

漏水検知システム異常検知に関する原因究明調査結果について

平成 23 年 7 月 29 日（金）

（財）山梨県環境整備事業団

これまでの現地調査結果からの考察

- ・漏水検知システムによる予想原因箇所の電極交点付近を中心に行った掘削調査、負圧試験等の結果、漏水検知システムの測定状況からは、直接的に原因に結びつく現象（事象）は発見（確認）できなかった。
- ・また、初期段階で検知レベルを 5V から 1V に下げても、この交点部のみが異常値（高電流値）を示していたことから、原因箇所はこの電極交点付近であると考えた。
- ・予想原因箇所（電極交点付近）の上部覆土を撤去した 1 月 20 日より、漏水検知システムの測定値が正常値に戻り現在まで変化無しであること。
- ・平成 23 年 3 月 7 日（月）安全管理委員会等の立ち会いのもとに行った目視確認で、先行掘削区間（3m 四方）の予想原因箇所と一致する電極交点部の圧迫跡が確認された。（写真－1～4）

以上のことから、この電極交点部の圧迫跡に関して、損傷の有無、通電の有無等検討するため実験（基礎実験）を行うこととした。

基礎実験（事業団および施工業者の基礎調査）

※事業団の基礎実験

○平成 23 年 4 月 15 日(金)より、山梨県工業技術センターの技術協力のもと、上層遮水シートおよび銅線電極または遮水工構造一式および銅線電極の材料による基礎実験を行った。

○実験結果概要

- ・ 遮水工および漏水検知システムの銅線電極によるモデルを作成し、現地と同じ条件となるよう浸出水で湿潤させながら、機械または重り加重により加重通電実験を行ったところ、埋立荷重よりもかなり大きな加重を掛けると、通電（異常検知）することを確認した。（写真－５）
- ・ 通電状態であっても、一定の加重軽減で通電は瞬時に解消し、また、解消状態からは、わずかな加重増加でも再通電が確認され、この現象は繰り返し行うことでも確認された。
- ・ 加重の多くは、加重面積によらず、上層遮水シートを上下に挟む銅線電極に集中し、電極の交点部分に小さな圧迫跡が生じ、この圧迫跡は埋立地で確認された圧迫跡に酷似していた。（写真－６）
- ・ 上記の実験を何回か繰り返し行い、拡大鏡にて圧迫跡の観察を随時行ったところ、ごく小さなものであるため、貫通孔の確認はできなかった。また、時間経過と共にヘソ様にシワが集まった形態で縮小することも確認できた。
- ・ 通電が起こった上層遮水シートの圧迫跡の多くは、強負圧下でしか損傷が確認できなかった（通常の負圧試験の領域（－6.7kPa）では気泡の発生はなかった）。（写真－７、８）
- ・ また、通電した上層遮水シートは、時間の経過で更に強負圧下での損傷確認となった。

※施工業者の基礎実験

○平成 23 年 6 月 15 日(水)、17 日(金)、西東京市の坂田電機(株)において、上層遮水シートおよび銅線電極による基礎実験を行った。(15 日には事業団職員立ち会い)

○実験結果概要

- ・ 上層遮水シートおよび漏水検知システムの銅線電極によるモデルを作成し、浸出水で湿潤させずに、乾いた状態にて、機械により加重通電実験を行ったところ、埋立荷重よりもかなり大きな加重を掛けると、通電（異常検知）することを確認した。(写真－9)
- ・ 実験に用いた遮水シートは、環境整備センターで保管されていたものと、製造メーカーから取り寄せた出荷前の新品それぞれ 30 枚ずつを使用した。加重通電および負圧試験の結果は同等であった。
- ・ 加重通電実験後の遮水シートには、埋立地の上層遮水シートで確認されたものと酷似した圧迫跡が生じた。(写真－10)
- ・ 圧迫跡を随時観察し、ごく小さなヘソ様にシワが集まった圧迫跡の確認および、なかには目視により光を通す等、損傷の確認ができるような大きなものもあったが、時間経過と共にシワの縮小を確認した。
- ・ 通電した全てのシート 60 枚に負圧を掛けた結果、当初－6.7kPa 以下の通常の負圧力で損傷が確認できたもののほとんどが、時間経過で更に強負圧下でないと確認できなかった。(写真－11、12)

