

イ. 測定結果について

厚みを6mm以上とするため積み重ね枚数を6枚とし測定する。表2はD型デュロメータを用いて異常検知箇所周辺の遮水シート(現物遮水シート)について測定した結果を示す。デュロメータによる測定では値に対する単位はなく、相対的な値を示す。新品の遮水シートの平均硬さは39.55~45.76である。

現物遮水シートの平均硬さは38.64である。ロット違いの新品遮水シートの結果と比較しても切り取られた現物遮水シートの平均硬さはやや小さい。しかし、材料特性を大きく変化させるほどの変化があるとは言い難く、本遮水シートのデュロメータ測定硬度には特に問題は見いだせない。

表2 D型デュロメータによる測定結果(現物遮水シート)

D型 6枚	
36	40
38	39
39	38
38	37
40	41
平均値	38.64

② 遮水シートの応力-ひずみの関係について

ア. 荷重と伸びの関係測定試験を行う目的

異常検知箇所周辺の遮水シートの強度が、実際の使用に伴い変化(経年劣化等)しているかを検討するために、異常検知箇所周辺の遮水シートの応力-ひずみの関係を測定する。

測定試験は日本工業規格 JIS K 2651(加硫ゴム及び熱可塑性ゴム-引張り試験方法)に基づき測定試験を行う。写真7は実際に遮水シートから試験片が切り取られたことを示す。



写真7 遮水シートより切り取られた試験片

イ. 実際に測定試験に用いる遮水シート形状について（測定試験片について）

測定試験を行う試験片形状は日本工業規格 JIS K 6251 に示されるダンベル型 3号試験片に準じる。図 3 は試験に用いた遮水シート（試験片）の寸法を示す（ダンベル型 3号に準ずる）。ここで日本工業規格 JIS に記載される試験片の厚みは 2mm が基準であるが、本試験片は実際に使用される遮水シートの厚さが 1.5mm であるため 1.5mm とする。

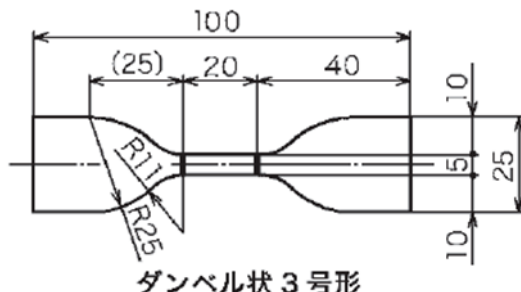


図 3 試験片の各種寸法

ウ. 測定方法について

インストロン型材料試験機（島津製作所製-最大荷重:250kN）を用いて測定試験を行う。写真 8 は実際に使用した材料試験機を示す。写真 9 は実際の測定中の画像（一例）を示す。試験片のつかみ部を治具によりはさみ、上側の治具を上昇させることにより遮水シートが引張られる。この時の引張り荷重と伸び量を測定し、応力とひずみの関係を作成する。引張り荷重は、ロードセル（荷重計）（荷重を機械的かつ電氣的に測定できる）を用いて測定する。伸び量は高性能ビデオカメラを用いて、試験中の 2本の白線間の距離を撮影し、画像処理によって測定する。この 2本の白線の距離は 20mm とする（写真 9 中）。なお応力は試験片に作用する引張り荷重を試験片の初めの断面積で除した値を、ひずみは単位長さ当たりの伸びを示す。

引張り速度は 50mm/min（ひずみ速度 0.24m/s）とする。本試験は、3 回以上行い、それらの結果の中から代表値を選び、応力-ひずみ線図としている。



写真 8 測定に使用した材料試験機



写真 9 実際の測定の一例

エ. 測定結果について

図4は異常検知箇所周辺の遮水シートの応力-ひずみ線図の測定結果及び新品シートの測定結果との比較を示す。縦軸は引張り応力(MPa)を示し、横軸はひずみを示す。黒色実線は新品の遮水シートの場合の応力-ひずみ線図であり、茶色は本件の異常検知箇所周辺の遮水シート部分の応力-ひずみ線図を示す。この結果より、異常検知した箇所周辺の遮水シートの応力-ひずみ線図は新品のそれとほぼ同じ特性を示し、強度特性の差異、すなわち経年劣化等は認められない。

