

東海第二発電所	工事計画審査資料
資料番号	工認-760 改2
提出年月日	平成30年9月28日

V-5-27 計算機プログラム（解析コード）の概要・KANSAS 2

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. KANSAS2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
3.4 解析フローチャート	7
3.5 検証 (Verification) 及び妥当性確認 (Validation)	8

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）KANSAS2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
V-2-2-17	非常用ガス処理系配管支持架構の耐震性についての計算書	Ver. 6.01
V-3-別添1-1-1	竜巻より防護すべき施設を内包する施設の強度計算書	Ver. 6.01

2. 解析コードの概要

項目 \ コード名	KANSAS2
使用目的	応力解析
開発機関	鹿島建設株式会社
開発時期	2004年
使用したバージョン	Ver. 6. 01
コードの概要	<ul style="list-style-type: none"> ・ KANSAS2（以下「本解析コード」という。）は、鹿島建設により開発された 3 次元骨組応力解析（面内 F E M 要素含む。）のインハウスコードである。 ・ 本解析コードは、微小変位理論による変位法を用いて、3 次元平面骨組（面内 F E M 要素含む。）の断面力・変位を算出するための構造解析プログラムである。
検証Verification) 及び 妥当性確認 (Validation)	<p>本解析コードは、非常用ガス処理系配管支持架構及び廃棄物処理建屋固体廃棄物搬出入設備（鉄骨造部）のうち鉄骨架構の梁・柱及びブレースの応力解析に使用している。</p> <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"> ・ 構造力学分野における一般的な知見により解を求めることができる体系について、はり要素を用いた応力解析について、はり要素を用いた解析結果と文献*1による理論解の比較を行い、本解析コードによる解析解が文献の理論解と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は、解析マニュアルに記載された要件を満足していることを確認している。 <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"> ・ 検証の体系と今回の工事計画認可申請で使用する体系が同等であることから、検証結果を持って、解析機能の妥当性も確認している。 ・ 今回の工事計画認可申請における用途及び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。 <p>注記 *1：成岡昌夫，服部正他：コンピュータによる構造工学</p>

	講座Ⅱ-1-B, 日本鋼構造協会編, 骨組構造解析, 培風館, 昭和46年6月, pp. 20~33
--	--

3. KANSAS2 の解析手法について

3.1 一般事項

本資料は、応力解析を行う解析コード「KANSAS2 Ver.6.01」の概要である。

本解析コードは、微小変位理論による変位法を用いて、3次元骨組モデルの断面力・変位を算出するための構造解析プログラムである。

3.2 解析コードの特徴

3次元で構成された骨組モデルに対して、任意方向の荷重が積載された場合の解析を行う。

微小変位理論による変位法を用いて、3次元平面骨組（面内FEM要素含む。）の断面力・変位を算出するための構造解析プログラムである。

また、今回の解析における本解析コードのバージョン、件名、使用要素及び評価内容を表1に示す。

表1 使用件名

バージョン	件名	使用要素	評価内容
Ver. 6.01	<ul style="list-style-type: none"> ・ 非常用ガス処理系配管支持架構 ・ 廃棄物処理建屋固体廃棄物搬出入設備（鉄骨造部）のうち鉄骨架構 	—	線形応力解析

3.3 解析手法

本解析コードの解析部分は微小変形理論に基づいており、節点変位を未知数とする多次元連立方程式を解くことによって所要の変位・断面力・反力を算出する。この連立方程式は、構造データから決定される剛性マトリックスと荷重データから決定される荷重ベクトルから構成される。

