

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-工-B-22-0039_改2
提出年月日	2021年10月26日

VI-5-32 計算機プログラム（解析コード）の概要
・SLAP

2021年10月

東北電力株式会社

目 次

1. はじめに	1
1.1 使用状況一覧	2
2. 解析コードの概要	3
3. SLAP の解析手法について	5
3.1 一般事項	5
3.2 解析コードの特徴	5
3.3 解析手法	6
3.3.1 支配方程式	6
3.3.2 静的解析	7
3.3.3 時刻歴応答解析	7
3.4 解析フローチャート	8
3.5 検証 (Verification) 及び妥当性確認 (Validation)	9
3.5.1 理論解との比較による検証	9
3.5.2 実験結果と地震応答解析結果との比較による検証	14
3.5.3 実験結果と応力解析結果との比較による検証	21
3.5.4 妥当性確認	25
3.5.5 評価結果	25

1. はじめに

本資料は、添付書類において使用した計算機プログラム（解析コード）SLAPについて説明するものである。

本解析コードを使用した添付書類を示す使用状況一覧、解析コードの概要を以降に記載する。

1.1 使用状況一覧

使用添付書類		バージョン
VI-2-2-5	復水貯蔵タンク基礎の地震応答計算書	Ver. 6. 64
VI-2-2-6	復水貯蔵タンク基礎の耐震性についての計算書	Ver. 6. 64
VI-2-2-13	軽油タンク室の地震応答計算書	Ver. 6. 64
VI-2-2-14	軽油タンク室の耐震性についての計算書	Ver. 6. 64
VI-2-2-15	軽油タンク室 (H) の地震応答計算書	Ver. 6. 64
VI-2-2-16	軽油タンク室 (H) の耐震性についての計算書	Ver. 6. 64
VI-2-2-18	ガスタービン発電設備軽油タンク室の耐震性についての計算書	Ver. 6. 64
VI-2-2-19	軽油タンク連絡ダクトの地震応答計算書	Ver. 6. 64
VI-2-2-26	排気筒基礎の耐震性についての計算書	Ver. 6. 65
VI-2-2-27	排気筒連絡ダクトの地震応答計算書	Ver. 6. 64, Ver. 6. 65
VI-2-10-2-6-1-1	屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤南側) の耐震性についての計算書	Ver. 6. 64
VI-2-10-2-6-1-2	屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤北側) の耐震性についての計算書	Ver. 6. 64
VI-2-13-2	地下水位低下設備ドレーンの耐震性についての計算書	Ver. 6. 64
VI-2-13-4	地下水位低下設備揚水井戸の耐震性についての計算書	Ver. 6. 64, Ver. 6. 65
VI-2-13-5	地下水位低下設備揚水井戸の地震応答計算書	Ver. 6. 64, Ver. 6. 65
VI-3-別添 3-2-5-1-1	屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤南側) の強度計算書	Ver. 6. 64
VI-3-別添 3-2-5-1-2	屋外排水路逆流防止設備 (防潮堤北側) の強度計算書	Ver. 6. 64

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	SLAP
使用目的	2次元有限要素法による地震応答解析，静的フレーム解析 3次元有限要素法（線形シェル要素，非線形シェル要素，線形ソリッド要素）による静的解析
開発機関	鹿島建設株式会社
開発時期	1998年
使用したバージョン	Ver. 6.64, Ver. 6.65
コードの概要	<p>SLAP（以下「本解析コード」という。）は，2次元，3次元問題に適用可能で，静荷重，動荷重の取り扱いができる構造解析の汎用コードである。</p> <p>動的解析においては，線形弾性解析及び材料非線形解析等を時間領域における数値積分により行うことができる。</p> <p>本解析コードは，土木・建築分野において使用される要素群，材料非線形解析モデルを数多くサポートしており，日本国内において，官公庁，民間問わず，多くの利用実績がある。</p>
検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>【検証(Verification)】</p> <p>本解析コードの検証の内容は，以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 2次元有限要素法による地震応答解析における地盤の非線形モデルの検証として，室内試験におけるせん断弾性係数及び減衰定数両方の非線形特性を再現できることを確認している。 ・ 構造力学分野における一般的知見により解を求めることができる問題について，本解析コードを用いた解析結果と理論モデルによる理論解の比較を行い，解析解が理論解と一致することを確認している。 ・ はり要素による，応力解析を行い，解析解が理論解と一致することを確認している。 ・ 平板要素による応力解析の検証として，非線形平板要素を用いた解析結果が実験結果とおおむね一致することを確認している。 ・ 3次元ソリッド要素による応力解析の検証として，3次元有限要素法による応力解析を行い，解析解が理論解とおおむね一致することを確認している。 ・ 本解析コードの運用環境について，開発機関から提示された要件を満足していることを確認している。

<p>検証 (Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)</p>	<p>【妥当性確認(Validation)】</p> <p>本解析コードの妥当性確認の内容は、以下のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本解析コードは、国内の土木・建築分野における使用実績を有しており、十分に妥当性が確認されている。 ・屋外重要土木構造物を模した実験体を用いた大型振動台実験結果と地震応答解析結果がおおむね一致していることを確認している。 ・本工事計画において、本解析コード (Ver. 6.64) は2次元有限要素法による地震応答解析、応力解析及び3次元有限要素法による応力解析に適用性があることを検証している。 ・バージョンの更新により機能の追加が図られたが、今回使用したバージョン (Ver. 6.65) と検証されたバージョン (Ver. 6.64) で使用する機能は同じである。 ・開発機関が提示するマニュアルにより、本工事計画で使用する2次元有限要素法による地震応答解析、3次元有限要素法による応力解析に本解析コードが適用できることを確認している。 ・検証の体系と本工事計画で使用する体系が同等であることから、検証の結果をもって、解析機能の妥当性も確認できる。 ・本工事計画で使用する2次元有限要素法による地震応答解析、3次元有限要素法による応力解析の用途、適用範囲が上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。
--	---

