

## 配管系耐震性能評価プログラム FLAP-II 高圧ガス設備等の耐震設計に関する基準(簡易耐震性能評価)

### 1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋 沖地震以降、配管を含めた産業設備の耐震性能 の重要性がより一段と高まってきている。現在、 配管系に対しては、高圧ガス設備等の耐震設計 に関する基準が適用されており、その改正の経 緯は以下の通りである。

兵庫県南部地震の地震被害により高圧ガス設備の耐震設計方法の見直しが行われ、通商産業 省告示第143号において、高圧ガス設備等耐震 設計基準(通商産業省告示第515号)の一部が 1997年3月に改正された。本基準の適用対象は 新設設備であるが、配管系に対しては一部能力増 強による改造といった場合にも、接続する既設配管 を対象として耐震性能の見直しを行うよう行政指導 が行われている。

このため、冷凍則<sup>(1)</sup>、液化則<sup>(2)</sup>、コンビ則<sup>(3)</sup>、特 定則<sup>(4)</sup>等が適用される事業所、工場では、高圧ガ ス設備等耐震設計基準に基づき、設備を適正に維 持することや、本基準が適用されていない設備に ついても状況把握を行い必要に応じ補強等を行う ことが要求されている。本基準を適用すると、配管 系では、耐震設計対象として検討すべき項目が多 く、配管設計、保全・工務担当の方々は短時間で 適切な評価を得られる計算プログラムを求めている。

2011 年 12 月 20 日に改正された高圧ガス設 備等耐震設計基準の告示第 236 号においては、 2003 年に発生した十勝沖地震の長周期地震動 による被害を踏まえ、主に第二設計地震動に関 する耐震設計方法が改正され、2012 年 7 月に 高圧ガス設備等耐震設計指針(2012)が発行さ れた。

**2019 年 9 月 1 日には高圧ガス設備等の耐震** 性能を定める告示(平成 30 年経済産業省告示 第 220 号、以下、新耐震告示)が施行された。 この改正された新耐震告示においては、設計地 震動、応答解析、算定応力等、耐震設計用許容 応力等の規定は削除され、要求される耐震性能 を保有することのみが規定化(性能規定化)さ れた。そして、新耐震告示の要求性能を満たす 基準(例示基準)として高圧ガス設備等の耐震 設計に関する基準(レベル 1・レベル 2)KHKS 0861・0862(2018)が発行された。また、以下の 技術文書が発行された。

- 高圧ガス設備等の耐震設計に関する基準 (レベル 1・レベル 2)の解説 KHKTD 5861・ 5862(2023)
- 高圧ガス設備等の耐震設計に関する基準 (レベル 1・レベル 2)の評価例 KHKTD 5863・5864(2023)

本稿では、高圧ガス設備等の耐震設計に関す る基準に対応した配管系耐震性能評価プログラ ム FLAP-II の特徴、適用範囲及び簡易耐震性能 評価機能を紹介する。

#### 2. 特徴及び適用範囲

FLAP-II は、高圧ガス設備等の耐震設計に関 する基準に対応した配管系耐震性能評価プログ ラムであり、この基準に記載された配管支持の 方法(簡易耐震性能評価)に対応しているプロ グラムである。このプログラムは、重要度Ⅱ、 Ⅲの配管系に標準的に適用される簡易耐震性能 評価(許容スパン法)、ならびに既存配管系耐 震診断法のガイド(平成27年3月高圧ガス保 安協会)における重要度Ⅱ、Ⅲの配管系に適用 される簡易耐震定量評価に対応している。また、 配管系の重要度Ia、Iに適用される応答解析 法のひとつである修正震度法を用いた評価にも



対応している。さらに、ASME B31.3(高圧ガ スの配管に関する基準 KHKS 0801)に準拠し た熱応力解析を用いた評価も実施可能である。

表1に、FLAP-IIの主な仕様の一覧を示す。 データベースには、標準管部品の寸法、管材料 物性値、継手諸元などを内蔵している。

3. 簡易耐震性能評価機能

FLAP-IIの簡易耐震性能評価機能について紹介する。簡易耐震性能評価機能の相当配管スパン長の計算プログラムフローを図1に示す。

図2、図3にはFLAP-IIのメニュー画面、デ ータ入力ウインドウを示す。FLAP-IIのデータ 入力ウィンドウは多くがワークシート(表形式) になっている。以下に、主な入力ウィンドウの 詳細について解説する。

