

(注 2-2-1) 応答加速度

応答加速度とは、構造物に地震動が作用した場合の当該構造物の揺れ（応答）の加速度をいう。地盤自体の揺れ動きである地震動の加速度とは異なる。

一般に、極めて剛な構造物に地震動が作用した場合には、当該構造物は作用した地震動とほとんど同じに揺れる。特に、固有周期 0.02 秒以下の構造物については、地震動の加速度と応答加速度はほぼ一致する。これに対して、極めて剛でない構造物に地震動が作用した場合には、当該構造物は作用した地震動に対して応答を生じるようになり、地震動の加速度に対して、当該構造物の応答加速度は変化する。

(注 2-2-2) (基礎岩盤の) 安定解析

基礎岩盤の安定解析とは、岩盤の地質構造や断層の分布を反映させた有限要素法による数値解析モデルを用いて、基礎岩盤の地震時の安定性に係わる支持力、すべり、沈下について詳細な検討を行う解析をいう。なお、有限要素法とは、岩盤を小さな要素（メッシュ）に分割して岩盤内の応力や歪みを計算する手法をいう。

(注2-3-1) 大型振動台を用いた実証試験による基準地震動S2に対する現行・耐震設計手法の妥当性等の実証

(財)原子力発電技術機構の多度津工学試験所において、世界最大級の振動台を活用した耐震信頼性実証試験等が実施され、原子炉施設の耐震壁及び機器・配管が、実際に基準地震動S2に対しても十分な安全余裕を有することが確認されている。この実証試験で用いられた基準地震動S2は、試験対象となる施設の応答値が、本件原子炉施設の基準地震動S2（本件原子炉施設の固有周期が集中する0.1秒から0.3秒程度の領域において応答加速度（注2-2-1）が最も大きくなるようにその形状が定められている。）を含めた日本のすべての実プラントの基準地震動S2による応答値を上回るように設定されている。

(注2-3-2) S_m

S_m とは、原子炉施設の通常運転特等の状態に適用される許容値である「設計応力強さ」をいう。低合金鋼（答弁書別冊（注4-1-14）「低合金鋼」参照）等の一般鋼材に関しては、使用温度における S_y （設計降伏点、弾性を維持できる限界の点をいう。また、「使用温度における S_y 」とは、正確には使用温度と室温における S_y のうち小さい方の値を指し、以下同様である。）の $2/3$ 倍と、使用温度における S_u （設計引張強さ、部材の有する終局の強さ）の $1/3$ 倍のいずれか小さい方の値と定められている（図2-3-2（1）参照）。また、オーステナイトステンレス鋼材（答弁書別冊（注4-1-16）「ステンレス鋼、オーステナイトステンレス鋼」参照）等に関しては、歪み硬化性（塑性域において歪みの増加に伴い、強度が増加する性質）が大きく、 S_y に対する安全率に余裕があるため、使用温度における S_u の $1/3$ 倍と、使用温度における S_y の 0.9 倍のいずれか小さい方の値と定められている（図2-3-2（2）参照）。なお、 S_m 、 S_y 及び S_u における S は強さ（stress）を意味し、添え字はそれぞれ、膜（membrane）、降伏（yield）及び極限（ultimate）を意味する。

(財)原子力発電技術機構の多度津工学試験所において実施された耐震信頼性実証試験の「実規模配管系試験」では、設計手法確認試験のうちの現行許容応力試験において、基準地震動S2に対する現行耐震設計手法の妥当性及び安全余裕を実証するために、基準地震動S2レベル（ $3S_m$ の応力値）での振動試験である試験D

M2-1などが実施されている（答弁書別冊（注4-3-113）「乙C第44号証の該当個所について」参照）。設計手法確認試験のうち、最も大きな振動レベルでの試験である試験DM4-2（2）では、基準地震動S2レベルの約4.7倍に相当する揺れ（14.2Smの応力を発生させる揺れ）に対しても、配管は弾性域を外れるものの、配管の崩壊現象や破損による内部水の漏えいのないことが確認されている。

