



平成26年(ㇿ)第31号, 平成27年(モ)第38号

債権者 松田 正 外8名(平成26年(ㇿ)第31号は高橋秀典外4名)

債務者 関西電力株式会社

主張書面(17) 兼 異議審主張書面(12)

平成27年10月15日

福井地方裁判所民事第2部 御中

債務者代理人 弁護士 小 原 正 敏



弁護士 田 中 宏



弁護士 西 出 智 幸



弁護士 原 井 大 介



弁護士 森 拓 也



弁護士 辰 田 淳



弁護士 今 城 智 徳



明 喜 内 山 弁護士



祐 室 中 弁護士



第1 はじめに

債権者らは、「①評価値（計算結果）と評価基準値（許容値）との間の余裕，②設備が機能喪失する限界値と評価基準値との間の余裕，③評価値（計算結果）を計算する上で計算条件の設定等に持たされた余裕の3段階があるという債務者の主張は，現代の設計思想からして，到底了解できないものであり，これらの余裕をもって耐震安全性が確保されていると認めることはできない」と主張する（債権者ら第21準備書面11頁）。

しかしながら，債務者が主張する耐震設計上の余裕は，原子力発電所に関して過去に行われた実証試験の結果や実際の地震による影響評価の結果等からも，その存在が明らかである。

以下，原子力発電所における耐震設計上の余裕の概要について改めて述べた上で，平成19年（2007年）新潟県中越沖地震（以下，文献名等を除き，「新潟県中越沖地震」という）による東京電力株式会社（以下，「東京電力」という）柏崎刈羽原子力発電所への影響評価を一例に，原子力発電所に債務者の主張するような耐震設計上の余裕が一般に存在することを述べる。

第2 原子力発電所における耐震設計上の余裕

- 1 債務者主張書面（1）154～155頁及び債務者異議審主張書面（1）24～26頁で述べたとおり，原子力発電所における耐震設計上の余裕としては，①基準地震動による地震力が作用した際の各施設の評価値（建物・構築物（建屋）耐震壁のせん断ひずみや機器・配管系に生じる応力値等）の評価基準値（許容値）に対する余裕に加えて，②評価基準値（許容値）自体が，実際に機器等が機能喪失する（損壊する）限界値に対して（実験結果等により得られた値に，実験値のばらつきや下限値を参考にして）余裕を持った値で設定されている上（評価基準値（許容値）の持つ余裕），③評価値（基準地震動による地震力が作用した際の機器・配管系に生じる応力値等）を計算する過程においても計算結果が保守的なものと

なるよう、計算条件の設定等に余裕を持たせている（計算条件の余裕）（図表 1）。

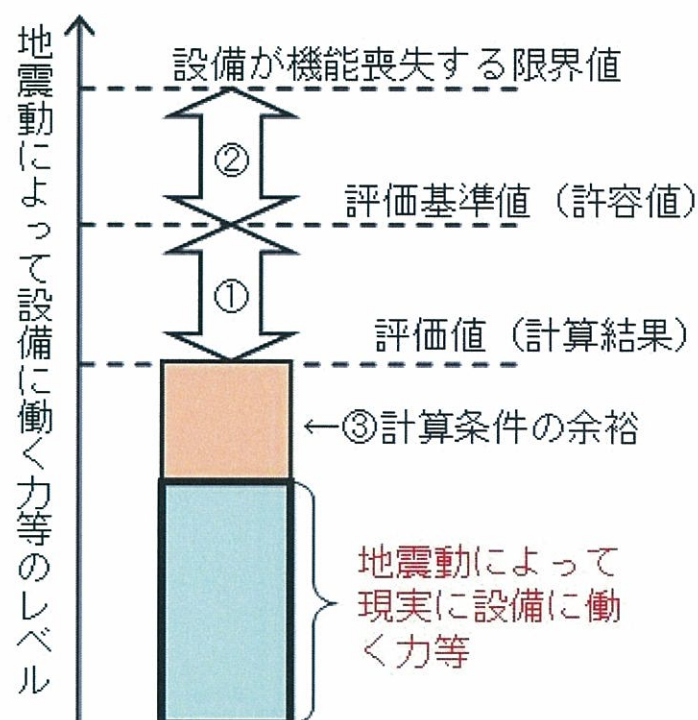
- 2 そして、これらの例としては、まず、②について、鉄筋コンクリート造耐震壁のせん断ひずみ¹の評価基準値（許容値）が終局せん断ひずみ²に余裕を持たせて設定されていること（債務者主張書面（1）155～156 頁）や、機器等の評価基準値（許容値）が材料の破壊実験結果をもとに実験値のばらつきや実験値の下限値を考慮した上で、これに余裕を見込んだ保守的な値が設定されていること（債務者主張書面（7）兼異議審主張書面（2）40 頁）等が挙げられる。また、③について、機器・配管系の耐震安全性評価においては、実際の地震の揺れによる力は、特定の方向にかかり続けるものではなく、また、瞬間的に大きな力がかかることがあっても設備が破損するほどの大きな変形が直ちに生じるわけではないが、あえて、地震の揺れによる最大の力が設備にとって厳しい方向に一定してかかり続けると仮定して評価することや、エネルギー吸収効果（材料が塑性変形³することによりエネルギーが吸収され⁴、設備の揺れが抑制される効果）を考慮していないこと等が挙げられる（債務者主張書面（1）156～157 頁）。

