

住民意識を考慮した安全率に関する考察

1120296 岡山 公紀

高知工科大学工学部社会システム工学科 那須研究室

昨年、平成 23 年 3 月 11 日に三陸沖（北緯 38 度、東経 142.9 度）、深さ 24 km を震源とする東北地方太平洋沖地震が発生した。福島県双葉郡大熊町にある福島第一原子力発電も震度 6 強の地震、14~15m にも及ぶ想定を大幅に超える津波の影響により被災することになった。安全と言われてきた原子力発電所だが、事故を受けてあらためて「安全」そのものについて見つめ直す必要がある。今回の事故のように、地域・住民への身体・精神的影響が考えられるリスクを伴う建造物を設計する際に、住民が信頼感に基づく納得を得るためにはどのような安全率の設定が求められているのか、住民意識を考慮した安全率について考察していく。

Key Words : 安全率、合意形成、道徳的正統性、実用的正統性

1.1 研究の背景・目的

東北地方太平洋沖地震によって周辺地域に甚大な影響が生じた福島第一原子力発電所の事故を調べることで、周囲の住民・地域に対して身体的・精神的影響が考えられる建造物を設計する際の最適な安全率の考えを設定する。また、リスクを伴う建造物の設計において工学的な安全率の設定のみで十分なのか。外力(条件設定)については適切だったのか。これらを調査し適切な安全率の考え方を定義することで、住民・地域に対してリスクを抱える建造物を設計する際の施設安全性の向上に繋がり、安全性の向上により住民が抱く精神的不安を軽減、地域住民からの信頼感に基づく納得を得ることが可能となる。

1.2. 研究手順

- (1) 航空工学・機械工学・土木・建築それぞれにおける安全率設定と設定理由
- (2) 東北地方太平洋沖地震によって福島第一原子力発電所がどのような経緯で影響を受けたのかを東京電力または原子力保安委員の資料から読み取り事故原因の把握

(3) 事故原因を把握することで主な原因となった箇所に想定された外力(条件設定)は適切だったのか判断

(4) アンケート実施する事で計においての住民における安全意識の調査

1.3 安全率についての定理

安全率 (SF : safety factor) は材料の引張りや降伏強度などの基準強さと許容応力度の比によって求められる係数をいう。不確定要因が多ければ多いほど安全率は高く取る必要がある。建造物の安全性について考えると、建造物そのものが破壊されない設計と防波堤のように機能を果たす設計が求められる。これらの二つの考え方があり、建造物の設計する際に考慮する必要がある。

2.1 福島第一原子力発電所での事故の経緯

地震発生と同時に全制御棒が挿入され、原子炉の核反応は止まったが、福島第一原子力発電所を襲った震度 6 強の地震により送電線が損傷、非常用発電機を起動したが、14~15

mにも及ぶ津波により電源が奪われ原子炉と使用済燃料プールの「冷やす」機能を失うことになった。福島第一原子力発電所に来襲した津波高さが想定されていた津波水位を上回ったことにより津波が原子炉建屋敷地まで浸水して非常用電源が喪失されたことが事故の大きな要因であることが分かっている。

2.2 防波堤の想定津波・地震

福島第一原子力発電所が想定していた津波高は最大津波 5.4～5.7mの高さでその想定に耐えうる安全設計を行っていた。しかし、14～15mの津波の発生により福島第一原子力発電所では地面に対して約 4～5m浸水した。東京電力資料「発電所の津波対策」では福島第一原子力発電所では津波の影響によって上昇側評価結果 o.p+3.1m 下降側評価結果 o.p-1.9 mという想定だった。一方で地震力だが、現在確認できている地震の最大加速度は、福島第一原子力発電所 2号機で観測された 550 ガルであった。基準地震動 Ss の想定では 438 ガルを想定しており、このことから想定を大幅に超える外力が発生していたことが分かる。

(図 1 を参照) 基本地震動 S s とは福島第一原子力発電所想定していた地震であり、プレート間地震については 1938 年に福島第一原子力発電所敷地沖合で発生した福島県東北沖地震をはじめとする地震のうち最も大きい塩屋崎沖の地震①マグニチュード 7.5 と同じく塩屋崎沖の地震②マグニチュード 7.3 を検討用の地震に設定した。不確かさを考慮して①②の地震が一連のプレート間地震が同時活動するケースをマグニチュード 7.9 の仮想の地震と仮定している。海洋プレート内地震については発生位置の特定が難しいため、2003 年宮城県沖地震マグニチュード 7.1 の震源を敷地

