

19 VGR ラック設計システム

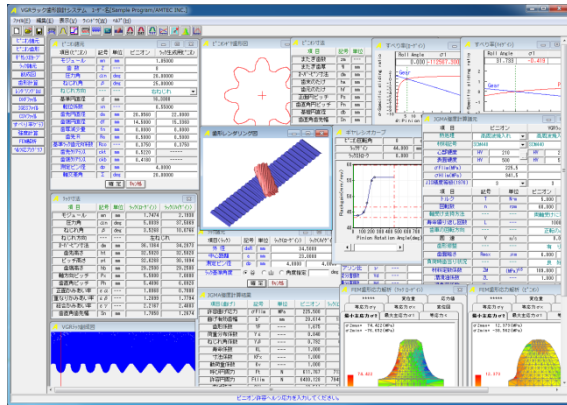


図 19.1 VGR ラック設計システム

19.1 概要

VGR(Variable Gear Ratio)ラック設計システムは、ピニオンを基準にして、ギヤ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
基準円直径	d	mm		16.3300
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
歯先外円径	ckt	mm	0.5220	----
歯底外円径	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
オハビ寸法	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。

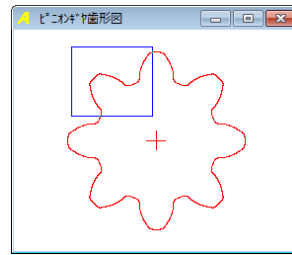


図 19.4 ピニオン歯形図

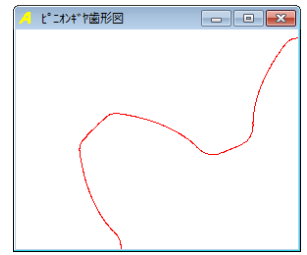


図 19.5 歯形拡大図

19.4 ギヤレシオカーブ

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。

- 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。
- 図中の一点鎖線は、
 - ころがり円がピニオン歯先円のときのストロークゲイン
 - ころがり円がピニオン基準円のときのストロークゲイン
 - ころがり円がピニオン基礎円のときのストロークゲイン
 を示します。
- 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 ギヤレシオカーブ(直線接続)



図 19.7 ギヤレシオカーブ(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。

項目(ラック)	記号	単位	ラック(R-ケイ)	ラック(M-ケイ)
外径	daR	mm		34.5000
中心距離	a	mm		23.0000
測定ピッチ	dp	mm	4.0000	4.0000
ラック基準角度				deg

図 19.8 ラックの諸元設定

項目	記号	単位	ラック(R-ケイ)	ラック(M-ケイ)
モジュール	m	mm	1.7474	2.1888
圧力角	α_n	deg	5.8039	37.5869
ねじれ角	β	deg	3.5268	10.0766
ねじれ方向	---	---	左ねじれ	
オグピッチ	dm	mm	38.1364	34.2073
歯先高さ	ht	mm	32.5820	32.5820
ピッチ高さ	pt	mm	32.6268	30.1094
歯底高さ	hb	mm	29.2500	29.2500
軸方向ピッチ	Px	mm	5.5000	7.0000
歯直角ピッチ	Ph	mm	5.4896	6.8920
止面かみあい率	ϵ_α	---	1.0068	0.7088
重なりかみあい率	ϵ_β	---	1.2099	1.7794
総合かみあい率	ϵ_γ	---	2.2167	2.4883
歯直角歯先幅	Sn	mm	1.7850	1.2674

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。

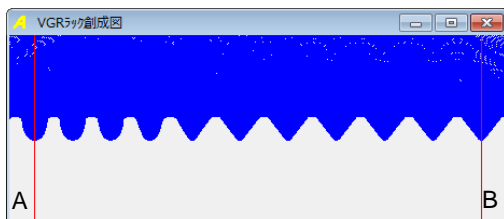


図 19.10 ラックの創成図

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).

分割数	数値
ピニオン歯幅方向	50
ラック歯幅方向	30
ラック歯たけ方向	30

歯底幅 ラック外径

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、シェード表示切り換え
- 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。

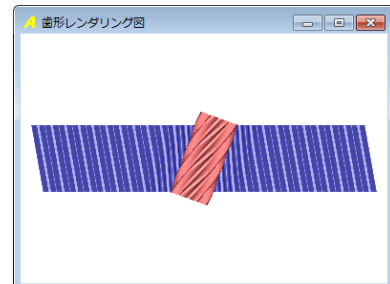


図 19.12 レンダリング(ピニオン上面から観察)

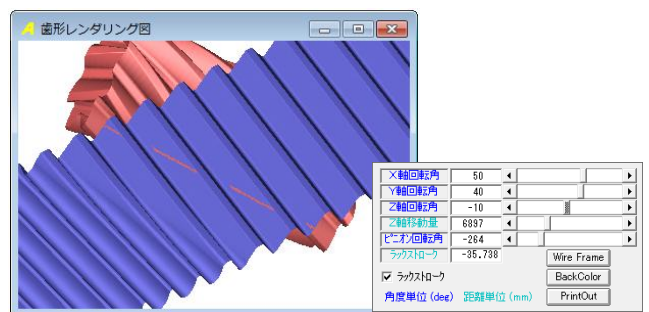


図 19.13 レンダリング(ラック背面から観察)

