

電源開発株式会社
大間原子力発電所

弾性設計用地震動Sd設定の考え方

平成19年2月
原子力発電安全審査課

目次

1. はじめに	.....	1
2. 係数 α について	.....	2
3. 大間における係数 α の検討	.....	5
4. 超過確率の参照	.....	5
5. まとめ	.....	6
6. 参考文献	.....	6

1. はじめに

弾性設計用地震動 S_d の設定については、平成18年9月19日に改訂された「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(以下「新指針」という。)の本文および解説に以下のように記載されており、申請者は、大間地点の弾性設計用地震動 S_d について、これらの規定に則り設定するとしている。

(本文)

弾性設計用地震動 S_d は、基準地震動 S_s に基づき、工学的判断により設定する。また、弾性設計用地震動 S_d による地震力は、水平方向及び鉛直方向について適切に組み合わせたものとして算定されなければならない。

(解説)

弾性設計用地震動 S_d は、施設、もしくはその構成単位ごとに安全機能限界と弾性限界に対する入力荷重の比率を考慮して、工学的判断から求められる係数を基準地震動 S_s に乗じて設定することとする。ここで、当該係数の設定に当たっては、基準地震動 S_s の策定の際に参照した超過確率を参考とすることができる。

この弾性設計用地震動 S_d の具体的な設定値及び設定根拠について、個別申請ごとに、十分に明らかにすることが必要である。

なお、弾性設計用地震動 S_d と基準地震動 S_s の応答スペクトルの比率(S_d/S_s)の値は、弾性設計用地震動 S_d に求められる性格上、ある程度以上の大きさであるべきであり、めやすとして、0.5を下回らないような値で求められることが望ましい。

また、弾性設計用地震動 S_d は、施設を構成する要素ごとに、それらの耐震設計上考慮すべき特性の差異を踏まえて個別に設定することができる。

2. 係数 α について

前述に示した新指針の解説にあるように、弾性設計用地震動 S_d （以下「 S_d 」という。）は、施設、もしくはその構成単位ごとに安全機能限界と弾性限界に対する入力荷重の比率を考慮して、工学的判断から求められる係数（以下「 α 」という。）を基準地震動 S_s （以下「 S_s 」という。）に乗じて設定することとされている。このことから、申請者は、 α は、安全機能限界に対応する入力荷重と弾性限界に対応する入力荷重の比率で定義するとしている。

以下に建物・構築物及び機器・配管系における α について示す。

(1) 建物・構築物

S_d の設定の必要性について、新指針の解説では、「基準地震動 S_s による地震力に対する施設の安全機能の保持をより高い精度で確認する」ためとされており、 α を設定して建物・構築物の弾性設計を行うことが求められている。

申請者は、主要な建物が鉄筋コンクリート耐震壁を主要な構造とすることから、安全機能限界に対応する入力荷重と弾性限界に対応する入力荷重の比率としての α を、日本電気協会⁽¹⁾の検討結果を参照して評価するとしている。日本電気協会⁽¹⁾には、鉄筋コンクリート造壁式構造の建屋を2質点系の簡易なSRモデルに置換し、入力地震動を

100gal ずつ順次増加して非線形地震応答解析を行って求められたせん断ひずみと層せん断力係数の関係を示した図があり、この図に許容限界①および許容限界②を加筆したものを図-1 に示す。ここで、許容限界②は建屋はある程度の損傷を受けるがその程度は小さく、終局に対して余裕のある状態(せん断ひずみで 2.0×10^{-3} rad)を示しており、許容限界①は許容限界②の入力加速度を 1/2 倍とした場合の応答値を示している。

申請者は、許容限界①の応答値は短期許容応力度相当と考えられ、新指針でいうSdに求められる「概ね弾性範囲の設計」と考えられるとしている。

以上より、許容限界①を弾性限界、許容限界②を安全機能限界と捉えた場合、安全機能限界に対応する入力荷重と弾性限界に対応する入力荷重の比率としての α は 0.5 程度の値となるとしている。