¹ せん断ひずみとは、せん断力（外力を受けて物体内部で生じる、ずれを生じさせる力）によって変形（せん断変形）する際の変形の割合をいう。耐震壁の場合は、地震時に生じるせん断変形（長さ）を耐震壁の高さで除すことで求められる。例えば、高さ 10m の耐震壁でせん断変形が 1cm であれば、せん断ひずみは 1×10^{-3} となる。

² 終局せん断ひずみとは、部材がせん断力により破壊する時点のせん断ひずみをいう。

³ 物体に加わって変形を生じさせる外力が取り除かれると元に戻る変形のことを弾性変形といい、物体に加わっている外力が取り除かれた後も元に戻らずに残る変形のことを塑性変形という。

⁴ 例えば、針金を繰り返し手で曲げたり伸ばしたりしていると、次第に屈曲部が熱を帯びてくる。これは、針金に加わる力のエネルギーの一部が熱エネルギーに変わる（針金を変形させる力としては働かない）形で吸収（消費）されるからである。



【図表 1 耐震安全上の様々な余裕】

第 3 新潟県中越沖地震の柏崎刈羽原子力発電所への影響評価

原子力発電所の「安全上重要な設備」が有する耐震設計上の余裕については、債務者主張書面（１）157～160 頁で述べた財団法人原子力発電技術機構の多度津工学試験センターにおける原子力発電施設耐震信頼性実証試験の結果，及び新潟県中越沖地震により当時の基準地震動を超える地震動を受けた柏崎刈羽原子力発電所において「安全上重要な設備」の健全性に特段の問題が生じていない事実からも明らかである。

