

第三部 各種ノ技術問題

第一章 「デュラルミン」ノ熱處理及作業

「デュラルミン」ノ組成 多クノ發明品ノ如ク「デュラルミン」ノ發見モ亦偶然ノ產物ナリ、「アルミニウム」ノ多クノ不純物ヲ除去セント努メツ、アリテ其ノ中ニ最モ執拗ナル二成分ノ存在スルコトヲ明カニセリ「マグネシウム」及「硅素」是レナリ、此ノ二成分ハ金屬ノ機械的性質ヲ増加ス、其ノ結果到ル所ニ輕金屬ノ專問冶金家ガ最モ適當ナル成績ヲ示ス此等ノ二物質ノ比率ヲ探究シ且他ノ物質ヲ加ヘ金屬ノ機械的性質ノ最良ノモノヲ得ント努メタリ

今ヤ自然ニ標準種ナルモノヲ生ジ實用セラレアル輕合金ハ殆ド次ニ掲グル數ヲ過度ニ遠ザカルモノナシ

第一種「アルミニウム」(分析表中ニ不純物ナキモノ)

鐵 (輕合金ノ比率ニ對シテ不純物ヲ現ハサザルモノ)

硅 素

銅

マグネシウム

マンガン

計

佛國 米國

94.5% } 94.25

0.25

0.25 0.35

4.00 4.00

0.50 0.80

0.50 0.60

100.00 100.00

然レドモ此等ノ數ハ公式ノ値ニアラズ、既ニ述ベタル如ク佛國ノ規格ニハ高抵抗輕合金ノ組成ニ關シテ何等ノ規定ヲ保有セズ、此ノ輕合金ノ理論ハ實際其ノ進歩ヲ結晶化セシムルニハ時期尙早ナリ、即チ現ニ規格編纂以來此ノ輕合金ノ組成ハ既ニ稍々高メラレタルモ此ノ進歩ガ終了セルモノトハ言フコトヲ得ズ

「デュラルミン」ノ構造

鋼ノ如ク「デュラルミン」モ亦單ナル混合物ニアラズシテ明瞭ナル化學的組成ヲ有スルモノ、固溶體及化合物ニモ固溶物ニモアラザル物質ヲ同時ニ保有ス

本材料ニ關スル最モ重要ナル研究結果ハ英國ノ「ハウソオン」及「ガイラー」、日本ノ今野教授、米國ノ「メリカ」及佛國ノ「ボルトゲン」及「セヴナル」ノモノトス

彼等ハ合金ノ中ニ二成分即チ Mg_2Si 及 $CuAl_2$ カ或ハ固溶體トシ或ハ自由ノ狀態ニテ存在スルコトニ意見ノ一致ヲ見タリ

$Al-Mg_2Si$ 及 $Al-Al_2Cu$ ノ平衡「ダイヤグラム」ノ要圖附圖第四十五、四十六ノ如シ銅ニ對スル如ク健淬ニ依リテ高溫度ニ於テ存在スル狀態ヲ常溫ニマデ延長シテ特別ナル組織ヲ金屬ニ與フルコトヲ得、然レドモ「デュラルミン」ニ於テハ冷却後數日間連續セル現象ヲ有ス、即チ之ヲ「デュラルミン」ノ老硬ト云フ又健淬ノ條件ノ函數ナルベキ金屬ノ特性ノ變化ハ銅ニ比シ一層複雑ナルモノトス其ノ理由次ノ如シ

第一、「デュラルミン」ニ對シテハ常溫ガ反淬溫度ナルコト

第二、銅ニ在リテハ單ニ炭素ノミナリシモ「デュラルミン」ニ在リテハ Mg_2Si 及 $CuAl_2$ 存在シ現象ヲ複雑ニス

健淬及反淬ノ現象ノ性質的研究

Mg_2Si カ「デュラルミン」中ニ存在スル比率ニ對應スル縱線ヲ(1)ノ「ダイヤグラム」中ニテ(3)ノ範圍ヨリ僅カニ右ノ方ニシテ(4)ノ範圍内ニ引キタリトス若シモ(3)ノ範圍ニアル點ヲ通過セシムル如ク熱シ且ツ冷却セバ總テノ硅素化合物ハ固溶スベク此ノ場合金屬ハ最大ノ延伸性ヲ表ハス次ニ(常溫ガ軟過溫度ナラバ)硅素化合物ハ靜カニ(約四日間)超顯微鏡狀態ニ進ム實驗者ハ此ノ物質ヲ「コロイド」組織ノ一種ナリト想象セリ、此ノモノハ延伸ヲ害スルコトナク抗力ヲ増加ス(通常少クモ)

若シモ(3)ノ範圍ニアル點ヲ通過セシムルニ不十分ナル溫度ニ熱スレバ總テノ硅化物ハ固溶セズ然レドモ現象ノ有様ハ同一ナリ、(2)ノ範圍ヲ除キテハ合金ガ分離シ始ムル健淬ノ臨界溫度ナシ

加熱間銅ノ「アルミニウム」化合物ノ大部分モ亦固溶體ノ狀態ニ移ルベシ又或ハ此ノ狀態ニ於テ或ハ寧ロ極メテ微粒ノ狀態ニ於テ健淬後常溫ニ於テ金屬ノ抗力及彈性界ヲ改善スベシ然レドモ上述ノ合金ニ於テ見タル所ト相反シ常溫ハ反淬溫度ニアラズシテ「アルミニウム」銅合金ハ老硬スルコトナシ

Al_2Cu ヲ以テ反淬ヲ得ルニハ 300 又ハ 350° ニ熱スルヲ要ス軟過後此ノ溫度ニ於テ R 及 E ノ重要ナル低下ヲ生ズ且相關係シテ延伸性ノ増加ヲ來ス第二部ニ於テ既ニ實際問題トシテ此ノ性質ヲ利用シ溶

接「ランプ」ニ依リ小部品ノ引伸シ作業ノコトニツキ述べタリ、

Mnニ於テハ單ニ其ノ存在ニヨリテ金屬ヲ硬クス此ノ金屬ニ對シテハ何等臨界溫度存在セズ

熱處理機械處理及各種事項ノ金屬ノ性質ニ及ボス影響

處理溫度ノ影響 (附圖第四十七)

吾人ガ「デュラルミン」ヲ外溫及約 500° ノ間ノ某溫度ニ保持スルトキ及之レヲ冷却スルマ、トシ置カバ健淬及軟過ノ效果同時ニ表ハル溫度 200° 附近マデハ效果十分ナラス但シ金屬ノ老硬期間ヲ除ク即チ 200° ニ於テハ老硬作用ハ促進セラル、 350° 及 570° ノ間ニ於テ軟過ノ效果ハ極メテ著明ナリ、抗力及彈性界ノ著明ナル低下ニ依リ CuAl_2 ノ一部ノ凝固 (超顯微鏡組織ヨリ稍大ナル粒子ニ移ルコト)ヲ生ズ然レドモ延伸率ハ増加ス

370° 以上ニ於テハ健淬ノ效果ハ漸次著明トナリ 480° 若クハ 500° 附近ニ於テ最大值ヲ取ル (溶解開始點ノ直下トス) 故ニ最モ重要ナル熱處理ノ溫度ハ 360° 及 480° トス

健淬後ノ冷却速度ノ影響

360° ノ處理ニ於テハ冷却速度ハ抗力ニ對シテ效果ナシ彈性界ハ迅速ナル冷却ニ依リテ稍増加セラル然レドモ延伸率ハ減少ス

此ノ熱處理ハ通常機械作業ノ前ニ採用セラル、ガ故ニ緩冷ヲ最モ有利ナリトス即チ吾人ハ自然ノ靜穩大氣ニ依リ又ハ毎時 100° ノ率ニテ冷却セバ更ニ良好ナルヲ知ル

之レニ反シ 480° ノ健淬ニ於テハ總テノ機械的特性ハ冷却ノ迅速ニ依リ増加ス故ニ一般ニ水冷却ヲナス

水健淬ハ附帶的ニ金屬ヲ鹽ノ湯中ニテ熱シタル場合ニハ金屬ノ表面ヲ磨クノ利益アリ

老硬ニ對スル時間ノ影響 (附圖第四十八)

時間ハ 360° ノ健淬ノ場合ニハ金屬ノ性質ニ對シテ著明ナル影響ヲ有セズ 480° ノ場合ニハ之レニ反シ始メノ四日間ニハ R 及 Eハ緩徐ニ増加シ Aハ更ニ其ノ始ノ値ニ近ヅク

老硬ニ對スル溫度ノ影響 溫度 200° ヲ超過セザルコトヲ條件トシテ溫度ノ高キ程老硬ノ作用ハ速カニシテ 20° ニ於テハ四時間ニテ終了ス

「デュラルミン」ノ性質ニ對スル冷間機械處理ノ影響 「デュラルミン」ハ柔軟狀態ニテノミ處理セラル換言セバ360°ノ健淬後若シクハ480°ニ於ケル健淬後ニシテ老硬ノ前ニ於テ行フ

吾人ガ「デュラルミン」ニ對シ此ノ條件ニテ摘要シ得ル機械作業ノ最大ハ50%ノ拉伸(延伸)ニ依リテ特性ヲ表ハスコトヲ得換言セバ若シモSガ棒(板)ノ始メノ斷面ニシテSガ最後ノ面積ナラバ $\frac{S-s}{s}$
 $=\frac{1}{2}$ ナル如クスルコトニ依リテ表示シ得

R、E、及Aノ變化附圖第四十九ノ如シ

原則トシテ拉伸ニ類スル急激ナル作業ノ後ニハ常ニ軟過シ更ニ健淬スルヲ要ス然レドモ綴釘、ノ判然タル型打又ハ打型ノ如キ作業ハ軟過スルコトナク實施スルコトヲ得

「デュラルミン」ノ熱處理ノ實際的指導

加 熱 處理スベキ部品ニ處理ノ溫度ニ等シク且極メテ規則正シキ溫度ヲ確保セシムル爲ニ通常硝酸湯ヲ用フ此ノ湯ノ組成分ハ主トシテ55%ノ硝酸加里及45%ノ硝酸「ナトリウム」ヨリ成ル

湯ハ鐵付又ハ綴釘セル「タンク」ノ中ニ入レ其ノ「タンク」ハ上方ハ可動扉ニヨリテ閉ヂラル之レヲ煉瓦製ノ爐中ニ置キ「コークス」爐或ハ「ガス」又ハ「マズー」(一種ノ重油)ノ燃燒裝置ニ依リテ暖ム

金屬板ハ之レヲ30分間加熱シ中等寸度ノ型部品ハ一時間トス

容積ノ大ナル部品(大ナル板又ハ帶板)ニ對シテハ電氣爐又ハ瓦斯爐ヲ用フ加熱時間ハ一時間トス

溫度ハ極メテ正確ニ檢査セラレザルベカラズ屢々檢査セラレタル寒暖計又ハ高溫計ノ助ケニ依ル

健 淬 480°ノ健淬ノ際ニハ15°ノ水ヲ用フルコト360°ノ處理ノ場合ニハ一時間100°ノ冷却速度ヲ以テスルヲ綿密ナル作業ニ對シテハ有利ナリトス此ノ條件ハ最大延伸性ヲ表ハスヲ以テナリ

健淬後ノ冷間作業 健淬後三乃至四時間以内ニアラザレバ「デュラルミン」ノ作業ヲナスベカラズ、尙冷却後引續キ大變形ヲ加フル作業ヲ實施スルヲ有利トス如何ナル限界ニテ新ナル處理ヲシ作業ヲ實施シ得ルヤハ實際ノ經驗ヲ有スルモノノミカ定メ得ルモノトス
吾人ハ通常球壓試驗ニ依リテ抗力ヲ檢スルモ要スレバ延伸性ヲモ

檢ス而シテ之等ノ値ハ常ニ交付「デュラルミン」ノ規格ニ依リ定メラレタル値ニ達スベキナリ

第二章 金屬ノ疲勞

金屬ノ疲勞ハ長期ノ使用後材料ノ機械的ノ性質ノ減少ヲ來ス、金屬ノ疲勞ハ物理的及化學的ノ多クノ原因ニ依リテ起ルベシ（後ニ研究スベキ錆ハ疲勞ノ一現象ナリ）然レドモ最モ活發ナル疲勞ノ原因ハ反覆スル周期力ノ作用ナリトス（此ノ周期力ハ其ノ値極メテ小ニシテ且ツ彈性界以下ナルコト明カナル場合ニ於テスラ）即チ金屬ニ作用スル平均力ニ此ノ周期力ガ作用シテ荷重ハ次ノ如キ式ヲ以テ表ハサル、ニ至ル時ナリトス

$$Q = F_0 + f_0 \sin t$$

某部品ニ作用スル周期力ノ値、明瞭ニ決定セラレ且部品ノ形狀モ亦規整ナルトキハ容易ニ疲勞ノ問題ヲ解決シ得ベシ實驗所ニ於テハ可變荷重ヲ作用セシメ破斷ノ生起スル條件ヲ定ム即チ各荷重ニ於テ破斷スルマデニ何回ノ交番數ニ耐ヘ得ルヤヲ計算ス即チ之レニ依リテ如何ナル荷重ヲ作用セシメ得ベキヤヲ判定シ得ベシ斯クノ如クシテ鐵道會社ハ「レール」ニ對シテ其ノ破斷ヲ來サザル如キ限界率ヲ決定スル方法ヲ始メタリ、（疲勞ハ衝突ニ依リテ起リ衝突ノ最大力ノ値ハ各接合點ニ車輪ノ衝突スルヲ原因トシ此ノ値ハ評價シ得ベシ尙ホ此ノ外ニ鐵道車輪ニ對シテ回轉屈撓ノ疲勞ヲ決定シ得タリ）

航空部品ハ未ダ疲勞ニ對スル研究十分進歩シアラズ、然レドモ其ノ抗力上ノ見地ヨリセバ他流ノ製作ニ於テ最モ大ナル安全度ヲ有シタルモノヲ航空ニ對シテモ摘要セザルヲ得ズ、其ノ主ナル理由ハ三アリ、即チ部品ガ他ノ多クノモノヨリモ複雑ナル形狀ヲ有スルコト之レニ作用スル力ガ非常ニ變化スルコト及使用材料ガ比較的新發見ノモノナルコト換言セバ材料ノ實驗日尙淺ク問題極メテ複雑ニシテ恐ラク未ダ十分ナル方法ナク各種實驗所ニテ得タル成績ノ間ニ一致點ヲ見出サザルベシ

次ニ實施セル研究ノ原理ノ假成績等ニツキ簡潔ニ説明スベシ又其ノ全般ニ亘リテ研究スルヲ要スベキ問題ニ關シテ若干ノ指示ヲ與フベシ

實施スベキ主ナル試験 疲勞試験中最モ興味アルモノヲ示セバ
次ノ如シ

振動ニ對スル抗力

反覆衝擊ニ對スル抗力

回轉屈撓抗力

之レ等ノ機械的ノ仕事ハ其ノ關係條件ニ依リテ著シク變化スルコトアルベキハ勿論ナリ

振動ニ對スル抗力

電磁石ノ方法（附圖第五十） 輕合金薄板ノ抗力ヲ檢スル爲ニ圖ノ始キ形ヲ有スル試験片ヲ切り取ルベシ此ノ試験片ノ兩側ニ軟鋼板ヲ鑲釘ス二箇ノ「コイル」アリテ之レニ周期50回秒ノ交流ヲ作用セシメ之ニ依リ軟鋼板ニ交互ニ正負ノ磁性ヲ與フルモノトス一箇ノ永久磁石ガ二「コイル」ノ間ニ位置シ軟鋼板ハ上下ニ每秒50回ノ周期ニ依リテ振動スベシ此ノ振動數ヲ調整スル爲張力ヲ調製スル裝置ヲ有シ此ノ張力ヲ讀解シ得ル爲ニ張力計ヲ備フ、尙ホ別ニ自記器アリテ振幅ノ良否ヲ判定スルニ供ス

佛國航空技術部ノ技師「ルクウヅル」氏ノ試験ニ依リテ得タル成績次ノ如シ

供 試 品	金 質 徴 數			附着板 ノ厚サ	試験片 ノ厚サ	初張力	平 均 振 幅	破斷ニ至ル 振動時間
	E	R	A					
デュラルミン	22	38	16	10/10	10/10	280	10 ^m / _m	13.00 ⁿ
同 上	—	—	—	—	10/10	280	10	13.20
中等以下ノ鋼	18	24	10	—	10/10	—	10	6.30
青 銅	26	35	40	—	10/10	280	10	11.30
デュラルミン	22	38	16	75/10	10/10	280	10 ^m / _m	7.45 ⁿ
同 上	—	—	—	—	—	280	10 ^m / _m	4.00
中等以下ノ鋼	18	24	10	—	10/10	—	—	4.30
青 銅	26	35	40	—	10/10	280	—	4.00
銅アルミニウム	15	44	60	—	10/10	400	—	16.00 ⁿ

此等ノ成績ニ依レバ吾人ガ全ク附帶的ノモノト見做シ得ベキ添加

小鋼板ニ依リテ形成セラル、過剩荷重ノ重要ナルコトヲ知ル此ノコトハ次ニ掲グル過剩荷重ノ効果ヲ知ル目的ヲ以テ實施セル實驗ニ依リテ裏書セラル

供 試 品	實 驗 條 件	破斷ニ至ル迄ノ振動時間
$\frac{20}{10}$ ノ 鋼 板	過剩片ヲ附シタルモノ	3
$\frac{15}{10}$ _____		$4^H 30$
$\frac{10}{10}$ _____		$6^H 30$
$\frac{5}{10}$ _____		14.30
同一ノ四試験片	之レナキモノ	> 200

之レニ依リ之レヲ見バ振動夫自身ニヨリテ破斷スルコトヨリモ過剩重量ヲ附加セル附帶力ノ作用ノ方大ナルコトヲ示ス、後ニ本件ニ關スル結論ヲ述ブベシ

次ノ成績ハ熱處理ノ重要ナルコトヲ示ス而シ吾人ハ之等ノ試驗ニ對シテハ通常其ノ結論ヲ速カニ得ル目的ヲ以テ超過片ヲ附シテ行フヲ有利トスルコトアリ

金屬ノ狀態	M			附着板ノ厚サ	試験片ノ厚サ	初張力	平均振幅	破斷スル迄ノ振動時間
	E	R	A					
自然ノモノ 健洋ニ對シ僅カニ 冷間鍛鍊狀ヲ呈セルモノ	30	39	16	$\frac{20}{10}$	$\frac{15}{10}$	275^{kp}	10^m_m	$2^H 10$
軟 過	9	21	18	$\frac{20}{10}$	$\frac{15}{10}$	275^{kg}	10^m_m	$0^H 20$
冷水ニテ 475 ニテ 健洋 (健洋後48時間)	16	34	20	$\frac{20}{10}$	$\frac{15}{10}$	275^{kp}	10^m_m	$1^H 30$

機械的ノ方法 過剩片ヨリ起ル附帶ノ現象ヲ避クル爲（電磁石ノ方法ニ在リテハ硬鋼及輕合金ニ對シ横方向ノ振動ヲ生起セシムル爲必要ナルモノナリ）機械的ノ試驗法ヲ行フ此ノ試驗ハ不平衡ニ作用スル節動輪ノ如キモノニ依リテ機械的ニ振動ヲ生ズルモノトス

第一法（附圖第五十一） 試験片(1)ハ三點ニ依リテ固定セラル其ノ中央ハ架ニ連結セラレ兩端末ハ二ツノ腕(2)及(3)ニ連結セラル此等ノ腕ハ節動偏心輪(5)ヲ分岐シ此ノ輪ノ回轉ニ依リテ振動ヲ生ズ

第二法（附圖第五十二） 試験片ハ(2)ニ於テ架ニ固定セラレ他端

ハ槓桿(3)ニ連結セラル此ノ(3)ヨリ振動發生ノ偏心圓輪(4)ヲ分岐ス、自記器(5)ハ此レヲ自記シ最大振幅ヲ檢スルニ供ス

全體ノ成績ニツキ述ブルハ過早ナルベシ然レドモ S.T.Ae ハ假リニ疲勞ノ限界値ヲ次ノ如ク定メタリ

特種鋼 $\frac{1}{3} R.$

輕合金 $\frac{1}{5} R.$

次ニ參考トシテ S.T.Aeノ二三ノ成績ヲ示サン

品種及處理	E	R	A	提議セラレタル疲勞ノ限界	對應數ノ許ニ達シタル交番數	備考
3 2 番 鋼						
交付ノ狀態	52	70	21	< 3 1	2.6×10^5	破斷セズ
900°ニ軟過	38	60	24	2 0	1.4×10^6	"
900°油健淬	100	110	10	?	?	?
900°油健淬 475°反 淬	95	93	12	< 3 6	3.6×10^6	破 斷
輕 合 金						
交付ノ狀態	25	45	18	< 1 4	1.0×10^6	破 斷
軟 過	13	22	15	< 1 7	2×10^6	同 上
健磁(使用狀態)	22	40	22	$\begin{cases} 7.3 \\ 8.4 \end{cases}$	$\begin{cases} 16.0 \times 10^6 \\ 12.5 \times 10^6 \end{cases}$	破斷セズ 破 斷
超輕合金	?	21	15	5	3.2×10^6	破斷セズ

一方ニ於テ米國ノ「マク、コック、フイエルト」實驗所ガ二三ノ輕合金ニ對シテ主張セル限界値ハ

普通「デュラルミン」 $9. \text{kg}_8$
 健淬「デュラルミン」 $8. \text{kg}_4$
 軟過「デュラルミン」 $7. \text{kg}_6$ } 但シ定義明確ナラズ

「エレクトロン」(4—7.7%ノ Zn 及 0.5ノ Cuヲ含ム Mgノ合金)ニ在リテハ $11. \text{kg}_5$ (標準破斷抗力ノ二分ノ一トス)

之レニ依リテ「マグネシウム」合金ハ發動機部品トシテ著明ナル性質ヲ有スルコトヲ知ル

之レ亦米國ニ於テ「ダイブソン」カ「デュラルミン」ノ試験片ニ對シテ破斷ニ要スル交番數及力ノ關係ヲ示シタル數ナリ即チ、

$$\begin{array}{rcl} \therefore 1,000,000 \text{ ノ 交番數} & = \text{對シ} & 14.7^{\text{kg}} \\ 10,000,000 & \text{—————} & 11.2 \\ 100,000,000 & \text{—————} & 10.5 \end{array}$$

同ジク米國ニ於テ「エルマンドルフ」ハ純「アルミニウム」ニ對シテ類似ノ成績ヲ公表セリ

$$\begin{array}{rcl} 1,000,000 \text{ ノ 交番數} & = \text{對シ} & 7.^{\text{kg}} \\ 10,000,000 & \text{—————} & 5.5 \end{array}$$

反覆衝擊ニ對スル抗力 之レハ鐵道會社ニ於テ「レール」ニ對シテ實施セラレタルモノ多シ

航空界ニ於テ近年實施セラレタル最も重要ナルモノハ「ローレスデイトリツヒ」會社ノ弁及弁發條ニ對スルモノナリ、實驗設備ハ出來得ル限リ飛行飛行機ニ對スル弁ノ作用條件ニ近似セシム此試驗ノ成績ハ何レモ公表セラレザルモノ極メテ明瞭ニ疲勞抗力ニ對スル內角ノ不吉ナル影響ヲ示シタリ、此等ノ成績ノ結果「ローレス」會社ハ其ノ弁ノ形狀ニ「テューリツプ」形ヲ採用スルニ至レリ

S.T.Aeニ於テ實施セル試驗ノ成績ニ依レバ內角部ニ於テハ部品全體ノ平均張力ノ三倍ニ等シキ張力ノ作用スル如キ力ノ配當ナルコトヲ示シタリ、之レニ依リ見ルニ屢々説明セル如ク出來ル丈餘裕ヲ存シテ計算セル圓弧(R)ヲ與フルヲ要スベキコトヲ知ル

交番牽引試験ニ於ケル抗力 (附圖第五十三) 吾人ハ「ウェラー」(Wöhler)ノ機械ノ如キ種類ノ機械ヲ用フ、其ノ設備ノ要領附圖第五十三ノ如シ、試験片 E ハ C ノ歪輪ノ作用ニ依リテ交番牽引力ニ作用セラル歪輪ハ發條力 R ニヨリテ作用セラル、槓桿設備ニ依リテ動カサル第二ノ發條 D ハ初張力ヲ調整スルコトヲ可能ナラシム

此ノ設備ハ上述ノ設備ニ比スレバ其ノ作用ノ迅速度低キモ各種ノ要素ノ組合セ特ニ歪輪ノ荷重ニ依リテ條件ヲ正確ニ定メテ試験ヲ實施シ得ルヲ以テ航空用新材料ノ重要ナル指示ヲ受クルコトヲ得ベシ

回轉屈撓抗力 回轉屈撓トハ回轉部品ガ大サ及方向常數ナル屈撓能率ニ作用セラル、力ナリ之レ鐵道車輪軸ニ作用スル力ナリ飛行機用發動機部品ノ多クハ等シタカクノ如キ力ニ作用セラル

試験スベキ部品ハ之レヲ兩端部ニテ支持シ中央ニ圓錐ヲ介シテ荷重ヲカケ屈撓ヲ與ヘ又ハ一端及中央ヲ支持シ他ノ端末ニ同様荷重ヲ

カクルモノトス而シテ支持部ハ回轉運動ヲ與フルタメ軸承ノ如キモノヲ用フ。

事故的ニ破碎セラレタル部品ノ研究ヨリ得タル教訓 許シ得ベキ疲勞ノ限界ニ關シテ最モ容易ナル教訓ハ恐ラクハ突發的事故又ハ故障ニ依リ破碎セル部品ノ研究ニ依リテ之レヲ導キ得ベシ

不幸ニシテ今日マデ此種文献ノ十分集成セラレタルモノヲ見ズ、破碎セラレタル總テノ部品ノ系統的ノ研究ヲ行フニハ可成リ大規模ノ設備ヲ必要トスベシ、然レドモ恐ラク其ノ得ベキ成果ハ十分希望ニ合シカクノ如キ設備ヲ設クルコトノ合理的ナルコトヲ自ラ明カナラシムベシ

破碎セラレタル各部品ニ對シテハ次ノ如キ諸件ニ亘リ調査決定スベシ

金屬ノ性狀及出身一日附及受領條件一部品ノ性狀及形狀、部品ノ支持セル飛行時間其他ノ條件（機種、發動機ノ種類、主要部、即發動機「マグネット」等ノ平均振動數）

事故ノ狀況（如何ナル飛行狀態ニテ起リシヤ等）

破損ノ形狀—金屬ノ目視組織（外觀、粒子及纖維等）

破損部品ノ機械的性狀（R.E.A.P.△）受領條件ト對比ス

各事故毎ニ一表ヲ作成シ之レニ上記ノ試驗成績ヲ記入シ又表ノ基目ヲ製作工場、機種、發動機及發生部隊（又ハ中隊）ノ四種ニ區分シテ記入ス

屢々上記ノ如キコトヲ繰返シテ相當數ニ達セバ之レヲ研究シテ事故ノ原因ヲ誘導シ又ハ直接之レヨリ必要ナル教訓ヲ得ベシ尙ホ其ノ基目ニツキ時々研究スル時ハ興味アル教訓ヲ得ルコト屢々ナリ、即チ同一種類ノ事故屢々生起スルコトハ設計ノ缺點、加工法、工場ニ於ケル検査ノ不良保存又ハ使用ノ不良等ヲ表示スベシ

尙ホカクノ如キ文献ハ材料疲勞ノ理論ノ進歩ニ對シテ最モ正確ナル資料ヲ提供スルモノナルベシ蓋シ實驗所ニ於テナス實驗ハ事實ヲ遠ザカルコト多キモ事故ハ全ク事實ニ基クモノナレバナリ、尙ホ之レニツキ一言附言セン

參考ノ爲 S. T. Ae ガ發動機部品、張線、又ハ鐵具ノ破損セルモノニ對シテ實施セル12箇ノ研究ノ原因ヲ擧グレバ次ノ如シ

熱處理ニ原因スルモノ	4
冷間ニ修正作業ヲ實施セルモノ	1
材料ノ不純ニ基クモノ	2
鑄流ノ缺點(鑄巢)ニ依ルモノ	1
部品ノ蒙リタル不規ナル力ニ依ルモノ	1
内角部ノ過鋭ナルモノ	1
不明ナルモノ	2
計	12

此ノ最後ノ不明ナルモノハ破損殘片ハ良好ナル特性ヲ有シ何等原因ト認ムベキモノナカリキ之レニヨリ今日ノ金屬疲勞ノ理論ノ不十分ナルコトヲ證明シテ餘リアリ

金屬疲勞ノ理論 現在ニ於テ此ノ種ノ資料ハ次ノ理由ニ依リテ吾人ノ認識ヲ不確實ニス

第一、實驗ハ長時日ヲ要シ高價ニシテ且通常利益ニ無關係ナルヲ以テ工業家ハ單ニ部分的ノ明確ナル問題ニアラザレバ解決スルコトヲ努メズ又公設實驗所ニ於テハ一般ニ之レヲ他ノ任務ト平行シテ行フニハ手段ナシ

第二、公表セラレタル事項ハ不正確ナルモノ多シ金屬ノ抗力ニ關係スル事ハ極メテ多シ然ルニ報告中ニハ其ノ一部ノミガ指示セラル之レガ爲時トシテ實驗ヲ誤認セシムルコトアリ

第三、恐ラクハ疲勞試驗ニ在リテモ系統的ノ性質ヲ附與シ得ルナラン即チ他ノ自然科學ト同様ニ總テノ機械試驗モ亦如何ナル假說ヲ基礎トシアルヤヲ檢シ之レヨリ一般法則ヲ導クモノナリ然レドモ疲勞試驗ニ於テハ其ノ條件複雑ニシテ此ノ方法ヲ適用スルノ機會ヲ得ズ、故ニ疲勞試驗ハ單ニ實驗條件ニ對シテ價值ヲ有スルニ過ギズ(稀ニハ正確ニ一般法則ヲ定メ得ベキモ尙ホ既ニ述ベタル如ク屢々誤說ヲ生ズ)

而シテ此等ノ條件ニテ全般ニ通ジテ得ベキ唯一ノ理論的結論トシテハ次ノ命題ヲ得ベシ

若シモ定メラレタル條件ニテ一部品ヲ同時ニ常荷重 C 及極メテ正確ニ定メラレタル交番力ニ作用セシムル時ノ破斷荷重ハ次式ヲ以テ與ヘラル

$$C_z = C + \frac{K}{a^n}$$

式中 C_z ハ疲勞破斷界 C ハ常數力 a 及 K ハ部品ニ關スル常數ニシテ n ハ交番數ナリ、若シ $n=0$ ナレハ $C_z=C+K$ ニシテ之レ材料ノ破斷界ニ等シキ値ヲ最大限トスベキナリ、又 $n=\infty$ ナルトキハ $C_z=C_0$ ナル C ノ一値存在シ此ノ場合ニ於テハ破斷ヲ生ズルコトナク無限ニ力ヲ作用セシメ得ルコトヲ示ス

