

2005 年度版 「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針」講習会  
意見・質問

C ; 2002 年度版との相違点の概要を作成して欲しい.

A ; 比較の一覧を以下に示します.

| 項目                          | 2002 年度版 耐震性能照査指針   | 2005 年度版 耐震性能照査指針   |
|-----------------------------|---|---|
| 指針                          |   |   |
| 2 章耐震性能<br>解説表 2.1-1        | 基本的な変更はない. 要求性能, 目標性能, 照査項目などの表現を, 適切に修正した.                                       |   |
| 3 章材料<br>3.2~3.4            | コンクリート, 鉄筋, 地盤を 1 節ずつに分け, かつ, コンクリートと鉄筋については, 限界値評価に用いる物性と応答値評価に必要な材料モデルに分けて記述した. | コンクリート, 鉄筋, 地盤の材料特性をまとめて 1 節に記述し, 応答値の評価に用いる材料モデルは, 5 章に詳細を記述した.  |
| 4 章地震の影響<br>4.2             | 解説において, 鉛直方向の地震の影響評価は, 「耐震設計審査指針」に準拠すると記述した.                                      | 解説において, 鉛直方向の地震の影響評価は, 「耐震設計審査指針」に準拠するとの記述は同じ. さらに, 水平動, 鉛直動ともに時刻歴波形で与えられた場合には, 同時に入力してよいことを記述した.                       |
| 6 章性能照査<br>6.2<br>解説表 6.2-1 | 耐震性能照査に用いる標準的な安全係数を記述した.  | 安全係数に関しては, 全てをマニュアルに記述することとし, 解説表は削除した.   |
| 6.3                         | 2002 年版において, 6.3.1, 6.3.2 に分けて記述していた照査項目と限界値に関して, これを 1 節にとりまとめた.                 |   |
| 付録 通常運用時の照査<br>マニュアル        | 3 章 材料において, コンクリート, 鉄筋, 地盤を 1 節ずつ記述した.  | 3 章 材料において, コンクリート, 鉄筋, 地盤を 1 節にとりまとめた.   |
| 1 章総則 1.1                   | 遵守, 参考, 準用する規則, 指針等を, 最新のものまで収録した.  |   |
| 1.2                         | 本指針で使用する用語(要求性能, 目標性能, 照査項目)と, IS023469:2005 に用いられている用語の定義の相違について解説した.            |   |
| 5 章解析<br>5.2                | 5.2.2 地盤の非線形モデルとして, 全応力モデルを基本として解説した. その中で一部, 有効応力解析のモデルを紹介した.                    | 5.2.2 で有効応力モデルを, 5.2.3 で全応力モデルを解説した. また, 実験結果に基づいて, 全応力モデルでは考慮できない, 飽和地盤が強地震動を受けた場合の過剰間隙水圧の蓄積に伴う土圧の増加に関して, その考慮方法を解説した. |
| 6 章性能照査                     | 繰り返し交番荷重を受けるボックス  | 繰り返し交番荷重を受けるボックス  |

|      |  |  |
|------|--|--|
| 6.1  | スカルバート系構造物のせん断の照査において、せん断耐力評価式の繰り返し作用に対する安全裕度に関する係数は、示方書と同じく一定値（1.2）として設定した。   | スカルバート系構造物のせん断の照査において、せん断耐力評価式の繰り返し作用に対する安全裕度に関する係数を、応答層間変形角に依存する評価式に改めた。  |
| 6.2  | 曲げ系の照査において、限界値は圧縮縁コンクリートひずみ1%、構造物の層間変形角1%、圧縮縁コンクリートひずみ1%に相当する層間変形角（評価式）のいずれか（3つ）で行うことを記述した。                              | 曲げ系の照査において、限界値は圧縮縁コンクリートひずみ1%、圧縮縁コンクリートひずみ1%に相当する曲率、構造物の層間変形角1%、圧縮縁コンクリートひずみ1%に相当する層間変形角（評価式）のいずれか（4つ）で行うことを記述した。  |
| 6.3  | 6.3.2において、圧縮縁コンクリートひずみ1%に相当する限界層間変形角の評価式を提示した。   | 6.2.3において、圧縮縁コンクリートひずみ1%に相当する限界層間変形角の評価式に関して、引張鉄筋比が実質的に評価結果に影響を与えないことから、これを省略する評価式に改めた。  |
| 6.4  | 6.4.3において、斜め引張破壊式として、一般棒部材式と分布荷重を受ける場合に分けて評価式を適用することを記述し、分布荷重を受ける場合の等価せん断スパンの評価において、断面力である曲げモーメントの反曲点（+の反転）を考慮する方法を提示した。 | 6.3.2において、荷重の形態（集中、分布）に拘らず、せん断耐力評価式として、棒部材式とディープビーム式を組み合わせた評価式（2002年度版の分布荷重を受ける場合の評価式に一致）を用いる方法を提示した。また、ハンチを考慮する方法を提示した。<br>更に、せん断耐力評価方法として新しく、線形被害則を用いる方法、材料非線形解析法を用いる方法を提示し、その内容を解説した。 |
| 技術資料 | 全9編を収録した。  | 全18編を収録した。   |
| 照査例  | 耐震性能照査例2編、耐久性能照査例1編を収録した。  | 耐震性能照査例3編（鉛直動を考慮したケースを1編追加）、耐久性能照査例1編を収録した。  |