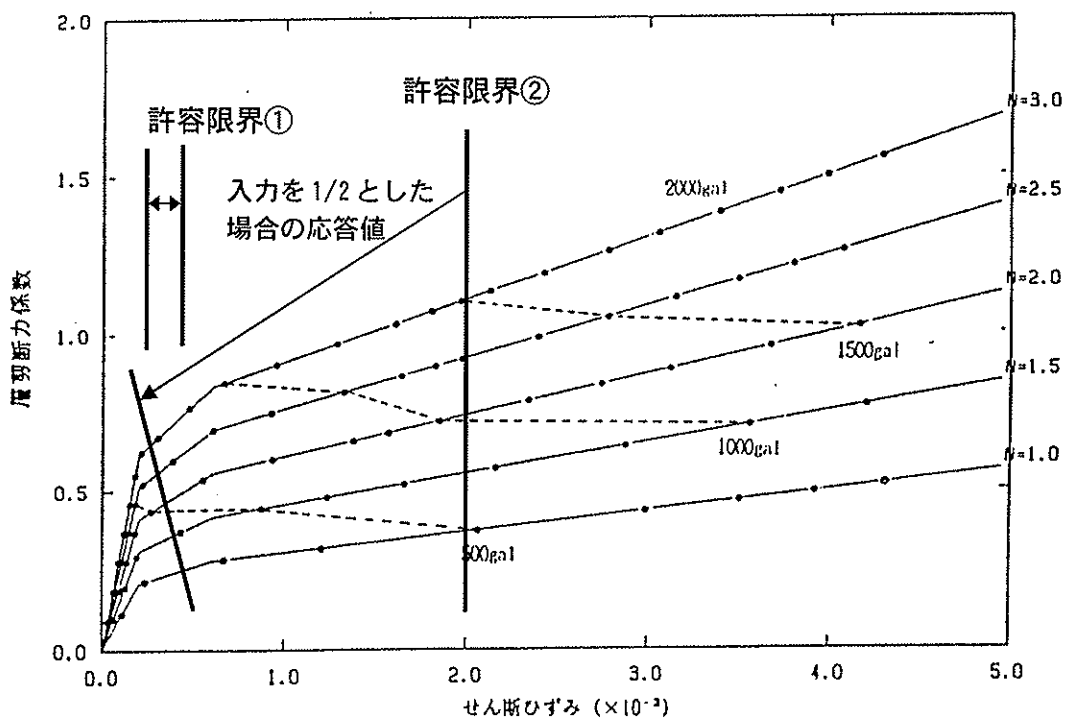


図-1 最大入力加速度とスケルトン上の最大応答値

(2) 機器・配管系

新指針において、 S_s に対しては、「・・・その結果発生する応力に対して、構造物の相当部分が降伏し、塑性変形する場合でも、過大な変形、亀裂、破損等が生じ、その施設の機能に影響を及ぼすことがないこと。」とあり、 S_d に対しては、「・・・その結果発生する応力に対して、降伏応力又はこれと同等な安全性を有する応力を許容限界とする。」とある。

一方、申請者は、機器・配管系の耐震設計では、 S_d だけでなく S_s に対しても弾性解析を用いた設計を行うとしており、 S_s に対する許容基準への適合性評価は、信頼性と再現性が非常に高く、解析評価のトレーサビリティも優れている。従って、 S_s に対する安全機能保持をより確実なものとするために、 S_d による弾性設計成立を要求することの安全上の必要性は少ないとしている。

なお、軽水炉代表プラントの設計実績によると、基準地震動 S_1 (以下「 S_1 」という。)に対する応答は安全機能限界に対し少なくとも 4.5 倍の顕在的な裕度を有している⁽²⁾。また、原子力発電技術機構の実施した耐震信頼性実証試験⁽³⁾によっても、現状の耐震設計が十分な裕度を有していることが確認されている。

以上より、申請者は、機器・配管系における S_s に対する設計は信頼性が高く、 S_d による弾性設計の必要性は少ないとしているが、申請者は、新指針解説Ⅲ(2)「・・・応答スペクトルの比率(S_d/S_s)の値は、・・・めやすとして、0.5 を下回らないような値・・・」の記載を踏まえ、 S_d を S_s の 0.5 倍を下回らない値として弾性設計を成立させることは、

Ssに対する安全機能保持の信頼性をさらに高めるものとなっている。

申請者は、前述(1), (2)のとおり, α は建物・構築物, 機器・配管系共に0.5とすることができるとしている。

3. 大間における係数 α の検討

申請者は、前述より, α は0.5以上であれば、新指針で要求されている役割を果たすことができると考えられるものの、事業者として財産保護上の観点から、工学的判断により2/3程度の地震動レベルで弾性設計を行うこととし、建物・構築物, 機器・配管系ともに α として0.67を採用することにより, Sdに対する設計計算に一貫性をとっている。