此ノ法則ヲ次ノ如ク考フルコトヲ得

或ル定メラレタル力ヲ一部品ノ各部ニ機械學ノ一般理論タル運動量ノ法則及靜學的仕事量ノ原理ヲ満足スル如ク、傳達シ配當シ且無限ニ作用セシムルモノトス、此ノ場合ニ於テ材料ノ内部ニ於ケル配當ハ外力ノ適用方法及材料ノ内力ノ兩者ニ關係ス疲勞試験ニ於テ十分長時間ノ試験ヲ行フトキハ凡ソ現出シ得ベキ配當ハ皆生起スルノ機會ヲ有スベシ而シテ此等ノ各種ノ力ノ配當中ニ於テ某點ニ局部的ノ最大力ヲ生ズル點アルベシ此ノ力ガ若シモ彈性界ヲ超過スル如キコトアラバ材料ハ永久變歪ヲ生ジテ其ノ等質ハ破ラレ引續キテ破斷スルニ至ルベシ

若シモ外力ガ一定ノ方法ニ依リテ作用セラル、ナラバ此ノ最大力ハ部品ニ作用スル平均荷重ノ函數ナルベシ且ツ疲勞ノ某限界値ヲ有スベシ然レドモ此ノ限界値タルヤ單ニ實驗ノ條件ニ對シテ價值ヲ有スルニ過ギズシテ一般的ノ法則ヲ導クニ至ラズ、次ニ單簡ナル實例ニツキテ之レヲ説明スベシ

作用スル最大力ニ對スル力ノ適用法ノ影響 附圖第五十四ノ如キ小圓壻ヲ觀察センニ其ノ底面積ハ單位ニシテ高サ b ナリトス且力ハ縱曲ヲ避クル如ク縱方向ニ作用セラレタリト想定セヨ

今此ノ圓壻ニ一力 f ヲ作用シ且材料ハ完全ナル彈性ヲ有スルモノト想定シテ起ル所ノ現象ヲ研究スベシ

某瞬間ニ於テ A 點ニ於ケル運動量ノ方程式ハ

$$f + r = \int_{x=0}^{x=Vt} \frac{\partial v_{x,t}}{\partial t} dm \quad \text{----- (1)}$$

$$r = \varepsilon \int_0^t \frac{\partial v_{A,t}}{\partial x} dt \quad \text{----- (2)}$$

$\left\{ \begin{array}{l} r \quad A \text{ 點ノ内部張力ニ基ク反} \\ \quad \quad \quad \text{動力} \\ dm \quad A \text{ ヲリ } x \text{ ノ距離ノ質量} \\ v_{x,t} \quad A \text{ ヲリ } x \text{ ノ距離ニ於ケル時} \\ \quad \quad \quad \text{刻 } t \text{ ニ於ケル分子ノ速度} \\ V \quad A \text{ 力ノ傳播速度ニシテ常} \\ \quad \quad \quad \text{態ニ於テハ音速ニ等シ} \end{array} \right.$

(2)式ハ材料強弱學ノ基礎假定ニシテ $\frac{\partial v_{x,t}}{\partial x}$ ハ A 點ニ於テ各瞬間ニ於ケル速度ノ變化ノ割合ニシテ其ノ總和ハ單位長ノ變位量ノ總和ナリ ε ハ彈性係數ナルヲ以テ即チ内部張力ニ基ク反動力ニ等シキヤ明カナリ、故ニ(1)式ハ

$$f = -\varepsilon \int_0^t \frac{\partial v_{A,t}}{\partial x} dt + \int_{x=0}^{x=Vt} \frac{\partial v_{x,t}}{\partial t} dm. \quad \text{----- (1)}$$

又 ρ ヲ密度トセバ

$$dm = \rho dx. \quad \text{----- (3)}$$

次ニ、 $v_{x,t}$ ハ x 及 t ノ函數ナルヲ以テ之レヲ次式ノ如ク表ハスコトヲ得

$$v_{x,t} = f(x,t)$$

dt 時間後ニ於テハ現象ハ變化セザルモノト見做スコトヲ得故ニ

$$f(x,t) = f(x+Vdt, t+dt)$$

然ルニ、

$$f(x+Vdt, t+dt) = f(x,t) + \frac{\partial f}{\partial x} Vdt + \frac{\partial f}{\partial t} dt + \text{-----}$$

第二次以下ノ項ヲ省略セバ、

$$\frac{\partial f}{\partial x} Vdt + \frac{\partial f}{\partial t} dt = 0$$

$$V \frac{\partial v_{x,t}}{\partial x} + \frac{\partial v_{x,t}}{\partial t} = 0 \quad \text{----- (4)}$$

之レヨリ

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\partial v_{x,t}}{\partial x} = -\frac{1}{V} \frac{\partial v_{x,t}}{\partial t} \\ \frac{\partial v_{x,t}}{\partial t} = -V \frac{\partial v_{x,t}}{\partial x} \end{array} \right\} \quad \text{----- (5)}$$

(3)(5)ノ關係ヲ(1)ニ代入セバ

$$f = \frac{\epsilon}{V} \int_0^t \frac{\partial v_{A,t}}{\partial t} dt - \rho V \int_{x=0}^{x=Vt} \frac{\partial v_{x,t}}{\partial x} dx.$$

$$\text{又、} \quad \frac{\partial v_{x,t}}{\partial x} dx = - \frac{\partial v_{x,t}}{\partial t} dt \quad \text{-----}(1)''$$

ニシテ、積分ノ第二項ハ

$$- \rho V \int_0^{x=Vt} \frac{\partial v_{x,t}}{\partial x} dx = + \rho V \int_0^t \frac{\partial v_{A,t}}{\partial t} dt$$

之レヨリ

$$f = \frac{\epsilon}{V} \int_0^t \frac{\partial v_{A,t}}{\partial t} dt + \rho V \int_0^t \frac{\partial v_{A,t}}{\partial t} dt$$

$$f = \left(\frac{\epsilon}{V} + \rho V \right) v_{A,t} \quad \text{-----}(6)$$

若シモ f ガ常數ナラバ v ハ總テノ點ニ於テ傳達間常ニ常數ナリ此ノ關係ハ運動ガ B マデ到達セザル間成立スベシ

Bニ於テハ運動ハ支點内ニ傳播スル傾向アルベシ然レドモ其ノ結合法ニ依リテ此ノ運動ヲ其點ニ於テ止ムル如キ傾向ヲ生ズベシ問題ヲ單簡ニスル爲ニ B 點ニ於テ正確ニ止リタリト假定セヨ此ノ停止ニ依リテ分子内ニ $-v_{A,t}$ ノ速度ヲ生起セシムベシ即チ此ノ完全ナル停止ニ依リテ逆ニ上方ニ力ノ傳播ヲ生ジ此ノ力ニ依リテ生ズル内部張力ハ $\frac{\epsilon}{V} v_{A,t}$ トナリ、 f ニ依リテ起サレタル張力ニ添加ス、故ニ合成張力ハ

$$\frac{2\epsilon}{V} v_{A,t} = \frac{2\epsilon}{V} \frac{f}{\frac{\epsilon}{V} + \rho V} = \frac{2\epsilon f}{\epsilon + \rho V^2} \quad \text{-----}(7)$$

$v_{A,t}$ ニ先キニ(6)式ニ依リ得タル値ヲ代入セルモノナリ、此ノ張力ハ漸進的ニ圓管内ノ各點ニ作用ス若シモ此ノ力ガ f ニ等シケレバ ($2\epsilon = \epsilon + \rho V^2$ 又ハ $\epsilon = \rho V^2$) 分子ガ A 點ニ於テ固定セラレアル時平衡スベキモ然ラザレバ現象ハ連續シテ波狀ニ傳達シ平衡スルマデ續ク

若シモ $\rho V^2 < \epsilon$ ナラバ f 力ノ單簡ニシテ急激ナル作用ニ依リ 1—2 倍ノ間ニ位置スル係數ヲ以テ部品ノ疲勞ヲ倍加スルノ作用ヲ有ス、但シ此ノ場合ハ靜學的ニ初速度ナク力ヲ摘用シタルモノトス、若シモ動學的ノ摘用換言セバ始速度ヲ有スル時ハ超荷重大トナリ、破損ヲ來スコトアルベシ

參考マデニ記述センニ靜學試驗ノ際ニ飛行機ニ對シテ極メテ漸進的ニ荷重ヲカクルヲ要スル所以ナリ

余ガ此ニ例ヲ舉ゲタルハ極メテ注意シテ諸現象ヲ分析スルノ必要ヲ示シタルモノニシテ疲勞試驗ニ先テ豫メ必要ノ事項ヲ研究シテ實際試驗ニ必要ナル教訓ヲ誘導シ得ルモノハ誘導スベキモノトス

反對ニ若シモ試驗中豫期セザル成績ヲ得バ之レヨリ同様ニ分析研究シテ必要ノ説明ヲ求メ得ベシ次ニ第二ノ例ニツキ説明スベシ

疲勞ノ現象ニ對スル附帶力ノ影響

既ニ先キニ S. T. Ae ノ試驗成績中ニ於テ電磁的ノ方法ニ於テ輕合金ノ振動ニ對シテ豫期セザル成績ヲ得タルコトヲ知レリ即チ二箇ノ附着軟鋼板ノ疲勞ニ對スル影響ノ甚ダ過大ニシテ金屬ノ張力ノ影響ニ比シ更ニ高キコトヲ知リタリ

吾人ハ此ノ奇妙ナル現象ニ基ク成績ヲ單簡ニ説明スルコトヲ得ベシ

余ハ既ニ「プロペラ」ノ抗力ノ問題ノ際ニ體積ニ比例スベキ遠心力ノ如キモノニ基ク缺截力ハ通常面積ノ力（壓力、張力等）ニ比シテ無限小ナルコトヲ述べタリ

此ノ注意ハ一定ノ連續セル力ノ作用ヲ受クル振動板ニ摘用シ得ベシ（例ヘバ磁場又ハ運動ノ傳播ニ依ル力ノ如キ力ノ作用）即チ缺截力ガ相隣切スル無限小原子ニ作用スル場合ニハ振動ニ依リテ破斷スルコトナシ即チ此ノ場合ニ於テハ力ハ連續的ニ變化スルモノト假定セルモノナリ、然ルニ超過重板ヲ附着シタル如キ場合ニ於テハ第

圖ノ如キ P_1 及 P_2 ハ運動狀態ノ急變スル平面ニシテ此ノ平面内ニ於テハ缺截力ハ有限ノ値ヲ取り又共鳴存在スル場合ニ於テハ無限大ノ値ヲ取り遂ニ破斷スルコトアルベシ、尙ホ注意スベキハ破斷ハ必ズシモ缺截力ノ表ハル、場所ニ於テ起ルコトナク之等ノモノハ次カラ次ヘト先キニ述べタル圓環ノ場合ノ如キ要領ニ依リテ傳播シ

破斷ノ生起スル場所ハ分子ノ自由ノ最モ束縛セラレタル場所即チ附根ノ如キ場所ニ生起スベシ

結論及注意

1° 周期力ニ作用セラル、部品ハ其ノ靜學抗力以下ノ極メテ低キ缺截ノ作用ニ依リテ破壊スルノ傾向アリ

2° 若シモ極メテ明瞭ニ決定シ得ベキ周期力作用スルナラバ或ル疲勞ノ限界荷重アリテ此ノ荷重ノ許ニ部品ハ十分ナル安全度ヲ保有スルモノトス、即チ此ノ限界ハ疲勞ノ現象ニ關係ス、就中飛行機發動機ノ如ク其ノ目的トスル部品ノ命數ガ比較的短命ナルモノニ於テ然リトス（此ノ限界ハ亦部品ノ形狀ノ函數ナリ）

3° 此ノ安全ハ加工十分ナルトキニノミ存在ス、等質ノ缺點、冷間作業、熱處理ノ缺點、圓味不十分ナル內角等ハ著シク此ノ疲勞ノ限界値ヲ減少スベシ

4° 最大疲勞率ヲ構成スル重要ナル要素（周期力ノ性質及部品ノ形狀以外ノモノ）ヲ列舉セバ次ノ如シ

彈性界、衝擊抗力、比重及傳播速度ノ平方ノ乘積、 ρV^2 （今日マデ十分研究セラレアラズ）

5° 試験ノ理論ヲ注意シテ定メ同一理論ノ許ニ試験ヲ行ヒ又ハ從來實行セラレタルト同一ノ實驗ヲ遂行スルヲ可トス然ラザレバ試験ハ何等實際的ノ價值ヲ有セズ更ニ誤差ノ判定ヲモナシ得ザルベシ

6° 理論的方法及實物ノ手段ヲ以テ實用間起リタル事故又ハ故障ノ研究ニ依リテ重要ナル教訓ヲ誘導シ得ベシ

第三章「デュラルミン」ノ鋳

事實ノ説明 「デュラルミン」ガ航空界ニ現ハル、ヤ純「アルミニウム」ノ如ク普通狀態ニ於テ陸上機ニ對シテハ氣候ノ不順ニ對シ適當ナル抵抗力ヲ示シタリ

發錆ノ孤立的ノ若干ノ事故ハ當初或ハ異種金屬ノ綴釘（電解作用）或ハ板ヲ洗フニ用ヒタル石鹼又ハ「アルカリ」水ノ作用或ハ工業都市ニ於ケル濕潤シ且不純ナル空氣ノ作用ニ依ル、之等ノ水ハ機ノ骨組ノ内部ニ侵入シテ保護不良ノ金屬ニ達スルコトアルベク又空氣ハ通常表面ニ於テ作用トス

然レドモ數年（四年又ハ之レ以上）ノ年齢ヲ有シ更ニ之レヲ不順ナル氣象中ニ數ヶ月間暴露セルモノニ對シテ實施セラレタ。試験ニ依レバ「ヂュラルミン」ノ大氣ニ對スル抗力ハ實際上不定ナルコトヲ明カニシタリ然レドモ少クモ飛行機ノ命數ニ對シテ希望スル最大時間ヲ有スルコトヲ知リタリ

海軍機ニ對シテハカクノ如クナラザリキ今日マデニ知り得タル所ニ依レバ海水中ノ浸漬、就中空氣ニ暴露シ交番浸漬ヲ行フ時ハ金屬ハ迅速ニ侵蝕セラル、コトヲ知リタリ、又海洋ノ空氣ニ暴露セバ現象促進ス之レ極メテ小ナル水滴ニ分タレタル鹽分ヲ含メル空氣ノ作用ニ依ルモノナリ又大洋中ニ於ケルヨリモ内海ニ於テ作用ノ程度著シ是レ内海ニ於テハ鹽分ノ含有量多ク且温度高ケレバナリ。

1919年ニS.T.Aeノ企テデ1922年マデ遂行シタル實驗ニ依リテ得タル所ニ依レバ海水ニ對スル發錆ノ懸念疑ナキニ至レリ其ノ結論次ノ如シ

1° 六ヶ月ノ後ニ厚サ1.5%ヲ有スル保護ヲ施サザル「ヂュラルミン」板ニシテ水上機ノ胴體ノ浸漬部ニ固定セラレタルモノハ普通程度ノ實用ニ於テ平均30%ノ抗力及75%ノ延伸ヲ消失シタリ

2° 此ノ時代ニ於テ發表セラレタルモノノ中ニハ完全ナル保護力ヲ有スルモノナシ最モ良好ナルモノハ瀝青或ハ「ゴムヤニ」ヲ基礎トスルモノ（瀝青ゴムヤニ、瀝青）及炭化水素「タール」ナリ

3° 作用ハ平面上ニ於ケルヨリモ突角ヲナス附近ニ於テ強サ大ナリ然レドモ板上ニ表ハレタル條痕ハ發錆ヲ著シク増加スルコトナク又磨擦痕ハ明カニ作用ヲ有セス

4° 作用ハ異種金屬ノ木螺子、螺桿及綴釘ノ附近ニテ極メテ迅速且活發ナリ

5° 熱處理ハ發錆ノ強度ニ著シキ重要性ヲ附與ス、吾人ノ知リタル所ニ依レバR及Aノ始メノ値ノ%ニ於ケル減少次ハノ如シ（海水中ニ一ヶ月間連續位置セシメタル後トス）

「ヂュラルミン」ノ性狀	Rノ減少	Aノ減少
受領狀態ノモノ	14%	62%
350°ニ軟過セルモノ	7%	65%
軟過後沸騰水健滓ノモノ	14%	69%
軟過後石油健滓ノモノ	10%	50%

之レニヨリ石油健滓ガ最モ良好ナルコトヲ知ル

有効ナル保護ノ方法ヲ探究スル目的ヲ以テ長期ノ研究企圖セラレタリ、此ノ研究ハ1926年ノ始メニ於テ航空輸送會社及航空次官局ノ統制下ニ研究當局ノ工場監督者、學者及工業家ノ代表者ヲ網羅スル委員會ヲ創立セルヨリ特ニ活氣ヲ呈シタリ然レドモ昨年ノ中頃ニ得タル成績ニツキ述ブルニ先ダチ今日ノ程度ニ於テ説明シ得ベキ理論就中各種ノ現象ヲ説明シ得ル鍍ノ理論ニツキ述ベントス

鍍ノ理論

吾人ノ知ル所ニ依レバ總テノ電離ハ自由狀態ニ於テ正又ハ負ナル多量ノ「イオン」ヲ含ム若シモ某金屬（或ハ一般ニ電氣導體）ヲ電離液中ニ入ル、時ハ金屬及溶液ノ間ニ「イオン」ノ交換起ル即チ若シモ之等ノ「イオン」ガ同「ポテンシャル」ニアラズ、又金屬及溶液「イオン」トノ間ニ親和力アル場合ニ於テハ化學反應起ル

若シモ（一）「ポテンシャル」ノ差ガ金屬ト溶液ノ間ニ於テ常數ニ維持セラレ（例ヘバ金屬ヲ同時ニ、溶液中ニ入レ之レヲ接續シタル時電鍮ヲナストキニ起ルモノナリ）（二）金屬表面ノ導電性變化セズ（三）金屬及溶液「イオン」間ノ化學反應無限ニ連續スル如キ條件ナラバ鍍ヲ生ジ完全ニ金屬ヲ破壞スルマデ進ムベシ若シモ之等ノ條件完備セザル場合ニ在リテハ鍍ハ其ノ速度遲緩シ若干時日ノ後ニハ其ノ進行停止スベシ

之レニ依リ、吾人ノ知リ得タル殆ド總テノ現象ヲ説明シタルモノナリ

- 1° 異種金屬ノ木螺子及綴釘ノ附近ニ於ケル發鍍ノ現象
- 2° 金屬中ニ異種ノ金屬存在シ又ハ合金ガ不等質ナルタメ其ノ内部ニ小電鍮ヲ生ジ有害ナル侵蝕作用ヲ促進ス
- 3° 「アルミニウム」及輕合金ニ對シテハ純水ノ影響少キコト即チ第一純水ハ電離作用極メテ弱ク（換言セバ其ノ中ニハ「イオン」ノ溶解シアル量極メテ少シ）第二、 Al_2O_3 ノ發生ニ依リテ「アルミニウム」ノ表面ニ電氣的ノ絶縁層ヲ作り之ニ依リ、鍍ノ進行ヲ止ムルニ至ル

4° 海水ノ不良ナル作用ハ溶液鹽ガ強力ナル電離體ナル事ヲ以テ他ノ總テノ條件同一ナラバ化學反應ヲ促進スベシ然レドモ海水中ニ

於テスラ水酸化「アルミニウム」 $\text{Al}(\text{OH})_3$ ナル保護層ヲ生ジ若シモ此ノ層ガ何等ノ妨害ヲ受ケザル場合ニハ錆ノ進行ヲ遅緩セシムルノ傾向アリ然レドモ $\text{Al}(\text{OH})_3$ ニ依ル保護層ハ Al_2O_3 ニ比スレバ不安定ニシテ錆ヲ遅緩セシムルノ價値少キモノノ如シ

5° 酸素ノ作用（大氣又ハ遊離）酸素ハ自由状態ノ水素「イオン」ト結合シテ溶液ハ漸次陰「イオン」 (OH) ニヨリ滿サル若シモ金屬ガ電解ノ作用ニ暴サレ且此ノ作用ガ「アルミニウム」ノ保護層ニヨリ中斷セラレテ生起スル如キ場合ニ於テハ金屬ト溶液トノ間ノ電位差漸次増加シ反應ヲ誘發スルノ傾向アリ又金屬中ニ於ケル酸素ノ配當ニ強弱ノ差ヲ生ズルニ至ル時ハ此等ノ間ニ電鍮ト類似ノ作用ヲ起シ侵蝕ヲ強大ニス之レ實驗ノ確證スル所ナリ

6° 之レニ反シ此等ノ理論ヨリ出發シテ錆ヲ遅緩スルコトヲ企圖セリ後ニ述ブル如ク一部ノ問題ハ解決セリ

錆ノ程度ノ測定方法

A. 重量測定法—直接觀測 重量測定法ハ合金ヲ定メラレタル反應物中ニ浸漬シ一定時間（通常50日間）後ニ重量ノ消耗ヲ測定スルニ在リ、此ノ方法ハ本來精度低キ缺點ヲ有ス即チ評定スベキ重量極メテ微小ナル部分ナルニ依ル、即チ測定重量ノ函數ナルベキ誤差ガ評定重量ノ大部分ヲ占ムルコトアルベキヲ以テナリ、此ノ誤差ヲ減少スルタメ最モ有力ニシテ而モ化學反應ノ方向常ニ同一ナル反應物ヲ用ヒテ錆ノ發生ヲ強大ニス

此ノ方法ノ變態ハ實際的ニシテ明確ナル直接觀測法ナリ即チ此ノ方法ハ不確實ナルモ其ノ存否ヲ特種ノ外形ノ錆ヲ有スルモノニアリテハ觀測シ得ベシ

B. 「ミイリユス」ノ方法 「ミノリユス」ハ HCl ノ稀溶液ノ中ニ定メラレタル表面積ヲ有スル試験片ヲ入レタル場合ニ、時間ノ函數ニテ溫度ノ高マル速度ヲ測定シ之レニ依リテ錆ニ對スル抗力ノ特性ヲ示シタリ、此ノ溫度測定ノ特性ノ梯尺ヲ「ミイリユス」ノ指數ト稱シ錆ニ對スル抗力ヲ數ニ依リテ表示ス

此ノ方法ハ獨乙ニ於テハ規則セラレタルコトアリ又政府當局ハ規格中ニ「アルミニウム」ノ分類ノ基目トシテ恰モ今日其ノ含有成分ニヨリテ分類セルニ類似ノ分類ヲナシタルコトアルモ HCl ニヨル侵

蝕ト海水ニ依ル侵蝕トノ關係ハ同一ナラズシテ手加減ヲ必要トス

C. 「ワセ」及「シャウドロン」ノ方法 國立高等學校教授「ワセ」及「シャウドロン」氏ハ鎳ニ對スル抗力ノ基準トシテ合金ノ HCl 中ニ於ケル溶解度ヲ以テセンコトヲ主張セリ其ノ主張スル所ハ時間ノ函數ニテ發生セル水素瓦斯ノ量ヲ捕集シ測定シ此ノ溶解度ヲ決定スルモノトス、之レニ依リテ其ノ特性ヲ次式ニ依リ示ス

$$K = \frac{\sqrt[3]{V-v_2} - \sqrt[3]{V-v_1}}{t_2 - t_1}$$

式中 V ハ供試片完全ニ分解セル場合ノ發生水素ノ容積 v_1 及 v_2 ハ t_1 及 t_2 時間ノ終リニ發生セル水素ノ容積トス、若シモ v_1 及 v_2 餘リ異ラザル場合ニハ K ハ面積一位中ニ於ケル單位時間ノ分解金屬ノ量ヲ表ハス反應物撰定ニ關スル保留ハ前法ノ如シ

D. 「カラングア」ノ方法 此ノ方法ハ未ダ全ク完成シアラズ然レドモ將來興味アル結果ヲ指示スルモノノ如シ其ノ方法ハ二金屬板ヲ連結シテ研究スベキ反應物中ニ入レタル場合ニ生ズル電流ノ變化ヲ檢スルニ在リ若シモ鎳ガ電氣ノ不良導體ナレバ電流ハ減ジ又ハ迅速ニ中止スルニ至ルベシ

注意 佛國ニ於テハ目下海水ノ鎳ニ及ボス影響ニ應用スル方法ニツキ研究中ナリ

實用保護法及其ノ成績—塗料

始メテ用ヒタル保護ノ方法ハ表面ノ塗粧ナリキ其ノ成績ハ陸上機ニ對シテハ良好ナルモノト見做サレタリ故ニ「アルミニウム」ノ表面ハ塗料及安定ナル其ノ表面ノ二層ニ依リテ保護セラル

海水ニ暴サル、場合ニハ情況ハ大ニ非トナル各種塗料ニ對スル意見次ノ如シ

A. 「ペンキ」(鎳よけ「ペンキ」又ハ海水「ペンキ」) ハ使用容易ナルモ効力不十分ナリ

B. 「エナメル」及「ラック」(冷間ニ用フル「エナメル」、爐ニ依リ溶カシテ用フル「エナメル」、合成「ゴム」ヲ基礎トスル「エナメル」、珪酸鹽又ハ硼砂ノ塗料「ラック」) ハ有効ナルタメニハ蒸スヲ必要トシ柔軟性ヲ缺キ容易ニ剝離ス

C. 「ニトロセルロオズ」「アセトセルロオズ」等ノ塗料ハ多ク可

燃性ニシテ粘性乏シク爪ニテ除カル

D. 脂肪及脂肪體（「パラフィン」、「グリセリン」、「ワセリン」、合成脂肪、流度二分ノ一ノ油、油三分ノ一揮發油三分ノ二ノ混合物、四塩化炭素内ニ於ケル乳狀油）ハ一時的ニハ有効ナルモ海水ノ長キ作用ニハ抗シ得ズ

E. 瀝青（「ビスマス」炭水化「コオルタアル」、「ビスマスベンキ」等）ハ熱間ニ塗ルモノニシテ浸透性ヲ有スルコト屢々ナリ、然レドモ保存間屢々手入ヲ行ヘバ十分有効ナラシメ得ベシ

F. 「ヴェルニエ」（「アルコールヴェルニエ」、脂肪「ヴェルニエ」乾性「ヒマシ」油ヲ基礎トスル「ヴェルニエ」）脂肪及「アルコール」、「ヴェルニエ」ハ有効ナラズ良好ナル成績ヲ示スモノハ乾性油ノ適量ニ極メテ純粹ナル繪ノ具ヲ含ムモノナリ

金屬ニ異種ノ物質ノ合成

金屬ニ異種ノ物質ヲ合成スルトキハ鎔ノ活潑サヲ緩和スルコトヲ得ルヤ明ナリ此ノ條件ヲ満足セシムルハ之等ノ物質ガ次ノ諸性質ヲ含有スルニ基クモノノ如シ

Alニ對スル Al_2O_3 ノ如ク酸化始マリタル後絶縁層ヲ以テ覆ヒ此ノ層ガ其ノ後ニ於ケル酸化ヲ停止セシム

合金中ニ極メテ微小ニ分割セラレタル状態ニ在ルコト

「シヤボン」又ハ鹼化物ナキトキ脂肪ハ金屬ニ對シ強力ナル親和力ヲ有ス酸化ノ始マリタル後又ハ $Al(OH)_3$ ノ現出セル場合ニ於テモカクノ如キ物理及化學的ノ強親和力ヲ有スルコト

此ノ條件ニ在リテハ合金ニ鎔ガ生起シ始ムルヤ物質ノ粒子ハ鎔ニ對シテ反抗スル部分ヲ形作りテ金屬ノ表面ニ固定シ其ノ密度ハ現象ガ進行スレバスル程有力トナリ、保護能力ハ次第ニ有効トナリ鎔ハ停止スルノ傾向アリ

此ノ思想ニ於テ最モ重要ナル試トシテ次ニ京都帝國大學教授原田孝安氏ノ企圖ヲ舉ゲンニ原田氏ハ重量測定法ニ依リテ輕合金ノ鎔ニ對スル抗力ニ對スル各種添加物質ノ影響ヲ測定セリ

原田氏ノ使用セル反應物ハ 3%ノ NaCl 或ハ 0.5%ノ HCl 又ハ CO_2 (飽和)ノ溶液等ナリ、其ノ他ノモノハ航空ニ於テハ重要度低シ、其ノ實驗セル所ニ依レバ Ni 及 Cu ハ NaCl 及 HCl ニ對スル抗力ヲ

良好ニシ Mn ハ Hcl 及 Co_2 ニ對シテ然リ、鎔ニ對スル他ノ諸件ヲモ
同様ニ考慮シテ「ハルユミン」ト稱スル新ナル合金ヲ提議セリ、其
ノ組成次ノ如シ

Al	93.64
Mn	2.3
Ni	2.
Ca	1.5
Fe	0.47
Si	0.09
計	100.

余ハ此ノ合金ノ機械的特性ヲ知ラズ不幸ニシテ此ノ合金ハ「ジュ
ラルミン」ヨリモ「アルミニウム」ノ方ニ近似シアリ從ツテ飛行機
ニ對シテ使用スルコトハ限定スルヲ要ス、之レニ反シテカクノ如キ
合金ハ發動機ノ製作ニ對シテハ最モ有利ナリ

英人「ハイマン」氏ハ海水ニ對スル抗力ト鑄流狀態ニ於ケル最小
特性トヲ併有スル合金ヲ提議セリ、其ノ特性次ノ如ク定ム

$$E=7.9 \quad R=15.8 \quad A=5\%$$

若干ノ研究ノ結果次ノ形式ニ到着セリ

Al	93.50
Cu	3.17
Fe	1.75
Si	0.81
Mi	0.58
Mg	0.10
計	100.

