平成 26 年度　機械設計Ⅱ（Ame2：担当 佐藤）学期末試験問題

平成 27 年 2 月 4 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

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 6312 の基本動定格荷重は 64kN である．回転数 1200rpm で寿命時間 5000 時間の運転を保証するとき，この軸受にかけることができる負荷（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) (1)の単列深溝玉軸受 呼び 6312 の内径を mm の単位で答えよ．

(3) 単列円筒ころ軸受 呼び N212 の基本動定格荷重は 44kN である．回転数 1200rpm で寿命時間 5000 時間の運転を保証するとき，この軸受にかけることができる負荷（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．

問題 2

モジュール 3mm，工具圧力角 20°，歯数 32 および 48 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 122.5mm 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 48 の歯車の転位係数を区別して明記すること．

問題 3

4kW の動力を伝達する V ベルト伝動装置がある．駆動側の V プーリの呼び径を 164mm，回転数 1200rpm，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 1.2×10^3kg/m^3，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) この V プーリと V ベルトの見かけの摩擦係数を求めよ．

(2) この V ベルトの最大許容張力を求めよ．

(3) この 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．

(4) この V ベルト動力伝達装置に必要な V ベルトの本数を求めよ　　\200 r

－裏面につづく－

設計資料

転位歯車設計資料

工具圧力角 α_h ($\alpha_h=20°$)

$B(\alpha)$ および $B_v(\alpha)$ 関数値 (2)

