

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	耐震建物 05 R0
提出年月日	令和3年1月26日

設工認に係る補足説明資料

【『建屋側面地盤ばね』及び『地盤のひずみ依存特性』
の評価手法について】

目 次

	ページ
1. 概要	1
2. 『建屋側面地盤ばね』の評価手法	2
2.1 規格・基準等の整理	2
2.2 当社における建屋側面地盤ばねの評価手法の考え方	5
3. 『地盤のひずみ依存特性』の評価手法	9
別紙 1 建屋側面地盤ばねにおける評価手法の概要	
別紙 2 周辺地盤との接触状況の確認及び建屋側面地盤ばねの評価手法の選定結果	
別紙 3 解析で考慮した地盤物性値の詳細	

1. 概要

本資料は、建物・構築物の地震応答解析における『建屋側面地盤ばね』及び『地盤のひずみ依存特性』の評価手法について、その詳細を示すものである。

今回設工認申請における建物・構築物の地震応答解析では、既設工認では考慮していなかった建屋側面の地盤ばねを考慮している。これは、既設工認時に比べ基準地震動が増大したことから、地震応答解析の解析精度の指標となる接地率を確保するため、解析モデルの精緻化として、建屋が周辺地盤に埋め込まれている実状を反映したものである。

本資料では、まず、建屋埋込み効果に関する規格・基準等の確認を行い、適用条件・評価手法を整理したうえで、建屋埋込み効果として設定した建屋側面地盤ばねについて、当社の考え方を示す。

次に、建屋側面地盤ばねのばね定数の算定において考慮している地盤のひずみ依存特性について、評価手法として等価線形解析を採用していることから、その詳細について示す。

また、本資料は以下の添付書類の補足説明をするものである。

- ・ 再処理施設の設工認申請書のうち、添付書類「IV-1-1-5 地震応答解析の基本方針」
- ・ MOX燃料加工施設の設工認申請書のうち、添付書類「III-1-1-5 地震応答解析の基本方針」

2. 『建屋側面地盤ばね』の評価手法

今回設工認において、建物・構築物の地震応答解析モデルのうち、スウェイ・ロッキングモデル（以下、「SRモデル」という。）については、表層地盤（埋戻し土等）による建屋埋込み効果を期待し、建屋側面地盤ばねとしてスウェイばねを設定している。

本章では、まず、建屋埋込み効果に関する規格・基準等の記載を確認し、「建屋側面地盤ばねの評価手法・適用条件」及び「建屋と地盤との接触状況が埋込み効果に与える影響」について整理する。

次に、建屋埋込み効果として設定した建屋側面地盤ばねについて、上述の整理結果を踏まえた当社の考え方を示す。

2.1 規格・基準等の整理

「建屋側面地盤ばねの評価手法・適用条件」及び「建屋と地盤との接触状況が埋込み効果に与える影響」について、確認に用いた規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 4601-1991 追補版（（社）日本電気協会）（以下、「JEAG 4601-1991 追補版」という。）
- ・建屋埋込み効果の評価法の標準化に関する調査報告書（（社）日本電気協会、電気技術基準調査委員会）（以下、「標準化報告書」という。）
- ・原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC 4601-2008（（社）日本電気協会）（以下、「JEAC 4601-2008」という。）
- ・埋め込み基礎の接触状況が構造物の応答に与える影響について 第 11 回日本工学シンポジウム、pp1287-1292, 2002（吉田一博、萩原哲也）
- ・耐震安全解析コード改良試験 原子炉建屋の埋込み震動効果試験 実地盤上試験に関する報告書（（社）原子力発電技術機構）（以下、「NUPEC 報告書」という）

2.1.1 建屋側面地盤ばねの評価手法・適用条件

(1) Novak の手法

「JEAG 4601-1991 追補版」及び「JEAC 4601-2008」では、埋め込まれた原子炉建屋の地震応答解析モデルとして、側面地盤ばねを用いた SR モデルを用いることができるとされており、その側面地盤ばねの評価手法として、Novak の手法を用いた水平ばね（＝スウェイばね）が示されている。

Novak の側面地盤ばねの適用条件について、「JEAG 4601-1991 追補版」及び「JEAC 4601-2008」の記載内容を引用文献の記載も含めて以下のとおり整理した。

【「JEAG 4601-1991 追補版」の記載】

- ①「JEAG 4601-1991 追補版」の引用先にて、「標準化報告書」では、埋込み効果を見込むためには、建屋は少なくとも三面が埋込まれていることが必要であると示唆される記載がある。
- ②建屋平面形状を等価円置換しているため、建屋長辺と短辺の比（辺長比）が 1.1 以下であることが必要である。*

※：辺長比が 1.1 より大きい場合あるいは長方形以外の平面形の場合（等価円置換することが妥当とは言えない場合）には、別途適切な方法により地盤ばねを算定することとされている。（例：境界要素法等）

【「JEAC 4601-2008」の記載】

- ①建物・構築物の地下部分の大部分（3面または面積で75%以上）が周辺地盤と接している場合には、全面埋込みと同様の埋込み効果が期待できる。^{※1}
- ②建屋平面形状を等価円置換しているため、建屋長辺と短辺の比（辺長比）が 1.1 以下であることが必要である。^{※2}

※1：周辺地盤との接触条件について、「3面または面積で75%以上」の接触を満足しない場合には、薄層法、境界要素法、3次元 FEM（＝有限要素法）等により別途検討を行い、全面埋込みと同様の埋込み効果が期待できることを確認すれば、Novak の側面地盤ばねを適用できるとされている。

※2：辺長比が 1.1 より大きい場合あるいは長方形以外の平面形の場合（等価円置換することが妥当とは言えない場合）には、別途適切な方法により地盤ばねを算定することとされている。（例：境界要素法等）

なお、「JEAG 4601-1991 追補版」の引用先にて、「標準化報告書」では、建屋側面地盤の回転成分（回転ばね）の存在についても触れられているが、防水層等の脆弱性を考慮して「JEAG 4601-1991 追補版」及び「JEAC 4601-2008」では、その採用が見送られている。当社も、建屋側面地盤ばねのうち回転ばねについては採用していない。

(2) 「Novak の手法」以外の評価手法

「JEAG 4601-1991 追補版」の引用先にて、「標準化報告書」では、Novak の手法に加え、境界要素法や軸対称 FEM 等により評価した建屋側面地盤ばねの妥当性についての検討が行われており、どの手法によっても埋め込まれた建屋の応答を適切に評価することが可能であることが示唆される記載がある。

「JEAC 4601-2008」では、側面地盤ばねは、Novak の手法以外には、離散系モデルにより評価できると示されており、離散系モデルを用いて評価する場合には、軸対称 FEM、3次元 FEM（＝有限要素法）や薄層要素法等が用いられることが多いとされている。

2.1.2 建屋と地盤との接触状況が埋込み効果に与える影響

(1) 「全面埋込みと同様の埋込み効果」が期待できる場合

「JEAG 4601-1991 追補版」の引用先にて、「標準化報告書」では、3面が地盤と接している建屋においては、全面が地盤と接している条件で求めた建屋側面地盤ばねを適用することが示唆される記載がある。

また、「JEAC 4601-2008」においても、「埋め込み基礎の接触状況が構造物の応答に与える影響について」等の文献の結果等をもとに、建物・構築物の地下部分の大部分（3面

または面積で75%以上) が周辺地盤と接している場合には、全面埋込みと同様の埋込み効果が期待できるとされている。

(2) 「全面埋込みと同様の埋込み効果」が期待できない場合

「NUPEC報告書」では、地盤-基礎-上部構造連成系の試験体を用いた実地盤上試験として、埋土なし、1面埋土、2面埋土、4面埋土の4ケースについて加振試験を行い、その実験結果に対するシミュレーション解析について報告されている。解析では、周辺地盤との接触状況の実状を考慮して求めた建屋側面地盤ばねが用いられており、その解析結果と試験結果はよい対応を示していたことから、周辺地盤との接触状況の実状を適切に考慮した建屋側面地盤ばねを用いることで、建屋の応答を適切に評価することが可能であると報告されている。