 「パイプ、マテリアルデータ」ウィンドウ(図) 4、図5):固有の認識番号(ID)を付けて 1組の口径、肉厚、保温材重量、内容物の比 重などを入力する。[パイプ、マテリアルデ ータ] ウィンドウで、登録されている配管部 品を利用することで属性を入力する手間を 省くことができる。同図例では JIS G3454 の寸法に準拠した JIS 材を用いている。ま た、よく使う管材質については、「よく使う 材質・ダイアログ」に登録することもできる。 [座標データ]ウィンドウ(図6):配管の要 素種類(直管、エルボ、ティーなど)と要素 の寸法を入力するが、配管部品ごとに、ある いは、形状を指定すべき曲がり部などに認 識すべき節点番号(節点文字列)を付けて、 要素種類と座標などを入力する。一つの配 管要素は開始節点「From」と終端節点「To」 とで構成されるが、連続する配管部品であ れば、開始節点「From」は直前の配管部品 の終端節点と同じであると見みなすので、 入力の省略が可能である。また、左上にある 「Dlg (ダイアログ)」ボタンをクリックす るか、**F5**キーを押すか、あるいは、右クリ

ックすることで、配管部品に関する入力ダ イアログボックスを開くことができる。主 な配管要素の記号には、直管「P」、曲管「C」、 分岐管「T」、弁「V」、伸縮継手「B」、フ ランジ「F」、ダミーサポート(トラニオン サポート)「D」がある。曲管「C」では、 ロングエルボを標準としているので、ロン グエルボを除く曲率半径をもつエルボでは 曲率半径を入力する。ただし、簡易耐震性能 評価では曲率半径の違いで結果は変わらな い。曲管「C」での相対座標値はエルボの前 後の直管を見かけ上、延長して交わる点(正 接交点)までの値となる。

- [拘束点データ]ウィンドウ(図7):先に入 力した節点番号(節点文字列)に対して、配 管の支持方法を入力する。X 方向、Y 方向、 および Z 方向の 3 方向について、それぞれ の支持がある場合には「1」を該当する列に 入力する。また、左上にある「Dlg」ボタン をクリックするか、F5 キーを押すか、ある いは、右クリックすることで、拘束点データ に関するダイアログボックスを開くことが できる。拘束点とは、X方向の地震の場合は X軸方向を拘束している点、Y方向の地震 の場合はY軸方向を拘束している点、Z方 向の地震の場合はZ軸方向を拘束している 点を指す。したがって、例として、Y方向し か拘束していない場合、Y方向の地震の場 合では拘束点であるが、X方向とZ方向の 地震の場合では拘束点ではない。
- ・[グループ化による地震時相対変位の作成] ウィンドウ(図8):支持構造物(塔槽類、 支持架構)の支持点位置での応答変位を入 力する。簡易耐震性能評価において、支持構 造物の支持点位置での応答変位は地表面設 計震度、支持構造物の支持点位置、および支 持構造物の全高によって算出することがで きる。また、同じ支持構造物で支持される場 合には配管系にとって有害な相対変位は生 じないとするので、同じ支持構造物で支持



されている場合には、その情報をグループ として入力する。また、地震方向とその方向 の支持構造体の応答変位を入力する。

配管特性や座標データ、拘束点データ等は共 通の入力データとして簡易耐震性能評価機能、 詳細計算機能及び熱応力解析機能に用いるこ とが可能である。

データ入力の順番は、 [オプション] 、 [パ イプ、マテリアルデータ] 、 [座標データ] 、 [拘束点データ] 、 [サポートグループによる 地震時相対変位の作成] 、 [荷重データ] とす ることが多い。

メニューバーの [スケッチ] (図 9) で入力 した配管形状の概略 (スケッチ) を見ることが できる。また、メニューバーの [チェック] で 入力データのエラーの有無を確認することがで きる。なお、入力データの修正は入力作業のど の時点でもできる。FLAP-II では表計算と同様 に、編集機能を使って追加、削除、変更などを 簡単に行うことができる。