以下では，後者の柏崎刈羽原子力発電所の事例に関する耐震安全性を評価・検討するなどした報告書や論文を採り上げる。

1 東京電力による柏崎刈羽原子力発電所 7 号機の設備健全性に係る点検・評価

- （１）平成 19 年 7 月，新潟県中越沖で地震が発生し，北陸地方を中心に東北地方から近畿・中国地方にかけての広い範囲で地震動が観測された。震源距離約

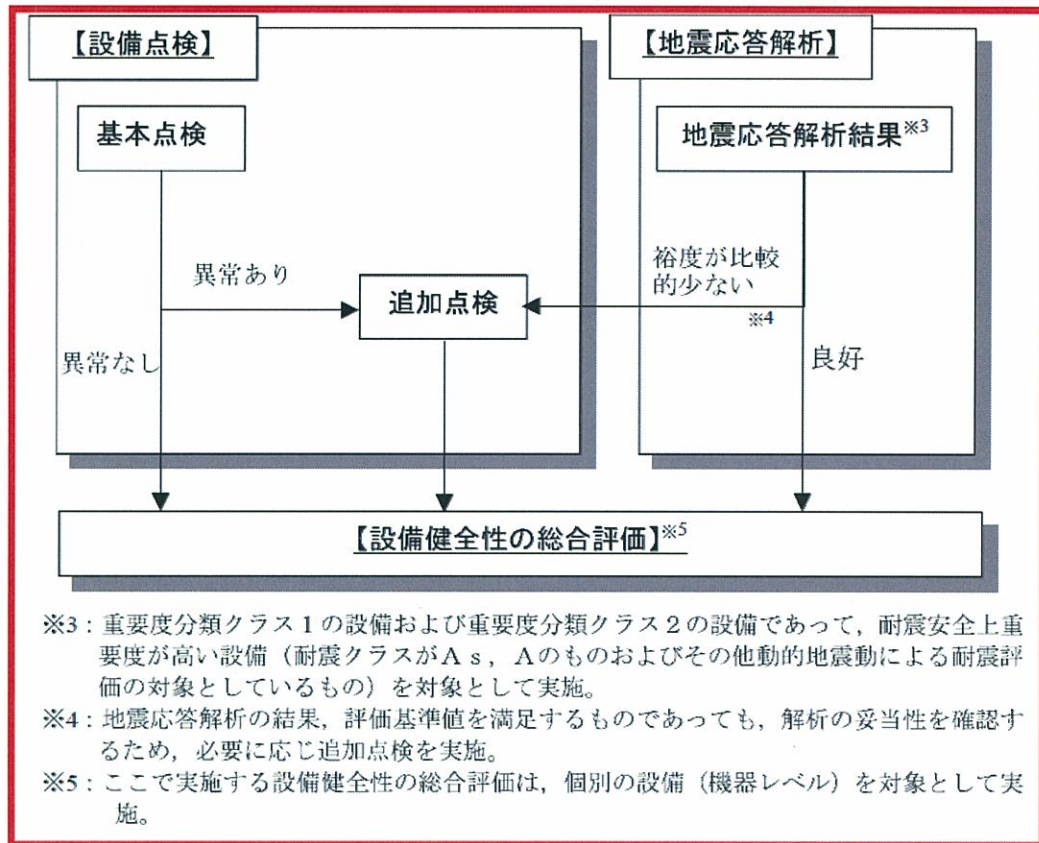
23km に位置する柏崎刈羽原子力発電所は、この地震発生により、基準地震動を超える大きな地震動を受けた。

これを受けて、東京電力は、柏崎刈羽原子力発電所各号機の設備の健全性に係る点検・評価を実施した。平成 20 年 9 月には、このうち、同発電所 7 号機の機器レベルでの点検・評価作業の結果を「柏崎刈羽原子力発電所 7 号機 新潟県中越沖地震後の設備健全性に係る点検・評価に関する報告書（機器レベルの点検・評価報告）」として取りまとめ、原子力安全・保安院に提出した（乙 175）。以下、この報告書の内容について、一部敷衍しつつ述べる。

- （２）東京電力は、機器レベルの点検・評価に関して、設備点検の結果と地震応答解析による評価の結果との双方を踏まえて、設備健全性の総合評価を行った（乙 175、3-1～3-3 頁）（図表 2）。設備点検では、各設備の特徴に応じて各設備が受けた地震による影響を点検・試験等によって確認し、地震応答解析では、新潟県中越沖地震の観測記録⁵に基づく各設備の解析的な評価を実施した。

⁵ 柏崎刈羽原子力発電所 7 号機の設計時の基準地震動 S_2 による原子炉建屋基礎版上の最大応答加速度 263 ガルに対し、実際に観測された最大応答加速度は 356 ガルであった。

機器レベルの点検・評価の範囲



【図表2 機器レベルの点検・評価のフロー】

（3）具体的には、まず、設備点検については、目視点検，作動試験等の基本点検を各設備に共通して実施し、基本点検で異常が確認された設備や地震応答解析により裕度が比較的少ないと判断された設備等については、分解点検，非破壊試験等の追加点検を実施した。