2.2 当社における建屋側面地盤ばねの評価手法の考え方

「建屋側面地盤ばねの評価手法・適用条件」及び「建屋と地盤との接触状況が埋込み効果に与える影響」について、「2.1 規格・基準等の整理」の整理結果を第 2.2-1 表及び第 2.2-2 表に再掲する。第 2.2-1 表及び第 2.2-2 表の整理結果を踏まえ、当社では第 2.2-1 図のフローに基づき建屋側面地盤ばねを選定することとした。建屋側面地盤ばねの選定の考え方は以下のとおりである。

建物・構築物の地下部分の大部分（3 面または面積で 75%以上）が周辺地盤と接している場合には、「全面埋込みと同様の埋込み効果」が見込めるものとして全面接触の条件で、建屋側面地盤ばねを評価した。その上で、辺長比が 1.1 以下の場合には、先行発電炉での採用実績がある Novak の手法を用いて建屋側面地盤ばねを評価することとし、辺長比が 1.1 より大きい場合には、境界要素法または有限要素法を用いて建屋側面地盤ばねを評価することとした。

周辺地盤との接触状況が「3 面または面積で 75%以上」の接触を満足しない場合には、周辺地盤との接触状況の実状を適切に考慮したうえで、境界要素法または有限要素法を用いて、建屋側面地盤ばねを評価することとした。

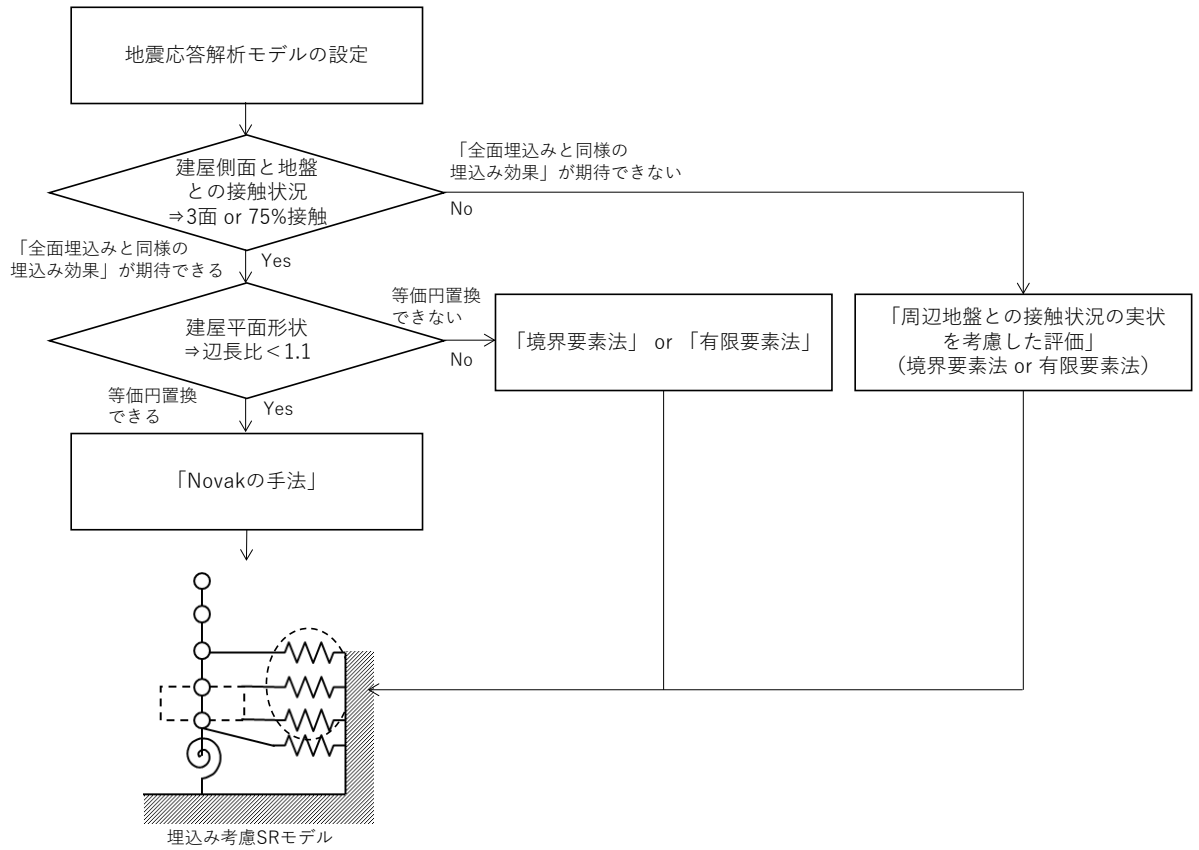
なお、建屋側面地盤ばねの評価手法として採用した各手法の概要は「別紙 1 建屋側面地盤ばねにおける評価手法の概要」に、建屋側面地盤ばね評価手法の選定結果は、「別紙 2 周辺地盤との接触状況の確認及び建屋側面地盤ばね評価手法の選定結果」で示す。

第 2.2-1 表 「建屋側面地盤ばねの評価手法・適用条件」の整理結果

Novak の 手法 (水平 ばね の適用 条件)	<p>【「JEAG 4601-1991 追補版」の記載】</p> <p>①「JEAG 4601-1991 追補版」の引用先にて、「標準化報告書」では、埋込効果を見込むためには、建屋は少なくとも三面が埋込まれていることが必要であると示唆される記載がある。</p> <p>②建屋平面形状を等価円置換しているため、建屋長辺と短辺の比（辺長比）が 1.1 以下であることが必要である。[*]</p> <p>※：辺長比が 1.1 より大きい場合あるいは長方形以外の平面形の場合（等価円置換することが妥当とは言えない場合）には、別途適切な方法により地盤ばねを算定することとされている。（例：境界要素法等）</p>
	<p>【「JEAC 4601-2008」の記載】</p> <p>①建物・構築物の地下部分の大部分（3 面または面積で 75%以上）が周辺地盤と接している場合には、全面埋込みと同様の埋込み効果が期待できる。^{※1}</p> <p>②建屋平面形状を等価円置換しているため、建屋長辺と短辺の比（辺長比）が 1.1 以下であることが必要である。^{※2}</p> <p>※1：周辺地盤との接触条件について、「3 面または面積で 75%以上」接触を満足しない場合には、薄層法、境界要素法、3 次元 FEM（＝有限要素法）等により別途検討を行い、全面埋込みと同様の埋込み効果が期待できることを確認すれば、Novak の側面地盤ばねを適用できるとされている。</p> <p>※2：辺長比が 1.1 より大きい場合あるいは長方形以外の平面形の場合（等価円置換することが妥当とは言えない場合）には、別途適切な方法により地盤ばねを算定することとされている。（例：境界要素法等）</p>
「Novak の手法」 以外 の評価 手法	<p>【「JEAG 4601-1991 追補版」の記載】</p> <p>「JEAG 4601-1991 追補版」の引用先にて、「標準化報告書」では、Novak の手法に加え、境界要素法や軸対称 FEM 等により評価した建屋側面地盤ばねの妥当性についての検討が行われており、どの手法によっても埋め込まれた建屋の応答を適切に評価することが可能であることが示唆される記載がある。</p> <p>【「JEAC 4601-2008」の記載】</p> <p>側面地盤ばねは、Novak の手法以外には、離散系モデルにより評価できると示されており、離散系モデルを用いて評価する場合には、軸対称 FEM、3 次元 FEM（＝有限要素法）や薄層要素法等が用いられることが多いとされている。</p>

第 2.2-2 表 「建屋と地盤との接触状況が埋込み効果に与える影響」の整理結果

<p>「全面埋込みと同様の埋込み効果」が期待できる場合</p>	<p>【「JEAG 4601-1991 追補版」の記載】</p> <p>「JEAG 4601-1991 追補版」の引用先にて、「標準化報告書」では、3面が地盤と接している建屋においては、全面が地盤と接している条件で求めた建屋側面地盤ばねを適用できることが示唆される記載がある。</p> <hr/> <p>【「JEAC 4601-2008」の記載】</p> <p>「埋め込み基礎の接触状況が構造物の応答に与える影響について」等の文献の結果等をもとに、建物・構築物の地下部分の大部分（3面または面積で75%以上）が周辺地盤と接している場合には、全面埋込みと同様の埋込み効果が期待できるとされている。</p>
<p>「全面埋込みと同様の埋込み効果」が期待できない場合</p>	<p>【「NUPEC 報告書」の記載】</p> <p>地盤-基礎-上部構造連成系の試験体を用いた実地盤上試験と、その実験結果に対するシミュレーション解析の結果から、周辺地盤との接触状況の実状を適切に考慮した建屋側面地盤ばねを用いることで、建屋の応答を適切に評価することが可能であると報告されている。</p>