3. SLAP の解析手法について

3.1 一般事項

本資料は、解析コード SLAP（以下「本解析コード」という。）の概要である。本解析コードは、2次元及び3次元問題に適用可能で、静荷重、動荷重の取り扱いができる構造解析の汎用コードである。2次元及び3次元の応力解析や、地盤－構造物連成系の相互作用解析を考慮した地震応答解析が可能であり、建物・構築物及び屋外重要構造物に対する応力解析、地震応答解析に使用している。

3.2 解析コードの特徴

本解析コードは、複合非線形（材料非線形と幾何学的非線形）を考慮できる静的・動的解析システムである。主な特徴を以下に示す。

- ・2次元及び3次元有限要素解析プログラムである。
- ・3次元ソリッド要素，2次元ソリッド要素，平板要素，はり要素，バネ・マス・ダンパー要素，剛体要素を用いることができる。
- ・2次元及び3次元の応力解析を行うことができる。
- ・地盤－構造物の連成による相互作用を考慮した地震応答解析を行うことができる。
- ・静的解析を引き継いだ動的解析を行うことができる。
- ・地盤及び構造物の非線形性を考慮した解析を行うことができる。
- ・地盤の非線形性については，修正 HD モデル，修正 GHE モデル等を用いた平面ひずみ要素が使用できる。
- ・鉄筋コンクリートの非線形性については，コンクリート及び鉄筋の材料非線形を考慮したファイバー要素，非線形平板要素等が使用できる。

3.3 解析手法

3.3.1 支配方程式

多自由度系の非線形支配方程式は次式で表される。

$$[M]\{\ddot{u}\} + [C]\{\dot{u}\} + \{F\} = \{R\} \quad \text{式 (1)}$$

ここで,

- $[M]$: 質量マトリクス
- $[C]$: 減衰マトリクス
- $\{F\}$: 要素内力ベクトル (剛性マトリクス $[K]$ が線形の場合は, $\{F\} = [K]\{u\}$)
- $[K]$: 剛性マトリクス
- $\{\ddot{u}\}$: 相対加速度ベクトル
- $\{\dot{u}\}$: 相対速度ベクトル
- $\{u\}$: 相対変位ベクトル
- $\{R\}$: 外力ベクトル ($\{R\} = -\sum_{i=1}^n [M]\{v_i\}\ddot{\alpha}_i + \{R_f\}$)
- $\ddot{\alpha}_i$: i 方向の入力地震加速度
- n : 入力地震動作用方向数
- $\{v_i\}$: i 方向に対応する自由度に 1 を立てた入力地震動方向ベクトル
- $\{R_f\}$: 入力地震加速度以外の外力ベクトル

なお, 静的解析の場合は, $[M]=0$ $[C]=0$ であり, $\{u\}$ は絶対変位となる。

3.3.2 静的解析

式(1)より、荷重ステップ t から荷重ステップ $t + \Delta t$ の増分ステップにおける支配方程式は次式となる。

$$\begin{aligned}
 [{}^{t+\Delta t}K^{(i-1)}]\{\Delta u^{(i)}\} &= \{{}^{t+\Delta t}R\} - \{{}^{t+\Delta t}F^{(i-1)}\} \\
 \{{}^{t+\Delta t}u^{(i)}\} &= \{{}^{t+\Delta t}u^{(i-1)}\} + \{\Delta u^{(i)}\} \\
 \{{}^{t+\Delta t}u^{(0)}\} &= \{{}^t u\} \\
 \{{}^{t+\Delta t}F^{(0)}\} &= \{{}^t F^{(0)}\}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

ここで、 Δt は増分インデックス、 (i) は収束計算回数を示す。

これを用い式(1)を満足するようにニュートンラプソン法により収束計算を行う。

3.3.3 時刻歴応答解析

時刻歴応答解析には、ニューマーク β 法($\beta=1/4$)による直接積分法を用いる。式(1)より、収束計算で用いる時刻 $t + \Delta t$ における支配方程式は次式となる。

$$\begin{aligned}
 [M]\{{}^{t+\Delta t}\ddot{u}^{(i)}\} + [C]\{{}^{t+\Delta t}\dot{u}^{(i)}\} + [{}^{t+\Delta t}K^{(i-1)}]\{\Delta u^{(i)}\} &= \{{}^{t+\Delta t}R\} - \{{}^{t+\Delta t}F^{(i-1)}\} \\
 \{{}^{t+\Delta t}u^{(i)}\} &= \{{}^{t+\Delta t}u^{(i-1)}\} + \{\Delta u^{(i)}\} \\
 \{{}^{t+\Delta t}\ddot{u}^{(i)}\} &= \frac{4}{\Delta t^2}(\{{}^{t+\Delta t}u^{(i-1)}\} - \{{}^t u\} + \{\Delta u^{(i)}\}) - \frac{4}{\Delta t}\{{}^t \dot{u}\} - \{{}^t \ddot{u}\} \\
 \{{}^{t+\Delta t}\dot{u}^{(i)}\} &= \{{}^t \dot{u}\} + \frac{\Delta t}{2}(\{{}^t \ddot{u}\} + \{{}^{t+\Delta t}\ddot{u}^{(i)}\}) \\
 \{{}^{t+\Delta t}u^{(i)}\} &= \{{}^{t+\Delta t}u^{(i-1)}\} + \{\Delta u^{(i)}\} \\
 \{{}^{t+\Delta t}u^{(0)}\} &= \{{}^t u\} \\
 \{{}^{t+\Delta t}F^{(0)}\} &= \{{}^t F^{(0)}\}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