報告書取りまとめの時点において、設備点検は一部を除いて全て完了しており（約 1360 か所で実施），その結果，「原子炉安全上重要な機器については，構造強度や機能を阻害するような重要な損傷は確認されていない」と結論付けている（4-11 頁）。

(4) 次に、地震応答解析による評価については、原子炉安全上重要な設備⁶を評価対象設備として(5-1 頁)、新潟県中越沖地震時に観測した地震記録を用いた解析により行うことを基本とし、地震の揺れによって機器・配管系に生じる加速度等を適切に算定できる解析モデルを設定した上で解析を行い、その結果求められた評価値(応力値又は応答加速度)をもとに評価した(5-2 頁)。なお、この解析は、設計時の解析とは異なることから、解析にあたっては実際の観測記録を用いること、既往の試験・検討等を踏まえ、評価手法の保守性の一部を考慮しない条件(例えば、通常拡張を行う床応答スペクトルについて拡張を行わないなど)とした⁷(5-10 頁)。

そして、このような対象・条件での地震応答解析として、98 設備に対して構造強度評価⁸を実施し、36 設備に対して動的機能維持評価⁹を実施したところ、いずれの評価においても、評価値(応力値、応答加速度)は評価基準値を満足することを確認した(5-7～5-8 頁)。主要設備の地震応答解析の結果は、図表 3 及び 4 のとおりである¹⁰。

⁶ 原子炉安全上重要な設備とは、重要度分類クラス 1 の設備及び重要度分類クラス 2 の設備であって、耐震安全上重要度が高い設備(耐震クラスが A s, A (債務者注:現在の S クラス)のもの及びその他動的地震動による耐震評価の対象としているもの)をいうとされている(乙 175, 1-1 頁)。

⁷ このような条件設定により、評価値は結果として小さくなる。

⁸ 構造強度評価とは、通常運転時や事故等により生じる荷重と地震により生じる荷重を組み合わせた荷重条件に対して、当該設備が要求される状態にあること(応力やひずみが一定量に収まること)の確認をいう。

⁹ 動的機能維持評価とは、地震により発生する加速度又は荷重に対して、当該設備が要求される機能を保持すること(例えば、ポンプであれば所定の送水機能が確保されていること)の確認をいう。

¹⁰ 地震応答解析の結果は、乙 175 号証の 5-20～5-36 頁の表に取りまとめられている。

評価対象設備	評価部位	評価値 (発生応力)	評価基準値
		MPa	MPa
原子炉圧力容器基礎ボルト	基礎ボルト	115	499
炉心支持構造物 シュラウドサポート	レグ	32	243
残留熱除去系熱交換器	基礎ボルト	17	118
残留熱除去系ポンプ	基礎ボルト	5	350
原子炉隔離時冷却系ポンプ	基礎ボルト	30	455
高圧炉心注水系ポンプ	基礎ボルト	7	350
原子炉格納施設 ドライウェル上鏡	フランジプレート	27	264
主蒸気系	配管	136	281
残留熱除去系	配管	239	274

【図表 3 主要設備の構造強度評価結果】

評価対象設備	評価基準値（機能確認済加速度）との比較			
	水平加速度（G ¹¹ ）		上下加速度（G）	
	評価値（応答 加速度）	評価基準値	評価値（応答 加速度）	評価基準値
残留熱除去系ポンプ	0.4	10.0	0.4	1.0
原子炉隔離時冷却系ポンプ	0.4	1.4	0.4	1.0
高圧炉心注水系ポンプ	0.4	10.0	0.4	1.0

【図表 4 主要設備の動的機能維持評価結果】

また、この解析における評価手法の保守性を確認するべく、より現実に近い
応答を再現するために評価手法の保守性をさらに考慮しない条件で検討解析

¹¹ 1Gは9.80665m/s²である。

を行い、この検討解析結果と比較することで、本評価における地震応答解析の評価手法に十分な保守性があることを確認した（5-8 頁）。

- （5）このような設備点検及び地震応答解析による評価の結果を踏まえ、設備の健全性の総合評価を行った。その結果、設備点検において地震による重要な異常がなかった¹²こと、また地震応答解析でも評価基準値を超えているものはなかったことから、設備の健全性が確認できた（6-30 頁）。