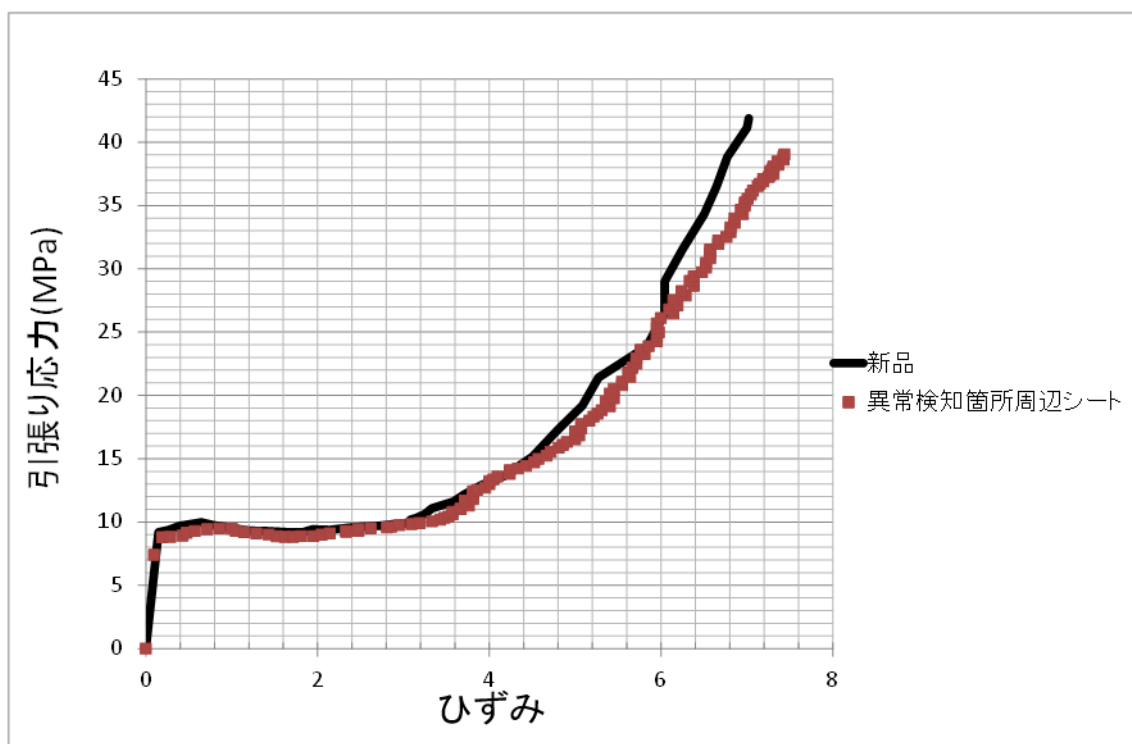


図4 異常検知周辺の遮水シートの応力-ひずみ線図と新品のそれとの比較

③ 異常検知した仕組みの推定

ア. 目的

現物遮水シートの目視観察によって確認したくぼみ(損傷)及び亀裂(P4の写真1)は、何らかの衝撃荷重が作用したために発生した可能性が高いと推測される。衝撃荷重以外に亀裂発生は難しいと考えられる。したがって、一對の銅線によって挟まれた遮水シートの銅線が交差する部分に衝撃荷重を作用させ、荷重の大きさによって遮水シートに穿孔が発生するほどのくぼみ(損傷)とくぼみ(損傷)周辺に亀裂が生じるかを検討する必要がある。さらに遮水シートに穿孔が発生するほどのくぼみ(損傷)が発生した場合、そのくぼみ(損傷)が生じるために必要な衝撃荷重の大きさを明らかにし、健全に使用された場合の遮水シートにくぼみ(損傷)が生じるかを検討する必要がある。