其ノ特性次ノ如シ

$$E=7.6 \quad R=17.8 \quad A=8$$

カクノ如キ金屬ハ發動機ノ製作ニ限定セラル、モノノ如シ

金屬ノ物理又ハ化學處理ニ依ル外部ノ保護

此ノ方法ハ飛行機ノ製作ニ對シテハ最モ有効ナルモノノ如シ即チ
保護ガ不變性ヲ有スルコト及鎔ニ對スル良抵抗ト機械的良性質トヲ
結合シ得レバナリ、此ノ方法ハ鋼ノ表面硬化ヲ聯想セシムル點多キ
モ表面ノ機械的性質ヲ改善セルニ反シ化學的性質ヲ改善ス、多クノ

試アリテ大部ハ重要ナルモノナリ其ノ中ノ若干ハ既ニ恐ラクハ決定
的ノ結論ニ到着セルナランモ實驗所ニ於テ得タル結論ハ相當年月ノ
實施ニ依リテ裏書セラル、ニアラザレバ公ニ宣言シ得ザルベシ。

検査スルヲ要スル點ノ一ハ板又ハ金具ノ縁及綴釘ニ起ルモノ換言
セバ穿孔又ハ金具ノ切抜取扱ニヨリテ起リタル機械的ノ作用ニ依リ
テ表面ノ保護能力ノ減少スルコトナキヤナリ

温水ニ於ケル處理 金屬ヲ三時間密閉耐壓器中ニテ 150° ノ水中ニ
浸漬ス「ミイリユス」ノ指數ハ0.007トナル、自然酸化層ニ依リテ保
護セラル、板ノ指數ハ0.53ナリ即チ酸化ハ1000ヨリ13ノ比ニ減少ス

100° ノ水中ニ5日間ノ浸漬ハ指數ヲ0.53ヨリ0.07ニ又ハ100ヨリ13
ノ比ニ減少セシム

注意—海水ニ暴露スル時ノ成績ハ「ミイリユス」ノ方法ニテ Hcl
ヲ以テスルヨリモ不良ナリ

「アルミニウム」ニ對スル曹達ニ依ル處理 「ヂュラルミン」ヲ
曹達溶液中ニ二時間滯留セバ合金ニ關係的ノ保護ヲ附與ス、此ノ曹
達溶液ハ 100° ノ溫度ニ於テ「アルミニウム」ノ浮游物ヲ含ムモノニ
シテ 20Cm^2 ニ對シテ溶液ノ40CCヲ用フ

此ノ方法ノ一變法ハ此ノ處理ヲ H. F. ニ依リテ侵蝕セシメタル後
ニ行フモノトス

反滓ノ影響 出來得ル丈低キ即チ 50° 乃至 100° ノ間ニ含マレタル
溫度ニテ2乃至3日間ニ引延シテ反滓ヲ行フ時ハ對ニ對スル抗力上
有利ナリ(標準溫度 50° トス)

熔融硝酸加里ニ依ル處理 金屬ヲ電解シテ陽極トシテ處理ス此ノ
際電流ハ85「ヴォルト」50「ミリアンペア」トス、又「ミイリユス」
ノ指數ハ0.01ナリ

硼砂ニ依ル處理 他ノ電解處理—電解ハ硼酸中ニ硼砂ヲ飽和シ電
流ハ1400「ヴォルト」100「ミリアンペア」「ミイリユス」數ハ0.2ト
ス

銅鹽ニ依ル處理 硝酸銅ノ沸騰溶液中ニ浸漬ス、次ニ之レヲ冷水
ニテ洗ヒ濯ギテ銅ノ硫酸鹽ノ沸騰水中ニ第二回ノ浸漬ヲ行フ

硫酸ニ依ル處理 此ノ處理ハ厚キ酸化膜ヲ生ズルモノニシテ部品
ヲ硫酸ノ濃溶液中ニテ硫酸曹達ノ微量ヲ添加シ誘導體トシテ電解ヲ

行フニ在リ

「ベングウブ」ノ特許 此ノ方法ハ最近ニ於ケル最も重要ナル方法ノ一ニシテ原理ハ金屬ヲ「クロウム」酸又ハ陽極ニ「クロウム」酸ヲ發生スル任意ノ物質例ヘバ「クロウム」酸鹽又ハ重「クロウム」酸鹽中ニテ金屬ヲ電解スルニ在リ

「デユラルミン」ノ場合ニハ之レヲ脂肪ニ對スル溶媒中ニテ洗ヒ次ニ温水中ニテ洗フ電解ハ3%ノ「クロウム」酸ノ液溶中ニテ行フ處理スル以外ノ金屬ヲ湯中ニ存在セシムベカラズ、溫度ハ40°ニ保持セラル、ヲ要ス、處理ノ間ハ之レヲ動カス、之ガ爲次ノ方法ヲ取ル

「ポテンシャル」ノ差ハ15分間ニ40「ヴォルト」ナル如ク階段的ニ保持ス、次ニ之レヲ35分間維持シ5分間ニ50「ヴォルト」ニ致ス此ノ値ヲ更ニ5分間維持シ次ニ洗ヒ且乾燥ス

實用ニ當リテハ表面ニ脂油ヲ塗ルヲ良シトス、此ノ表面ハ其ノ吸收能力大ナリ塗脂ニヨリテ保護ノ薄膜ヲ生ジ保護力ヲ増加ス

此ノ吸收能力ハ「アルミニウム」ノ表面ニ著色ヲナス目的ヲ有スル第二ノ特許ニモ利用セラル即チ色素物質0.1%溶液中ニ於テ希望ノ濃度ヲ得ルニ必要ナル時間浸漬ス

第四章 金屬「プロペラ」

吾人ハ講義ノ第二部ニ於テ材料ノ優劣ヲ論議シ中等ノ力ニ作用セラル、部品ニ對シテハ木材ト輕合金ハ相匹敵シ小荷重ノ部品ニ對シテハ木材ヲ優レリトシ且大ナル力ノ作用ヲ受クル部品ニ對シテハ金屬（輕合金及鋼ニ於テサヘモ）ヲ有利トシ尙ホ其ノ外觀硬度ハ木材ヲ以テスルヨリモ金屬ノ方大ニシテ空氣動力學ノ力ニ暴露スル部品ニ對シテハ有利ナリトス

材料ノ抵抗容量ノ全部ヲ利用スベキ又空氣動力學ノ力（水滴、砂礫）ニ作用セラル、飛行機ノ「プロペラ」ハ金屬ニ其ノ解決ヲ求ムルニ至ルハ自然ナリ大寸度ヲ有シ同様に複雑ナル部品ヲ缺點ナク加工スルコトノ困難ニ成效セルハ近々ノコトニ過ギズ

金屬「プロペラ」ハ1907年ニ於テ航空船「レエブユデリック」ガ鋼製「プロペラ」ノ空中分解ニ基ク遭難以來信用ヲ失シ居タリ此ノ

時代ニ於テハ振動ニ基クモノトセリ

今ヤ主ナル困難ハ總テ解決シ且受領ノ際ニ取ルベキ保證ノ手段ニ依リテ木製「プロペラ」ト同一ノ安全度ヲ有スルモノト見做サル即チ多クノ民間會社ハ其ノ公認輸送用ノ飛行機ニ之レヲ使用シテリ金屬製「プロペラ」ノ効率ハ明瞭ニ木製「プロペラ」ヨリ上ニ位置スルコトヲ示シタリ

「ルヴァスール」ノ「レッド」型「プロペラ」ヲ備ヘタル KLM「フオカー」FVII「ジュビター」機ニ對スル速度ノ利益ハ 1600 回轉ニ於テ 9k6 (158.6kmh)ノ所 168.2kmh) 1500 回轉ニテ 12.4kmh (145.5kmh)ノ所 157.9kmh) ナリ

即チ速度ノ利益ハ (6% 及 8.5% ナリ)

佛國ニテ作ラレタル主ナル「プロペラ」ノ式ハ三ニシテ「ルバツスール」(「レッド」ノ特許)「ニューポール」及「シオウピエル」之レナリ

「ルヴァスール—レッドノプロペラ」此ノ「プロペラ」ハ單一部品(穀ヲ除ク)ニシテ「アルフエリウム」(「シウナイデル」ノ「ヂュラルミン」)製ナリ

半製材ヲ先ヅ搗キ潰シ次ニ一面ヲ延シ飽カゲニ依リテ厚サヲ與ヘ次ニ切斷ス

次ニ「プロペラ」夫自身振回ニヨリ形狀ヲ與ヘラル之レガ爲「プロペラ」ヲ同時ニ圓端内ニ組立テタル螺旋運動ヲナス、固定及スベリ座中ニ保持ス而シテ此ノ圓端ニ吾人ハ希望ノ螺旋運動ヲ印スルモノナリ之レ最モ始メノ加工作業ニシテ最モ面倒ナルモノ、一ナリ仕上作業(換言セバ金屬表面ノ型跡及不規ナルモノヲ取除グコト)及拭淨後 490°ニ處理シ周圍ノ火氣中 (15°—23°)ニテ健淬ス(附圖第五十五)

殘ス作業ハ之レヲ手又ハ壓搾機ニテ引延スコトナリ(熱處理ニ依リ自然ニ若干變形スルコトアルベキヲ以テ要スレバ完全ナル形狀ヲ與フル爲ニ之レヲ截斷ス此ノ引延シ又ハ截斷作業ハ第二ノ困難ナル作業ナリ最後ノ作業ハ穀ノ穿孔作業及穀ニ木製楔ノ取付作業及塗粧作業トス此ノ組立作業ハ木製「プロペラ」ヲ取付クル如ク豫想セラレタル發動機ノ鼻ニ何等ノ修正ヲ行フコトナク「プロペラ」ヲ取付

得ンガ爲ナリ

「ニユボールノプロペラ」製作ヲ單簡ニスル目的ヲ以テ「ニウボール」會社ハ鋼管ヲ削リテ「プロペラ」ヲ完成セント努メタリ之レガ爲形狀附與ノ作業ガ極メテ單簡トナリダリ唯一ツ困難ナル作業ハ斷面ヲ成形スル爲最後ノ鉋作業ナリ、完成屢々困難ナリシモ1926年ノ九月ニ至リ二半翼ニ切斷シ半部ヲ半轉スルコトニ依リテ完全ニ完成セリ且80%級ノ効率ヲ風洞試験ニテ得タリ、換言セバ極メテ満足ナリ

「シオウヰイビエルの「プロペラ」」木製「プロペラ」ノ有名ナル製作者「シオウヰイエル」氏ハ數年來普通金屬「プロペラ」及可變「ビッチ」「プロペラ」ノ完成ニ從事セリ

余ハ最近如何ニ進捗シアルヤヲ知ラザルモ其ノ研究ノ特徴トスル二點ハ次ノ如シ

鍛工ニ依リ形狀ヲ與フル「マグネシウム」ヲ基礎トスル輕合金ヲ使用スルコト（「エリシウム」ト言ハル）

鍛上ニ各翼ヲ組立ツルハ二重關節ノ媒介ニ依ル（「カルダン」ノ原理ニ依ルモノナルモ互ニ斜ノ軸ヲ有ス）關節ノ軸及各種ノ斷面ノ形狀ハ翼ガ空氣動力學ノ力ノ作用ニ依リテ自ラ方向ヲ取ル如ク又主ナル飛行ノ場合ニ効率最大ニシテ其ノ他ノ場合ニモ適シ得ル如ク決定セラレ

是レ複雑ニシテ困難ナル問題ナリ然レドモ其ノ解決ハ航空ニ取リテハ根本的ノコトニ屬ス木製「プロペラ」ノ効率ハ0.80級ニシテ之レハ適合スル範圍ニ於テナルモ此ノ限界外ニ遠ザカルコト多ク然ルトキハ馬力ノ濫費著大トナル此ノ可變「ビッチ」ノ「プロペラ」完成セバ今日相反スル要求トセラレアル實用高度ニ於ケル水平良飛行速度ト上昇良飛行速度間ノ關係ヲ調節スルコト可能ナルニ至ルベシ（若干ノ製作者ハ其ノ水平速度ヲ失フコトナク上昇速度ヲ30%増大シ得ベシト云フ）

金屬「プロペラ」ノ保存 金屬「プロペラ」ノ保存上取ルベキ諸注意次ノ如シ

霧又ハ雨中ニ使用シタル後ニハ乾布ヲ以テ之レヲ拭淨シ後輕ク脂油ヲ含ミタル布ニテ拭クベシ

如何ナル場合ニ在リテモ「プロベラ」ヲ麻布磨研布又ハ硬キ布ニテ磨クベカラズ之レ保護ノ「ヴェルニイ」ヲ除ケバナリ更ニ如何ナル場合ニ於テモ單ニ表面ト雖モ「プロベラ」ヲ温ムルコトアルベカラズ之レ金屬ノ特性ヲ失ハシメ危險ニ至ルコトアレバナリ

變形セル「プロベラ」ハ工場ニ於テ修復セラルベシ（又ハ材料廠ニ於テ専門家ニ依リテ）然レドモ決シテ中隊ニ於テスベカラズ唯スリ傷凸凹痕ハ冷間ニ於テ槌又ハ「ヤスリ」ヲ以テ極メテ輕ク作用シ乍ラ之レヲ修復スルコトヲ得カクノ如キ作業ヲナシタル後ハ二乃至三層ノ「ヴェルニイ」ニテ更ニ之レヲ覆フベシ
又平衡検査ヲ復行スベシ

手ニ金屬「プロベラ」ヲ握ミ乍ラ決シテ發動機ヲ始動スベカラズ保存間端末ヲ地上ニ置クコトナク又衝突ヲ避クルヲ要ス

金屬「プロベラ」ノ安全 若干ノ注意ヲナシ且直後ニ吾人ノ研究スベキ受領條件ニ依リ保證スベキ金屬ノ良好ナル性質ヲ保存セバ金屬「プロベラ」ハ少クモ木製「プロベラ」ト等シキ安全ヲ保證スルモノ、如シ

總テ新ナル金屬ノ有スル事故的ノ少キハ木製「プロベラ」ニ比シテ金屬ノ方著シク延伸性ヲ有シ之レニ基キ脆弱性ヲ減少スルコトニ依リテ補ハル、モノ、如シ

余ハ飛行間ノ「プロベラ」ノ破損ハ二ツヲ知リアルノミナリ、一ハ佛國ニ於テ一ハ米國ニ於テナリ第一ノモノハ五年前ニシテ全ク製作ノ初期ニシテ其ノ原因ハ不完全ニ歸スベキナリ第二ノモノニ對シテハ余ハ正確ナルコトヲ不知然レドモ發動機作用間轉覆セル飛行機ニ依リ知リタル所ニヨレバ破碎セザル「プロベラ」アルヲ見タリ之極メテ著明ナル結果ナリ

尙ホ金屬ハ時日ト共ニ疲勞スルコトアルベキヲ忘ルベカラズ且實用間時々全質ヲ檢スル爲ニ之レヲ犠牲トスルヲ適當ナリトス

金屬「プロベラ」ノ受領條件 加工ノ方法ハ認可セラルルヲ要スベシ

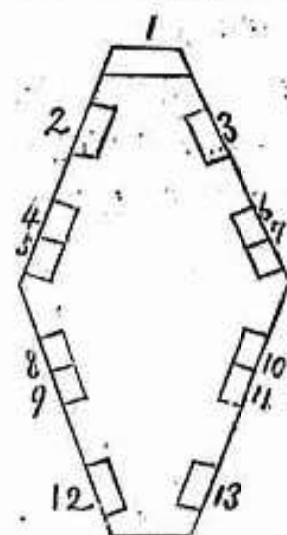
製作ノ公差及平衡條件ハ木製「プロベラ」ト同様ナルベシ

半製素材ハ検査當局ノ検査ヲ受クベシ

半製素材ノ試験群ハ同一鑄流ヨリ作リタル同一鍛工ヲ受ケタル製

品ヲ以テスベシ（原則トシテ試験群ハ300kg以下トス）

一試験群ヨリ13箇ノ試験片ヲ取リ（ $200\text{mm} \times 25\text{mm} \times$ 半製素材ノ厚サ）12箇ハ縦ニ取リ一箇ハ横ニ取ル其ノ状況畧圖ノ如シ



試験群毎ニ一回ノ比重検査ヲナス

九箇ノ試験片（1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 13）ニ後ニ「プロベラ」ノ受クルヲ要スベキ熱處理ヲ受ケシム「プロベラ」ニ接續スル試験片ノ面ハ平削機又ハ他ノ金屬ノ組織ヲ變化セザル方法ニ依リテ平削スベシ次ニ之ヲ目視検査ニカクベシ即チ小サナヒビ普通ノヒビ又割目其ノ他使用ニ當リ缺點ヲ生ズルコトアルベキ其ノ他ノ缺點ハ何レモ存在セザルヲ要ス然シ乍ラ之等ノ試験棒ニ對シテカクノ如キ缺點ニシテ棒ノ長サノ二分ノ一以下ノ長サノ上ニ

在リ且一局部ニ限定セラレタルモノニ在リテハ若シモ此ノ棒ニ對シテ實施シタル牽引試験ノ成績ガ満足ナラバ組織検査モ満足ナルモノトセラル

最後ニ試験片ニ對シテ四回ノ牽引試験ヲ行フベシ（出來得レバ圓形試験片ナルヲ可トス然ラザル場合ニハ厚サ10%ノ平面ノモノ）即チ三本ノ縦試験棒及一本ノ横試験棒中ヨリ切り取リタルモノトス

（若シモ縦ノ試験ノ大部分ガ若干ノ缺點ヲ表ハシタル場合ニハ之レニ應ジテ牽引試験ノ數ヲ増加スベシ）成績ノ平均ハ最小限

$R=39$ $E=22$ $A=15$ （極小値ハ此ノ數ヨリ5%減ジタルモノ以上ナルベシ）横ノ試験片ニ對スル成績ハ參考マデニ檢セラル

殘リタル四箇ノ試験片（5, 7, 9, 11）ハ各「プロベラ」ヲ其ノ各種階級ノ熱處理ニ導キ又要スレバ完全「プロベラ」ト試験片トノ處理ガ同一ナルヲ檢スル爲證據品トシテ用フ

木製「プロベラ」ノ裝甲 木製「プロベラ」裝甲ノ目的ハ水滴砂亦ハ小石ニ依リテ外表面ノ摩滅スルヲ金屬被覆ニ依リテ減少スルヲ以テ目的トス（陸上機ニ對シテハ原則トシテ「デュラルミン」ヲ用ユ）此ノ作業ハ金屬「プロベラ」ノ利益ヲ木製「プロベラ」ニ移サントスル目的ヲ有スルモノナリ

裝甲ノ最小厚ハ 1mm トス之レハ「プロベラ」ノ形狀ニ正確ニ適合

セシムヲ要ス此ノ成形ハ型又ハ熱間、冷間ニ曲ゲテ與フ
最後ニ生ジタル冷間鍛練状態ハ必要ニ應ジテ熱處理ニ依リテ直スベ
シ表面ノ凹凸ハ全クキレイナル表面ヲ得ル如クヤスリニテ修正スル
ヲ要ス

保持ヲ良好ニスル爲ニ「プロペラ」ト装甲トノ間ニ皮塗料若シク
ハ乳香 (mastic) ヲ挿入スベシ

縦割レヲ前縁ノ直下マデ延長シ之レニ依リテ飛行間「プロペラ」
ガ變形ニ應ズル爲十分ナル柔軟性ヲ有スル如クス

固定ノ木螺子又ハ綴釘ニ依リ之等ハ装甲金具ト同質ニシテ「プロ
ペラ」ヲ一側ヨリ他側ニ貫通スベシ木材ガ縦割シテ起サ、ル爲綴釘
ノ間隔ハ少クモ $22\frac{m}{m}$ ナルヲ要ス固定ハ遠心力ニ關シテ 6 倍ノ係數ニ
テ計算シ木材上ニ對スル綴釘ノ壓力ハ耗平方上 1 kgヲ超過スベカラ
ズ「プロペラ」ノ塗料ハ装甲ヲ少クモ $10\frac{m}{m}$ ノ幅丈覆フベシ

装甲ノ高サハ「プロペラ」ノ高サノ $\frac{3}{4}$ マデニ達セシムベシ

第五章 超 輕 合 金

豫説

吾人ハ「マグネシウム」ヲ基礎トスル輕合金ヲカク呼ブ

余ハ講義ノ第一部中ニ於テ尙極メテ一般的ナル手解ヲ指示セリ即
チ「マグネシウム」ノ受領ニ關スル事項ナリ

「マグネシウム」ハ尙航空製作ノ實行時代ニ入ラズ即チ發銷要素ニ
對シテ長期ノ實用ヲナスベキ方法今日ニ於テ未知ナルヲ知ル然レド
モ來ルベキ將來ニ「マグネシウム」ガ航空界ニ極メテ重要ナル使命
ヲ演ズルコトハ確實ナリ

余ハ今ヨリ此ノ金屬ニツキ知レルコト及此ノ金屬ニ期シ得ベキ事
項ニツキ述ベントス

「マグネシウム」ハ比重トシテ 1.72 或ハ「アルミニウム」ノ $\frac{3}{5}$ ニ
等シキ値ヲ有ス

鹽化「マグネシウム」 $MgCl_2$ ノ電解ニ依リテ生ズ

然レドモ $MgCl_2$ ハ天然ニハ鹽ノ水化物 $MgCl_2 + 6H_2O$ トシテ存在シ
得ルノミナリ故ニ先ヅ加熱シテ水ヲ驗逐ス (大氣ノ濕潤空氣ニ依リ
テ後ニ再ビ水化物トナルヲ避クル爲 KCl ヲ混ズ獨乙ノ「スタツスフ

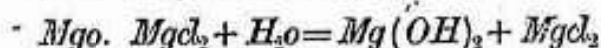
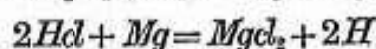
ルト」(Stassfurt) 鑛山ヨリハ $MgCl_2$ 及 KCl ノ混合物ヲ產出ス此ノモ
ノハ本目的ニ對シテ特ニ求ムベキモノトス

KCl ハ安定十分ニシテ電解ノ途中ニ分解ノ恐レナシ然レドモ之ニ
反シ水分ヲ去ル際ニ結晶水ニ對スル $MgCl_2$ ノ反作用ハ恐ルベキモノ
アリ即チ蒸發スル HCl 及金屬内ニ殘リ且有害ナル不純物ヲ構成スル
酸化「マグネシウム」ヲ形成ス之ヨリ常ニ多少ノ鹽化物ヲ混入スル
ニ至ル

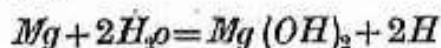
純粹ニスルニハ閉デラレタル埒内ニテ更ニ熔解シ鑄流間更ニ酸化
スルヲ避クル目的ヲ以テ「カルシウム」ヲ添加ス

若干ノ製作會社ニ於テ使用セラル、方法ハ埒埒ノ中ニ濕リタル水素
ノ流レヲ送ルニ在リ水蒸氣ハ鹽素ト作用シ浮遊スル酸鹽化物ヲ生ズ

化學的特性 「マグネシウム」ハ微量ト雖モ鹽化物ヲ含ムモノハ
濕潤空氣ニ不安定ナリ次ノ反應ガ際限ナク行ハル、傾向アリ



全體トシテ



1922年—1923年ニ實施セラレタル實驗ノ示ス所ニ依レバ濕潤空氣
ノ作用ニ無保護ニテ作用セラル、トキハ六ヶ月後ニ其ノ抗力五分ハ
一以上ヲ低下ス管ハ堅キ褐色ノ第一層ヨリ覆ハレ其ノ下ニ一層ハ厚
ク一層ハ薄キ白色水化「マグネシウム」ノ層ヲ發見ス

表面ノ層ハ酸化ヲ緩クスル如キモ許シ難キ程度ニ進行ス「マグネ
シウム」ガ第一、鹽化物ニ對シテ純粹ナルヲ要スルコト第二、有効
ナル塗料ニ依リ完全ニ被覆セラレザルベカラザル所以ナリ

現在ニ於テハ「マグネシウム」ヲ海水ニ觸レシムルノ問題ノ存シ
得ザルヤ明カナリ

物理的及機械的特性 「ジュラルミン」ノ特性ト比較セル物理的
特性次ノ如シ

	「マグネシウム」	「ジュラルミン」
δ — 比重	1.72	2.9

R—牽引抗力	2.0 à 2.5	3.8 à 4.5
E—彈性界	1.0 à 1.5	2.2
A—延伸率	1.0	1.4 à 1.7
$\frac{E}{\delta}$ ノ 商	5.8 à 8.8	7.6
線膨張係數	2.5	2.3
比 熱	0.248	0.217
熱 傳 導 度	0.38	0.48
Rf 疲勞抗力	(エレクトロン) 1.5	9.8 (マツク・コック・フ エルトノ數ニ依ル)
$\frac{Rf}{\delta}$ ノ 商	6.7	3.4

此等ノ數ニ依レバ

1° 「マグネシウム」ハ弱抗力ニ作用セラル、部品ニ使用セラルベキモノナリ、一般ニ變形セザルコトヲ確實ニスル爲ニハ最小寸度アルヲ以テ此ノ見地ヨリ有利ナリ

2° 「マグネシウム」ハ本質的ニ中等荷重ノ靜學的作用ニ對シテハ極メテ大ナル利益ハ之レヲ顯ハサズ然レドモ同一重量ニテ慣性能率ヲ増加シ屈撓及縱曲ニ作用セラル、部品ニ對シテ使用シ得ヘシ余ハ既ニ「ショウミエル」氏ガ「マグネシウム」製ノ「プロペラ」ヲ完成セルコトヲ指シタリ

3° 「マグネシウム」ノ疲勞ニ對スル大抗力(尙ホ確ムベキナリ)ハ確カニ發動機製作ニ對シテ大ナル將來ヲ保證ス尙ホ其ノ比熱ノ大ナルコトモ此見地ヨリシテ有利ナリ其ノ熱傳導度ノ小ナルヲ修正スベク銅ヲ合金ス 88%Mg12%Cu ノ合金ハ既ニ自動車用發動機ノ「ピストン」ノ製作ニ使用セラル

同様ニ航空用發動機ノ球軸承連接桿及更ニ曲軸室等ヲ完成セリ「マグネシウム」製ノ450馬力發動機ノ曲軸室ハ僅カニ50kgナリ

「マグネシウム」ノ各種合金 余ハ既ニ此ノ合金ノ二種ヲ記載セリ、「エレクトロン」ハ 4à7.7%ノ亜鉛及0.5%ノ銅ヲ含ミ主トシテ

獨乙ニ於テ製作セラレタリ ($R=23\hat{a}25kg$ $A=8\hat{a}10\%$ $S=1.78\hat{a}180$)
「マグネシウム」銅合金銅12%ニシテ爆發發動機ノ「ピストン」ノ
製作ニ使用セラル ($S=2.6$)

Mg—Zn—Al 合金 (Mg90%、Zn5%、Al5%) $R=30$ $A=13$

Mg—Al 合金 95%ノ「アルミニウム」5%ノ「マグネシウム」ノ
合金ヲ試ミタリ「マガリウム」ト呼バレ何等重要ナル結果ヲ得ズ尙
「マグネシウム」ノ高キ (90 $\hat{a}$ 95%) 含有量ヲ有スル合金ヲ完成セ
リ、其ノ成績ハ

砂型鑄物 $R=13.3$ $A=1\%$

延伸及軟過 $R=30.4\hat{a}9$ $A=3.5\%$

第六章 飛行機部品ノ計算原理

一般理論 某飛行機ヲ計算スルニハ製作者ハ先ヅ飛行ノ特別ノ場
合ヨリ着手スルモノトス特ニ第一部ニテ述ベタルモノヨリ始ム又既
ニ説明セシ如ク此等ノ各種ノ條件ニ於テ飛行機ニ作用スベキ力即チ
空氣動力學ノ力「プロペラ」ノ牽引力、重量、着陸ノ反動等ヲ決定
スルモノトス

次ニナスベキコトハ此等ノ力ヲ各種骨組部品ノ間ニ即チ縱梁、張
線、翼柱、脚材、車軸、車輪等ノ間ニ分解スルコトナルベシ次ニ對
應スル各種ノ飛行ノ場合ニ於テ各種部品ニ作用スル各種ノ性質ヲ有
スル力即チ牽引力、壓縮力、屈撓力、鈎截力等ニ對シテ適當ナル荷
重係數ヲ採用セル各ノ最大值ヲ記錄スベシ此記錄ニ當リテハ各種ノ
性狀異ナル力ガ相助ケテ其ノ最大力ヲ増加スルコトヲ忘ルベカラズ
(例ヘバ壓縮力又ハ牽引等ガ屈撓力ト同時ニ作用スルガ如シ) 之レ
ヨリ部品ニ附與スベキ形狀ヲ決定スベシ且時トシテハ使用スベキ材
料ノ性狀ヲ定ムルモノトス

吾人ハ製作者ガ各々特別ニ定メタル荷重係數ヲ以テ其ノ彈性界及
疲勞限界ヲ作用セシムルコトハ餘リ之レヲ獎勵シ得ズ即チ製作者ハ
其ノ飛行機ガ破斷荷重ヲ基礎トセル課セラレタル靜學試驗ヲ満足ス
ルヤ否ヤヲ檢スベキナリ

私ハ本講義ニ於テ總テノ計算ノ方法ヲ研究スルコトヲ得ズ即チ此
ノ問題ノタリニハ別ニ完全ナル講義ヲ必要トスベシ私ハ其ノ主ナル

モノニシテ單ニ部分的ニアラザルコトニツキ就中實施セラレタル原理及假說ヲ明瞭ニスル如キ方法ニツキテ單ナル指示ヲ與フベシ

吾人ハ總テノ方法ガ靜學的ニシカ適用シ得ザルト云フコトヲ更ニ思惟スベシ既ニ動力學ノ力及振動ノ力ノ如キ他ノ力ガ次ノ如キ作用ヲナスコトヲ考慮スルノ至當ナルコトハ研究セル所ナリ

第一、屈撓又ハ縱曲ノ力ニ作用セラル、長キ部品ニ對シテハ定メラレタル荷重係數ヲ増加スルコト

第二、振動ヲ支持スルヲ要スベキ部品ニ對シテハ彈性界ニ依ルコトナク疲勞ノ限界値ヲ基礎トシテ計算スルコト

第三、翼柱、張線ノ如ク個有ノ性質ヲ備フル部品ニ對シテハ發動機ノ實用範圍ニ於テ共鳴ヲ生ズル如キ個有周期ヲ與フルコトヲ避クベシ

之等ニ關シテハ更ニ再說スルコトナシ

力ノ作用ノ獨立ノ原理 適用セラレタル力ハ之ヲ六箇ニ分解スルコトヲ得即チ座標ノ三軸ニ沿フ分力及之等ノ三軸ノ周圍ニ於ケル偶力之レナリ

力ノ作用ノ獨立ノ原理ニ依レバカクノ如クシテ生ジタル各分力ハ之レガ單獨ニ作用シテモ其ノ結果ハ同一ナリ故ニ吾人ハ之レ等ヲ分割シテ其ノ原子力ノ作用ヲ研究シ得ベシ

然レドモ原子ノ疲勞ハ原子疲勞ノ數學的ノ和ナルコトヲ忘ルベカラズ換言セバ六箇ノ原子力ノ總和ノ作用ニ依リテ起ル所ノ彈性係數 ϵ ト原子ノ延伸 ds トノ乘積ニ基クモノトス

牽引力ノ作用スル部品ノ計算 脚材、張線、各種ノ骨組、部品ノ如キモノナリ部品ノ最小斷面ハ豫定ノ力ト彈性界トノ商ニ等シカルベシ

此ノ際取ルベキ注意次ノ如シ

(1) 豫定ノ力以外ノ事故的ノ力又ハ衝擊ニ對シテ變化セザル如ク十分安全ナルベシ之レガ爲ニハ出來得ル限リ其ノ横ノ慣性能率ヲ増加スル如ク特種斷面ヲ採用スベシ、此ノ見知ヨリ圓環ハ成績良好ナリ使用スベキ斷面與ヘラレタル場合ニ於テ過度ニ薄キ厚サヲ以テ金屬ヲ使用セザル限リ成ルベク大ナル中徑ノ管ヲ用フルヲ有利ナリトス

(2) 結合點一特ニ綿密ニ研究スベシ若シ研究不充分ナルトキニハ其ノ附近ニ於テ力ノ配當平等ナラズシテ遂ニ部品ヲ破壞スルニ至ルベキ鈹截力及屈撓力ノ如キ局部的ノ力ヲ生ズルニ至ルベシ

牽引力ノ作用スベキ場所ニ用フベキ結合法ノ主ナルモノハ螺桿ニ依ルモノ、綴釘ニ依ルモノ、型ヲ與フルモノ「シヤブ」又ハ關節ニ依ルモノ等アリ (附圖第五十六)

「コツス」及「シヤブ」ハ部品ノ一平面内ニ方向ヲ與フルコトヲ得關節(又ハ同時ニ「カルダシ」ニ組立テタル「シヤブ」ヨリ來ルモノ)ハ完全ニ各種ノ方向ヲ取ルコトヲ得此ノ最後ノ案ハ高抵抗ノ張線ノ結合ニ特ニ獎勵スルニ足ル(此ノ張線ハ最モ小ナル横ノ慣性能率ヲ有ス)

參考マデニ記述スルニ自鐸着ハ佛國ニ於テハ牽引力ノ作用スル部分ニハ之レヲ禁止シ單ニ固定金具ニ於テ動かザルコトヲ補フ手段トシテ許サル、ノミナリ

壓縮力ニ作用セラル、部品ノ計算 降着裝置、翼柱、各種骨組部品等ナリ長度小ナル部品ハ牽引力ノ作用スル部品ノ如ク計算セラル木製部品ニ對シテハ單ニ屈撓ニ於ケルヨリモ壓縮ニ於ケル最小抗力係數ヲ考慮スルモノトス

