

破損確率とライフサイクルコストによる陸上廃棄物処分場の表面遮水構造選定手法の提案

東洋建設(株) 正会員 ○佐藤 毅
神戸大学大学院工学研究科 正会員 長江 剛志
フォレストエンジニアリング 正会員 林 健二
大成基礎設計(株) 正会員 西田 博文

1. はじめに

二重遮水構造が規定されている陸上廃棄物処分場の表面遮水工¹⁾の施工および管理において、遮水工の破損による周辺への影響を考慮することは必要不可欠である。しかし、破損を確実に無くすることは難しく²⁾、遮水工はある程度の損傷や不良発生の可能性を認めた上で、リスクマネジメント手法に基づく設計の必要性が指摘されている³⁾。こうしたリスクマネジメントには、遮水工の破損事例や破損確率が必要とされるが、破損確率を設定できる程の遮水工の破損事例はなかなか開示されていない。このため、遮水工の計画・設計に当たっての経済性や安全性の比較では、リスク計量の根拠が不明確なまま遮水構造が選定される恐れがある。そこで、本研究は、破損確率を変数として捉え、遮水構造毎に定式化したライフサイクルコスト(以後、LCC と呼ぶ)から遮水構造の選定を行う手法の検討を試みた。検討は、漏水検知システム(以後、検知システム)や自己修復システムも含めてLCCの比較を行った。

2. LCCの定式化

まず、第1に、シートによる二重遮水構造を採用した場合のLCCを定式化する。定式化の条件を表-1に示す。遮水シートの年間破損確率をλとすると、i年目に遮水構造が破損する確率は、

$$p(i) = (1 - \lambda)^{i-1} \cdot \lambda \tag{1}$$

と表される。年間割引率をR(=2%)、二重遮水シートの初期費用をIC₀、遮水シート破損による被害額をHとすると遮水構造として二重遮水シートを採用した場合のLCCは、(2)式で求められる。

$$LCC_0 = IC_0 + \sum_{i=1}^n \frac{1}{(1+R)^i} p(i) \cdot H \tag{2}$$

第2に、検知システムを設置した場合、当該システムにより破損が見つかれば、直ちに遮水シートの補修作業を行うものとする。遮水シートの補修は、表-2の項目を実施するものとし、LCCには、これらの費用を計上した。遮水シートと検知システムの初期費用をIC₁、i年目に遮水構造が破損した時の補修費用をVC(i)、漏水検知システムの年間維持コストをFCとすると、検知システムに対するLCCは、(3)式で表される。ただし、破損を検知してから修復するまでの期間(埋め立て高さによって変化:約1~数ヶ月程度)に広がる周辺への被害額は計上していない。なお、検知能力に加えて自己修復機能を有するシステムもあるが、ここでは、検知能力のみを対象とする。

$$LCC_1 = IC_1 + \sum_{i=1}^n \frac{p(i) \cdot VC(i) + FC}{(1+R)^i} \tag{3}$$

最後に、自己修復システムを設置した場合は、破損した箇所が常に自己修復されると仮定する。従って、自己修復機能に対するLCCは、初期費用のみとなる。なお、自己修復システムには検知システムを併用しているものがあるが、ここでは検知システムの機能は考慮しないものとした。

表-1 LCC定式化の設定条件

項 目	条 件
遮水構造の破損	破損により処分場周辺へ被害が及ぶ
破損確率	年間破損確率
LCC算定の期間	廃棄物受け入れ終了まで(15年間)

表-2 破損を検知した場合の修復作業

項 目	内 容
掘削作業	破損箇所周辺の廃棄物を掘削
	破損箇所付近の遮水シートの露出
破損箇所探索	破損場所の確定(人力作業)
破損箇所修復	破損箇所の修復(人力作業)
埋め戻し	廃棄物の埋戻し

表-3 処分場の規格値

処分場面積	11,077	m ²
処分場埋立て深さ	15	m
処分年数	15	年
平均埋め立て高さ	1	m/年

表-4 各遮水構造の設計単価

遮水構造の種類	費 用
二重遮水シート	17,000 円/m ²
二重遮水シート 漏水検知システム	23,000 円/m ²
二重遮水シート 自己修復システム	27,000 円/m ²

キーワード：廃棄物処分場、遮水構造、破損確率、ライフサイクルコスト
連絡先 〒541-0043 大阪市中央区高麗橋 4-1-1 東洋建設(株) 佐藤 毅 TEL 06-6209-8775