そのため、一對の銅線によって挟まれた遮水シートに衝撃荷重を作用させ、1) P4の写真1に示すようなくぼみ(損傷)が発生するかどうか、2) さらにくぼみ

(損傷)の周辺に亀裂が発生するか、を実験的に検討する。衝撃荷重を受けた上下銅線ではさまれた遮水シートの銅線部分に静的荷重(廃棄物の重量に対応)を作用させ、通電するか否かを調べる。

イ. 試験方法

落錘式衝撃試験機を用いてくぼみ(損傷)発生試験を行う。写真10は実際に使用した測定装置(落錘式衝撃試験機)を示す。遮水シートに79kgの錘(重り)を高さ5cm、10cm及び13cmから落下させ、銅線交点部付近の遮水シートの変形状態を観察する。その後、インストロン式材料試験機を用いて遮水シートに静的荷重(廃棄物の重量作用に対応)を作用させ通電が発生するか否か及びその時の静的荷重を明らかにする。

この実験では実験装置の都合で、錘の重さを79kgとし、上述したように5cm、10cm及び13cmの高さから錘を落下させる。錘との衝突速度は($\sqrt{2gh}$ で求められる)、それぞれ時速3.56km/h、5.04km/h及び5.75km/hである。安全的な実験のために、相対的にやや小さい衝突速度を採用した。写真11は本試験で用いた試験状況時の各種シートの関係を示す。地面側から自己修復シート、不織布、銅線、遮水シート、銅線、不織布、遮光性不織布のように実際に現場で使用されている状態としている。さらに栗石を再現するために厚板の鋼板をシート最上面に設置する。上下の銅線間の通電の有無は、電気抵抗値をテスターにより測定しその出力により判断する。