長度大ナル部品換言セバ大體ニ於テ長サガ少クモ幅ノ4又ハ5倍ノ部品ニ對シテハ非常ニ危險ナル現象ヲ生ズ之ニ就キテハ後ニ研究スル所アルベシ之レヲ縱曲ト云フ



吾人ハ縱曲ノ起ルコトアルベキ機會ヲ減少スル爲ニ特ニ其ノ結合ニ注意スルヲ適當ナリトス、此ノ結合ノ原則ハ牽引力ノ作用スルモノト異ラザルモ但或場合ニ木螺子モ螺桿モ用ヒザル單ナル切組ヲ用ユルコトアルヲ異レリトス

屈撓ノ作用スル部品ノ計算 翼及胴體ノ縱梁「プロペラ」等ナリトス

之等ノ部品ハ人ノ知ル如ク其ノ各斷面ニ一力(鈹截力)及一偶力(屈撓能率)作用スルモノトス

飛行機ニ對スル一般ノ場合ノ如ク長キ部品ニ對シテハ危險ナルモ

ノハ第一ノ力ニシテ短キ部品ニ對シテハ第二ノモノナリ

曲率半径ハ次ノ式ニヨリ表ハサル但シ式中 ϵ ハ彈性係數 I ハ斷面ノ慣性能率 C ハ偶力トス

$$\rho = \frac{\epsilon I}{C}$$

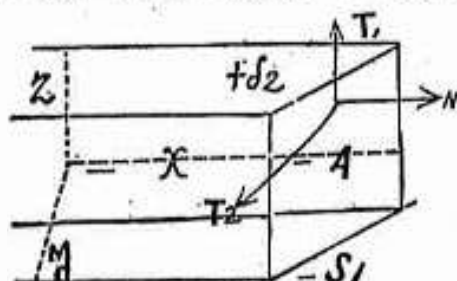
若シモ δ ガ屈撓軸ヨリ最モ遠カリタル纖維ノ距離ナレバ此ノ纖維ノ延伸ハ $\frac{\delta}{\rho}$ 又ハ $\frac{\delta C}{\epsilon I}$ トナルベク其ノ仕事ノ率ハ $\frac{\delta C}{I}$ トナルベシ $\frac{\delta C}{I}$ ハ多クモ E 或ハ振動ノ場合ニ在リテハ疲勞限界荷重ニ等シキ要スベシ此ノ際荷重係數ヲ考慮スルモノトス

木製部品ニ對シテハ E ガ壓縮部品ニ於テ伸張部品ニ對スルヨリモ一層小ナルコトヲ忘ルベカラズ

其ノ一端末ヲ固定シテ一端末自由ニシテ中央ニ支持點ナキ場合又ハ兩端末固定セラレ對稱ナルモ中央ニ支ヘナキ場合ニハ荷重ノ配當ヲ知レバ直チニ偶力ヲ計算スルコトヲ得次ニ他ノ場合ヲ檢討スベシ

屈撓力ノ作用スル架構内ニ於テ鈎截力ノ作用法

一物體ガ外力ニ作用セラル、時取扱フベキ斷面ノ各面積原子ニ面積ニ一般ニ斜ナル力作用ス此ノ力ヲ三力即チ一法線及二切線ニ分解ス之等ノ力ハ彈性ノ法則ニヨリ計算スルコトヲ得ベシ



平行ナル單一力又ハ數力ニ作用セラル、架構内ニ於テハ法線張力 T_2 ハ零ナルカ又ハ之レヲ省畧シ得ベシ (之等ノ力ハ其等ノ間ニ於テ平衡スルヲ

要シ斷面ノ周圍ニ對シテ零ニシテ對稱ノ理論ノタメニ如何ナル點ニ於テモ著名ナル値ヲ取ルコトヲ得ズ)

此ノ條件ニ於テ次ノ關係式ヲ得

$$\frac{\partial N}{\partial x} + \frac{\partial T_1}{\partial z} = 0 \quad (N = \frac{Cz}{I})$$

(外力ナキ場合ニ平行六面體原子ノ平衡方程式)

之レヨリ

$$\frac{\partial T_1}{\partial z} = -\frac{1}{I} \frac{\partial C}{\partial x} Z \quad \text{及} \quad T_1 = \frac{1}{2I} \frac{\partial C}{\partial x} Z^2 + K$$

常數ノ値ハ表面ニ於ケル張力ノ條件ニ依リテ與ヘラル若シモ此ノ張力ガ零又ハ省畧シ得レバ ($Z=\delta$ ニ對シテ $T_1=0$)

$$T_1 = \frac{1}{2I} \frac{\partial C}{\partial x} (\delta^2 - Z^2)$$

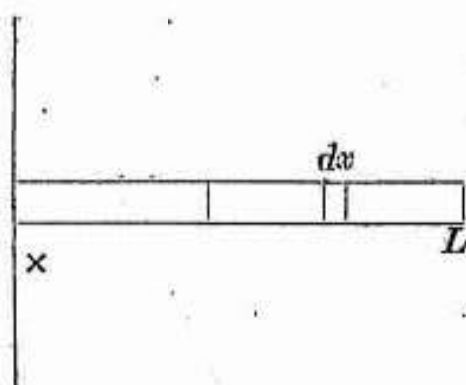
此ノ式ニ依レバ張力ハ中立纖維ニ於テ最大ニシテ次ノ式トナル

$$T_m = \frac{\delta^2}{2I} \frac{\partial C}{\partial x}$$

此ノ張力ノ最大值 T_m ト法線張力ノ最大值 N_m トノ間ノ關係ハ

$$\frac{T_m}{N_m} = \frac{\delta}{2C} \frac{\partial C}{\partial x}$$

長サ L ニシテ一端ヲ固定シ此ノ上ニ單位ノ長サニ對シテ p ニ等シキ常數荷重ヲカクル場合ニ於テ一點ニ作用スル偶力ハ $\frac{p(L-X)^2}{2}$ ナ



リ (即チ $dc = p dx (X-x)$)

$$C = \left(P \frac{(X-x)^2}{2} \right)_x^L = \frac{P(L-X)^2}{2}$$

此ノ偶力ノ最大值ハ固定點ニシ

$$C_m = \frac{pL^2}{2}$$

一ツノ架構ガ等配荷重ニシテ

且二支點間ニ位置スル時ハ同様

$$= C = \frac{px(L-x)}{2} \text{ 其ノ最大值ハ中央ニ於テ } \frac{pL^2}{8} \text{ ナリ}$$

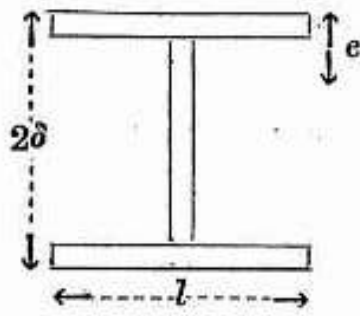
故ニ $\frac{T_m}{N_m} = \frac{\delta}{L-X}$ ナリ若シモ架構ガ其ノ厚サニ比シテ長キナラバ (L 大、 δ 小) 此比 $\frac{\delta}{L}$ ハ最モ荷重セル點ニ於テ小ナリ換言セバ固定點附近ニ於テ最モ小ナリ

等屈撓及等抗力ノ屈撓架構 等屈撓ノ架構トハ其ノ總テノ斷面ニ於テ最大屈撓ノ作用率ガ同一ナル如キモノナリ

其ノ方程式

$$\frac{\delta C}{I} = \text{Const}$$

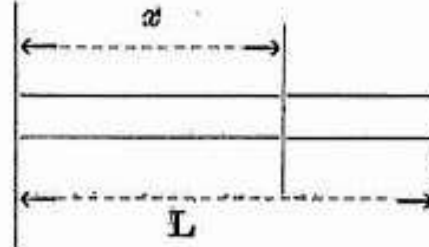
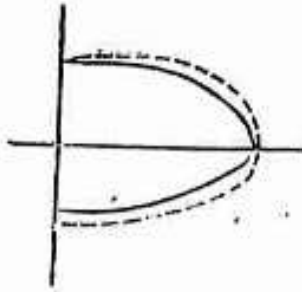
等屈撓ノ最モ有利ナル架構ハ明カニ與ヘラレタル斷面積ニ於テ其ノ慣性能率ノ屈撓軸ニ關シテ最大ナルモノナリカクテ吾人ハ其ノ底



ガ薄クシテ廣キ I 形断面ヲ用フ
 カクノ如キ架構ノ慣性能率ハ $2el\delta^3$ ナ
 リ
 故ニ一端ヲ固定シ其ノ縦長上ニ等配荷
 重 p ヲ有スルモノニアリテハ架構決定
 セラル即チ

$$\frac{\delta p (L-x)^2}{4el\delta^3} = E$$

$$\text{又ハ } el\delta = \frac{4p(L-x)^2}{E}$$



若シモ E 及 l 常數ナラバ拋物線断面トナル
 等抗力架構ハ鈹截力ノ見地上等屈撓ノ架構ヨリ誘導セラル最モ疲勞
 スル纖維ニ對スル鈹截力及屈撓能率ニ基ク力ノ總和ハ總テノ断面ニ
 於テ常數ナルヲ要ス
 長キ且等齊配當ノ架構ノ場合ニ等抗力架構ノ形狀ハ等屈撓ノモノ
 ト變化少シ吾人ハ断面ノ連續ヲ確保スル如ク其ノ端末ニ於テ僅カニ
 厚サヲ増加ス

航空ニ於テハ最モ普通ニハ製作上最モ荷重セル附近ニ於テ添板ニ
 依リテ底ヲ補強シテ θ ヲ變化セシム

尙極メテ變化スル (極メテ異ナレル方向ノ軸周ノ屈撓能率振回能
 率) 條件ニテ飛行機ニ對シテ適當ナル抗力ヲ確保スルノ必要ヨリ著
 シク I 形断面ノ使用ヲ制限スルニ至ル

カクテ CINA ノ 1° 及 3° ノモノヲ對象トスルトキニハ明カニ直角方
 向ノ屈撓力及同様ニ振回力ニ抗スルヲ要スベキ翼ノ縱梁ニ對シテハ
 其ノ断面ハ判然タル箱形縱梁或ハ尙ホ二箇ノ圓壻狀底ヲ補強板ニヨ
 リテ堅固ニセル平板軸ニ依リテ結合セルモノ廣ク使用ス (附圖第五
 十七)

板ニヨリテ補強セラレタル縱梁ノ場合ニハ此等ノ板ノ綴釘作業ハ
 綴釘ガ板ノニリヲ止ムルノ見地ヨリシテ注意シテ行フベシ之レニリ

ハ架構ノ抗力ヲ減ズル大ナルモノナレバナリ

尙モシモ底ガ n 葉ヨリ成リテ之ガ互ニ自由ノ状態ニアル場合ニハ其ノ完全ニ堅固ニ連結セラレタルモノニ比シ抗力ハ n^2 倍ニ小トナルベシ

鉄截力ノ作用スル部品ノ計算 鉄截ハ螺桿及綴釘上ニ作用スル力ナリ其ノ作用ノ方法ハ屈撓ニ依リテ作用セラル、モノト異ラズ唯一ノ差ハ力ガ比較的大ニシテ長サガ比較的小ナルコトナリ故ニ屈撓力ノ最大値ハ小ニシテ鉄截力極メテ大トナル

單位ノ原子力ノ式ニシテ先キニ得タルモノハ其ノ儘使用シ得ルヤ明カナリ

$$T_z = \frac{1}{2I} \frac{\partial c}{\partial x} Z^2 + K$$

然レドモ此ノ際部品ノ面ニ對スル張力ハ極メテ大ナル値ヲ取ルコトヲ得特ニ螺桿又ハ綴釘ガ其ノ全長ニ亘リテ力ヲ負擔スルトキ就中熱間綴釘ノ如キニ依リ若シモ豫メ壓迫力ヲ加ヘタル如キ場合ニ於テ然リトス

其ノ状態ガ假令如何ニ在リテモ鉄截力ハ部品ノ断面中ニ於テ等齊ニハアラズシテ中立纖維ニ於テ最大ナルモノナリ最大力ノ正確ナル計算ハ實施不可能ナリ實際ノ計算ニ當リテハ屢々等齊荷重ナリトノ假說ノモニ計算ヲナス然レドモ此ノ場合ニハ十分安全係數ニ餘裕ヲ與フルヲ適當トス尙ホ綴釘ハ其ノ頭部及「カシメ」部ノミガ僅カ過剩重量ヲ有スルニ過ギザルニ注意スベシ

綴釘ノ鉄截ノ仕事ハ接觸面ノ摩擦ニ依リテ大イニ輕減セラル、コトアリ即チ接觸面大ニシテ當初壓迫ヲ與ヘ又ハ表面ヲ輕ク變形セシメタル場合ニ然リトス

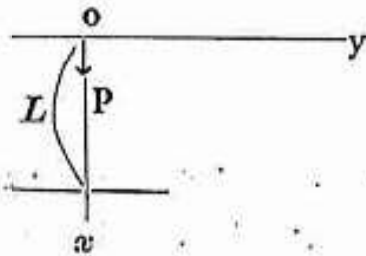
材料ガ各方向等質ナラザル場合（木材、鍛工部品）ニ於テハ吾人ハ最小抗力ノ方向ニ抗力ノ最大率ヲ取ルベシ、事實上鉄截力ノ式ヲ建設シテ $(\frac{\partial N}{\partial x} + \frac{\partial T_z}{\partial z} = 0)$ 此ノ鉄截力ト直角ノ方向ニ於テ同一ナル張力ヲ生ズルト見做タリ故ニ部品ノ破損スルハ最小抗力方向ナルヲ通常トス（木材ノ場合ニハ纖維ノ $\rightarrow$ リ及分離アリ）

・ 縦曲ノ作用スル部品ノ計算 縦曲ハ壓縮力ノ作用スル長サ大ナル部品ニ對シテ生起ス

荷重ガ架構ノ端末ニ傳達シ且中立纖維ニ平行ニ作用スル時ニハ屈撓ノ限界トシテ縦曲ノ現象ヲ了解スルヲ要ス

若シモ架構ハ其ノ端末ニ於テ關節狀ニ取付ケラレ C ヲ作用荷重ヨリ來ル偶力トセバ屈撓ノ式ハ

$$\rho = \frac{\epsilon I}{C} \quad \text{又ハ} \quad \rho = \frac{\epsilon I}{P y}$$



$$\text{或ハ} \quad \frac{\frac{d^2 y}{dx^2}}{\left[1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}} = \frac{P}{\epsilon I} y$$

此ノ式ヲ省畧積分法ニヨリテ積分シ且其ノ限界ヲ考慮ニ加レバ其ノ解ハ

$$L \sqrt{\frac{P}{\epsilon I}} = \pi + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \frac{1}{4} \frac{P}{EI} f^2 \pi + \Sigma(f^2 \text{ノ元})$$

此ノ式ハ若シモ

$$L \sqrt{\frac{P}{\epsilon I}} < \pi \quad \text{又ハ} \quad P < \frac{\pi^2 \epsilon I}{L^2}$$

ナラバ f ガ虚ナルコトヲ示シ次式

$$P = \frac{\pi^2 \epsilon I}{L^2}$$

ハ縦曲ノ限界値ヲ與ヘ此ノ式ハ「オイラー」ノ式ナリトス

若シモ架構ガ其ノ一端又ハ兩端ニ於テ固定セラル、ナラバ式ハ次ノ如シ

$$\text{一端固定ノ場合} \quad P = \frac{2\pi^2 \epsilon I}{L^2}$$

$$\text{二端固定ノ場合} \quad P = \frac{4\pi^2 \epsilon I}{L^2}$$

然シ「オイラー」ノ式ハ極メテ理論的ノモノニシテツノ架構ノ中立纖維ガ嚴密ニ直線ナルモノニ對シテ嚴密ナル靜學荷重ヲ課スル場合ニ摘要シ得ベシ然ルニ實際ニ於テ中立纖維ガ嚴密ニ直線ナルコトハナク必ズ若干ノ缺點ヲ有シ振動ガアリ遂ニ壓縮ト同時ニ屢々屈撓ニ作用セラル、モノトス

吾人ハ直線ノ缺點及振動ヲ考慮シ「レネサアル」ハ式ヲ用フ

$$\text{即チ } \frac{P}{S} \leq \frac{E}{1 + \frac{EL^2}{\alpha^2 \pi^2 \epsilon I}}$$

式中 S ハ支持面積

$$\alpha \begin{cases} 1 & \text{二端ガ關節結合ノ場合} \\ \sqrt{2} & \text{一端ノミ固定ノ場合} \\ 2 & \text{二端トモ固定ノ場合} \end{cases}$$

ナリトス

最後ニ壓縮セラレ屈撓セラレタル部品例ヘバ翼組ノ縱梁ノ如キ部品ノ場合ニアリテハ「ランキス」ノ式ヲ用フ（後ニ説明ス）

摘用式ノ如何ニ關セズ荷重ノ限界値ハ彈性係數及慣性能率ニ依リテ増加シ又長サニ依リテ減少スルコトヲ知ル

尙ホ第二及第三ノ式即チ殆ド實際ノ場合ニ用フル之等ノ式ノ中ニ於テ荷重ノ率ハ彈性界ト共ニ増加スルコトヲ知ル

カクテ吾人ハ壓縮ヲ受クル部品ニ對シテ其ノ縱軸周ニ對シテ大ナル慣性能率ヲ與フルニ至レリ尙ホ等齊抗力體ヲ有利トシ且自由狀態ニアル翼部品例ヘバ翼柱ノ如キモノニ對シテハ特種ノ斷面ヲ與フル其ノ若干例ハ附圖第五十八ノ如シ

木製翼柱ニ對シテハ高キ靜學數ヲ有スル樹種ヲ選定スルヲ要スベキヤ明カナリ且此等ノ樹種ノ間ニ於テれえごうゆる（固さ、木材ノ受領條件ノ部ニ於テ定義ヲ説明シアリ）ノ良好ナルモノヲ可トス此ノ固さハ木材ニ於テハ彈性係數ニモ比スベキモノニシテ木材ニ對シテハ金屬ノ如ク彈性係數ヲ決定シ得ズ

連續架構 既ニ研究シタル如キ屈撓ニ作用セラル、モ多クノ支點ニヨリテ支ヘラル、架構ヲ連續架構ト云フ

單ニ其ノ一端ニ依リテ胴體ニ固結セラル、特種ノ翼ヲ除ケバ一般ニ翼ノ縱梁ハ連續架構ヲナス、即チ翼縱梁ハ屈撓ノ作用ヲ受クルモ翼柱ガ支點ヲ形成ス

連續架構ハ如何ナル特色ヲ有スルカト云フニ其ノ支持點ニ於テ鈍截力ガ中絶スル如キ外觀ヲ呈スルニ在リ、今其ノ支持點ノ接觸部ヲ含ム無限ニ薄キ取付部ヲ想像スルニ、屈撓ノ理論ヲ單簡明瞭ニ摘用

スル時ハ支點ノ一方ヨリ他方ニ移ル際ニ鉋截力ハ一瞬間ニ有限ノ變化ヲナシ縱ツテ纖維原子ノ荷重率モ其ノ變化ノ率有限ノ値ヲ取ルベシ然レドモ物理學上カクノ如キコトハアリ得ベカラザルコトナリ

カクノ如キ妙ナル結果ノ因ツテ來ル所ヲ溫スルニ屈撓ノ理論ニ於テハ曲率半徑ハ其ノ長サニ從ヒ變化スベキモ同一斷面内ニ於テハ架構ノ厚サニ關セズ全厚ニ亘リ常數ナリト想定セルニ基ク、然ルニ上述ノ考ヘニ於テハ無限小ノ面積ニ有限ノ力ヲ適用スルコトニシテ此ノ考ヘハ曲率半徑ノ常數則ト兩立シ得ズ

局部ノ變形ハ之ヲ直接研究シ得ザル如ク複雑ナリ故ニ茲ニハ單ニ次ノ如キ事項ヲ述ブ得ルニ過ギズ

若シモ R ヲ支持點ノ反動力ニシテ支持點ノ一側 x ノ距離ニ於ケル偶力ヲ Rx 他側ニ於テハ零ナリトセバ支持點ノ兩側ニ作用スル偶力ハ一方ハ $-\frac{R}{2}x + x^2 f(x)$ 他方ニ於テハ $+\frac{Rx}{2} + x^2 f(x)$ ナル補足ノ偶力ヲ起ス故ニ $\frac{\partial C}{\partial x}$ ノ連續ヲ從ツテ鉋截力ノ連續ヲ確保スル如キ架構ノ局部ノ變形ヲ生ズ

連續架構内ニ於ケル力ノ配當ハ「クライビロン」ノ定理ノ助ケニ依リテ研究セラル此ノ理論ハ支持點ノ直グ近クニ於テ相連續セル架構ノ間ノ能率ノ關係ヲ明カニスルモノナリ

「クライビロン」ノ定理 (附圖第五十九參照) 此ノ定理ノ目的ハ架構ノ某點ニ作用スル屈撓能率及鉋截力ノ關係式ヲ求ムルニ在リ

架構ヲ代表スル纖維 E ヲ見ヨ、此ノ纖維ハ二支點上ニアリテ其ノ反動力ハ $R_1 R_2$ ニシテ既知ナリト假定ス、 $C_1 C_1' C_2 C_2'$ ヲ支點ノ直グ近クノ點ニ作用スル偶力トス此等ノ偶力ノ方向ヲ圖上ニ於ケル如ク考フ此等ノ間ノ關係ダニ求マレバ可ナリ

$T_1 T_1' T_2 T_2'$ ヲ支點ノ直グ近クノ a 及 b ニ於ケル鉋截力トス、 a 及 b ニ於ケル能率ノ平衡方程式ハ次ノ如シ但シ等配荷重ヲ p ナリトス

$$\left. \begin{aligned} C_1' &= C_2 + p \frac{L^2}{2} - T_2 L \\ C_2 &= C_1' + p \frac{L^2}{2} - T_1' L \end{aligned} \right\} T \text{ハ張間長トス}$$

今 a ヲ x ノ距離ニアリ a 及 b ノ間ノ某點 M ニ於テ切斷セテレタル

架構ヲ假定セヨ、且ツ左側ノ部分ニ於テ平衡成立セリトシM點ニ作用スル缺截力及偶力ノ値ヲ求ムレバ

$$\text{缺截力} \quad T = p(L-x) - T_2$$

$$\text{偶力} \quad C = \frac{p(L-x)^2}{2} - T_2(L-x) + C_2$$

T_2 ニ其ノ値ヲ代入セバ

$$C = -\frac{px(L-x)}{2} + \frac{(C_2 - C_1')}{L}x + C_1'$$

尙ホ未決ノ問題ハ C_2, C_1' ヲ決定スルコトナリ

$$C = \frac{\varepsilon I_1}{\rho} = \frac{\varepsilon I y''}{(1 + y'^2)^{3/2}} = \varepsilon I y''$$

但シ y' ノ値ハ1ニ比スレバ極メテ小ナルヲ以テ其ノ二乗ヲ1ニ對シテ省略セルモノトス即チ纖維ノ起伏少キモノト想像セルモノナリ

式中ノ C ニ其ノ値ヲ代入シテ積分セバ

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{p}{2} \int \frac{x(L-x)}{\varepsilon I} dx + \frac{C_2 - C_1'}{L} \int \frac{x}{\varepsilon I} dx + C_1' \int \frac{dx}{\varepsilon I} + h \dots (1)$$

及

$$\begin{aligned} y &= -\frac{p}{2} \int dx \int \frac{x(L-x)}{\varepsilon I} dx + \frac{C_2 - C_1'}{L} \int dx \int \frac{x}{\varepsilon I} dx + C_1' \int dx \int \frac{dx}{\varepsilon I} + hx + h \\ &= \frac{p}{2} \left[x \int \frac{x(L-x)}{\varepsilon I} dx - \int \frac{x^2(L-x)}{\varepsilon I} dx \right] + \frac{C_2 - C_1'}{L} \left[x \int \frac{x}{\varepsilon I} dx - \int \frac{x^2}{\varepsilon I} \right. \\ &\quad \left. px \right] + C_1' \left[x \int \frac{dx}{\varepsilon I} - \int \frac{xdx}{\varepsilon I} \right] + hx + k \dots (2) \end{aligned}$$

點aガ座標ノ原點ナラバ $k=0$ 常數 h ハb點ヲ通過スル條件ニ依リテ決定ス(1)式ニ於テ $x=0$ ヲ代入セバa點ニ於ケル切線ノ角係數ヲ得「クラビイロン」ノ定理トハ

α ニ無限ニ近キ支點ノ一側ニ於ケル一點 α^1 ニ於ケル切線ノ角係數ハa點ニ於ケルモノニ同ジ

吾人ハ上述ノ方法ニヨリ相連續セル二架構ニ於テ夫々其ノ張間ニ個有ノ條件ニヨリテ接合支點ニ於ケル角係數ヲ求ムレハ之等ノ二値ハ「クラビイロン」ノ定理ニヨリ等シカラザルベカラズ即チ若シ未知數ヲ含メバ此ノ兩値相等シキ條件ニヨリーツノ方程式ヲ得ベシ、

特別ナル場合 °水平ニ置カレタル張間等幅ニシテ等配荷重ニ基ク

起伏省略シ得ヘク εI ノ乗積常數ニシテ $C_1 = C''$ $C_2 = C_2'$ ナル特別架構アリトセヨ

h ハ此ノ場合 n ニ於ケル角係數ニシテ (1) ノ方程式ヨリ誘導シタル其ノ値ハ

$$h_n = p \frac{L^3}{24} - \frac{L}{6} (2 + 2C_1)$$

同様ニシテ

$$h_n' = - \frac{pL^3}{24} + \frac{L}{6} C_0 \quad C_0 \text{ ハ架構端末ニ於ケル偶力}$$

「クラビイロン」ノ定理ニ依リ

$$h_n = h_n'$$

ナル條件ヲ満足スルニハ三能率ノ定理次ノ如シ

$$C_0 + 4C_1 + C_2 = \frac{pL^3}{2}$$

若シモ n 箇ノ張間ヲ有スル架構ナラバ此ノ種ノ方程式 ($n-1$) 箇ヲ得ベシ何トナレバ各方程式ハ二張間ノ中間ニ介在ススレバナリ

($n+1$) 箇ノ偶力アルモ端末ニ於ケル偶力 C_0 及 C_n ハ零ナリ、故ニ方程式ハ偶力ノ數ト一致シ問題ハ解決ス

張間ガ不等ニシテ且不等荷重ノ場合 (1,3,5,6ノ假定) ニ於テ他ノ總テノ條件ガ充足セラル、ナラバ三能率ノ定理ハ次ノ式ニ依リテ表ハサル

$$4L_1C_0 + 8(L_1+L_2)C_1 + 4L_2C_2 = p_1L_1^3 + p_2L_2^3$$

上述ノ説明ニ於テハ架構ヲ其ノ中立纖維ニテ表ハスコトヲ基礎トス故ニ實際ニ於テ支點カ中立纖維ヲ通スルコトヲ要スルヤ勿論ナリ若シ然ラズシテ振回ノ偶力起ルナラバ上述ノ結果ヲ直チニ適用シ得ザルニ至ルコトニ注意スベシ

圖式ノ方法 (附圖第六十) 連續架構ノ計算ノタメ實際ニ於テハ圖式ノ方法ヲ用フ

一點ニ於ケル能率ハ先キニ建設セル

$$C = - \frac{px(L-x)}{2} + \frac{C_2 - C_1}{4} x + C_1$$

C_2 及 C_1 ハ三能率ノ方程式ニ依リテ決定セラルベシ此ノ式ノ示ス曲線ヲ直交座標軸上ニ求ムレバ支點ニ於テ最大又ハ最小値ヲ有シ中立

纖維ヲ二點（實又ハ虚）ニテ切ルベキ拋物線ノ面積ニシテ其ノ點ニ於ケル能率ハ零ナリ

鉄截力ハ $T = p(L-x) - T_2 = p(L-x) + \frac{C_1 - C_2}{L} - \frac{pL}{2}$ ニシテ直線ヲ表ハシ最小屈撓能率（又ハ最大屈撓能率）ノ點ハ中立線ヲ切ル位置ナリトス

反動力ガ正確ニ中立線ヲ通過セザル場合

反動力ニ基キ架構ノ對應スル斷面内ニ次ノ如キ分力ヨリ成ル合力ヲ生ス

第一、荷重ニ基ク屈撓能率ニ附加スルモノ

第二、捩回能率ヲ起スモノ

第三、架構ヲ荷重ノ屈撓ニ垂直ナル方向ニ屈撓セシムルモノ

連續架構ノ縱曲

本縱曲ニ對スル抗力ヲ研究スルニハ普通ノ場合ノ如ク「ランキス」ノ式ノ補助ニ依ルモ其ノ式形ニ若干ノ修正ヲ加ヘ次式ヲ用フ

$$\frac{P}{S} \leq \frac{E - p \frac{L^2 \delta}{8I}}{1 + \frac{EK^2}{a^2 \pi^2 s I}}$$

式中 λ ハ屈撓能率ノ零ナル點ノ距離トス若シモ此ノ點ガ虚點ナル場合ニ於テハ次式ニ依ル

$$\frac{P}{S} \leq E - \frac{\mu \delta}{I}$$

式中 μ ハ張間ニ沿フ最大偶力ニシテ支點ノ反動力ヲ含マズ

三角形架構 吾人ハ複雑ナル架構ニシテ三角形ヲナシ之ニ依リテ其ノ變形ヲ避クル如キモノヲ三角形架構ト云フ（變形トハ彈性界附近ノモノヲ云フ）

三角形架構ノ問題ハ某部品ノ某點ニ於ケル諸力（一張力ニ鉄截力偶力ノ三分力）ヲ求ムルニ在リ

此ノ問題ヲ解決スルタメニ摘要スベキ方法ハ若干部品ヲ孤立セシムル如ク考ヘ架構ノ中ニ若干ノ斷面ヲ作ルニアリ吾人ハカクノ如ク孤立セル部品ト殘リノ部品トノ間ノ連結ヲ力及偶力ニ依リテ代表セシメ既知ト考ヘラル、外力及此等ノ力及偶力ノ平衡方程式ヲ作成スカクテ方程式ノ一組ヲ得ベク之レヨリ連結點ノ未知力ヲ求ム

獨立ノ關係ヲ有スル断面ニヨリテ數ハ制限セラル、モノトス此ノ數ハ通常未知數ヨリ少ク問題ハ靜機械學ノ見地上決定セラレズ

其ノ決定ハ彈性變形及反動力ヲ入ラシムルニアラザレバ得難シ余ハヤガテ此問題ニツキテ二三述ブベキモ通常其ノ解決ハ單簡ナル假說ヲ設ケタル場合ニ於テモ眞ニハ解決シ難シ吾人ハ數學的分析ノ極メテ高尚ナル理論ニ依ルヲ要ス是レ翼組骨組ノ如キ架構ノ問題ノ困難ナル所以ナリ

單簡ナル特別ノ場合—完全關節ノ平面架構 此ノ場合ニ各結合點ニ集合セル部品ニヨリテ茲ニ作用スル力ハ此等ノ部品ノ長サノ方向ニ向ケラル換言セバ架構ノ部品ニ依リテ結合點ニ何等偶力ヲ生ズルコトナシ