ここで、 Δt は時間刻み、 (i) は収束計算回数を示す。

これを用い式(1)を満足するようにニュートンラプソン法により収束計算を行う。

3.4 解析フローチャート

静的解析及び地震応答解析の解析フローチャートを図 3-1 に示す。

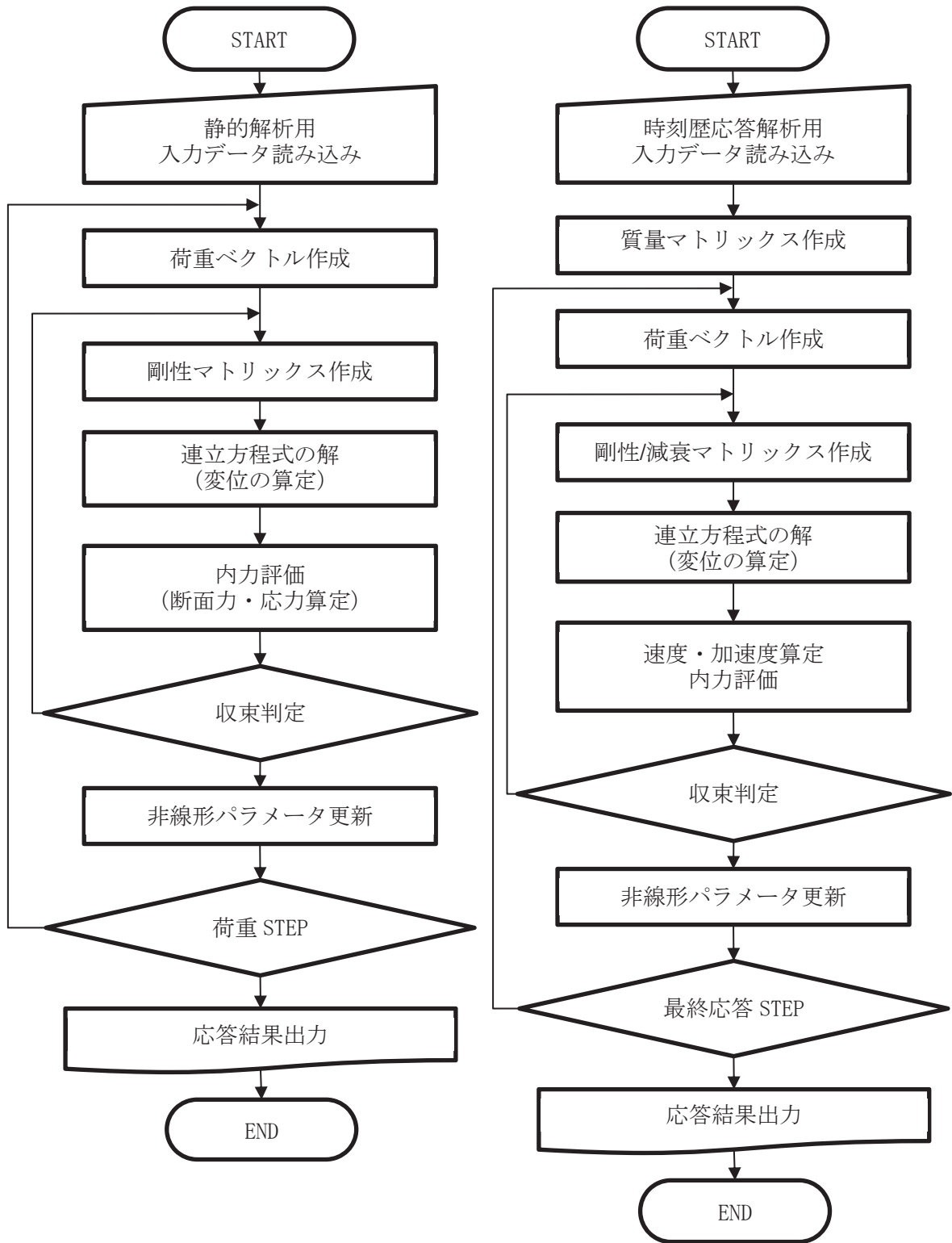


図 3-1 解析フローチャート (左：静的解析，右：地震応答解析)

3.5 検証 (Verification) 及び妥当性確認 (Validation)

3.5.1 理論解との比較による検証

(1) はり要素

図 3-2 に示す単純ばりに等分布荷重を負荷した静的応力解析を行い，最大たわみ量，最大曲げモーメント及び最大せん断力を理論解と比較する。線形はり要素を用いて確認を行う。

諸元は以下とする。

H 型鋼材 (H-300×300×10×15) の断面諸元

- ・断面積 : $A=0.01184 \text{ m}^2$
- ・断面 2 次モーメント : $I=0.000202 \text{ m}^4$
- ・ヤング係数 : $E=2.0 \times 10^8 \text{ kN/m}^2$

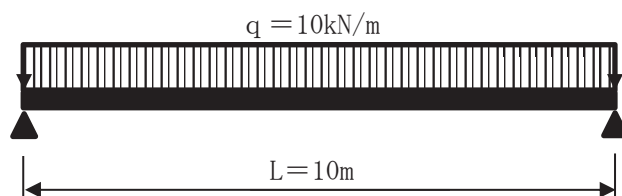


図 3-2 解析モデル

表 3-1 に理論解及び本解析コードによる解析解を示す。理論解と本解析コードによる解析解はおおむね一致することを確認した。

表 3-1 理論解と解析解の比較

	理論解	SLAP 解析解
最大たわみ量 (cm)	3.223	3.223
最大曲げモーメント (kN・m)	125.0	125.0
最大せん断力 (kN)	50.0	50.0

(2) 3次元ソリッド要素

図 3-3 に示す単純ばりに等分布荷重を負荷した静的応力解析を行い，最大たわみ量，最大曲げモーメント及び最大せん断力を理論解と比較する。3次元ソリッド要素を用いて確認を行う。

諸元は以下とする。

- ・ 梁の長さ : $L = 4,000 \text{ mm}$
- ・ 梁の高さ : $H = 400 \text{ mm}$
- ・ 梁の幅 : $B = 200 \text{ mm}$
- ・ 等分布荷重 : $q = 10.0 \text{ kN/m}$
- ・ ヤング係数 : $E = 2.35 \times 10^7 \text{ kN/m}^2$
- ・ ポアソン比 : $\nu = 0.2$

