

1.2 耐震設計基準の変遷と改訂動向

耐震設計基準および津波評価に関する基準類は、これまで大きな地震被害や津波被害を契機に見直しが行われており、本調査の対象とする水力・火力・原子力発電施設ならびに送変電施設関連の基準類の主な変遷を表-1.2.1に示す。同表には、一般土木構造物を対象とした基準類の変遷も並記した。一般土木構造物の基準類として、ここでは主に道路橋を対象とした耐震設計基準と、港湾構造物を対象とした津波評価に関する基準の変遷について示した。

以下に基準の変遷と改訂動向を施設毎に概説する。

(1) 一般土木構造物

a) 道路橋の耐震設計基準

橋梁の耐震設計への取り組みは関東大震災（1923年関東地震）をきっかけに始まり、1926年に「道路構造に関する細則案」が制定され、設計荷重として地震力を考慮する規定が初めて設けられた。具体的な数値や計算方法が規定されたのは1939年に制定された「鋼道路橋設計示方書案」で、水平加速度0.2g、鉛直加速度0.1gを標準とした震度法による静的な照査が示された。1956年に制定された「鋼道路橋設計示方書」、および1964年の改訂により、架橋地点の状況に応じて震度を増減する具体的な規準が規定された。

1964年の新潟地震における地盤の液状化による被害を踏まえて、1971年に制定された「道路橋耐震設計指針」は初めての独立した耐震規定で、応答を考慮した修正震度法や液状化判定法が規定された。その後、1980年に「道路橋示方書 V耐震設計編」として改訂され、地震時変形性能照査法の規定が新たに設けられた。また、動的解析の位置づけを行い、設計地震入力を規定した。さらに、1990年の改訂では、2段階の地震動に対する設計方法が導入され、地震時保有水平耐力の照査、動的応答解析に用いる標準スペクトルが示された。

1995年の兵庫県南部地震による甚大な被害を踏まえた、1996年の改訂では内陸直下型の大規模地震動に対する設計地震動が導入された。また、流動化の判定方法と流動力が規定された。この改訂以降に構築された構造物は、耐震補強された構造物も含めて、2011年東北地方太平洋沖地震において地震動による被害は少なく、東海地震、東南海地震、南海地震等のプレート境界型の大規模地震を考慮するためにレベル2地震動（タイプI）の見直し（図-1.2.1参照）が行われた2012年の改訂でも耐震設計の考え方は踏襲された。また、2012年の改訂では津波の影響を受ける可能性のある地域の路線に対しては、津波を考慮した構造計画の考え方が初めて示された。

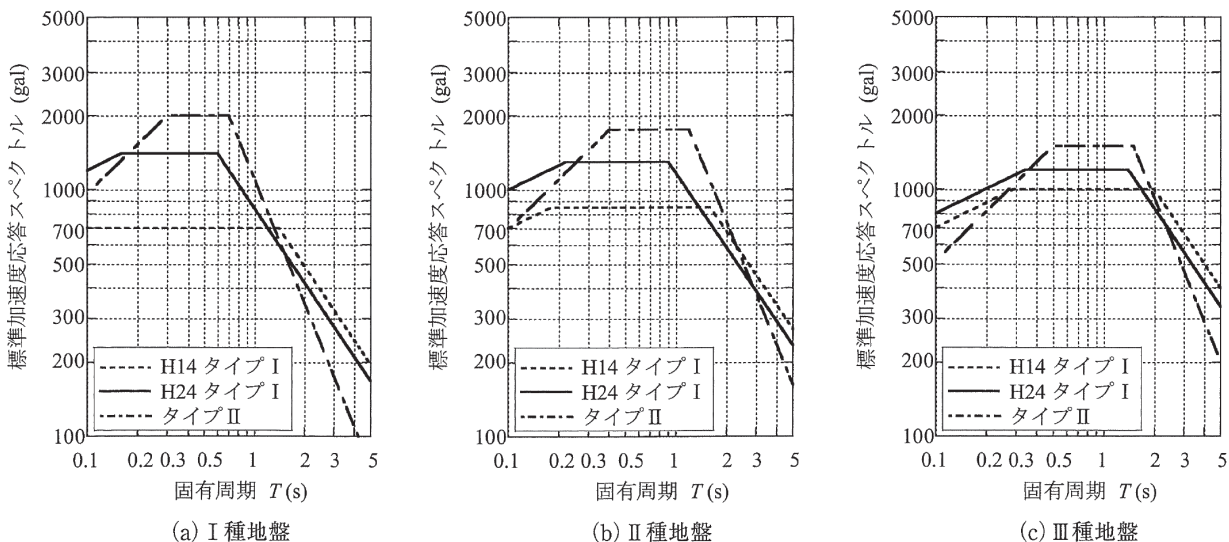


図-1.2.1 標準加速度応答スペクトルの比較 53)