各新断面ニハ二箇ノ新未知力ヲ生ズ（二新桿ノ張力）此等ノ未知力ハ平衡方程式ニ依リテ決定ス

實際ニ於テハ靜學圖式ノ方法ヲ用フ（「クレモナ」ノ建設）各新断面ニ於テ解決スベキ問題ハ分離セシメタリト想像スル部分ニ摘要セラレタル力ト平衡スルヲ要ス即チ外力及既知連結力ト大ク未知ナル連結二力ヲ平衡セシム之レガ爲吾人ハ既知力ノ多角形例ヘバ $a f_1 f_2 f_3$ 及 f_4 ノ如キヲ作成シ a 點ニ於テ x ニ又 b 點ニ於テ y ニ平行線ヲ引ク x 及 y ハ未知力ノ方向ナリ若シモ b ガ其ノ交點ナリトセバ $f_4 b$ 及 ab ハ求ムル所ノ力ナリ

張線架構ニ對シテ「クレモナ」ノ建設ヲナシテ下縱梁ハ張力ヲ生ズルコトヲ知ル但シ其ノ中ニ張力零ナル最端末部ヲ除ク、上方縱梁部品ハ翼柱ノ如ク壓縮セラル又張線ハ張ラル仕事ノ率ハ自由端ヨリ固定端ニ向ヒテ増加ス（附圖第六十一）

飛行機ニ對スル摘要 吾人ハ之レヲ次ノ如ク分解計算シ三角形架構ト見做ス

- 前方縱梁及對應翼柱ノ全體
- 後方縱梁及對應翼柱ノ全體
- 翼
- 翼組ノ縱桿（迎角線ヲ含ム一體）
- 胴體三角形架構ノ一體

若シモ降着線ガ弛メバ此ノ各種架構ヲ關節架構ニ擬ス實際ニ於テハ

此等ノ架構ハ本來ノ關節架構ニアデズカクテ通常縱梁ハ連續架構ニシテ翼柱ハ固定架構ナリ然レドモ此等ノモノノ反動力ハ極メテ規整ナルヲ以テ吾人ハ通常其ノ偶力ヲ第一ノ略近法ニ於テハ省略ス之レガ爲縱梁上ニ對スル翼柱脚ノ兩側ノ偶力ハ平衡シ此等部品間ノ力ノ配當ハ關節架構ノモノト同様ナリトス固ヨリ略近法ニ過ギズ

吾人ハ各種張間ノ張力及壓縮力及翼柱ノ反動ヲ今示シタル方法ニヨリテ計算ス次ニ之等ノ要件ヲ縱梁ノ計算ニ對シテ連續架構ニ於ケル如ク使用ス

變形ノ影響、上述ノ諸件ニ於テハ次ノ如キ略近又ハ省略ヲ行ヒタルモノナルコトヲ忘ルベカラズ

1° 三角形架構ノ部品ヲ關節系ト見做シ且縱梁ヲ連續架構ト見做スコトハ翼柱及張線ノ反動力ガ其ノ結合點ニ於テ中立線上ニテ交ルト假定セルモノナリ

2° 連續架構ノ感念ヨリ出發セル單純ナル解法即チ「クラビイロン」ノ定理ニ基ク三能率ノ定理ハ其ノ原則ノ引用ニ於テ假説ヲ有スルモノトス假説トハ他ナシ即チ材料ノ變形ノ場合ニ於テ其ノ起伏ガ省略シ得ル程度ノモノト見做シタルコトナリ、然レドモ若シ材料ヲ其ノ破斷抗力ノ限界附近ニテ使用スル如キ場合ニ於テハ一層嚴密ニ取扱フコト必要ナリ

3° 飛行機ハ過剩ノ結合點ヲ有セザルモノト假定セリ然ルニ、翼組ハ單ニ飛行張線ヲ有スルノミニアラズシテ第二ノ對角線方向ニ降着線ヲ有シ所謂過剩支點ヲ有シ且既ニ翼組ノ部ニ於テモ述ベタル如ク飛行間渦流又ハ急激ナル操作ノ場合ニハ所謂鞭撻作用ヲ起ス虞レアルヲ以テ之レヲ避クル爲相當ニ緊張スルコト必要ナリ、即チ過剩支點ヲ生ズルハ已ムヲ得ザルコトナリ

4° 翼組、胴體等ノ各骨組ノ直角三角形ノ三要素ハ互ニ獨立セルモノト假定セルモ之等ハ互ニ反動力ヲ及ボス「アクロバシイ」ノ場合ニ於テ特ニ然リ

5° 時トシテハ三角形ノ構成要素ノ極メテ小ナル變形ニ於テモ重大ナル結果ヲ招來スルコトアリ即チ變形ヲ無視シ得ルハ彈性變形ノ範圍ナルヲ以テ若シモ各種部品ノ彈性係數ガ甚ダシク異ル如キ場合ニ於テハ變形ノ結果著シク各種部品間ノ荷重ノ配當ヲ變更スルコトアルベシ

余ハ今茲ニ總テニ通ズル一般法則ヲ説明スルコトヲ得ズ何トナレバ之等ノ大部分ハ未完成ノ問題ニシテ今日研究セラレツ、アルモノナレバナリ然レドモ實際ニ飛行機ヲ觀察スル場合ニ於テ之等ノ假設ヲ考慮スル時ハ單簡良好ナル意味ニ於テ往々骨組中ニ存スル缺點ヲ發見シ得ルコトアルベシ余ハ次ニ單ニ三ツノ特別ナル場合ヲ明カニスルニ止メン

變形ヲ考慮セル連續架構ノ理論 (附圖第六十二、六十三)

省略セル變形ノ中ニ於テ最モ重要ナルモノハ牽引又ハ壓縮荷重ニ關スルモノナリ

1ノ値ニ對シテ $(y')^2$ ヲ常ニ省略セハ彈力線ノ微分方程式ハ次ノ如シ但シ P ハ正又ハ負ナリトス

$$y'' = \frac{C}{\epsilon I} \quad \text{-----}(1)$$

$$C = -\frac{px(L-x)}{2} + \frac{C_2 - C_1}{L}x + C_1 - Py \quad \text{-----}(2)$$

此ノ方程式ハ第二階級ノ常數係數ノ微分方式ニシテ第二邊ヲ有スル場合ナルヲ以テ積分スルコトヲ得

{(譯者註) 此ノ方程式ハ(2)式ノ C ニ(1)式ノ値ヲ代入シテモ勿論積分シ得ベキモ若干ノ工夫ヲナストキハ極メテ容易ニ積分スルコトヲ得、參考マデニ積分ノ經路ヲ記スレバ次ノ如シ

(I)、(2)式ヲ x ニテ二回微分セバ

$$\frac{d^2 C}{dx^2} = -p + P \frac{d^2 y}{dx^2} \quad \text{-----}(3)$$

(II)、(3)式ノ $\frac{d^2 y}{dx^2} = (1)$ 式ノ示ス値ヲ代入セバ

$$\frac{d^2 C}{dx^2} + \mu_0^2 C + p = 0. \quad \text{但シ } \sqrt{\frac{P}{EI}} = \mu_0^2 \quad \text{-----}(4)$$

(III)、(4)式ハ常數係數ノ第二階ノ微分方程式ナルヲ以テ其ノ積分ハ極メテ容易ニ求ムルコトヲ得

(IV)、積分ノ際二箇ノ積分常數入り來ル其ノ決定ハ、端末支點ノ條件ヲ代入シテ決定ス然ルトキハ積分ノ結果ハ

$$C \left(= \epsilon I \frac{d^2 y}{dx^2} \right) = (C_1 - C_0 \cos 2\lambda_1) \frac{\text{Ain } \mu_1 x}{\text{Ain } 2\lambda_1} + C_0 \cos \mu_1 x$$

$$= \frac{p}{\mu_1^2} C_1 - \frac{\cos(\mu_1 x - \lambda_1)}{\cos \lambda_1} \quad \text{-----} (4)_1$$

但シ $\mu_0 l_1 = 2\lambda_1$ トス

(V)、(4)₁ 式ハ x 及 y ノ方程式ナルヲ以テ之レヲ二回積分セバ

$$\begin{aligned} \varepsilon I y = & (C_1 - C_0 \cos 2\lambda_1) \frac{\sin \mu_1 x}{\mu_1^2 \sin 2\lambda_1} + C_0 \frac{\cos \mu_1 x}{\mu_1^2} \\ & + \frac{p}{\mu_1^2} \left(\frac{x^2}{2} + \frac{\cos(\mu_1 x - \lambda_1)}{\mu_1^2 \cos \lambda_1} \right) + D_1 x + D_2 \quad \text{-----} (5) \end{aligned}$$

(VI)、積分常數ハ端末ノ條件ヲ代入シテ決定ス

(VII)、次ニ(5)式ヲ一回微分セバ彈力線ノ角係數ノ方程式ヲ得ベキヲ以テ支點ノ角形數ヲ決定スルコトヲ得ベシ故ニ「クラビイロン」ノ定理ニ依リ三能率ノ定理ヲ導クコトヲ得

「クラビイロン」ノ定理ニ依ル三能率ノ方程式次ノ如シ

$$\begin{aligned} L_1 C_1 f(\lambda_0) + L_2 C_2 f(\lambda_2) + 2C_1 [L_1 g(\lambda_1) + L_2 g(\lambda_2)] \\ = \frac{p}{4} [L_1^2 h(\lambda_1) + L_2^2 h(\lambda_2)] \end{aligned}$$

壓縮ノ場合ニハ

$$\begin{aligned} f(\lambda) &= \frac{3}{2} \frac{2\lambda \operatorname{cosec} 2\lambda - 1}{\lambda^2} & g(\lambda) &= \frac{3}{4} \frac{1 - 2\lambda \cot 2\lambda}{\lambda^2} \\ h(\lambda) &= 3 \frac{\tan \lambda - \lambda}{\lambda^3} & \lambda &= \frac{1}{2} \sqrt{\frac{P}{\varepsilon I}} L \end{aligned}$$

牽引ノ場合ニハ

$$\begin{aligned} f(\lambda) &= \frac{3}{2} \frac{1 - 2\lambda \operatorname{cosech} 2\lambda}{\lambda^2} & g(r) &= \frac{3}{4} \frac{2\lambda \coth 2\lambda - 1}{\lambda^2} \\ h(r) &= 3 \frac{\lambda - \tanh \lambda}{\lambda^3} \end{aligned}$$

ナリ破斷ハ $\lambda = \frac{\pi}{2}$ ノ時起ル f, g, h ノ函數、ハ豫メ計算ノ上表示シ得

過剩支點ノ影響 (附圖第六十四)

單一ノ張間トシテ單簡ナル場合ヲ取扱ハシ

若シモ飛行間著陸張線ガ弛ミアル場合ニ於テハ之等各種ノ構成要素間ノ力ハ直チニ次ノ如クナルベシ

翼柱ノ壓縮力	p_1	上方縱梁ノ壓縮力	$p_1 \cot \alpha$
張線ノ張力	$\frac{p_1}{\sin \alpha}$		

若シモ著陸張線が張力 t ヲ有スルトセバ (I) ノ斷面ニ從ヒカヲ計算スル時此ノ張力ノタメニ翼柱ニハ $t \sin \alpha$ ノ補足カヲ生シ、又下縱梁ニハ $t \cos \alpha$ ナル壓縮カヲ與ヘントスルコトヲ知ル、故ニ此ノ張線ノ作用ハ先天的ニ不良ナリ、之レニ反シテ若シモ下縱梁ガ木製ノ切組ノ如キ場合ニ於テハ此ノ壓縮カハ却ツテ有利ナルコトアルベシ

尙ホ余ハ既ニ二回ニ亙リテ此ノ張力ハ渦流ノ場合ニ於テ鞭撻作用ヲ避クル爲ニハ必要ナルコトヲ示シタリ、然ルニ不幸ニシテ此ノ過剩荷重ノ作用ハ休止間ニアラザレバ調整シ得ズ、飛行間ニ在リテハ翼組ノ變形ニ伴ヒテ其ノ張力變化シ且同時ニ支點ヲ形成スル部品ノ荷重ヲモ變化セシムルモノトス故ニ、若シ多クノ過剩部品アル場合ニ於テ此等ノ間ニ於ケル彈性係數ガ異ル如キコトアラバ不期カヲ生ジ過早破斷ヲ來ス如キコトアルベシ

此ノ種ノ極メテ單簡ナルナル一例ハ操縱裝置ノ如キニ於テ彈性界ハ何レモ E ニシテ彈性係數ヲ異ニシ其ノ値 ϵ_1 及 ϵ_2 ナル索及「ピアノ」線ヲ併用シタリト假定セヨ、此ノ際 $\epsilon_1 < \epsilon_2$ ナルモ皮相ノ觀察ニ於テハ彈性界 $2E$ ナリト判決スルコトアルベキモ實際ニ於テハ索ノ彈性界 E ニ達シタル時ニ全荷重ハ $E + \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2} E$ トナルベシ若シモ當初ノ如キ理論ヲ以テセバ安全係數 n ナル場合ニ實際ノ係數ハ $n \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2}{2 \epsilon_2}$ ニ低下スベシ

他ノ例 (附圖第六十五、六十六、六十七)

AB 架構及 AC 張線ニ依リテ構成セラレタル骨組ノ結合中ニ於テ最大疲勞ヲ比較センニ此ノ骨組ノ架構ノ A 點ニ P ナル力ノ作用スル場合ト然ラザル場合アリ又架構ガ固定架構ノ場合ト然ラザル場合トアリ

架構固定ニアラザル場合ニハ力 P ハ架構上ニ壓縱力 $P \cot \alpha$ ヲ又張線ニ牽引力 $\frac{P}{\sin \alpha}$ ナル分カヲ生ジ屈撓能力ハ存セス此ノ際、架構及張線ノ疲勞ハ次ノ如シ

$$\text{架 構} \quad \frac{P \cot \alpha}{S}$$

$$\text{張 線} \quad \frac{P}{\sin \alpha}$$

固定架構ノ場合ニアリテハ架構ガ A ヨリ f ナル距離ニアル A_1 マデ撓ミ其ノ長サノ減少ハ張線ノ長サノ増加ニ比シテ省略シ得ルナラバ

此ノ張線ノ延伸量ハ $f \sin \alpha$ トナリ、又此ノ延伸量ヲ張線ノ張力 F ノ
函數ニテ表ハスナラハ

$$f = \frac{FL}{\epsilon_h s \sin^2 \alpha}$$

但シ L ϵ_h 及 s ヲ張線ノ長さ、彈性率
及斷面積トス

次ニ f ヲ架構ノ變形ノ函數ニテ表ハサントス

A ヨリ x ナル距離ニ在ル一點ニ於ケル屈撓能率 C ハ P_x ナリ何ト
ナレバ架構ノ端末ニ外力ヲ有スルノミナリ、 M 點及 M ニ無限ニ近キ
 M_1 ニ於テ架構ノ彈力線ニ切線ヲ引ケハ p トノ交點ノ距離ハ dx ニシ
テ又其ノ二切線ノ交角ヲ di トセバ

$$df = x di$$

又 $dx = \rho di$ ρ ハ架構彈力線ノ曲率半徑ナリ

$$\text{依ツテ } df = \frac{x}{\rho} dx = \frac{Cx dx}{\epsilon_p I} = \frac{Qx^2 dx}{\epsilon_p I}$$

$\epsilon_p I$ 常數ナラバ

$$f = \int_0^L \frac{Q}{\epsilon_p I} x^2 dx = \frac{QL^3}{3\epsilon_p I}$$

次ニ結合點 B ニ於ケル能率ノ方程式ヲ作成セバ

$$PL = QL + FL \sin \alpha$$

$$\text{即チ } P = Q + F \sin \alpha \quad \text{----- (1)}$$

架構及張線ノ兩者ヨリ求メタル f 同一ナルベキヲ以テ

$$\frac{FL}{\epsilon_h s \sin^2 \alpha} = \frac{QL^3}{3\epsilon_p I} \quad \text{----- (2)}$$

(1) (2) ノ聯立方程式ヨリ F 及 Q ヲ求ムレバ

$$F = \frac{P}{3 \frac{\epsilon_p}{\epsilon_h} \frac{I}{SL^2 \sin^2 \alpha} + \sin \alpha}$$

$$Q = P \left[1 - \frac{1}{1 + 3 \frac{\epsilon_p}{\epsilon_h} \frac{1}{SL^2 \sin^2 \alpha}} \right]$$

又疲勞ノ率ハ

張線

$$\frac{P}{S \sin \alpha + 3 \frac{\epsilon_p}{\epsilon_h} \frac{I}{L^2 \sin^2 \alpha}}$$

架構ニ在リテハ屈撓ト壓縦力ノ和ニシテ

$$\frac{P \cos \alpha}{S \sin \alpha + 3 \frac{\epsilon_p}{\epsilon_h} \frac{I}{L^2 \sin^2 \alpha}} \times \frac{P \delta L}{I} \left(1 - \frac{I}{1 + 3 \frac{\epsilon_p}{\epsilon_h} \frac{I}{SL^2 \sin^2 \alpha}} \right)$$

張線ニ於テハ負擔輕減セラレ得ベキモ架構ニ於テハ其ノ負擔問題ニ從ヒ極メテ廣範圍ニ變化スベシ

此ノ例ニ依レバ結合點ニ於ケル偶力ヲ省略シ得ル場合ニアラザレバ連續部品ヲナス三角形架構ヲ完全關節架構ト見做スコトハ適當ナラス

第七章 事故ヨリ得タル教訓

不幸ニシテ事故ハ空中ニ於ケル本來ノ危險ヨリモ生起ノ回数尙多キ狀況ニ在リ其ノ理由ハ次ノ如シ

第一 空氣動力學及飛行機ノ製作中ニ未知ノコト尙ホ多シ

第二 用フル材料カ常ニ完全ナルコトヲ得ズ

第三 飛行機ノ使用及保存ノ方法尙大イニ進歩ノ餘地アリ

故ニ事故調査ニ當リテハ極メテ大ナル注意ヲナシテ其ノ原因及之レヨリ得ベキ教訓ヲ求ムルコト適當ナリ是レ再ビ類似ノ事故ヲ避クルノ手段ナリ是レ其ノ尊キ犠牲ヲ無駄トセザル犠牲者ニ對スル最良ノ追善ナリ

尙ホ教訓ヲ得ルモノハ重大ナル事故ノミニアラズシテ一螺桿ノ破斷ノ如ク小ナル問題ニテモ十分ヨク研究スルコトハ遭難ニ對スル證議立ヲスルヨリモ航空ノ進歩ニ對シテハ最モ有利ナルコトアリ

本講義ニ於テ既ニ研究セル殆ンド總テハカクノ如キ研究ノ結果ナリ

材料ニ歸スベキ事故 今日ニ於テハ發動機ノ停止ニ次テ尙ホ多キ著陸時ノ事故ヲ考慮セザルナラバ材料ニ基ク重大ナル事故ハ極メテ稀トナレリ先年此ノ方余ノ知リタル五ヶ國內ニ於テ起リタル此ノ種ノ事故ノ57件ニ對シテ單ニ30即チ漸ク半ヲ越過スル程度ノモノガ普通使用中ノ多量製作機中ニ起リ其他ハ原型機又ハ受領飛行間又ハ「スポーツ」的ノ實驗又ハ試験飛行間ニ生起シタリ

余ハ同一期間ニ他ノ國ノ多量製作機ニ於テ起リタル總テノ事故ニ就テ知識ヲ有セザルモ若干ノ遺漏アルベキモ今日ニ於テハ二回ノ事

故中一回ハ原型機ニシテ一回ガ實用機中ニ於ルモノト考フルコトヲ得ベシ之レニ依リ原型機ノ試験ノ方法ハ最早ヤ不良機ヲ看過スルコトナキマデニ光彩ヲ放チ充分満足ヲスルモノナルコトヲ證明ス

57回ノ事故ヲ分類セバ次ノ如シ

翼組ノ破損23回

靜學試験ヲ缺キタルカ又ハ其ノ不充分ナリシモノ 四回 (四回共外國)

缺點アル金屬ヲ用ヒタルニ依ルモノ 四回 (四回共外國ニ於ケルモノニシテ少クモ一回ハ自熔接ヲ無關心ニ用ヒタルモノ)

急激ナル「アクロバシー」又ハ抗力張線ノ破損ニ基クモノ 五回 (恐ラクハ飛行機ニ對スル組立ノ誤リニ基クモノナラン又一回ハ抗力張線ノ振レノ結果ナラン)

抗力張線ノ見積リニ基クモノ (第一回ノ急降下飛行ノ際破斷) 急降下ノ限界速度ニ於テ翼ノ振回能率ノ見積リ不充分ナルモノ一回 (人員ノ損害ナシ、小骨ノ後方破損ス)

渦流ノ際ニ於テ翼柱ノ壓縮力ノ不充分ナル見積リニ基キ縱曲ヲ起シタルニ依ルモノ一回 (翼組ノ變形及空氣動力學ノ力ノ複合ニ依ルモノ)

靜學抗力十分ナル鉋削面ノ破斷ニ基クモノ一回 (目視上極メテ良好ナル面モ打撃後破損ス)

操縦者ノ飛行機監視能力ノ喪失 (失神) 一回

非「アクロバシー」機ヲ以テ「アクロバシイ」ヲ實施セルモノ一回

靜學試験ヲ實施スルコトナク無發動機飛行ノモノ一回

補助翼破損セルモノ二回 (一回ハ蝶番ノ破損一回ハ取付ケ縱梁) 尾翼破損又ハ變形ヨリ來ルモノ

尾翼ノ調整不良ヨリ來ルモノ (突發的ニ中心ヲ失スルモノ) } 6

調整固定板ノ固定ノ不良 3回

尾翼ノ抗力ノ不充分ナルモノ 3回 (此等ノ場合ノ二回ハ操縦索取付鉤ノ破斷又ハ屈撓)

定心不良三回 三回トモ第一回ノ飛行ノ際生起セリ一回ハ操縦者ハ落下傘ニヨリテ助カリタリ

操縦装置ノ作用不良五回

傳達滑車ヨリ操縦索脱レヒツカ、リタルモノ二回

未熟同乗者其ノ座席ヨリニリテ索カヒツカ、リタルモノ一回

操縦桿ノ破斷一回

補助翼ノ操縦索取付鉤ノ屈撓一回（疑シ）

發動機ノ事故 11

四回ハ連接桿ノ破損ニヨリ火災ヲ起シタルニヨル

一回ハ循環系統ノ火災

一回ハ發動機胴體內ノ通風不良ニシテ揮發油蒸氣ニ依リ火災ヲ起シタルモノ

一回ハ揮發油ノ逃迭ニ依リ火災

一回ハ吸入弁ノ不良ナル作用又ハ不良ナル調整ニ依ル火災

二回ハ原因不明ノ火災

一回ハ揮發油活嘴ノ操作ヲ誤リ揮發油ヲ停止セシメタル事故

一回ハ曲軸ノ破損ニ依リテ起リタル急激ナル能率ノ變化ニ依ル飛行機ノ破損

「プロペラ」ノ事故 3

二回ハ金屬「プロペラ」ノ破損（其ノ一回ハ全ク製作ノ不完全ニ依ル）

一回ハ受領飛行ノ際

各種ノ事故 4

一回ハ車軸ノ破損

二回ハ羽布ノ張り方ニシテ其ノ一回ハ（1920年）不良固定即チ釘付シ糸止ヲナサ、ルモノ一回ハ事故ヲ起シタルモノヲ忽急修理セルモノ

一回ハ發動機ノ覆脱シ其ノ覆ニヨリ排マレテ錐揉ミトホレルモノ
吾人ハ此等ノ事故ノ大部分ガ今日ハ全ク同一ノ狀況ニテ起ルコトヲ避ケ得ベキヲ知ル即チ既ニ第一部ニ於テ取扱ヒタル規則及注意ヲ適用スルコトニヨリテ然ルベシ

空中分解ノ比較的大部ヨリハ精確ナル教訓ヲ得ルコトヲ得ス之レ其ノ大部ハ外國ニ於テ生シ其ノ製作規則異ナレバナリ然レドモ其處ニモ今日ノ規則ヲ生ムニ到リタル徴候ヲ發見スルコトヲ得ベシ

余ハ既ニ強キ迎角ヲ以テ靜學試験ヲ實施スル「カクコウ」ノ式ガ大戰ノ末期ニ於テ良果ヲ收メタルコトヲ述ヘタリ最モ揚抗比良好ナル飛行機ニシテ此ノ式ヲ用フルトキハ極メテ大ナル荷重ヲ有スルヲ要スベキヲ以テ稍其ノ迎角ノ要求ヲ當初ヨリモ緩和スルニ至レリ

此等ノ飛行機ニシテ急降下飛行ニ於テ起シタル事故ハ殆ド總テ直接原因トシテ製作上ノ局部ノ缺點ヲ有スルコトヲ認メタリ然レドモカクノ如キ缺點ニ抗シ得ザルコトハ其ノ安全係數ガ極メテ一ニ近キモノナルコトヲ示ス

現在ノ抗力規則即チ余ガ説明セルモノハ出來ル限リハ靜學試験ニ於テ認メラレ又各種ノ飛行ノ場合ニ於テ完全ナル計算ヲ要求スルモノニシテ結果ハ満足ナリ然レドモ過去ノ經驗ニ依ルニ其ノ要求ヲ緩和スルコトハ極メテ輕卒デアリ且余ノ考フル所ヲ以テスレバ CINAニ於テハカクノ如キコトハ尙ホ前途遼遠ナルベシ

或ル場合ニ於テハ其ノ達成スベキ任務ヲ安全ヨリモ先キニスルコトアルベキヤ勿論ナレドモ其ノ飛行機ニ對スル操縦者ノ信用ト云フコトハ依然トシテ看過シ難キ成功ノ一要素タリ

事故ノ統計 器材ニ基ク事故ノ特別ナル研空ヲナセバ之ヨリ採用スル製作規則ニ關シテ最モ正確ナル消息ヲ知ルコトヲ得ベキモ亦事故ノ一般統計ヨリモ等シク各種ノ點特ニ次ノ如キ見地ヨリ正確ナル教訓ヲ得ベシ

器材ノ使用ノ方法

保存ノ方法

航空者ノ教育法

余ハ比較的陸軍ニ於テ作成セラレ一般ニ公表セラレザル統計ニ就キ知識ヲ有セザルモ數年間民間航空ニ於テ得タル成績ヲ研究スルノ機會ヲ得タルヲ以テ若干ノ結果ハ研究スルノ有益ナルヲ信ス尙注意スルヲ要スルハ單座機ニ對スル戰闘飛行ニ關スルモノヲ除ケハ民間機ノ使用ハ平時ニ於ケル軍用機ヨリモ戰時ニ於ケル使用ニ近似スルト云フコトナリ定期ノ使用ヲ規則正シクスルノ必要ヨリシテ多クノ場合民間機ハ軍隊ニ於テ飛行ヲ中止スル如キ場合ニモ飛行スルニ至ル

二ケ年間ノ平均成績ヲ次ノ如ク「プロセント」ニテ輸送飛行中ニ

於ケル事故ヲ分類ス

人員ノ重大事故

失速	38 %
霧	23 %
發動機ノ停止	23 %
不良著陸	8 %
操縦者ノ不注意	8 %

器材ノ事故ノ成績ハ次ノ如シ

器材ノ事故

發動機ノ停止	38 %
離著陸時ノ事故	36 %
霧	11 %
不明又ハ疑シキモノ	7 %
失速	4.5 %
地上固定點ノ事故	3 %
飛行機製作ノ缺點	0.5 %

此等ノ數ニ依ルト器材ノ事故ニテハ 4.5 % ヲ示スニ過ギザル失速ノ事故ハ人員ノ事故ノ $\frac{2}{5}$ ニ達シ重大ナルコトヲ示ス是レ極メテ經驗ヲ有スル操縦者ニ於テハ過度ニ其ノ飛行機及伎倆ヲ信用スルヨリ來ルモノトス

失速計（危險指示界アラハ更ニ可ナリ）ハ重飛行機ニ對シテハ有利ナルベシ

霧ハ又一般ニ大ナル事故ヲ起ス故ニ視界ヲ有セザレバ何等ノ效能ナキ軍用機ハ地上ニ霧アル場合ニハ出發ヲ見合スヲ可トス之レニ反シ若干高度ニ於テ雲上飛行ヲナスベキコトハ有利ニシテ又教育スルヲ要ス

發動機ノ停止ハ器材ニハ重要ナル原因ナルモ人員ニ對シテハ一般ニ重大ナラズ之レヲ減スルニハ大耐久試験ヲ獎勵スルコト及最大及實用範圍ニ關スル監視ニ注意スルコト適當ナリ

飛行機ノ製作ニ基ク事故ハ非「アクロバシイ」機ニアリテハ指示スルニ足ラザル程度ナリ此ノ狀況ハ検査ノ有効ナルコトヲ示ス

次ノ數ハ常ニ規則正シク實用シ且會社ノ大部ニ對シテ定期輸送機

ノ安全ニ關スル概念ヲ與フルコトヲ得ベシ現在ニ於テ 1,000,000km.
ノ飛行ニ對シ人員ノ損害事故二回ニシテ此等ノ事故ハ平均四人ノ犠
牲者ヲ出シ事故飛行機ノ乗員ノ二分ノ一ハ重大ナル負傷ヲ免ル

事故調査 事故調査ノ目的ハ其ノ原因ヲ探究シテ之レヲ再ビ繰リ
返ヘサ、ル手段ヲ求ムルニ有リ尙序ヲ以テ不吉ニ對スル豫算ノ規則
ニ關スル總テノ教訓ヲ得ルヲ要ス

之レガ爲取扱フベキ事項概ネ次ノ如シ

A 事故ノ狀況 日時、場所、操縦者ノ氏名及其ノ性質其ノ他ノ乗
員ニ關スル事項、飛行機ノ型種及番號、受ケタル任務、生存者ノ言
ニ依ル事故ノ敘述、地上目視者ノ言ヲ參照〔飛行機ノ運動、外見上
ノ安定發動機ノ音（強弱規整又ハ不連續）航空關係以外ノ人ノ言フ
高度ハ信用シ難キコト〕

氣象條件（實測又ハ氣象記錄ニ依ル）風ノ速度及整否霧、視界

操縦者ノ履歷（操縦者ノ閱歷、伎倆、一般教育、健康）

飛行機及發動機ノ履歷（製作年月日、實用年月日、飛行時間最後
ノ大分解年月日、以前起シタテ故障）

B 飛行機損傷ノ各種記述 屢々以上ノ如クシテ集メタル部品ニ依
リテ事故ノ原因ニ對シテ假說ヲナスコトヲ得ベシ此ノ假說ハ殘片ノ
試験ニ依リテ明カニセラル

試験ハ其ノ假說ヲ肯定シ又ハ否定スルコト必然ナルベキ主ナル點ニ
選定スル如クスベシ然レドモ普遍性ヲ有スルヲ要ス即チ殘片ノ全體
ニ亘リテ試験スルヲ要スモノトス時トシテハ事故ノ原因ガ全ク假
定ノモノト異ルコト殘片ノ對象試験中ニ明トナルニ至ルコトアリ

報告中ニハ飛行機各部ノ破損ノ狀況ヲ要スレバ之レ等各部ノ破損
ノ價值ヲ總括的ニ詳述スルヲ必要トズ〔此ノ方法ニシテ最モ容易ニ
シテ同時ニ最モ精確ナル損傷ノ評價ハ新飛行機ノ値ト比較スルニナ
リ（例ヘバ胴體ノ損害ハ新シキモノノ 30%等ノ如シ）此ノ評價ニ於
テハ自ラ修理ノ補助作業ヲ考慮スルヲ要ス（即チ分解結合調整等之
レナリ）〕