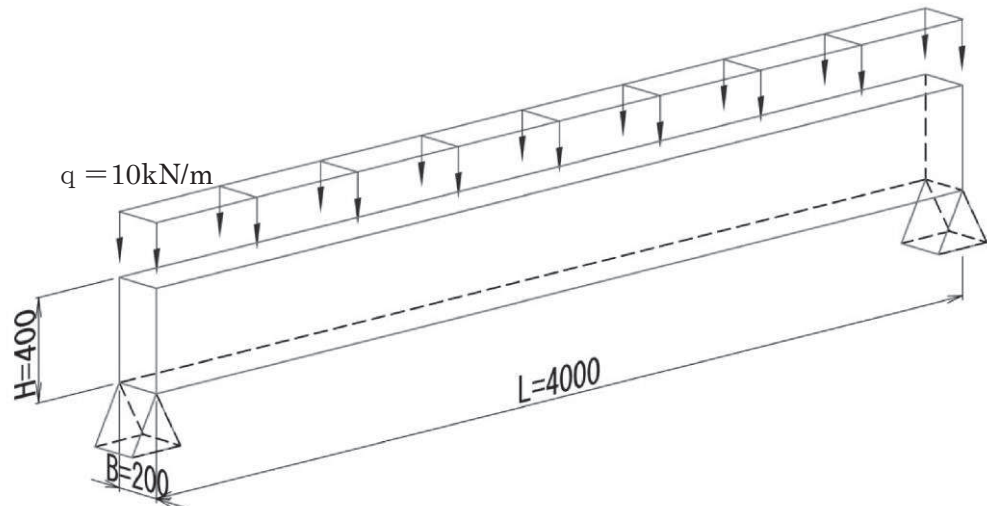


図 3-3 解析モデル

表 3-2 に理論解及び本解析コードによる解析解を示す。理論解と本解析コードによる解析解はおおむね一致することを確認した。

表 3-2 理論解と解析解の比較

	理論解	SLAP 解析解
最大たわみ量 (mm)	1.330	1.340
最大曲げモーメント (kN・m)	20.0	19.7
最大せん断力 (kN)	20.0	20.0

(3) 非線形平面ひずみ要素

地震応答解析に用いる地盤の非線形モデルについて、修正 GHE モデルを適用した平面ひずみ要素に強制変位を与え、得られる応力-ひずみ曲線及び履歴曲線から求めた減衰定数が、設定した条件に整合することを確認する。

a. 解析条件

解析モデルを図 3-4 に示す。要素は平面ひずみ要素とする。

(単位：mm)

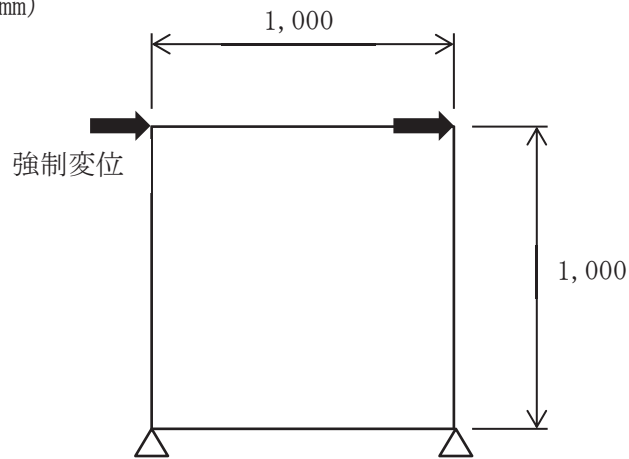


図 3-4 解析モデル

解析用物性値を表 3-3 に示す。

表 3-3 地盤の解析用物性値

	初期せん断弾性係数 (kN/m ²)	ポアソン比
平面ひずみ要素	7.50×10^3	0.30

平面ひずみ要素の非線形特性は、修正 GHE モデルにて与える。修正 GHE モデルのパラメータを表 3-4 及び表 3-5 に示す。また、解析モデルに与える強制変位波形を図 3-5 に示す。

表 3-4 修正 GHE モデルのパラメータ (1/2)

	修正 GHE モデルのパラメータ				
	基準ひずみ γ_r	$C_1(0)$	$C_1(\infty)$	$C_2(0)$	$C_2(\infty)$
平面ひずみ要素	3.50×10^{-4}	1.00	0.20	0.45	1.00

表 3-5 修正 GHE モデルのパラメータ (2/2)