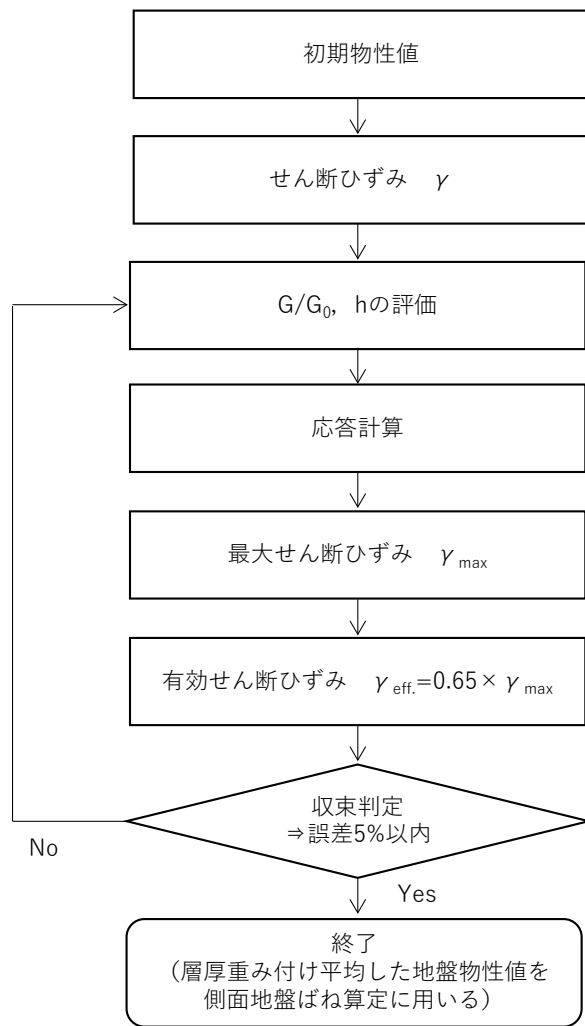
第 2.2-1 図 建屋側面地盤ばねの評価手法の選定フロー

3. 『地盤のひずみ依存特性』の評価手法

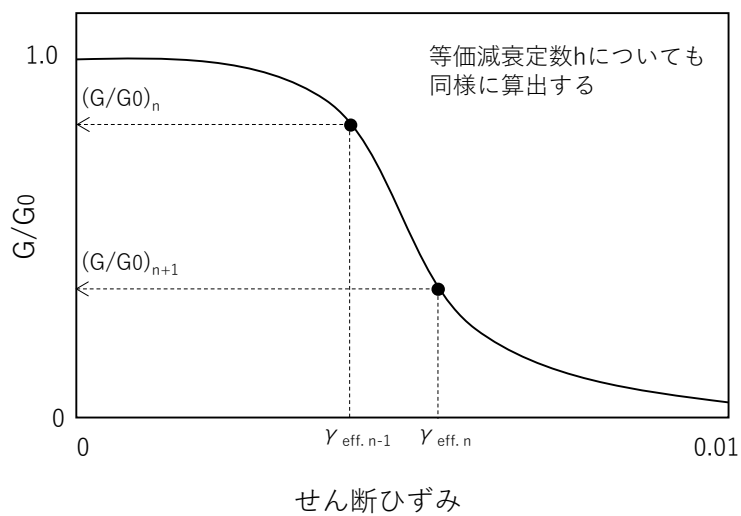
本章では、建屋側面地盤ばねのばね定数の算定において考慮している地盤のひずみ依存特性について、評価手法として等価線形解析を採用していることから、その詳細について示す。

建屋側面地盤ばねのばね定数の算定の際に用いている地盤物性値は、一次元波動論に基づく等価線形解析により地盤のひずみ依存特性を考慮している。等価線形解析の計算フローを第3.-1図に示す。等価線形解析では、地盤要素ごとに等価物性値（等価せん断剛性 G と等価減衰定数 h ）を算出し、この等価物性値を用いて線形解析を行っている。等価物性値は、有効せん断ひずみを用いて動的変形特性 $G/G_0 \sim \gamma$ 関係・減衰特性 $h \sim \gamma$ 関係から算出し、有効せん断ひずみは、慣用的な設定法として最大せん断ひずみの0.65倍として設定する。また、等価線形解析における表層部分の層分割は有限要素法の要素分割を参考に等価 $V_s/100$ 程度を目安に分割している。なお、側面地盤ばね算定の際に用いる地盤物性値は、等価線形解析から得られた地盤物性値を建屋側面地盤ばねの支配厚さで層厚重み付け平均して用いている。

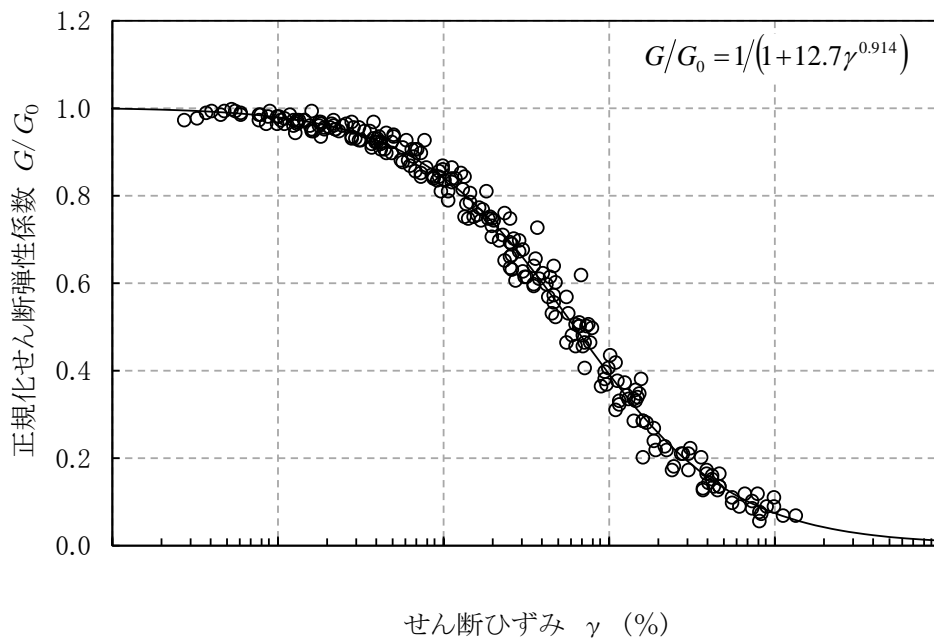
等価線形解析における有効せん断ひずみと等価物性値の関係を第3.-2図に、建物・構築物の等価線形解析で用いた表層地盤のひずみ依存特性を第3.-3図～第3.-5図に示す。なお、等価線形解析による地盤の有効せん断ひずみは、「別紙3 解析で考慮した地盤物性値の詳細」で示す。