カクテ着地前ニ破碎セラレタル部分又ハ空中ニ於テ分解シ事故ヲ
生シタル部分（特ニ操縦裝置舵等ニ於テ）ヲ見究ムルコト必要ナリ

C 一結論 結論ニ於テハ事故ノ原因ヲ除去スルコト及更ニ之ガ復

行ヲ避クル方法ヲ探求スベシ

之レ等ノ手段次ノ如シ

・ 遭難機ノ内部裝置又ハ製作又ハ一般製作規則ノ變更檢査ヲ更ニ嚴ニスルコト

更ニ軍隊ニ於ケル取扱規則又ハ航空ノ一般規則ヲ變更スルコト

尙ホ事故ノ如何ニ抱ラス常ニ形式的ニ改正ヲ行フ如キコトアルベカラズ

之レ恰モ鐵道ノ事故アルモ鐵道會社ガ其ノ都度材料ヤ規則ヲ改正セザルト同一ナリ

特ニ陷リ易キ缺點ハ降着裝置ノ事故毎ニ之レヲ補強セントスルコト之レナリ飛行機ハ限定セラレタル安全係數ヲ有シ更ニ之レハ極メテ薄弱ナルモノナリ故ニ若シモ之レヲ超過セバ或ル物が破損スベキモノトス要ハ果シテ其ノ機關ガ始メテ破損スルコトガ歡迎スベキ部品ナリヤ否ヤヲ知ルニ在リ

第八章 飛行機ノ保存

飛行機ノ保存ハ本講義ニ於テ取扱ヒタル諸問題ノ大部分ノ如ク出來ル丈布衍スルノ必要アルベキモ其ノ規則ノ大部分ハ周知ノ事實ナルヲ以テ二三ノ原則ヲ思ヒ起スコトヲ以テ満足スベシ

・ 保存實施ノ組織 最モ良好ナル成績ヲ示ス組織ハ專問及責任ニ基礎ヲ置クニ在ルモノノ如シ

・ 人ハ皆其ノ伎倆及職業教育ニ從ヒテ使用セラレ又其階級及職ニ應ジテ之レニ責任ノ一部ヲ分擔セシムルヲ要ス

吾人ハ此ノ原則ヨリ出發シテ第一ノ機關士ヲ各飛行機ニ割當ツ

原則トシテハ各人ハ此ノ配當機ノミノ仕事ヲナシ且其ノ責任ヲ負フモノトス、勿論其ノ操縦者及材料掛ノ中隊附將校ノ監督ノ許ニ實施スルモノトス若シ出來得ルナラバ第二ノ機關士ヲ之レニ附屬ス最後ニ各單位ニ若干名ノ職工ヲ附シ木工、鐵工、翼ノ修理工、發動機ノ修理工等トシテ専門ノ仕事ヲナスベシ操作及取扱ノ作業班ハ專業トスルノ必要ナシ

材料廠ハ是レ眞實ノ戰地工場ニシテ之レニ對シテハ工業的ノ組織ヲ採用スベシ

管理 地上ニ於ケル各種ノ操作及作業ハ大ナル注意ヲ以テ規則スルヲ必要トス事故ヲ起ス如キ損傷ガ怠慢又ハ無調法ヨリ來ルコトアリ現在佛國軍隊ノ大部分ニ於テハ大型機ノ運動ノタメニハ無限軌道牽引車ヲ備フ若シ斯ノ如キ牽引車ナキ場合ニ在リテハ多クノ作業人員中ノ何人ト雖モ此ノ目的ヲ以テ標識又ハ補強シアル部分以外ヲ握ムコトナキ如ク監視スベシ

・**使用スベキ燃料** 使用スル揮發油中ヨリヨク異物特ニ水ヲ除去シアルヲ監視スベシ

原則トシテ揮發油ハ鹿皮ヲ以テ濾過スベシ

同時ニ蒸溜ニヨリテ揮發油ノ性質ヲ檢ス規格中ニハ或ル溫度ニ達スル以前ニ蒸發スルヲ要スル揮發油ノ比率ヲ指示スルヲ要ス

蒸溜成績ヨリ純度ノ概略ヲ知ルコトヲ得吾人ハ各種ノ實驗ニヨリテ此ノ檢査ヲ完全ニス揮發油ヲ「ゼラチン」ニテ張りタル紙上ノ同一点ニ滴下シ油ヲ檢査ス即チ十五分間ノ後ニ何等ノシミナキヲ要ス酸ハ「フェノール、ナフタリン」ニテ檢出ス

水アル場合ニハ罐ノ底部ニタマレル部分ヲ「コップ」ノ中ニ注グバ之レヲ知ルコトヲ得即チ若シモ水アレバ底ニ溜レバナリ

時トシテ特ニ重荷重ノ飛行機ノ場合ニハ「ベンゾール」ヲ用フ「ベンゾール」ハ熱量的ニ強力ナルヲ以テ揮發油ヨリモ効率大ナルモ此ノ炭化物ノ使用ハ注意シテ使用シ許サレタル馬力ヲ超過スルコトナキ如ク氣化ヲ調整スベシ

最後ニ經濟的ノ見地ヨリシテ國家揮發油ト稱スル炭化物ヲ使用スルコトヲ奨励ス此ノモノハ揮發油ト純「アルコール」トヲ殆ンド等量ニ混合シテ得タルモノナリ然レドモ完全ニ無水ノモノヲ使用スベシ98%ノ「アルコール」ニシテ2%ノ水ヲ有スルモノハ混合物ヲシテ零度ヨリ少シク下ノ溫度ニ於テ不安定トナス「アルコール」ハ「タンク」ノ底ニ溜リ發動機ハ貧弱ナル氣化ヲナシ逆火及火災ヲ起スコトアリ然シ乍ラ二年間ニ於テ其飛行機ノ約二分ノ一ニ對シテ此ノ炭化物ヲ使用シアル某民間會社ニ於テ同様ナル事故起リタルコトナシ

潤滑油 戰爭ノ末期ニ於テ吾人ハ殆ド「ヒマシ」油ヲ單ニ一種使用シタリ然ルニ其ノ價格騰貴シ既ニ戰前若干ノ發動機（特ニルノー）使用シタルコトアル礦物油ヲ使用スルノ傾向ヲ馴致セリカクテ

混合油（礦物油、植物油又ハ動物油）ガ同様ニ實驗セラレタリ

油ニ對シテ實施セラルベキ公式又ハ非公式ノ試験ハ或ハ成品ノ潤滑状態ヲ檢スベキ性狀試験或ハ認可セラレタル原型成品ニ之ヲ比較スル識別試験ナリ

識別試験 比重 溶解點（或溫度ニ於テ固狀油ノ粘着能力ニ依リテ結合シアルモノガ破壊セラルベキ溫度トス）

蒸發度（250 cc ノ圓形球ノ中ニテ 100°ニ 1 時間維持セラレタル油ノ 100gr ノ重量ノ消失ニ依ル）

性狀試験 物理的純度（60 時間ノ靜置ニ依ル沈澱）粘度（規定ノ口ヲ流シテ水ト流速ヲ比較ス）中性（單簡ナル方法ハ 48" 間 100°ニテ熱シタル試験油湯ノ中ニ普通鋼板ヲツケ發錆ナキコト）不揮發性（輝點ノ決定換言セバ焰ニ依リテ漸次熱シテ油ノ表面ガ自ラ焰ヲ發シ且ツ消ユル溫度燃燒溫度ノ決定、換言セバ眞ニ燃燒始マル溫度ノ決定）化學的純度（特ニ樹脂、脂肪分、石鹼、異物ノ存在）

然シ新油ニ對シ最モ重要ナルハ發動機上ニテ實際ニ試験スルコトナリ即チ先ツ試運轉臺上ニテ次ニ飛行間ニテ實驗ス、時々發動機ヲ分解シ且ツ汚レ磨滅要スレバ始メノヒツカ、リノ具合等ヲ記錄ス

ヒマシ油ハ特別規格ニヨリテ規定セラル

冷却水 冷却水ハ純水ナルベシ即チ雨水又ハ出來得レバ蒸溜水ニシテ通常泉水ハ之ヲ用ヒズ

冷却器ハ屢々之レニ急激ニ水ヲ通シテ拭淨スベシ

若シモ固體沈澱ガ導管内ニ生起シ始ムレバ除石作業ヲ行フベシ即チ 20' 間水ノ 10 立中ニ 4kg ノ K.OH ヲ含ム循環水ヲ急流セシム此ノ場合ハ使用水ガ So₄Ca ノ場合ニシテ若シモ石灰ヲ含メル場合ニハ HCL ノ稀溶液ヲ用フ次ニ管内ヲ注意シテ洗フモノトス即チ水ヲ二乃至三回交換シ各回トモ若干時間發動機ヲ回轉セシム

或モノヲ加フル時ハ結石ヲ妨害スルモノトス若シモ之レヲ實驗スル場合ニハ導管モ結合點モ冷却器モ侵サレザルヤ否ヤヲ檢スルヲ要ス

冬期ニ於テハ沍寒ノ際ニハ最モ低キ排水孔ヨリ水ヲ出シ且總テノ水ガ通ルヤヲ發動機ヲ若干回回轉シテ確ムルヲ要ス

或ル製品（例ヘバ 25 及 40 cc ノ グリスリン）ヲ以テ吾人ハ結氷點ヲ

例へば -7° 又 -15° に低下スルコトヲ得、時トシテ「アルコール」

ヲ用フルモ此ノモノハ蒸發シ易キヲ以テアマリ香シカラス

拭淨 總テ飛行機ノ近接シ得ベキ場所ハ飛行後拭淨スベシ

羽布ハ溫石鹼水ヲ以テ拭淨シ塗料ヲ溶カスコトアルベキ揮發油ヲ用フベカラズ金屬骨格ノモノニアリテハ特ニ注意ヲ要ス即チ石鹼水ハ「デユラルミン」ヲ侵スヲ以テナリ

翼柱及「プロペラ」ノ如キ木製品ヲ拭淨スルニハ「テレピン」揮發油ヲ僅カニ含有スル布ヲ以テスルヲ可トス尙ホ亞麻仁油ノ薄層ヲ以テ塗ルトキハ「グエルニイ」ハ長ク保存シ得ルコトヲ知ル

塗粧セザル金屬部品ノ鍍ビタルモノハ小ナル磨研紙ヲ以テ之レヲ除キテ次ニ塗油スベシ張線金具ノ如キ重要部品ニシテヒドク鍍ビタルモノハ交換スベシ

點檢 各飛行機ノ大體ノ點檢ハ當該機ノ機關士及操縦者ニヨリテ飛行前及着陸後實施セラル、ヲ要ス

出發前ニ點檢スベキ事項ハ揮發油滑油及水ハ滿量ナリヤ（同様に冷却器ガ作用状態ニ充タサレアリヤハ排水活嘴ニヨリテ檢セヨ）

空氣輪ノ膨張度

操縦裝置ノ自由及作用ノ良好ナルコト（受領飛行機ニアリテハ組立ノ反對ハナキヤヲ檢ス）

調整安定板ノ固定（要スレバ）

揮發油及滑油活嘴ヲ開クコト、油「ポンプ」ノ始動荷重ヲ變更シタル時ニハ定心ノ條件ヲ檢ズベシ（特ニ爆撃機ニ於テ）各部品ノ荷重安全用部品消火器罐、彈藥等ヲ檢スベシ

夜間機ニ對シテハ蓄積電源ノ負荷状態ヲ檢ス

各飛行機ノ檢スベキ事項次ノ如シ

飛行機ノ調整（ピアノ線、張線、索ニ對シテハ不規力ニヨリ永久變歪ノ徵候ヲ見ルコトヲ得ベク變形部品ヲ注意深ク研究スベシ）

水揮發油又ハ滑油ノ逃逸ナキコト導管ノ接合部ヲ檢スベシ

點火栓

當該飛行機ニ於テ問題トナリ常ニ損傷シ易キ部品

點檢順序ヲ定メ次章ニ述ブル所ノ注意ニ準據シテ飛行機其ノ他ノ部品ノ或部分ヲ檢スベシ斯クノ如クシテ若干回點檢シタル後ニ於テバ

完全ニ飛行機ガ點檢セラル、ヲ可トス

精密點檢—飛行機ノ更新 日々ノ點檢ノ外ニ時々精密點檢ヲ必要トス之レガ爲通常器材監督ノ専門家が各隊ヲ巡視ス此ノ監督者ハ從テ器材ニ對スル全般ニ通シアルモノトス點檢計畫ハ次章ニ述ブ
大ナル修理、改修、交換ハ此ノ検査官ノ報告上ニ述ベラル

飛行機ノ命數ニ關シテハ一般ノ規則ナシ木製翼ニシテヨク塗粧セラレタルモノハ400時間木製胴體ハ800時間ハ之レヲ使用シ得ベシ金屬機ノ命數ハ確カニ一層長シ

第九章 飛行機ノ精密點檢

飛行機ノ精密點檢ハ機ノ總テノ點ニ對シテ實施スルヲ要ス總テ之等ノ點ハ良好ナル狀態ニテ保存セラレアリヤ又飛行機ハ原型機ト同一狀態ニアリヤヲ檢スベシ（遊隙及變形ノ見地上特ニ注意スベシ）

是ヨリ述フル所ハ飛行機ニ對シテ總括的ノ注意ナルヲ以テ其ノ機種ニ應ジ適宜取捨スベシ

A—翼 組

翼 羽布及塗料ノ保存ハ良好ナリヤヲ檢ス特ニ非「アクロバシイ」機ニ對シテハ前方三分ノ一ニ注意スベシ羽布ハ正シク張ラレ柔軟ニシテ手ニテ之ヲ壓迫シタル場合ニ於テモ其ノ舊位ニ復スルヲ要ス塗料ハ龜裂スベカラズ羽布ハ非「アクロバシイ」機ニ在リテハ米毎ニ少クモ1000kg「アクロバシイ」機ニ對シテハ少クモ1500kgナルベシ（時トシテハ或飛行機ニ對シテハ亦之ヲ有利ナリトス）

小骨ハ手ニテ曲ケラル、コトモ亦布ヲ貫クコトモアルベカラズ如何ナル不規則ノ作用ニ方リテモ小骨ノ後方上邊ノ輕キ運動ニヨリテ破ル、コトアルベカラズ「アクロバシイ」機ニ對シテハ特ニ後方即チ後縁ノ止メ破損シアラザルヤヲ檢ス

羽布ノシワニ依リテ翼内部品ノ破損ヲ知ルコト一般ナリシワノヨリタル場所ヲ手ニテ押ベテ其ノ破損ノ何レカヲ判定スベシ翼ノ前後ニ交互ニ力ヲ作用セシメテ翼内十字張線ノ破損アラザルヤ否ヤヲ確ムベシ疑ハシキ場合ニハ布ノ一部ヲハギテ檢セヨ

縱梁ハ眞直ナルヲ要ス縱梁ノ變形ハ前後縁ノ眞直ナラザルニヨリテ判定セラルカクノ如キ眞直ヲ失シタルモノニ對シテハ更ニ調整ヲ

行フヲ要ス但シ張線ノ張力ノ公差ヲ超過スルコトアルベカラズ) 此ノ作業ニ依リテモ修正シ得サルモノハ交換スルヲ要ス (公差一米ニ對シ 3% ノ矢高)

尾部 主翼ノ如ク檢スベシ特ニ水平垂直ノ安定板ノ胴體ニ對スル取付ヲ檢ス

翼柱 翼柱ハ縱曲ヲ生ズルコトナキヲ要ス (公差ハ一米毎ニ 3% ノ矢高トス)

木材ノ保存狀態ヲ檢スルニ局部的ニ「グエルニイ」ノ貧弱ナル部分ニ於テスベシ若シモ木材ガ細カク碎ケタルモノアラバ翼柱ヲ交換スベシ

張線裝置 翼ノ張線ノ張力ハ成ルベク張力計ヲ以テ檢ス第一ノ略近値ニ於テハ飛行張線ハ鈎針飛行ヲナシ得ルヲ要シ降著張線ハ一層硬ク張り得ベシ複張線ノ場合ニハ極メテ等張力ニ張ルベシ迎角線亦同様ナリ孤立セル張線ハ振動セザル如ク必要以上ニ緊張スベシ

張線ノ取付ヲ檢ス (螺桿、軸、取付脚) 總テ部品ハ僅カニ變形セルモノト雖モ交換スベシ、變形ガ製作ノ缺點 (寸度ノ誤リ) ヨリ來ルニアラザルヤヲ檢ズベシ此ノ場合ニハ修正セザルベカラズ

張線上ニハ錆跡ナキヲ要ス張線ハ塗粧セラル、カ又ハヨク塗油セラルベシ又振動ニヨリ磨滅スルヲ防グ爲十字線ノ交點ニハ駒ヲ附スベシ

「タンバツクル」ノ螺糸ハ個有ニシテ錆ルコト及スベルコトナキヲ要ス少クモ五絲丈結合シアルヲ要ス螺胴内ニ於テハ遊隙モナク又底ニテ衝突スルコトモナキヲ要ス螺胴ノ中央及第五螺糸ニ相當スル位置ニ孔ヲ穿タバ容易ニ之レヲ檢シ得ベシ制動セラレザルベカラズ固定用ノ牝螺亦然リ (座飯又ハ駐栓)

ピアノ線又ハ張線ニシテ「プロペラ」ノ附近ヲ通ルモノハ軟過鐵線ニテ圍マレ其ノ端末ハ丈夫ニ固定セラルベシ

鐵具 鐵具ハ通常「ペンキ」又ハ保護塗料ニヨリテ被覆セラル若シモ此ノ塗料ガ不透明ナラバ精密點檢ノ場合ニハ金屬ヲ點檢シ得ル如ク之ヲ除去スベシ

金屬ニハ錆モ見懸ケノヒビモナキヲ要ス疑シキ場合ニハ金屬上ニ石油ヲ塗リテ其ノヒビヲ一層見易クス

軸孔ハ楕圓トナリ又鐵具ハ變形シアラザルヤヲ檢ス楕圓トナリタルモノ及變形セルモノハ交換ス此ノ場合上述ノ如ク其ノ變形ガ製作ノ缺點ヨリ來ルニアラザルヤヲ檢シ然ル場合ニハ修正ス

調整 翼柱、縱梁、前後緣眞直ナルヤヲ檢シ翼柱ガー線上ニアルヤヲ檢ス

胴體ニ翼組ノ取付即チ縱梁及張線等ヲ檢ズベシ機體ノ取扱法及調整方法ニヨリ張線ノ張力及迎角線ノ調整寸度等ヲ檢スベシ

R—胴 體

本來ノ胴體 縱梁、支柱、橫骨及十字線ハ機ノ胴體ニ於テ格子狀ニ結合セラル、ヲ以テ此等ノ狀態ヲ檢スベシ支柱及橫骨ハ通常平行ニシテ十字ビアノ線ハ等張力ナリトス若シモ然ラザルモノアラバ是レ通常調整ガ破レタル徵候ナリ此ノ場合ニ於テハカクノ如キ不規力ノ作用ニ於テ飛行機ノ部品ノ何レニモ危險ヲ生ズルモノナキヤヲ檢ス木製飛行機ニ在リテハ屢々破損スル點ハ切組接合點ナリ若シモ手ニテ遊隙ヲ作り得ルナラバ巻布ヲ解クコトヲ躊躇スベカラズ張設胴體ニ在リテハ合板ニ「フクラミ」壓力ノ緩ナルモノ、糊ノハグタルモノ、カビ等生起スルコトアルベカラズ若シモカクノ如キ缺點ガ普遍的ニ存在スルナラバ是レ通常全體ガ濕氣又ハ諸物質ニヨリテ侵サレタルモノトス、此ノ場合ニハ更新スルヲ要ス

胴體又ハ「コック」ノ底特ニ發動機「タンク」又ハ乗員室ノ下方ヲ注意スベシ此等ノ場所ハ其ノ保護不充分ナルモノニアリテハ各種ノ物質ニヨリテ破損セラル、コトアリ

橫列配置ノ發動機胴體ニ於テモ要スレバ胴體ノ如ク檢スベシ

發動機架 如何ナル部品ト雖モ「ヒビ」及各種飛行機毎ニ定メラレタル公差ノ限界以上ノ變形又ハ彎曲ヲ生ズルコトアルベカラズ一端ヲ固定シ屈撓力ノ作用スルモノニ於テ特ニ然リ缺截力ノ作用スベキ螺桿ハ注意シテ研究スベシ總テノ螺桿ニハ割栓又ハ其ノ他ノ制動裝置アルヲ要ス

發動機覆及其ノ固定ハ良好ナル狀態ニアルベシ

乗員室 要スレバ閉鎖乗員室、非常口ノ作用、座席ノ安全「バンド」ノ固定、扉ノ内外ヨリスル開閉、航空用具ノ取付等ヲ檢スベシ航空用具トハ寫眞機、電源、回轉銃座等ノ謂ナリ

翼及尾翼ノ固定 (既ニAニ於テ説明セリ)

調整 骨組ノ全體及尾翼ノ取付角ニ公差以上ノ變形ナキコトヲ檢スベシ

C—降着裝置

支柱 (力材) 變形ナキヲ要ス (公差ハ毎米3 $\frac{1}{100}$ トス) 其ノ取付點ニ於ケル固定ヲ檢ス

車軸 曲リタル部分又ハ之ヲ引延シタル部分等ナク其ノ狀態良好ナルヲ要ス、其ノ取付ヲ檢ス

車輪 車幅反ルベカラズ (輻ニ對スル輞ノ變形) 駐栓ニテ止メ又塗油セラル、ヲ要ス車輪覆ハ其ノ狀態良好ナリヤ各種ノ物質ニ依リテ破損セラレアラザルヤヲ檢ス、車輪ノ輪帶受ヲ檢スベシ

尾樑 何等破損ノ徵ナキヤヲ檢ス其ノ關節作用及支點ノ鐵具ノ磨損ヲ檢ス

緩衝裝置 布ノ狀態良好ナリヤ飛行機ノ全備搭載ノ場合ニ於テ其ノ作用良好ナル對應點以上ニ延伸スルコトアルベカラズ此ノ限界ハ各飛行機毎ニ定ム

衝程ノ限界存スルヤ或ハ其ノ狀態ハ良好ナリヤ或ハ然ラザル場合ニハ安全索ニツキ之等ヲ檢ス

張線裝置 A及Bニ於ケルモノノ如シ

調整 十字張線ハ等張ナルベシ脚ハ胴體ニ對シテ對稱ナルベシ

D—操縱裝置及舵

操縱席 操縱座席及「バンド」ノ取付ヲ檢ス、計器ノ取付ヲ檢ス特ニ計器ハ彈性ヲ有スル取付ナリヤヲ檢ス要スレバ「コンパス」ハヨク周圍ノ影響ヲ除去シアリヤヲ檢ス、操縱裝置ハ固キコト又ハ不規ノ遊隙ヲ有スルコト及其ノ作用良好ナリヤヲ檢ス製作又ハ修理ヲ終リタルモノニ對シテ其ノ組立反對トナリアラサルヤヲ檢スヘシ

舵ノ表面 羽布ハ翼ニ於ケルモノノ如ク之ヲ檢セヨ、(A) 舵ガ不規ノ變形ヲナシアラザルヤヲ檢ス或種ノ飛行機ニ於テハ其ノ舵ノアルモノガ若干飛行スルト變形シテ別ニ其ノ作用ニハ影響ヲ有セザルモ規整ニ其ノ度強クナルモノアリ、蝶番ハ其ノ本來ノ作用ヲ有シ且ヨク塗油セラレアルヤヲ檢ス、關節狀結合ニアラズ又ハ三點以上ノ支點ヲ有スル操縱裝置ハ「ヒツカカル」コトアルベキヲ以テ特ニ監

視スベシ

操縦装置 導網及其ノ取付點ヲ檢スベシ滑車又ハ其他ノ誘導裝置ニ磨滅ナキヤヲ檢スベシ各摩擦點ノ塗油ヲ檢スベシ

索操縦裝置ニ在リテハ索ヲ二本ノ指ハ間ニ挾ミ之レヲ迂ラセ乍ラ縁線ノ破損シアラザルヤヲ檢スベシ

鎖操縦裝置ニ在リテハ鎖ハ作用硬キコトナキタメ柔軟ニシテ又其ノ齒輪ヨリ脱セザル爲メ十分張ラル、コト必要ナリ又齒輪ニハ鎖誘導具ヲ備フベシ、鎖ノ軸ニハ不規ノ遊隙アルベカラズ

硬直操縦裝置ニ在リテハ軸孔橢圓狀トナルベカラズ

E—推進機關群

本來ノ發動機 飛行機上ニ取付ケタル發動機ハ適宜之レヲ檢査スルコト困難ナリ發動機ノ檢査ニ當リテハ特ニ其ノ日誌ヲ用ヒ操縦者及機關士ニ質問シテ發動機ノ狀態ヲ記錄スルモノトス即チ、發動機ガ最近ノ檢査以來飛行間ノ回轉數舊ノ如クナリヤ且其ノ作用ハ規整ナリヤ等ノ手段ニヨルモノトス

統計ノ示ス所ニ依レバ發動機ノ停止ハ精密手入後一時間以内或ハ磨滅又ハ疲勞ニヨリテ精密手入ヲ行フヲ要スル時期ニ特ニ多シ精密手入後ニ多キハ通常結合ノ誤リニ基クモノナリ

若シモ長ク飛行セザル飛行機ニテ飛行スル場合ニ於テハ數分間地上ニ於テ機ヲ固定シ其ノ作用ヲ各種範圍即チ其ノ音、最大又ハ最小回轉數ノ狀況等ヲ檢スルヲ良シトス

其ノ他ノ場合ニ於テハ近接シ得ル機關ヲ檢スルコト丈ニテ満足ス即チ

曲軸室 其ノ狀態其ノ取付部、締付及制動、螺桿等ヲ檢ス

氣筒 其ノ狀態及固定部ノ締付及製動等ヲ檢ス

活塞及緊塞具 氣筒、點火栓以外ノモノヲ氣筒ヨリ取り除キ手ニテ回轉シテ氣筒ノ壓縮力ヲ檢ス、此ノ場合ニ既ニ述ヘタル如ク木製「プロベラ」ニアラザレバ此ノ方法ヲ用ヒ得ザルコト並ニ金屬「プロベラ」ニ在リテハ一般ニ手ニテ之ヲ回轉セシメザルカ少クモ大ナル注意ヲ要スベキコトニ注意スベシ

發動機ノ全體ノ壓縮力良好ナラバ「プロベラ」ヲ回轉シ乍ラ其ノ點火栓ガ其ノ位置ニアレバ抗力ノ増加スルヲ感ズベシ各排氣弁ガ開

キタル際ニハ其ノマ・ニ放タレタル「プロペラ」ハ其ノ平衡位置ニ振動シ乍ラ止マルヲ要ス

連接桿群 手ニテ發動機ヲ回轉シ乍ラ連接桿群ヨリ何等不規ナル音ヲ發スルコトナキヲ要ス

分配裝置 或ル發動機ニ於テハ其ノ弁ノ閉ヂタル場合ニ之レニ揮發油ヲ注キテ其ノ氣密ヲ検査スルコトヲ得、發動機ヲ回轉スルト密閉不十分ナル弁ハ壓縮ノ場合ニハ自由ニ連接桿ヲ運動セシメ吸入ノ時ハ揮發油ヲ侵入セシム

弁動子ノ軸ハ其ノ導孔トヨリ一致シアルヤ發條ハ其ノ狀態良好ニシテ弁ヲ十分其ノ位置ニ復歸セシムルヤヲ檢ス又弁動子ニハ「ヒビ」モ曲リモオキヤヲ檢ス

吸入及排氣弁動子 接合點ニ保存及締付並螺桿ノ制動ヲ檢ス管用ノ金屬ハ完全ニシテ酸化ニ基ク損傷ナキヲ要ス

氣化器 其ノ固定、網及逆火防止裝置ヲ檢スベシ

發電機 其ノ固定及成シ得レバ操作齒輪ヲ檢ス發電機ニ給油ヲ周期的（通常10時間飛行毎ニ）ニ施ス

切斷裝置ノ狀態ハ良好ナリヤヲ特ニ白金「木螺子」白金粒及可動白金「木螺子」及切斷裝置ヲ固定スル中央「木螺子」ノ駐螺ノ緊付ヲ檢ス

分配器 分配器ハヒビヲ生ズルコトナク炭素ノ摩擦道ハ炭素ノ摩擦ニ依ル塵芥ニヨリ汚サレザルヤヲ檢ス、分解シタル炭素ハ其ノ端未ハ艶オキヲ要シ發條ハ柔軟ニシテ其ノ鞘ニヒツカ、ルコトナキヲ要ス

點火栓 其ノ狀態良好ナリヤヲ特ニ其ノ磁器部ニヒビナキヤヲ檢ス電極ノ間隔ヲ檢スベシ約 $\frac{3}{10}$ mm トス

點火電纜 其ノ結合點ニ對スル線ノ固定、線ヲ發動機ノ溫キ部分ヨリ絶縁スルコト其ノ固定電氣的絶縁（特ニ電纜ノ集束出入口ニ於テ）ヲ檢ス（絶縁ガ破損セラレザルヤヲ檢ス）

接觸作用ヲ檢ス、通常接觸ノ缺點ハ發動機ヲ接觸シ前進又ハ停止セシムルコトノ不能ニヨリテ知ルコトヲ得

冷却裝置 空氣冷發動機ニ於テハ其ノ放熱扉ガ錆又ハ油ノ層ニ依リテ被ハレ熱ノ傳導ヲ不良ニスルコトアルベキヲ以テ其ノ保存狀態

ヲ檢スルヲ要ス

● 水冷發動機ニ於テハ總テノ機關ノ氣密ヲ檢ス即チ水套、冷却器、活嘴又ハ螺桿、ポンプ及導管ヲ檢スルモソトス

● 柔軟接合ノ狀態及固定ヲ檢ス

● 冷却器ノ狀態特ニ酸化及其ノ取付水溫計ヲ檢ス栓ノ大氣ニ通ズル孔ハ塞ガレザルヲ要ス

● 供給裝置 「タンク」及導管ヨリ洩ル・コトナキヤヲ檢ス、接合點ノ保存及固定ヲ檢ス

● 揮發油ノ侵入ヲ避ケ難キ空ノ通氣ヲ檢スベシ、火花ヲ生ズル機關ノ絶縁ヲ檢スベシ一般ノ方法ニ依リ火災ノ豫防ニ對シテ定メラレタル事項ノ摘要ヲ檢ス

● 消火及壓搾瓦斯罐ノ充滿量ヲ檢セヨ他ニ檢査ノ手段ナケレバ重量ヲ測定ス時々消火試験ヲナスベシ

● 給油 揮發油及水ニ就キ述ベタル如ク「タンク」及導管ヲ檢ス濾過器、超壓弁、曲軸室ノ油ノ狀態等ヲ檢ス

● 發動機、操縱裝置 操縱裝置ヲ作用セシム（吸氣、揮發油、高度修正、點火狀態）振動防止裝置ノ檢査、固定制動裝置ノ檢査、行程ノ終リガヨク操縱裝置ノ開閉ト一致スルヤヲ檢ス

● 「プロペラ」 結合ノ「グエルニイ」ノ狀態、裝甲ヲ檢ス「プロペラ」ノ固定、穀用螺桿ノ取付及制動ヲ檢ス、飛行機ノ固定部分ヨリ「プロペラ」ノ兩翼ニ至ル距離ヲ標記シテ「プロペラ」ガ正圖ヲ描クヤヲ檢ス

