

[26] CGR ラック & ピニオン設計システム

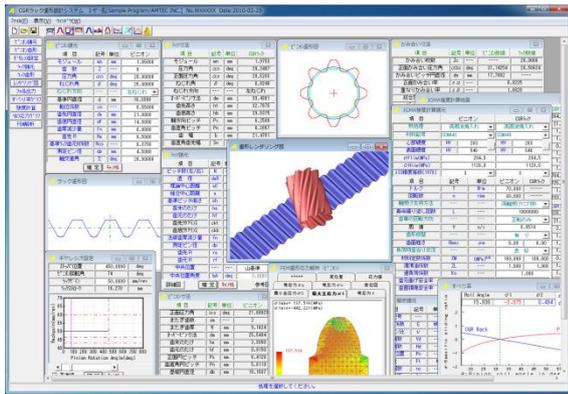


図 26.1 CGR ラック & ピニオン設計システム

26.1 概要

CGR(Constant Gear Ratio)ラック設計システムは、ギヤレシオに基づいて運動するピニオンと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ます。

26.2 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 26.2 にピニオン諸元の入力画面を、図 26.3 にピニオンの寸法を示します。

項目	記号	単位	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	21.0000
歯底円直径	df	mm	14.5000
歯厚減少量	fn	mm	0.0000
歯先 R	Ra	mm	0.5000
基準ラック歯元 R 係数	Rco	---	0.3750
測定ピッチ	dp	mm	4.5000
軸交差角	Σ	deg	20.00000

図 26.2 ピニオン諸元の設定

項目	記号	単位	ピニオン
正面圧力角	α_s	deg	21.88023
またぎ歯数	zm	---	2
またぎ歯厚	W	mm	9.1624
オハベリ寸法	dm	mm	25.5494
歯末のたけ	ha	mm	2.3950
歯元のたけ	hf	mm	0.9150
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
基礎円筒ねじれ角	β_b	deg	23.39896
TIF 直径	TIF	mm	15.5779
歯直角歯先幅	Sn	mm	0.8869

図 26.3 ピニオンの寸法

26.3 ピニオン歯形図

ピニオン歯形図を図 26.4 に示します。図 26.5 は、歯形の部分拡大図です。

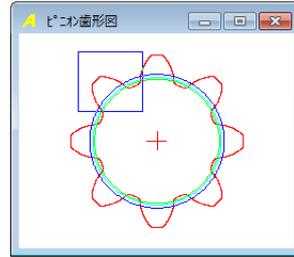


図 26.4 ピニオン歯形図

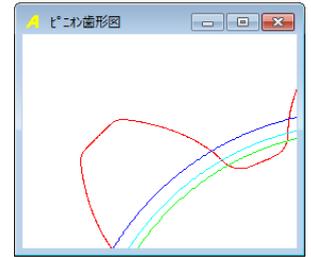


図 26.5 歯形拡大図

26.4 ギヤレシオ

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 26.6 にギヤレシオの設定グラフです。例題の場合、ラックゲインは 50(mm/rev)ですが任意に設定することができます。

(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です。

(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きのストロークゲイン、②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、③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。

(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。

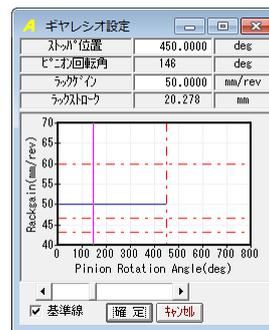


図 26.6 ギヤレシオ

項目	記号	単位	数値
ピッチ数(左/右)	N	---	10 / 10
直径	dsR	mm	35.0000
理論中心距離	a0	mm	28.0000
結立中心距離	a	mm	28.0000
基準ピッチ高さ	ph	mm	31.3175
歯末のたけ	ha	mm	1.4700
歯元のたけ	hf	mm	1.7800
歯先円半径	ckt	mm	0.4625
歯底円半径	ckb	mm	0.4625
法線歯厚減少量	fn	mm	0.0000
測定ピッチ	dp	mm	3.090
歯先 R	ra	mm	0.2500
歯底 R	rb	mm	0.7000
中央位置	---	---	山基準
中央位置角度	ba	deg	0.0000

図 26.7 ラックの諸元設定

26.5 ラックの諸元設定

ラックの諸元設定画面を図 26.7 に示します。ラックの位置角度の設定によりラックの基準位置(ピニオン回転角 0° 位置)における中央断面の歯形が決まります。また、歯山または谷を選択することができます。図 26.8 にラック参考図を、図 26.9 にラック寸法の計算結果を示します。