$\alpha°$	0		2		4		6		8	
	$B(\alpha)$	$B_v(\alpha)$	$B(\alpha)$	$B_v(\alpha)$	$B(\alpha)$	$B_v(\alpha)$	$B(\alpha)$	$B_v(\alpha)$	$B(\alpha)$	$B_v(\alpha)$
20.0	.000 00	.000 00	.000 13	.000 13	.000 26	.000 26	.000 38	.000 38	.000 51	.000 51
1	.000 64	.000 64	.000 77	.000 77	.000 90	.000 89	.001 03	.001 02	.001 15	.001 15
2	.001 28	.001 28	.001 41	.001 41	.001 55	.001 54	.001 68	.001 67	.001 81	.001 79
3	.001 94	.001 92	.002 07	.002 05	.002 20	.002 18	.002 33	.002 31	.002 46	.002 44
4	.002 60	.002 57	.002 73	.002 70	.002 86	.002 83	.003 00	.002 96	.003 13	.002 09
5	.003 26	.003 22	.003 40	.003 36	.003 53	.003 49	.003 67	.003 62	.003 80	.003 75
6	.003 94	.003 88	.004 07	.004 01	.004 21	.004 15	.004 35	.004 28	.004 48	.004 41
7	.004 62	.004 54	.004 76	.004 67	.004 89	.004 81	.005 03	.004 94	.005 17	.005 07
8	.005 31	.005 21	.005 45	.005 34	.005 58	.005 47	.005 72	.005 61	.005 86	.005 74
9	.006 00	.005 87	.006 14	.006 01	.006 28	.006 14	.006 42	.006 28	.006 56	.006 41
21.0	.006 71	.006 55	.006 85	.006 68	.006 99	.006 82	.007 13	.006 95	.007 27	.007 09
1	.007 42	.007 22	.007 56	.007 36	.007 70	.007 49	.007 85	.007 63	.007 99	.007 77
2	.008 13	.007 90	.008 28	.008 06	.008 42	.008 18	.008 57	.008 31	.008 71	.008 45
3	.008 86	.008 59	.009 00	.008 73	.009 15	.008 86	.009 30	.009 00	.009 44	.009 14
4	.009 60	.009 28	.009 74	.009 41	.009 89	.009 55	.010 03	.009 69	.010 18	.009 83
5	.010 33	.009 97	.010 48	.010 11	.010 63	.010 25	.010 78	.010 39	.010 93	.010 53
6	.011 08	.010 67	.011 23	.010 81	.011 38	.010 95	.011 53	.011 09	.011 68	.011 23
7	.011 84	.011 37	.011 99	.011 51	.012 14	.011 65	.012 29	.011 79	.012 45	.011 93
8	.012 60	.012 07	.012 75	.012 21	.012 91	.012 35	.013 06	.012 50	.013 21	.012 64
9	.013 37	.012 78	.013 52	.012 92	.013 68	.013 06	.013 84	.013 21	.013 99	.013 35
22.0	.014 15	.013 49	.014 31	.013 63	.014 46	.013 78	.014 62	.013 92	.014 78	.014 06
1	.014 94	.014 21	.015 09	.014 35	.015 25	.014 50	.015 41	.014 64	.015 57	.014 78
2	.015 73	.014 93	.015 89	.015 07	.016 05	.015 22	.016 21	.015 36	.016 37	.015 51
3	.016 53	.015 65	.016 69	.015 80	.016 86	.015 95	.017 02	.016 09	.017 18	.016 24
4	.017 34	.016 38	.017 51	.016 53	.017 67	.016 68	.017 83	.016 82	.018 00	.016 97
5	.018 16	.017 12	.018 33	.017 26	.018 49	.017 41	.018 66	.017 56	.018 82	.017 71
6	.018 99	.017 85	.019 15	.018 00	.019 32	.018 15	.019 49	.018 30	.019 66	.018 45
7	.019 82	.018 60	.019 99	.018 74	.020 16	.018 89	.020 33	.019 04	.020 50	.019 19
8	.020 66	.019 34	.020 84	.019 49	.021 01	.019 64	.021 18	.019 79	.021 35	.019 94
9	.021 52	.020 09	.021 69	.020 24	.021 86	.020 39	.022 03	.020 54	.022 21	.020 64
23.0	.022 38	.020 85	.022 55	.021 00	.022 72	.021 15	.022 90	.021 30	.023 07	.021 45
1	.023 25	.021 60	.023 42	.021 76	.023 60	.021 91	.023 77	.022 06	.023 95	.022 21
2	.024 12	.022 37	.024 30	.022 52	.024 48	.022 67	.024 65	.022 83	.024 83	.022 98
3	.025 01	.023 13	.025 19	.023 29	.025 36	.023 44	.025 54	.023 60	.025 72	.023 75
4	.025 90	.023 90	.026 08	.024 06	.026 26	.024 21	.026 44	.024 37	.026 62	.024 52
5	.026 80	.024 68	.026 99	.024 84	.027 17	.024 99	.027 35	.025 15	.027 53	.025 30
6	.027 71	.025 46	.027 90	.025 62	.028 08	.025 77	.028 27	.025 93	.028 45	.026 09
7	.028 63	.026 24	.028 82	.026 40	.029 00	.026 56	.029 19	.026 72	.029 38	.026 87
8	.029 56	.027 03	.029 75	.027 19	.029 93	.027 35	.030 12	.027 51	.030 31	.027 67
9	.030 50	.027 83	.030 69	.027 98	.030 88	.028 14	.031 07	.028 30	.031 26	.028 46
24.0	.031 45	.028 62	.031 63	.028 78	.031 83	.028 94	.032 02	.029 10	.032 20	.029 26
1	.032 40	.029 42	.032 59	.029 58	.032 79	.029 75	.032 98	.029 91	.033 17	.030 07
2	.033 37	.030 23	.033 56	.030 39	.033 75	.030 56	.033 95	.030 72	.034 14	.030 88
3	.034 34	.031 04	.034 53	.031 20	.034 73	.031 37	.034 93	.031 53	.035 12	.031 69
4	.035 32	.031 85	.035 52	.032 02	.035 72	.032 18	.035 91	.032 35	.036 11	.032 51
5	.036 31	.032 67	.036 51	.032 84	.036 71	.033 00	.036 91	.033 17	.037 11	.033 33
6	.037 31	.033 50	.037 51	.033 66	.037 72	.033 83	.037 92	.033 99	.038 12	.034 16
7	.038 32	.034 33	.038 53	.034 49	.038 73	.034 66	.038 93	.034 82	.039 14	.034 99
8	.039 34	.035 16	.039 55	.035 32	.039 75	.035 49	.039 96	.035 66	.040 16	.035 83
9	.040 37	.036 00	.040 58	.036 16	.040 78	.036 33	.040 99	.036 50	.041 20	.036 67
25.0	.041 41	.036 84	.041 62	.037 01	.041 83	.037 17	.042 03	.037 34	.042 24	.037 51
1	.042 46	.037 68	.042 67	.037 85	.042 88	.038 02	.043 09	.039 19	.043 30	.038 36
2	.043 51	.038 53	.043 72	.038 70	.043 94	.038 87	.044 15	.039 05	.044 36	.039 22
3	.044 58	.039 39	.044 79	.039 56	.045 01	.039 73	.045 22	.039 90	.045 44	.040 08
4	.045 66	.040 25	.045 87	.040 42	.046 09	.040 59	.046 31	.040 77	.046 52	.040 94

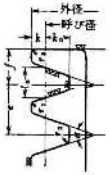
V ベルト・V プーリ設計資料

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)

(単位 mm)



Vのベルト形別	呼び径	α 度	l_0	k	k_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	—[1]	9.5	0.2 ～ 0.5	0.5 ～ 1.0	1 ～ 2
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	0.5 ～ 1.0	1 ～ 2
B	125 以上 160 以下 160 をこえ200以下 200 をこえるもの	34 36 38	10.6	5.5	9.5	19.0	12.5	0.2 ～ 0.5	0.5 ～ 1.0	1 ～ 2
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 ～ 0.5	1.0 ～ 1.6	2 ～ 3
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 ～ 0.5	1.6 ～ 2.0	3 ～ 4
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 ～ 0.5	1.6 ～ 2.0	4 ～ 5