入力データを作成した後、メニューバー[フ ァイル]、[計算]を選択し、計算の実行ダイ アログボックス(図10)で計算条件を設定後、 計算を行う。図11に計算結果を示す。計算結果 のウィンドウでは結果の要約、各組み合わせ番 号の結果要約および XYZ 各方向の評価結果の 詳細を表示することができる。さらに、[印刷] を指定すれば入力データと結果を印刷すること もできる。

配管スパン長さの計算には分布重量あるいは 集中重量で補正した相当長を使用し、投影長さ の計算にはその要素の投影長を使用している。

「組み合わせ番号」とは、入力した配管形状 に沿った順序におけるスパンの番号を示してい る。したがって、例えば図11中の「組み合わせ 番号5」とは、5番目のスパンで相当配管スパン 長が最大であり、許容スパン長との比率が 0.536(53.6%)であったことを示している。こ のように、最大値が示されるので、許容値を超 えている場合にも判断がすぐにつく。

結果の要約では配管のサイズごとに最大の値 を表示するので、一覧表にする場合にこの結果 をコピー・ペーストして、報告書等に利用する ことができる。簡易耐震性能評価の結果ファイ ルは、テキストファイルやエクセルに出力する こともできる。

また、許容スパン法結果のモデル表示画面 (図 12)にて、組み合わせ番号をリスト化し、 選択した組み合わせ番号をスケッチ上でハイラ イト表示することもできる。

以上のように、FLAP-IIを用いることで簡易 耐震性能評価を効率的に実施できる。

4. おわりに

FLAP-IIは、配管系の耐震性能評価プログラ ムとして簡易耐震性能評価機能を持つプログラ ムであり、この機能における入力データを熱応 力解析機能や詳細解析機能(修正震度法)にも 利用できる。

FLAP-IIの概要は、FLAP-IIホームページ

(https://www.chiyodacorp.com/jp/service/ch as/flap2/)を、またお問い合わせは、FLAP-II サポート係アドレス

(flap2\_support@chiyodacorp.com) を利用願 いたい。

<注釈>

- (1) 冷凍保安規則
- (2) 液化石油ガス保安規則
- (3) コンビナート等保安規則
- (4) 特定検査規則



項目	No.	機能
	1	表形式のすぐわかる入力方法
入力	2	入力エラーのチェック
	3	標準管部品の寸法データベース内蔵
	1	直管
	2	曲がり管(エルボ、マイタベンド)
	3	分岐管(成形ティー等)
	4	ノズル・フレキシビィリティー
	5	SIF(応力集中係数)自動、ユーザー入力
西表	6	伸縮継手(ヒンジ、ジンバル、ユニバーサル・タイプ等)
女示	7	フランジ継手
	8	スプリング・ハンガー
	9	非線形サポート(リミット・ストップ)/自重浮き上がり自動判定
	10	剛体要素(弁等)
	11	管・継手諸元データベース
	12	管材料物性値、管材料密度データベース
	1	内圧
	2	自重
	3	熱
	4	強制変位
解析		地震荷重
カキシレ	5	・加速度応答/支持点ごとに異なる設計震度を指定可能
		・ 応答変位/支持構造体のグループ化が可能
	6	風荷重
	7	積雪荷重
	8	フランジ評価(応力評価/漏洩評価)
		高圧ガス設備等の耐震設計に関する基準 KHKS 0861/0862
		<ul> <li>レベル1 耐震性能評価 KHKTD 5861/5863</li> </ul>
評価基進	1	簡易耐震性能評価(許容スパン法) 及び 詳細耐震性能評価
		<ul> <li>レベル2 耐震性能評価 KHKTD 5862/5864</li> </ul>
		等曲線形解析法
	2	ASME B31.3(高圧ガスの配管に関する基準 KHKS 0801)

### 表1 FLAP-II 仕様一覧

### FLAP-II バージョン 2.9.7 動作環境:

(1) Windows 10 Enterprise バージョン 22H2、Windows 11 Enterprise, 23H2 (\*1)