下方の海洋プレート内を想定して検討用の地震に選定した。津波の想定方法が「原子力発電所の津波評価技術」に基づいている。

図 1 地震観測記録と基準地震動 Ss に対する応答値との比較

観測地点	観測記録			基準地震動Ssに対する最大応答加速度値(ガル)		
	最大加速度(ガル)			南北方向	東西方向	上下方向
	南北方向	東西方向	上下方向			
1号機	460	447	258	487	489	412
2号機	348	550	302	441	438	420
3号機	322	507	231	449	441	429
4号機	281	319	200	447	445	422
5号機	311	548	256	452	452	427
6号機	298	444	244	445	448	415

2.3 事故の原因となった防波堤の安全率

1938 年に発生した塩屋崎沖地震では、最大の津波高さは福島県富岡町で 4～5m、今の福島第一原子力発電所がある福島県双葉大熊町と双葉町周辺では 2m～3mの津波が観測された。そこで、津波に対する安全率の設定およそいくらとなっていたか考えると 1938 年に発生していた塩屋崎地震を基準地震動 Ss と考えていたことから安全率=設計高さ 6.5m/基準地震動で発生した最大津波 5mなので掲載すると安全率は 1.3 となる。事故が発生すると甚大な影響が考えられる原子力発電の安全を担う防波堤の設定が 1.3 という値で適切な数値だといえるのか。

3.1 リスクを伴う建造物の安全率

地域・住民に対して被害を及ぼす可能性がある建造物を設計する際に、安全率の設計に対して不確定要因の他に万が一事故が発生した場合の地域住民が受けることになる精神的

不安感を安全率の設計に組み込み考える必要があるのではないのだろうか。精神的不安感として考える要素として経済的不安感、将来不安感がある。これらを安全率の設計する際、考慮することにより安全面の向上に繋がる。地域住民からの信頼感に基づく納得を得ることも可能となる。次式を用いて検討する。

$$Fs = \alpha 1 \times \alpha 2 \times \alpha 3 \times \alpha 4 \times \beta 1 \times \beta 2$$

$\alpha 1$: 条件設計 (地震の大きさ、頻度)

$\alpha 2$: 計算手法 (科学的精度)

$\alpha 3$: 施工のばらつき

$\alpha 4$: 材料のばらつき

$\beta 1$: 将来不安感

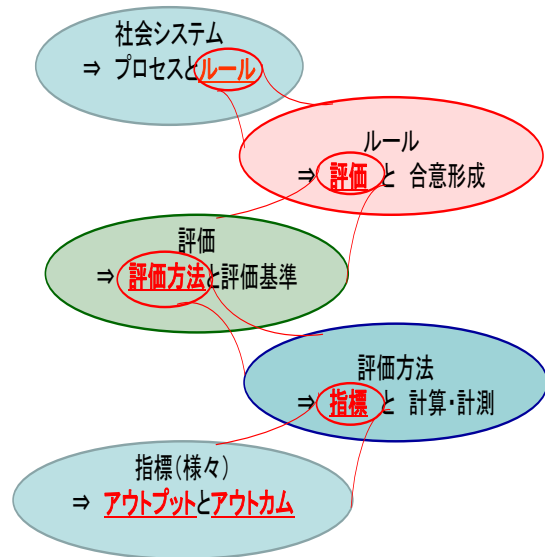
$\beta 2$: 経済的不安感

3.2 精神的不安感を考える際に必要な要素

合意形成における実用的正統性と道德正統性の意見・意識が異なる通常状況下では、異なる認識体系および価値観により、単一の合意点が得られとは限らない。確約された合意形成は存在しないが、体系的な合意形成に関わる整理により、その実現可能性を高めることは合意形成を行うにあたり必要である。合意形成を円滑に行うためにも正統性の構造を理解することが求められる。正統性の構造として実用的正統性、道德正統性、認識的正統性の要素があり、認識的正統性は合意形成が形成後の要素となるので今回は考慮しない。実用的正統性とはある行為が関連する人の利益、効用、余剰の増進に寄与する正当性である。一方で、道德的正統性とは、ある行為が道德的に認められる正統性が存在しているかということの意味している。事故が発生した際に地域・住民に対して甚大な影響を与える事が予測される建造物においては期待値での