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。

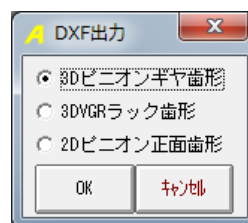


図 19.14 DXF 出力

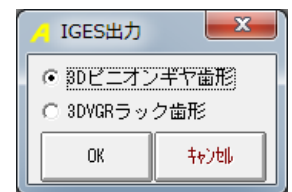


図 19.15 IGES 出力

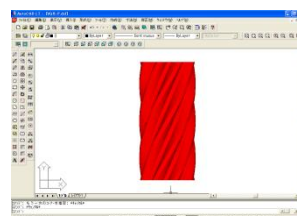


図 19.16 CAD 作図例(DXF)

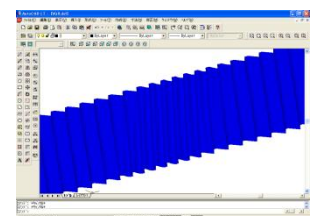


図 19.17 CAD 作図例(DXF)

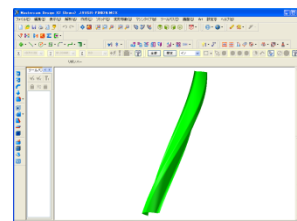


図 19.18 CAD 作図例(IGES)

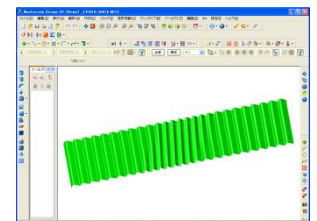


図 19.19 CAD 作図例(IGES)

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。

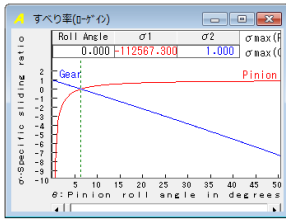


図 19.20 すべり率(Low)



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		ピニオン		VGRラック	
熱処理	高周波焼入れ	高周波焼入れ	高周波焼入れ	高周波焼入れ	高周波焼入れ
材料記号	SCM440	SCM440	SCM440	SCM440	SCM440
心部硬度	HV 242	HV 242	HV 242	HV 242	HV 242
表面硬度	HV 500	HV 500	HV 500	HV 500	HV 500
σ_{Flim} (MPa)	265.0	265.0	265.0	265.0	265.0
σ_{Hlim} (MPa)	1069.0	1069.0	1069.0	1069.0	1069.0
JIS精度等級(1978)	3	3	3	3	3
項目	記号	単位	ピニオン	ラック(Low Gain)	ラック(High Gain)
トルク	T	N*m	5.000	-----	-----
回転数	n	r/min	60.000	-----	-----
軸受け支持方法	---	---	両軸受け対称	---	---
寿命繰返し回数	L	---	10000000	---	---
歯車の回転方向	---	---	正転のみ	---	---
周速度	v	m/s	0.0514	---	---
歯形修整	---	---	有り	---	---
歯面粗さ	Rmax	μm	6.00	6.00	6.00
負荷時歯当り状況	---	---	良好	---	---
材料定数係数	ZM	$(MPa)^{0.5}$	189.800	189.800	189.800
潤滑油係数	ZL	---	1.000	1.000	1.000
過負荷係数	Ko	---	1.000	1.000	1.000
歯元曲げ安全率	SF	---	1.200	1.200	1.200
歯面損傷安全率	SH	---	1.150	1.150	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	265.000
曲げ有効歯幅	b'	mm	20.614	13.775	21.217
歯形係数	YF	---	1.675	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	0.971	0.916
寿命係数	KL	---	1.000	1.400	1.400
寸法係数	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	766.463	934.765	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	1069.000
面圧有効歯幅	bw	mm	18.764	13.775	21.217
接触係数	ZH	---	2.296	4.075	1.942
寿命係数	KHL	---	1.000	1.300	1.300
かみあい率係数	Z ϵ	---	0.917	0.952	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	612.370	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。

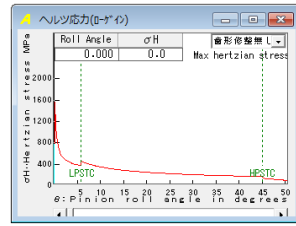


図 19.24 ヘルツ応力(Low)

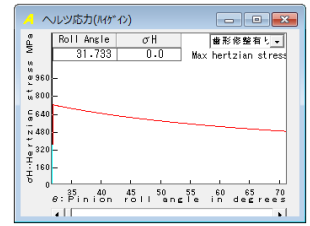


図 19.25 ヘルツ応力(High)

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	SCM440	SCM440
縦弾性係数	E	MPa	205800.0	205800.0	205800.0
ポアソン比	ν	---	0.300	0.300	0.300
縦分割数	Vd	---	12	12	12
横分割数	Hd	---	22	23	18
荷重点位置	Pn	---	2	2	2
荷重	Ft	N	611.77	713.25	560.40
色階調数	nc	---	100	100	100
変位倍率	Sd	---	100	100	100

図 19.26 FEM 解析諸元

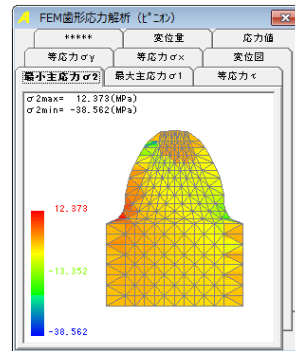


図 19.27 FEM 解析(P)

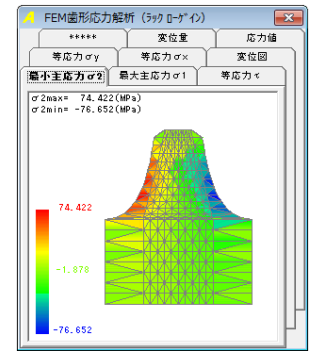


図 19.28 FEM 解析(R-Low)

※ ラックの修整などに関しては、別途お問い合わせください。