

[40] 多段減速歯車設計システム

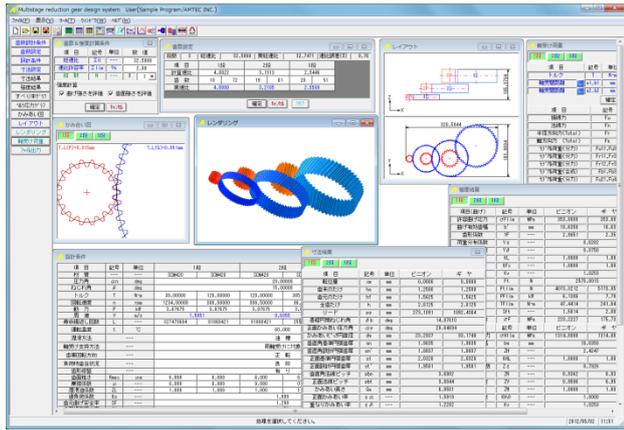


図 40.1 多段減速歯車設計システム

40.1 概要

減速機を設計する際、総減速比に対する減速段数とその歯数比を決め、寸法計算、強度計算、軸受荷重計算をするには計算が非常に面倒です。例えば、全ての歯車の計算を終えた後で、初期段の歯車の変更が生じた場合、後列の歯車を再度計算し直す必要が生じます。

本ソフトウェアは、総減速比、段数そして動力を設定することにより歯車寸法、歯車強度計算を一括で行うことができます。そして、歯車列の配置図を表示し、さらに歯車配置を自由に変更することができます。

40.2 歯数&強度計算条件

図 40.2 に歯数と強度計算条件の画面を示します。総減速比の入力範囲は、 $1 < \Sigma U < 10,000$ で、段数は 1~10 で設定することができます。また、強度計算を規準に歯車寸法を決定しますが、その際、曲げ強度と歯面強度の両方で歯車の大きさを決めることや曲げ強度あるいは歯面強度だけで歯車の大きさを決めることができます。本カタログでは $\Sigma U = 32.5$ 、3 段歯車の例を示します。



図 40.2 歯数と強度計算条件の設定

40.3 歯数設定

歯数設定は、総減速比と段数により自動計算 (AMTEC 独自のアルゴリズム) します。例題では、総減速比 32.50 に対し、計算による総減速比は 32.7 であり、その誤差は 0.76 % です。なお、自動計算により決まった歯数は任意に変更が可能です。



図 40.3 歯数設定

40.4 設計条件

図 40.4 に設計条件設定画面を示します。材料の設定は、図 40.5 に示すように「熱処理」に適応した材料の選択フォームを表示し、設定することができます。また、各段歯車の材料を設定した後は、図 40.6 のように材料一覧で確認することができます。

図 40.4 の場合、圧力角およびねじれ角は全段共通 (プロパティで設定: 図 40.24 参照) ですが、各段の歯車で任意に設定することができます。図 40.7 に各段歯車の圧力角とねじれ角を変更した例を示します。

運転温度および摩擦係数は、プラスチック歯車 (今後に対応予定) の強度計算のために設けていますので鋼歯車の場合は強度計算に影響しません。



図 40.4 設計条件の設定 1



図 40.5 材料設定の例



図 40.6 材料一覧



(各段の圧力角とねじれ角を変更した例)

図 40.7 設計条件の設定 2

40.5 歯車寸法の設定

寸法結果 で、図 40.8 を表示します。ここで表示する歯車諸元は、上記で設定した減速比や動力などを規準にして強度計算を行い、安全率（本例の場合、曲げと歯面強さ）が満足する歯車諸元を自動計算し表示しています。

ここでは、モジュール、歯数、圧力角、ねじれ角、歯幅などを変更することができます。また、ここで表示している歯幅は強度計算を規準に自動決定した値のため整数ではありませんので製品の歯幅に変更可能です。今、歯幅を 18.6mm を 10mm に変更すると、再度強度計算を行い図 40.9 のように強度不足の数値を赤字で表示します。