なお、申請者は、SdはSsと同数個設定するとしており、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動Ss-1と、震源を特定せず策定する地震動Ss-2のそれぞれに対して、水平方向及び鉛直方向のSdを設定している。

図-2及び図-3に $\alpha=0.67$ とした場合のSdの応答スペクトルを示す。

4. 超過確率の参照

新指針の解説Ⅲ(2)において、「当該係数の設定に当たっては、Ssの策定の際に参照した超過確率を参考とすることができる。」とされていることから、大間地点の敷地における一様ハザードスペクトルとSdのスペクトルとの比較を行っている。

図-4 より, $\alpha = 0.67$ とした場合のSdの超過確率は, $10^{-3} \sim 10^{-4}$ /年程度となり, 日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力度編 JEAG4601・補-1984」の「運転状態と地震動の組合せの確率論的評価」における基準地震動 S_1 の発生確率 $10^{-2} \sim 5 \times 10^{-4}$ と比べて小さめであるとしている。

5. まとめ

以上の検討結果から, 申請者が, α を施設に関わらず 0.67 としていることは妥当であると考える。

6. 参考文献

- (1) (社)日本電気協会 電気技術調査委員会原子力発電耐震設計特別調査委員会建築部会「静的地震力の見直し(建築編)に関する調査報告書(概要)」平成 16 年3月 P.21~P.25 簡易モデルによる壁式構造に対する検討
- (2) (社)日本電気協会 電気技術調査委員会原子力発電耐震設計特別調査委員会「原子力プラントシステムの総合的耐震安全性評価法に関する調査報告書」平成6年3月
- (3) 原子力発電技術機構「原子力発電施設耐震信頼性実証試験」平成 15 年3月