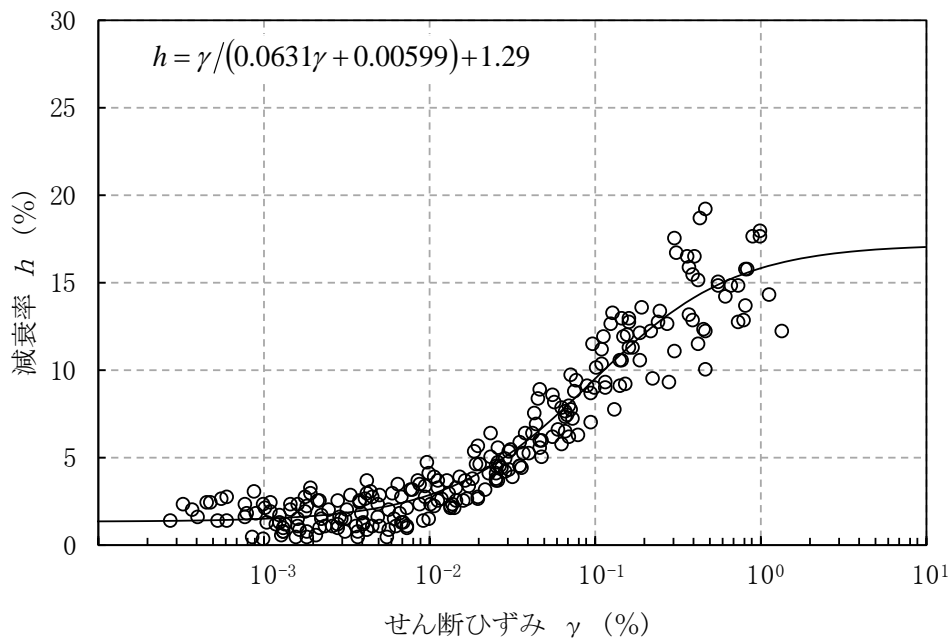
第3.-1図 等価線形解析の計算フロー



第3.-2図 等価線形解析における有効せん断ひずみと等価物性値の関係
(等価せん断剛性の概念図)



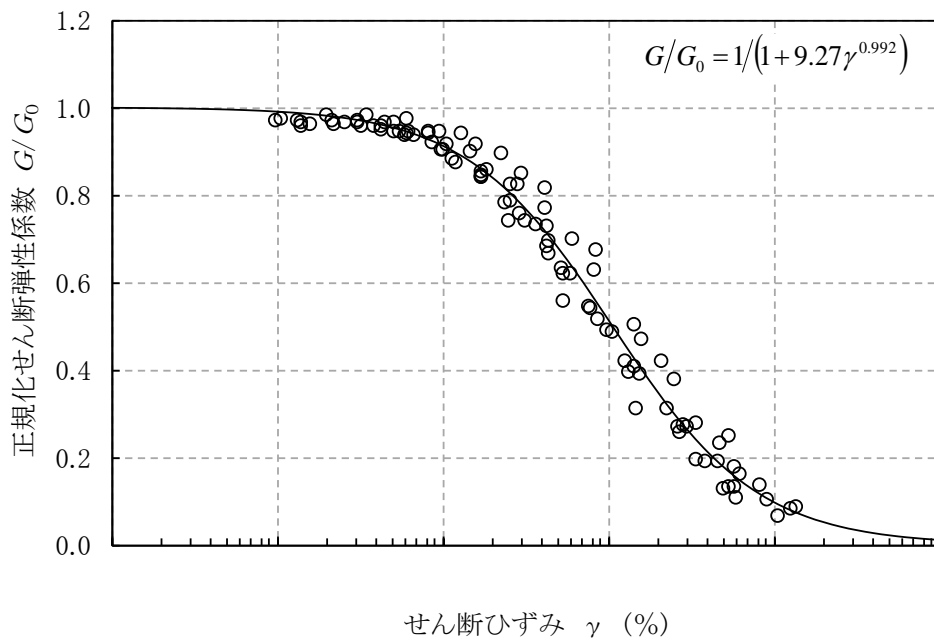
(a) 動の変形特性



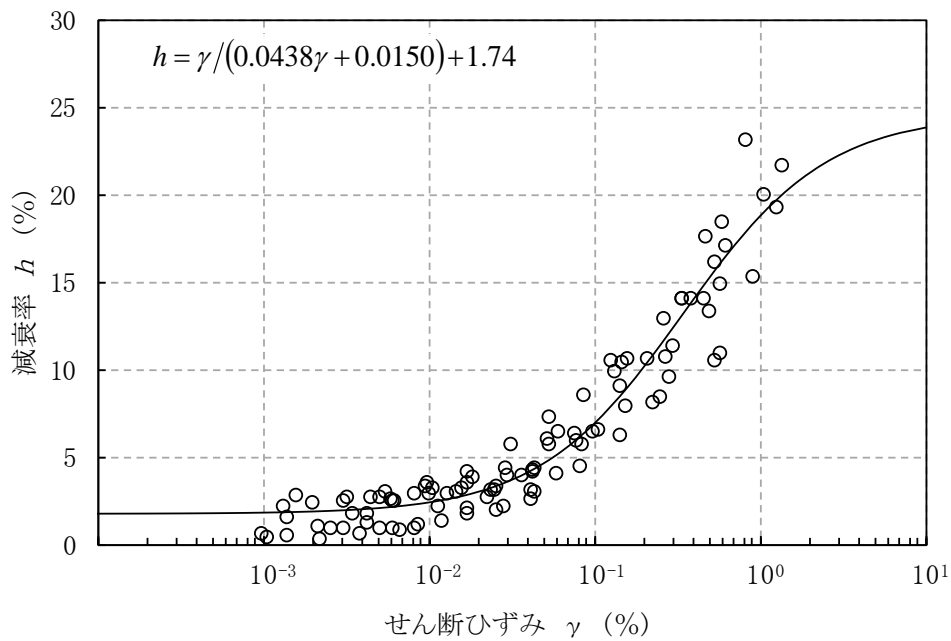
(b) 減衰特性

注記：再処理施設の事業変更許可申請書 第4.5-13図及び
MOX燃料加工施設の事業変更許可申請書 添3-ロ(ホ)第13図より引用

第3.-3図 表層地盤のひずみ依存特性 (埋戻し土)



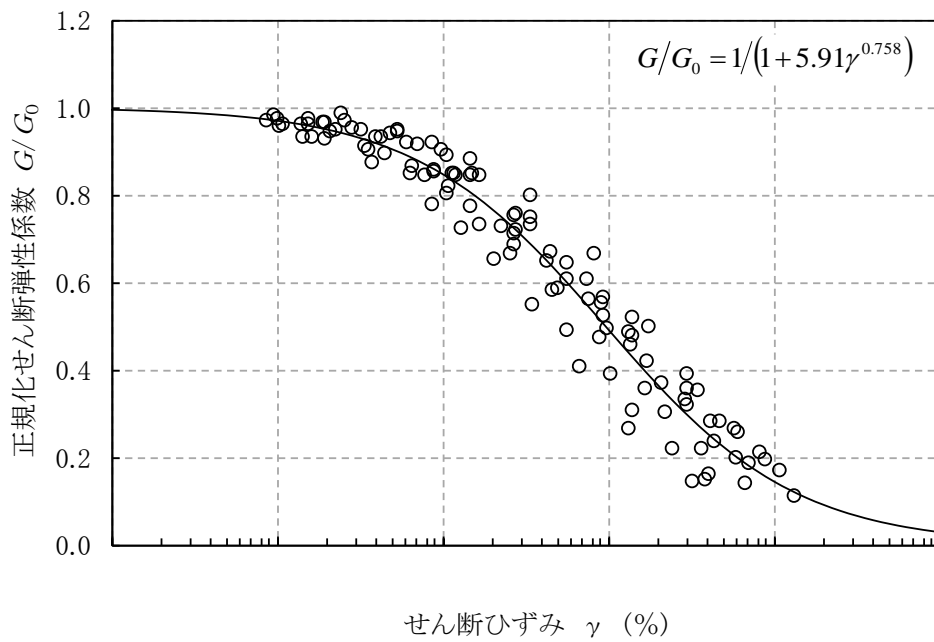
(a) 動の変形特性



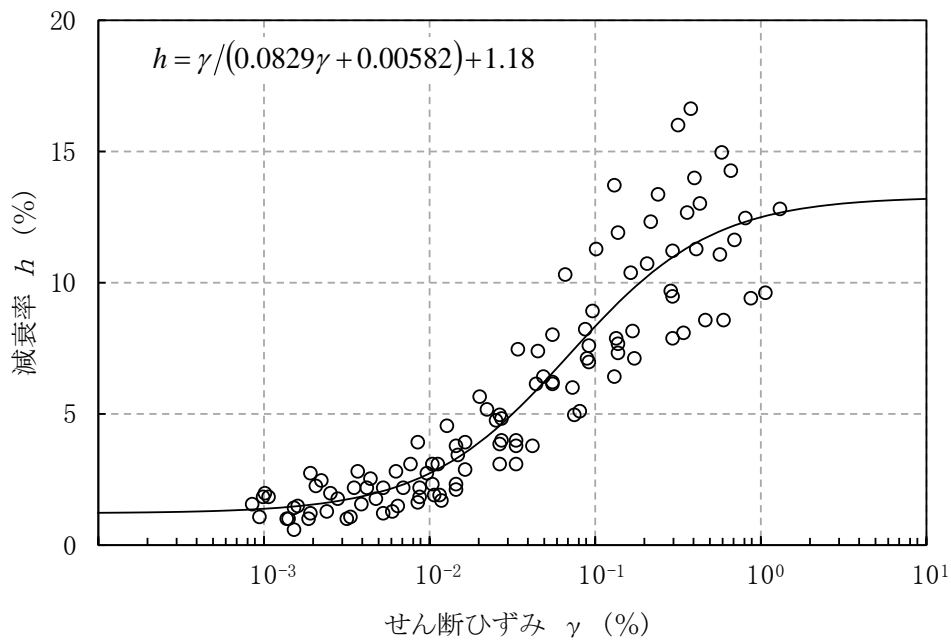
(b) 減衰特性

注記：再処理施設の事業変更許可申請書 第4.5-13図及び
MOX燃料加工施設の事業変更許可申請書 添3-ロ(ホ)第13図より引用

第3.-4図 表層地盤のひずみ依存特性 (造成盛土)