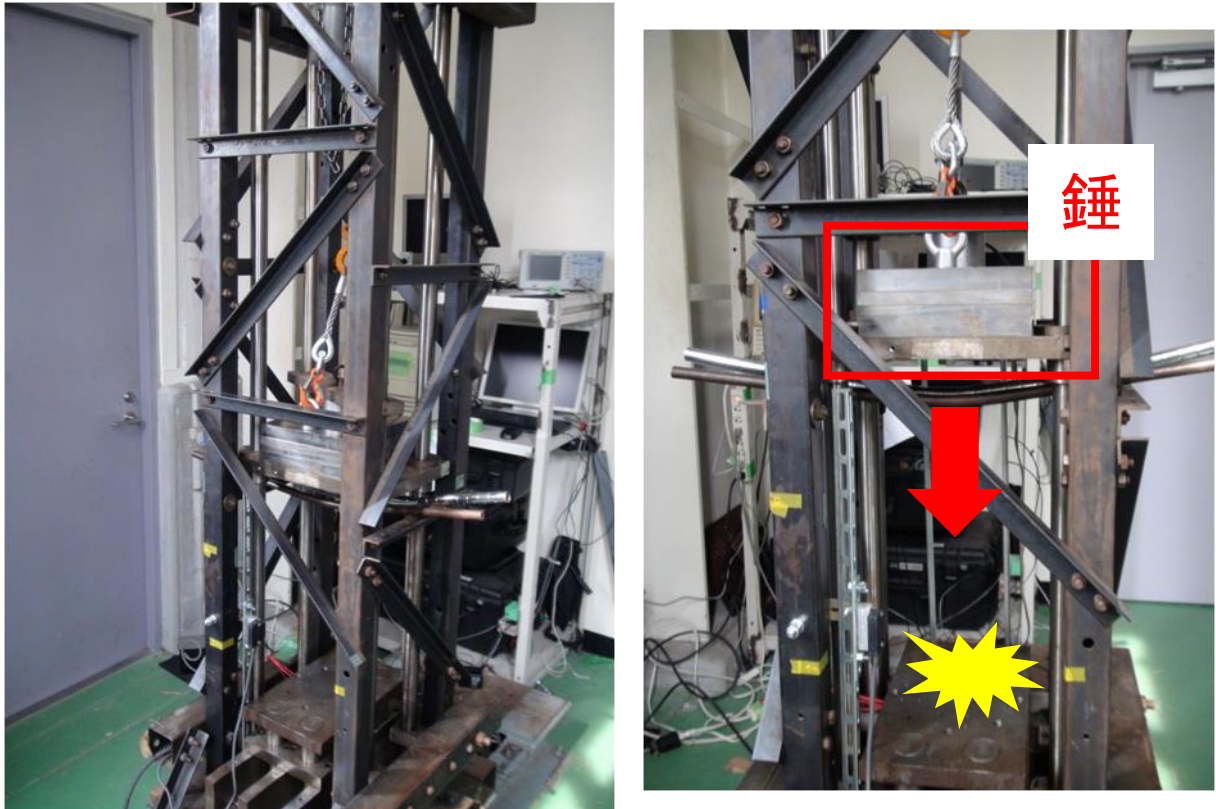


写真10 測定に使用した落錘式衝撃試験機

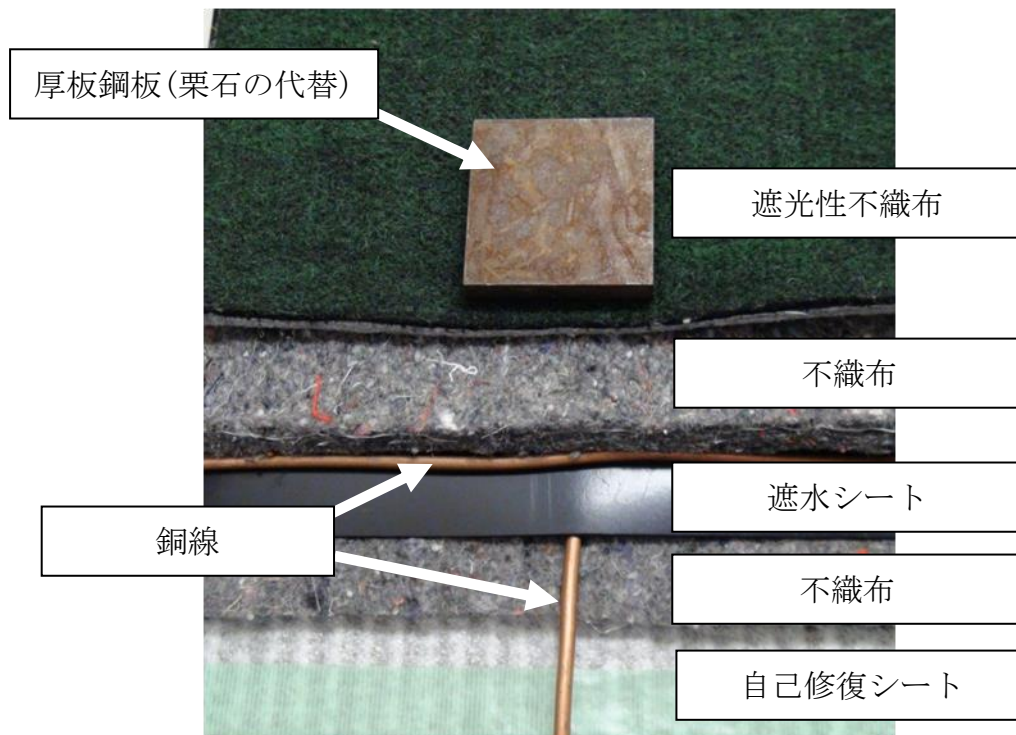


写真 1 1 測定実験における各種シートの位置関係（栗石は厚板鋼板で代用）

ウ. 試験結果

写真 1 2～写真 1 4はそれぞれ錘の落下高さ 5cm、10cm 及び 13cm としたときの遮水シートに残った痕跡を示す。写真 8～写真 1 0に示すように各落下高さに対して、遮水シートの上面（写真 1 2 (a)、写真 1 3 (a)、写真 1 4 (a)）にくぼみ（損傷）が発生している。さらに高さ 13cm の場合、やや深くくぼみ（損傷）と共に亀裂が発生していることが認められる（写真 1 4 (a)）。したがって、写真 1 4 (a)において衝撃荷重により異常検知部(P4 の写真 1)と同様くぼみ（損傷）部分とさらに亀裂部分が発生していることが認められる。P4 の写真 1 に示される亀裂に対して、写真 1 4 (a)の示される亀裂はより深い亀裂に見える。これは本試験における衝突速度を安全のためより小さく（落下高さ=13cm）しているためである。錘の重量をやや小さくし、落下高さをより大きくすると、写真 1 4 (a)に示される亀裂に近い亀裂が得られると推測される。