Q；技術資料 p33, 図 3.3-3 の印刷がおかしい。

A；印刷版の技術資料では図 3.3-5 が重なって印刷されており申し訳ございませんでした。  
CD の当該部分は正常に表示されています。

Q; 水平・鉛直地震動の位相差は、地盤の発生応力や滑り安全率にどのように影響するのでしょうか。

A; 一般論として、水平・鉛直地震動の位相差は、地盤の水平変位への影響は小さいと言えますが、発生応力やすべり安全率については条件によって影響する可能性があると言えます。地盤への影響に関しては、原子力土木委員会地盤安定性評価部会の活動成果が参考になるかと思えます。

Q; せん断耐力評価式をバックチェックに使用するには、安全側すぎないでしょうか。コンクリートの圧縮強度に実強度を用い、安全係数を全て 1.0 としてよいのでしょうか。

A; 設計と既存構造物の照査ではご指摘のように、コンクリートの圧縮強度が未知であるか既知であるかの違いがあります。この点の扱いについては、本指針・マニュアル 3 章において記述しています。ここでは、実際のコンクリートを試験して圧縮強度の平均値と標準偏差を求め、そこから計算に用いる値（特性値）を求めることとしています。すなわち、既存構造物の照査に用いる圧縮強度は実強度に近いもの（ただし、試験上で出ているばらつきは考慮する）です。設計時はそれが未知であり、呼び強度で代用することとしています。

安全係数については、材料係数とそれ以外で別個に考える必要があります。まず、材料係数以外の係数は、せん断耐力式の精度、変形の進行によるせん断耐力の低下、構造解析の精度など、対象構造物が既設であるか否かに関係のない不確実性を扱ったものであり、これを 1.0 にすることが実力評価だとするのは無理があります。「確率的に最も高い評価」にはなりえても、「安全性を照査」したことにならないと考えます。

一方、材料係数、特にせん断耐力評価時に用いるコンクリートの値 (1.3) については、もっともなご指摘と考えます。現状、標準示方書は、新設を対象としており、既設の構造物に対する安全性の照査を示したものとなっておりません。従って、本指針や示方書の安全性担保の考え方を踏襲して、それぞれの判断で既設構造物の安全性照査を行うことになると考えます。安全係数 1.3 は、製造されたコンクリートが当該構造物において実現されるかどうか、つまりこの場合、施工的要件による不確実性に配慮した安全係数ですので、当該構造物、当該構造物部材コンクリートの物性の均一性が確認されれば、1.3 から下げることは妥当な判断と考えます。ただ、どの程度下げてよいかは、当該構造物、部材コンクリートの状況によると考えます。

Q; 反曲点がない場合のせん断スパンは、どのように求めるのでしょうか。

A; 「等価せん断スパン比を用いた方法」を用いるに当たり、反曲点が無い場合は、部材長＝せん断スパンとなります。

「線形被害則を用いた方法」を用いる場合は、せん断力分布のみ計算に用い、モーメント分布は用いません。せん断力が反転する点があれば分割を行います。反転しない場合は分割の必要はありません。その際、材端のせん断力は材端に作用する外力に置き換えます。

これら 2 法は、分布荷重を受ける部材のせん断耐力を評価する代表的な手法ですが、荷重の分布形状が複雑で適用性に限界を感じられたときには、「材料非線形解析を用いる

方法」を採ることもできます。

Q;三次元解析により断面力を求める場合,せん断スパンはどのように求めるのでしょうか.本指針は二次元解析を標準としていますが,三次元解析の適用の現状について,教えてください.

A;本指針・マニュアルは二次元断面を扱っており,三次元解析については言及しておりません.今後,手法の三次元化は進むべき方向であると考えており,三次元的な実験の結果を技術資料に掲載しています.しかし,照査手法として指針・マニュアルに掲載できるだけ十分な信頼性を有すると判断できる段階には至っておりません.したがって,三次元解析で求めた断面力の等価せん断スパンの求め方についても,「一般的な」形で回答することは難しい.ただし,個々の事例において,本指針・マニュアルの考え方を援用できる場合もあると考えます.

Q;照査例1において,静的解析では $K0 \doteq 0.5$ とするために $\nu = 0.33$ としている.動的解析でも $\nu = 0.33$ とするのでしょうか.逆に両解析で異なるポアソン比を使用して,静的解析と動的解析で異なる地盤物性となった場合,解析結果の整合がとれないことはないのでしょうか.

A;全応力解析の場合,初期応力は拘束圧に依存する地盤物性の初期値を定めるために用いられるだけで,動的応答計算時の動的応力が直接的に初期応力の影響を受けることはないため,計算上は静的解析時と動的解析時のポアソン比を変えても問題は生じません.有効応力解析の場合は,初期応力の大きさが直接影響するものの,ポアソン比は構成則の弾性部分の1パラメータにすぎず,地盤の挙動は塑性部分の構成関係による影響の方が大きいため,初期応力解析時と動的応答解析時のポアソン比の整合がとれていなくとも,その影響はそれほど大きくないと思われま.