	修正 GHE モデルのパラメータ			
	α	β	h_{\max}	β_1
平面ひずみ要素	1.776	1.859	0.22	1.00

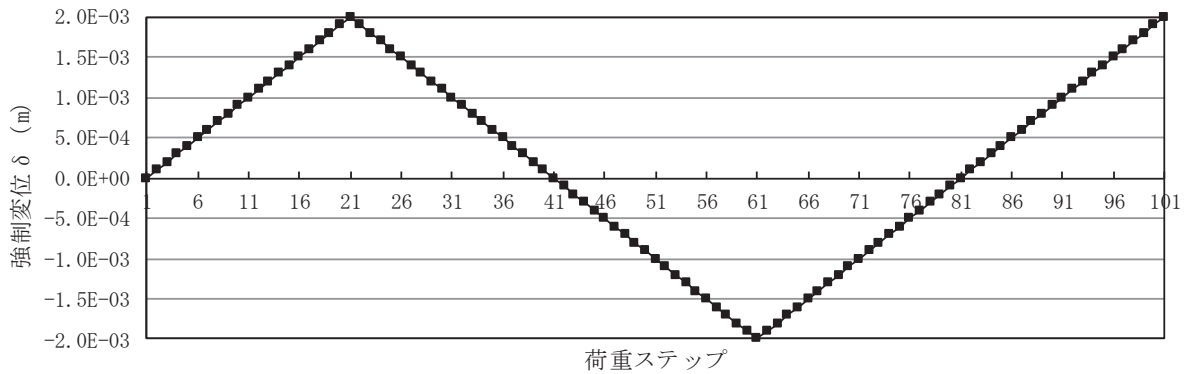


図 3-5 強制変位波形

b. 検証結果

解析により得られた応力-ひずみ曲線と、設定した修正 GHE モデルに基づく応力-ひずみ曲線の比較を図 3-6 に示す。

解析により得られた応力-ひずみ曲線は、設定したものと一致する。

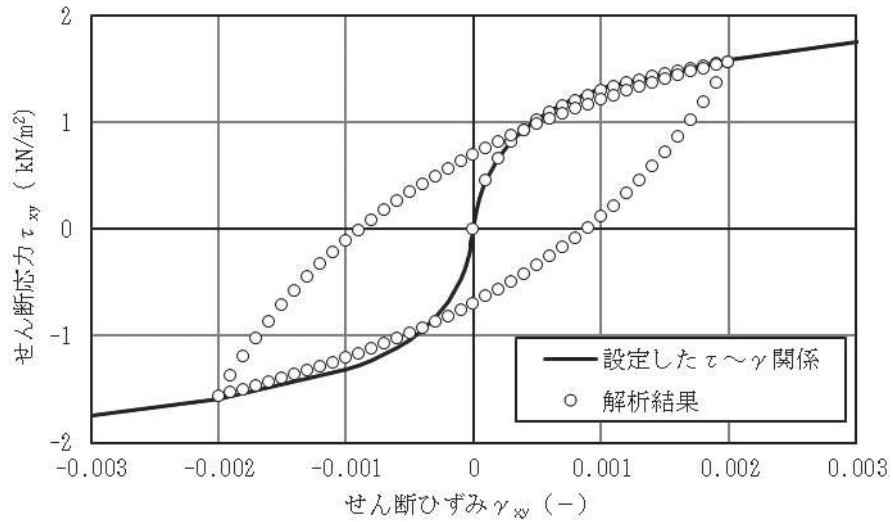


図 3-6 応力-ひずみ曲線 ($\tau - \gamma$ 関係) の比較

$\tau - \gamma$ 関係の履歴面積から得られる減衰設定と、設定した修正 GHE モデルに基づく減衰定数の比較を表 3-6 に示す。

解析により得られた減衰定数は、設定したものと一致する。

表 3-6 減衰定数の比較

減衰定数		①/②
①解析値	②設定値	
0.19660	0.19676	0.99922

3.5.2 実験結果と地震応答解析結果との比較による検証

(1) 大規模加振実験の概要

大規模加振実験では、図 3-7 に示すように RC 二連ボックスカルバート試験体を、せん断土槽体に完全に固定し、乾燥した珪砂にて埋設した。加振時に用いられた入力加速度波形には、1995 年兵庫県南部地震における神戸大学観測波（NS 成分）に基づき、時間縮尺を 1/2 とし、最大加速度振幅を 1000Gal 程度に調整したものを用いた。RC 供試体の寸法及び配筋を図 3-8 に示す。

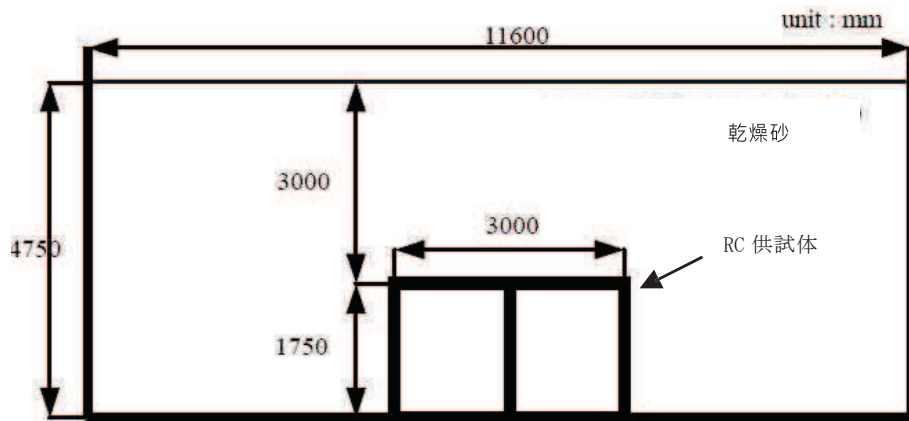


図 3-7 振動台実験の概要

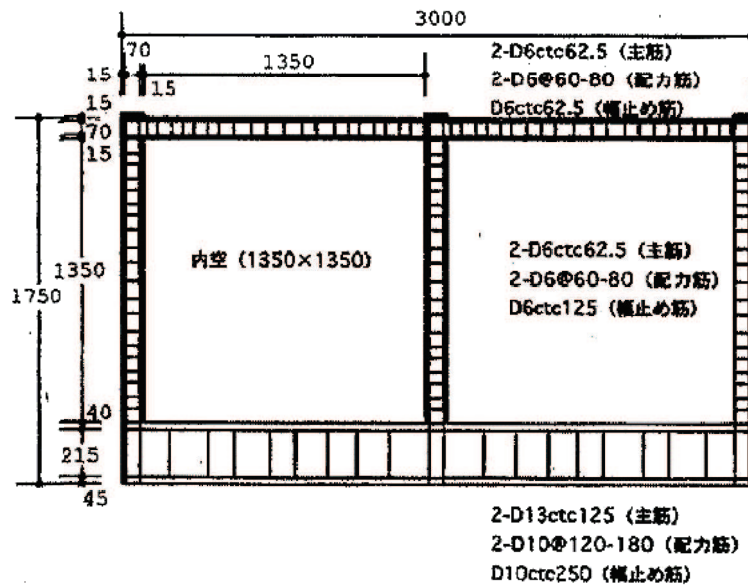


図 3-8 RC 供試体の寸法及び配筋

(2) 解析条件

a. 解析モデルの構成

解析に用いた2次元有限要素分割図を図3-9に示す。モデルは、せん断土槽の寸法(幅 11.6m, 高さ 4.75m)とし、地盤の側方境界には、動の実験時に生じる土槽枠の慣性力の影響を考慮した単位奥行き長さ相当の質量を付加した。側方境界部では、同じ深度にある左右の境界節点の水平・鉛直変位が等しくなるように制御した。