（注2-3-3）（コンクリートの）設計基準強度（ F_c ）

コンクリートの設計基準強度とは、材料試験結果を踏まえて安全側に定めたコンクリートの圧縮強度をいう。コンクリートの強度特性は、設計基準強度によって表されている。

いろいろな設計基準強度を有するコンクリートを用いて作成された鉄筋コンクリート部材（柱、梁及び耐震壁）の実験により、それらの部材がせん断力を受けた場合の挙動が把握され、コンクリートに基準地震動S1が作用した場合のせん断力に対する許容値（注2-3-4）が設計基準強度に基づき定められている。

（注2-3-4）（コンクリートに）基準地震動S1が作用した場合のせん断力に対する許容値

コンクリートに基準地震動S1が作用した場合のせん断力に対する許容値は、日本建築学会の鉄筋コンクリート構造計算基準（1999）において、 F_c （設計基準強度）、（注2-3-3）に基づき、 $F_c/30 \times 1.5$ （ N/mm^2 ）と $(0.5 + F_c/100) \times 1.5$ （ N/mm^2 ）のいずれか小さい方と定められている。この許容値は、実験において、せん断力により耐震壁にひび割れが発生する際の応力値のほぼ下限値に相当することが確認されている。

（注2-3-5）（鉄筋に）基準地震動S1が作用した場合のせん断力に対する許容値

鉄筋に基準地震動S1が作用した場合のせん断力に対する許容値は、各材料ごとに材料試験結果を踏まえて安全側に定められた設計降伏点（弾性を維持できる限界の点）に基づき、日本建築学会の鉄筋コンクリート構造計算基準（1999）にお

いて定められている。

(注2-3-6) 第1種容器

第1種容器とは原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する容器をいう。原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器としては、「第1種容器」の他に「第1種管」、
「第1種ポンプ」及び「第1種弁」がある。

(注2-3-7) (第1種容器の) 基準地震動S2に対する許容値

第1種容器の基準地震動S2に対する許容値は、通商産業省告示第501号において、各材料ごとに材料試験結果を踏まえて安全側に定められた、使用温度における設計引張強さ (S_u) に基づき、その2/3倍と定められている (図2-3-2 (1) 参照)。

また、オーステナイトステンレス鋼材 (答弁書別冊 (注4-1-16) 「ステンレス鋼, オーステナイトステンレス鋼」参照) に関しては、歪み硬化性 (塑性領域において歪みの増加に伴い、強度が増加する性質) が大きいため、使用温度における S_u の2/3倍と S_m (注2-3-2) の2.4倍のいずれか小さい方と定められている (図2-3-2 (2) 参照, 乙C第55号証87頁「第1種容器の許容応力」の表中の「1次一般膜応力」, 「 $IV_A S$ 」の項目参照)。

(注2-3-8) (第1種容器の) 基準地震動S1に対する許容値

第1種容器の基準地震動S1に対する許容値は、通商産業省告示第501号において、各材料ごとに材料試験結果を踏まえて安全側に定められた、使用温度における設計引張強さ (S_u) 及び設計降伏点 (S_y) に基づき、 S_u の2/3倍と S_y の俚いずれか小さい方と定められている (図2-3-2 (1) 参照)。また、オーステナイトステンレス鋼等に関しては、歪み硬化性 (塑性領域において歪みの増加に伴い、強度が増加する性質) が大きく、 S_y に対する安全率に余裕があるため、使用温度における S_m (注2-3-2) の1.2倍と定められている (図2-3-2 (2) 参照, 乙C第55号証87頁「第1種容器の許容応力」の表中の「1次一般膜応力」, 「 $III_A S$ 」の項目参照)。

(注2-3-9) 軟岩

岩盤は、工学的には軟岩と硬岩に分類されるが、軟岩とは、一軸圧縮強度が100kgf/cm²ないし200kgf/cm²以下の岩盤をいい、それ以上の強度のものを硬岩という。本件原子炉施設を支持する基礎岩盤の一軸圧縮強度は、泥岩部分でおおむねkgf/cm²程度、砂岩部分でおおむね30kgf/cm²程度である。一軸圧縮強度とは、試験体の1方向のみに圧縮力を作用させた場合に当該試験体が有する強度をいう。