- (2) Microsoft Excel バージョン 2402 (Microsoft 365)
- (3) メモリーは 512Mbyte 以上を推奨
- (4) ハードディスクは 80Mbyte 以上の空き容量を推奨
- (5) HASP キーが必要(\*2)
- (6)管理者権限でインストール・起動
- (7)言語設定は日本語
- (\*1) Windows 8 以前 (Windows 7、 Windows VISTA、 Windows XP 等) には対応していません。 仮想デスクト ップやリモートデスクトップ環境での動作確認は行っていません。
- (\*2) HASP キーはスタンドアローン形式であり、ライセンスサーバー形式での使用はできません。

お問い合わせ

千代田化工建設株式会社 地球環境プロジェクト事業本部 O&M-Xソリューション事業部 FLAP-II サポート係

### E-mail: flap2\_support@chiyodacorp.com

- URL: https://www.chiyodacorp.com/jp/service/chas/flap2/
- ※ FLAP-II のお問い合わせは、E-mail にて受付致します。弊社の FAX は廃止となりました。





図1 FLAP-II 許容スパン法

相当配管スパン長 計算プログラムフロー



図2 メニュー画面

ファイル(F) 編集(E)	データ(D) チェック(C) スケッチ(Z) オプション(O)	へJレプ(H)
規格、許容応力量	タイトル(T)	
規格許容スパ	✓ オプション-1 (規格、計算ケース) (1)	)-SI) ▼ f 1.00 f
- 計算を行うケーン マ 計算ケース -	オブション-2 (地震、風) (2) オブション-3 (ギャップ、摩擦) (3) オブション-4 (フランジ、ノズル) (4)	ケース - 4 _ ケースの説明
□□ 計算ケース -	パイプ、マテリアルデータ(M)	[ケース - 8 最大応力範囲
- プレッシャースラスト、コ  計算ケース - 1	座標データ(C) 拘束点データ(R) 強制変位データ(D)	王力の影響を考慮しない 👤
「応力の種類、剛性  計算ケース -1	グループ化による地震時応答変位の作成(G) 集中荷重データ(L) 等分布荷重/積雪荷重データ(U)	Ec. Tn
ーバルブ重量の位き バルブ重量の位き	風荷重データ(W) 地震係数/風荷重修正データ(S)	
ーポイント番号、サッ ポイント番号 「	パルプのアクチュエーター(A) フランジ(F) ノズル(N)	5

### 図3 データ入力ウインドウ

▼ FLAP-II (データ編集): sa	mple.fw2						-	
ファイル(E) 編集(E) データ	7(D) チェック(C)	スケッチ(Z)	オブション(Q)	ヘルプ(出)				
メイアログ(F5) マテリ	アルID							
Mtl ID	Case	Size	OD	Thick(mm)	CA(mm)	Wt(N/m)	MC	I Temp
Mtl ID 68	Case C	Size 6.000	0D 165.20	Thick(mn) 7.10	CA(mm) 0.00	Wt(N/m) 274	MC 83	I Temp 20.0

# 図4 パイプ、マテリアルデータウインドウ

7テリアルID 68	計算ケース 月	ŧ通 ▼	クラス 🦳	OK
呼び陸(B) 6.000 • 外 スケジュール 40 • 肉	淫 (mm) 165.20 厚 (mm) 7.10	席れ代 (mm) 流体重量比 (%)	• 0.00	キャンセ
材料 SUS304TP-S 密度 (N/m3) 77767	林料コード 7930 (kg/m3)	88 : SUS (18	Cr - 8 Ni) 💌	
据付温度(C) 20.0 目 Sc (N/mm2) 129.0	計算温度(℃) 20.0 Sh (N/mm2) 129.0	圧力 (MPa	a) [1.80	
Ec (E5 N/mm2) 1.953 Eh	(E5 N/mm2) [1.953	熱膨得量 (mm/n	0.000	
保温材 <u>重</u> 量 (N/m3) 0		配管重量 (N/m) 法は赤导 (N/m)	274	]
(保温厚さ (mm) 0.0		/====================================	0	
保温外装板重量 (N/m2) 0	··· (\$		0	
		合計重量 (N/m)	274	

