

## GISを用いた地表陥没発生危険性の評価に関する研究

九州大学工学部 学生員〇渡部康祐 正会員 江崎哲郎

正会員 三谷泰浩 学生員 永尾龍大

## 1. はじめに

浅い地下の炭坑跡や採石場跡では、空間を支持する残柱や天盤が崩壊し、地表陥没による深刻な環境問題が生じている。地表陥没は比較的深度の小さい地下で、採掘などの地下開発が行われた地域で発生する現象である。これは、地下空洞が何らかの要因で崩壊し、その崩壊が地表面まで達したときに発生する。地表陥没は、地形、地盤、採掘状況、空洞配置などの様々な要素 (Fig.1) に影響される。ゆえに、その危険性を評価するには、これら複数の要素を総合的に扱うことが重要となる。本研究では、ある地域の地下採石場跡を対象として、GIS(Geographic Information System:地理情報システム)を用いて、地表陥没に及ぼす要因を総合的にとらえ、その危険性を評価した結果を示す。

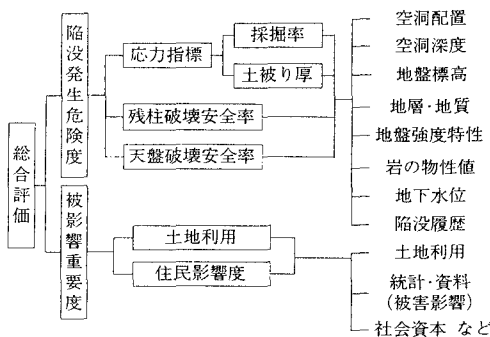


Fig.1 Influence factor of cave in incident

## 2. 陥没発生危険性評価のためのGISの適用性

地表陥没問題に対しては、従来から有限要素法などの数値解析が行われてきた。これらは地盤内の変位や応力を求め、空洞の破壊や安定性を判断するもので、陥没発生の危険性およびその影響を総合的にとらえることはできない。地表陥没発生危険性を評価するためには従来の解析も含め、地圏環境に与える影響をも評価し、多面的な影響要素を統合してとらえる必要がある。そのために、様々な要素を地理情報として管理し、解析・統合することが可能なGISの適用が有用であると考えられる。

## 3. 陥没発生に影響を及ぼす要素の選択

陥没発生は、採掘の空間的分布に依存する。採掘された領域では残柱や天盤が、土被りによる荷重を

支持することにより、その安定性を保っている。しかしながらその荷重が支持力を超えると、空洞は安定性を失い、陥没発生の危険性が增大する。ゆえに、本研究では、その危険性を評価するために、様々な影響要素の中から、一定領域における採掘された領域を2次元的に表す「採掘率」と、上載地盤の自重として「土被り厚」の2つの要素を選択し、これを統合して、空洞を支持する残柱などにかかる負荷応力を指標化した「応力指標」を算出し、これを用いて評価する。

## 4. GISを用いた陥没発生危険性評価の設定条件

以下に、GIS(ソフトウェア:ArcView)を用いた解析における対象地域の設定条件を示す。

## (1) 対象領域の設定

ある地区の、残柱式採掘による採石場跡地のうち、陥没履歴が記録されている箇所 の 400m 四方を対象領域として解析する。

## (2) 解析のための基準領域の設定

解析は対象領域を基準領域に分割して行う。この基準領域は、陥没発生危険性評価の基準となるため、情報をできる限り精度よくかつ的確に表現できるように設定しなければならない。

本件の採掘空洞は、空洞幅が 10 間(18m)以内、残柱幅が 4 間(7.2m)以上と規定されて採掘された。領域毎の荷重負担を検討するために、基準領域は規定された幅以上のものが良いと考えられる。また、基準領域を大きくすると、誤差が多く含まれることになり採掘をうまく表現できない。これらを考慮して、基準領域は 20m 四方(400m<sup>2</sup>)を設定する。

## 5. 解析結果と考察

## (1) 採掘率

解析結果を Fig.2 に示す。採掘率は、空洞の状況を概略的に定量化できるため、空洞の有無による非危険領域の除外や危険箇所の絞り込みに有効となる。陥没発生箇所では、いずれも高い値を示すが、陥没発生箇所以外も高い値を示した分布が多く見られる。この結果のみから陥没発生危険性は判断しがたい。