構造物と地盤の境界にはジョイント要素を設ける。

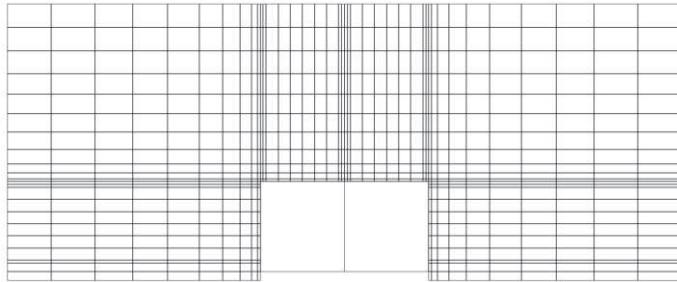


図 3-9 2次元有限要素分割図

b. 地盤のモデル化

地盤はダイラタンシーを考慮しない全応力・履歴依存型の修正 HD モデルを用いた。

$$\tau = \frac{G_0 \gamma}{1 + \frac{G_0 \gamma}{\tau_m}} \tag{式(4)}$$

$$\tau_m = G_0 \gamma_m \tag{式(5)}$$

ここに,

- τ : せん断応力
- γ : せん断ひずみ
- G_0 : 初期せん断弾性係数
- τ_m : せん断強度
- γ_m : 基準ひずみ

地盤の中空ねじり試験と修正 HD モデルで計算した G/G_0 , $h-\gamma$ の関係を図 3-10 に示す。

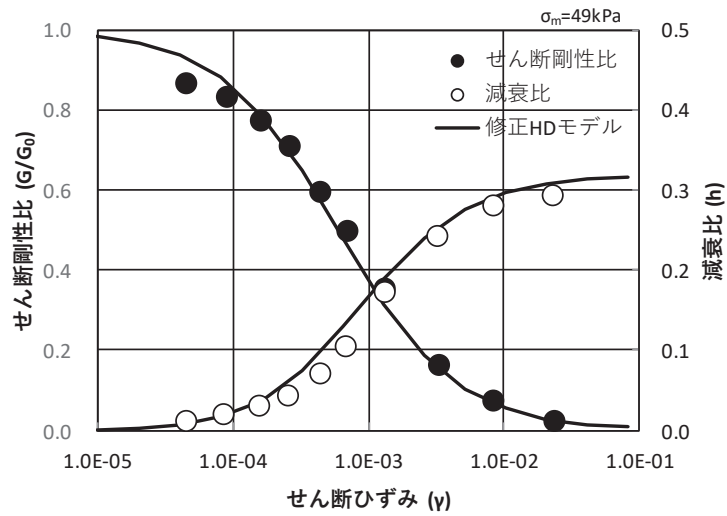


図 3-10 地盤の動的変形特性と修正 HD モデル

c. RC 部材のモデル化

RC 部材はファイバーモデルの非線形はり要素でモデル化する。ファイバーモデルは、図 3-11 に示すように線材要素の断面を層状に分割し、各層（ファイバー）が平面保持をして変形し、分割した個々のファイバー内では応力・ひずみが一定のモデルである。各ファイバーは当該材料の非線形性を考慮することができる。