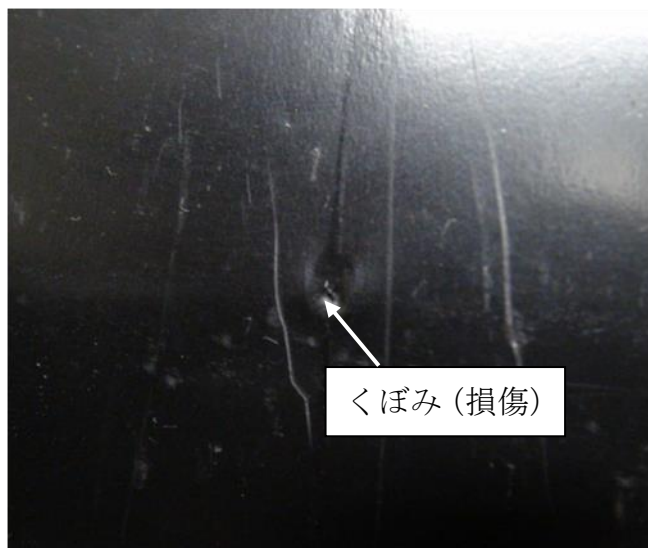
衝撃荷重を受けた時の通電について、一般的なテスターでは通電の確認はできなかった。一方で、衝撃荷重を受けた直後では、錘の重さ 79kg が衝撃試験後もそのまま静的に作用するが、どの落下高さからの衝撃試験後も通電状態は認められなかった。

図 5 はインストロン式材料試験機による、再通電に必要な静的荷重測定の結果を示す。錘の高さが 5cm の場合、再通電時の荷重は 400kgf、高さ 10cm の場合、再通電時の荷重は 300kgf、高さ 13cm の場合には 660kgf であった。これは静的荷重による通電に必要な荷重の 2 トン (2000kgf) *より小さい。さらに再通電を確認後、

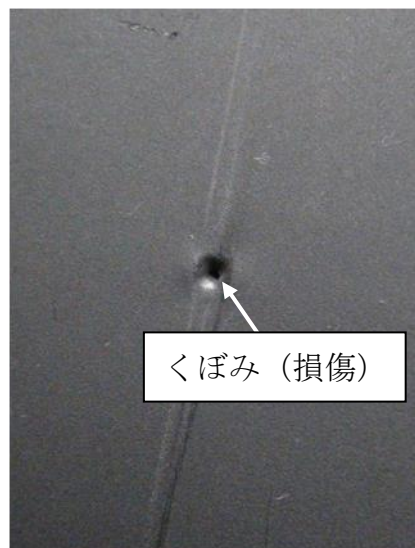
除荷（材料試験機において荷重を小さくしていく）を開始した。その結果、通電しなくなる荷重はそれぞれ、再通電に必要な荷重より小さいことが認められた（5cmの場合、390kgf。10cmの場合、270kgf。13cmの場合500kgf。）。