基礎実験結果

○事業団および施工業者の基礎実験より、遮水シートを挟んだ漏水検知システムの電極交点においては、埋立荷重よりもかなり大きな加重を掛けると、ごく小さなヘソ様にシワが集まった圧迫跡が発生し、通電する場合はほとんどであった。また発生したヘソ様にシワが集まった圧迫跡は、加重除去後時間と共に閉塞する場合はほとんどであり、その箇所については、通常の負圧試験程度の負圧力(−6.7kPa)では、損傷が確認できないことが多々あった。

また、浸出水で湿潤させた状態と、乾いた状態での実験した結果、同様の結果が得られていること、また加重除去により瞬時に通電が解消していることから、浸出水を介さず、銅線電極が直接接触して通電していることが分かった。

実証実験

○安全管理委員会等の立ち会いのもと、平成23年6月30日(木)、7月4日(月)、山梨県工業技術センターの技術協力のもと、施工業者と共同で、遮水工構造一式および銅線電極によるモデルを作成して加重通電実験、あわせて現地(埋立地)より切り取った5枚の上層遮水シートの圧迫跡の負圧試験を行った。(写真-13~25)

○実験結果概要

- ・加重面積が大きい場合、加重装置能力の限界加重近くまで加重を強めても、通電は起こらなかった。(写真-26)
- ・加重面積が大きい場合、その加重は漏水検知システムの銅線電極交点部分に集中し、上層遮水シートにヘソ様にシワが集まった形態の圧迫跡が生じた。(写真-27、28)
- ・加重面積が小さい場合、限界加重未満で通電が起こり、加重面積が大きい場合と同様に、上層遮水シートの銅線電極交点部分にヘソ様の圧迫跡が生じた。(写真-29、30)
- ・これらの圧迫跡はいずれも、漏水検知システムによる予想原因箇所と一致する埋立地の上層遮水シートで確認された圧迫跡と酷似していた。
- ・通電時に銅線電極交点部分に掛かった加重(約 $41\text{kg}/\text{cm}^2$ ~ $85\text{kg}/\text{cm}^2$)は、予想原因箇所の埋立完了時における廃棄物等の加重(約 $1.42\text{kg}/\text{cm}^2$)と比較すると、埋立完了時の加重よりもはるかに大きな(29~60倍)加重であった。
- ・また、通電状態であっても、加重が軽減(通電時の加重に対して約60%以下に軽減)されると瞬時に通電が解消し、わずかに加重を増加(通電解消時の加重に対して約6%以上増加)させると、再通電が起こった。
- ・さらに、再通電からわずかな加重軽減(再通電加重に対して約7%以上軽減)で通電が解消された。

- ・通電が起こった上層遮水シートの圧迫跡のみ(5枚)が、負圧実験によって損傷であることが確認された。(写真-31~34)
- ・5枚中1枚(20%)は、通常の負圧力では損傷を確認できなかった。 (-8kPa)
またその損傷は、時間の経過と共に損傷箇所が閉塞し、さらに強負圧 (-12kPa) でないと損傷が確認できなかった。(写真-35~38)
- ・現地(埋立地)から切り取った5枚の上層遮水シートの負圧試験を行い、予想原因箇所と一致する銅線電極交点部分で確認された圧迫跡のみが、強負圧下 (-25kPa) で損傷が確認された。(写真-39~50)

以上により

- ・遮水シートを挟んだ漏水検知システム電極の交点においては、埋立加重よりもはるかに大きな加重により、銅線電極同士が直接接触して通電し、ヘソ様にシワが集まった圧迫跡が確認できた。
- ・通電状態から加重を軽減すると、瞬時に通電が解消する場合は全てで、再度加重を掛けると当初の通電加重よりわずかな加重で再通電が確認でき、その圧迫跡は、通常の負圧試験程度の負圧力 (-6.7kPa) では、損傷が確認できないこともあった。
- ・通電状態であっても、加重が軽減されると、銅線電極同士の接触が解消され、上層遮水シートの損傷孔も、シワが集まるように収縮・閉塞し、瞬時に通電が解消したことから、通電状態は浸出水を介しての通電では無く、銅線電極同士が直接接触したことにより発生したものと考えられる。

漏水検知システム異常検知の原因およびメカニズム

これまでの調査、実証実験等より推察すると、以下のとおりであった。

○漏水検知システムによる予想原因箇所と一致する、埋立地右岸下流法面部の遮水工の上層遮水シートを直接上下ではさむ銅線電極の交点部分に対して、遮水工施工時から保護土施工時（平成 20 年 5 月から平成 22 年 3 月）までの保護土の施工完了以前の段階において、約 41 kg/cm² 以上の強加重が瞬間的ないし短時間に掛かり、上下の銅線電極が接触するまでに上層遮水シートを押しつぶして損傷させたもの。