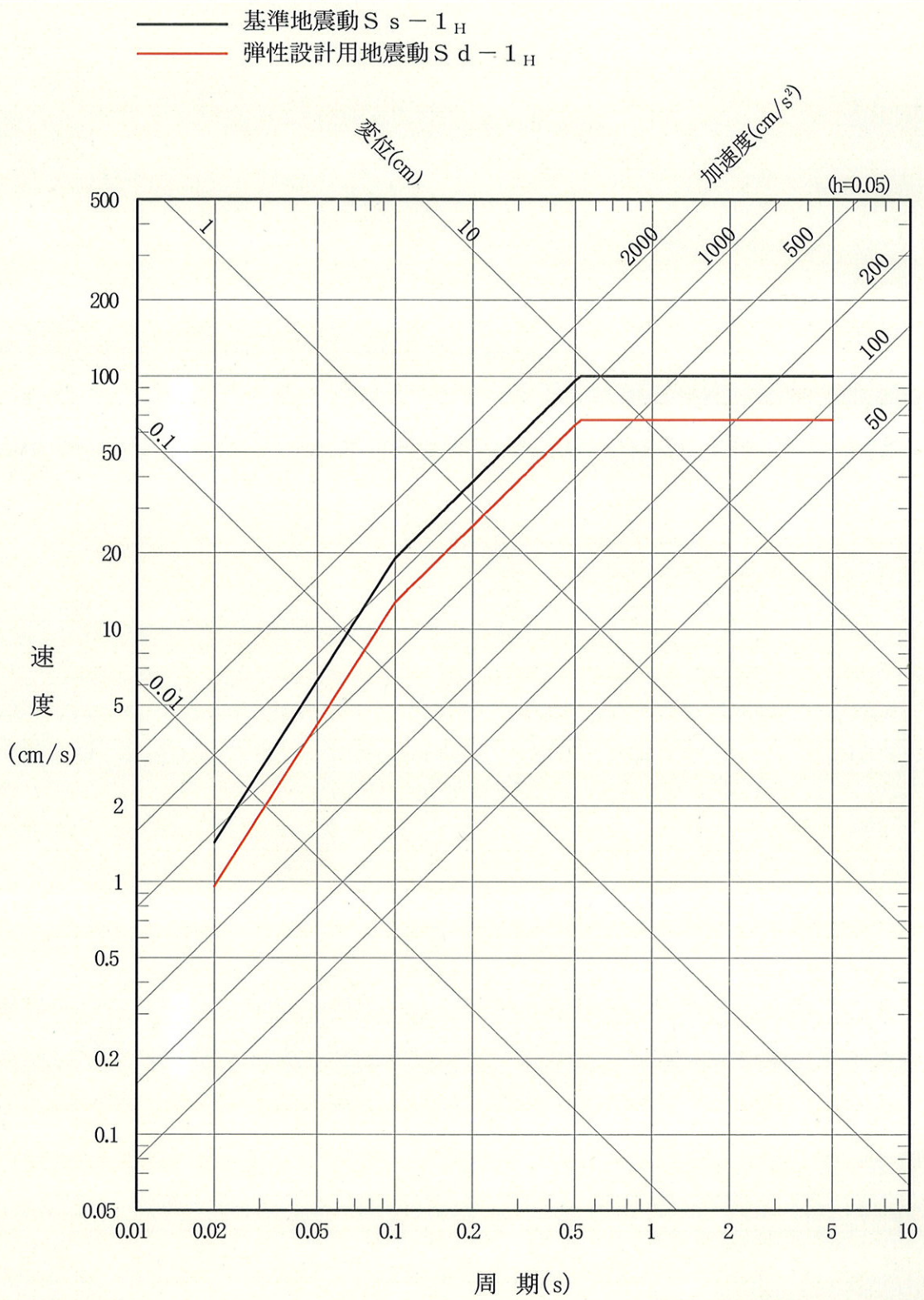


図-2(1) 基準地震動 $S_s - 1$ と弾性設計用地震動 $S_d - 1$ の応答スペクトルの比較
 (水平動)