検討に用いた静的線形解析で使用する基本方程式は以下のとおり。

$$[K]\{U\} = \{P\} \cdots \cdots \cdots (1)$$

ここで、

- $[K]$: 構造物の全体剛性マトリックス
- $\{U\}$: 変位ベクトル
- $\{P\}$: 荷重ベクトル

3.4 解析フローチャート

解析フローチャートを図1に示す。

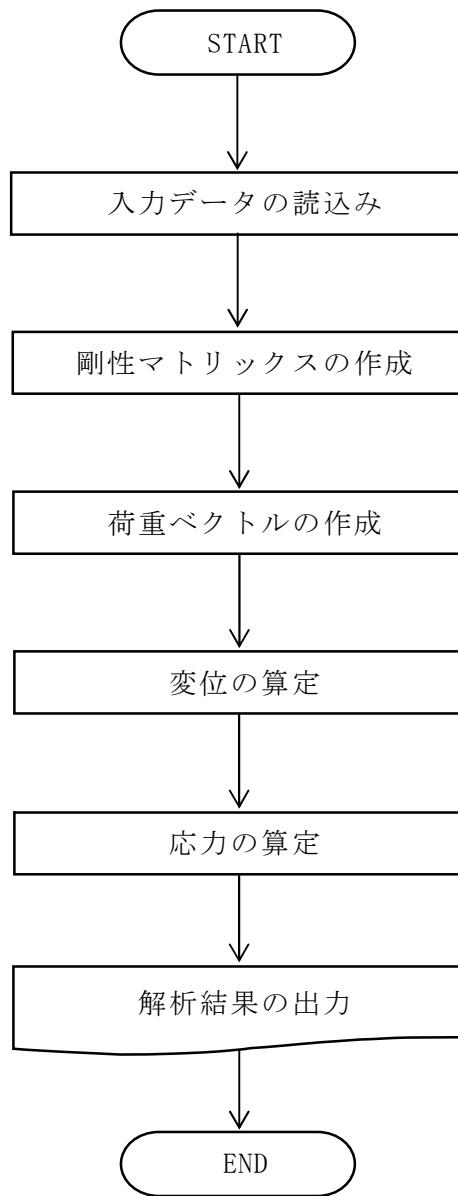


図1 解析フローチャート

3.5 検証 (Verification) と妥当性確認 (Validation)

本解析コードは、「3.3 解析手法」に示した一般性を有する理論モデルそのままに構築されたものである。よって、解析解の適切さは、当該分野で公知の理論モデルに基づく文献による解析解をもって確認可能である。

a. 検証 (Verification)

(a) 検証方法

本解析コードの計算機能が適正であることは、後述する妥当性確認の中で確認している。

b. 妥当性確認 (Validation)

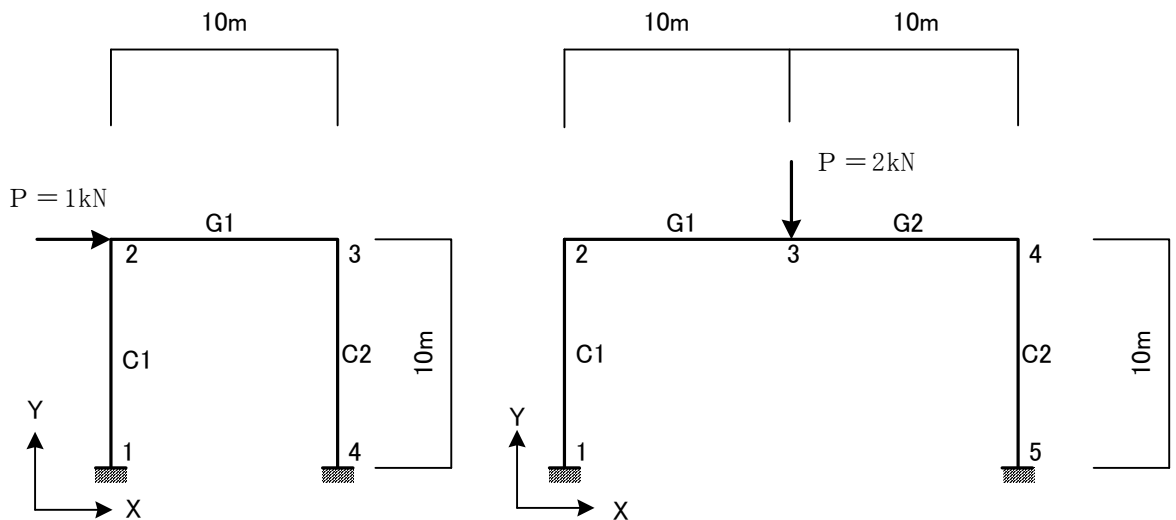
(a) 妥当性確認方法

本解析コードを用いてはり要素による応力解析を実施し、解析結果と文献*1の理論解の比較、検証を行う。

(b) 解析条件

評価対象は、図2及び表2に示す門型ラーメン架構の水平荷重及び鉛直荷重載荷時である。

なお、本解析コードの出力に合わせて、単位系はSI単位系、力はkN、長さはcmとしている。



(1) H1モデル (水平荷重)