(a) 動の変形特性



(b) 減衰特性

注記：再処理施設の事業変更許可申請書 第4.5-13図及び
 MOX燃料加工施設の事業変更許可申請書 添3-ロ(ホ)第13図より引用

第3.-5図 表層地盤のひずみ依存特性 (六ヶ所層)

別紙 1

建屋側面地盤ばねにおける評価手法の概要

目 次

1. 概要	別紙 1-1
2. Novak の手法	別紙 1-1
2.1 評価概要	別紙 1-1
2.2 解析条件	別紙 1-1
3. 境界要素法	別紙 1-2
3.1 評価概要	別紙 1-2
3.2 解析条件	別紙 1-2
4. 有限要素法	別紙 1-3
4.1 評価概要	別紙 1-3
4.2 解析条件	別紙 1-3
5. 周辺地盤との接触状況の実状を考慮した評価	別紙 1-4
5.1 評価概要	別紙 1-4
5.2 解析条件	別紙 1-4

1. 概要

本資料は、本文第 2. 2-1 図の建屋側面地盤ばねの評価手法として採用した「Novak の手法」、
「境界要素法」、「有限要素法」、「周辺地盤との接触状況の実状を考慮した評価」について、そ
れぞれの手法の概要及び解析条件を示すものである。

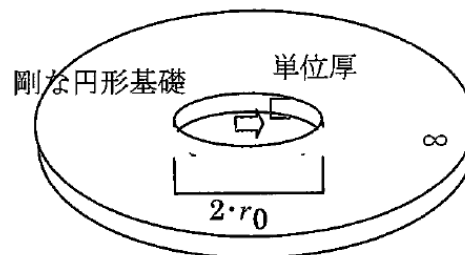
2. Novak の手法

2.1 評価概要

Novak の側面ばねは、地盤を深さ方向にスライスした 2 次元平面ひずみの無限均質地盤中
の剛な円形基礎を加振したときの力と変位の関係から求められる側面地盤ばねであり、次の
仮定のもとに 2 次元弾性波動理論より算定される。

- ・ 地盤は単位厚で平面的にスライスされた等方均質な弾性体とする。
- ・ 建屋は半径 r_0 の円形平面を持ち、振動時にもその平面形は変化しないものとする。
- ・ 建物・構築物と地盤とは密着しており、変位の連続条件が成り立つ。

Novak の側面ばね算定の概念図を第 2. 1-1 図に示す。



第 2. 1-1 図 Novak の側面ばね（「JEAC 4601-2008」より引用）

2.2 解析条件

Novak の手法における解析条件を以下に示す。

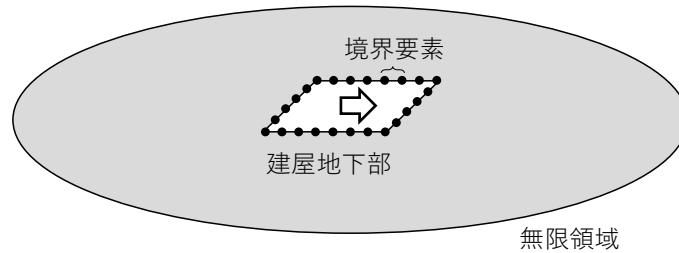
- ・ 建物・構築物の地下部分の大部分（3 面または面積で 75%以上）が周辺地盤と接している場合には、全面埋込みとして考える。
- ・ 建屋の平面面積が等価となる円形に置換する。

3. 境界要素法

3.1 評価概要

境界要素法は、2次元地盤面内振動問題の基本解を用いて導入される境界積分方程式を基に、地盤境界を境界要素で離散定式化することによって、地盤境界に関する剛性マトリクス（力—変位関係）を求め、建屋側面地盤ばねを算定している。

境界要素法の概念図を第3.1-1図に示す。



第3.1-1図 境界要素法の概念図

3.2 解析条件

境界要素法における解析条件を以下に示す。

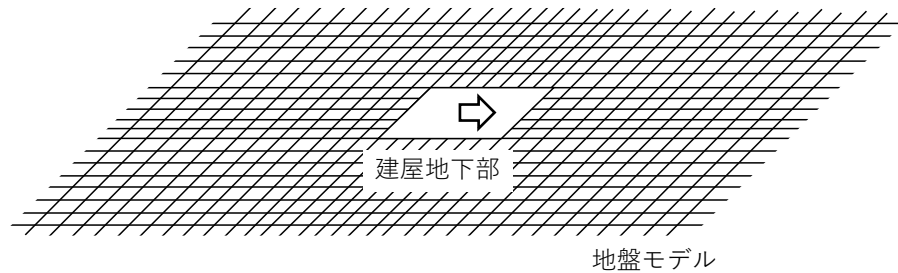
- Novak の手法と同様な考え方として、建物・構築物の地下部分の大部分（3面または面積で75%以上）が周辺地盤と接している場合には、全面埋込みとして考える。
- 建屋地下部全体が剛体として挙動するように拘束条件を設定する。
- 不整形な建屋形状の場合には、等価な矩形形状となるようにモデル形状を置換する。

4. 有限要素法

4.1 評価概要

有限要素法による建屋側面地盤ばねの算出においては、単位定常加振に対する建屋地下部の複素変位から、地盤インピーダンスを算定する。

有限要素法の概念図を第 4.1-1 図に示す。



第 4.1-1 図 有限要素法の概念図

4.2 解析条件

有限要素法における解析条件を以下に示す。

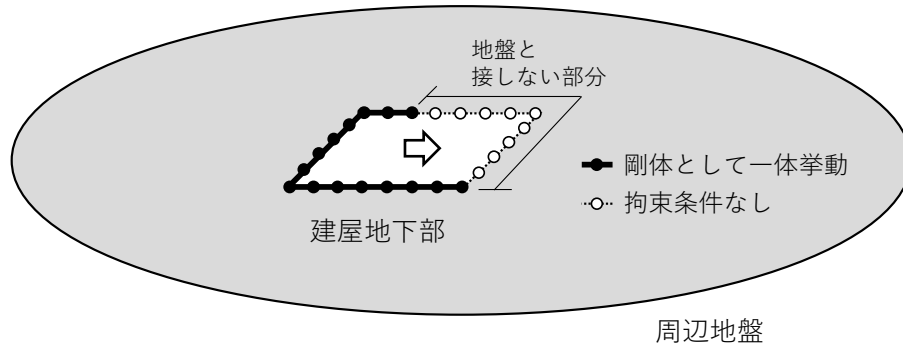
- Novak の手法と同様な考え方として、建物・構築物の地下部分の大部分（3 面または面積で 75%以上）が周辺地盤と接している場合には、全面埋込みとして考える。
- 建屋地下部全体が剛体として挙動するように拘束条件を設定する。
- 不整形な建屋形状の場合には、等価な矩形形状となるようにモデル形状を置換する。
- 地盤モデルの境界条件は、地盤の半無限性を表現するために粘性境界とする。
- モデルの平面サイズは、建屋地下部のサイズに比べて十分に大きく設定する。

