

平成 25 年 2 月 6 日（水）13:00～14:30

- 注意：
- ・講義で配布したメモ用紙のみ，持ち込み可．電卓使用可（携帯電話等の電卓機能は使用不可）
 - ・解答に至る，途中の計算過程も記述すること．
 - ・この問題用紙は，左半分が設問，右半分が設計資料となっており，両面に印刷されている．

問題 1

標準平歯車対：

小歯車（歯数 20，回転数 250rpm ，材料：機械構造用炭素鋼（鋼），ブリネル硬さ $H_F=250$ ，材料の許容曲げ応力 220MPa ，）

大歯車（歯数 100，回転数 50rpm ，材料：鋳鉄，材料の許容曲げ応力 110MPa ）

において，モジュール 5mm ，圧力角 20° ，歯幅は小歯車，大歯車ともに 50mm とする．

歯車の曲げ強さによる許容荷重（基準円上の許容接線方向力）はルイスの式 $P = f_v \sigma_b b m y$ で与えられるものとする．

歯車の面圧強さによる許容荷重（基準円上の許容接線方向力）は $P = f_v K d_{10} b \left(\frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2} \right)$ で与えられるものとする．

ここで， P は許容荷重， f_v は速度係数で $f_v = \frac{3.05}{3.05 + v}$ （ただし， v は基準円上の周速度で， m/s 単位での数値），

σ_b は許容曲げ応力， b は歯幅， m はモジュール， y は歯形係数， K は触面応力係数（比圧縮係数）， d_{10} は小歯車の基準円直径， Z_1 は小歯車の歯数， Z_2 は大歯車の歯数を表す．

以下の設問に答えよ．

(1) 大歯車の基準円直径を求めよ．

(2) 大歯車の歯先円直径を求めよ．

(3) 小歯車の曲げ強さによる許容荷重を求めよ．

(4) 大歯車の曲げ強さによる許容荷重を求めよ．

(5) 面圧強さによる許容荷重を求めよ．

(6) この歯車対の最大伝達動力を求めよ．

問題 2

モジュール 3mm ，工具圧力角 14.5° ，歯数 32 および 46 の平歯車対について，以下の設問に答えよ．

(1) この平歯車対が転位していない標準歯車の場合，中心距離を求めよ．

(2) この平歯車対を中心距離 120mm に取り付けるために転位させる．かみ合い圧力角を求めよ．

(3) (2) の二つの転位歯車の転位係数をそれぞれもとめよ．ただし，転位係数は，歯車対の歯数の比に逆比例しているものとする．解答には歯数 32 の歯車の転位係数，歯数 46 の歯車の転位係数を区別して明記すること．

設計資料（歯車設計資料）

平歯車の歯形係数 y

歯数	圧力角 $\alpha=20^\circ$	圧力角 $\alpha=14.5^\circ$
12	0.277	0.237
13	0.292	0.249
14	0.308	0.261
15	0.319	0.270
16	0.325	0.279
17	0.330	0.288
18	0.335	0.293
19	0.340	0.299
20	0.346	0.305
21	0.352	0.311
22	0.354	0.313
24	0.359	0.313
26	0.367	0.327
28	0.372	0.332
30	0.377	0.334
34	0.386	0.342
38	0.400	0.347
43	0.411	0.352
50	0.422	0.357
60	0.433	0.365
75	0.443	0.369
100	0.454	0.374
150	0.464	0.378
300 ラック	0.474 0.484	0.385 0.390

転位歯車設計資料

$B(\alpha)$ および $B_v(\alpha)$ 関数値
($\alpha h=14.5^\circ$)