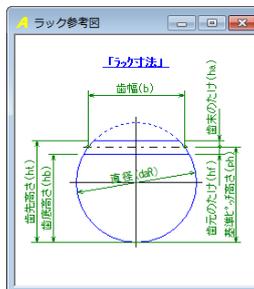


図 26.8 ラック参考図

項目	記号	単位	CGRラック
モジュール	m	mm	1.3753
圧力角	α_n	deg	28.3497
正面圧力角	α_s	deg	28.5203
ねじれ角	β	deg	6.8240
ねじれ方向	---	---	左ねじれ
オハベリ寸法	dm	mm	33.4381
歯先高さ	ht	mm	32.7875
歯底高さ	hb	mm	29.5375
軸方向ピッチ	Px	mm	6.2500
歯直角ピッチ	Pn	mm	6.2057
歯幅	b	mm	21.4781
歯直角歯先幅	Sn	mm	1.7295

図 26.9 ラック寸法

26.6 CGR ラックの歯形軌跡図

ラック歯幅中央断面の歯形軌跡図を図 26.10 に示します。

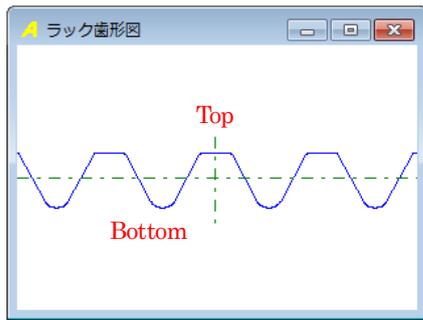


図 26.10 ラックの軌跡図

26.7 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 26.11 にピニオン上面から観たレンダリング図を示します。

また、図 26.12 のラック背面から観た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 26.11 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。

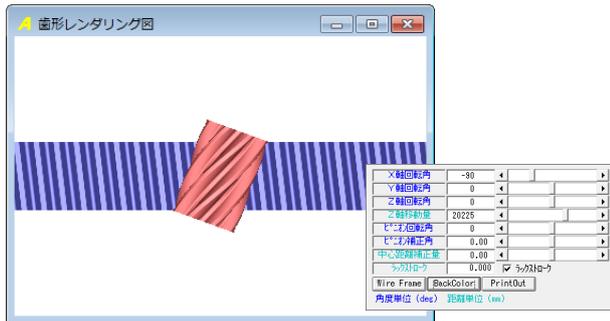


図 26.11 レンダリング(ピニオン上面から観察)

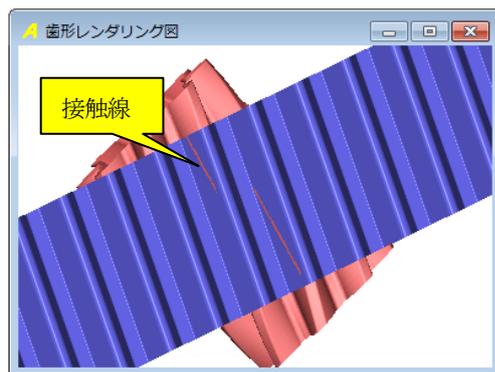


図 26.12 レンダリング(ラック背面から観察)

26.8 CAD ファイル出力

ピニオンと CGR 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 26.13 にファイル出力設定を示します。CAD 作図例を、図 26.14、図 26.15 に示します。

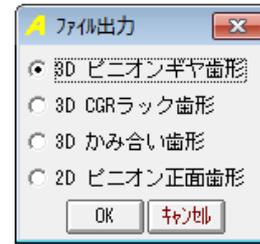
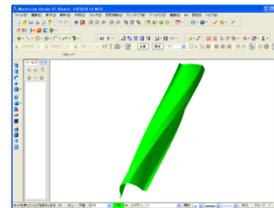
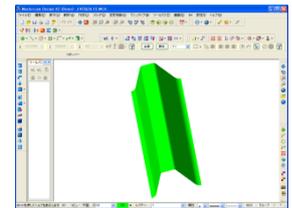


図 26.13 CAD ファイル出力



(ピニオン)

図 26.14 CAD 作図(IGES)



(ラック)

図 26.15 CAD 作図(IGES)

