AHP を用いた下水処理場の耐震化優先度評価

四国建設コンサルタント(株)　会員　藤川健太

１．はじめに

平成 23 年 3 月に東日本を襲った東北地方太平洋沖地震により、下水道施設が大きな被害を受け、処理場においては、施設損傷(41 箇所)や稼働停止(22 箇所)などの被害が報告されている。さらに、今後発生が予想される東南海・南海地震による被害低減対策の必要性が高まるなか、平成 18 年には国土交通省より「下水道地震対策緊急整備事業」が実施され、下水道の地震対策整備が進められている。このような状況を踏まえ、下水処理場の耐震対策の一環として管廊継手部の耐震化工事を実施するなかで、効率的かつ効果的に施設内に多数ある管廊目地部継手の耐震化を行うために、AHP を用いて耐震化優先度評価を実施したため評価手法や考え方について報告する。

２．検討目的

本検討は、K 市の所有する下水処理場の耐震化対策として、地下管廊目地部の継手を後付け型可とう継手に変更するものであり、対象箇所数は 190 箇所(管廊延長 7.1km)に及ぶ。(図-1)今後、この継手を短期間で更新することは、物理的にも経済的にも困難であることから、効果的、効率的な継手更新計画を進めていくための手法を検討し、合理的な更新計画を策定することを目的とする。

図-1 下水処理場平面図

３．管廊継手更新の優先順位の算定

継手の更新を合理的に実施するにあたり、継手の評価基準を設定する必要がある。本検討では、大きく 3 つの評価基準を設定し、各継手の評価を行った。設定した評価基準を以下に示す。①地震により継手が損傷した場合の施設に及ぼす影響を表す『重要度』、②継手更新の緊急性の観点から老朽度を表す『損傷度』、③継手更新の施工の実現性の観点から施工の難易度を表す『施工性』。

写真-1 管廊内部(施工後)

３-１．評価基準の定量化

継手の評価にあたり、先に示した評価基準は、互いに共通した尺度を持ち合わせていない。このような評価基準に共通の尺度がない場合でも、定量的な評価が可能な手法である、階層化意思決定法(「Analytic Hierarchy Process」以下「AHP」)を用いて、優先度評価を行う。

３-２．AHP の概要

AHP は、意志決定過程を階層構造化して視覚化し、その重要度を数学的手法を用いて数量化することにより、意志決定過程を明確化するものである。具体的には、複数個ある代替案の中から順次二つずつ取り出した代替案を意思決定者が一対比較してその重要度を基に総合的な決定を行う。AHP の特徴として、評価基準が多く、共通尺度がない場合でも判断が可能である、主観的価値基準によって、最も高い評価の代替案を選択できる等が挙げられ事業評価等の分野で用いられる手法である。

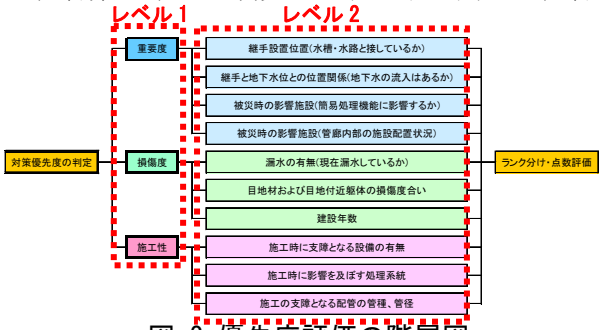

図-2 優先度評価の階層図

３-３．優先度評価法

【手順①】対象とする問題を、全体目的から順次具体的な

複数の下位目的へと階層化し、最下位層に代替案をおいた階層関係を作る。今回は、先に示した評価基準を階層レベル 1 とし、さらに各評価基準に対する詳細な評価として、階層レベル 2 を設定した(図-2)。レベル 1 の 3 基準について、AHP を用い評価項目間の重みを設定する。レベル 2 については、ランク分けによる点数評価を行い点数と重みの積による合計点数により優先順位を決定する。

表-1 一対比較(アンケート回答及び集計結果)

項目1	左の項目が重要	左の項目がやや重要	同程度	右の項目がやや重要	右の項目が重要	項目2
	5	3	1	1/3	1/5	
1 重要度		○				損傷度
2 重要度	○					施工性
3 損傷度	○					施工性

	アンケート回答 A	B	C	D	E	F	G	H	幾何平均
重要度 - 損傷度	5	1/3	5	1	3	1	3	5	2.097
重要度 - 施工性	5	3	5	5	5	5	5	5	4.691
損傷度 - 施工性	3	3	3	5	3	5	5	3	3.633

表-2 重み計算結果

	重要度	損傷度	施工性	重み
重要度	1	2.097	4.691	0.574
損傷度	1/2.097	1	3.633	0.322
施工性	1/4.691	1/3.633	1	0.104

整合度CI 0.1> 0.0131

【手順②：AHP による重みの設定】各階層の同一レベル内の目的要素 Ai,Aj について、直上の目的に対する重要度を一対比較で相対的に評価し、一対比較行列を作成する。一対比較は、施設関係者(設計課、施設課、処理場管理課)に対してアンケートを実施し、施設関係者の意思を反映した評価を行った。(表-1,2 参照)

一対比較行列 paired comparison matrix

$$A=\begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & \cdots & a_{mn} \end{pmatrix} \in R^{m\times n} \quad \text{ただし、} a_{ij}>0(\forall_{i,j}),\ a_{ji}=\frac{1}{a_{ij}}(\forall_{i,j}),\ \sum_{i=1}^{n} a_{ij}=1(\forall_{j})$$