(注2-4-1) 強度に寄与する設計建設時の断面積

強度に寄与する設計建設時の断面積とは、シュラウド等のリング部において、リングと胴とが溶接されている部分の断面積をいう。なお、設計建設時の全断面積（概算）はH6 a 溶接部付近で $4.3 \times 10^6 \text{mm}^2$ 、H7 a 及びH7 b 溶接部付近で $1.1 \times 10^6 \text{mm}^2$ である。

(注2-4-2) 破面

破面とは、金属材料等の割れた面又は割った面をいう。この面の形状によって、材料の欠陥やおよその成分、強度等を知ることができる。ステンレス鋼のIGSCCによる破面では、ロックキャンディ（氷砂糖）状と呼ばれる粒界に沿った割れの破面がみられる。

(注2-5-1) き裂安定限界応力

き裂安定限界応力とは、地震荷重等によりき裂に作用する応力が、この応力以下の場合では延性破壊しない限界の応力をいう。基準地震動S1及びS2に基づく地震荷重による発生応力が、き裂安定限界応力を下回っていれば、不安定破壊を生じることはない。

(注2-5-2) 一次+二次応力による照査

一次+二次応力による照査とは、一次応力すなわち基準地震動S1及びS2に基づく地震荷重や自重・内圧等の荷重により発生する応力と、二次応力すなわち隣接部分の拘束又は自己拘束により発生する応力とを合わせた応力が、許容値以内であることを確認する検討をいう。地震九等に基づく一次+二次応力の最大発生応力が目安となる許容応力(3Sm(注2-3-2))を超える場合(応力比が1を超える場合)には、更に別途、通商産業省告示第501号47条に示された詳細な疲労解・折を行って疲れ累積係数(注2-5-3)を求め、この係数が1.0以下であることで、安全性を確認する。

(注2-5-3) 疲れ累積係数

疲れ累積係数とは、地震荷重による各応力サイクルにおける実際の繰り返し回数と地震荷重による繰り返しピーク応力強さに対応する許容繰り返し回数との比を、すべての応力サイクルについて加えたものをいう。基準地震動S1及びS2に基づく地震荷重による疲労解析を行って疲れ累積係数を求め、この係数が1.0以下であることで、安全性を確認する。

(注2-5-4) 一次応力による照査

一次応力による照査とは、一次応力すなわち基準地震動S1及びS2に基づく地震荷重や自重・内圧等の荷重によって発生する応力が、基準地震動S1及びS2に基づくそれぞれの許容値以内であることを確認する検討をいう((注2-5-2)「一次+二次応力による照査」参照)。

(注2-6-1) **スタブチューブ**

スタブチューブとは、圧力容器と制御棒駆動機構ハウジングを接続するための管をいう（答弁書別冊（注4-1-11）「制御棒駆動機構」の図参照）。

(注2-6-2) **米国原子力規制委員会（NRC : Nuclear Regulatory Commission）**

米国原子力規制委員会とは、商用原子力発電所及び核物質・核燃料取扱施設等の許認可及び規制を行う米国の独立行政機関をいう。1974年に設立。

(注2-6-3) **中性子束**

中性子束とは、単位面積を単位時間当たりには通過した中性子の個数をいう。

(注2-7-1) 国際原子力事象評価尺度 (INES)

国際原子力事象評価尺度は、原子力関係者と、報道関係者及び一般公衆との間での共通理解を促進することを目的とし、原子力施設において発生した事象の安全上の重要性を、迅速かつ理解しやすい形で公衆に知らせるための手段として策定され、1990年(平成2年)からの試験運用を経て、1992年(平成4年)に正式に運用が開始された。この尺度は、安全上重要ではない事象に対するレベル0から、重大な事故に対するレベル7に区分されている。

(注2-7-2) 反応度事故

反応度事故とは、制御棒の急激な引き抜きなどによって、原子炉の大きな正の反応度が加わることにより、原子炉出力が異常に上昇し、これに伴う燃料温度の急上昇によって、燃料が溶融したり破損したりする事故をいう。チェルノブイル原子力発電所事故は、典型的な反応度事故である。