表-1.2.1 発電設備ならびに送変電設備関連の耐震基準の変遷

年代	主な地震	一般土木構造物	水力発電施設関連	火力発電施設関連	原子力発電施設関連	送変電施設関連
1920年 (大正9年)	1923 関東地震	1926 道路構造に関する細則案 【耐震設計の導入】				
1930年 (昭和5年)	1933 三陸沖地震	1939 鋼道路橋設計示方書案 【震度法 $k_H=0.1\sim0.4$ 】				
1940年 (昭和15年)	1945 三河地震 1946 南海地震					
1950年 (昭和25年)	1952 十勝沖地震	1956 鋼道路橋設計示方書 【地盤別、地域別に k_H を9種類に分類】	1957 ダム設計基準[日本大ダム会議]			
1960年 (昭和35年)	1960 チリ地震 1964 新潟地震	1969 海岸保全施設築造基準第2回改定[農水省、水産庁、運輸省、建設省] 【津波に対して規定】	1960 水門鉄管技術基準(2005年第5回改訂) 1965 発電用水力設備に関する技術基準を定める省令[通産省]	1965 発電用火力設備に関する技術基準を定める省令[通産省]	1965 発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令[通産省](2013年最終改正) 1966 東海発電所運転開始(日本初の商業用原子炉)	1965 発電用電気設備に関する技術基準を定める省令[通産省](2009年最終改正)
1970年 (昭和45年)	1978 宮城県沖地震	1971 道路橋耐震設計指針 【修正震度法、液状化判定】 1977 新耐震設計法(案)[建設省] 1979 港湾の施設の技術上の基準・同解説 [運輸省]	1976 河川管理施設等構造令(2013年最終改正)	1979 LNG地上式・地下式貯槽指針	1978 発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針 [原子力安全委員会]	
1980年 (昭和55年)	1983 日本海中部地震	1980 道路橋示方書 V耐震設計編 【動的解析の導入】		■JEAC3605-1983 火力発電所の耐震設計指針	1981 発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針改訂[原子力安全委員会] ■JEAG 4601-1984 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 □1985 原子力発電所地質・地盤の調査・試験法 および地盤の耐震安定性の評価手法 ■JEAG 4601-1987 原子力発電所耐震設計技術指針	■JEAG 5003-1980 変電所等における電気設備の耐震対策指針 1984 UHV送電用鉄塔・基礎耐震設計指針・解説 [東京電力]
1990年 (平成2年)	1993 北海道南西沖地震	1990 道路橋示方書 V耐震設計編 【地震時保有水平耐力法】			■JEAG 4601-1991 原子力発電所耐震設計技術指針 追補版 □1992 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震設計に関する安全性照査マニュアル	
1995年 (平成7年)	1995 兵庫県南部地震	1995 兵庫県南部地震により被災した道路橋の復旧に係る仕様 1996 道路橋示方書 V耐震設計編 【内陸直下型地震の考慮】	1995 電気設備防災対策検討会[原子力安全・保安院] 【耐震性能区分・確保すべき耐震性】 1997 発電用水力設備に関する技術基準を定める省令[通産省](2013年最終改正) 1997 発電用水力設備の技術基準の解釈[通産省]	1997 発電用火力設備に関する技術基準を定める省令[通産省](2013年最終改正) 1997 発電用火力設備の技術基準の解釈[通産省] ■JEAC3605-1999 火力発電所の耐震設計規程 1999 LNG地下タンク躯体の構造性能照査指針 [土木学会]		1997 発電用電気設備に関する技術基準を定める省令[通産省](2012年最終改正) 1997 発電用電気設備の技術基準の解釈[通産省]
2000年 (平成12年)	2000 鳥取県西部地震	2001 土木構造物の耐震設計ガイドライン(案) [土木学会] 2002 土木・建築にかかる設計の基本[国交省] 2002 道路橋示方書 V耐震設計編 【性能規定型】		2002 LNG地上式・地下式貯槽指針(一次改訂)	□2002 原子力発電所の津波評価技術 □2002 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針	
2005年 (平成17年)	2007 新潟中越沖地震	2005 津波避難ビル等に係るガイドライン [内閣府] 2007 河川構造物の耐震性能照査指針(案)・同解説[国交省]	2005 大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説[国交省] 2007 河川構造物の耐震性能照査指針(案)・同解説[国交省]	■JEAC3605-2009 火力発電所の耐震設計規程(第4回改定)	□2005 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針[改訂版] 2006 発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針改訂[原子力安全委員会] ■JEAC 4601-2008 原子力発電所耐震設計技術規程 ■JEAG 4601-2008 原子力発電所耐震設計技術指針 □2008 原子力発電所屋外重要土木構造物の構造健全性評価に関するガイドライン	
2010年 (平成22年)	2011 東北地方太平洋沖地震	2011 東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針(新ガイドライン) 2012 道路橋示方書 V耐震設計編 【プレート境界型大規模地震の見直し】 2012 港湾の施設の技術上の基準・同解説(部分改訂)[国交省]	2011 東日本大震災を踏まえた危険物施設等の地震・津波対策のあり方に関する検討報告書[消防庁] 2012 水力発電設備の耐震性能照査マニュアル [経産省] 2012 原子力安全・保安部会 電力安全小委員会 電気設備地震対策ワーキンググループ報告書[原子力安全・保安院] 2012 河川構造物の耐震性能照査指針・解説 [国交省] 2012 国営造成農業用ダム耐震性能照査マニュアル[農水省]	2012 LNG地上式・地下式貯槽指針(二次改訂)	2012 原子炉等規制法(改正炉規法)公布 □2012 原子力発電所屋外重要土木構造物の構造健全性評価に関するガイドライン2012 2013 実用発電用原子炉に係る新規性基準 [原子力規制委員会]	■JEAG 5003-2010 変電所等における電気設備の耐震設計指針

■：一般社団法人 日本電気協会

□：公益社団法人 土木学会原子力土木委員会

b) 港湾構造物の津波評価に関する基準

近代的な津波対策は、昭和三陸大津波(1933年)に始まり、1960年にチリ地震津波の際には、特別措置法に基づく津波対策事業計画策定基準が決定された。それまでの高地移転が中心の対策から防災構造物（防潮壁や防潮堤）の建設による対策が取られた。基準類に津波に対する規定が設けられるのは、1969年に改訂された海岸保全施設築造基準まで待つこととなる。

1979年に運輸省から「港湾の施設の技術上の基準・同解説」が策定され、津波の諸元として最高潮位、津波波高等を考慮した規定が設けられた。その後、1995年兵庫県南部地震の被災を踏まえた改正（1999年）では津波防波堤の構造規定が加わり、2002年の改正では基準を性能規定化し、津波を供用期間中に生じる可能性は低いが施設に大きな影響を及ぼす偶発作用（図-1.2.2参照）と定義して、既往最大津波、防災上適切と考えられる規模の津波等を踏まえ津波高さを設定するものと規定された。基準では想定津波の設定レベルの考え方や方法が曖昧なため、結果的に観測データが残っている過去100年程度の期間に起こった津波を対象とした設計となっていた⁵⁴⁾。

2011年3月の東北地方太平洋沖地震による津波被害を踏まえて、2013年9月に「港湾の施設の技術上の基準・同解説」が部分改訂され、従来の「津波」を「設計津波」と定義し、設計津波を超える規模の強さを有する津波等の作用に対しても要求性能を規定した。また、設計津波を超える規模の強さを有する津波として、再現期間が数十年から百数十年の発生頻度の高い津浪の規模以上と具体化している。

