

[19] VGR ラック設計ソフトウェア

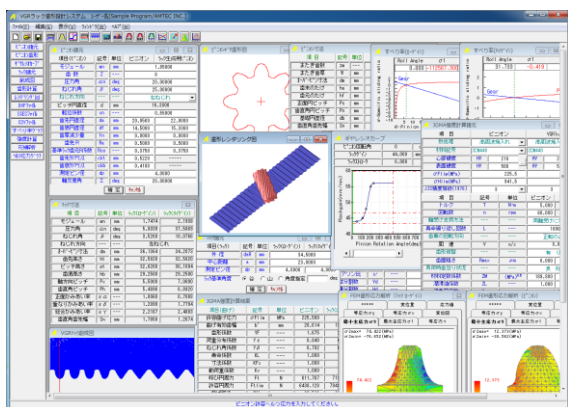


図 19.1 VGR ラック設計

19.1 概要

VGR(Variable Gear Ratio)ラック設計ソフトウェアは、ピニオンを基準にして、ギアレシオカーブに基づいて運動するラックの歯形を生成し、強度計算、FEM歯形応力解析、すべり率グラフ、ヘルツ応力グラフを計算することができるソフトウェアです。

19.2 ピニオンの諸元入力

ラックとかみ合うピニオンの諸元と、ラックを生成するためのピニオン諸元を入力します。図 19.2 にピニオン諸元の入力画面を、図 19.3 にピニオンの寸法を示します。

項目(ピニオン)	記号	単位	ピニオン	ラック生成用ピニオン
モジュール	m	mm	1.85000	
歯数	Z	---	8	
圧力角	α_n	deg	20.00000	
ねじれ角	β	deg	25.00000	
ねじれ方向	---	---	右ねじれ	
ピッチ円直径	d	mm	18.3300	
転位係数	xn	---	0.55000	
歯先円直径	da	mm	20.9560	22.0000
歯底円直径	df	mm	14.5000	15.3360
歯厚減少量	fn	mm	0.0000	0.0000
歯先R	Ra	mm	0.5000	0.5000
基準ラック歯元R係数	Rco	---	0.3750	0.3750
歯先切アス	ckt	mm	0.5220	---
歯底切アス	ckb	mm	0.4180	---
測定ピン径	dp	mm		4.0000
軸交差角	Σ	deg		20.00000

図 19.2 ピニオン諸元の設定

項目	記号	単位	ピニオン	ラック生成用ピニオン
またぎ歯数	zm	---	2	2
またぎ歯厚	w	mm	9.1624	9.1624
オグゼリ寸法	dm	mm	24.2471	24.2471
歯末のたけ	ha	mm	2.3130	2.8350
歯元のたけ	hf	mm	0.9150	0.4970
正面円ピッチ	Ps	mm	6.4128	
歯直角円ピッチ	Pn	mm	5.8119	
基礎円直径	db	mm	15.1537	
歯直角歯先幅	Sn	mm	0.9295	0.1006

図 19.3 ピニオンの寸法結果

19.3 ピニオン歯形図

ピニオンの歯形図を図 19.4 に示します。図 19.5 は、歯形の部分拡大図です。

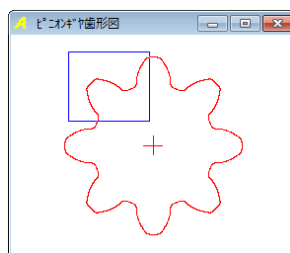


図 19.4 ピニオン歯形図

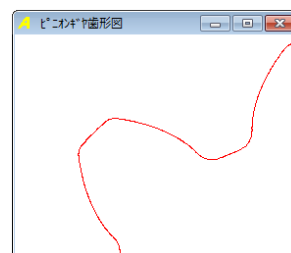


図 19.5 歯形拡大図

19.4 ギアレシオカーブ

ピニオンの回転角に対するラックゲイン(mm/rev)の数値を設定します。図 19.6 は直線変化のグラフですが、図 19.7 は、スプライン曲線で接続しています。