(注2-7-3) 水中軸受、水中軸受リング

水中軸受とは、再循環ポンプを駆動するための主軸の位置を保持するため、ポンプの内部に設けられている軸受をいう。水中軸受リングとは、水中軸受と再循環ポンプの本体とを接合するリングをいう。

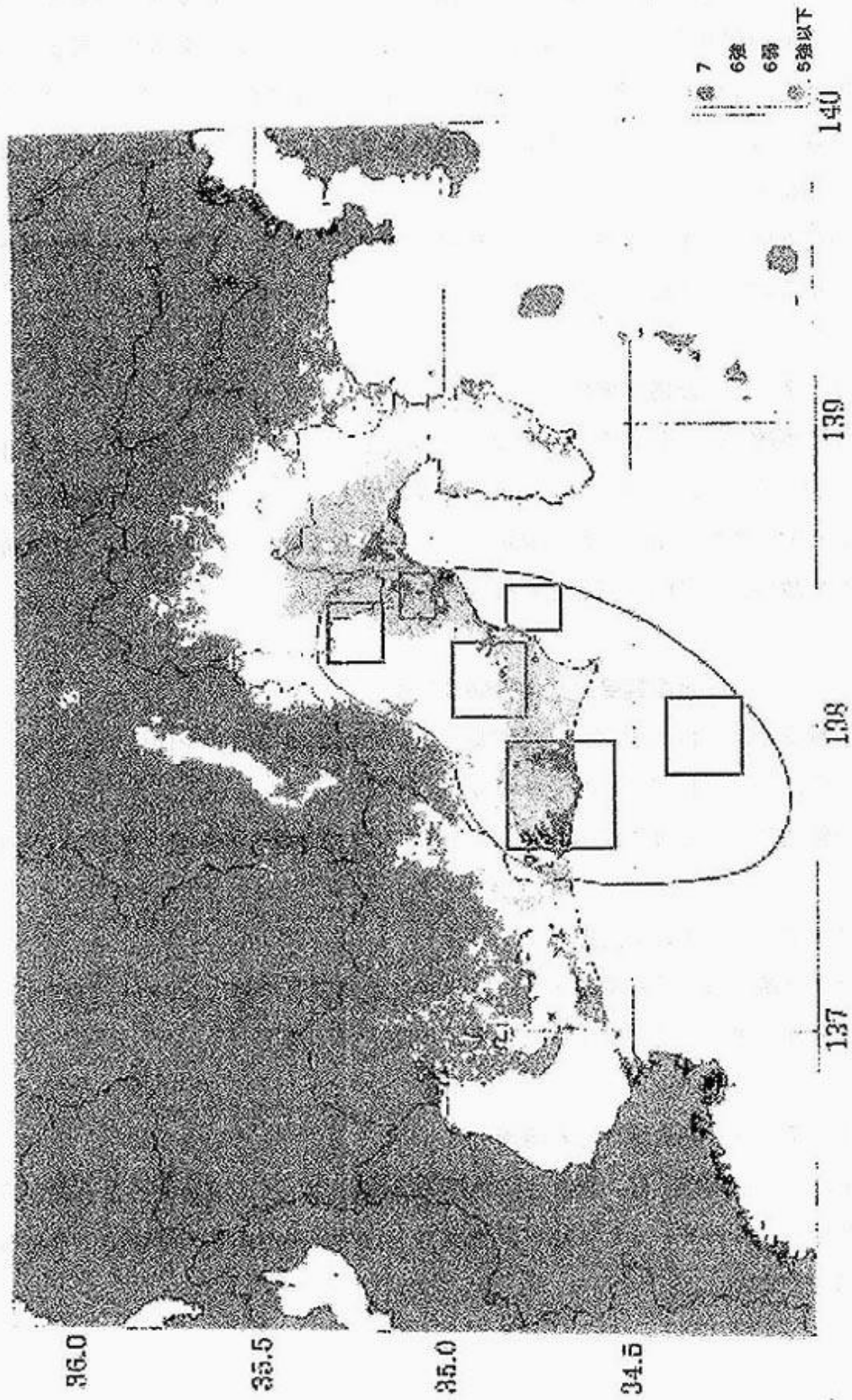
(注2-7-4) すみ肉溶接

すみ肉溶接とは、重ね継ぎ手、T継ぎ手、かど継ぎ手等において、ぼぼ直行する2つの表面のすみ部を溶接することをいう。

(注2-7-5) 完全溶け込み溶接

完全溶け込み溶接とは、継ぎ手の板厚の全域にわたって溶接することをいう。すみ肉溶接(注2-7-4)に比べ、強度上十分な余裕があり、検査により溶接不良を検知しやすい。

図2-2-1 想定東海地震の震度分布(最大値)とアスペリティの分布