一対比較行列から主固有ベクトル(重み)を算定する。

主固有ベクトル $W=(w1,w2,\cdots,Wn)$， $Aw=\lambda w(w\neq 0)$

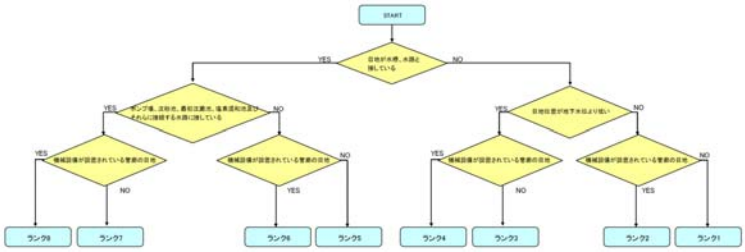

図-3 ランク分けによる点数評価(重要度)

【手順③：ランク分けによる点数評価】階層レベル 1 の評価基準に対して、さらに詳細な評価項目を設定した階層レベル 2 について、各継手の状態からランク分けによる点数評価を行う。(図-3 参照)

【手順④：総合評価】手順③、④で実施した重み及び評価点数を用いて優先順位を決定する。

優先順位は、点数と重みの積によって相互補完し、合計点数の高いものを優先度が高いものと評価する。

(計算例)GH-12: 重要度 100×0.6×8/8=60、損傷度 100×0.3×4/4=30、施工性 100×0.1×(0.7×1/3+0.2×1+0.1×0)=4.3≒4　合計=60+30+4=94

なお、上記算出による評価では、AHP で決定した各評価基準のウエイトが重要度 60%、損傷度 30%、施工性 10%となり、優先度評価の結果が重要度の評価に大きく依存し、重要度が高く、施工性が悪い箇所が上位となる結果となった。このため、評価基準に施工の実現性を加え、現時点における施工の可否を考慮し最終的な施工箇所を決定した(表-3)。なお、優先度が高いが施工が困難な箇所については、施設の点検、改修等に合わせて施工するなど施工可能となった時点で優先的に施工する。

表-3 優先度評価結果

【実現性 凡例】
◎･･･支障物なし、または、電線・ラック等の簡易な移設のみで施工可能、または、継手製品の指定により移設なしで施工可能
○･･･配管の移設が必要(処理系統に影響しない配管：水道管)
△･･･配管の移設が必要(処理系統に影響する配管：水道管以外の配管)
×･･･φ1000以上の配管の移設が必要、物理的に継手の設置が困難な箇所

継手名称	評価基準【重み】	重要度【60】	損傷度【30】	施工性【10】 配管【70】	電気配線【20】	架台【10】	優先度 得点（順位）	可とう継手施工可能条件	実現性
GH-12	評価	ランク8	ランク4	ランク1	ランク2	ランク1		送風管φ1170の移設、配管架台の移設、ケーブルラック吊り金具の移設	×
	得点	60	30	2	2	0	94 (1)		
EF-12	評価	ランク8	ランク4	ランク1	ランク1	ランク1		送風管の移設、電気配線の改修、プルボックスの移設、配電盤の仮撤去、配管架台基礎コンの移設	×
	得点	60	30	2	0	0	92 (2)	（送風管が目地からの離隔不足のため移設が必要であるが、壁を貫通しているため移設が大掛かりとなる。）	
GH-11	評価	ランク8	ランク4	ランク1	ランク1	ランク1		送風管の移設、電気配線の改修、プルボックスの移設	×
	得点	60	30	2	0	0	92 (2)	（送風管が目地からの離隔不足のため移設が必要であるが、壁を貫通しているため移設が大掛かりとなる。）	
A-B2-2	評価	ランク7	ランク4	ランク3	ランク1	ランク1		電気配線の改修、ケーブルラック吊り金具移設、A-B2-1と交差しているため同時施工する必要がある	×
	得点	53	30	7	0	0	90 (4)	（当断面の評価は"◎"であるが、A-B2-1が評価"×"であるため、評価"×"としている。）	
JK-B1-1	評価	ランク7	ランク4	ランク3	ランク1	ランク1		施工箇所	◎
	得点	53	30	7	0	0	90 (4)		
JK-B1-2	評価	ランク7	ランク3	ランク3	ランク2	ランク2		施工箇所	◎
	得点	53	23	7	2	1	86 (6)		
1-6	評価	ランク7	ランク3	ランク1	ランク1	ランク1		砂ろ過水送水管の移設、蛍光灯の移設、ケーブルラック架台の移設	◎
	得点	53	23	2	0	0	78 (7)	【施工可能製品：製品B（砂ろ過水送水管）】	
1-9	評価	ランク7	ランク3	ランク1	ランク1	ランク1		砂ろ過水管の移設、ケーブルラック吊り金具の移設	◎

4．まとめ

管廊目地部耐震化の優先順位の算定について、評価基準を設定し、それらを共通の尺度で定量的に評価する方法として、AHP の手法を採用し優先度評価を行った。今回のような複数の評価指標が存在し共通尺度がないような場合においては、AHP が比較的導入しやすいと考えられる。本検討で実施したよう評価対象数が多い場合においては、本評価手法を用いて、計画的、効率的な実施を行うことが有効であると考える。