

# 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(1)、液化則(2)、コンビ則(3)、特定則(4)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





# 表 1 FLAP-II 仕様一覧

ALI IIII II II KA		
項目	No.	機能
入力	1	表形式のすぐわかる入力方法
	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
要素	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
	6	伸縮継手(ヒンジ、ジンバル、ユニバーサル・タイプ等)
	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
解析	1	内圧
	2	自重
	3	熱
	4	強制変位
	5	地震荷重
		・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)
評価基準	1	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>
		簡易耐震性能評価(許容スパン法)及び 詳細耐震性能評価
		・レベル 2 耐震性能評価 KHKTD 5862/5864
	0	等価線形解析法
	2	ASME B31.3(高圧ガスの配管に関する基準 KHKS 0801)

## 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。





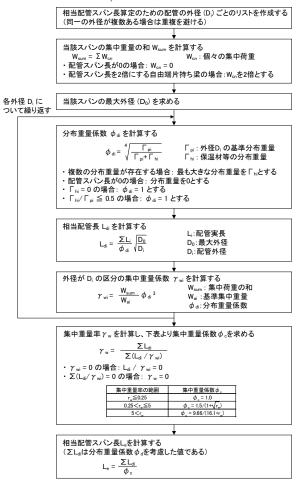


図 1 FLAP-II 許容スパン法 相当配管スパン長 計算プログラムフロー



図2 メニュー画面

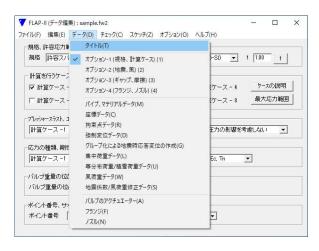


図3 データ入力ウインドウ



図4 パイプ、マテリアルデータウインドウ



図 5 パイプ、マテリアルデータウインドウ

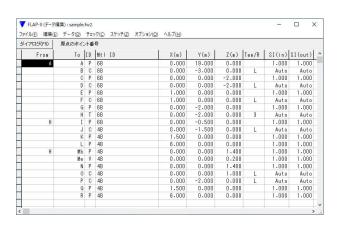


図6 座標データウインドウ







図7 拘束点データウインドウ

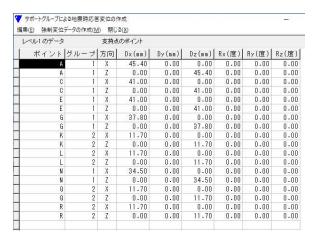


図8 グループ化による地震時相対変位の 作成ウィンドウ

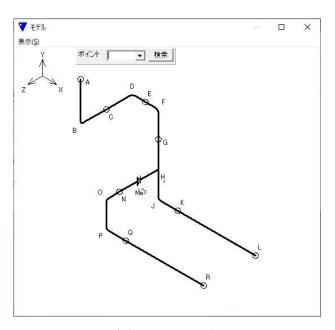


図9 スケッチ

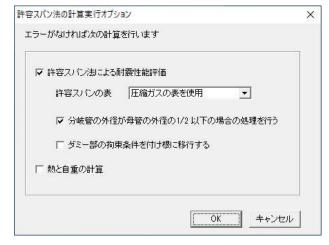


図 10 計算の実行ダイアログボックス

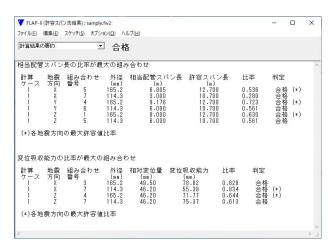


図 11 許容スパン法の計算結果(要約)

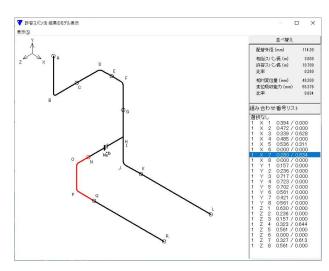


図 12 許容スパン法結果のモデル表示