## (2) 土被り厚

対象領域の土被り厚の分布を Fig.3 に示す。対象領域は大部分が 20~30mの厚さである。陥没発生箇所における値は 19~21m と全体の平均よりや

や小さい値を示す。しかしながら、陥没が発生した箇所と同様の土被り厚は、対象領域内に所々に分布し、この結果のみから陥没発生危険性は判断しがたい。

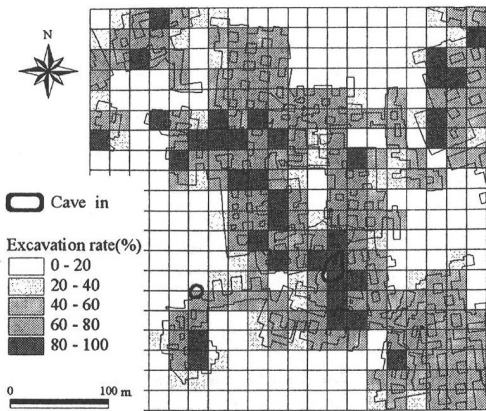


Fig.2 Excavation rate

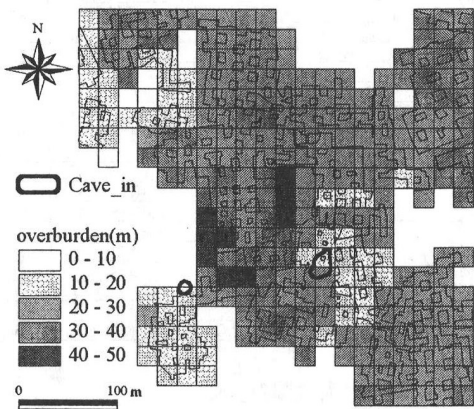


Fig.3 Overburden

(3) 応力指標

上述の結果より、新たな指標値として以下に示す応力指標値を導入する。

$$W_i = (\gamma h_i / \gamma h_0) \times \{100 / (100 - \alpha)\}$$
$$N_i = W_i / W_{max} \times 100$$

$W_i$ : 基準領域の未採掘部が分担する上載荷重(t)  
 $W_{max}$ : 対象領域内の  $W_i$  の最大値  
 $\gamma$ : 単一地盤と仮定したときの単位体積重量(t/m<sup>3</sup>)  
 $h_i$ : 各基準領域毎の土被り厚(m)  
 $h_0$ : 単位深さ(1m)     $\alpha$ : 採掘率(%)  
 $N_i$ : 各基準領域毎の応力指標値(最大値で正規化)

本指標値は基準領域にある未採掘部が分担する土被り荷重による応力を便宜的に表現したものである。

解析結果を Fig.4 に示す。対象領域において、約 86%が 0～20 の値を示し、約 12%が 20～40 の値を示す。陥没発生箇所は、これら 2 つの範囲に属さず、高い指標値(100,71)が隣り合う領域に発生している。このように、本指標値が大きく、かつ集中している領域で陥没の発生危険性が高いと評価される。このような観点から、対象領域を見ると、陥没が発生している場所以外にも、値の高い領域が 1 箇所見られる。この箇所については陥没が発生している領域の指標値よりも小さい値(78,56)を示しており、現時点では陥没には至っていないものの、陥没発生の危険性が非常に高いと考えられる。今後、この領域における詳細な検討が必要である。

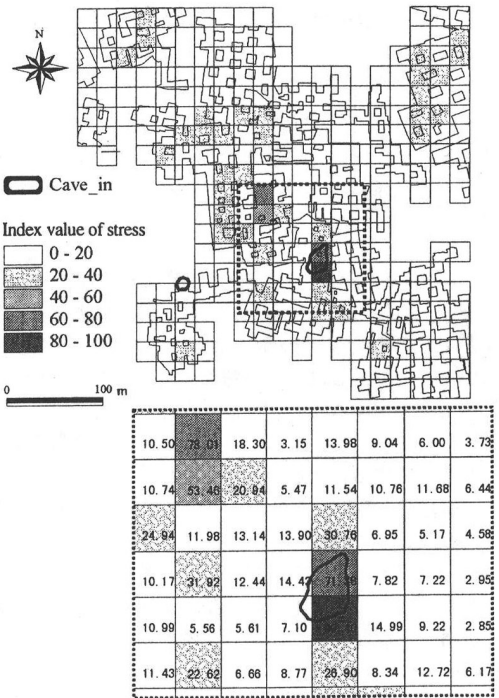


Fig.4 Index value of load

6.終わりに

今回は地表陥没に及ぼす要因を 3 つ選択し、陥没発生危険度を評価し、陥没履歴との相関性を示したが、この評価は Fig.1 にも示したように多くの影響要素をとらえて評価する必要がある。今後は、陥没発生の詳細の検討を行い、陥没発生によって影響の及ぶ被影響要素も加え、総合的評価を行う予定である。