(1) ストップ位置の入力

ピニオンの最大回転角度がラック長となります。

(2) 図中の一点鎖線は、

- ① ころがり円がピニオン歯先円のとときのストロークゲイン
- ② ころがり円がピニオン基準ピッチ円のとときのストロークゲイン
- ③ ころがり円がピニオン基礎円のとときのストロークゲインを示します。

(3) グラフ表示後、スクロールバーをスライドさせると上部にピニオン回転角とラックストローク値を表示します。

図 19.6 および図 19.7 は、ピニオン回転角の増加に伴いラックゲインも増加していますが、ラックゲインを減少させることも可能です。



図 19.6 ギアレシオカーブ(直線接続)



図 19.7 ギアレシオカーブ(スプライン接続)

19.5 ラックの諸元設定

ラックの諸元設定画面を図 19.8 に示します。ラックの基準角度の設定により、ラックの基準位置(ピニオン回転角 0 deg 位置)における中央断面の歯形が、歯山または谷を選択します。ラック寸法の計算結果を図 19.9 に示します。



図 19.8 ラックの諸元設定



図 19.9 ラック寸法

19.6 VGR ラックの歯形創成図

ラック歯幅中央断面歯形の創成図を図 19.10 に示します。図のAは、ラック軸の中央位置でありBは、ストップ位置を示します。左右の歯形の変化を確認することができます。

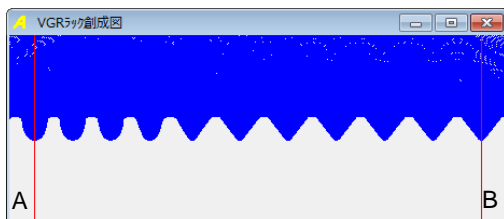


図 19.10 ラックの創成図

19.7 VGR ラックの3D 歯形計算

歯形計算の前に歯形の分割数を設定します。(図 19.11)



図 19.11 歯形計算の設定

19.8 レンダリング図

歯形計算終了後、[レンダリング図]ボタンを押すと、ピニオンとラックの歯形かみあい図を表示します。レンダリング図は、座標軸の角度を変更することにより、視点を変えて観察することができます。

図 19.12 にピニオン上面から見たレンダリング図を示します。また、図 19.13 のラック背面から観察したレンダリング図には、かみあい接触線を観察することができます。

図 19.13 の右に示すコントロールフォームで、

- ①座標軸の角度変更
- ②ズーム
- ③ワイヤフレーム、シェード表示切り替え
- ④背景色の設定
- ⑤ラックストロークチェック(ピニオンまたはラックの移動)の機能があります。

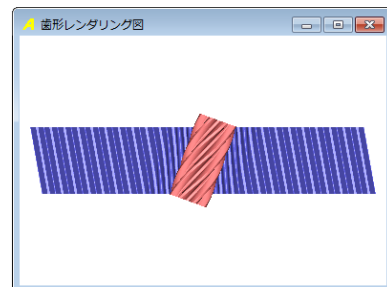


図 19.12 レンダリング(ピニオン上面から観察)

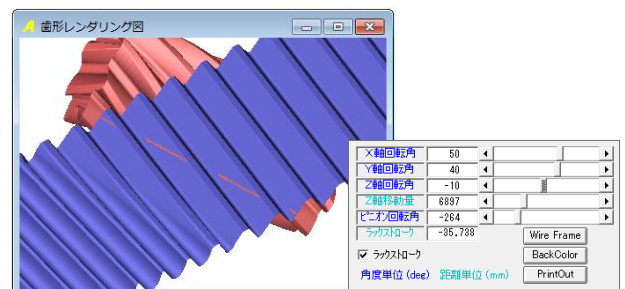


図 19.13 レンダリング(ラック背面から観察)

19.9 CAD ファイル出力

ピニオンと VGR ラックの歯形を DXF または IGES ファイルで出力することができます。図 19.14 および図 19.15 にファイル出力設定を示します。CAD 作図例を、図 19.16~図 19.19 に示します。