α°	0	2	4	6	8
14.5	$B(\alpha)$ 0.0000 0.0045 0.0092 0.0138 0.0186	$B_v(\alpha)$ 0.0009 0.0055 0.0101 0.0148 0.0195	$B(\alpha)$ 0.0018 0.0064 0.0110 0.0157 0.0205	$B_v(\alpha)$ 0.0027 0.0073 0.0119 0.0166 0.0215	$B(\alpha)$ 0.0036 0.0082 0.0129 0.0176 0.0224
15.0	0.0234 0.0283 0.0332 0.0382 0.0433	0.0244 0.0293 0.0342 0.0392 0.0443	0.0253 0.0302 0.0352 0.0403 0.0454	0.0263 0.0312 0.0362 0.0413 0.0464	0.0273 0.0322 0.0372 0.0423 0.0474
16.0	0.0485 0.0537 0.0590 0.0644 0.0698	0.0495 0.0548 0.0601 0.0654 0.0709	0.0505 0.0558 0.0611 0.0665 0.0720	0.0516 0.0569 0.0622 0.0676 0.0731	0.0527 0.0579 0.0633 0.0687 0.0742
17.0	0.0753 0.0809 0.0866 0.0923 0.0981	0.0764 0.0820 0.0877 0.0935 0.0993	0.0775 0.0832 0.0888 0.0946 0.1004	0.0787 0.0843 0.0899 0.0958 0.1016	0.0798 0.0854 0.0911 0.0969 0.1028
18.0	0.1040 0.1099 0.1160 0.1221 0.1283	0.1052 0.1105 0.1172 0.1240 0.1315	0.1064 0.1124 0.1184 0.1246 0.1308	0.1076 0.1136 0.1196 0.1258 0.1320	0.1088 0.1148 0.1209 0.1271 0.1333
19.0	0.1346 0.1409 0.1473 0.1538 0.1604	0.1358 0.1422 0.1486 0.1551 0.1618	0.1371 0.1435 0.1499 0.1565 0.1631	0.1384 0.1448 0.1512 0.1578 0.1644	0.1396 0.1460 0.1525 0.1591 0.1658
20.0	0.1671 0.1738 0.1807 0.1876 0.1946	0.1684 0.1752 0.1821 0.1890 0.1960	0.1698 0.1766 0.1834 0.1903 0.1974	0.1711 0.1779 0.1848 0.1918 0.1988	0.1725 0.1793 0.1862 0.1932 0.2002
21.0	0.2017 0.2088 0.2161 0.2234 0.2309	0.2031 0.2103 0.2176 0.2249 0.2324	0.2045 0.2117 0.2190 0.2264 0.2339	0.2060 0.2132 0.2205 0.2279 0.2354	0.2074 0.2146 0.2219 0.2294 0.2369
22.0	0.2384 0.2460 0.2537 0.2614 0.2693	0.2399 0.2475 0.2552 0.2630 0.2709	0.2414 0.2490 0.2568 0.2646 0.2725	0.2429 0.2506 0.2584 0.2661 0.2741	0.2444 0.2521 0.2599 0.2677 0.2757
23.0	0.2773 0.2853 0.2934 0.3017 0.3100	0.2789 0.2869 0.2951 0.3033 0.3117	0.2805 0.2885 0.2967 0.3050 0.3133	0.2821 0.2902 0.2984 0.3066 0.3150	0.2837 0.2918 0.2999 0.3083 0.3167
24.0	0.3184 0.3269 0.3355 0.3442 0.3530	0.3201 0.3286 0.3373 0.3460 0.3548	0.3218 0.3303 0.3390 0.3477 0.3566	0.3235 0.3321 0.3407 0.3495 0.3583	0.3252 0.3338 0.3425 0.3512 0.3601

触面応力係数（比圧縮係数） K の値

(K の値の単位：MPa， α ：圧力角)

歯車材料	大歯車 (かたき H4)	$\alpha=14.5^\circ$	$\alpha=20^\circ$
鋼 (150)	鋼 (150)	0.20	0.27
鋼 (200)	鋼 (150)	0.29	0.39
鋼 (250)	鋼 (150)	0.40	0.53
鋼 (200)	鋼 (200)	0.40	0.53
鋼 (250)	鋼 (200)	0.52	0.69
鋼 (300)	鋼 (200)	0.66	0.86
鋼 (250)	鋼 (250)	0.66	0.86
鋼 (300)	鋼 (250)	0.81	1.07
鋼 (350)	鋼 (250)	0.98	1.30
鋼 (300)	鋼 (300)	0.98	1.30
鋼 (350)	鋼 (300)	1.16	1.54
鋼 (400)	鋼 (300)	1.27	1.68
鋼 (350)	鋼 (350)	1.37	1.82
鋼 (400)	鋼 (350)	1.59	2.10
鋼 (500)	鋼 (350)	1.70	2.26
鋼 (400)	鋼 (400)	2.34	3.11
鋼 (500)	鋼 (400)	2.48	3.29
鋼 (600)	鋼 (400)	2.62	3.48
鋼 (500)	鋼 (500)	2.93	3.89
鋼 (600)	鋼 (500)	4.30	5.69
鋼 (150)	鋼 (鉄)	0.03	0.39
鋼 (200)	鋼 (鉄)	0.59	0.79
鋼 (250)	鋼 (鉄)	0.98	1.30
鋼 (300)	鋼 (鉄)	1.05	1.39
鋼 (150)	りん青銅	0.31	0.41
鋼 (200)	りん青銅	0.62	0.82
鋼 (250)	りん青銅	0.92	1.35
鉄 ニッケル鋼鉄 ニッケル鋼鉄	鉄 ニッケル鋼鉄 りん青銅	1.32 1.40 1.16	1.88 1.86 1.55