※平成24年度第2回安全管理委員会報告書

「資料2:澤俊行広島大学大学院特任教授による検証最終報告書（P25 4.1.3 試験結果）」より



(a) 5cm の場合（上面：錘側）

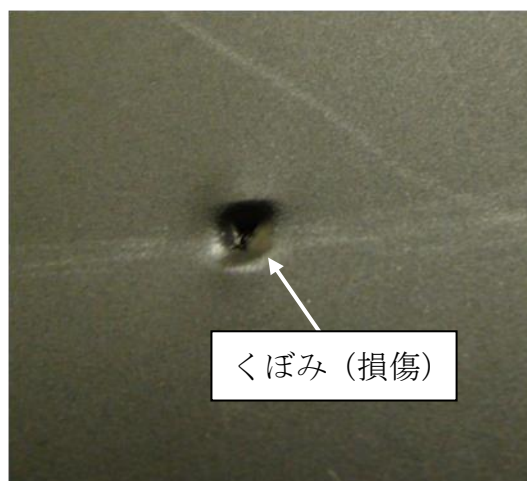


(b) 5cm の場合（下面：地面側）

写真12 衝撃試験後の遮水シート(5cmの場合)

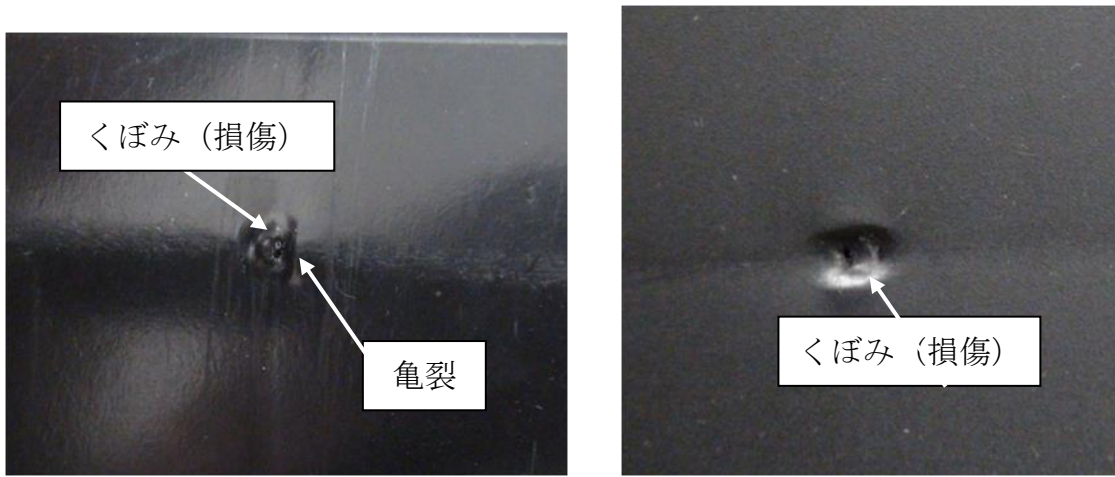


(a) 10cm の場合（上面：錘側）



(b) 10cm の場合（下面：地面側）

写真13 衝撃試験後の遮水シート(10cmの場合)



(a) 13cm の場合 (上面 : 錘側)

(b) 13cm の場合 (下面 : 地面側)

写真 1 4 衝撃試験後の遮水シート (13cm の場合)