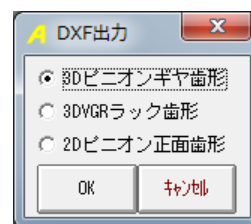


図 19.14 DXF 出力

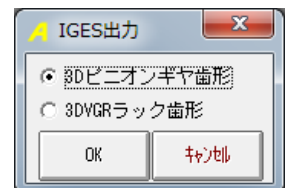


図 19.15 IGES 出力

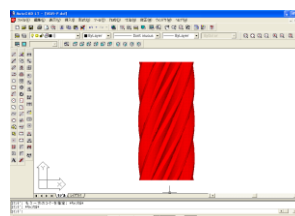


図 19.16 CAD 作図例(DXF)

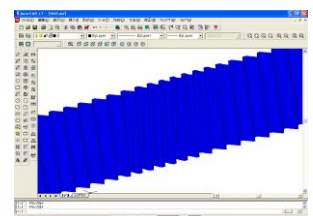


図 19.17 CAD 作図例(DXF)

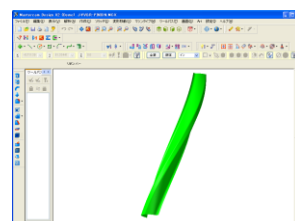


図 19.18 CAD 作図例(IGES)

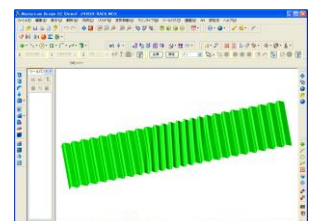


図 19.19 CAD 作図例(IGES)

19.10 すべり率グラフ

ラック軸中央のかみ合い位置とストップ位置でのかみ合いにおけるすべり率グラフを図 19.20 及び図 19.21 に示します。図 19.20 のピニオン歯元で大きなすべりが発生しています。

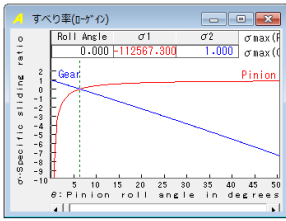


図 19.20 すべり率(Low)

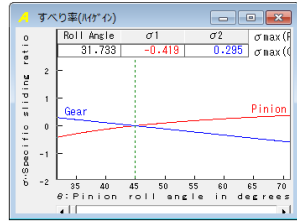


図 19.21 すべり率(High)

19.11 強度計算

JGMA 強度計算に基づいた計算結果を図 19.22 および図 19.23 に示します。ラックの強度は、Low Gain 側と High Gain 側の 2 箇所の歯形について強度計算をします。

※AGMA 強度計算は、別途お問い合わせ下さい。

JGMA強度計算諸元				
項目	ピニオン		VGRラック	
熱処理	高周波焼入れ		高周波焼入れ	
材料記号	SCM440		SCM440	
心部硬度	HV 242		HV 242	
表面硬度	HV 500		HV 500	
σ_{Flim} (MPa)	265.0		265.0	
σ_{Hlim} (MPa)	1069.0		1069.0	
JIS精度等級(1976)	3		3	
項目	記号	単位	ピニオン	VGRラック
トルク	T	N·m	5.000	-----
回転数	n	rpm	60.000	-----
軸受け支持方法	---	---	両軸受けに对称	
寿命繰り返し回数	L	---	10000000	
歯車の回転方向	---	---	正転のみ	
周速	V	m/s	0.0514	
歯形修整	---	---	有り	
歯面粗さ	Rmax	μm	6.00	6.00
負荷時歯当り状況	---	---	良好	
材料定数係数	ZM	$(\text{MPa})^{0.5}$	189.800	189.800
潤滑係数	ZL	---	1.000	1.000
過負荷係数	Ko	---	1.000	
歯元曲げ安全率	SF	---	1.200	
歯面損傷安全率	SH	---	1.150	