(2) V1モデル (鉛直荷重)

図2 解析モデル

表2 部材諸元

モデル	部材	断面2次 モーメント I (cm ⁴)	備考
H1	C1, C2	250,000	水平荷重
	G1	250,000	
V1	C1, C2	250,000	鉛直荷重
	G1, G2	500,000	

ヤング係数 $E = 1 \text{ kN/cm}^2$

注記 *1: 成岡昌夫, 服部正他: コンピュータによる構造工学講座Ⅱ-1-B, 日本鋼構造協会編, 骨組構造解析, 培風館, 昭和46年6月, pp. 20~33

(c) 妥当性確認結果

イ. 水平荷重

文献*1によれば、水平荷重時の変位及び部材応力は撓角法により以下のよう
に示されている。

$$u_2 = u_3 = (5/84)(P h^3 / E I) = 5/84 \times 1 \times 1000^3 / (1 \times 2.5 \times 10^5) = 238.0952$$

$$\theta_2 = \theta_3 = P h^2 / 28 E I = 1 \times 1000^2 / (28 \times 1 \times 2.5 \times 10^5) = 0.1428571$$

$$M_1 = (4/14) P h = 285.714$$

$$M_2 = (3/14) P h = 214.286$$

$$M_3 = (3/14) P h = 214.286$$

$$M_4 = (4/14) P h = 285.714$$

$$H_1 = H_2 = P / 2 = 0.5$$

$$V_1 = (6/14) P = 0.428571$$

$$V_2 = (6/14) P = 0.428571$$

本解析コードと理論解の比較検証結果を表3に示す。検証の結果、本解析コー
ドの解析結果は、理論式による結果と一致することを確認した。

表3 水平荷重時の解析結果の比較

項目		理論式	KANSAS2 Ver. 6.01
変形	u_2 (cm)	238.0952	238.0952
	θ_2 (rad)	0.1428571	0.1428571
曲げ モーメント (kN・cm)	M_1	285.714	285.714
	M_2	214.286	214.286
	M_3	214.286	214.286
	M_4	285.714	285.714
反力 (kN)	H_1	0.5	0.5
	H_2	0.5	0.5
	V_1	0.428571	0.428571
	V_2	0.428571	0.428571

ロ. 鉛直荷重

文献*¹によれば，鉛直荷重時の変位及び部材応力は撓角法により以下のように示されている。

$$\theta_2 = P \ell^2 / 24E I = 2 \times 1000^2 / (24 \times 1 \times 2.5 \times 10^5) = 0.333333$$

$$v_3 = P \ell^3 / 24E I = 2 \times 1000^3 / (24 \times 1 \times 2.5 \times 10^5) = 333.333$$

$$v_2 = 0$$

$$u_2 = 0$$

$$M_1 = P \ell / 12 = 2 \times 1000 / 12 = 166.667$$

$$M_2 = P \ell / 6 = 2 \times 1000 / 6 = 333.333$$

$$M_3 = P \ell / 3 = 2 \times 1000 / 3 = 666.667$$

$$H_1 = P / 2 = 0.5$$

$$V_1 = P = 1$$

本解析コードと理論解の比較検証結果を表4に示す。検証の結果，本解析コードの解析結果は，理論式による結果と一致することを確認した。

表4 鉛直荷重時の解析結果の比較

項目		理論式	KANSAS2 Ver. 6. 01
変形	θ_2 (rad)	0. 333333	0. 333333
	v_3 (cm)	333. 333	333. 333
曲げ モーメント (kN・cm)	M_1	166. 667	166. 667
	M_2	333. 333	333. 333
	M_3	666. 667	666. 667
反力 (kN)	H_1	0. 5	0. 5
	V_1	1. 0	1. 0

c. 評価結果

2次元骨組モデルによる断面力について，理論モデルによる理論解と比較し，解析解が理論解と一致することを確認した。

また，上記に加えて，今回の工事計画認可申請で行う解析の用途及び提供範囲が，上述の妥当性確認の範囲内であることを確認している。

したがって，本解析コードを，静的応力解析に使用することは，妥当である。