判断や企業の利益を優先する実用的正統性ではなく、道德的正統性について考える必要があるのではないだろうか。また道德的正統性を考慮することにより、強度、機能の安全性の向上が見込まれる。

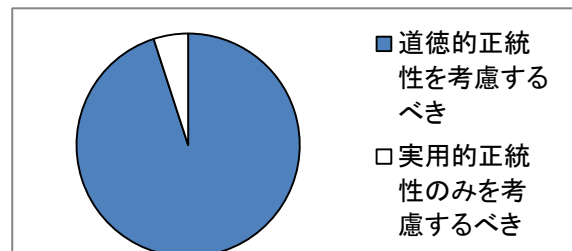
図2 マネジメントサイクルの構造



3.3 アンケートによる意識調査

高知大学・高知工科大学の学生にアンケートを実施することで、リスクを伴う地域の仮想の住人実用的正統性もしくは道德的正統性どちらを考慮する設計が求められているのか住民と設計する側2つの視点で考えてもらい統計をとった。

図3 住民側の考え方

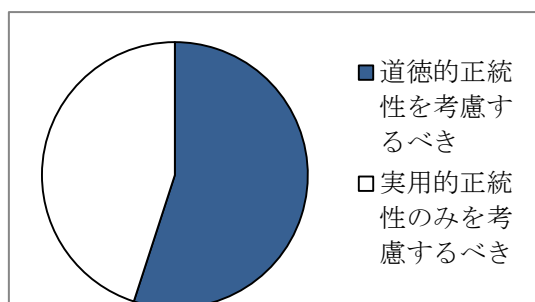


リスクを伴う建造物の設計において住民側の立場では多くの人が道德的正統性を

考慮した設計を行うべきだという意見であった。道徳的正統性を考慮するべき 95%、実用的正統性のみを考慮するべき 5%であった。道徳的正統性を考慮するべきと答えた多くの人が東日本大震災の影響によって安全性に対し不安感があることで安全面が出来るだけ高い設計が求められていることが分かる。一方で実用的正統性のみを設計時に考慮するべきと答えた人の意見としては、道徳的正統性を考慮したとしても安全が信頼できないために実用的正統性のみを考慮するべきという意見だった。

次に建設業者側の立場での最適な安全率の設定を考える場合では、意見が大きく分かれる結果となった。

図 4 建設業者側の考え方



道徳的正統性を考慮するべきであると答えた人が 55%で、一方で実用的正統性のみを考慮するべきであると答えた人が 45%であった。道徳的正統性を考慮するべきと考える人の意見としては、建築コストが割高となるが、今後のリスクマネジメントを考えると安全率に道徳的正統性を考慮した安全性の高い策を取るべきであるという意見が多かった。実用的正統性のみを考慮するべきであると答えた人の意見では業者側の考え方としてコストを出来るだけ抑えることによってコストパフォーマンスを重要視したいと考えるのではないかとこの意見が多かった。

3.4 これからのリスク構造物

現代では実用的正統性を工学的に捉えて設計を行なっている。実用的には正統性が保つ事ができている場合でも、道徳的正統性が確保できるとは言えない。道徳的正統性の確保に十分対応できないこのために補助金などの対処方法をとっている。しかし、補助金だけでは、すべての人が納得するわけではない。住民アンケートの結果でもリスクを伴う建造物を設計する際に、道徳的正統性を配慮した安全率を設定するべきであるという結果となった。合意形成とは正統性の確保を意味しており、地域・住民に対して信頼感に基づく納得を得るためには道徳的正統性を工学的として考慮した設計を行うべきだ。

参考文献

- (1) 「福島第一原子力発電所 3 号機の耐震安全性について」 東京電力株式会社
- (2) 「東日本大震災における原子力発電所の影響と現在の状況について」
- (3) 東京電力株式会社原子力発電所の津波評価技術 土木学会原子力土木委員会
- (4) 津波評価部会原子力発電所の耐震安全性について 経済産業省原子力安全・保安院
- (5) 福島第一原子力発電所・福島第二原子力発電所基準地震動 S_s の策定について
- (6) 東京電力株式会社建築基礎耐震・振動・制御 共立出版株式会社
- (7) 評価の課題とアウトカム、合意形成の基礎 那須清吾