

# 下水道処理場の地震に対するリスク評価

(株) 解析技術サービス 正会員 湯浅 明  
日本工営 (株) 中央研究所 正会員 大角恒雄  
日本下水道事業団 山本賢一  
東海大学海洋学部 正会員 川上哲太郎

## 1. はじめに

土木学会では 1995 年兵庫県南部地震による深刻な被害に鑑みて、社会基盤施設の耐震設計のあり方に関して2度にわたって提言を行っている。その第2次提言(土木学会耐震基準等に関する提言集, 1996)では、耐震設計法及び耐震診断の重要性に言及するとともに、地震動の設定に関しては「地域ごとに脅威となる活断層を同定するとともに、その震源メカニズムを想定することにより設計用入力地震動を定めることを基本とする」となっている。また、「このための工学的手法の確立に向けて努力が傾注されるべきである」との説明が付加されている。ここでは、下水道施設構造物の耐震診断及び補強方法の選定について地震リスクマネジメントの概念を導入し、「耐震設計基準をいかに強化してもその効果には限界がある」ということを前提に、地震時の機能分析に基づいた効果的な対策を検討する手法を提案するものである。

## 2. 耐震補強の選定方法

耐震補強の選定フローを図-1 に示す。まず、発生確率に基づく地震動強さを地震動予測プログラムにより算出する<sup>1)</sup>。また、地震動強さと被害額の関係は簡略的には危険度ランク判定より詳細には応答震度法により推定する事が出来る。

### 2. 1 年間リスクの算定

図-2 ~ 図-4 に年間リスクの算出過程を示す<sup>2)</sup>。年間リスクは何点か設定した発生確率ごとの地震動の大きさについて被害額を求めることで算出する。発生確率ごとの地震動の強さを3種類(L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub>と呼ぶ)設定するものとした(図-2)。次に現状(無補強時)及び補強時について被害額を地震動の大きさ毎に算出する(図-3)。なお、具体的な被害額の算出方法は“2. 2 被害額の算出方法”で述べる。以上より、年間リスクは各リスクの和として求められ(図-4)、無補強時の年間リスクと補強時の年間リスクの差が年当りの効果となる。

### 2. 2 被害額の算出方法

年間リスク算定過程における被害額の算定手法は次の(i)~(iii)の手順で行う。

- (i) 応答震度法を用いた解析結果より応答塑性率を求める。
- (ii) 部材毎の損傷レベルを応答塑性率を用いて図-5により設定する。曲げ破壊先行型の部材における損傷レベルは以下の通りとする。ただし、ここでいう曲げ破壊とは、軸方向鉄筋の引

