

# ドローンを用いた除染廃棄物仮置場キャッピングシートの歪の推定と破損危険度に関する研究

九州大学工学部 学生会員 木村 恭之 九州大学大学院 正会員 中山 裕文  
九州大学大学院 フェロー会員 島岡 隆行 リモート・センシング技術センター 非会員 古田 竜一  
(株)イッコウ 非会員 日浦 一朗

## 1. はじめに

2011 年 3 月に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う東京電力福島第一原子力発電所の事故により、放射性物質が広範囲に拡散した。除染作業により大量に発生した除染廃棄物は、フレコンバッグに収納され、除染廃棄物仮置場で通気性防水性シートによって覆蓋されて保管されている。しかし、シート上部に溜まる雨水や日射の影響によりキャッピングシートの劣化、破損が問題となっている。著者らはこれまでの研究で、歪ゲージを取り付けた模擬仮置場を設置して歪を計測し、雨水溜まりに起因する引張力によりシートが変形し局所的に大きな歪が発生することを明らかにしてきた<sup>1)</sup>。本研究では、ドローンで撮影した画像から仮置き場の 3D モデルを作成し、シートに発生する歪と応力を推定した。その際、雨水溜まりによってシートに作用する引き込み力と、雨水溜まり直下のシートに作用する静水圧の 2 つの要因を考慮し、有限要素法により歪と応力を推定することを試みた。また、仮置場におけるシートの歪と応力の推定を、有限要素法を用いずに 3D モデルの DEM データから得られるシートの傾斜角のみから簡易的に算出することについても検討した。

## 2. 模擬仮置き場の設置と歪の計測

模擬仮置場を設置し、キャッピングシート裏面 29 ヶ所に歪ゲージを貼りつけて歪の計測を行った。模擬仮置場内部のフレコンバッグは、雨水溜まりの発生量を調節するために図 1 に示す配置とした。

## 3. 模擬仮置場の歪計測結果と有限要素法による歪の推定

有限要素法を用いることで、コンピュータ上で作成した仮置場の疑似モデルに変位分布と水圧分布を与え、歪分布を算出した。図 2 のように、計算時に計算ソフト内で用いたモデルは模擬仮置場のキャッピングシートと同サイズ (W1200×d500×h0.04 (cm)) の直方体とした。シートの性状はヤング率 45MPa、ポアソン比 0.3、密度 259.1kg/m<sup>3</sup> とし、3D モデルから得た変位分布と水深分布を入力した。また、図 2 の模擬仮置場 3D モデル上に示した A-A'、B-B'、C-C'、D-D' 断面それぞれにおいて、この計算結果と歪ゲージによって実測した値の比較を図 3 に示す。歪の実測値は模擬仮置場施工 158 日後の値である。雨水溜まりの発生しなかった A-A' 断面では実測値と計算値でかなりの違いが発生したが、その他の断面では数%程度の誤差内で一致した。また、日本遮水工協会による仮置場キャッピングシートの強度に関する自主基準値 (1.725MPa (シート厚さ 4mm として計算)) より、3.84%以上の歪が発生すると破損の危険があるが、この模擬仮置場内では雨水溜まりが発生している B-B'、C-C' 断面のほぼすべての範囲で 3.84%以上の歪が計算結果から確認され、破損の危険が考えられるという結果になった。さらに、雨水溜まりが発生していない A-A' 断面以外の断面の、雨水溜まりによる沈みこみが発生する箇所において約 25%の値を取るなど、局所的に非常に大きな歪が発生している。シート自体の破断時引張強さは 9.2MPa であるため、今回の計算で

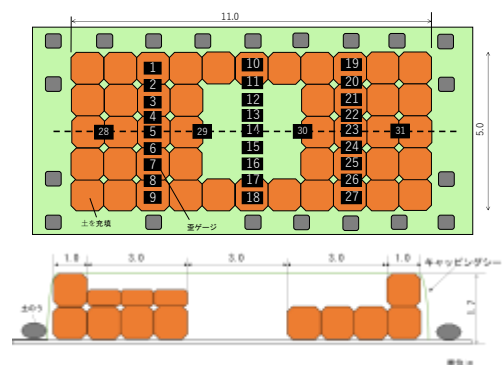


図 1 模擬仮置場上面図、断面図

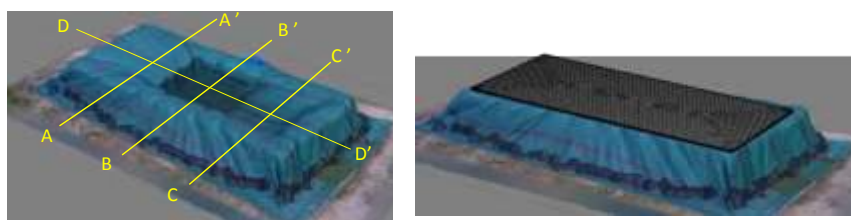


図 2 模擬仮置場の 3D モデルと解析に用いたモデルのメッシュ図

使用した雨水溜まり程度であれば破断の恐れはないが、一般に接合部の強度は弱くなるため注意が必要である。

#### 4. 傾斜角によるキャッピングシート破損危険部の推定

上記の方法では、有限要素法により歪と応力の値を算出して破損危険部を特定できるが、仮置場内に多数存在する廃棄物ストックの山を一つずつしか計算ができず、すべての山について作業を完了するのに多くの時間を要することが課題となる。そこで、歪と応力の推定を簡易化し、作業効率を改善することを試みた。図4は、仮置場の3DモデルからDEMデータを作成し、GISソフトを用いて傾斜角の分布を表示したものである。これと有限要素法による歪分布と比較すると、傾斜角70°から90°の表示で現れた箇所は歪が約25%発生している箇所と一致していることが分かる。図5は有限要素法による歪の計算値と、DEMデータから求めた傾斜角の関係である。この結果から、多少のばらつきはあるものの、傾斜角を求めることで簡易的に歪を推定することは可能といえる。