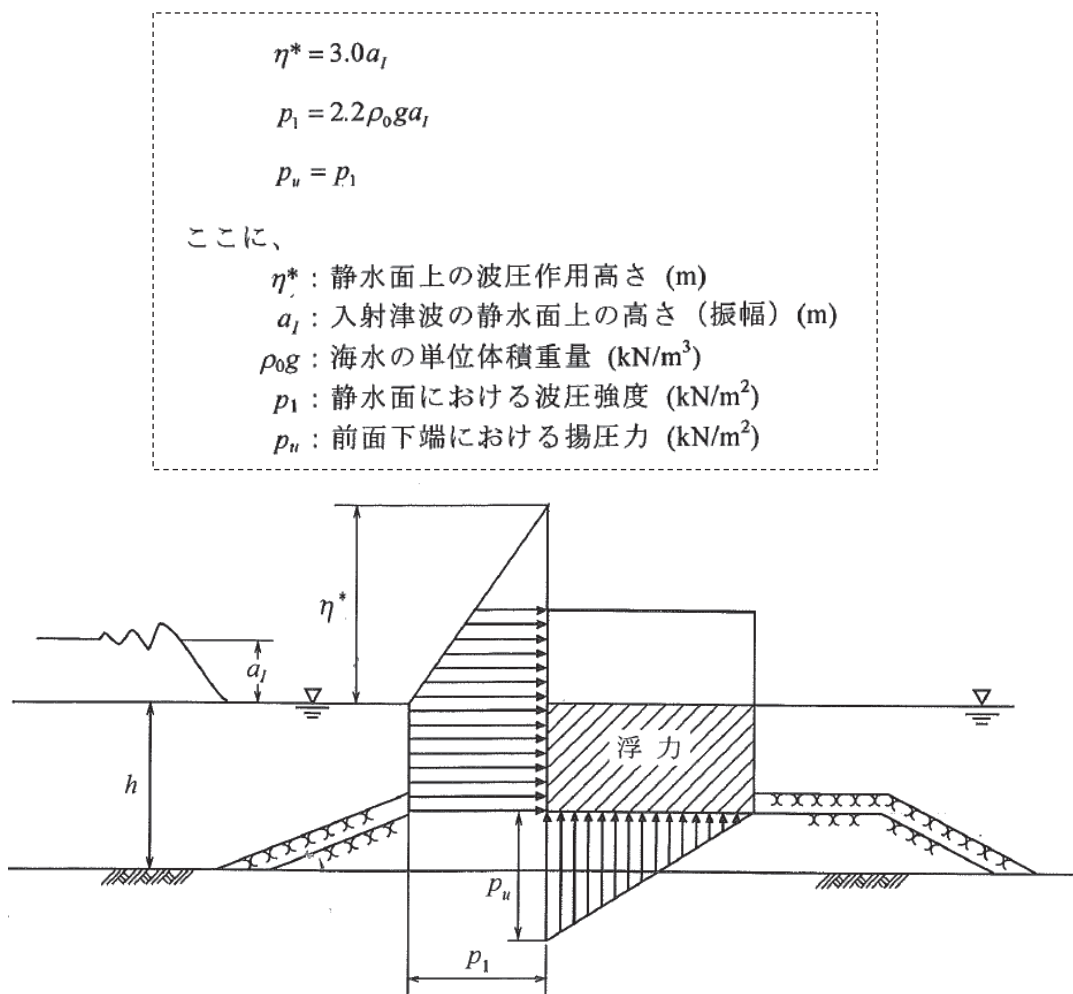


図-1.2.2 津波波圧の考え方⁵⁵⁾

(2) 水力発電施設

水力発電施設の設計基準としては、1957年4月に日本大ダム会議が「ダム設計基準」を刊行し、初めて設計基準が体系化され、1960年には(社)水門鉄管協会から水門鉄管技術基準の初版が発行されている。その後、1965年に電気事業法（1964年公布）に基づく「発電用水力設備に関する技術基準を定める省令」が、1976年には「河川管理施設等構造令」が制定されているが、これらの設計基準による耐震設計はいずれも「震度法」を基本としている⁵⁶⁾。

1995年に発生した兵庫県南部地震を受けて、改訂された防災基本計画（1995年7月中央防災会議決定）における構造物・施設等の耐震性確保についての基本的考え方に基づき、電気設備防災対策検討会（通商産業省）において、各電気設備の耐震性区分及び確保すべき耐震性が以下のように整理された⁵⁷⁾。

耐震性区分Ⅰ

対象設備：一旦機能喪失した場合に人命に重大な影響を与える可能性のある設備（ダム、LNGタンク（地上式、地下式）、油タンク）

確保すべき耐震性：

- 一般的な地震動^{※1}に際し個々の設備毎に機能に重大な支障が生じないこと
- 高レベルの地震動^{※2}に際しても人命に重大な影響を与えないこと

耐震性区分Ⅱ

対象設備：耐震性区分Ⅰ以外の電気設備（水路等、水タンク、発電所建屋・煙突、ボイラー及び付属設備、護岸、取放水設備、変電設備、架空送電設備、地中送電設備、架空配電設備、地中配電設備、給電所、電力保安通信設備）

確保すべき耐震性：

- 一般的な地震動^{※1}に際し個々の設備毎に機能に重大な支障が生じないこと
- 高レベルの地震動^{※2}に際しても著しい（長期的かつ広範囲）供給支障が生じないよう、代替性の確保、多重化等により総合的にシステムの機能が確保されること

※1：一般的な地震動とは、供用期間中に1～2度程度発生する確率を持つ地震動をいう。

※2：高レベルな地震動とは、発生確率は低いが直下型地震又は海溝型巨大地震に起因する一般的な地震動に比べ更に高レベルの地震動をいう。

注）電気事業法では、※1：レベル1地震動 ※2：レベル2地震動として定義

これらを踏まえ、1997年に「発電用水力設備に関する技術基準を定める省令」が全て改正され、遵守すべき技術的要件を詳細に規定していたものが、保安上達成すべき目標、性能のみを規定するものに改まり、具体的な規定は「技術基準の解釈」に委ねられることとなった。2009年の最終改正版においても、地震力は水平方向について設計震度の下限値を規定し、許容応力度法による耐震設計を基本としている。