なお,飽和地盤を対象に全応力解析を実施する場合は,動的応答計算時はポアソン比一定よりも体積弾性係数一定で計算する方が望ましく,その場合は,計算中の剛性低下に応じてポアソン比は常に更新されることとなります.

Q; $R0$ のパラメータは,想定ひずみレベルの $G/G_0, h$ を合わせていますが,その想定ひずみが大きな値である場合,小さいひずみレベルでは $G/G_0$ が合わないこととなります.それは解析結果にどのように影響するのでしょうか.また,ひずみが大きくなると, $G/G_0, h$ の両方を合わせるのは困難ですが,どのように考えたらよろしいのでしょうか.

Q;地盤をR-0モデルなどの数学モデルでモデル化するとき, $G$ (または $\tau$ )- $\gamma$ を合わせると $h$ が過大になることがあります.どこまで許容され,どちらを合わせるべきなのでしょうか.

A 基本的には $G \sim \gamma$ ,  $h \sim \gamma$ 関係の両方を満足するように構成則を改良すべきであり,その方法についてマニュアルに記載してあります.構成則の改良が不可能な場合は,ここでの検討において,ひずみが大きな領域では, $h \sim \gamma$ よりも $G \sim \gamma$ の,特に応答時に発生する $\gamma$ 付近の値が地盤のせん断変形に与える影響が大きかったため,その部分の $G \sim \gamma$ のフィッティング精度を重視してパラメータをセッティングすることとなります.

ただし、非線形問題では、解析モデル、地盤物性、入力波形などの組み合わせにより複雑な応答を示すので、想定されるパラメータセットを複数用意し、何が正しいという判断基準ではなく、何が安全側かという判断基準により、1次元動的応答解析などで応答を確認し最適なパラメータを使用すべきであると考えております。

Q；水平・鉛直動の同時入力において、照査を行う時刻の選定として、通常、構造物の頂底版面間の相対変位が最大となる時刻を用いていますが、同時入力もこれでよいか。特に、せん断の照査では、せん断力が最大になる時刻、軸力(引張)が大きくなる時刻についても見ておく必要があると思われる。ただし、大きな引張軸力が発生している時、 $\beta_n$ が0となることがありますが、この場合、せん断耐力は0となってしまう照査不能となってしまいます。全時刻でこれについて確認する必要はあるでしょうか。

A；一般的には、層間変位、曲げモーメントおよびせん断力のそれぞれが最大を迎える時刻はほぼ一致するケースが多く、これに対する鉛直動の影響は小さいことがわかりましたので、曲げ系の照査においては、頂底版面間の相対変位が最大となる時刻が良いと考えます。一方、鉛直部材軸力は鉛直動により変動し、かつそれがせん断耐力に影響しますので、せん断の照査においては、せん断力が最大値を迎える時刻に着目する必要があります。

以上

2005 年度版 「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針」 正誤表

| No. | 場所           | 誤  | 正  |
|-----|--------------|--|--|
| 1   | pⅦ 名簿        | 委員 富樫勝男 日本原子力発電株式会社 開発計画室 土木建築総括グループマネージャー   | 委員 北側陽一 日本原子力発電株式会社 開発計画部 土木設計グループマネージャー   |
| 2   | pⅦ 名簿        | 委員 中村 晋 日本大学 工学部 土木工学科 助教授   | 委員 中村 晋 日本大学 工学部 土木工学科 教授  |
| 3   | pⅧ 名簿        | オブザーバー 岩森暁如 日本原子力発電株式会社<br>オブザーバー 小寺竜広 日本原子力発電株式会社                                   | オブザーバー 岩森暁如 日本原燃株式会社<br>オブザーバー 小寺竜広 日本原燃株式会社                                       |
| 4   | 指・マニュアル p53  | 参考文献 2)<br>2) 日本瓦斯協会：LNG 地下式著層指針, 1981<br>3) 電気事業連合会：LNG 地下式著層指針（土木設備）設計指針, 1978, 10 | 参考文献<br>2) 日本瓦斯協会：LNG 地下式貯槽層指針, 1981<br>3) 電気事業連合会：LNG 地下式貯槽指針（土木設備）設計指針, 1978, 10 |
| 5   | 技術資料 VI, p76 | 図 2.4-1 地盤と構造物のせん断剛性   | 図 2.4-1 地盤のせん断波速度  |
| 6   | 技術資料 VI, p85 | 図 3.3-4 側壁に作用する全土圧の変化 (CASE7 加振 1 3)   | 図 3.3-4 頂版に作用するせん断力の時刻歴 (CASE7 加振 1 3)   |
| 7   | 照査例 p36      | 図 5-9 発生せん断力に基づく照査荷重のモデル化<br>せん断耐力 $V_1=2556$ (kN)<br>$V_2=2724$ (kN)                | 図 5-9 発生せん断力に基づく照査荷重のモデル化<br>せん断耐力 $V_1=2506$ (kN)<br>$V_2=2719$ (kN)              |