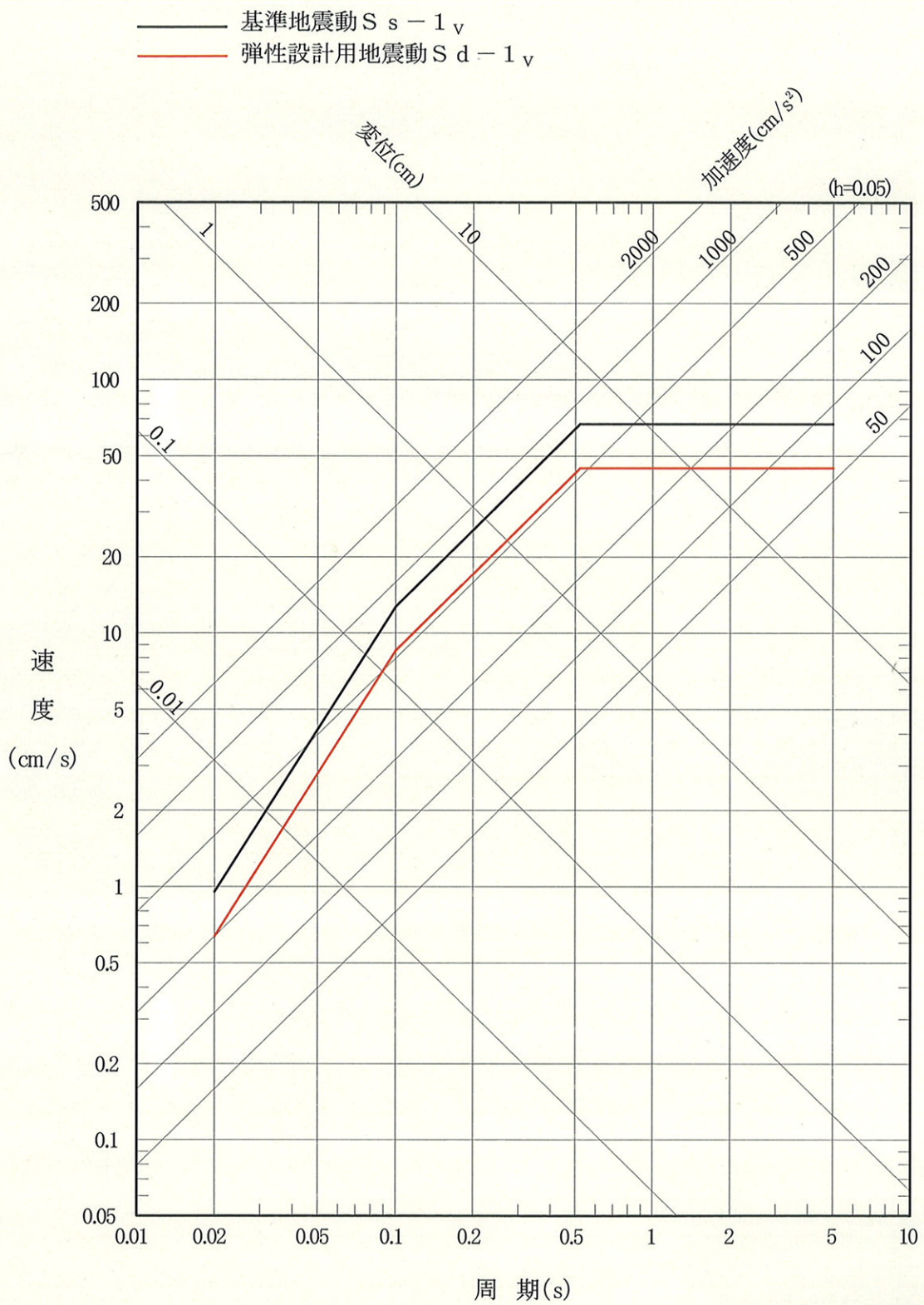


図-2(2) 基準地震動 $S_s - 1$ と弾性設計用地震動 $S_d - 1$ の応答スペクトルの比較
 (鉛直動)