5. 周辺地盤との接触状況の実状を考慮した評価

5.1 評価概要

建物・構築物の地下部分の大部分（3面または面積で75%以上）が周辺地盤と接する条件から外れる場合は、周辺地盤との接触状況の実状を考慮した評価を行う。

周辺地盤との接触状況の実状を考慮した評価の概念図を第5.1-1図に示す。



第5.1-1図 周辺地盤との接触状況の実状を考慮した評価の概念図

5.2 解析条件

周辺地盤との接触状況の実状を考慮した評価における解析条件を以下に示す。

- ・ 境界要素法または有限要素法により評価する。
- ・ 建屋と地盤が接する部分については、剛体として一体挙動するように設定し、地盤と接しない部分については、拘束条件を設けないことで周辺地盤との接触状況の実状を考慮する。

別紙 2

周辺地盤との接触状況の確認及び
建屋側面地盤ばねの評価手法の選定結果

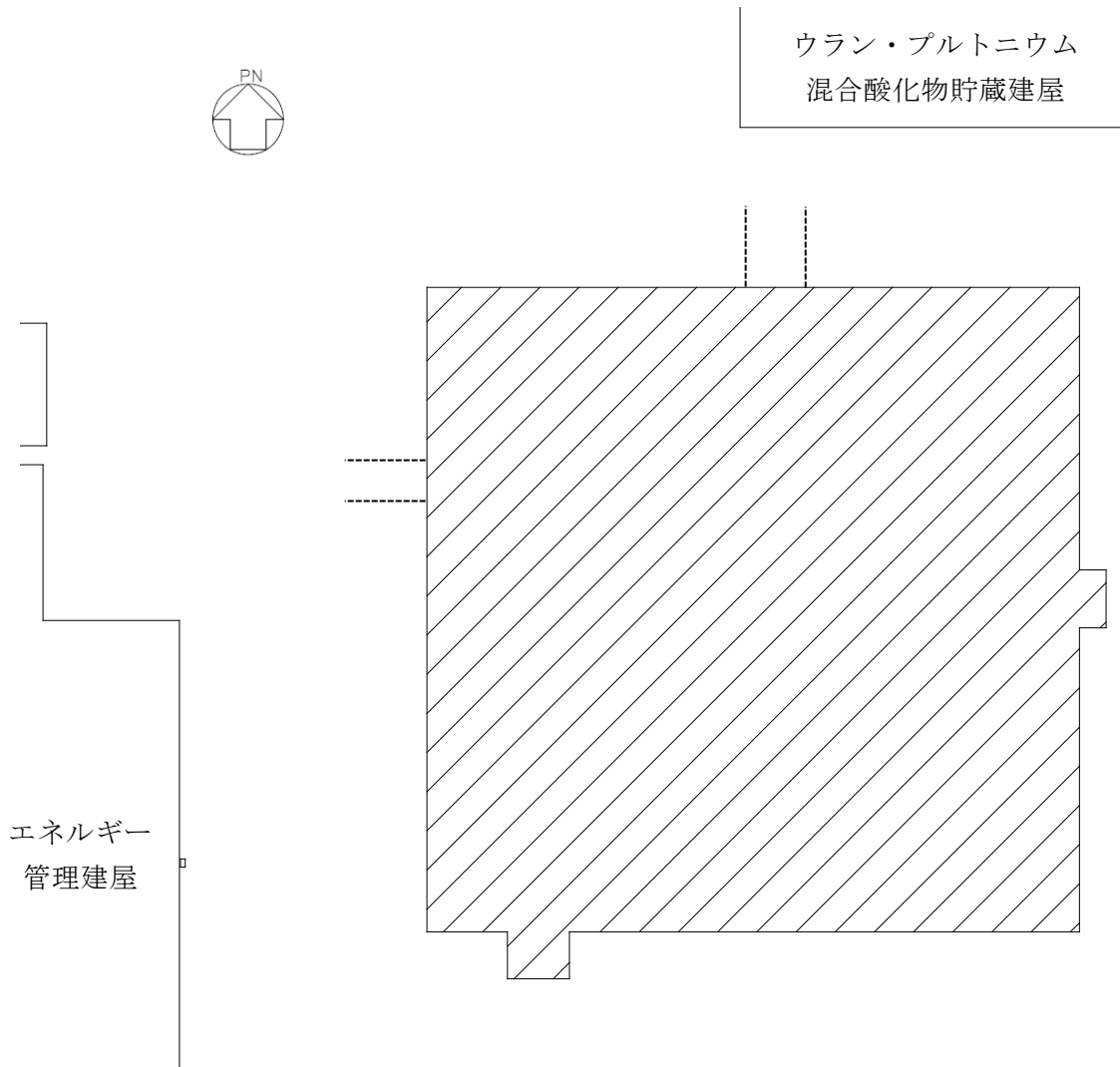
目 次

1. 周辺地盤との接触状況の確認…………… 別紙 2-1
 - 1.1 燃料加工建屋…………… 別紙 2-1
2. 建屋側面地盤ばねの評価手法の選定結果…………… 別紙 2-3