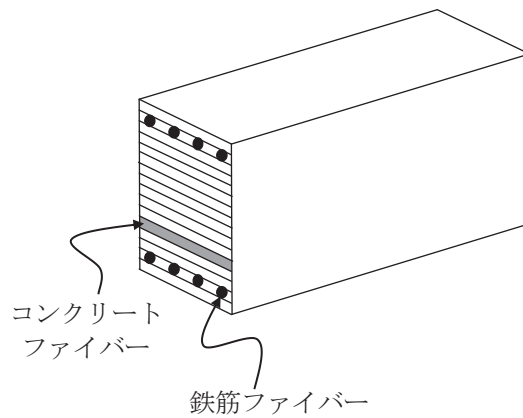


図 3-11 ファイバーモデルによる部材のモデル化

(3) 実験と解析の比較

a. 地盤-構造物全体系の変形挙動

地盤の側方境界における最大水平変位の深度分布を図 3-12 に示す。本計算機コードによる解析解は実験値とおおむね一致している。

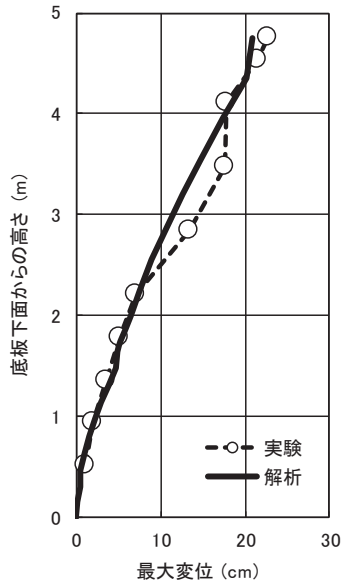


図 3-12 水平方向最大変位の深度分布

b. 層間変位

構造物の内空空間の確保を直接照査する層間変位について、その時刻歴の比較を図 3-13 に示す。本計算機コードによる解析解は実験値とおおむね一致している。

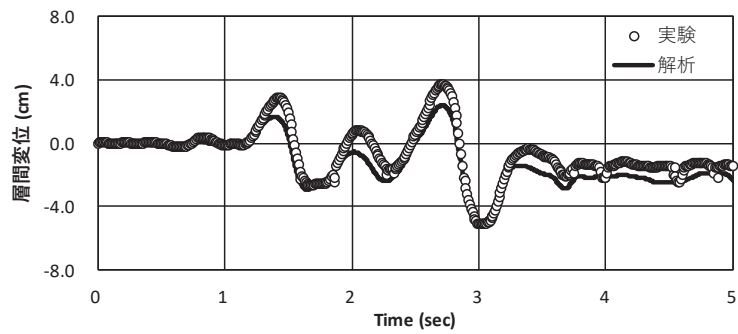


図 3-13 時刻歴層間変位

c. 応答加速度

構造物頂版中央部の時刻歴応答加速度の比較を図 3-14 に示す。本計算機コードによる解析解は実験値とおおむね一致している。

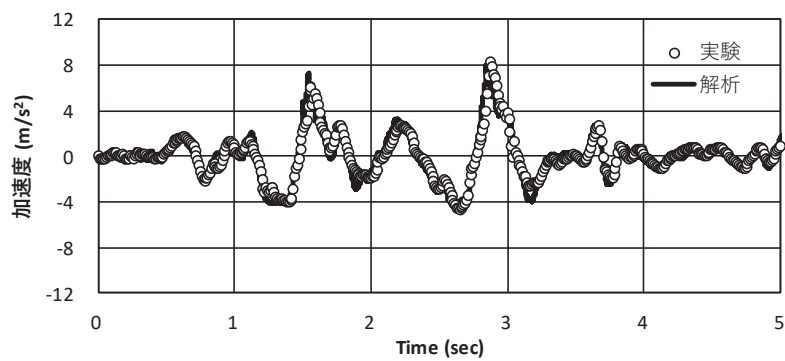


図 3-14 構造物頂版中央部の時刻歴応答加速度

d. せん断力

構造物頂版左方部に生じる時刻歴応答せん断力の比較を図 3-15 に示す。本計算機コードによる解析解は実験値とおおむね一致している。

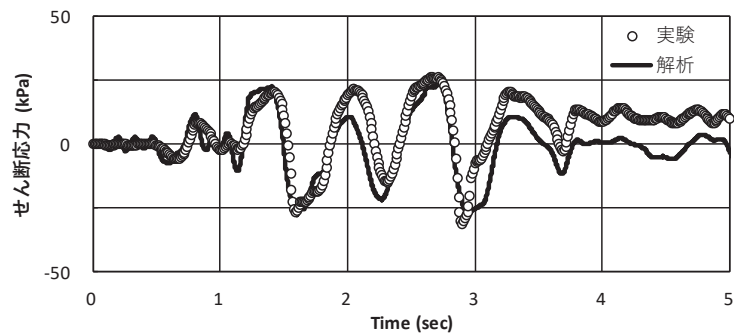


図 3-15 構造物頂版左方部に生じる時刻歴せん断力

参考文献

- 1) 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針〈技術資料〉Ⅱ，土木学会原子力土木委員会，2002年5月
- 2) 鉄筋コンクリート製地中構造物の耐震性能照査法の高度化（その1）－地中構造物の塑性変形挙動に関する実験的検討－，電力中央研究所報告，平成14年2月
- 3) 鉄筋コンクリート製地中構造物の耐震性能照査法の高度化（その2）－密な乾燥砂地盤・構造物連成系解析における地盤非線形モデルの適用性評価－，電力中央研究所報告，平成15年1月
- 4) 鉄筋コンクリート製地中構造物の耐震性能照査法の高度化（その3）－部材非線形モデルを用いた地盤-構造物連成系解析手法の適用性の検証－，電力中央研究所報告，平成15年1月

3.5.3 実験結果と応力解析結果との比較による検証

(1) 非線形平板要素の概要

本解析コードで使用する平板要素は、一般的な Mindlin 平板要素¹⁾を用いており、図 3-16 に示すように、層状に配置された材料の非線形性を考慮できる。

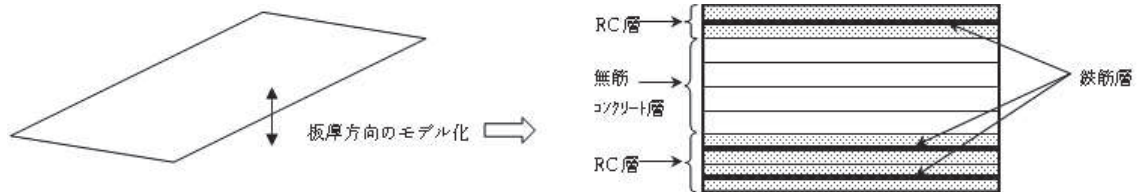


図 3-16 非線形平板要素概念図

層全体の材料特性は、平面応力状態とした各層の材料特性を厚さ方向に積分して評価される。各層の材料特性としては文献²⁾³⁾に示されている鉄筋コンクリート(RC)、無筋コンクリート、鉄筋等の非線形性を考慮できる。

参考文献

- 1) Bathe, K. J., Finite Element Procedures, Prentice-Hall, 1996
- 2) Maekawa, K., Pramanmas, A. and Okamura, H., Nonlinear Mechanics of Reinforced Concrete, Spon Press, 2003
- 3) コンクリート標準示方書 設計編, 土木学会, 2012

(2) 非線形平板要素の適用性の検証

非線形平板要素は、鉄筋コンクリート部材をコンクリート及び鉄筋の非線形性を考慮した層の集合体としてモデル化する要素である。非線形平板要素を用いた解析の適用性は、単純ばりの荷重-変位関係に対して、本解析コードによる解析結果と実験結果を比較することで検証する。

a. 実験概要

比較対象とする実験の概念図を図3-17に示す。実験では鉄筋コンクリートはりの試験体に対し、試験体天端2点に荷重を作用させ、試験体中央位置での鉛直変位と載荷荷重の関係を確認する。

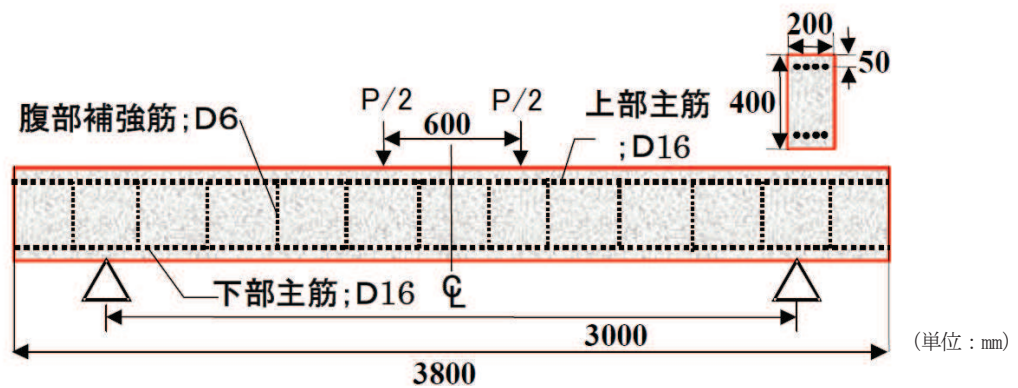


図3-17 実験概念図

(原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針(技術資料)(2005年)より引用)

b. 解析モデル

解析モデルは図 3-18 に基づき、鉄筋コンクリートはりを非線形平板要素でモデル化する。非線形平板要素は 8 層とし、コンクリート部分は、上端 2 層及び下端 2 層は鉄筋との付着を考慮した鉄筋コンクリート層 (RC 層)、中央 4 層は無筋コンクリート層でモデル化し、鉄筋上下の鉄筋位置に鉄筋層を配置する。