● 發動機覆 參考マデニ（胴體ノ部參照）

● F—其 他

● 裝備即チ計器、武器、機關銃聯動裝置、爆彈投下器、電氣裝備、落下傘等ヲ檢スベシ

第十章 飛行機修理ノ原理

● 一般原則 飛行機ガ破損セラレタル際ニ其ノ總テノ部品ガ彈性界ヲ超過スル如キ力ヲ蒙リタル場合ニハ交換スルヲ要シカクノ如キ力ヲ蒙ラザルモノハ通常更ニ實用シ得ベシ

● 破損部品ノ數及其ノ重要度ニ從ヒテ飛行機ハ修理セラレ又ハ更新

セラルベシ更新ノ際残留シタル若干部品ハ之ヲ交換用トシテ使用ス、即チカクノ如キ部品ハ永久延伸ヲ生ズルコトナク且其ノ取脱シガ（少クモ經濟的）破損ヲ生スルコトナク實施セラル、ヲ要ス

部品ガ彈性變形ヲナシタルモノニアリテモ其ノ形狀ヲ舊ニ復シテ更ニ熱處理ヲ行ヒ又ハ其ノ破損部ヲ除キテ之ニ交換部品ヲ取附ケタル後更ニ實用スルコトアリ後ニ二三ノ例ヲ示スベシ

製作者ガ若シ單簡ニ修理シ得ル飛行機ヲ設計セント欲スルナラバ時トシテ此ノ問題ハ飛行機ノ抗力ノ問題ト矛盾スルコトアリ即チ實際ニ於テハ其ノ破損ヲ限定スル爲メ最薄弱部ヲ設クルニ至ルモノトス

吾人ハ既ニ屈撓ノ研究ノ際ニ於テ豫想ノ力ニ對スル等齊抗力架構ガ最モ有利ナルコトヲ材料ノ見地ヨリ述ベタリ然レ共等齊抗力體ハ不規力ノ作用スル場合ニハ某點ニ於テ破損シ之レカ爲重大ナル結果ヲ來スコトアルベシ若シモ等齊抗力體ニアラザル場合ニハ或點ハ常ニ最モ先キニ破損シ或程度迄其ノ損害ヲ限定スルコト可能ナルベシ例ベバ網狀架構ニ於テハ各結合點ノ附近ニ最小抗力點存在スルコト有利ナリ是レ結合點ヨリ其ノ他ニ破損ノ傳播スル傾向ナキ爲ナリ尙ホ若シモ何ノ思慮モナクカクノ如キ點ヲ作レバ飛行機ノ振動又ハ空氣動力學的ノ力ノ作用ニ依リテ危險ヲ生ズルコトアルヲ忘ルベカラズ

是レ十分ナル經驗ヲ有スル老練ノ技術者ニ依ルニアラザレバ到着シ得ザル製作ノ「コツ」ナリトス

「ブレゲー」19ハ余ノ智識ノ範圍ヨリセバ此ノ見地ヨリ最モ優秀ナル金屬機ノ一ナリ即チ此ノ飛行機ハ外觀上極メテ複雑ナル如キ破損ヲ蒙リタル場合ニ於テモ材料廠ニ於テ中等ノ技術者ニヨリテ修復シ得ルモノトス如何ナル事故モ修理ノ缺點ヨリ生起シタリト云フコトヲ聞カス

此ノ見地ヨリシテ不良ナル飛行機ニ在リテハ交換スル部品ト残留セシムル部品トヲ鑑定スル爲ニ極メテ大ナル注意ヲナシ破損部ノ残留セザル如ク注意スルヲ要ス

此ノ見地ヨリシテ他ノ條件同一ナラバ木製機ハ最モ修理シ易シ即チ彈性界ト破斷界トハ極メテ接合シアリ總テ超荷重部品ハ最モ規

則的ニ破損シ又外觀上ノ大ナル變形ナク破損セザル部品ハ大ナル危険ナク之レヲ使用シ得ベシ金屬飛行機ニ於テハカクノ如クアリ得ザルヤ明カナリ

修理ノ實驗ニ當リテハ固ヨリ既ニ一般ニ第一部ニ於テ研究セル材料ノ使用規則及特別トシテハ其ノ型ノ飛行機ノ製作規則ニ一致セシムルヲ要スルモノトス材料廠ハ特別ノ技倆ヲ有スル職工ヲ募集スルコト困難ナリ

修理ヲ「タイロ」式ニスルコトヲ成ルベク徹底シメ機械的ノ方法(特別ナル器具及ガバリ等)ヲ廣ク行フベシ

余ハ次ニ「ブレゲー」19ニ對スル修理ノ方法ヲ一例トシテ説明セントス

歪ミ又ハ曲リタル板ヲ引延ス作業 槌打シテ金屬ヲ延ス場合ニハ決シテ凸起部ヲ打ツコトナク其ノ周圍ヨリスベシ打延シ作業ハ普通ノ鐵砧又ハ角鐵砧或ハ適宜ノ臺上ニ於テ打延シ槌又ハ木槌等ヲ以テ實施ス

此ノ作業ニ對シテ技術上詳細ノ記述ヲナスコトハ不可能ナリ即チ職工ノ經驗ト其ノ伎倆ニ依リテ之レヲ成シ遂グルモノトス

板ノ切斷 軍隊ニテハ鋏又ハ切斷用「ノミ」ニ依ル

板ノ弓形及打型作業 弓形作業ハ弓形機械又ハ特種ノ槌ニ依ルモノトス

打型作業ハ個有ノ形ヲ有スル型ニテ槌ヲ以テ形狀ヲ與フル作業ナリトス

管ノ弓形作業 局部ノ變形又ハ縱曲ヲ避クル目的ヲ以テ小ナル管ニ對シテハ乾キタル土又ハ目ノ小サキ砂ヲ又大ナル管ニ對シテハ樹脂ヲ充填ス此ノ樹脂ハ最モ良好ナル充填物ナリ次ニ其ノ端末ニ木製ノ栓ヲ簾メテ型又ハ砂囊上ニテ弓形ヲ與フ

導管用ノ管ニ對シテハ樹脂ヲ用ユベカラズ

型打作業 木製ノ型又ハ砂囊及固有ノ形ヲ有スル「カナシキ」上ニ型打槌ヲ用フ

若シ大ナル型打作用ヲ行ハント欲セバ緩徐ニ輕クスルヲ要ス、局部ノ變形過大ナルトキハ作業ヲ續行シ得ザルニ至ル尙ホ冷間鍛練狀態ガ少シニテ毛度ヲ増シタカラバ直ニ軟過スルヲ要ス

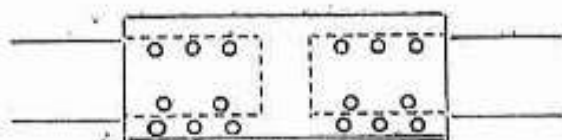
綴釘作業 「デュラルミン」ノ綴釘作業ニハ壓力ヲ加ヘズ孔ハ手用穿孔錐ニ依リテ穿テ其ノ孔徑ハ釘徑ヨリモ $2\frac{3}{10}\%$ 大ナルヲ要ス「アルミニウム」ノ綴釘ハ絶對ニ禁止シ銅綴釘ハ假修理以外ニハ許サズ

綴釘ヲ熱ムルニハ金屬製ノ容器中ニテ硝酸鹽ノ溫湯ヲ用フベシ其ノ取付ハ成ルベク壓搾器ヲ用フ此ノ作業ハ健卒後四時間内ニスベシ

植込螺桿 植込螺桿部品ハ十分緊付クルモノニシテ最後ニ與フベキ孔徑ノ75%ニ豫メ孔ヲ穿ツコト希望ノ中徑及「ピッチ」ニテ螺ヲ切ルコト螺軸ノ端末ヲ圓錐形トスルコト及強制螺入ヲ行フコトヨク作リタル植込螺桿ニ於テハ螺絲ハ少クモ二多クハ四ヲ越フルヲ要ス螺軸ハ處理セザル n°14鋼トス

管ノ修理 破損セル部分ヲ鋸ル接合兩部分ヲ $\frac{15}{10}$ ノ板ニテ巻キツケテ其ノ外部ヲ被ヒ且管ノ兩部分ヲ之レニ依リテ締付クルモノトス此ノ巻板ヲ駐メテ鋼製螺桿ニヨリテ固定シ管及巻板ニ螺桿ヲ植込ムモノトス

若シモ鋸リ部ガ中徑ノ二倍以上ニアラザレバ管ハ之レヲ修理シ得ルモノト考ラヘル又巻板ノ管ヲ被フ部分ハ各々中徑ノ二倍ナルヲ要ス



若シモ管ガ單一ナル「フクラミ」ヲ有スルナラバ鋸取ヲ行フ

コトナク巻板ヲ施ス

板ノ修理 板ノ破損部又ハ「ヒビ」ノアル部分ヲ鋸削シ其ノ兩側ニ當金ヲス、此ノ當金ハ其ノ板ト同一ノ厚サニシテ破損部ノ各側ニハ鱗狀ニ綴釘ヲ二列ニ植ウルモノトス

$\frac{6}{10}\%$ 以下ノ板ニ對シテハ $2\frac{3}{10}\%$ ニシテ距離 $10\frac{3}{10}\%$ ノ寸度ニテ綴釘ヲ使用シ之レ以上ノモノニ對シテハ $3\frac{3}{10}\%$ ニシテ距離 $12\frac{3}{10}\%$ トス

植込螺桿ノ交換 植込螺桿ヲ緩ク卸テ四角形ノ螺孔子ヲ用ヒテ螺孔子ヲ抜キ尙ホ其ノ外徑ニ等シキ穿孔錐ヲ用ヒテ之レヲ穿テ次ニ其ノ中徑ヨリ稍大ナル徑ヲ有シ螺糸ヲ有スル軸ヲ植込ムモノトス

綴釘ノ交換 吾入ハ工具ヲ以テ注意シテ綴釘頭ヲ破壊シテ金棒ヲ以テ之レヲ除キ綴釘ヲ脱シ次ニ同一寸度ノ綴釘ト交換ス

「デュラルミン」「タンク」ノ修理…閉塞孔ヨリモ稍大ニシテ
 $\frac{10}{10}$ 「デュラルミン」製閉塞板ヲ外部ニ置ク之レガ爲圓周ノ三分ノ一
 ノ圓分ヲ準備ス之レ錫鍍鋼製ニシテ厚サ $\frac{10}{10}$ mm此ノ圓分ノ内徑ハ閉
 塞口ヨリ稍大ナリ

各圓分ニハ三箇ノ木螺子孔ヲ穿ツ其ノ徑ハ木螺子ニ等シク之レヲ
 鐵付スルニ供ス

次ニ「タンク」及閉塞板ニ對應孔ヲ穿ツ之等ノ孔ハ木螺子ヲ通過セ
 シムルモノタルベシ

「タンク」ノ内部ニ三箇ノ圓分ヲ入レテ之レニ木螺子ヲ通シ其ノ外
 ニ「ゴム」紙ヲ中介トシテ入レ之レニ「ラック」ヲ塗ル其ノ徑ハ閉
 塞板ト同一ナリ最外部ニ閉塞板次ニ木螺子ニ駐止螺ヲハメ之レヲ一
 體ニス（附圖第六十八）

若シ孔徑小ナル場合ニハ此螺ノ數ハ之レヲ9ヨリ減小シ2箇マデ
 ニ低下スルコトヲ得場合ニ依リテハ「タンク」ニ木螺子ヲ通過スル
 コトナクス又此螺ハ外部ヨリ木螺子ヲ通シテ内部ノ對板ニ鐵付スル
 コトヲ得

鐵又ハヤスリ屑等ノ殘片ノ「タンク」内ニ殘ラザルコトニツキテハ
 極メテ大ナル注意ヲナスベシ

「ブレダー」19ニ於テ修理シ得ベキ機關 「ブレダー」19ノ部品
 ノ大部分ハ上述ノ注意ニ依リテ之レヲ修理スルコトヲ得

翼 翼柱脚ノ橫本ヲ除キ全部

胴體 胴體ノ八部ニ分解シ得ベク其ノ各部ハ直チニ交換スルコト
 ヲ得又此ノ八部分ヲ構成スル大部分ノ部品ハ修理シ得

修理シ得ザルモノハ「デュラルミン」ノ型打又ハ型部品ニ依ル接
 合ノ前方張間（發動機架「タンク」張間等）ノ管部品ヲ受クルニ備
 フル套板ニシテ附根ヨリ50%以下ニ缺點ヲ有スル管

公差表ニ依リテ胴體ノ各部品ノ屈撓ノ許シ得ベキ限界ヲ定ム

尾部及舵 修理シ得ザル部品ハ鐵付鋼結合及兩結合點ガ30%以下
 ノ管ナリ

降着裝置 型「デュラルミン」結合及若干ノ鋼管以外ハ修理スル
 コトヲ得

結論 私ハ既ニ本講義ノ第二部ニ於テ單ナル參考事項ヲ述ベタリ

蓋シ此ノ問題ニツキテ經驗ヲ有スル機關士ガ工場ニ於テ指導スル如キ作業ニツキ十分ナル説明ヲナスコトヲ得ス

吾人ガ一ツノ定メラレタル飛行機ニ對シテ修理制限ノ區分ヲ決定セントスルニ當リテハ次ノ諸件ヲ考慮スベシ

(1) 一般ニ鑢付部品、小寸度ノ部品複雑又ハ各種方向ニ作用スル力ノ作用ヲ受クル部品ヲ除去ス

(2) 修理ヲ許ス部品ニ對シテハ出來ル丈正確ニ計算ヲ實施シ其ノ部品上ニ對シテ靜學試驗ノ方法ヲ取ルベシ

(3) 材料廠ニ於テ有スル如キ中等能力ノ職工ノ手ニ依リテ修理スルモノニアリテハ其ノ全部ノ部品ヲ修理シテ此ノ全體ニ對シテ靜學試驗ヲ實施スベシ

若シモ其ノ荷重係數ガ原型機ノモノト同一ナラバ其ノ修理ノ方法ハ満足ナリ然ラザル場合ニアリテハ其ノ過早破損ノ原因ガ何レニアルヤヲ研究シ又破損部品ノ修理法ヲ如何ニ改善スベキヤヲ探究シ要スレバ修理ヲ復行スルモノトス

第十一章 計測器

計測器ノ種類ハ極メテ多キヲ以テ各種ノモノヲ満足スル完全ナル説明ヲナスコトヲ得ズ余ハ規格ノ條項ニツキテヨリモ寧ロ規格ノ編纂ニ必要ナル事項ニツキ二三説明スベシ

總テノ計測器ニ對スル一般條件 計測器中ノ大部分ハ測定器ニシテ一々檢定スルヲ要シ其ノ受領試験ハ個々ニ對シテ行フモノトス個々ノ試験ヲ實施シ難キ場合ニ於テハ其ノ試験群ノ單位ノ數ヲ成ルベク少クシ十分等質ナリト云フコトニ對シ保證ヲ有セザルベカラズ

一方ニ於テ飛行機ニ取り附ケタル總テノ計測器ハ次ノ九箇條ニ分類スル如キ一般條件ヲ満足スルコト必要ナリ

1° 精確ナルヲ要ス、換言セバ其ノ許サレタル公差ノ範圍内ニ於テ測定値ト指度ト一致スルコト

2° 測定シ又ハ判定セントスル作用以外ノ作用ニ對シテ不感性的ナルヲ要ス即チ高度計又ハ氣壓計以外ノモノハ壓力ノ變化ニ對シテ不感性的ナルベシ

寒暖計以外ノモノハ溫度ノ變化ニ「コンパス」以外ノモノハ磁石ニ

加速度計又ハ安定計以外ノモノハ機械的作用即チ重力慣性振動等ニ不感性ナルベシ

3° 計測器ハ敏度良好ナルヲ要ス換言セバ其ノ指度ガ測定スル作用ノ變化ニ遅レザルコト

4° 堅牢ナルベシ換言セバ比較的長ク且強キ振動ニ對シテ抵抗シ得ルコト

5° 氣密ナルヲ要ス換言セバ完全ニ水中ニ浸漬スル場合ノ外ハ少クモ20分ノ雨ノ如キニ對シテ（自然又ハ人爲）ノ抵抗シ得ルヲ要ス

6° 出來ル丈輕量ニシテ出來ル丈他ノ妨害トナラザルヲ要ス

7° 保存點檢時トシテハ修理容易ナルヲ要ス

8° 認可セラレタル原型機ト同一ナルヲ要ス又原型器ハ完全ナル性狀試験ヲ經タルモノニシテ又一般ノ部品統一計畫ヲ満足スルヲ要ス即チ外部ノ寸度及取付寸度等ノ統一之レナリ

9° 指度盤指針及標線等ハ他ノ光線ノ助ケヲ缺ク場合ニ於テモ視讀シ得ル如ク通常輝光ヲ有スルヲ要ス

計器ノ注文ニ當リテハ此等ノ九箇ノ狀件ヲ満足スルヤヲ檢スベキ試験（單簡ニ想定ス）ヲ定ムルコト及各試験ノ公差ヲ定ムルコト必要ナリ

尙ホ之レヲ完全ニスルニハ特別規格ヲ以テ補フヲ要スベキヤ明カナリ而シテ此ノ特別規格トシテ各種ノ計測器ニ課スベキ事項ニ關シテハ今ヨリ説明スル所アラントス

A—操縦用計器

速度計（動壓ノ計器ヲ應用スルヲ可トス）

速度計ハ「ベルヌイ」ノ定理ノ應用ヲ基礎トス、余ハ速度試験ノ際ニ自記速度計（T.L）ニツキテ述べタリ他ノ速度計ハ單ニ壓力計的ニ指度ヲ表ハスト（尙度盛ハ實用高度ニ應ジ又ハ二種アリ）T.Lニ於テハ其ノつの中ニ「ヴェンチュリー」又ハ「ピトー」ノ兩管ヲ有シタルモ速度計ニ於テハ單ニ其ノ一箇ヲ有スルトヲ異ナレリトスルノミ（精密ナルモノ又ハ快速機ニ取付クルモノニ在リテハ胴體內ノ負壓ノ影響ニ依ル誤差ヲ避クル爲ニ尙靜壓ノ空氣取ヲ有ス）

吾人ハ200kmhマデハ最モ敏感ナル「ヴェンチュリー」ノつのヲ用ヒ又200kmh以上ニ於テハ最モ安定ナル「ピトー」管ヲ用フ

1° つのノ製作ハ風洞試験ニ依リ綿密ニ定誤差ヲ測定セラル檢定つ
のヲ以テ其ノ良否ヲ檢ス、其ノ検査ハ少クモ實用スベキ測定最大値
 V^2/a ノ二分ノ一以上ニ對應スル速度ヲ以テスベシ公差ハ「ヴエンチ
ユリー」ノつのはアリテハ4%「ビトー」ノつのはアリテハ1%ト
スつのノ指度ハ絶對ノ指度ニシテ正確ニ寸度ノ精密ナル検査ヲナセ
バつのノ精度ヲ保證シ得ベシ

2° 受動器ノ精度 此ノ精度ヲ檢スルニハ水壓力計ヲ用ヒテ檢定
曲線ノ助ケニ依リテ壓力ト受動器ノ目盛トノ一致ヲ檢ス、
公差ハ「ヴエンチユリー」ノ受動器ニアリテハ2%「ビトー」ノ受
動器ニアリテハ1%トス

故ニ全體ノ公差ハ「ヴエンチユリー」ニ在リテハ6%「ビトー」
ニアリテハ2%ナリトス

3° つのハ容易且迅速ニ固定シ得ベク又適當ナル場所即チ「プロ
ペラ」又ハ飛行機ノ其ノ他ノ部分ノ渦流作用ヲ蒙ラザル位置ニ固定
シ得ベキ支ヘヲ備フベシ

4° 導孔ハ出來得ル限リ雨及雪ヨリ保護セラルベシ

5° 導管ハ裝置ノ要求ニヨリテ之ヲ彎曲スルコト及總テ堅牢ナル
コト保證付ナルコト必要ナリ

6° 新參ノ操縦者ニ對シテ最小支持速度ヲ知ラシムベキ指標ヲ受
動機ニ備フルヲ良トス

自記速度計 速度試験ニ關スル章ヲ參照スベシ本計器ハ軍用トシ
テハ試験用トシテ用ヒラル、ニ過ギズ此ノ計器ニハ永久的ノ目盛ナ
ク豫メ其ノ精度ヲ知ルヲ得ズ、即チ就中注意ヲ要スベキハ一般條件
ノ第二及第三ニシテ平衡即チ振動ニ對シテ不感性的ナルコト及敏度良
好ナルコトニ注意ヲ要ス、之レニ反シ氣密ハ重要ナラズ

傾斜計 是レ振子又ハ水準器ナリ

平衡セル時ニハ作用スル機械的ノ力ハ單ニ重力ハミナラズ遠心力
及慣性力ノ合力ノ方向ヲ示ス、水平飛行ノ場合ニハ渦流ニヨリテ混
亂セラレ旋回ノ場合ニハ飛行機ノ方向ヨリモ寧ろ操縦ノ修正ヲ指示
ス

之レガ爲殆んど水準器ハ（縱水準器）大飛行機上ニ於テ迎角計ト
シテ使用スル位ナリ尙ホ「バダズ」氏ハ圓形ハ軌道上ヲ走ル球ヲ用

ヒタリ（振子ノ原理）即チ操縦者ニ其ノ旋回ノ修正ヲ知ラシムル爲
ニ操縦用計器々上ニ之ヲ用ヒタス。此ノ計器ハ極メテ小ナル容積中ニ速度計旋回「ジャイロ」及傾斜計
ヲ集メタルモノナリ

普通ノ使用状態ニ於テ此ノ計器ニ要スル精度ハ 1° トス

緩衝セラレザルベカラズ換言セバ水泡、球、指針又ハ指標ハ其ノ
平衡位置ヨリ遠カルヤ限定セラレタル振動周期數（通常三）ニテ舊
位ニ復スルヲ要ス

安定用「シヤイロスコープ」此ノ計器ハ通常ニツノ自由方向ヲ
有スル「ジャイロスコープ」（獨樂ヨリナリ其ノ重心ニ近キモ正確
ニハ此ノ中心ト一致セザル點ノ周圍ニ旋轉スルモノトス

若シ重心ニ摘要シタル力ノ方向ガ變化スルト「ジャイロスコープ」
ハ軸ハ新力ノ方向ノ周圍ニ圓錐ヲ描ク此ノ運動周期即チ運差ハ極メ
テ長サノ大ナル振子ノ振動ノ周期ナリ即チ

$$T = \frac{2\pi I \omega \sin \theta}{C} \dots \dots \dots \text{記號ニ就テハ後述ス}$$

器ノ方向ハ直接ニ軸ヲ標示シ又ハ光線ノ運動ニ依リテ明カニス
本器ノ利益トスル點ハ渦流ノ影響又ハ急激ナル飛行機ノ状態ノ變化
ニ基ク機械的ノ力ノ作用ニ依リ重大ナル變化ヲ受ケザル點ニアリ
故ニ比較的當初ニ與ヘラレタル方向ヲ維持スルモノトス、此ノ種ノ
器具ハ霧又ハ雲ノ地帶ヲ通過スル爲極メテ重要ナリ

本器具ニ對シテ點檢スルヲ要スル事項次ノ如シ

1° 休止ノ状態ニテ正シク直角ノ方向ヲ取ルコト（即チ約 1° 附
近ニテ）

2° 運動保存ノ方法ガ良好ニシテ器ノ作用ヲ不規則ニスル如キコ
トナキヤ（例ヘバ薄板ヲ氣流ガ強ク打ツ如キコトナキヤ）

3° 運差ノ周期 $T = \frac{2\pi I \omega \sin \theta}{C}$ ハ豫想スル使用ニ對シテ十分ナ
ル長サヲ有スルヤ

式中 I ハ慣性能率ニシテ ω ハ「ジャイロスコープ」ノ角速度 C ハ新
ナル外力ノ軸ニ關スル偶力 θ ハ新力ハ舊力トナス角トス

4° 此ノ運差ノ運動ガ迅速ニ緩衝セラレ、コト（之レハ指度ヲ容

易ニ讀解スル爲避クベカラザルコトナリ)

5° 軸及箱ハ長期ノ使用ニ對シテ磨滅スルコトナキヲ要ス
此ノ保存ノ良好ナルト否トニ關セズ使用セル場合ニハ其ノ作用ヲ中止セシムベキ不動裝置ヲ備フベシ

6° 作用範圍十分ナルコト (通常臺ガ水平ヨリ 30° 以上傾斜セザル間ハ作用確實ナルヲ要ス)

7° 全作用範圍ニ於テ作用充分ナルコト

[第一ノ検査ハ鏡ニ依リテ光像ヲ觀測セバ可ナリ]

第三ノ遲差ノ測定ハ直接一軸ニ關シテ回轉セシムル方法ニ依ルコトヲ得又其ノ式ノ諸元ニヨリ之レヲ決定スルコトモ可能ナリ

第四ノ緩衝ハ「コマ」ガ振動臺上ニ裝置セラレアル時ハ1及2ノ光像ノ固定ノ際ニ之レヲ評價シ得ベシ]

旋回「ジャイロスコープ」 本器具ハ單一ノ自由方向ヲ有シ其ノ軸ハ器ノ組立支臺ニ固定シタル一平面内ニテ振動スルノミナリ
休止ノ位置ニ於テ軸ハ抵抗發條ノ作用ニ依リテ零ニ保持セラル

飛行機ガ直線飛行ヲナス場合ニハ「ジャイロスコープ」ハ零ノ位置ニ止マルモ若シモ飛行機ガ旋回セバ「ジャイロスコープ」ノ効果ニ依リテ軸ヲ傾斜セシメ目盛又ハ標識ニ依リテ變位ヲ判定スルコトヲ得

運動ヲ保持スルニハ薄板上ニ對スル氣流ノ作用又ハ電氣ニ依ル

此ノ種ノ器具ハ操縦者ヲシテ其ノ經路ヲ直線ニ維持スルコトヲ可能ナラシム此ノ能力ノ因ツテ來ル所ハ飛行機ノ靜學的安定ヲ判定スルニハ傾斜計ヲ使用シ或ハ「コンパス」上ニ容易ニ正シキ進路ヲ讀解セシムルコトナリ

尙ホ或程度マデ安全計ノ用ヲナス即チ飛行機ノ平衡ノ破ル、コトハ通常旋回中ニ起ルコト多ケレバナリ

特ニ緩衝裝置ヲ檢スルコト必要ナリ之レ其ノ讀解ヲ容易ナラシムル爲トス緩衝ガ度ヲ越シテ其ノ作用ノ遲鈍ナルコトナキガ爲ナリ

尙飛行間ニ其ノ感度ヲ調整スル設備ヲ實際ニ於テハ緊要トス此ノ感度ハ飛行機ノ頭部ノ振動即チ速度橫軸ノ慣性能率及大氣ノ狀態等ニ依リ多少影響ヲ受クルモノナリ

迎角及迂角計 通常風向ニ向ケタル小ナル風見 (*girouette*) ヲ基礎

トシテ構成セラル

此ノ種ノ器具ニテ檢スベキ事項次ノ如シ

(a) 其ノ感度十分大ナルベシ之レ迎角計ニアリテハ $\frac{1}{2}^{\circ}$ 級ノ又迎角計ニ在リテハ 3° 級ノ氣流ノ方向ノ變化ヲ判定シ得ンガ爲ナリ

(d) 其ノ慣性能率ハ小ニシテ總テノ空氣動力學的ノ作用ニ直チニ服スルヲ要ス

其ノ緩衝裝置ハ其ノ新ナル位置ニ於テ直チニ平衡スル爲ニ振動スルコトナク固定スルヲ要ス

B—發動機監視計器

「タキメートル」(又ハ回轉計) 特ニ檢スベキ事項次ノ如シ

(a) 計器ノ耐久性及急激ナル作用開始ニ對スル抗力

(b) 其ノ精度(1%級)

(c) 支臺ノ振動ニ不感性ナルコト

「マグネット」ノ回轉計ニ對シテハ其ノ外溫度ノ影響、精度及磁石ノ影響ニ對シテ注意スベシ

各發動機ノ回轉計ニアリテハ其ノ超過スベカラザル回轉數ヲ赤色ヲ以テ標示スルヲ原則トス

「フレキシブル」ニ依ル傳達ハ三米以下ヲ原則トス

自記回轉計 上記ノ説明ノ外次ノコトヲ加フ

(b) 「ダイヤグラム」ノ讀ミ易キコト及其取附精確ナルコト

(c) 各回轉數ニ於テ指度ガ連續スルコト

給油計 通常油循環ノ壓力ヲ測定スベキ油壓計ヲ用フ、普通使用スル油壓計ハ $0 \sim 30\text{kg}$ ニ目盛セラル、モ普通用ヒラルル壓力ガ其ノ目盛ノ大部分ヲ占ムル如クスルヲ可トス
即チ發動機ノ種類ニ從ヒ $0 \sim 5$ 又ハ 10kg トス

油壓計ハ自動閉塞裝置ニ依リ 30kg 以上ノ溫度ニ於テモ破損セザル如クスベシ然ラザル場合ニハ其ノ種類ニ從ヒ 50 及 80kg ノ間ニ含マレタル壓力ヲ永久變形ヲ生ズルコトナク支持シ得ルヲ要ス

容易ニ操作シ得ル活嘴ヲ備ヘテ導管ヨリ器ヲ孤立セシムルコトヲ許スベシ

規格中ニ定ムベキ精度ハ低壓ノモノニアリテハ2%高壓ノモノニ在リテハ10%級ノモノナルベシ

温度ノ差ノ影響ヲ蒙ラザル範圍ハ $+90^{\circ}$ 及 -10° ナルベシ温度ノ差ハ上述ノ標準温度ニ對シテ示シタルモノト同一ノ公差範圍内ニ止ルベシ

給油計ハ指針ニ依リテ示ス代リニ水準器ヲ用フルコトヲ得ベシ此ノ場合ニ於テハ危險界ハ特殊ノ色ヲ以テ示サル

給油計ノ破損セル際ニ於テモ油ノ流失ヲ避ケ油壓ヲ保持スル安全設備ヲ設クルコト特ニ重要ナリ

尙ホ問題ノ如キ安全裝置ノ大部分ノ場合ニ見ル如ク油壓計ガ循環經路ヨリ分離シタル場合ニ於テ液體ハ豫想スル最低温度ニ於テモ氷結セザルヲ要ス

寒暖計 各冷却水ノ循環經路及時トシテハ油ノ經路ニハ寒暖計ヲ備ヘ少クモ操縦者ニ對シテ其ノ冷却作用良好ナルコトヲ檢視シ得セシムルヲ要ス

此ノ目的ニ用スル寒暖計ノ大部分ハ蒸氣壓高キ液體ナリ
特ニ次ノ諸件ヲ檢ス

(a) 器ノ精度 (傳播ノ機關ハ温度ノ如何ニ關セズ2°級)

(d) 壓力ノ變化ニ對シテ不感性的 (同一公差)

(c) 傳播設備ハ液ノ保存ヲ確實ナラシムルモノトス

遠方傳播揮油水準器 次ノ諸件ヲ檢スルヲ要ス

(a) 其ノ作用ノ安全 此ノ作用ハ鋭敏機關 (浮子壓縮瓦斯等) ニヨリテ展開セラレタル力愈々大ニシテ傳達機關ノ阻害抗力愈々小ナル程良好ナリトス滑車ニ依ル返送ハ通常用ヒザルヲ可トス

(b) 特ニ電氣的ニ作用スル器ニ對シテハ其ノ傳達機關ノ敏度確實ナルベシ換言セバ揮發油ノ同一水平面ニ對シテハ傳達度常ニ同一ナルヲ要ス [電氣抵抗ノ變化ヲ基礎トスル設備ハ此ノ見地ノ保證ヲ必要トス]

