

VI-116

電力土木施設設計への確率・統計論的手法の適用

(その1) 信頼性設計法の適用事例調査とその考察

東北電力(株)電力技術研究所 正員 氏家久芳

(株)大崎総合研究所 正員 ○ 石井 清

1. まえがき

新しい設計法である信頼性設計法を電力土木施設の設計へ適用するに当たって、土木構造物への確率・統計論的手法の適用状況を文献調査し、その位置づけを明らかにするとともに、適用上留意すべき点をまとめる。

2. 信頼性設計法の意味付け

文献1)によれば、信頼性設計法とは「安全性・使用性・耐久性等の機能(性能)を支障なく遂行する度合い(＝信頼性)が、耐用期間中、ある合理的な水準以上に保てるように、確率・統計論を何らかの形で取り入れた設計法」としている。また、ただし書きとして、限界状態設計法を拠り所に行っているところがある。一方、日本工業規格 JIS 信頼性用語によれば、信頼性の意味は、さらに広く総合的なものとしてとらえられているので、次に述べる調査では、限界状態設計法なる条件にはこだわらずより広い範囲を調査の対象とした。

3. 信頼性設計法の長所・短所

信頼性設計法の長所・短所を表-1にまとめる。

4. 確率・統計論的手法の適用事例調査結果

土木構造物への信頼性設計適用例について文献を調査した。調査の範囲は、静的な信頼性設計法に限定し、国内の研究者により行われた事例検討を中心に、土木学会論文報告集、同年次学術講演会(昭和61～63年度)を調査した。調査結果を表-2に示す。同一の内容記事のものは重複を省き、総数で74件になっている。また、表では、考察のために、土木構造物を土構造物、抗土圧構造物及び基礎、鋼及びコンクリート構造物に分類し、さらにそれぞれを建設の生産過程から調査、設計、施工、維持・保全に分けて集計している。

橋梁・道路橋への適用は、建設省や公団を中心にして道路橋の活荷重研究が盛んに行われているためであ

表-1 信頼性設計法の長所・短所

長 所	短 所
① 構造物の規模、部材の種類、形状・寸法によらず、また、荷重の特性及び組合せによらず、同じ信頼度を与えることができる。 ② 異なる材料および異なる構造形式、工法に対しても信頼度という尺度で、安全性を比べることができる。 ③ 安全性に対する定量的なレベルを把握することができる。 ④ 複数の代替案がある場合、安全性や経済性による比較を定量的に行うことができ、合理的に最適案を選択することができる。 ⑤ 今まで経験的な判断、あるいは工学的な判断によっていたものをより合理的に説明づけられる ⑥ 調査によるデータの収集から設計にいたる過程をより明確にすることができ、不確実性が入り込んでいる箇所を明らかにすることができる。 ⑦ 設計過程だけではなく、企画、調査、施工、維持保全の各過程の中、さらには、複数の過程をまたがって、適用することができる。	① 限界状態が明確に定義でき、その評価式(設計式)が与えられていなければならない。さらに、評価式の精度があまり良くない場合、得られる信頼度はあいまいなものになってしまう。 ② 設計が決まるまでの手順が複雑である。 ③ 信頼性設計の基盤とする確率・統計論に不慣れた技術者が少なくない。 ④ 確率論的な評価をするためには、当然なこととして不確実性を取り扱うために、設計に係わる数多くの要因について確率・統計的なデータが収集されていることが前提となる。一般には、これらデータが蓄積されていることはまれであるので、データの収集には余分な手間(時間と労力)と費用がかかる。

り、これと一般鋼及びコンクリート構造物を除くと土構造物、抗土圧構造物及び基礎、護岸・防波堤、港湾・海洋構造物が土木工学分野における信頼性設計法の主な適用先になる。信頼性設計法に含まれる各手法は、細かい点を除けばすでに実用化の段階にあるので、適用の理由としては次のものが考えられる。すなわち、i) 土木工事として出現する頻度が高く、信頼性設計法を導入する効果が高いこと、ii) 地盤材料は鋼やコンクリート材料と比べてバラツキが大きいこと、iii) 外力として波力や地震荷重などは本来統計的な取扱いが必要であること、などである。対象とされた構造物の選択は、いずれも表-1に示される信頼性設計法の長所に合致したものとなっている。設計と施工に分けられた文献数は約3:1であり、施工に関するものも相当な数になっている。この理由は、規準類によって規定される完成後構造物の設計と比べて、施工過程の方が不確定性による影響が大きい場合があること、施工計画に技術者の判断に任せられる部分が多いためと考えられる。

発電所土木設備に関連する構造物の内、信頼性設計法の適用例が2件以上あったものは次のとおりである。

- ① 土構造物（盛土・斜面の安定解析、地盤の不同沈下・沈下量の予測など）
- ② 立坑 ③ 土留構造物 ④ 管路構造物（ボックスカルバート、埋設管路）
- ⑤ 杭構造物 ⑥ 防波堤及び護岸構造物

信頼性設計法は、全ての発電所土木設備を適用対象としうるが、その適用に当たっては表-1に示した信頼性設計法の長所・短所をチェックリストとして活用すればよいであろう。さらに、適用実績がある上記の構造物であれば、より確実に信頼性設計法の有効性を享受することができる。

5. 信頼性設計法を適用する場合の留意点

信頼性設計法の適用に当たっては、次に述べる点について留意する必要がある。i) 表-1に示される①、④の短所が出現しないように配慮する必要がある。ii) 実際に構造物が耐用期間中にその機能を十分に発揮して、その役割をはたすためには、設計過程における機能の作り込みだけでは不十分であり、施工における適切な品質管理、竣工検査、供用時の維持・保管理が十分に行われねばならない。また、設計も施工、維持・保

表-2 信頼性設計法の適用事例文献数

について十分配慮したものでなければならない。さらに、iii) 信頼性設計法の導入には、少なからず手間や費用が増加することから、設計における不確かさを少なくする必要がある場合などに限って、信頼性設計法を適用すべきである。また、著者らは、建設工事の全体的なコストダウンをはかる、あるいは、構造物をより高度で合理的なものとする積極的な手段として、信頼性設計法を位置づける必要があると考えている。

6. あとがき

本調査研究では、信頼性設計法の適用事例を調査し、その適用に当たって留意すべき点を中心にまとめた。今後は、信頼性設計法の有用性を確認するために、現実の電力土木施設設計への同設計法の適用を予定している。

参考文献 1) 土木学会編（1988）.“構造物のライフタイムリスクの評価”，構造工学シリーズ2.

		調 査	設 計	施 工	維持・ 保 全	計
土 構 造 物	盛土・斜面	3	13	1	1	18
	埋立て・不同沈下	0	2	1	1	4
	サンドコンパクション	0	1	0	0	1
	NATM / シールドトンネル	0	1	1	0	2
	小 計	(3)	(17)	(3)	(2)	(25)
抗 土 圧 構 造 物・ 基 礎	擁壁・立坑・土留など	0	2	8	0	10
	管路構造物	0	6	1	0	7
	基礎地盤	0	3	0	0	3
	杭基礎	0	3	0	0	3
	小 計	(0)	(14)	(9)	(0)	(23)
鋼・ コン クリ ー ト	護岸・防波堤 港湾・海洋構造物	0	5	2	0	7
	橋梁・道路橋	0	7	1	3	11
	一般鋼および コンクリート構造	0	3	1	4	8
	小 計	(0)	(15)	(4)	(7)	(26)
計		(3)	(46)	(16)	(9)	(74)