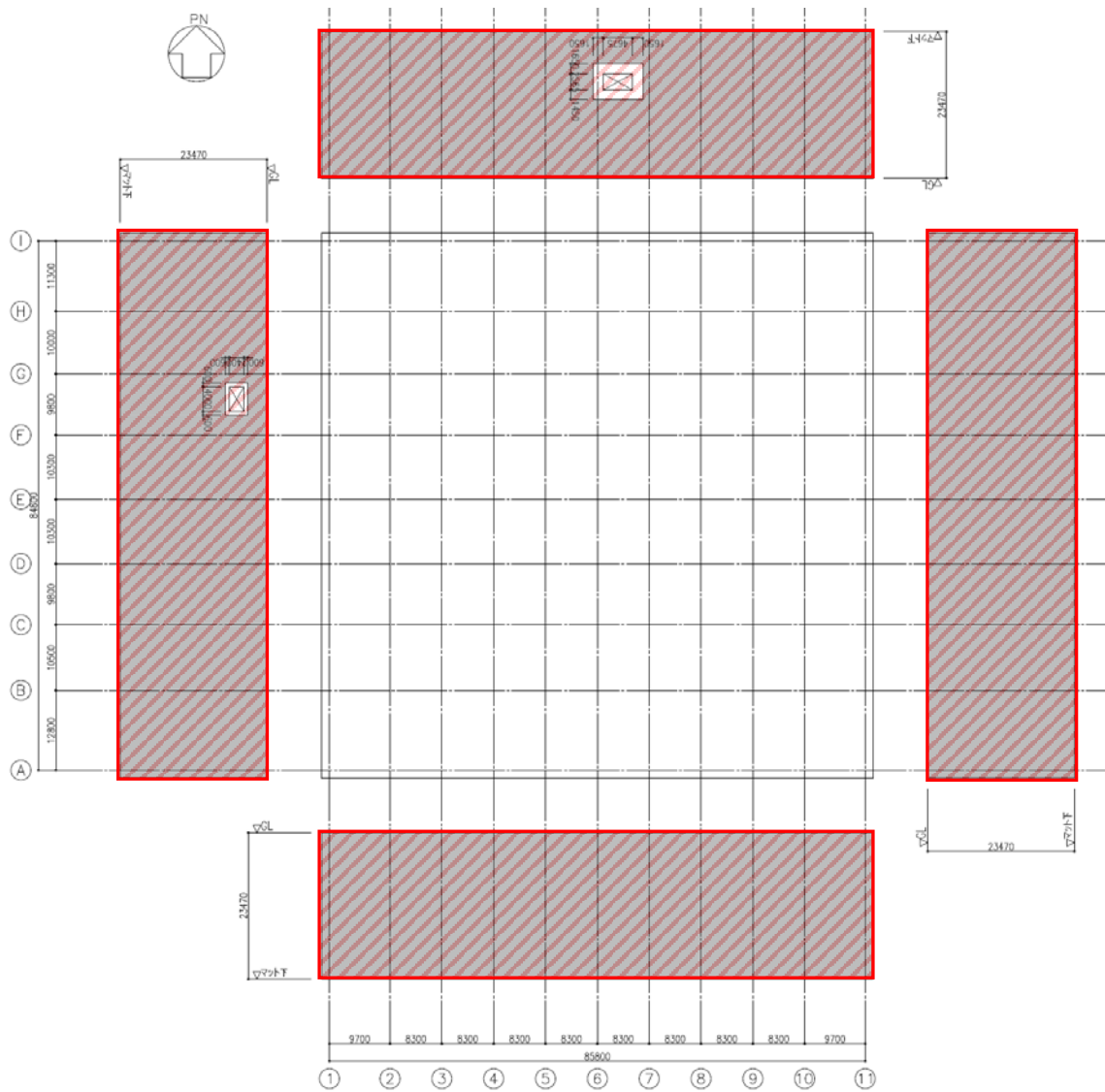
1. 周辺地盤との接触状況の確認

1.1 燃料加工建屋



燃料加工建屋の建屋の周辺概要を第 1.1-1 図に示し、埋め込み状況を第 1.1-2 図に示す。



第 1.1-1 図 燃料加工建屋の建屋の周辺概要



注記：内部から外部をみた展開部

	： 躯体と接する地盤
	： 建屋側面地盤ばねを考慮した範囲

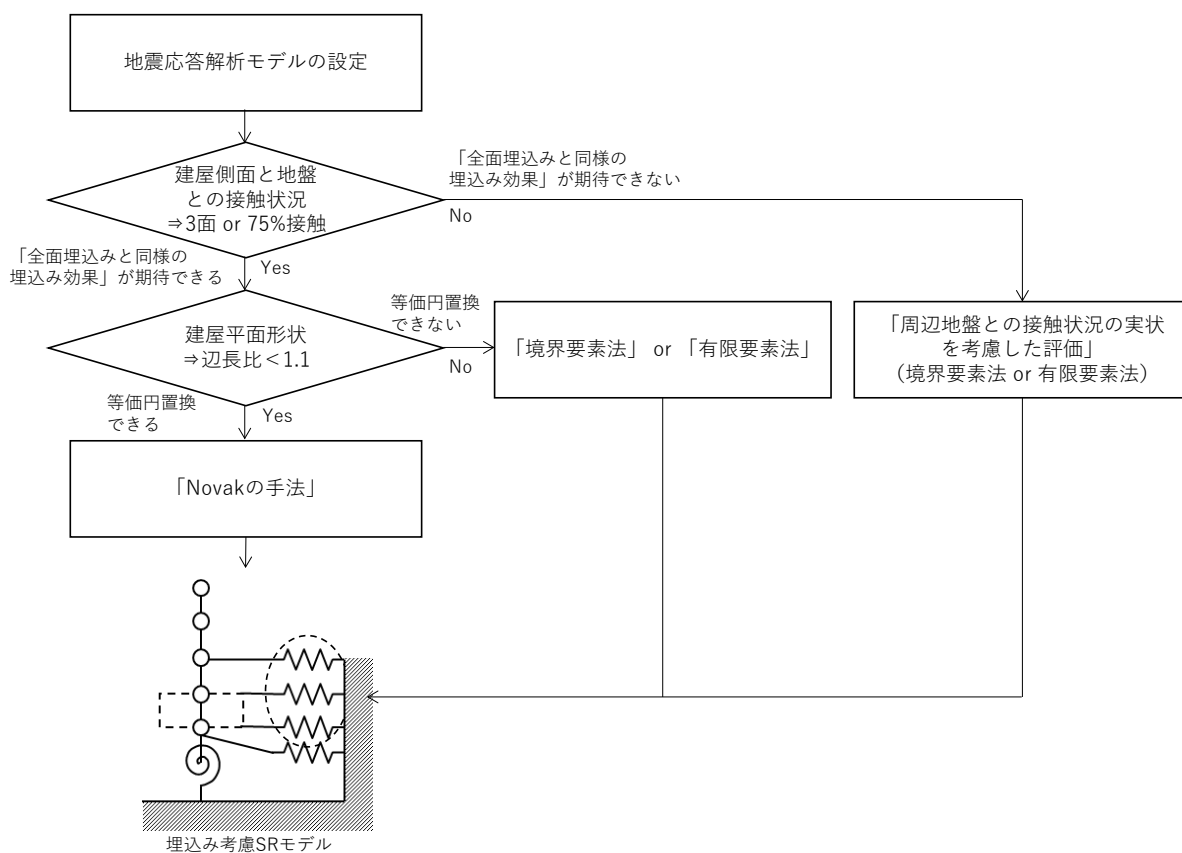
第 1.1-2 図 燃料加工建屋の埋込み状況

2. 建屋側面地盤ばねの評価手法の選定結果

建屋側面地盤ばねの評価手法の選定結果を第 2. -1 表に示す。また、第 2. -1 図に建屋側面地盤ばねの評価手法の選定フローを再掲する。

第 2. -1 表 建屋側面地盤ばねの評価手法の選定結果

建屋	周辺地盤との接触状況	辺長比	評価手法
燃料加工建屋	全面接触	1.02	Novak の手法



第 2. -1 図 建屋側面地盤ばねの評価手法の選定フロー (本文の第 2. 2-1 図より再掲)

別紙 3

解析で考慮した地盤物性値の詳細

目 次

- 1. 概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 別紙 3-1
 - 1.1 当社の建屋側面地盤ばねの考慮の有無に対する考え方・・・・・・ 別紙 3-1
- 2. 解析で考慮した地盤物性値の詳細・・・・・・・・・・・・ 別紙 3-1
 - 2.1 燃料加工建屋・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 別紙 3-1

1. 概要

本資料は、解析で考慮した地盤物性値について、その詳細を示すものである。

解析で考慮した地盤物性値は、地盤のひずみ依存特性を考慮しており、等価線形解析結果から得られる地盤の有効せん断ひずみを用いて評価している。ここでは、解析で考慮している地盤物性値の基となる地盤の有効せん断ひずみについて確認を行う。

1.1 当社の建屋側面地盤ばねの考慮の有無に対する考え方

基本ケースで地盤の有効せん断ひずみが 1%を超えている場合には、先行発電炉の実績*を参考に当該部分及びそれより上部の建屋側面地盤ばねを取り除いた地震応答解析モデルを用いて、建屋応答を評価することを原則とする。

注記*：柏崎刈羽原子力発電所第 7 号機の原子炉建屋における実績。

2. 解析で考慮した地盤物性値の詳細

2.1 燃料加工建屋

燃料加工建屋における地盤応答解析ケースを第 2.1-1 表に、等価線形解析による地盤の最大有効せん断ひずみを第 2.1-2 表～第 2.1-5 表に示す。

第 2.1-1 表 燃料加工建屋における地盤応答解析ケース

ケース No.	解析ケース	地震動
0	基本ケース	基準地震動 Ss 全波
1	地盤物性のばらつきを考慮したケース (+1 σ)	Ss-A, Ss-B1, Ss-B3, Ss-C1
2	地盤物性のばらつきを考慮したケース (-1 σ)	Ss-A, Ss-B1, Ss-B3, Ss-C1
	基準地震動を 1.2 倍した地震力に対する耐震性評価用のケース	1.2 × Ss 全波

第 2.1-2 表 燃料加工建屋の地盤応答解析結果（最大有効せん断ひずみ）一覧
（基準地震動 Ss, ケース No. 0）

標高 T. M. S. L (m)	地層区分	層厚 (m)	側面 スウェイ ばね	Ss-A		Ss-B1		Ss-B2		Ss-B3		Ss-B4	
				有効 せん断 ひずみ (%)	等価S波 速度 (m/s)	有効 せん断 ひずみ (%)	等価S波 速度 (m/s)	有効 せん断 ひずみ (%)	等価S波 速度 (m/s)	有効 せん断 ひずみ (%)	等価S波 速度 (m/s)	有効 せん断 ひずみ (%)	等価S波 速度 (m/s)
地表面 55.00	造成盛土	1.45	K _{s1}	0.03	127	0.03	129	0.03	129	0.03	130	0.03	130
53.55		4.95	K _{s2}	0.47	80.3	0.25	95.4	0.23	98.7	0.22	100	0.28	94.8
48.60	六ヶ所層	1.85		K _{s3}	0.03	348	0.02	361	0.03	355	0.03	353	0.03
46.75		7.65	0.04		338	0.03	353	0.04	346	0.03	346	0.05	335
39.10		4.485	K _{s4}	0.07	313	0.05	332	0.06	322	0.05	328	0.07	309
34.615		1.735	K _{s5}	0.08	306	0.06	324	0.07	314	0.06	320	0.09	301
32.88		1.35	K _{s6}	0.08	303	0.06	320	0.08	309	0.07	316	0.09	299
基礎下 31.53		最大値			0.47	/	0.25	/	0.23	/	0.22	/	0.28