問題 3

転がり軸受について、下記の設問に答えよ。

- (1) 単列深溝玉軸受 呼び 6212 の基本動定格荷重は 41kN である。回転数 250rpm で寿命時間 500 時間使用し得る負荷（動等価ラジアル荷重）を求めよ。なお、荷重の種類に対する補正係数を用いる場合は、荷重係数は 1.0 とする。
- (2) 単列円筒ころ軸受 呼び N214 の基本動定格荷重は 54kN である。回転数 460rpm、負荷（動等価ラジアル荷重）10kN で使用した場合、寿命時間を求めよ。なお、荷重の種類に対する補正係数を用いる場合は、荷重係数は 1.0 とする。
- (3) (1)の単列深溝玉軸受 呼び 6212 の内径を mm の単位で答えよ。

問題 4

軸受荷重 4500N、半径すき間 0.1mm、軸直径 80mm、軸受長さ 120mm、回転数 2400rpm、潤滑油の粘性係数 0.03Pa・s のジャーナル軸受について、以下の設問に答えよ。

- (1) ゾンマーフェルト数を求めよ。
- (2) 最小油膜厚さを求めよ。但し、最小油膜厚さを求めるための偏心率は、設計資料（ゾンマーフェルト数と偏心率の関係）において、Gümbel の条件による曲線から読み取ること。
- (3) このジャーナル軸受で、軸受荷重、回転数、軸受寸法は変えずに、潤滑油のみ、粘性係数が 1/3 の 0.01Pa・s の潤滑油に変えた。この潤滑油を使用したときの最小油膜厚さを求めよ。

問題 5

6kW の動力を伝達する V ベルト伝動装置がある。V プーリの呼び径を 180mm、回転数 1500rpm、V ベルト巻掛け角 120°、V ベルト－V プーリ間の接触面の摩擦係数 0.2、ベルトの形は B 形とし、V ベルトの密度を 1.2×10³kg/m³、許容引張応力は 1.8MPa とする。ベルトの巻き掛けによる補正、過負荷・衝撃の場合の補正は考慮しなくてよい。以下の設問に答えよ。