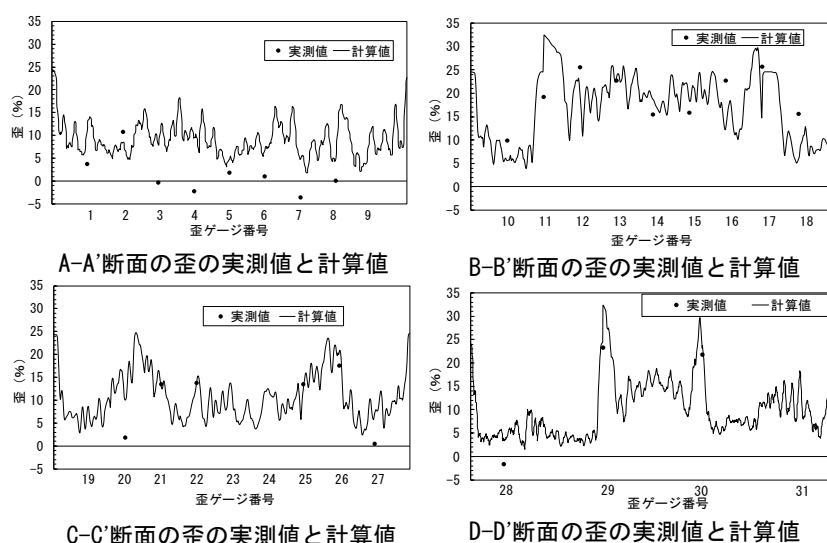


図3 各断面での実測値と計算値

#### 5. 実現場での適用

今回の計測結果を用いて、福島県の仮置場で歪の計算と傾斜角の表示による破損危険度評価を行った。図5に、調査を行った仮置場の3Dモデル、歪の計算結果、30°から90°の傾斜角の表示による破損危険度評価を行った結果を示す。歪分布と傾斜角を表示した図との比較から、歪が3%以上発生している箇所を表示できた。

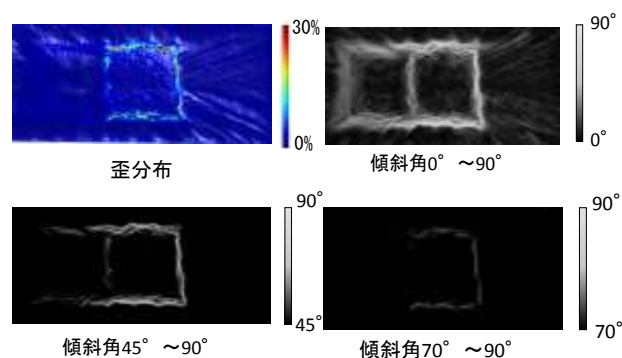


図4 歪分布と傾斜角度の表示

#### 6. まとめ

本研究では、模擬仮置場において、シート上部の雨水溜まりによる変位量を入力値として有限要素法に基づくキャッピングの歪の推計を行い、また、傾斜角による破損危険度評価の簡易化を試みた。その結果、歪の計算値と実測値は値の傾向は同様のものを示し、最大で約25%発生していた。傾斜角を表示した結果、多少のばらつきはあるが、歪と傾斜角には相関があると考えられ、歪の簡易的な推定に利用ができると言える。

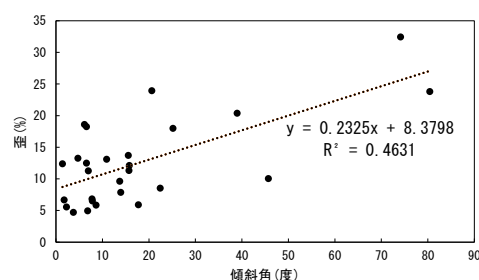


図5 歪の計算値とDEMデータから得た傾斜角の関係

#### 参考文献

- 1) 木村恭之 中山裕文 島岡隆行 古田竜一 日浦一朗 : SfMによる3Dデータを用いた除染廃棄物仮置場キャッピングシートの歪みと応力の推定、廃棄物資源循環学会研究発表会講演集、vol28、2017

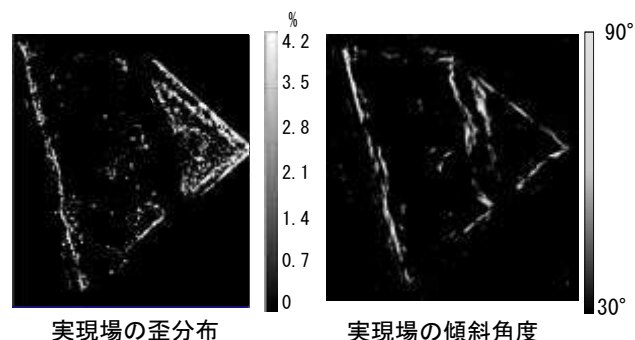


図6 実現場の歪計算結果と傾斜角度の表示