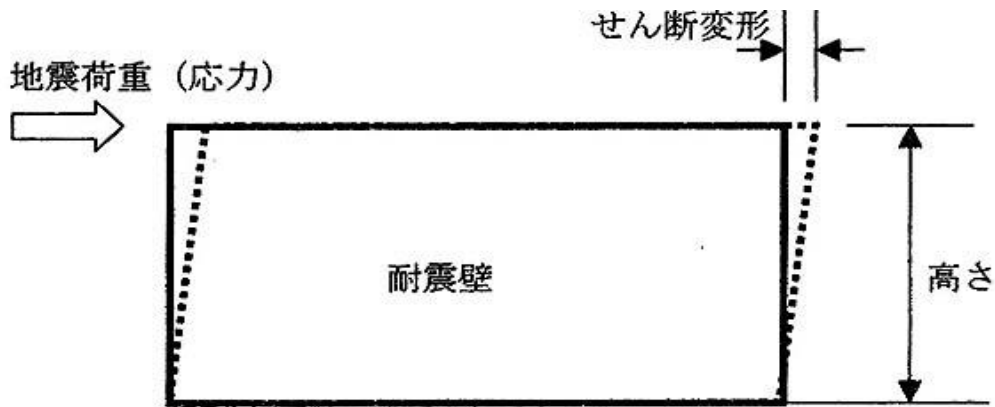


中央防災会議 東海地震対策専門調査会(第5回)の資料3の図1
に想定震源域におけるアスペリティの分布(青線部分)を被写が加筆

図 2-3-1 耐震壁の許容値

耐震壁の破壊がその変形量（せん断歪み）と関係付けられていることから、実際に耐震壁が破壊する終局点の変形量（終局せん断歪み、 4×10^{-3} ）に安全余裕を見込んで、その $1/2$ の変形量を基準地震動 S₂ が作用した場合の耐震壁の許容変形量（許容せん断歪み、 2×10^{-3} ）としている

なお、耐震壁は、コンクリートと鉄筋が一体となった鉄筋コンクリート構造であることから、コンクリート及び鉄筋の許容値（注 2-照）を考慮して、耐震壁が基準地震動 S₁ に対して弾性状態を維持する（弾性域である。）ように設計される。



