

京都大学	博士（工学）	氏名	廣岡 知
論文題目	高精度傾斜計測による大規模地下空洞の安定性監視に関する研究		
<p>（論文内容の要旨）</p> <p>本論文は、地下石油備蓄施設などの大規模地下空洞において、長期にわたる力学的安定性を評価するために導入されている高精度傾斜計測に対して、それらの傾斜観測データから空洞周辺岩盤の状態の経年的な変化を如何に読み解くか、その方法論（データ分析と評価の方法）を提案しているものであって、序論、結論の他、7つの章からなっている。</p> <p>まず、序章では、地球物理学やエネルギー資源分野における研究への傾斜計測の利用について概観し、本研究の目的と位置づけ、並びに本論文の構成について概説している。</p> <p>第1章では、本研究で具体的な対象とした石油地下備蓄施設において導入されている高精度傾斜計測の概要について述べたあと、空洞周辺に配置されたそれらの傾斜計の約10年にわたって採録された観測データに含まれる各種の外乱に対する応答を同定して、それらを、潮汐応答（地球潮汐による傾斜変動）、気圧応答（台風など異常気圧を含む大気圧の変動に対する応答）、操業応答（原油受払による不定期の変動と岩盤タンクの気相圧制御に対する応答）、地震応答（地震発生時とその前後における傾斜変化）と定義している。</p> <p>第2章では、高精度傾斜計測に対する従来のデータ分析・評価の考え方、すなわち、上記の各種応答を長期的な傾斜変化の把握における外乱であるとする立場を踏襲し、それらの影響を取り去った残余時系列に対して、さらに温度変化の補正を行う方法を提示するとともに、その結果として得られた傾斜観測データのトレンドからは、広域地殻変動との相関はあるものの、直接的には空洞周辺岩盤の経年的変化を評価することは困難であることを示している。</p> <p>第3章では、従来の評価方法とは全く逆に、それらの各種外乱に対する応答こそ、空洞周辺岩盤の状態把握に積極的に利用すべきであるとの立場を提唱し、まず、そのはじめとして、潮汐に対する傾斜計の応答を分析する方法を提示するとともに、それによって、空洞周辺岩盤の変形性とその経年変化が評価できることを示している。</p> <p>第4章では、日常の大気圧変動に対する傾斜応答について、数値解析による検討を通じて、気圧応答は地表地形の影響が支配的であるものの、傾斜計設置位置ごとの応答の微妙な差異から、空洞や周囲地質の影響を読み取ることができることを示すとともに、潮汐応答と同様に、その経年的な変化から空洞周辺岩盤の安定性が議論できることを示している。</p> <p>第5章では、石油備蓄空洞において岩盤へのより直接的な荷重変動イベントである原油払い出しに伴う空洞内圧変動に関して、その際の傾斜応答を分析することで空洞周辺岩盤の変形性が評価できることを示している。また、常時行われている岩盤タンクの気相圧制御について、微小ではあるがその応答を抽出することが可能であることを示し、それらを空洞への直接的な载荷試験と見なしうることを提唱している。</p> <p>第6章では、地震に対する傾斜計の応答に関して、地震時の動的な傾斜変動ではなく、地震前後に生じた残留傾斜変化に注目すべきであると主張し、それを岩盤にもた</p>			

京都大学	博士（ 工学 ）	氏名	廣 岡 知
<p>らされた微小なダメージであるとの考えをもとに、その静的傾斜変化を観測データから抽出する方法を提示している。また、それらと全世界で発生した地震との対応づけを行って、地震の震源距離・規模と静的傾斜変化の大きさの関係を定式化し、これまでに経験した大地震による静的傾斜の累積をもって空洞周辺岩盤の長期安定性が議論できること、ならびに将来発生が想定されている大規模地震による影響を予測できることを示している。</p> <p>第7章では、起こりうることが危惧されている空洞の力学的安定性の低下、すなわち周囲岩盤の緩み域の拡大に伴う変形係数の低下と空洞の一部崩落に対して、それによって生じる傾斜変化の大きさを簡単な弾性モデルによって見積もり、その結果をもとに、地下空洞の安定性に係わる傾斜計の各種応答の評価指標を示し、それらにもとづく新たな地下空洞監視の方法について総括的に議論している。</p> <p>最後に、結論において、本研究の成果を総括している。</p>			

## (論文審査の結果の要旨)

本論文は、地下石油備蓄タンクなどの直接アクセスできない大規模地下空洞を対象として、その力学的安定性が経年的に損なわれていくことを如何に的確に把握するかという課題に対して、高精度傾斜計による長期モニタリングの利用方法、すなわちそのデータ分析・評価の方法を確立することを目標とした研究について取りまとめたものであり、得られた成果の主なものは次のとおりである。

1. 高精度傾斜計測データに対する分析方法として、これまで長期傾斜変化を捉えるためには除外すべきであるとされてきた潮汐、気圧変化、地震など様々な外乱こそ利用価値が高いのであって、それらに対する応答とその変化から、空洞周辺岩盤の力学的状態の変化を追跡できることを明らかにした。

2. 潮汐や気圧変動などの日常的な繰返し荷重に対する微小な傾斜応答を抽出する方法を示し、それによって空洞周辺岩盤の変形性とその経年変化が評価できることを十数年にわたって収集された観測データにもとづいて実証した。

3. 石油備蓄空洞においては、操業による空洞内圧変動を実質的な直接载荷試験と見なせることを示し、傾斜計測データから空洞周辺岩盤の変形係数を算定できることを示した。

4. 地震に対する傾斜応答からは、地震の際に空洞周辺岩盤に生じた微小な残留変形、すなわち岩盤に与えられたダメージを抽出できること示すとともに、その経年的な累積から岩盤空洞の長期安定性を議論できることを示した。

5. また、地震によって生じる残留変形の大きさは、現地の震度とは対応せず、地震規模および震源距離と一定の関係にあることを示すとともに、その関係性にもとづいて、将来想定される巨大地震による地下空洞への影響の度合いを予測できることを示した。

本論文は、将来さらに重要度が増すであろう地下開発利用における長期監視のあり方に対して、一つの有用な方法論を提示している点で、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成30年6月22日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。

なお、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。