標高 T. M. S. L (m)	地層区分	層厚 (m)	側面 スウェイ ばね	Ss-B5		Ss-C1		Ss-C2		Ss-C3		Ss-C4	
				有効 せん断 ひずみ (%)	等価S波 速度 (m/s)	有効 せん断 ひずみ (%)	等価S波 速度 (m/s)	有効 せん断 ひずみ (%)	等価S波 速度 (m/s)	有効 せん断 ひずみ (%)	等価S波 速度 (m/s)	有効 せん断 ひずみ (%)	等価S波 速度 (m/s)
地表面 55.00	造成盛土	1.45	K _{s1}	0.03	128	0.04	127	0.02	131	0.03	129	0.03	129
53.55		4.95	K _{s2}	0.50	80.0	0.92	67.6	0.11	119	0.18	106	0.27	94.3
48.60	六ヶ所層	1.85		K _{s3}	0.04	344	0.03	349	0.02	367	0.02	360	0.03
46.75		7.65	0.05		332	0.03	345	0.02	360	0.03	350	0.04	336
39.10		4.485	K _{s4}	0.08	304	0.05	332	0.04	341	0.05	326	0.07	312
34.615		1.735	K _{s5}	0.10	295	0.06	321	0.05	335	0.06	319	0.08	305
32.88		1.35	K _{s6}	0.10	292	0.07	316	0.05	333	0.07	317	0.09	302
基礎下 31.53		最大値			0.50	/	0.92	/	0.11	/	0.18	/	0.27

第 2.1-3 表 燃料加工建屋の地盤応答解析結果（最大有効せん断ひずみ）一覧
（基準地震動 Ss, ケース No. 1）

標高 T. M. S. L (m)	地層区分	層厚 (m)	側面 スウェイ ばね	Ss-A		Ss-B1		Ss-B3		Ss-C1	
				有効 せん断 ひずみ (%)	等価S波 速度 (m/s)	有効 せん断 ひずみ (%)	等価S波 速度 (m/s)	有効 せん断 ひずみ (%)	等価S波 速度 (m/s)	有効 せん断 ひずみ (%)	等価S波 速度 (m/s)
地表面 55.00	造成盛土	1.45	K _{s1}	0.02	165	0.02	165	0.02	166	0.03	160
53.55		4.95	K _{s2}	0.14	134	0.16	128	0.14	134	0.48	96.8
48.60	六ヶ所層	1.85		K _{s3}	0.02	466	0.02	465	0.02	467	0.03
46.75		7.65	0.02		458	0.02	459	0.02	461	0.03	442
39.10		4.485	K _{s4}	0.03	436	0.03	445	0.03	447	0.04	422
34.615		1.735	K _{s5}	0.04	428	0.03	439	0.03	440	0.05	415
32.88		1.35	K _{s6}	0.04	424	0.03	437	0.03	437	0.05	412
基礎下 31.53		最大値			0.14	/	0.16	/	0.14	/	0.48

第 2.1-4 表 燃料加工建屋の地盤応答解析結果（最大有効せん断ひずみ）一覧
（基準地震動 Ss, ケース No. 2）

標高 T. M. S. L (m)	地層区分	層厚 (m)	側面 スウェイ ばね	Ss-A		Ss-B1		Ss-B3		Ss-C1	
				有効 せん断 ひずみ (%)	等価S波 速度 (m/s)	有効 せん断 ひずみ (%)	等価S波 速度 (m/s)	有効 せん断 ひずみ (%)	等価S波 速度 (m/s)	有効 せん断 ひずみ (%)	等価S波 速度 (m/s)
55.00	造成盛土	1.45	K _{s1}	0.06	76.7	0.07	76.6	0.06	77.0	0.07	76.8
53.55		4.95		1.45	40.3	0.45	58.7	0.68	51.0	1.70	38.1
48.60	六ヶ所層	1.85	K _{s2}	0.11	160	0.11	161	0.11	160	0.10	164
46.75		7.65		K _{s3}	0.15	150	0.14	153	0.14	152	0.16
39.10		4.485	K _{s4}	0.26	131	0.22	136	0.22	137	0.43	115
34.615		1.735	K _{s5}	0.36	121	0.27	129	0.25	132	0.60	104
32.88		1.35	K _{s6}	0.41	117	0.30	126	0.27	130	0.68	100
基礎下 31.53		最大値			1.45		0.45		0.68		1.70

注記 1 : は地盤のせん断ひずみが 1%を超える箇所を表す。

第 2.1-5 表 燃料加工建屋の地盤応答解析結果（最大有効せん断ひずみ）一覧
（1.2×Ss）

標高 T. M. S. L (m)	地層区分	層厚 (m)	側面 スウェイ ばね	1.2×Ss-A		1.2×Ss-B1		1.2×Ss-B2		1.2×Ss-B3		1.2×Ss-B4	
				有効 せん断 ひずみ (%)	等価S波 速度 (m/s)	有効 せん断 ひずみ (%)	等価S波 速度 (m/s)	有効 せん断 ひずみ (%)	等価S波 速度 (m/s)	有効 せん断 ひずみ (%)	等価S波 速度 (m/s)	有効 せん断 ひずみ (%)	等価S波 速度 (m/s)
55.00	造成盛土	1.45	K _{s1}	0.04	126	0.03	127	0.03	127	0.03	129	0.04	126
53.55		4.95		0.73	69.8	0.33	87.2	0.43	81.9	0.36	86.6	0.79	69.7
48.60	六ヶ所層	1.85	K _{s2}	0.04	344	0.03	355	0.03	346	0.03	347	0.04	342
46.75		7.65		K _{s3}	0.05	332	0.04	344	0.05	335	0.04	337	0.05
39.10		4.485	K _{s4}	0.08	308	0.06	319	0.07	309	0.07	313	0.08	306
34.615		1.735	K _{s5}	0.09	301	0.07	310	0.09	301	0.09	302	0.09	297
32.88		1.35	K _{s6}	0.09	299	0.08	308	0.09	298	0.09	297	0.10	293
基礎下 31.53		最大値			0.73		0.33		0.43		0.36		0.79

標高 T. M. S. L (m)	地層区分	層厚 (m)	側面 スウェイ ばね	1.2×Ss-B5		1.2×Ss-C1		1.2×Ss-C2		1.2×Ss-C3		1.2×Ss-C4	
				有効 せん断 ひずみ (%)	等価S波 速度 (m/s)	有効 せん断 ひずみ (%)	等価S波 速度 (m/s)	有効 せん断 ひずみ (%)	等価S波 速度 (m/s)	有効 せん断 ひずみ (%)	等価S波 速度 (m/s)	有効 せん断 ひずみ (%)	等価S波 速度 (m/s)
55.00	造成盛土	1.45	K _{s1}	0.04	125	0.03	127	0.03	130	0.04	127	0.04	127
53.55		4.95		0.94	65.1	1.17	64.8	0.16	109	0.28	92.1	0.67	73.1
48.60	六ヶ所層	1.85	K _{s2}	0.04	341	0.03	350	0.02	361	0.03	349	0.03	346
46.75		7.65		K _{s3}	0.05	328	0.04	345	0.03	351	0.04	337	0.04
39.10		4.485	K _{s4}	0.09	298	0.06	319	0.05	331	0.07	311	0.06	317
34.615		1.735	K _{s5}	0.10	289	0.08	304	0.05	325	0.08	306	0.07	309
32.88		1.35	K _{s6}	0.11	286	0.09	297	0.05	323	0.08	304	0.08	308
基礎下 31.53		最大値			0.94		1.17		0.16		0.28		0.67

注記 1 : は地盤のせん断ひずみが 1%を超える箇所を表す。

注記 2 : 1.2×Ss の地震応答解析モデルでは、地盤のせん断ひずみが 1%を超える箇所及びそれより上部の建屋側面地盤ばねを取り除いている。