26.9 すべり率グラフ

ラックとピニオンのかみ合いにおけるすべり率グラフを図 26.19 に示します。

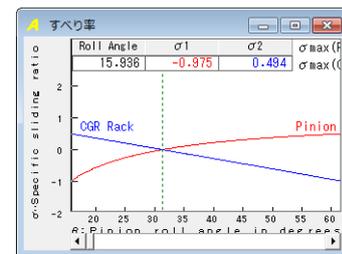


図 26.16 すべり率

26.10 強度計算

JGMA 強度計算に基づいた計算結果を図 26.17 に示します。

JGMA強度計算諸元				
項目	ピニオン		CGR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	263	HV	263
表面硬度	HV	540	HV	540
σ_{Flim} (MPa)	284.5		284.5	
σ_{Hlim} (MPa)	1128.0		1128.0	
JIS精度等級(1976)	3		3	
項目	記号	単位	ピニオン	CGRラック
トルク	T	N·m	70.000	----
回転数	n	rpm	60.000	----
軸受け支持方法	----	----	両軸対称に付称	
寿命繰り返し回数	L	----	1000000	
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	(MPa) ^{0.5}	189.800	189.800
溝滑り係数	ZL	----	1.000	
過負荷係数	Ko	----	1.000	
歯元曲げ安全率	SF	----	1.200	
歯面接觸安全率	SH	----	1.150	

図 26.17 強度計算諸元

JGMA強度計算結果				
項目(曲げ)	記号	単位	ピニオン	CGRラック
許容曲げ応力	σ_{Flim}	MPa	284.500	284.500
曲げ有効歯幅	b'	mm	23.328	21.478
歯形係数	YF	---	1.691	1.359
荷重分布係数	Y ϵ	---	0.937	1.024
ねじれ角係数	Y β	---	0.792	0.943
寿命係数	KL	---	1.000	1.400
寸法係数	KFx	---	1.000	1.000
動荷重係数	Kv	---	1.000	1.000
呼び円周力	Ft	N	8562.657	8784.804
許容円周力	Ftlim	N	9137.647	10725.229
曲げ強さ	Sft	---	1.067	1.221
歯元曲げ応力	σ_F	MPa	266.598	233.028
項目(面圧)	記号	単位	ピニオン	CGRラック
許容ヘルツ応力	σ_{Hlim}	MPa	1128.000	1128.000
面圧有効歯幅	bw	mm	21.478	21.478
領域係数	ZH	---	2.294	2.086
寿命係数	KHL	---	1.000	1.300
かみあい率係数	Z ϵ	---	0.915	1.005
粗さ係数	ZR	---	1.002	1.001
潤滑速度係数	ZV	---	0.891	0.891
硬さ比係数	ZW	---	1.000	1.000
荷重分布係数	KH β	---	1.000	1.000
動荷重係数	Kv	---	1.000	1.000
呼び円周力	Fc	N	8573.178	
許容円周力	Fclim	N	1679.942	2841.275
歯面強さ	Sfc	---	0.196	0.331
ヘルツ応力	σ_H	MPa	2548.196	1959.401

図 26.18 強度計算結果

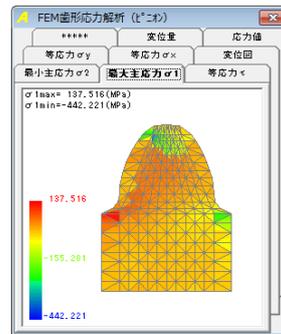


図 26.21 FEM 解析(P)

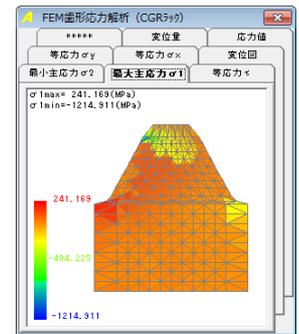


図 26.22 FEM 解析(R)

※強度計算は、AGMA2001-C95 規格にも対応可能です。別途お問い合わせ下さい。

26.11 ヘルツ応カグラフ

ラックとピニオンのかみ合いにおけるヘルツ応カグラフを図 26.19 に示します。

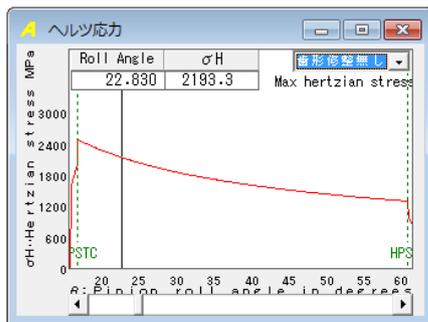


図 26.19 ヘルツ応力

26.12 FEM 歯形応力 (オプション)

ピニオンと CGR ラックの 2 次元 FEM 歯形応力解析をします。図 26.20 に FEM 設定画面を、図 26.21 および図 26.22 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	CGRラック
材料記号	---	---	SCM440	SCM440
縦弾性係数	E	MPa	205800.0	205800.0
ポアソン比	ν	---	0.300	0.300
縦分割数	Vd	---	12	12
横分割数	Hd	---	22	20
荷重点位置	Pn	---	2	2
荷重	Ft	N	8562.66	8784.80
色階調数	nc	---	100	
変位倍率	Sd	---	100	

図 26.20 FEM 解析諸元