一方、国土交通省から2005年に「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針（案）・同解説」が、2007年には「河川構造物の耐震性能照査指針（案）・同解説」が示されている。この中では、当該地点で現在から将来にわたって考えられる最大級の強さをもつ地震動（レベル2地震動）を想定して、構造物の耐震性能とその合理的な照査方法が具体的に提案された。

経済産業省原子力安全・保安院は、大規模地震に対する水力発電設備の耐震性能を検証する方法の確立を目的として、ケーススタディによる発電設備耐震性能調査（平成18年～平成20年度および平成21年度～平

成23年度)を実施した。このケーススタディに基づき、2012年に「水力発電設備の耐震性能照査マニュアル」として水力発電設備の耐震性能照査の方法が取りまとめられた。マニュアルではレベル2地震動を対象としており、マニュアルの方法による照査結果は、水力発電設備の設置者が参考とすべきものと位置づけられている。

2011年の東北地方太平洋沖地震を契機として、消防庁から2011年に「東日本大震災を踏まえた危険物施設等の地震・津波対策のあり方に係る検討報告書」⁵⁸⁾が、2012年には原子力安全・保安院から「原子力安全・保安部会 電力安全小委員会 電気設備地震対策ワーキンググループ報告書」⁵⁷⁾が報告され、地震・津波対策のあり方に係る提言がなされた。今後、前記の「水力発電設備の耐震性能照査マニュアル」を基に、耐震基準の見直しが行われるものと想定される。

(3) 火力発電施設

火力発電施設の設計基準としては、1965年に電気事業法（1964年公布）に基づく「発電用火力設備に関する技術基準を定める省令」が制定され、独自の基準が定められている。1983年には民間規格として「JEAC 3605-1983 火力発電所の耐震設計指針」が日本電気協会から発行された。この指針は1981年に大改正され、新耐震設計法が導入された建築基準法や、高圧ガス設備等耐震設計基準（1982年施行）を基にしているが、「震度法」を用いた許容応力度設計法による耐震設計が基本となっている。

1995年に発生した兵庫県南部地震を契機に、前述のとおり電気設備防災対策検討会（通商産業省）において、各電気設備の耐震性区分及び確保すべき耐震性が整理され、これを受けて「発電用火力設備に関する技術基準を定める省令」が1997年に全面改正となった。民間規格では「JEAC 3605-1999 火力発電所の耐震設計規程」（現行版はJEAC 3605-2009）として改訂された。この中では、レベル1地震動およびレベル2地震動の2段階の地震動を設定し、各々の耐震性能を規定し、評価することとなった。また、限界状態設計法も導入された。

LNG地下タンクに着目すると、1979年に「LNG地下式貯槽指針」（資源エネルギー庁）が制定され、土木学会からは1980年に「地下貯油施設技術指針」が発刊されている。これらの指針では、震度法その他、応答変位法や動的応答解析法が示されており、当初よりこれらの解析手法が用いられてきた。兵庫県南部地震以降では、1999年に土木学会より「LNG地下タンク躯体の構造性能照査指針」が発刊されている。

2011年の東北地方太平洋沖地震では、耐震性区分 I に属する油タンクの被害は浮屋根上への油の飛散等が確認されたが、火災や油の溢流などは発生しなかった。これは2003年に発生した十勝沖地震によるタンク火災を受けて取られた対策の効果によるものと確認されている⁵⁸⁾。この他、地震動による被害は比較的軽微であったが、図-1.2.3に示すように津波による被害は甚大であったことから、2012年の「原子力安全・保安部会 電力安全小委員会 電気設備地震対策ワーキンググループ報告書」⁵⁹⁾では「頻度の高い津波」、「最大クラスの津波」の2段階の津波に対して、各々の要求性能や対策・対応を示している。

「経済産業省は2013年度にも原子力発電所以外の火力と水力発電所について東日本大震災を超える巨大地震や津波、山岳崩壊（山崩れ）といった自然災害を想定し耐震基準を見直す検討を始める」との報道⁵⁹⁾もあり、早い時期に耐震基準が改訂されることが想定される。

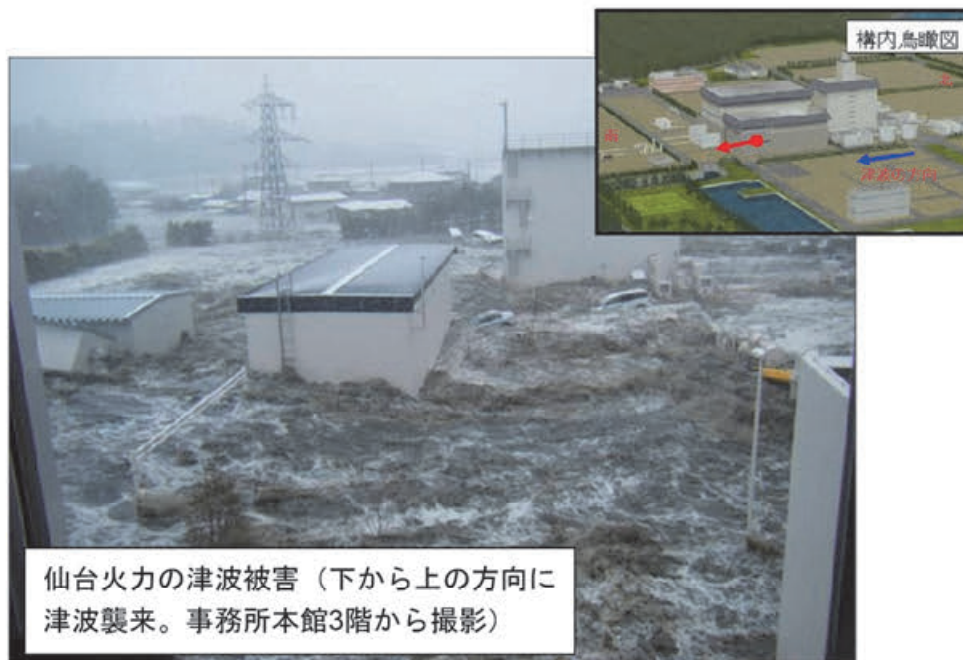


図-1.2.3 東北地方太平洋沖地震における津波襲来状況（仙台火力発電所）⁵⁷⁾

(4) 原子力発電施設

原子力発電所の耐震設計に係わる基準はこれまで、「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令」（1965年通商産業省令第62号）と「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」（1978年原子力安全委員会、2006年改訂）に依拠してきた。前者は後者の改正、改訂結果を踏まえて改正されてきた。