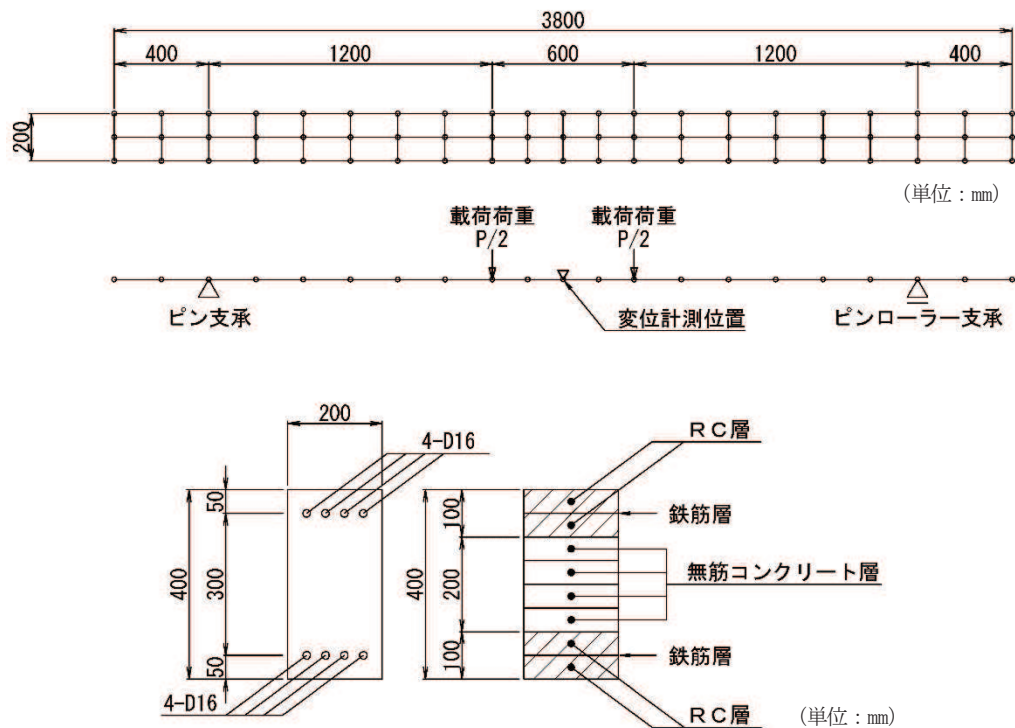


図 3-18 解析モデル図

c. 解析用物性値

解析用物性値を表 3-7 に示す。

表 3-7 解析用物性値 (鉄筋コンクリートはり)

コンクリート	圧縮強度 f'_c (N/mm ²)	45.3
	引張強度 f_t (N/mm ²)	3.7
	ヤング係数 E_c (N/mm ²)	3.06×10^4
鉄筋	降伏強度 f_y (N/mm ²)	344
	ヤング係数 E_s (N/mm ²)	1.94×10^5

(原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針(技術資料)(2005年)より引用)

d. 解析条件

図 3-17 の載荷位置と同様に、図 3-18 に示す載荷位置に載荷し、モデル中央位置における荷重-変位関係を算出する。

e. 結果の検証

実験結果と解析結果の荷重－変位関係の比較を図 3-19 に示す。

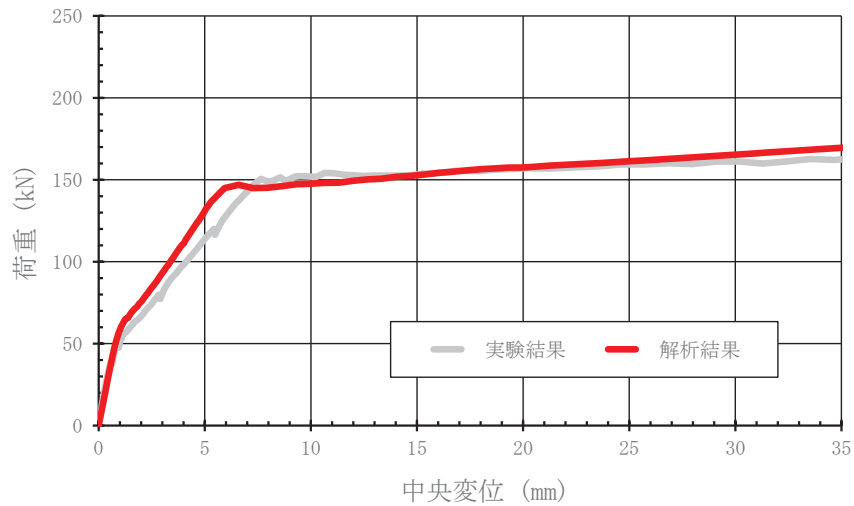


図 3-19 荷重－変位関係の比較

解析結果と実験結果の荷重－変位関係はおおむね一致しており、鉄筋降伏時の荷重もおおむね同等である。以上より、非線形平板要素を用いた解析の適用性を確認した。

3.5.4 妥当性確認

本解析コードの妥当性確認の内容は以下のとおりである。

- ・本解析コードは、国内の土木・建築分野における使用実績を有しており、十分に妥当性が確認されている。
- ・検証の体系と本工事計画で使用する体系が同等であることから、検証の結果をもって、解析機能の妥当性も確認できる。
- ・本工事計画で使用する地震応答解析及び応力解析の用途、適用範囲が、上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

3.5.5 評価結果

以上の検証結果及び妥当性確認結果により、本解析コードを、建物・構築物及び屋外重要土木構造物の地震応答解析及び応力解析に使用することは妥当である。