例題の場合、1~3 段の歯車諸元数値を[確定]すると図 40.10 のように歯車寸法結果を表示します。

項目	記号	単位	ピニオン	ギヤ
モジュール	m	mm	1.25000	
歯数	z	---	18	72
圧力角	α_n	deg	20.00000	
ねじれ角	β	deg	15.00000	
ねじれ方向	---	---	左ねじれ	右ねじれ
基準円直径	d	mm	23.2937	93.1749
転位係数	xn	---	0.00000	0.00000
中心距離	a	mm	58.2343	
歯直線歯厚減少量	fn	mm	0.0750	0.0750
基準円直径	db	mm	21.7976	87.1904
歯先円直径	da	mm	25.7937	95.6749
歯底円直径	df	mm	20.1687	90.0499
歯幅	b	mm	18.6350	18.6350
基準円歯元R係数	ro	---	0.3750	0.3750
歯先R	ra	mm	0.0000	0.0000
クリアランス	c	mm	0.3125	0.3125
法線方向トポグラフ	jin	mm	0.1500	
全かみあい率	ε_γ	---	2.8201	
すべり率(歯先)	σ_a	---	0.5055	0.8296
すべり率(歯元)	σ_b	---	-4.8673	-1.0223
トルク	T	N·m	30.0000	120.0000
回転速度	n	rpm	1234.0000	308.5000
曲げ強さ	sft	---	1.5814	2.0087
歯面強さ	sfc	---	1.0414	1.0414
材質	---	---	SCM420	SCM420

図 40.8 歯車寸法の設定 1

項目	記号	単位	ピニオン	ギヤ
モジュール	m	mm	1.25000	
歯数	z	---	18	72
圧力角	α_n	deg	20.00000	
ねじれ角	β	deg	15.00000	
ねじれ方向	---	---	左ねじれ	右ねじれ
基準円直径	d	mm	23.2937	93.1749
転位係数	xn	---	0.00000	0.00000
中心距離	a	mm	58.2343	
歯直線歯厚減少量	fn	mm	0.0750	0.0750
基準円直径	db	mm	21.7976	87.1904
歯先円直径	da	mm	25.7937	95.6749
歯底円直径	df	mm	20.1687	90.0499
歯幅	b	mm	10.0000	18.6350
基準円歯元R係数	ro	---	0.3750	0.3750
歯先R	ra	mm	0.0000	0.0000
クリアランス	c	mm	0.3125	0.3125
法線方向トポグラフ	jin	mm	0.1500	
全かみあい率	ε_γ	---	2.2510	
すべり率(歯先)	σ_a	---	0.5055	0.8296
すべり率(歯元)	σ_b	---	-4.8673	-1.0223
トルク	T	N·m	30.0000	120.0000
回転速度	n	rpm	1234.0000	308.5000
曲げ強さ	sft	---	0.8486	1.2126
歯面強さ	sfc	---	0.4650	0.4650
材質	---	---	SCM420	SCM420

図 40.9 歯車寸法の設定 2

項目	記号	単位	ピニオン	ギヤ
転位量	xm	mm	0.0000	0.0000
歯末のたけ	ha	mm	1.2500	1.2500
歯元のたけ	hf	mm	1.5625	1.5625
全歯たけ	h	mm	2.8125	2.8125
リード	pz	mm	279.1091	1092.4364
基礎円間ねじれ角	β_b	deg		14.07610
正面かみあい圧力角	α_w	deg		20.64694
かみあいピッチ円直径	dw	mm	23.2937	93.1749
歯直線歯厚	sn	mm	1.9635	1.9635
歯直線歯厚	sn'	mm	1.8837	1.8837
正面基準円歯厚	st	mm	2.0328	2.0328
正面設計円歯厚	st'	mm	1.9501	1.9501
歯直線法線ピッチ	pbn	mm		3.6902
正面法線ピッチ	pbt	mm		3.8044
かみあい長さ	Ga	mm		6.0561
正面かみあい率	ε_α	---		1.5919
重なりかみあい率	ε_β	---		1.2282
またぎ歯数	zm	---	3	9
基準またぎ歯厚	W	mm	9.5733	32.7579
設計またぎ歯厚	W'	mm	9.4983	32.6829
測定ピッチ	dp	mm	2.156	2.105
基準円歯元寸法	dm	mm	26.2665	96.0191
設計円歯元寸法	dm'	mm	26.0824	95.8095
キャリア歯たけ	Hj	mm	1.2888	1.2597
基準キャリア歯厚	Sj	mm	1.9615	1.9634
設計キャリア歯厚	Sj'	mm	1.8820	1.8836
基準円歯末のたけ	hao'	---	1.0000	1.0000
基準円歯元のたけ	hf'o'	---	1.2500	1.2500
トポグラフ	jt	mm		0.1653