## 図5 パイプ、マテリアルデータウインドウ

FLAP-II (テータ) (ル(E) 編集(E	肩集):sample. ) データ( <u>D</u> )	fw2 fr:	ック(C) スケッチ(Z) オブション(	Q) ヘルプ(H)				-	
'7ログ(F5)	原点のポイン	小番	号						
From	To	ID	MtI ID	X(n)	Y(n)	Z(m)	Tee/R	SI(in)	SI(out)
A	A	P	6B	0.000	19.000	0.000		1.000	1.000
	B	C	6B	0.000	-3.000	0.000	L	Auto	Auto
	C	Ρ	6B	0.000	0.000	-2.000		1.000	1.000
	D	C	6B	0.000	0.000	-2.000	L	Auto	Auto
	E	P	6B	1.000	0.000	0.000		1.000	1.000
	F	C	6B	1.000	0.000	0.000	L	Auto	Auto
	G	Ρ	6B	0.000	-2.000	0.000		1.000	1.000
	Н	T	6B	0.000	-2.000	0.000	3	Auto	Auto
Н	I	P	6B	0.000	-0.500	0.000		1.000	1.000
	J	C	4B	0.000	-1.500	0.000	L	Auto	Auto
	K	Ρ	48	1.500	0.000	0.000		1.000	1.000
	L	Ρ	48	6.000	0.000	0.000		1.000	1.000
Н	Mb	Ρ	4B	0.000	0.000	1.400		1.000	1.000
	Me	¥	48	0.000	0.000	0.200		1.000	1.000
	N	Ρ	48	0.000	0.000	1.400		1.000	1.000
	0	C	4B	0.000	0.000	1.000	L	Auto	Auto
	Р	C	48	0.000	-2.000	0.000	L	Auto	Auto
	Q	Ρ	4B	1.500	0.000	0.000		1.000	1.000
	R	Р	48	6.000	0.000	0.000		1.000	1.000
				-					

図6 座標データウインドウ





(アログ(F5)	拘束。	気のポー	イント・	番号									
Point	ID	Dx	Dy	Dz	R×	Rу	Rz	FF X	FF Y	FF Z	Gap +X	Gap -X	Gap +Y
A		1	1	1	1	1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
C		1	1	0	0	0	0	0.30	0.30	0.00	0.00	0.00	999.00
E		0	1	1	0	0	0	0.00	0.30	0.30	0.00	0.00	999.00
G		1	0	1	0	0	0	0.30	0.00	0.30	0.00	0.00	0.00
K		1	1	1	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
L		1	1	1	1	1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
N		1	1	1	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q		1	1	1	0	0	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
D		1	1	1	1	1	1	0 00	0 00	0.00	0 00	0 00	0 00

図7 拘束点データウインドウ

レベル1のデータ 支持点のポイント											
ポイント	グルーブ	方向	Dx(mm)	Dy(mm)	Dz(mm)	Rx(度)	Ry(度)	Rz(度)			
A	1	Х	45.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			
A	1	Z	0.00	0.00	45.40	0.00	0.00	0.00			
C	1	X	41.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0			
C	1	Z	0.00	0.00	41.00	0.00	0.00	0.0			
E	1	Х	41.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0			
E	1	Z	0.00	0.00	41.00	0.00	0.00	0.0			
G	1	Х	37.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0			
G	1	Z	0.00	0.00	37.80	0.00	0.00	0.0			
К	2	X	11.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0			
К	2	Z	0.00	0.00	11.70	0.00	0.00	0.0			
L	2	X	11.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0			
L	2	Z	0.00	0.00	11.70	0.00	0.00	0.0			
N	1	Х	34.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0			
N	1	Z	0.00	0.00	34.50	0.00	0.00	0.0			
Q	2	Х	11.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0			
Q	2	Z	0.00	0.00	11.70	0.00	0.00	0.0			
R	2	X	11.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0			
R	2	Z	0.00	0.00	11.70	0.00	0.00	0.0			

# 図8 グループ化による地震時相対変位の 作成ウィンドウ







## 図 10 計算の実行ダイアログボックス



図 11 許容スパン法の計算結果(要約)



図 12 許容スパン法結果のモデル表示