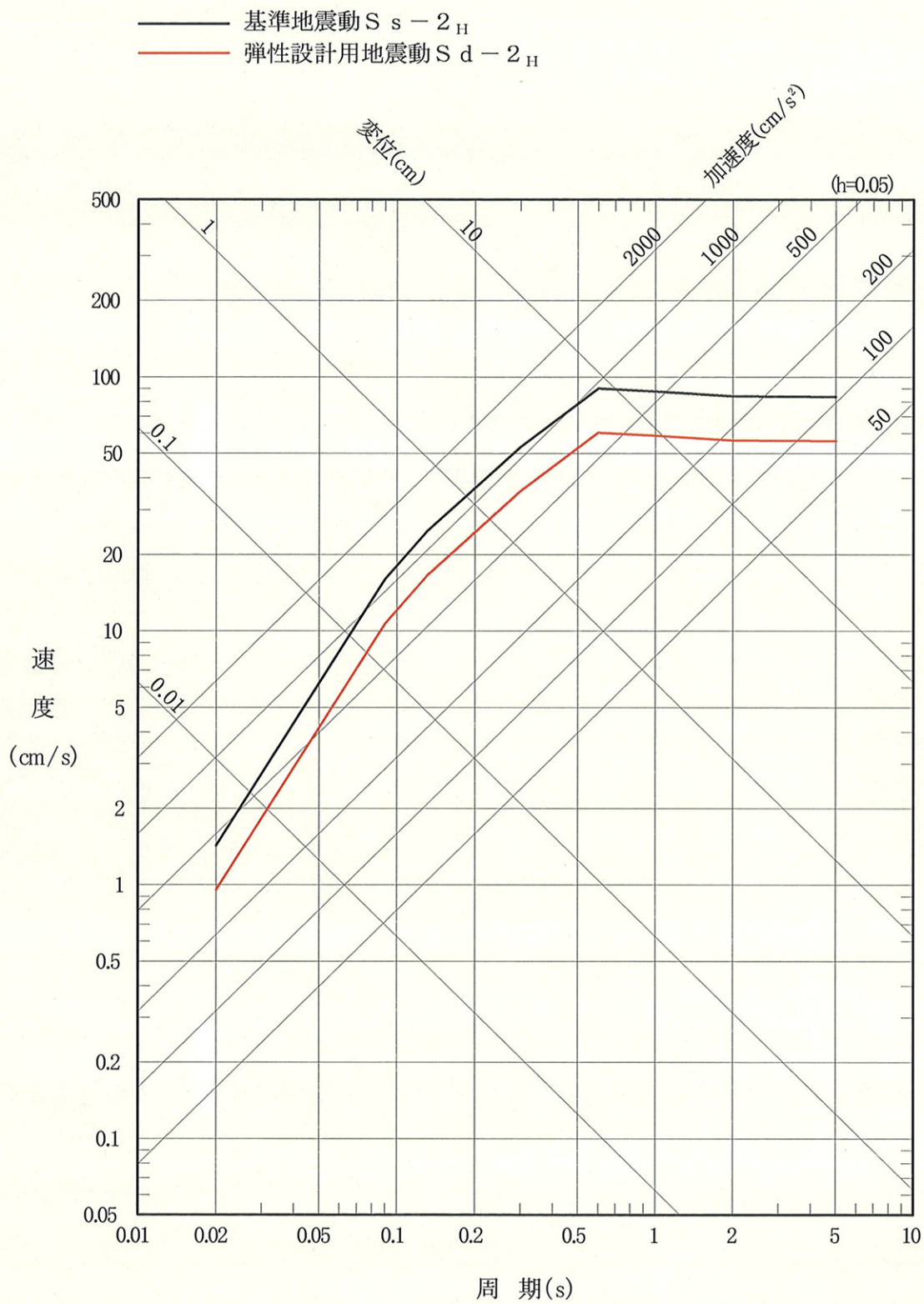


図-3(1) 基準地震動 $S_s - 2$ と弾性設計用地震動 $S_d - 2$ の応答スペクトルの比較(水平動)

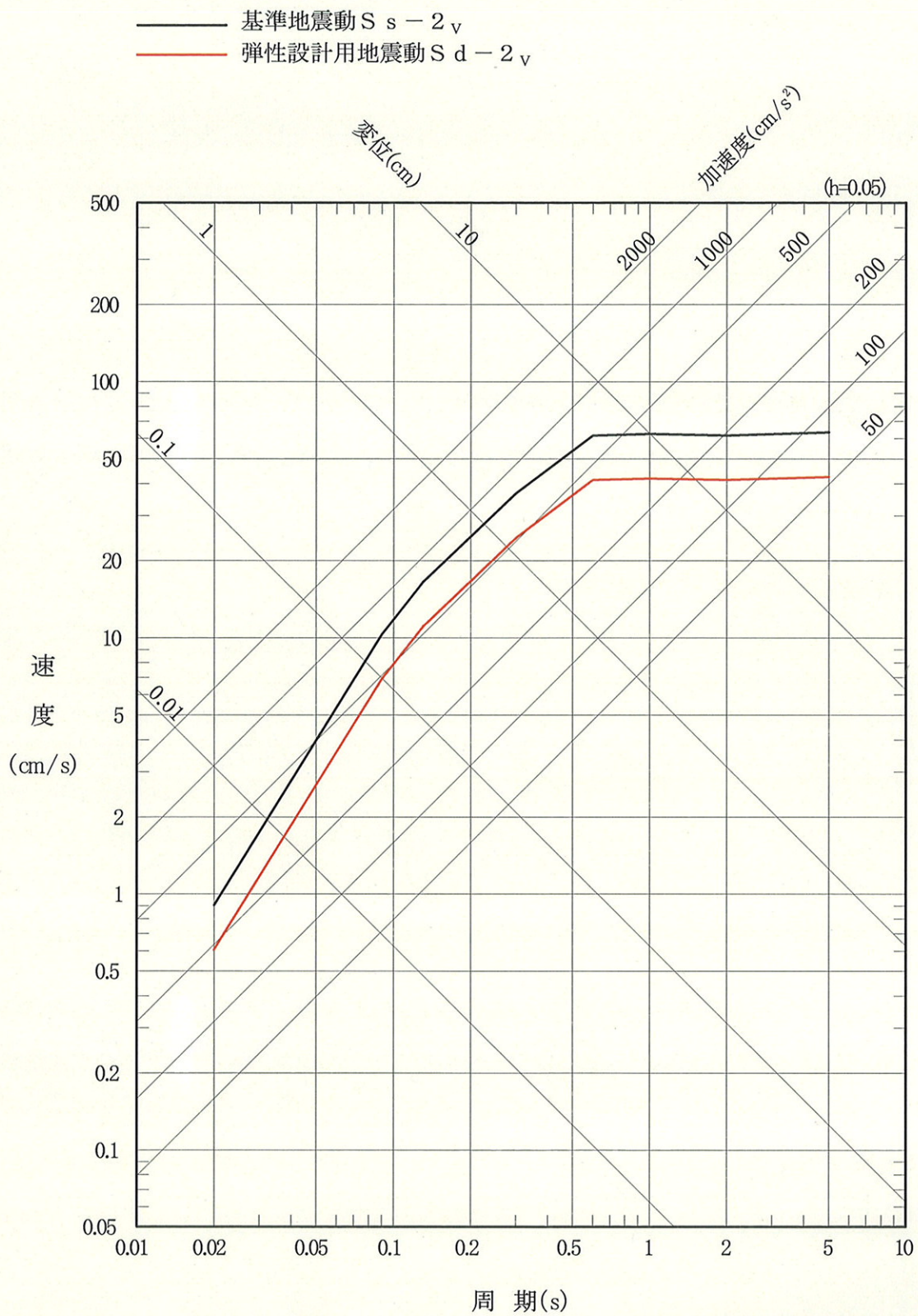


図-3(2) 基準地震動 $S_s - 2$ と弾性設計用地震動 $S_d - 2$ の応答スペクトルの比較(鉛直動)