図 40.10 歯車寸法

40.6 強度計算結果

強度結果 で、図 40.11 に強度計算結果を表示します。なお、歯車強度計算は、JGMA401-01:1974,402-01:1975に基づいています。また、図 40.8 の歯車諸元は図 40.11 に示すように曲げ強さ、歯面強さ全てが満足する歯車諸元です。

各段歯車の強度結果は 1段 2段 3段 で選択することができます。

項目(曲げ)	記号	単位	ピニオン	ギヤ
許容曲げ応力	σ_{Flim}	MPa	353.0000	353.0000
曲げ有効歯幅	b'	mm	18.6350	18.6350
歯形係数	YF	---	2.9851	2.3501
荷重分布係数	Yε	---		0.8282
ねじれ角係数	Yβ	---		0.8750
寿命係数	KL	---	1.0000	1.0000
寸法係数	KFx	---	1.0000	1.0000
動荷重係数	Kv	---		1.0253
呼び円周力	Ft	N		2575.8015
許容円周力	Ftlim	N	4079.3212	5173.9595
許容馬力	PFlim	kW	6.1306	7.7871
許容トルク	TFlim	N·m	47.4414	241.0415
曲げ強さ	Sft	---	1.5814	2.0087
歯元曲げ応力	σ_F	MPa	223.2227	175.7374
項目(面圧)	記号	単位	ピニオン	ギヤ
許容ヘルツ応力	σ_{Hlim}	MPa	1314.0000	1314.0000
面圧有効歯幅	bw	mm		18.6350
領域係数	ZH	---		2.4247
寿命係数	KHL	---	1.0000	1.0000
かみあい率係数	Zε	---		0.7926
粗さ係数	ZR	---	0.9362	0.9362
潤滑速度係数	ZV	---	0.9596	0.9596
硬さ係数	ZW	---	1.0000	1.0000
荷重分布係数	KHβ	---		1.0000
動荷重係数	Kv	---		1.0253
呼び円周力	Fc	N		2575.8022
許容円周力	Fclim	N	2682.3126	2682.3126
許容馬力	Pclim	kW	4.0371	4.0371
許容トルク	Tclim	N·m	31.2405	31.2405
歯面強さ	Sfc	---	1.0414	1.0414
ヘルツ応力	σ_H	MPa	1287.6473	1287.6473

図 40.11 強度計算結果

40.7 すべり率とヘルツ応力のグラフ

インボリュート歯形の特徴としてかみ合いピッチ円ではころがり運動となりますが、これ以外ではすべりを伴う運動となります。各歯車段のすべり率とヘルツ応力の変化グラフを図 40.12 および図 40.13 に示します。