図 19.22 強度計算設定

JGMA強度計算結果					
項目(曲げ)	記号	単位	ピニオン	ラック(Low Gain)	ラック(High Gain)
許容曲げ応力	σ_{Flim}	MPa	265.000		265.000
歯の有効歯幅	b'	mm	20.614	13.775	21.217
歯形係数	YF	---	1.676	2.065	2.065
荷重分布係数	Y ϵ	---	0.840	0.397	1.622
ねじれ角係数	Y β	---	0.792	0.371	0.916
寿命係数	KL	---	1.000	1.400	1.400
守法係数	KFx	---	1.000	1.000	1.000
動荷重係数	Kv	---	1.000	1.000	1.000
呼び円周力	Ft	N	611.767	713.253	560.397
許容円周力	Ftlim	N	7556.469	9341.765	4691.756
曲げ強さ	Sft	---	12.352	13.097	8.372
歯元曲げ応力	σ_F	MPa	21.454	20.233	31.652
項目(面圧)	記号	単位	ピニオン	ラック(Low Gain)	ラック(High Gain)
許容ヘルツ応力	σ_{Hlim}	MPa	1069.000		1069.000
面圧有効歯幅	bw	mm	18.764	13.775	21.217
領域係数	ZH	---	2.296	4.075	1.942
寿命係数	KHL	---	1.000	1.300	1.300
かみ合い率係数	Z ϵ	---	0.917	0.352	1.155
粗さ係数	ZR	---	1.008	1.004	1.010
潤滑速度係数	ZV	---	0.891	0.891	0.891
硬さ比係数	ZW	---	1.000	1.000	1.000
荷重分布係数	KH β	---	1.000	1.000	1.000
動荷重係数	Kv	---	1.000	1.000	1.000
呼び円周力	Fc	N		612.370	
許容円周力	Fclim	N	1327.453	480.501	2241.640
歯面強さ	Sfc	---	2.168	0.785	3.661
ヘルツ応力	σ_H	MPa	726.064	1206.806	558.730

図 19.23 強度計算結果

19.12 ヘルツ応力グラフ

ラック軸中央のかみ合い位置とストップ位置でのかみ合いにおけるヘルツ応力グラフを図 19.24 および図 19.25 に示します。

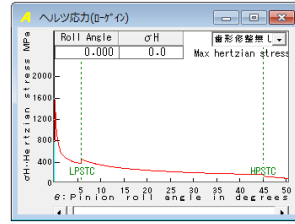


図 19.24 ヘルツ応力(Low)

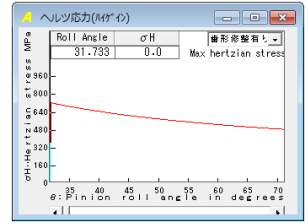


図 19.25 ヘルツ応力(High)

19.13 FEM 歯形応力

ピニオンと VGR ラックの 2 次元 FEM 歯形応力解析をします。図 19.26 に FEM 設定画面を、図 19.27 および図 19.28 に応力分布図を示します。

FEM 解析諸元					
項目	記号	単位	ピニオン	ラック(Low Gain)	ラック(High Gain)
材料記号	---	---	SCM440		
縦弾性係数	E	MPa	205800.0		
ポアソン比	ν	---	0.300		
縦分割数	Vd	---	12	12	12
横分割数	Hd	---	22	23	18
荷重点位置	Ph	---	2	2	2
荷重	Ft	N	611.77	713.25	560.40
色階調数	nc	---	100		
変位倍率	Sd	---	100		

図 19.26 FEM 解析諸元

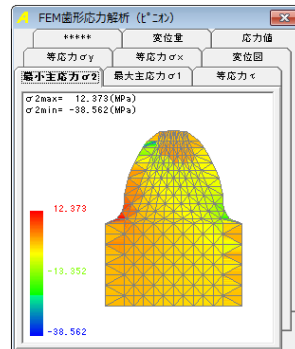


図 19.27 FEM 解析(P)

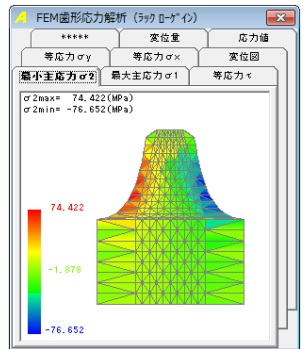


図 19.28 FEM 解析(R-Low)