・ 発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針：

基本設計における要求事項を規定したものであり、原子炉等規制法に基づいた原子炉の設置許可に係る原子力安全委員会の安全審査（ダブルチェック）に当たって確認すべき安全設計の基本方針が定められている。この指針は、経済産業省の行う安全審査においても用いられている。

・ 発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令：

詳細設計における要求事項を規定しており、電気事業法に基づいて設置者が設備を維持しなければならない基準であり、また原子炉の工事計画認可、使用前検査及び定期検査・定期安全管理審査に当たったの審査・判断基準として定められている。

一方、民間側では以下の学協会などが原子力発電所の安全性等に係わる規格（指針）を作成しており、この学協会規格が技術基準に関する仕様規格として活用されてきた（図-1.2.4参照）。土木構造物に関する学協会規格を依拠基準の変遷と共に前掲の表-1.2.1に合わせて示す。

- ・ 一般社団法人日本電気協会 原子力企画委員会 JEAG（電気技術規程）、JEAC（電気技術指針）
- ・ 公益社団法人土木学会 原子力土木委員会

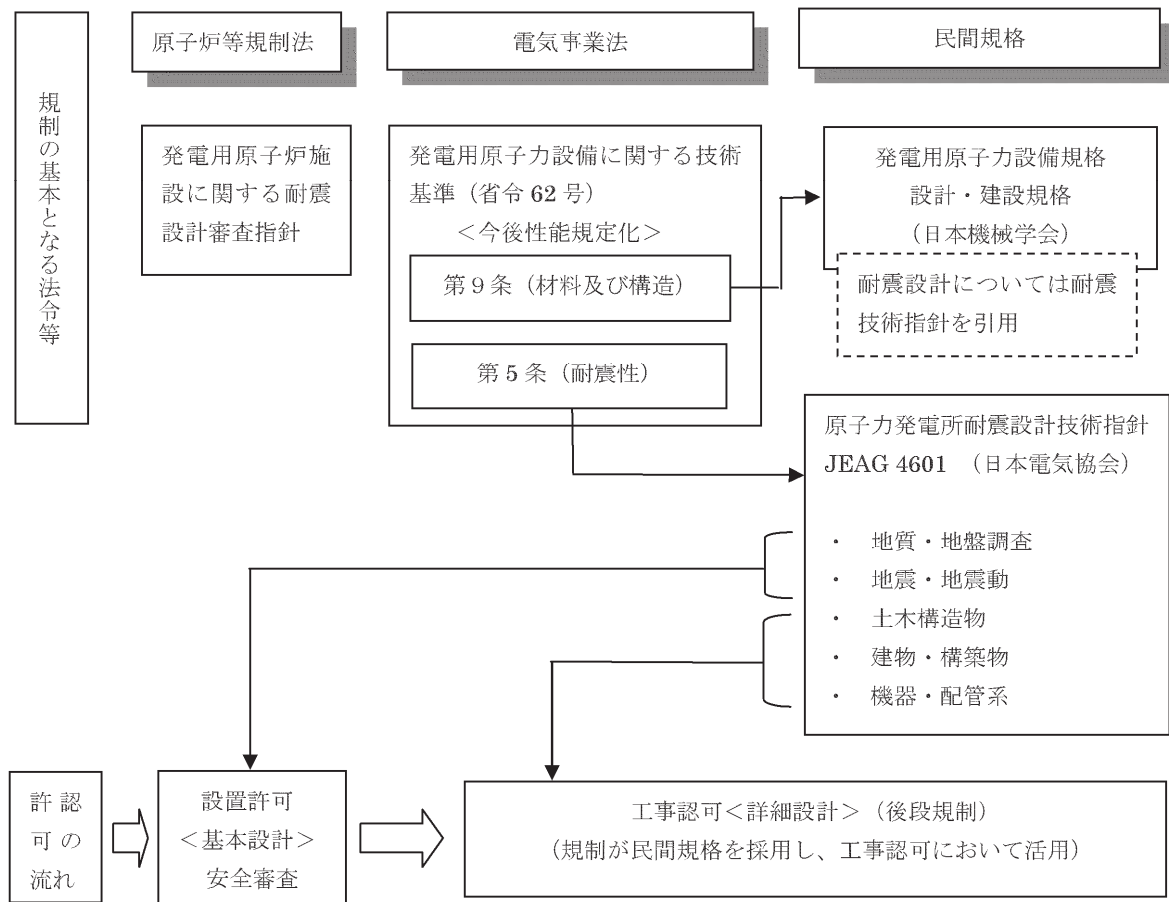


図-1.2.4 従来の規制と民間規格の関係（耐震設計関係） 60

屋外重要土木構造物の耐震設計は基準地震動相当の地震力に対して行われるが、設計手法は以下のように変遷してきた⁶¹⁾。

- ・1980年代までは許容応力度設計法が主流であり、震度法に代わる簡易な耐震解析法として応答変位法が用いられた。
- ・1990年代になると、限界状態設計法が導入され、地盤・構造物連成系の限界状態を評価するために等価線形解析に基づく動的FEM解析が主流となった。
- ・2000年代には兵庫県南部地震による土木構造物の被害を教訓として、性能照査型設計法が導入され、地盤・構造物連成系での変形照査が体系化され、非線形地震応答解析が活用された。