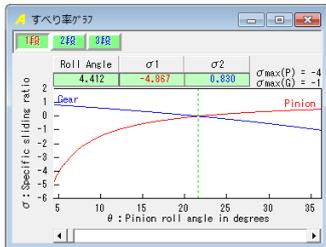


図 40.12 すべり率

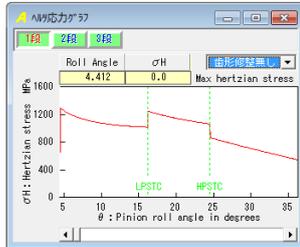


図 40.13 ヘルツ応力

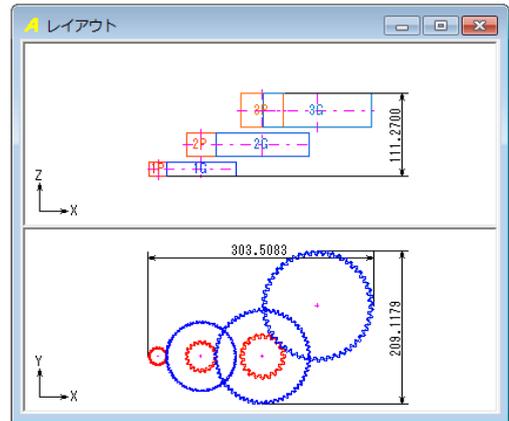


図 40.16 レイアウト 2

40.8 歯形かみ合い図

図 40.14 に各段歯車のかみ合い図を示します。コントロールフォームで歯車を回転させることもでき、また、距離計測もできます。

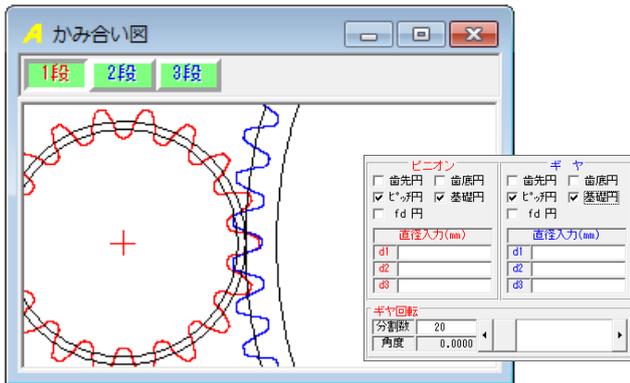


図 40.14 歯形かみ合い図

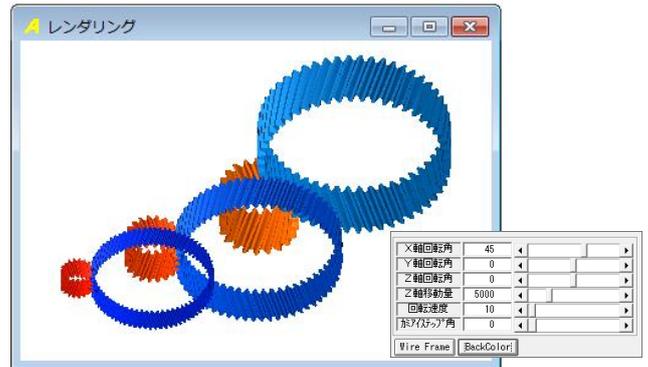


図 40.17 歯形レンダリング 1

40.9 歯形かみ合い図と歯形レンダリング

図 40.14 に各段歯車のレイアウトを示します。コントロールフォームにより寸法線や歯形を表示することができます。また、図 40.16 のように歯車を軸方向に移動して歯車側面に隙間を与えることや、歯車軸を Y 軸方向に移動することもできます。この歯形レンダリング (オプション) を図 40.17 に示します。

また、歯車軸を移動する処理は、小型の歯車装置 (小型モータ減速機等) に適しています。図 40.18 および図 40.19 に 8 段減速歯車を示します。

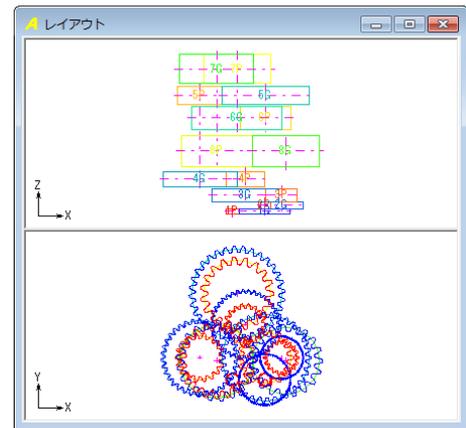


図 40.18 レイアウト 3 (8 段減速の例)

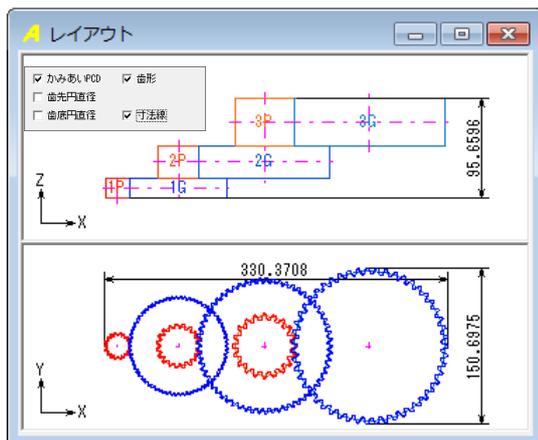


図 40.15 歯車のレイアウト 1

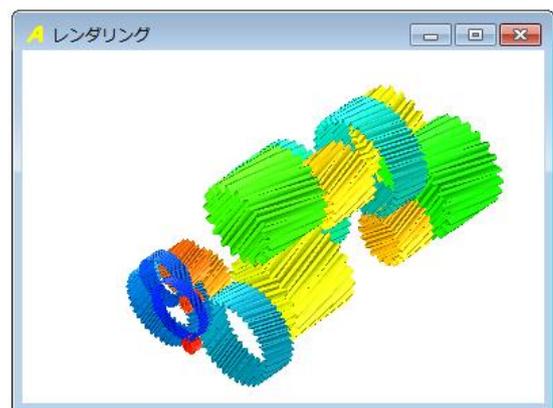


図 40.19 歯形レンダリング 2 (8 段減速の例)