○この上層遮水シートを損傷させた加重は、瞬間的ないし短時間であったため、漏水検知システムの測定間隙内（埋立地全体で 5,000 箇所の交点を一点ずつ約 3.5 秒で順番に測定するため測定間隙が生じる）に軽減または解消されたことにより、銅線電極同士の接触が解消され、銅線電極に押しつぶされて生じた上層遮水シートの損傷孔も短時間で薄く引き延ばされた遮水シート材質が、複数のシワが集まるように収縮して閉塞してしまい、その結果、平成 22 年 10 月 2 日まで通電が起こらず漏水検知システムで異常が検知されなかったもの。

○今回の 10 月 2 日以降の異常検知は、既に起こっていた非継続的な強加重による銅線電極の接触、上層遮水シート損傷と加重軽減による銅線電極の接触解消、損傷孔の閉塞の後に、埋立の進行に伴って、損傷時の加重よりもかなり小さな加重ではあるが、加重が増加していき一定の継続的な加重に達したことによって、再度、同じ損傷部分で銅線電極同士が押され、再接触したために高電流値の異常検知（通電）が起こったもの。

○また、その後の原因究明調査における掘削作業により、覆土が除去され加重が軽減されたことによって、平成 23 年 1 月 20 日以降、銅線電極同士の接触が解消され、上層遮水シートの損傷孔も閉塞したために通電が解消したもの。

○この加重軽減による損傷孔の閉塞の結果、平成 23 年 3 月 28 日および 4 月 22 日に現地で行った、上層遮水シートの負圧試験(−6.7kPa)では損傷が確認できなかったもの。

○以上のとおり、今回の漏水検知システムによる異常検知は、同システムの誤作動では無く、埋立地の遮水工施工時から保護土施工時までの段階で、非継続的な強加重によって起きた上層遮水シートの押しつぶし損傷と銅線電極同士の接触、および加重軽減による銅線電極同士の接触解消、損傷孔が閉塞していた状態の遮水工に対する埋立ての進行による一定の加重増加により再発した、銅線電極の再接触通電であり、導電体として浸出水を介さず、加重の変化のみで検知の可否が左右されるという、きわめて特異的なメカニズムの上層遮水シートの損傷事故であったと言える。

○なお、今回の実証実験での通電加重は直径 5 mm の銅線交点では約 41kg〜85kg/cm² となり、埋立終了時の廃棄物等による銅線交点での最大埋立加重(埋立厚最大 24.6m) 約 3.95kg/cm² と比較しても 10〜22 倍であるため、通常の埋立加重で銅線電極交点により、遮水シートが損傷することは考えられない。また、損傷が確認された電極交点部の上層遮水シートを切り取った際、下部不織布等を確認したが、漏水した跡も含め、異常は確認されず(写真−19、20)、3 月 7 日(月)の現地立会時に、現地のシート間滞水と浸出水を採取して検査した結果も、滞水中には浸出水の成分は検出されず、水質的にも異なること、また、環境モニタリング調査についても、10 月 4 日(月)以降モニタリングを強化して実施しており、地下水質に有害物質も含め異常は確認されていないことから、この損傷箇所からの浸出水の漏えいは無かったものと判断している。

再発防止策

○今回の原因究明調査結果から、さらに具体的な再発防止策を、明野処分場の施工や管理に関係した業者および関係機関とも協議を重ねたうえで、次回以降の安全管理委員会に諮る予定である。

なお、再発防止策が講じられるまで、当面廃棄物の搬入停止を継続する。

現地復旧方法

別紙5 現地復旧方法参照

- 原因究明調査のために、廃棄物を取り除いた 8m 四方の上層遮水シートから切り取った、銅線電極交点損傷部およびその他 4 箇所の圧迫跡の部分については、広めに新しい上層遮水シートを、熱溶着で張り付ける。
- また遮水シート間滞水の除去のためのポンプ穴についても同様に補修する。
- 遮水シートの上部には、法面部および底面部に新たな不織布を施工する。
- 底面部分は保護土 1m、法面部分は保護土 50 cm以上を厳守しながら施工した後、取り除いた廃棄物を各層ごとに丁寧に埋め戻し、上部に覆土をする。
- その後、廃棄物の飛散防止のために設置しているテントおよびテント基礎を撤去し、原因究明調査開始時点（調査前時点）の埋立地地形とする。