2011年の東北地方太平洋沖地震により発生した福島第一原子力発電所の事故の教訓を踏まえた法改正が行われ、原子力発電の規制のあり方が大きく様変わりした。2012年6月に公布された「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」（略称；原子炉等規制法）に基づき、電気事業法の原子力発電所に対する安全規制（定期検査等）を原子炉等規制法に一元化し、規制組織としては原子力安全・保安院と原子力安全委員会が廃止され、安全規制行政を一元的に担う新たな組織として原子力規制委員会が設置された。原子力規制委員会は従来の「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」に代わる「実用発電用原子炉に係る新規制基準」（以下、新規制基準）を2013年7月に施行した。この新規制基準では、既に許可を得た原子力施設に対しても最新の規制基準への適合を義務づける、「バックフィット制度」が導入された⁶²⁾。

新規制基準に示された、耐震設計および耐津波設計に関連する主なガイドを以下に示す。

- ・基準地震動・耐震設計方針に係る審査ガイド
- ・基準津波・耐津波設計方針に係る審査ガイド
- ・基礎地盤・周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド
- ・地質・地質構造調査に係る審査ガイド

新規制基準では、図-1.2.5に示すように従来と比較するとシビアアクシデントを防止するための基準を強化するとともに、万一シビアアクシデントやテロが発生した場合に対処するための基準が新設された。

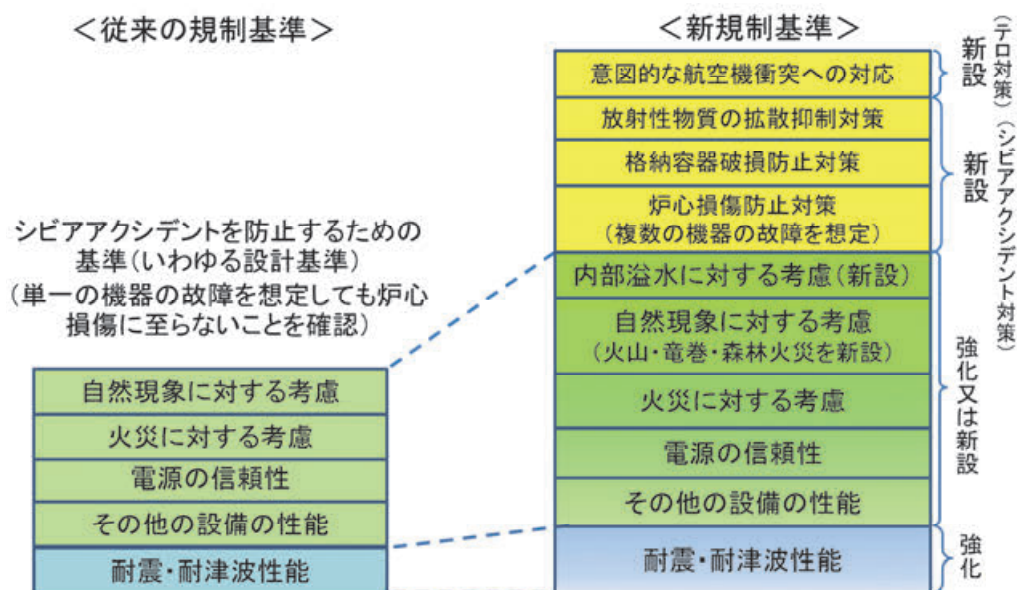


図-1.2.5 従来の規制基準と新規制基準の比較⁶²⁾

(5) 送変電施設

送変電施設的设计基準としては、1965年に電気事業法（1964年公布）に基づく「発電用電気設備に関する技術基準を定める省令」が制定され、独自の基準が定められている。

変電施設については、1978年の宮城沖地震による仙台変電所の被害を受けて、1980年には民間規格として「JEAC 5003-1980 変電所等における電気設備の耐震対策指針」が日本電気協会から発行された。この指針は1998年に「変電所等における電気設備の耐震設計指針」と名称を改めて改訂され、現行版は「JEAC 5003-2010 変電所等における電気設備の耐震設計指針」となっている。

送電施設は風荷重がクリティカルとなり、地震力によって決まることが少なく、電気学会電気規格調査会標準規格「JEC-127-1979 送電用支持物設計標準」には建築基準法の震度を用いて耐震設計を行うことと示されているのみである。このため、超高圧送電鉄塔のような大型鉄塔に対しては東京電力では「UHV送電用鉄塔・基礎耐震設計指針・同解説」（1984年）を社内基準として定めており、動的応答解析による照査が行われている。

2011年の東北地方太平洋沖地震を踏まえた、「原子力安全・保安部会 電力安全小委員会 電気設備地震対策ワーキンググループ報告書」⁵⁷⁾では、以下のように耐震基準についての検討結果が報告されている。

- ・各種の発電設備・送配電設備については、東日本大震災レベルの地震に対して、耐震性能は基本的に満足していると判断され、現行の確保すべき耐震性について変更の必要はないものと考えられる
- ・ただし、今回の検討で得られた知見を含め、地震動及び地震動による被害実績のデータの蓄積を図り、必要に応じて民間設計基準の検討を進めることが必要である

なお、東北地方太平洋沖地震の際に、夜の森線（66kV）のNo.27鉄塔が倒壊したが、この倒壊は地震動によるものではなく、盛土崩壊に巻き込まれたものである。盛土崩壊は継続時間が非常に長い地震動の繰り返し応力により盛土内の地下水位下の地盤強度が低下したことによるものと推定された⁶³⁾。