[1] M 形は原則として 1 本掛けとする．

問題4

標準平歯車対：

小歯車（歯数 24，材料：機械構造用炭素鋼（鋼），ブリネル硬さ H_B 250，材料の許容曲げ応力 220MPa,）

大歯車（歯数 75，回転数 100rpm，材料：鋳鉄，材料の許容曲げ応力 110MPa）

において，モジュール 4mm，圧力角 20°，歯幅は小歯車，大歯車ともに 32mm 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 $P = f_v K d_{10} b \left(\dfrac{2Z_2}{Z_1 + Z_2} \right)$ 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 $f_v = \dfrac{3.05}{3.05 + v}$ （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）であり，かみあう二つの歯車を①，②としたとき，d_{10} は歯車①の基準円直径，Z_1 は歯車①の歯数，Z_2 は歯車②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5

軸受荷重 6000N，半径すき間 0.1mm，軸直径 80mm，軸受長さ 160mm，回転数 1800rpm，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 1/2 の 0.015Pa·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．

設計資料

平歯車の歯形係数 y

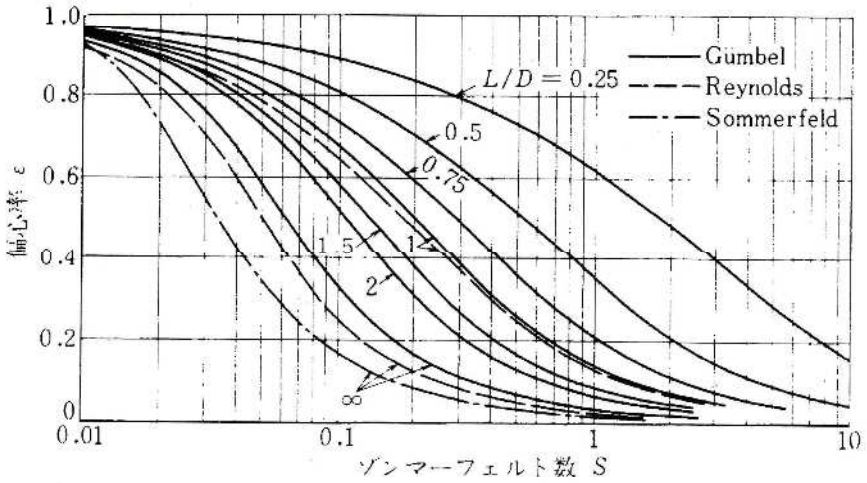
歯数	圧力角 α=20°	圧力角 α=14.5°
12	0.277	0.237
13	0.292	0.249
14	0.308	0.261
15	0.319	0.270
16	0.325	0.279
17	0.330	0.288
18	0.335	0.293
19	0.340	0.299
20	0.346	0.305
21	0.352	0.311
22	0.354	0.313
24	0.359	0.313
26	0.367	0.327
28	0.372	0.332
30	0.377	0.334
34	0.386	0.342
38	0.400	0.347
43	0.411	0.352
50	0.422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

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 小歯車（ブリネル硬さ H_B）	歯車材料 大歯車（ブリネル硬さ H_B）	K MPa α= 14.5°	K MPa α= 20°
鋼 (150)	鋼 (150)	0.20	0.27
〃 (200)	〃 (150)	0.29	0.39
〃 (250)	〃 (150)	0.40	0.53
鋼 (200)	鋼 (200)	0.40	0.53
〃 (250)	〃 (200)	0.52	0.69
〃 (300)	〃 (200)	0.66	0.86
鋼 (250)	鋼 (250)	0.66	0.86
〃 (300)	〃 (250)	0.81	1.07
〃 (350)	〃 (250)	0.98	1.30
鋼 (300)	鋼 (300)	0.98	1.30
〃 (350)	〃 (300)	1.16	1.54
〃 (400)	〃 (300)	1.27	1.68
鋼 (350)	鋼 (350)	1.37	1.82
〃 (400)	〃 (350)	1.59	2.10
〃 (500)	〃 (350)	1.70	2.26
鋼 (400)	鋼 (400)	2.34	3.11
〃 (500)	〃 (400)	2.48	3.29
〃 (600)	〃 (400)	2.62	3.48
鋼 (500)	鋼 (500)	2.93	3.89
〃 (600)	〃 (600)	4.30	5.69
鋼 (150)	鋳鉄	0.03	0.39
〃 (200)	〃	0.59	0.79
〃 (250)	〃	0.98	1.30
〃 (300)	〃	1.05	1.39
鋼 (150)	りん青銅	0.31	0.41
〃 (200)	〃	0.62	0.82
〃 (250)	〃	0.92	1.35
鋳鉄	鋳鉄	1.32	1.88
ニッケル鋳鉄	ニッケル鋳鉄	1.40	1.86
ニッケル青銅	りん青銅	1.18	1.55

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