40.10 軸受荷重 (オプション)

歯車に作用する荷重と、軸受けに作用する荷重を計算します。荷重の種類は、接線力、法線力など各軸受けに作用する荷重を20種類計算します。図 40.20 に計算結果を示します。

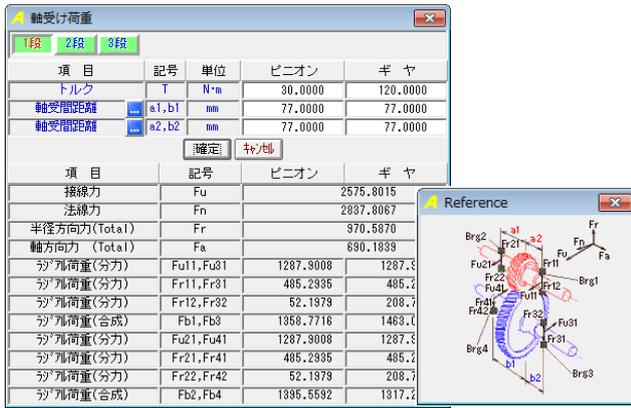


図 40.20 軸受荷重

40.11 プロパティ

(1)規準ラックと標準値

図 40.24 に規準ラックと標準値の設定画面を示します。歯幅の設定範囲や歯幅決定係数で減速機の大きさを決めることができます。

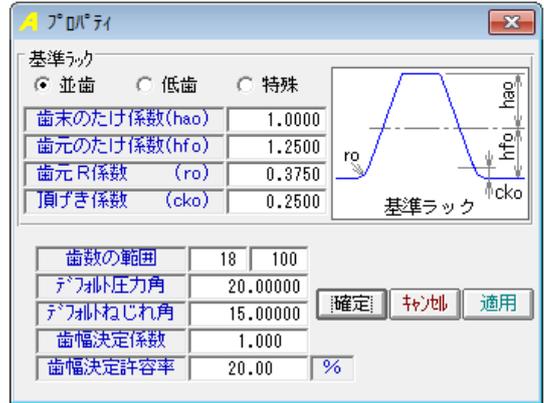


図 40.24 規準ラックと標準値

40.11 ファイル出力 (オプション)

生成した歯形とレイアウトは、図 40.21 で出力することができます。図 40.21 にレイアウトの CAD 作図例を、図 40.22 に歯車列の CAD 作図例を示します。



図 40.21 ファイル出力

(2)任意材料の登録

任意材料を図 40.25 で設定することができます。図 40.5 の材料選択で「任意材料」を選択することができます。



図 40.25 任意材料の設定

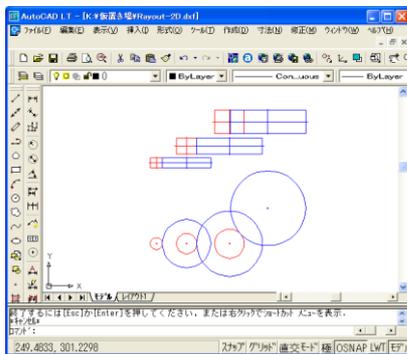


図 40.22 CAD 作図例 (レイアウト)

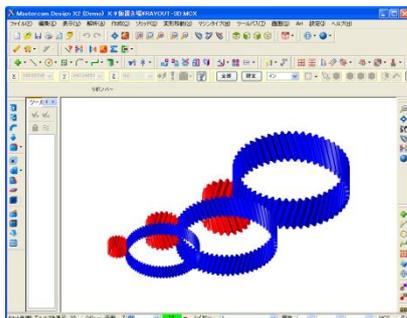


図 40.23 CAD 作図例 (歯車列)