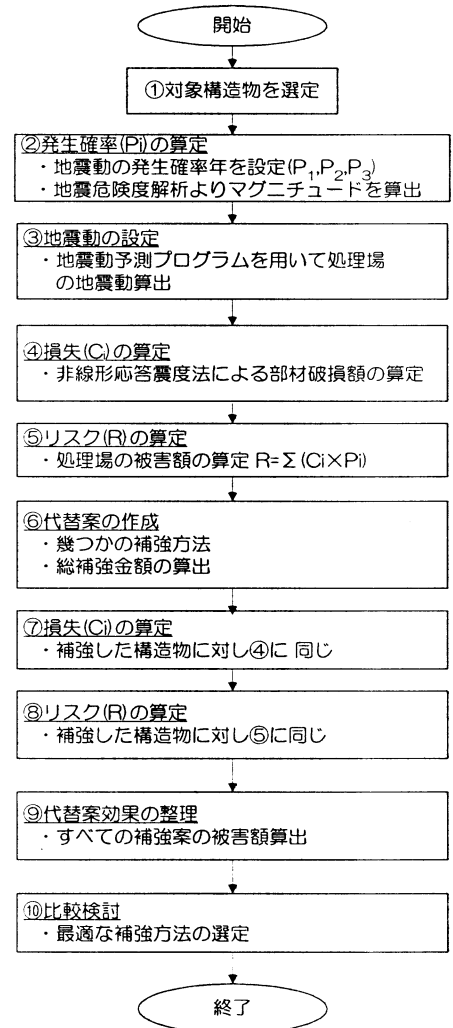


図-1 耐震補強の選定フロー

キーワード：下水道処理場、レベル2地震動、リスクマネジメント

連絡先：〒104-0051 東京都中央区佃 3-2-10 オーケンビル TEL03-5548-5713 FAX03-5548-5714

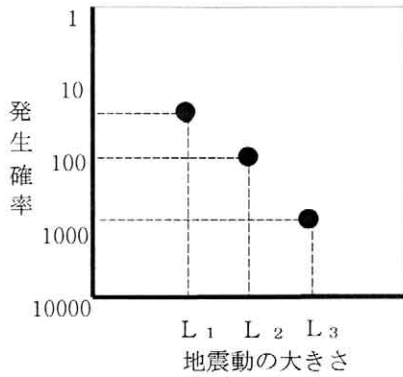


図-2 地震動の発生確率

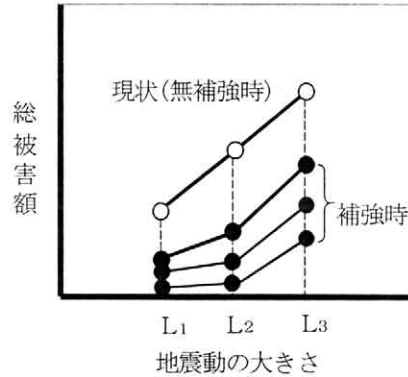


図-3 地震動と総被害額

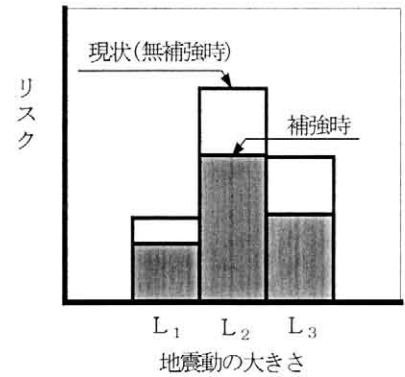


図-4 年間地震リスク

表-1 耐震性能と部材損傷レベルとの関係<sup>4B)</sup>

耐震性	部材損傷レベル	
	補修・補強が容易な部材 (スラブ、梁)	補修・補強が困難な部材 (壁、柱)
耐震性能1	部材損傷レベル1	
耐震性能2	部材損傷レベル2 又は 4	部材損傷レベル2
耐震性能3	部材損傷レベル3 (一部の部材で部材損傷レベル4)	

注1；柱部材が損傷レベル4であればリブレースする。

注2；耐震性能1，2，3毎に、梁と柱に分け補修費(被害額)を設定する。

注3；合計がリブレース金額を越える場合はリブレース金額を上限とする。

張降伏を伴う曲げ破壊をいう。なお、図-5中の損傷レベルは、損傷レベル1：軸方向鉄筋が引張降伏に至らない状態(曲げ降伏以前)、損傷レベル2：かぶりコンクリートの圧縮破壊に至らない状態(発生荷重が最大、耐力に至らない状態)、損傷レベル3：部材が曲げ降伏時の荷重以上の耐力を有する状態、損傷レベル4：部材の耐力が曲げ降伏時の荷重以下となる状態である。

(iii) 表-1の耐震性能毎に補修費を設定し被害額を算定する。

### 2. 3最適な補強方法の選択

ここでは実現可能な複数の耐震補強案について比較する。

耐震補強の効果は次式で求められる。

$$\text{年当りの耐震補強効果} = \text{無補強時の年間リスク} - \text{耐震補強後の年間リスク}$$

一方、耐震補強時に伴う費用(使用年数をN年とする)を考慮して、

$$\text{耐震補強時に伴う費用} = \text{耐震補強の効果} - \text{耐震補強費}/N$$

より、複数の耐震補強案の中でこの値が最大となる耐震補強案を選定する。

### 3. まとめ

本報では地震リスクマネジメントを適用して、既設構造物の最適な耐震補強方法の選定手法の方法論を概説した。これまでの耐震評価が特定の地震動の大きさだけを想定しているのに比べ、地震リスクマネジメントでは規模別の地震リスクと地震の発生確率を合積して求められる年間のリスクを算出でき、補強対策案の一元的比較が可能となることを示した。

[参考文献]1)大角恒雄, 山本賢一:断層モデルを考慮した地震動簡易策定システムの開発, 第33回地盤工学研究発表会, 1998, 2) Mizutani, M., et al.(1997):Basic Methodology of a Seismic Risk Management(SRM) Procedures, ICOSAR'97, November, Kyoto,

3)トンネル耐震設計の方向と本課題トンネル耐震性研究小委員会報告:土木学会地震工学委員会トンネル耐震性研究小委員会 平成10年3月

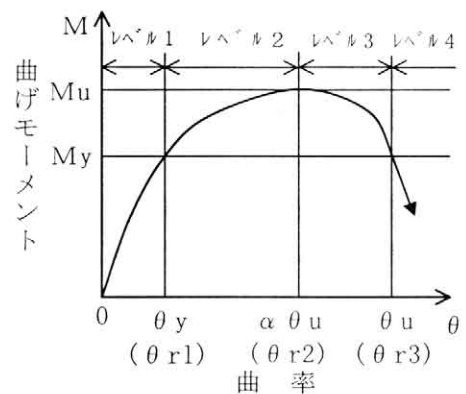


図-5 損傷レベルの概念<sup>3)</sup>