3. LCC の試算

LCC の試算では、中規模の陸上処分場を仮設定した。処分場の概略規格値を表-3 に示す。二重遮水シート、検知システム、自己修復システムの初期費用(設計単価)を表-4 の様に設定した。表中の設計単価は、固定工を除く直接工事費を示している。ここで、漏水検知システムの年間維持費用は、1 年間に 2 回程度のシステム点検費などを考慮して 100 万円とした。自己修復システムは、設置後の維持コストは不要とした。遮水構造の修復における掘削作業は、法面傾斜 1:1.5 の開削で行うものとし、廃棄物の埋立て高さが 5m を越えると段切りや運搬のための工事用道路、掘削底面への進入路を設置するものとした。廃棄物の掘削効率は、通常の土砂に比べて低下するものと考え、掘削単価を設定した。掘削による遮水シートの露出面は、10m×10m と設定した。補修では、露出面積全体を調査し、破損箇所を特定する。破損箇所の探索および補修はすべて人力で行うものとした。

遮水構造が破損し汚染水が処分場より外部に漏出した場合の被害額は想定が難しいが、ここでは、漏出が発覚した時点で「1)処分場周囲に鉛直遮水壁を構築し、処分場を遮断する」、「2)処分場周辺地盤の汚染調査を実施する」、「3)処分場付近の地盤で無害化処理を実施する」を実施するとして概算費用を 600 万円と設定した。

図-1 に各遮水構造に対する、破損確率と 15 年間の LCC の関係を示す。図では、破損確率が、1%~5%まで変化した場合の LCC を比較している。図より、以下の 3 点が判る:第 1 に、二重遮水シートは破損が被害に直結するため破損確率に対する被害額の増加が著しい。今回の設定(被害額約 600 百万円)では、破損確率 2.0%~3.0%程度で他のシステムの LCC を上回っていることが分かる。処分場の立地条件によって被害額は違うため、二重遮水構造の LCC もこの影響を強く受けるものと思われる。第 2 に、検知システムを採用した場合、破損確率についての LCC の増加率は比較的小さい。これは、破損確率(λ)が大きい場合、掘削単価の安い埋立て初期段階での破損確率($p(i)$)が大きくなり、修復費用が大きくなる経年後の破損確率($p(i)$)は逆に小さくなるためである。これは、本稿の算定が、15 年間で複数回の破損は考慮していないことに起因する。最後に、自己修復システムは、破損による被害や修復費用がないため、初期施工費用のみで破損確率に左右されない。一般に、破損確率の定量化は非常に困難である。そのため、不確定な破損確率に関して LCC が大きく増減する二重遮水シートのみ構造より、破損確率の変動に対して LCC が変動しない検知システムや自己修復システムは、安全性の観点から、優位であるといえる。ただし、こうしたシステムにおいても、破損の検知漏れや自己修復漏れなどが起こり得る為、今後は、検知できない可能性や自己修復できない可能性も考慮する必要がある。ところで、現在、破損に対して高い抵抗性を有する遮水シート材料が提案されている⁴⁾。このような材料は破損抵抗性によって破損確率(λ)に対する LCC が安定することが期待される。今後このような材料も含めた LCC の検討が重要であると思われる。

4. まとめ

本研究では、遮水構造の破損確率に対する LCC への影響を検討した。今後、個々の処分場の立地条件を加味した破損被害額を想定し、破損確率に対する LCC を試算し遮水構造を選定する手法が必要であると考えられる。

なお、本研究にあたり一体型複合遮水シート工法協会の奥村組中木様、鴻池組和田様、太陽工業石田様には貴重なお意見を頂いた。ここに謝辞の意を示す。

参考文献

- 1)総理府、厚生省令:一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令、平成 10 年 6 月
- 2)ゴミ埋立地の設計施工ハンドブック、国際ジョインセティックス学会日本支部ジオメンブレン技術委員会編、2001.
- 3)檜垣:廃棄物処分場の設計の現状と課題について、土と基礎 2003、8、pp9-pp14
- 4) 嘉門、赤井、他:一体型複合遮水シートの開発、「材料」、2002、Vol.51、No.1、pp13-18

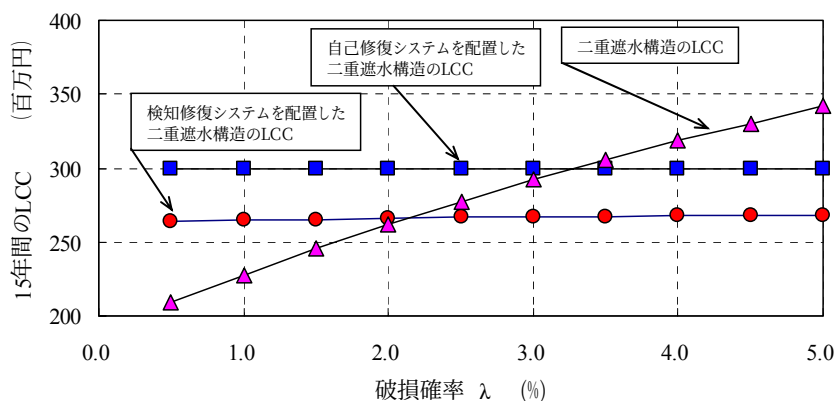


図-1 各遮水構造毎の破損確率と 15 年間の LCC