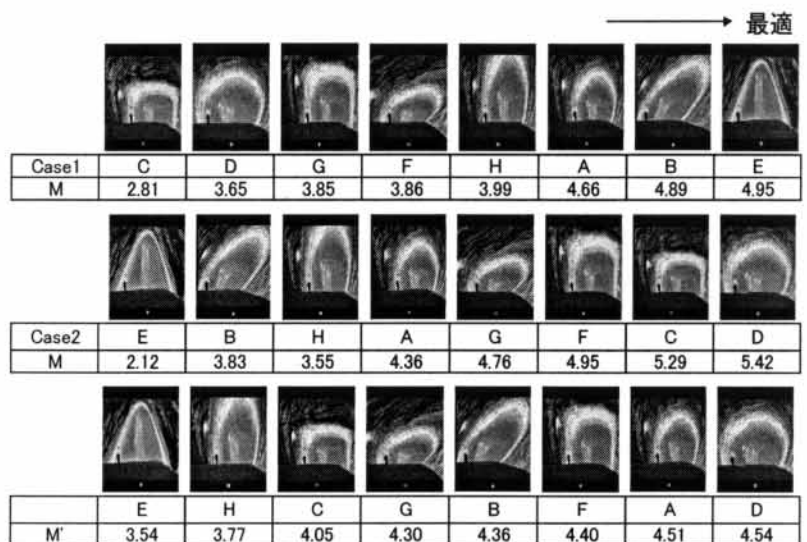


図7 地下空間の総合評価

<参考文献>1)櫻井春輔:地下空間におけるアート創造の可能性,平成12年土木学会中国支部研究発表会特別講演会資料,2000.2)渡辺与四郎:地下建築物のデザイン手法,丸善株式会社,1987.3)中田金太,近久博志,吉元 洋,小林 薫:国内初の岩盤地下美術館,トンネルと地下,土木工学社,1996.3.4)川本眺万:ロックエンジニアリングと地下空間,鹿島出版会,1990.5)山本伸二:地下空間の力学的挙動を考慮した意匠設計に関する基礎的研究,神戸大学工学部建設学科 卒業論文,1997.2.6)今泉暁音,清水則一,櫻井春輔:平成13年土木学会中国支部研究会,2001.6.7)鈴木浩明:快適さを測る—その心理・行動・生理的影響の評価—,日本出版サービス,1999.8)岩下豊彦:SD法によるイメージの測定,川島書店,1983.8