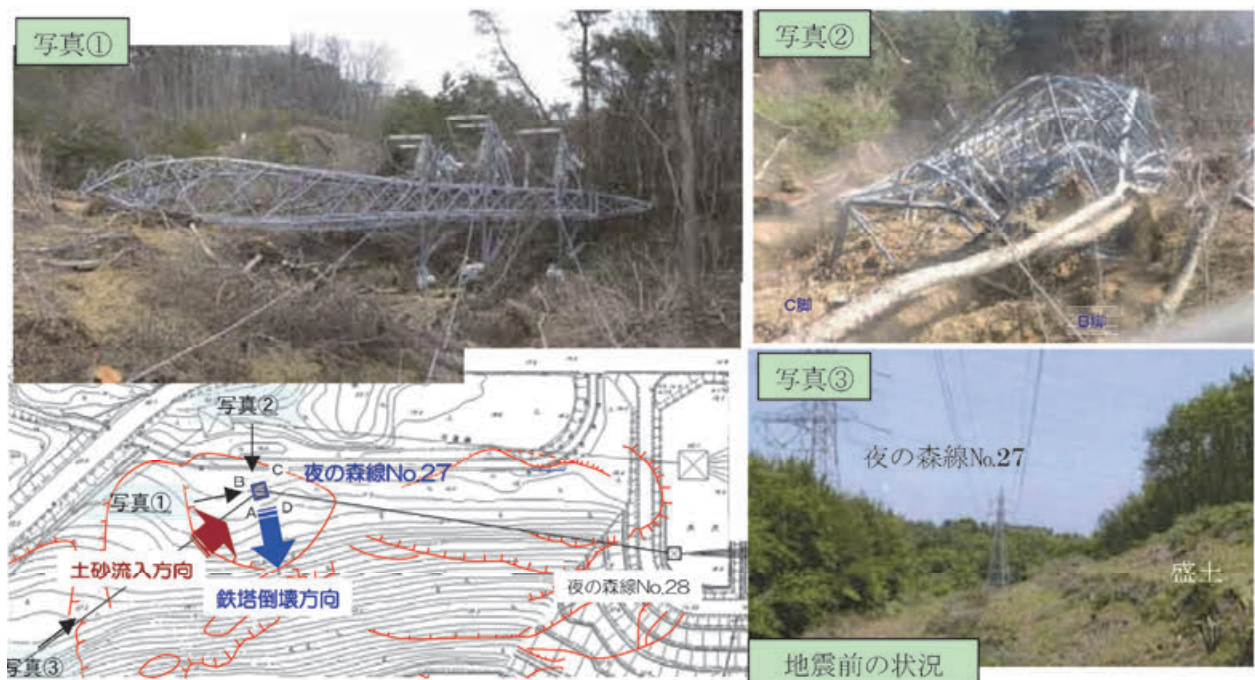


図-1.2.6 盛土崩壊による鉄塔の倒壊（東京電力夜の森線No. 27鉄塔）⁶³⁾

また、津波に関しては、津波への対応に関する電気設備の区分を行い、各区分に「頻度の高い津波」への対策、ならびに「最大クラスの津波」への対策をそれぞれ提言し、「対策の着実な実施とともに今回得られた知見を、今後新增設・更新される設備形成に確実に反映していくことが必要である」⁵⁷⁾と報告されており、今後の津波評価、耐津波設計に十分に活かされることが期待される。



図-1.2.7 架台嵩上げによる津波対策事例（八戸変電所GIS架台）⁵⁷⁾

参考文献

- 1) 萩原尊禮編：日本列島の地震，地震工学と地震地体構造，鹿島出版会，1990.
- 2) 文部科学省 HP：地震がわかる！，p.7，2009.
http://www.jishin.go.jp/main/pamphlet/wakaru_qa/index.htm
- 3) 活断層研究会編：新編日本の活断層，分布図と資料，東京大学出版会，1991.
- 4) (独)防災科学技術研究所 HP http://www.hinet.bosai.go.jp/about_earthquake/part1.html
- 5) 気象庁 HP <http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/higai/higai-1995.html>
- 6) 気象庁 HP <http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/higai/higai1996-new.html>
- 7) <http://ja.wikipedia.org/wiki/北海道南西沖地震>
- 8) 清水建設技術研究所：1993年北海道南西沖地震被害調査報告書，1993.
- 9) 土木学会，地盤工学会，日本建築学会，日本地震学会，日本機械学会：阪神・淡路大震災調査報告，阪神・淡路大震災調査報告編集委員会，1998.
- 10) <http://ja.wikipedia.org/wiki/阪神・淡路大震災>
- 11) 清水建設技術研究所：1995年兵庫県南部地震被害調査報告書，1995.
- 12) 国土交通省 HP：世界の港湾別コンテナ取扱個数ランキング
<http://www.mlit.go.jp/common/000228237.pdf>
- 13) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，V 耐震設計編，1990.
- 14) 日経コンストラクション編：土木が遭遇した阪神大震災，被害現場が教える地震防災へのヒント，日経 BP 社，1995.
- 15) 日経アーキテクチュア編：阪神大震災の教訓，「都市と建物」を守るため今何をなすべきか，日経 BP 社，1995.
- 16) 石原研而：地盤の液状化による沈下と側方流動，臨海部地震・津波防災性向上に関する懇談会，第1回懇談会資料，2013.
- 17) 清水建設技術研究所：2000年鳥取県西部地震被害調査報告書，2000.
- 18) 清水建設技術研究所：2001年芸予地震被害調査報告書，2001.
- 19) 清水建設技術研究所：2003年宮城県沖地震被害調査報告書，2003.
- 20) 清水建設技術研究所：2003年宮城県北部地震被害調査報告書，2003.
- 21) 清水建設技術研究所：2003年十勝沖地震被害調査報告書，2003.
- 22) (社)土木学会・新潟県中越地震被害調査特別委員会：平成16年新潟県中越地震被害調査報告書，2006.
- 23) 清水建設技術研究所：2004年新潟県中越地震被害調査報告書，2004.
- 24) 清水建設技術研究所：2005年福岡県西方沖地震被害調査報告書，2005.
- 25) 清水建設技術研究所：2005年宮城県沖地震被害調査報告書，2005.
- 26) 土木学会・地盤工学会：2007年能登半島地震被害調査報告書，2007.
- 27) 国土交通省国土技術政策総合研究所，独立行政法人土木研究所，独立行政法人建築研究所：平成19年（2007年）能登半島地震被害調査報告，国総研資料第438号(ISSN1346-7328)，土研資料第4087号(ISSN0386-5878)，建築研究資料第111号(ISSN0286-4630)，2008.
- 28) 清水建設技術研究所：2007年能登半島地震被害調査報告書，2007.
- 29) 国土交通省国土技術政策総合研究所，独立行政法人土木研究所，独立行政法人建築研究所：平成19年（2007年）新潟県中越沖地震被害調査報告，国総研資料第439号(ISSN1346-7328)，土研資料第4086号(ISSN0386-5878)，建築研究資料第112号(ISSN0286-4630)，2008.
- 30) 清水建設技術研究所：2007年新潟県中越沖地震被害調査報告書，2007.
- 31) 清水建設技術研究所：2008年岩手・宮城内陸地震被害調査報告書，2008.