$$\text{せん断歪み} = \text{せん断変形} \div \text{耐震壁の高さ}$$

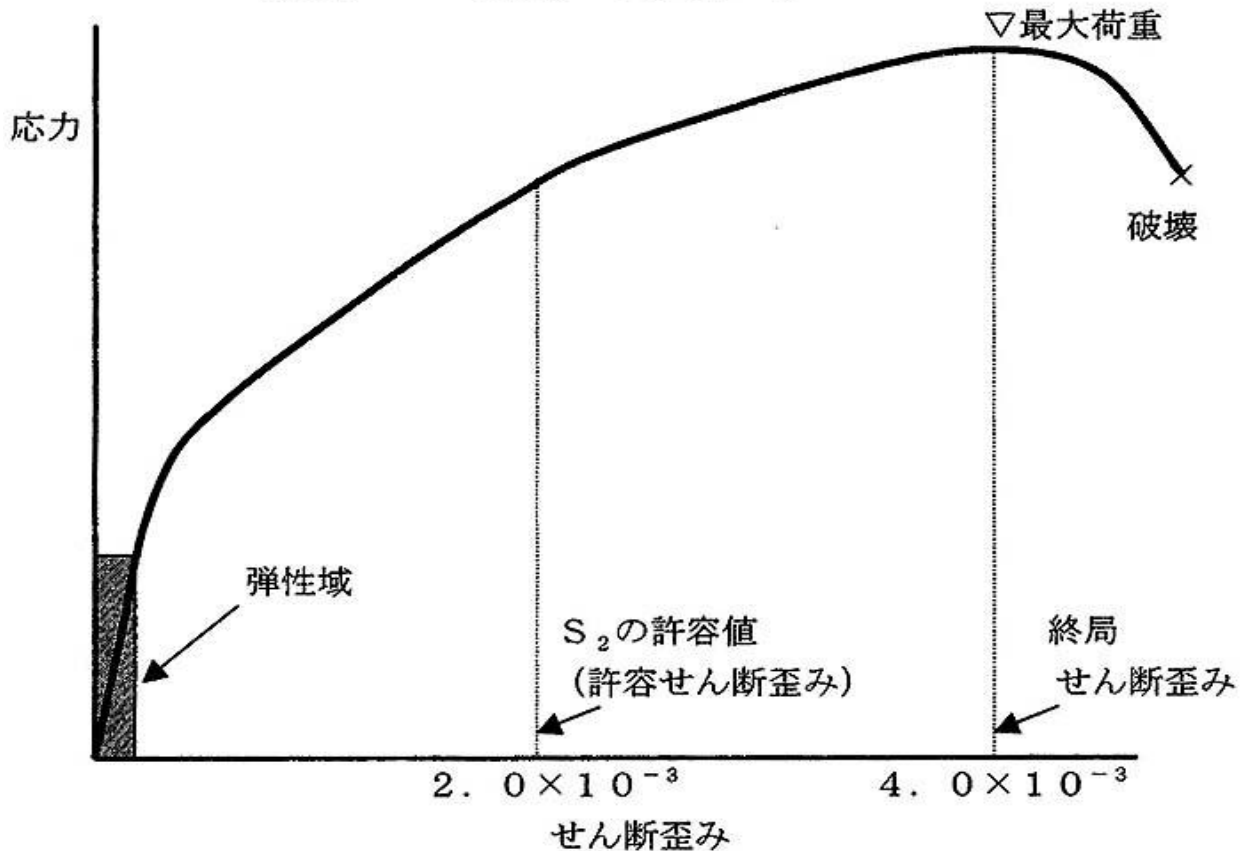
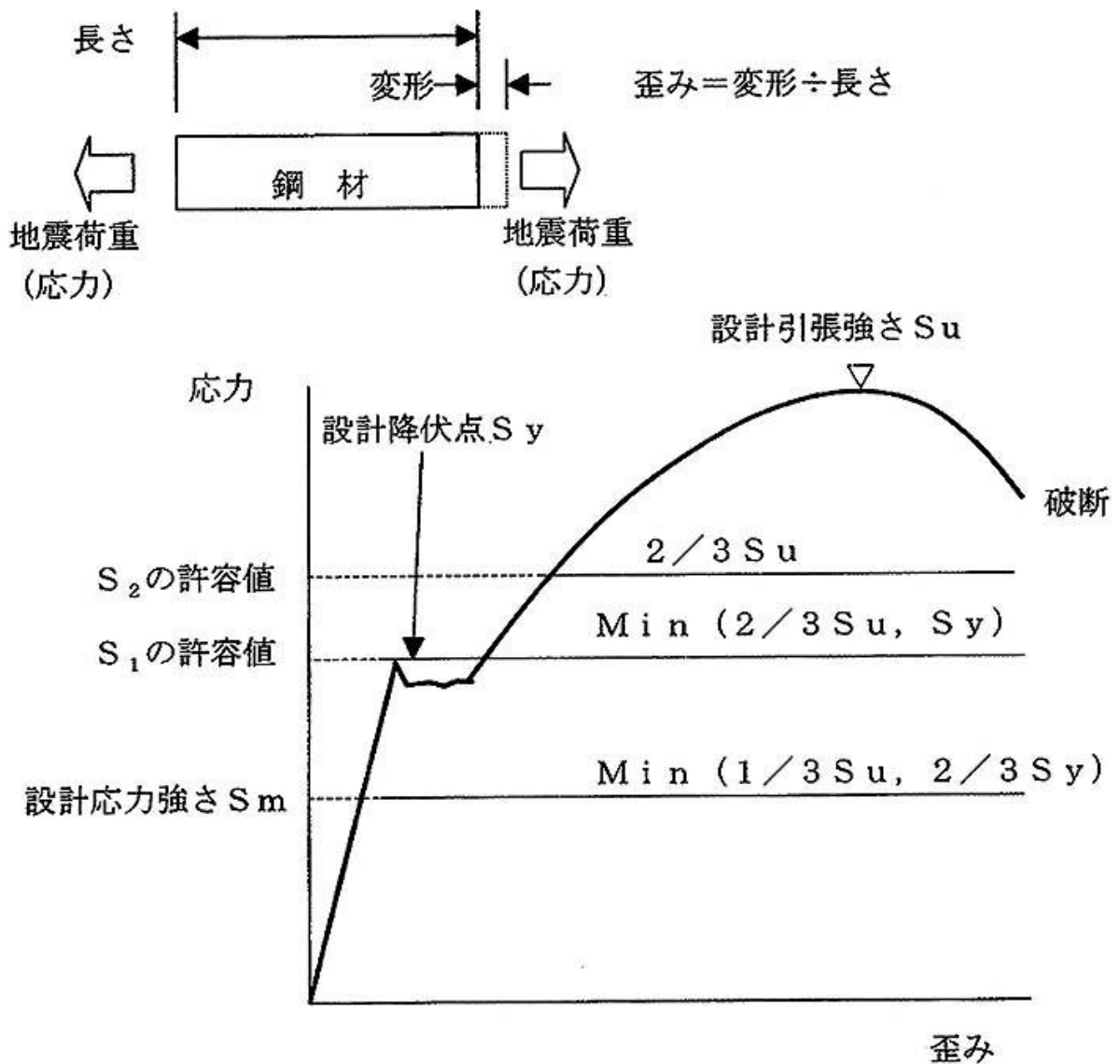