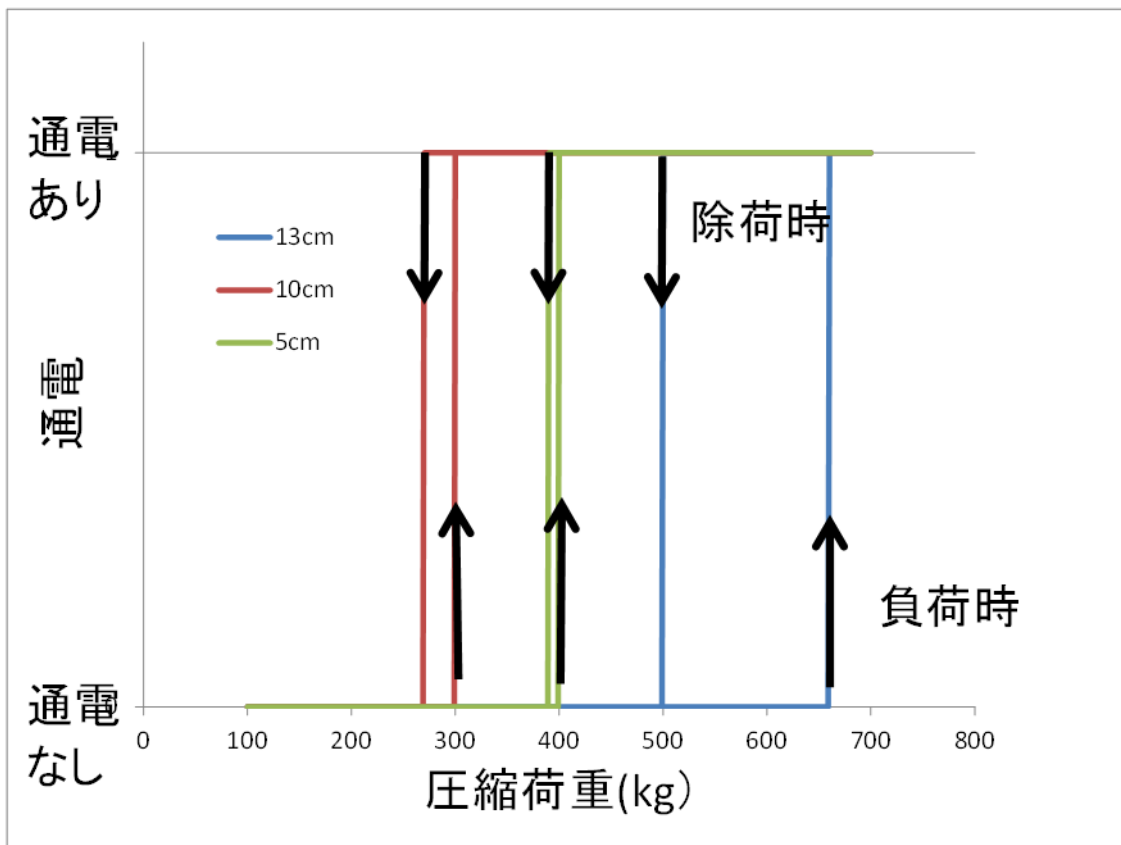


図 5 再通電に必要な静的荷重測定結果

エ. まとめ

本異常検知に関する仕組みをまとめると、以下のようになる。

- 1) 現物の遮水シートの材料特性試験の結果から劣化は認められなかった。
- 2) 遮水シートの上下銅線の交点部分に衝撃荷重が作用した。このため「くぼみ（損傷）」と「亀裂」が発生した。
- 3) さらに廃棄物の重量が作用したために、通電に至った。すなわち異常検知が発生した。
- 4) 再度廃棄物を除去し、廃棄物の重量を取り除くと、通電が起こらなくなった。
- 5) 以上の結果から、異常検知の基本的現象は遮水シート設置後の集排水管周りの栗石設置時の衝撃荷重と推定される予想外の荷重が作用したためにできた、遮水シートの「くぼみ（損傷）」が原因と推定される。