- 弾性設計用地震動 $S_d - 1_H$
- 弾性設計用地震動 $S_d - 2_H$
- 年超過確率 10^{-5}
- - 年超過確率 10^{-4}
- 年超過確率 10^{-3}

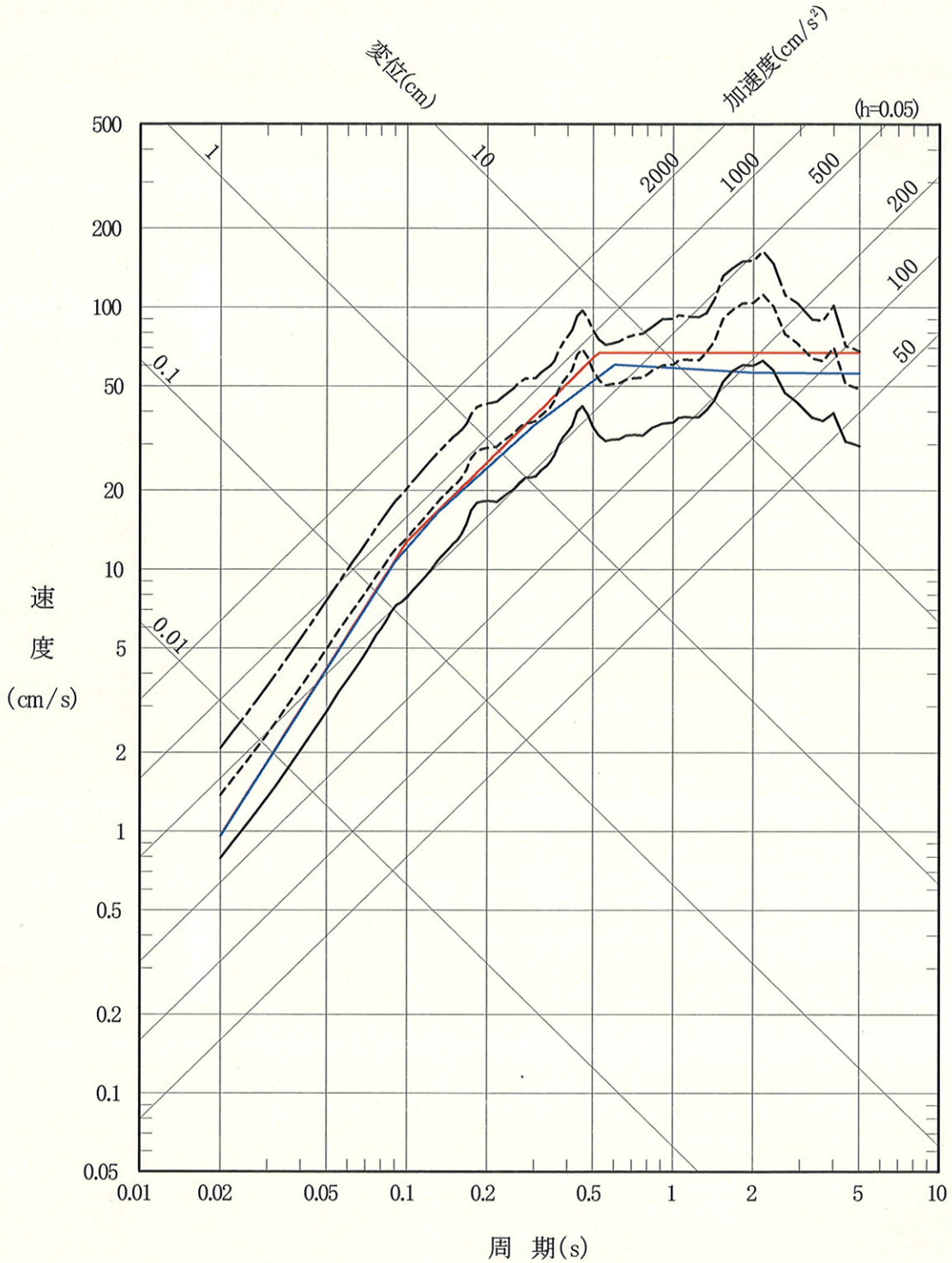


図-4(1) 弾性設計用地震動 S_d の応答スペクトルと敷地における地震動の
一様ハザードスペクトルの比較(水平動)