図 2-3-2 (1) 一般鋼材の許容値

一般に鋼材は、作用する荷重が小さい間は、応力と歪みが比例関係にあるが、設計降伏点 (S_y) に達すると、応力がほとんど増えなくても、歪みが急に大きくなり始める。更に強く伸ばしていくと応力が少し増え始め、やがて最大の強度 (設計引張強さ (S_u)) に達した後に、応力が減り始め、鋼材は破断する。

鋼材の設計応力強さ (S_m) は、 S_u の $1/3$ 倍と S_y の $2/3$ 倍のいずれか小さい方の値と定められている。

また、基準地震動 S_1 に対する許容値は、 S_u の $2/3$ 倍と S_y のいずれか小さい方の値と定められており、基準地震動 S_2 に対する許容値は S_u の $2/3$ 倍と定められている。



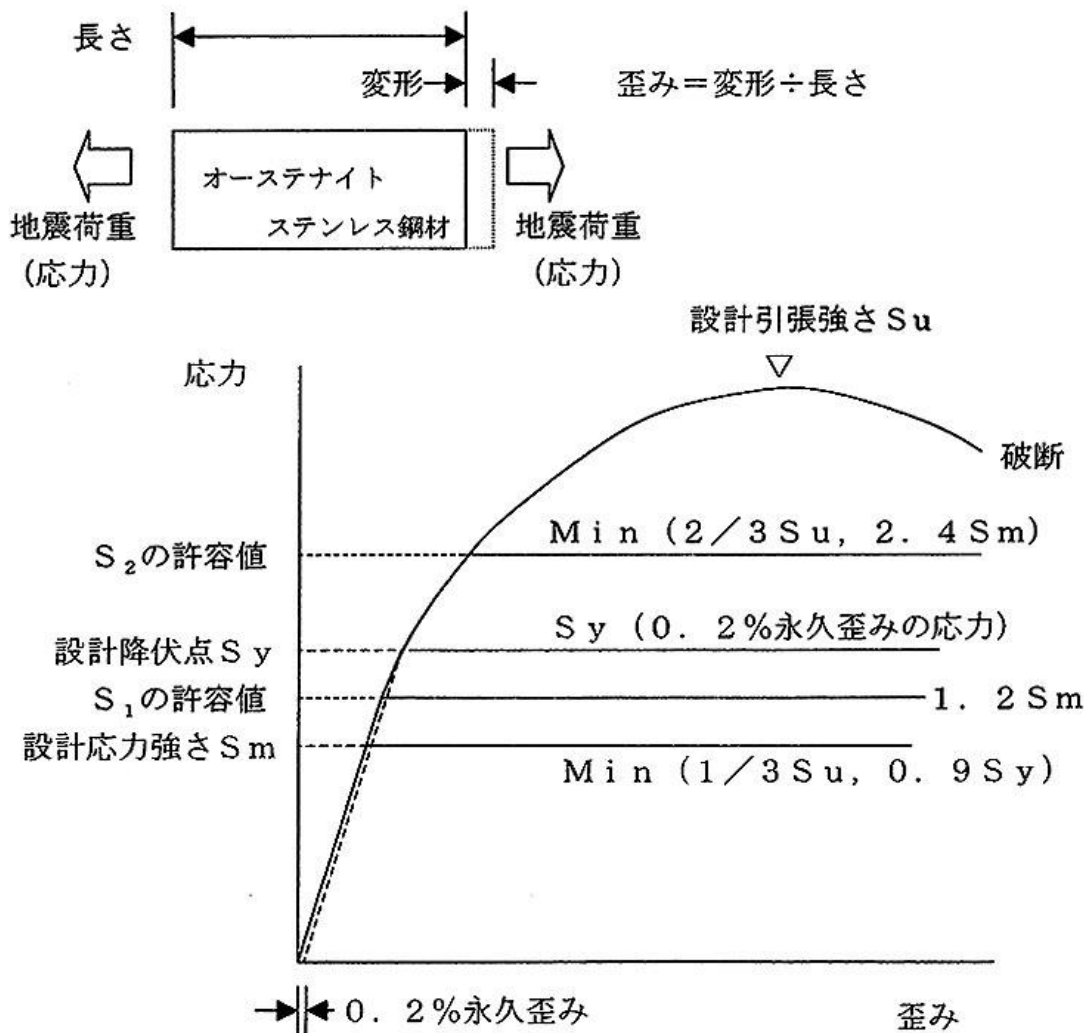
第 1 種容器の一次一般膜応力の許容値 (例)

図2-3-2 (1) オーステナイトステンレス鋼材の許容値

オーステナイトステンレス鋼材は、作用する荷重が小さい間は、応力と歪みが比例関係にあるが、弾性域を超え、塑性域に達すると、降伏点が明瞭に現れず、歪み硬化性（塑性域において歪みの増加に伴い、強度が増加する性質）が大きいので、歪みの増加に対して応力も徐々に増加にしていける。やがて最大の強度（設計引張強さ（ S_u ））に達した後に、応力が減り始め、鋼材は破断する。

オーステナイトステンレス鋼のように歪み硬化性の大きい材料では、設計降伏点（ S_y ）は、一般鋼材における降伏点と同じ効果をもつ0.2%永久歪みの応力として決められている。設計応力強さ（ S_m ）は、歪み硬化性が大きく、 S_y に対する安全率に余裕があるため、 S_u の1/3倍と S_y の0.9倍のいずれか小さい方の値と定められている。

また、基準地震動 S_1 に対する許容値は、 S_m の1.2倍と定められており、基準地震動 S_2 に対する許容値は、 S_u の2/3倍と S_m の2.4倍のいずれか小さい方と定められている。



第1種容器の一次一般膜応力の許容値 (例)