2 日本原子力技術協会による原子炉機器の健全性評価

- （1）新潟県中越沖地震を受けた柏崎刈羽原子力発電所では、安全上の重要機器に外観上の大きな損傷は認められなかった。しかし、設計基準を超える地震荷重を受けた重要機器の健全性を確認し、対策を着実に実施するとともに、災害から得られた教訓を関係者が広く共有するため、平成 19 年 9 月、構造強度・検査・耐震等を専門的分野とする学識経験者及び電力・メーカー等の関係者によって、日本原子力技術協会に「中越沖地震後の原子炉機器の健全性評価委員会」が発足し、地震荷重を受けた機器の健全性評価について、解析的評価と点検結果との両面から検討した。

この検討のうち、平成 20 年度の検討成果を中間的な報告として取りまとめたのが「中越沖地震後の原子炉機器の健全性評価 平成 20 年度中間報告」（乙 173）である。

- （2）この報告書では、東京電力が実施した前述の地震応答解析に関して、解析の有する保守性の評価結果とともに、「新潟県中越沖地震により、柏崎刈羽原子力発電所は設計用地震動を超える地震動を受けたにも関わらず、重要設備に有意な損傷は認められなかった。この結果は、原子力発電設備の耐震設計の有す

¹² 設備点検を実施した結果、地震の影響による事象を確認した機器のうち 9 機器に構造強度や機能維持に影響を与えると考えられる異常が確認されたが、これらは、機器に重大な損傷をもたらしたものでなく、かつ原子炉の安全を阻害する可能性のない軽微な事象であったとされている（乙 175, 6-29 頁）。

る余裕が大きいことを示すものである」と述べられている（乙 173，7-1 頁）。

3 中越沖地震の柏崎刈羽原子力発電所影響評価研究分科会の活動

- (1) 新潟県中越沖地震への対応の中で注目される課題の 1 つとして耐震設計に含まれる余裕が挙げられているのを受けて、耐震設計の過程をたどり、どこにどのような余裕があるのかを明確にすることを試みたのが、「中越沖地震の柏崎刈羽原子力発電所影響評価研究分科会の活動（原子力発電所の機器等の地震安全に関する建屋・機器設計の余裕の考え方）」と題する論文（乙 174）である。
- (2) この論文では、「発電所の設計が決まると、プラントの基本計画が始まり、引き続き建屋や機器・配管の設計が行われる。ついで、設計用地震動等の種々の耐震性評価の条件が与えられて、耐震評価（耐震性評価とも言う）が行われる」というのが耐震設計の概略手順であり、「基本的には、それぞれの解析の過程で独立して保守性を保つように評価され、また設計がなされる。従って、それぞれの持つ保守性は余裕として集積され、必然的に大きな余裕を生むことになる」と述べられている（64 頁）。そして、「建屋・機器設計における耐震評価の具体的な手順に従い、余裕の検討を行う」とし、地震応答解析における解析モデルの簡素化による保守性や床応答スペクトルの拡張による保守的評価等、様々な検討についての結果を論じている。

4 小括

以上で挙げた報告書及び論文から、新潟県中越沖地震により基準地震動を超える地震動を受けた柏崎刈羽原子力発電所において、「原子炉安全上重要な機器については、構造強度や機能を阻害するような重要な損傷は確認され」ず、設備の健全性が確認されたこと、このことは、原子力発電所の設計に大きな余裕があることを示すものであり、地震応答解析等の耐震評価の過程には様々な保守性が存在することが分かる。

第4 結語

このように、債務者が主張する耐震設計上の余裕の存在は、過去に行われた実証試験の結果のみならず、新潟県中越沖地震を受けた柏崎刈羽原子力発電所の事例に関する評価、検討等からも明らかである。

以 上