- 32) 中日本高速道路(株)HP：緊急報告，東名復旧までの115時間，駿河湾を震源とする地震による東名高速被災応急復旧報告，2009.8.
http://www.e-nexco.co.jp/images/press_conference/56/11706690254e0058463d81c.pdf
- 33) 清水建設技術研究所：2009年8月11日に発生した駿河湾の地震の概要，2009.
- 34) 東日本大震災に関する東北支部学術合同調査委員会：平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震災害調査報告書，地震・地震動および社会基盤施設の被害，2013.
- 35) 清水建設技術研究所：2011年東北地方太平洋沖地震被害調査報告書，2011.
- 36) 文部科学省地震調査研究推進本部地震調査委員会：三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価について，2002.
- 37) 国土交通省近畿地方整備局 HP：内閣府の最近の取り組み（地震・津波対策）2012.2.17.
<http://www.kkr.mlit.go.jp/plan/bousairenraku/pdf/shiryoku02.pdf>
- 38) 土木学会海岸工学委員会他：東北地方太平洋沖地震津波情報，2012.
<http://www.coastal.jp/ttjt/>
- 39) 渡辺偉夫：日本被害津波総覧，第二版，東京大学出版会，1998.
- 40) 国土地理院 HP：津波による浸水範囲の面積（概略値）について（第5報），2011.4.18.
<http://www.gsi.go.jp/common/000059939.pdf>
- 41) 岩手日報社：平成の三陸大津波，特別報道写真集，2011.
- 42) 土木学会東日本大震災被害調査団（地震工学委員会）：緊急地震被害報告会資料，2011.
- 43) 国土交通省国土技術政策総合研究所，独立行政法人建築研究所：平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震被害調査報告，国総研資料第674号(ISSN1346-7328)，建築研究資料第136号(ISSN0286-4630)，2012.
- 44) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，V 耐震設計編，2012.
- 45) 高橋重雄他：2011年東日本大震災による港湾・海岸・空港の地震・津波被害に関する調査速報，港湾空港技術研究所資料，No 1231，2011.
- 46) 東日本高速道路(株)HP：東北地方太平洋沖地震による高速道路の被害と復旧状況について，2011.3.18.
http://www.e-nexco.co.jp/pressroom/press_release/head_office/h23/0318b/116.html
- 47) 日経コンストラクション：特集 追跡 東日本大震災 見えてきた被害の全貌，pp.6-41，日経BP社，2011.4.11.
- 48) <http://www.youtube.com/watch?v=TaBx1j0hbHQ>
- 49) 清水建設技術研究所：2013年4月13日に発生した淡路島付近の地震の概要，2013.
- 50) 内閣府 HP：南海トラフの巨大地震による津波高・浸水域等（第二次報告）及び被害想定（第一次報告）について，2012.8.29.
http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/nankaitrough_info.html
- 51) 内閣府HP：南海トラフ巨大地震の被害想定（第二次報告）のポイント，施設等の被害及び経済的な被害，2013.3.18.
http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/nankaitrough_info.html
- 52) 内閣府HP：中央防災会議 防災対策推進検討会議 首都直下地震対策検討ワーキンググループ 最終報告，2013.12.19.
http://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/taisaku_wg/
- 53) 橋梁委員会：道路橋示方書の改定について，道路，Vol.854，pp.48-59，2012.
- 54) 国土交通省 HP：交通政策審議会 港湾分科会第1回防災部会 配布資料「資料7 東日本大震災を踏まえた津波外力の見直し(案)」，2011.

<http://www.mlit.go.jp/common/000144632.pdf>

- 55) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説，2007.
- 56) 土木学会 HP：エネルギー委員会新技術・エネルギー小委員会 東日本大震災におけるエネルギー施設（火力・水力・送変配電・ガス）の被害状況と今後への展開について 報告書（中間報告），2013.
[http://committees.jsce.or.jp/enedobo/system/files/東日本大震災におけるエネルギー施設の被害状況と今後への展開\(中間報告書\).pdf](http://committees.jsce.or.jp/enedobo/system/files/東日本大震災におけるエネルギー施設の被害状況と今後への展開(中間報告書).pdf)
- 57) 経済産業省 HP：原子力安全・保安院 総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会電力安全小委員会電気設備地震対策ワーキンググループ - 報告書，2012.
http://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/shingikai/120/8/houkokusho.pdf
- 58) 総務省 HP：消防庁危険物保安室・特殊災害室 東日本大震災を踏まえた危険物施設等の地震・津波対策のあり方に係る検討報告書，2011.
http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/houdou/h23/2312/231222_1houdou/02/index.pdf
- 59) 日刊工業新聞：経産省、原発以外の発電設備の耐震基準見直し検討，2013/03/20
- 60) 遠藤六郎：原子力発電所に関する民間規格の動向について，日本地震工学会誌，No.1, pp.11-13, 2005.
- 61) 大友敬三：原子力発電所屋外重要土木構造物に関わる耐震技術の変遷と今後の展望，電力土木，No.365, pp.3-8, 2013.
- 62) 原子力規制委員会 HP：実用発電用原子炉に係る新規制基準について，2013.
http://www.nsr.go.jp/committee/kisei/data/0013_08.pdf
- 63) 東京電力：福島第一原子力発電所内外の電気設備の被害状況等に係る記録に関する報告を踏まえた対応について（指示）に対する追加報告について，2012.
<http://www.meti.go.jp/press/2011/02/20120217009/20120217009-3.pdf>