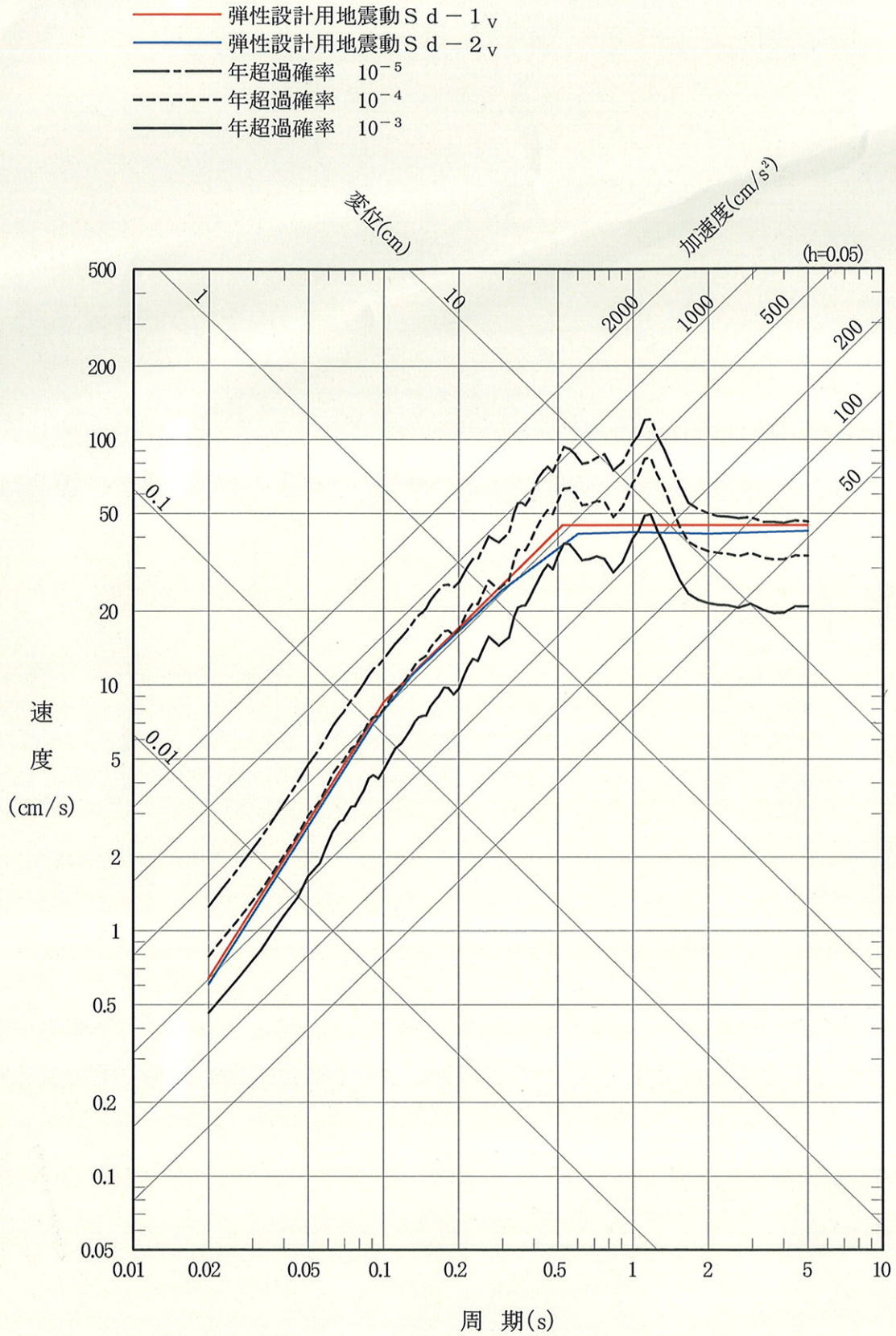


図-4(2) 弹性設計用地震動 S_d の応答スペクトルと敷地における地震動の
 一様ハザードスペクトルの比較(鉛直動)