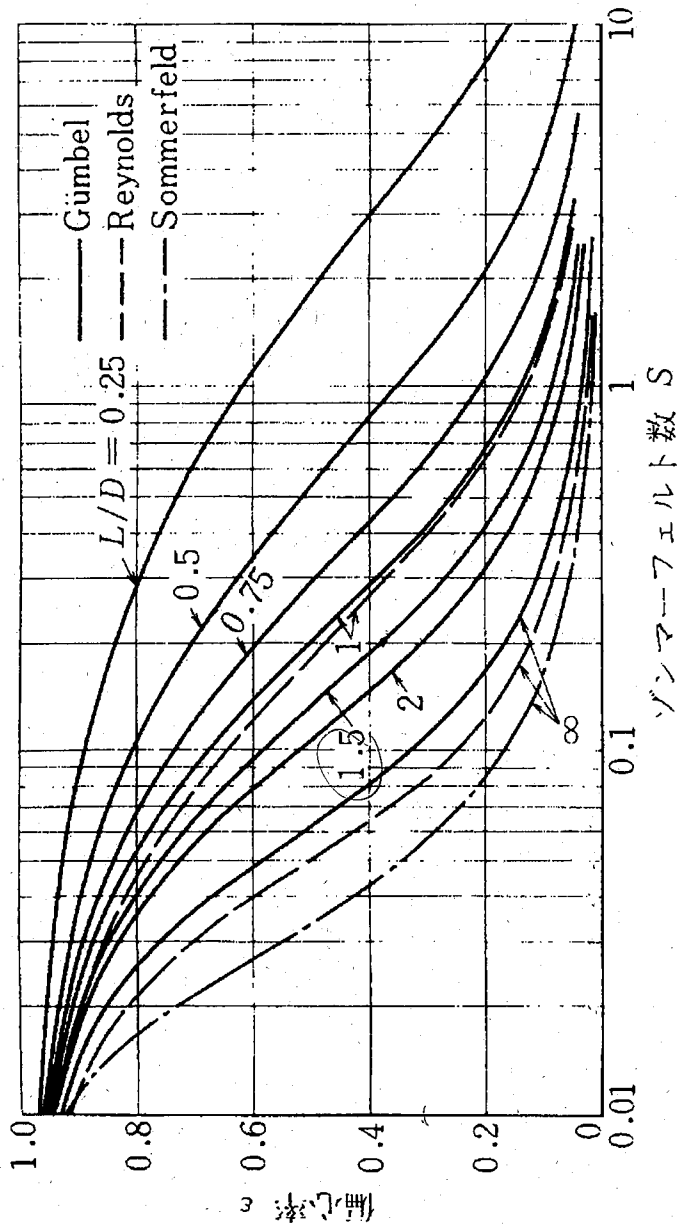
- (1) V ベルトの 1 本当たりの伝達動力を求めよ。ただし、V ベルトに作用する遠心力を考慮すること。
- (2) この装置における V ベルトの必要本数を求めよ。

問題 6

下記の設問に答えよ。

- (1) 標準歯車（無転位歯車）を転位することによって得られる効果を 3 つ述べよ。
- (2) JIS の V ベルトの断面の頂角は 40° であるが、V プーリの溝の頂角は 40° 未満の角度（34° ～38° ）である。V ベルトと溝の頂角が異なる理由を述べよ。
- (3) 鋼球を平らな鋼板にのせて、鋼球に鋼板に垂直な荷重を加える。鋼球と鋼板の接触部の形状を答えよ（長方形、楕円、円などの形状で答えること）。さらに、荷重が 3 倍に増加したとき、接触部の最大接触圧力は何倍になるかを述べよ。
- (4) 歯車の歯形曲線の一種であるインボリュート曲線を、簡潔に説明せよ。ただし、説明の文章には「基礎円」を含むこと。

設計資料（ジャーナル軸受設計資料）



L：軸受長さ，D：軸受直径

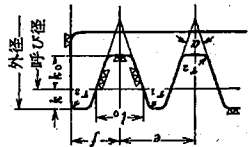
設計資料（V ベルト・V プーリ設計資料）

V ベルトの断面形状と引張強さ（JIS K 6323-1976 参照）

形	θ 度	断面積 (約mm) ²
M	40	44
A	40	83
B	40	137
C	40	237
D	40	467
E	40	732

V ベルト車のみぞ部の形状および寸法（JIS B 1854-1965 参照）

V の ベルト の型別	呼 び 径	α 度	l ₀	b	h ₀	e	f	r ₁	r ₂	r ₃
M	50 以上 71 以下 71 をこえ 90 以下 90 をこえるもの	34 36 38	8.0	2.7	6.3	—	9.5	0.2	0.5	1
A	71 以上 100 以下 100 をこえ 125 以下 125 をこえるもの	34 36 38	9.2	4.5	8.0	15.0	10.0	0.2	0.5	1
B	125 以上 160 以下 160 をこえ 200 以下 200 をこえるもの	34 36 38	12.5	5.5	9.5	19.0	12.5	0.2	0.5	1
C	200 以上 250 以下 250 をこえ 315 以下 315 をこえるもの	34 36 38	16.9	7.0	12.0	25.5	17.0	0.2	1.0	2
D	355 以上 450 以下 450 をこえるもの	36 38	24.6	9.5	15.5	37.0	24.0	0.2	1.6	3
E	500 以上 630 以下 630 をこえるもの	36 38	28.7	12.7	19.3	44.5	29.0	0.2	1.6	4



1) M 形は原則として 1 本掛けとする。