(c) 空氣壓力式ノ傳達設備ハ如何ナル場合ニ於テモ揮發油ガ水準器ノ導管ヨリ逸ケザル如ク研究スルヲ要ス

(d) 精度ハ「タンク」ノ全容量ノ4%以下ナルヲ要ス「タンク」概ネ空トナルトキニハ指度常ニ之ヲ示スベシ尙操縦者ハ最早後ニ使用シ得ルモノ10立位ナルトキ正確ニ知ルヲ要ス

「コンパス」 使用セラレアル「コンパス」ノ大部分ハ磁石ナリ
「ジャイロスコープコンパス」ハ航空用トシテハ過重ナリ

尙ホ「アメリカ」(「ビネニア」)ノ方法ハ地球ノ感應電氣「コンパス」ニシテ未ダ全ク實用期ニ入ラザルモ既ニ相當ノ成績ヲ得タリ
磁石「コンパス」ノ製作規則次ノ如シ

1° 効果十分ナルベキ半圓形釣合設備ヲ備フルヲ要ス軟鋼ヲ含ミ又操縦席狭キ金屬飛行機ニ在リテハ四分圓ノ釣合裝置ヲ用フルコトヲ得

2° 液體「コンパス」ハ最モ堅牢ナル理由ニ依リテ適當ナルベシ
65°ノ溫度ニ抵抗スルコト可能ナル膨張修正管ヲ備フベシ

3° 液ハ-30以上ノ溫度ニ於テ氷ルベカラズ

4° 液ハ羅針盤ニ其ノ標記モ又如何ナル金屬部分ヲモ腐蝕セシムルコトアルベカラズ

5° 羅針ノ盤ハ全ク振動ノ自由ヲ保有シテ水平軸ノ周周ニ約 20°ノ頂角ヲ有スル圓錐ヲ描キテ振動スルコト可能ナルベシ

6° 其ノ精度ハ普通ノ「コンパス」ニテ 3°大航空用「コンパス」ニ於テ 1°ナルヲ要ス可動指標又ハ之ニ相當スル他ノ設備ニ依リテ針路ヲ示シテ操縦者ノ注意ヲ軽減シ得ルヲ要ス

7° 器ノ敏度ハ少クモ其ノ指度ノ精度ニ等シカルベシ

8° 振動緩衝裝置ハ十分ナルベシ (其ノ平衡位置ヨリ 45°遠ザカリタルトキハ一ツノ磁石ノ作用ニ依リテ「コンパス」ノ種類ニ應ジ 30°ヨリ 45°ノ時間ニ舊位ニ復スルヲ要ス)

9° 器具ノ回轉ヲ場合ニ於テ盤ハ液ニ依リテ過度ニ誘導セラルベカラズ (30°間ニ一回轉スルモノニ對シテ「コンパス」ノ寸度ニ應ジ 7° a 12° トス)

10° 盤ノ振動軸及同軸承ハ飛行機ニ於テ受クル振動ニ基キ反覆スル衝撃ニ對シテ十分抗シ得ルヲ要ス

要スル場合ニハ振動板上ニ於テ耐久試驗ヲ豫メ實施スベシ器ノ懸吊ハ出來ル丈良好ニ緩衝スル如ク研究スベシ

通常盤ノ不動裝置ヲ豫メ設クベシ

土地ニ對スル速度及偏計差 地上ニ於ケル點々觀測ヲ基礎トスルモノ最モ多シ多クノモノハ不完全ナリ之レ雲上ニ於テ使用シ得ザレ

ナリ

本器ハ航路ノ概要ヲ知ルコトヲ根本トセル器具ナリ

單獨測定ニ於ケル精度ハ偏流ニ於テ 3° 速度ニ於テ 10% トス

(多數回ノ測定ニ依リテ速度ノ精度ヲ 5% ニ導クコトヲ得)

標定裝置 夜間ニ於ケル大航空ノ基礎器具ナリ

(其ノ方法ハ總テノ地上信號及燈臺等ヲ使用スルモノトス)

本器ハ「コンパス」上ニ傾斜儀(標定「コンパス」)ヲ或ハ飛行機ノ關係針路ヲ標示スル設備(タクシメートル)ニ依リ構成セラル

高度計 通常標準火氣ノ高度ヲ目盛セル「アネロイド」ノ氣壓計ナリ

通常平原ニ於ケル軍隊ノ實用ニ當リテハ等距離ノ目盛ノ器具ヲ以テ其ノ飛行場ノ高度ヲ零ニ導ク如キ修正裝置ヲ要求スベキモ此ノ裝置ハ起伏地ニ於ケル使用及測定用ニ對シテハ有益ナラズ且希望スベキコトニアラズ

高度計ハ本章ノ始メニ述ベタル九箇條ノ性質特ニ始ノ三ヶ條ニツキテ大ナル注意ヲ要スル器具ニシテ之レガ爲次ノ方法ニ從フヲ要ス
指度ト盒ノ中ニ於ケル試驗壓力トノ最大間隔ハ最モ不利ナル場合即チ最モ迅速ナル急降下ノ場合ニ於テモ 5% ナルヲ要ス

上昇限度ヨリ土地迄ノ某高度ニ於テ常數減壓ノ許ニ於テハ始メ及終リノ指度最大間隔ハ(即チ一分間 10% 級ノ減壓ニ對シテハ)此ノ數以下ナルヲ要ス標準壓力ニ復歸シタル後ニ高度計ハ 2% 附近ニ於テ直ニ零ニ歸ルヲ要ス吾人ハ高度計ガ溫度ニ對シテ不感性的ナルコトニツキ大體ノ見當ヲ附スル爲ニ其ノ普通ノ壓力ニ於テ一方ニ於テハ普通ノ溫度他方ニ於テハ實用最小溫度ニ於テ其ノ指度ヲ比較ス差ハ 5% 以下ナルヲ要ス

試驗ニ用ユル器具ニアリテハ出來得レバ標準大氣ノ中ニ於テ連續的ニ溫度ヲ變化セシメ圖式的ノ方法ニ依リテ必要ノ場合ニ修正スル如クス

器ノ平衡從ツテ其ノ振動ニ對スル不感性的ハ平面上及懸吊位置ニ於テ其ノ指度ヲ比較シ檢ス(最大間隔 2%)尙ホ一飛行機上ニ於テ振動ノ影響ニ基ク針ノ振幅ハ器具ヲ彈性懸吊ニ依ルコトナク取付ケタル場合ニ於テ 2% 以上ナルベカラズ此ノ試驗ノ際ニ何等不規則ナル作

用ヲ示サ、ルヲ要ス

(カクノ如キ試験ハ供給品ノ二三ニ對シテ實施スルニ過ギズ是レカクノ如キハ器具ニ對スル不規ナル作用ニシテ後來其ノ性能ヲ害スルニ至ルヲ以テナリ)

自記高度計 高度計ト同一ナルモ尙ホ次ノ件ヲ加味スベシ

(a) 出來ル丈常用取付寸度ヲ尊重スルコト

(佛國ニ於テハ $\frac{185}{L} \times \frac{105}{e} \times \frac{140}{h}$) ‰

(b) 自記圓筒ノ完全回轉ニ要スル時間ヲ檢ス (操縦法ニ從ヒ) 標準公差一時間毎ニ 10" 誘導裝置ノ遊隙六分 (時間) 以下

(c) 讀算誤差ハ 2 ‰ 以下ナルベシ

(d) 「ダイヤグラム」ハ其ノ間ニ於テ全等ナルベシ (其ノ精度ハ線ノ大サ附近)

(e) 檢定用紙ヲ各器ニ附屬セシムルコトヲ檢スルヲ要ス

(f) 溫度ノ差ニ基ク公差ハ標準ノ場合ト 10' ニ對シテ 2 ‰ 以下ナルベシ試験ニ對シテハ尙ホ一層大ナル精度ヲ得ベシ

一般ノ注意 敍上ノ注意ハ之ヲ原則シテ軍用器材ニ適用ス

試験又ハ特別使用ノ器材ニ於テハ尙ホ一層大ナル精度得ラレアリ然レドモ之レハ著シク其ノ價格ヲ増加スルニ至ルコト屢々ナリ今述ベタル注意ヲ取レルモノハ其ノ値相當ニシテ普通ノ要求ニ對シテハ満足ナリト考ヘラル

第十三章 各種ノ問題ニ對スル増補

A. 1926年ノ巴里ニ於ケル航空展覽會

提出飛行機 提出セラレタル飛行機ハ60ニシテ其ノ中48ハ佛國ノモノナリ48ノ佛國機ノ中39ガ普通飛行機ニシテ9ガ水上機又ハ海軍機ナリ39機ハ次ノ種類ニ分タル

單座驅逐機	9
複座戦闘機(各種ノモノ)	11
多座爆撃機	4
公認輸送機	6
其他(遊覽、練習、記録)	9

驅逐機 9機ノ中ノ7機ハ既ニ説明シタルモノ又ハ其ノ變態ナリ
「ニューボール」42「スパット」51、61—4 61—5「ローナル、グ
ルドウ、レツズウル」32及33、「ウイボール」7

他ノ二機ハSIMB（「ベルナル、ユーベル」15型）及「ニウボール」
N48ナリ

「ベルナル」15型 ハ木製一葉半機ニシテ二枚ノ厚翼ヲ本ノ翼
柱ニヨリ結合セル式換言セバ單葉ヲ重複シタルモノナリ特ニ速度ニ
於テ秀ツ其ノ性能ハ後ニ示ス

「ニューボール」48 ハ既ニ私ガ説明セル趨勢ニ合スル如キ新型
ノ驅逐機ナリ驅逐機ハ編隊戰闘用機ニアラズ其ノ武器ハ假令如何ナ
ル方法ヲ取リテモ單一ノ射界ヲ有スルニ過ギザルヲ以テ極メテ貧弱
ニシテ隊ト隊ト接戰ヲナスニハ其メ能率不良ナルモノトス即チ其ノ
有スル性能ハ個々ノ戰闘ニアラザレバ素晴シキ成果ヲ收メ得ズ茲ニ
於テカ其ノ要求スル性能ハ可及的大ナル急降下ニ依リテ速カニ敵ニ
追隨シ有利ノ位置ヨリ敵ヲ攻撃シ又其ノ操縦性良好ニシテ其ノ運動
ニ依リテ其ノ武裝上ノ缺點ヲ補フコトヲ得ルニ在リ而シテ「ニュー
ボール」48ハ此等ノ性能ヲ現出セント努メタリ

「ニウボール」42ガ500馬力ヲ使用セルニ本機ハ單ニ400馬力ヲ以
テ低高度ニ於テハ著シク「ニウボール」42ノ速度ヲ超過ス

其ノ裝備ニ於テハ前者ガ二時間ノ燃料ヲ有スルニ後者ハ之レヲ一
時間半ニ、四箇ノ機關銃ヲ二箇ニ減ジ其ノ「タンク」ニハ防護裝置
ナシ

余ハ本機ガ何故ニ500馬力ヲ使用セザリシヲ知ラズ

性能ハ後ニ述ブ

複座戰闘機 提出セラレタル三機（「ブレード」19—、「ボデー」
25—）ニ就キテハ説明セリ其ノ他ノモノハ全金屬（被覆共）「シユネ
テル」ノ飛行機（「アヴイムタ」88）一機、金屬機ニシテ被覆モ金屬
ナル「デスカンプ」一機及「ミユロウ」一機、混製機ニシテ25型ト
異リ遠距離用ノ三座機ナル「ボデー」28一機他ノ二機ハ木製ニシテ
「ブセロウ」2及「コウドロン」104ナリ後ニ之等ノ飛行機ノ特性ヲ
示スベシ其ノ二機（「ルヴァスウル」及「ミユロウ」）ハ未ダ飛行シ
アラズ其ノ製作ガ特ニ素晴ラシキモノトハ思ハレズ

爆撃機 二機即チ「フアルマン、ゴリアット」60及「レオル、オリヴェ」21 BN₃ニツキテハ説明セリ

S.E.C.M 會社ハ既述ノモノヨリ改良シ變化セル BN₃ヲ提出セリ本機ハ最モ強力ナル「ローレス」650馬力ヲ有シ實用搭載量ハ之レガ爲約300kg増加セリ

「デイル・エ・バカラン」會社ハ余ガ説明セル D.B 10機ヲ提出セリ。尙ホ其ノ特性ハ興味アルモノナルコトヲ述ベタリ即チ骨組ノ主材トシテ廣ク鋼ヲ使用シ乗員室用トシテ極メテ厚キ且擬翼斷面ヲ用ヒタリ本機ハ飛行間發動機ニ接近スル問題ヲ解決シ之レニツキ實際ノ試驗ヲナシタルモノ、如シ

「タンク」ノ製作 「タンク」ノ製作ニ對シテ「デュラルミン」ヲ使用スルコトハ一般的トナレルモノ、如シ今日ニ於テハ技術狀件中ニ於テハ尙ホ除外シアルモ一方ニ於テ輕合金ノ表ハス極メテ廣大ナル重量上ノ利益ト他方ニ於テ其ノ製作方法ガ決定的トナリタルヲ以テ此ノ種ノ「タンク」ガ原則トシテ使用セラル、ハ最早余リ遠クニハアラザルベシ

「サロン」ニ於ケル新飛行機ノ性能

飛 行 機	發 動 機	空重量 (無裝備)	有効重量 (IC+P ₀)	S	幅	長	$\frac{P}{a}$	$\frac{P}{S}$	V2000	V5000	T5000	製作
ベ ル ナ ル 15C	「イ ス バ ン」500(V)	?	?	1800	11.40	7.50	3.6	73.5	?	?	?	木材
「ニ ヲ ホ ー ル」48	「イ ス バ ン」400(V)	1032	258	1230	19.38	6.40	3.22	66.0	272	255	16'16"	混合
「ア ヴ イ ム タ」88	「イ ス バ ン」500(V)	1550	850	2400	40	9.76	4.8	60	?	?	?	金屬(ヒ ツク共)
「ホ ー テ ー」28	「ジ ャ ル マ ン」500	1900	2870	4770	63	1.1	9.08	75.7	?	?	?	混合
「デ ス カ ン プ」	「ロ ヴ ン」450	1265	750	2015	42	9.35	4.4	46	?	?	?	金屬 及布
「ミ ン ー ロ ヴ」	「イ ス バ ン」500(V)	1160	820	1990	32.50	8.45	4	61.20	未飛行	未飛行		金屬 及布
「ル ン ア ス ヴ ル」2C ₂	「イ ス バ ン」500(V)	1200	786	1386	40	8.75	4	50	未飛行	未飛行		混合
「グ イ エ ル」SCAN ₂	「ロ ヴ ン」450	1274	831	2105	40	8.75	4.7	52.5	V地上 224	V4000 210	T6500 43'	混合
「ベ ー ル ロ ヴ」2C ₂	「サ ル ム ソ ン」 CM18 500	1558	802	2360	35	1.0	4.72	67.4	?	?	?	木材
「コ ヴ フ ロ ン」104	「ジ ャ ル マ ン」420	1128	815	1943	44	9.50	4.6	44.1	V地上 213.5	193	23'50"	木材
SECM (ア ミ ン) 120-B3	「ロ ヴ ン」650	2330	1630	3960	95	?	6.09	41.7	215	V4000 205	T4000 28'30	金屬 及布
「デ イ ル ー ー カ ラ ン」DB10	2「ジ ャ ル マ ン」420	3150	2450	5600	93	13.60	6.6	60.2	V地上 195	?	?	金屬 及布

B—補助翼ノ抗力狀件

余ハ既ニ第十九章ニ於テ現行技術條件中ノ抗力條件ノ多クハ尙ホ假リノモノトシテ見做サザルベカラザルコトヲ述ブル機會ヲ有シタリ之等ノ狀件中ニテ補助翼ノ問題ヲ取扱ハン

技術的條件ノ定ムル所ニ依レバ補助翼ハ其ノ翼組ノ耐フルヲ要スベキ各種ノ飛行ノ場合ノ力ニ其ノ俯仰作用ノ力ヲ考慮スルコト、シアルモ之レ餘リニ漠然タルモノナリ尙ホ其ノ抗力ハ200kgヲ下ルコトヲ得ザルコト、シアリ之レ獨斷ニアラザレバアマリニ一般的ノ規則ナリ

S.T.Aeノ研究部長ナル「サバチエ」技師ハ最近此ノ問題ニ關シテ研究セルヲ以テ之ヲ分析セントス

先ヅ多クノ國々ニ於ケル規則ヲ揚グレバ

佛國 最小抗力 $200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

佛國 (1918) 同上

伊國 (1924) $250 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

米國 (1922) 73乃至170kgニシテ機種ニ從フ 最モ輕キモノニ對シテ最モ大ナル荷重ヲ用フ)

英國 抗力ハ速度ノ函數トス (式ハ $\lambda C_z V_s^2$ ニシテ V_s ハ支持ノ最小速度) 此ノ式ハ最小速度ニ於テ最大俯角ヲ取リタルコトニ準據シアリ然レドモ作用スル力ハ唯ニ俯角ノミナラズ速度ノ平方ニ關ス次ニ説明スル如ク總テノコトヲ考慮スルトキハ水平最大速度ノ附近ニ於テ作用スル力最大トナル「ベルギー」抗力ハ操縦者ガ操縦桿ニ作用スル最大力ナリト定メ又ハ160kgトス是レ補助翼ノ各部ニ對スル力ノ配當ヲ知リ得バ論理的ナルモ不幸ニシテ尙ホ十分知ラレズ

此等ノ課セラレタル條件ノ差就中其評價ノ中ニ差ノアルコトニ依リテ尙ホ問題ガ如何ニ解決シアラザルヤヲ知ルベシ

研究者ハ先ヅ補助翼ガ俯仰スルコトナク翼組ノ一部ヲナスモノトシテ之レニ作用スル力ヲ研究ス之レガ爲彼レハ「エイフエル」ノ空氣動力學實驗所ヲシテ各種斷面ノ翼ニシテ矩形ノ補助翼ヲ後方ニ備ヘ其ノ長サハ翼ノ20%乃至40%ノモノノ記錄ヲ取ラセシメタリ

一例トシテ「ブレゲー」翼断面ニ對シテ發見シタル數次ノ如シ

無支持ニ 對スル 係迎角	100 c_z (翼)	100 c_z (40%補助翼)	100 c_z (20%補助翼)	$n \frac{c_z}{C_z}$ (400%)	$n \frac{c_z}{C_z}$ (20%)
15° (I)	9 9.5	3 3	1 6	2	0.9 6
9°	6 4	2 9	1 4.8	2	1
6° (II)	4 4	2 7	1 5	2.7	1.5
0.4 (III)	2	1 6			

第一ノ迎角ハ CINA ノ飛行ノ第一ノ場合即チ荷重係數 6 ニ第三ノモノハ概ネ第二ノ場合ニ即チ荷重係數 4.5 ニ第四ノモノハ第三ノ場合即チ荷重係數 1.5 相當ス

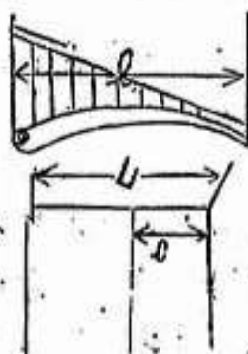
若シモ $\frac{P}{S}$ ガ翼組ノ荷重ニシテ n ガ普通翼ノ荷重係數オラバ補助翼ノ試験荷重 q ハ (1) $q = \frac{P}{S} n \frac{c_z}{C_z}$ ナルヲ要スベシ而シテ上記ノ表中ニ $n \frac{c_z}{C_z}$ ノ係數ヲ示シタリ吾人ハ之レガ最大水平飛行速度即チ CINA ノ第二ノ場合マデハ速度ト共ニ増加セントスルヲ見ル而シテ平均ニ於テ CINA ノ第一ノ場合ヨリモ第二ノ場合ニ對シテ 50% 大ナリトス

他方ニ於テ急降下ノ荷重ヲ q_p 水平飛行ノ荷重ヲ q_h トセハ其ノ關係次ノ如シ

$$(2) \frac{q_p}{q_h} = \frac{1.5}{4.5} \frac{c_{zp}}{c_{zh}} \times \frac{V_p^2}{V_h^2} \left(\because \frac{P}{SC_z} = V^2 \frac{a}{2g} \right)$$

$\frac{c_{zp}}{c_{zh}}$ ハ平均 0.70 ニ等シ故ニ補助翼ニ對スル力ガ水平飛行ノ場合ヨリモ急降下ノ場合ニ一層大ナル爲ニハ急降下ノ速度ハ水平飛行ノ速度ノ二倍 (2.24) ナルヲ要スルコト極メテ明カナリ

故ニ補助翼ガ翼組ノ一部ヲナスト見倣サル、場合ノ抗力ニ對シテ目的トスルヲ要スルハ CINA ノ第二ノ場合ナルコト決定的ナリ



上述ノ實驗ノ示ス所ニ依レバ翼後方及補助翼ニ對スル壓力ノ配當ハ著シク三角形狀ヲナシ從ツテ補助翼ノ荷重ハ其ノ奥行 $p = \frac{l}{L}$ 即チ其ノ深サ l ト翼ノ深サ L トノ商ニ比例ス

此ノ奥行ヲ取り且經驗ニ依リテ得タル理

論ヲ考慮シ尙最モ普通ト見做サル、CINAノ飛行ノ第一場合ノ荷重係數 n_1 ヲ代入スルトキハ翼組ノ一部ヲカスト見做サル、補助翼ニ摘要スル荷重ヲ示ス (1) 式ハ次ノ如クナルベシ

$$(3) \quad q = 1.35 \, p m_1 \frac{P}{S}$$

各種ノ既製機ニ之レヲ摘要スルトキハ次ノ如シ

SIMB「ベルナル」(速度記録)	155kg
「ユウポオル」29	133kg
「ブレゲエ」19B ₂	115kg
「フアルマン・ゴリアット・ルノオル」	90kg
「フアルマン」BN ₄	56kg

之レニヨレバ最モ輕キ飛行機ニ於テ最モ大ナルコトヲ要求スル米國ノ條件ノ最モ合理的ナルコトヲ示ス然レドモ次ニ示ス如ク米國ノ條件ハ過弱ナリ

「イツシイ・ムウリノウ」ニ於テ實施セテヒタル第二次ノ試驗中ニ於テ「サバチエ」氏ハ其ノ斷面ノ異ル相當大寸度ノ二翼ニ對シテ (即チ翼深 L ハ 1.60m 補助翼ニアリテハ $l=0.25m$ ($p=0.16$) 翼幅 2.30m 補助翼ノ幅 1.60) 補助翼ヲ俯仰シタル場合ニ作用セル壓力ヲ研究セシメタリ

此ノ研究ノ結果次ノ如シ

1° 補助翼ヲ下方ニ俯シタル場合ノ普通ノ力ハ之レヲ上方ニ仰ケタル場合ノモノヨリモ同一角度ニテモ極メテ強シ (一翼ニ對シテハ傾角 10° ニ於テ下方ニ俯シタルモノ方上ニ仰ケタルモノニ比シ9倍大ナルコトヲ知リタリ)

2° 補助翼ニ對スル普通ノ力ハ同一翼ニシテ同一俯仰角ニ於テハ翼ノ迎角ノ函數トシテハ大ナル變化ナシ

3° 補助翼ニ對スル普通ノ力ハ俯迎角ノ變化ニ對シテハ概ネ直線變化ヲナス

4° 然レドモ外觀上附帶的ノモノト考ヘラル、因子ガ補助翼ニ作用スル力ニ對シ極メテ大ナル作用ヲ有ス此ノ因子トハ補助翼ト翼トノ間ニ存在スル間隙ナリ大ナル間隙 (9%) ハ弧背ニ對スル負壓ヲ著シク増大ス間隙ガ塞ガレタル場合ノ四倍ナリ之レガ爲補助翼ニ對

スル荷重ハ概ネ50%増加ス

5° 下方ニ對シ10° 俯シタル場合ニ於テ壓力中心ノ位置ハ面ノ重心ノ前方ニシテ補助翼深ノ40及45%ノ間ニ位置ス

6° 前進抗力ハ比較的弱ク補助翼ノ普通ノ壓力ノ約十分ノ一ナリ上方ニ對スル仰ケニアリテハ此ノ前進抗力ハ負ナルコトアリ換言セバ補助翼ガ蝶番上ニ支ヘラル、傾向アリ

之等ノ條件ニ於テ研究者ハ補助翼ノ俯仰作用ニ對スル抗力ヲ決定スル爲ニ俯仰ナキ場合ノ普通ノ力ニ對スル抗力ノ如クニCINAノ第二ノ場合即チ最大速度ニ於ケル水平飛行ノ場合ヲ取り此等ノ力ニ對シテ翼ト同一ナル係數 $\frac{3}{4}n$ ヲ採用シ且此ノ場合ニ俯仰ハ10°ニ限定セラル、モノト想像セリカクテ遂ニ俯仰ナキ普通ノ力ニ對應スル試驗荷重ヲ示ス第三ノ式中ニ於テ間隙ノ作用ヲ考慮シテ係數1.35ノ代リニ2ヲ用フ

カクテ次ノ完全ナル式ニ至ル此ノ式ハ補助翼ノ試驗全荷重ヲ與フルモノ即チ普通ノ力及俯仰力ヲ考慮セルモノナリ

$$(4) q_1 = n_1 \left(2p \frac{P}{3} + \frac{1.5}{1000} V^2 \right)$$

式中Vハ最大水平速度トス故ニ上述ノ各飛行機ニ對スル試驗荷重ハ次ノ如クナルベシ

	全 荷 重	俯仰ナキモノ
SIMB—「ベルナル」(速度記錄)	370kg	230kg
「ニウボール」29	284	205
「ブレゲー」19	216	170
「フアルマン・ゴリアツト」	152	133
「フアルマン」BN ₄	106	83

(係數2トス)

故ニ俯仰ニ基ク超過重ハ全荷重ノ12乃至40%ノ間ニ含マル

最後ニ此ノ研究ガ間接ニ飛行機ノ空氣動力學ノ力ノ研究ニ一ツノ寄與ヲナスコトヲ述ベシ

補助翼ノ操作ハ機械的ノモノニアラズ俯角補助翼ハ他ノ補助翼ニ比シ數倍大ナル力ヲ以テ操縱桿上ニ作用ス若シモ操縱裝置中ニ遊隙アラバ操縱者ノ反射作用ニ過大ノ作用ヲ必要トスルガ故ニ俯角補助翼ノ操縱ハ緊張ノ狀態ヲ呈スベク他ノ操縱ハ弛緩ノ狀態ヲ呈シ補助

翼ハ風ノ中ニ蝶ノ如クヒラヒラトスベシ間隙ノ作用ハ補助翼ノ俯仰ニ應ジ或ハ廣クナリ或ハ狭クナリ此ノヒラヒラスル作用ヲ更ニ大ニシ此等ノ周期現象ヲ現出セシムルニ至ル此等ノ周期現象ハ既ニ説明セル如ク急ニ方向ヲ轉ズル翼ノ破損ニヨリ重大ナル事故ノ原因トナリ又既ニ迅速ナル飛行機ノ飛行間ニ於テ説明セル如キ多クノ事故ヲ反覆スルニ至ル

吾人ハ出來ル丈傳達機關ノ遊隙ヲ避ケ又翼ト補助翼トノ間ニ於ケル間隙ヲ減少シテカクノ如キ事故ノ機會ヲ減少スベシ

〇—飛行機ノ能力測定ノ精度

「ブレゲー」製作所ハ1926年七一八月ノ航空工業協會ノ機關雜誌上ニ飛行機ノ能力測定ノ精度ニ關シテ重要ナル研究ヲ發表セリ

此ノ研究ニ於テハ或ハ標準大氣中ニ於テ能力ノ減少ニ對シテナシタル假説或ハ飛行ニ依ル測定（第二十一、第二十二章、第一部參照）或ハ飛行機及發動機ノ調整並ニ製作中ニ生ジタル誤差ノ影響ヲ數ヲ以テ明カニセント試ミタリ

研究者ニ依リテ舉ゲラレタル假定ニ依ル誤差ノ原因次ノ如シ

- 1° 大氣ノ不定ニ基ク誤差
- 2° 大氣ノ濕氣ニ基ク誤差
- 3° 發動機ノ偶力ガ比重ニ比例スル假定ニ基ク誤差

測定ニ依ル誤差ノ原因次ノ如シ

- 4° 器具ノ誤差
- 5° 讀算誤差 製作及調整ニ基ク誤差
- 6° 原型機ト多量機トノ極曲線ノ差
- 7° 發動機ノ偶力ノ差

余ハ今ヨリ此研究ノ結果ヲ單簡ニ要約セントス

1° 大氣ノ不安定ニ基ク誤差、研究者ハ單ニ上昇氣流ニツキテノミ述ベタリ此ノ上昇氣流ハ最モ大ナル誤差ヲ起スベシ上昇時間ハ若シモ極メテ高キ高度ニ於テハ上昇氣流ナシト想像スレバ實用上昇限度ヲ著シク變化スルコトナク10%級ノ誤差ヲ生ズルコトアルベシ之レニ反シテ上昇速度ヲ表ハス直線ニ基キタル理論上昇限度ハ大ニ變化シ來ルベシ

2° 大氣中ノ濕氣ハ其ノ結果トシテ測定壓力及溫度ノ對應空氣比

重ヲ減少ス故ニ能力ノ認定ノ爲ニハ濕氣アル大氣ハ常ニ不利ナリ

濕氣ニ基ク誤差ハ高溫度ニ於テ (2000mカラ) 之レヲ省畧セラル
低溫度ニ於テハ省畧シ得ズ飽和標準大氣中ニ於テ高度零ハ乾燥標準大
氣ヨリモ71m下ニアリ又飽和ニシテ溫度10°ナル大氣中即チ通常夏期
ニ見ル狀態ニ於テハ零ノ差ハ154mニ至ルベシ

飽和標準大氣トハ標準大氣ト同様ナル溫度及壓力ノ法則ニ依リテ
決定セラル、水蒸氣ニヨリテ飽和セラレタル大氣ヲ云フ本來ノ標準
大氣ハ乾燥シ此大氣中ニテ能力ヲ定ムルモノトセラレアルモノナリ

濕氣ノ誤差ハ測定速度ニ關係ス是レ測定ノ性度ハ $V^{\frac{3}{2}}$ ニ比例スレ
バリナ

3° 若シモ發動機ノ偶力ハ比重ノ代リニ壓力ニ比例スルモノナリ

トセパーツノ飛行機ニ於テ夏期ニ原型機ノ試験ヲ實施シ冬期ニ多量
機ノ試験ヲ實施スル場合ニ於テハ例ヘバ溫度—20°ノ低下ニ依リテ
其ノ上昇限度ヲ6000mノ上昇限度ノモノニ於テ12%減少シ上昇限度
ノ $\frac{3}{4}$ ヲ上昇スルニ要スル時間ハ35—40%多クナルベシ實際ニ於テ
此ノ問題ハ實驗極メテ稀ナルモ偶力ノ變化ハ壓力ト密度ノ比ノ中間
ニ在ルモノ、如シ

[余ハ講義中ニ於テ上昇試験ノ公差ハ定メラレタル時間ニ到着シ
得ベキ高度ヲ以テ決定シ定メラレタル高度ニ達スベキ時間ヲ以テス
ベカラザルコトヲ述ベタリ若シモ此ノ高度上昇限度ノ近クニアルナ
ラバ上昇時間ノ公差ニ相當スル高度ノ公差ハ無意味トナルコトアル
ベシ上記ノ例ハ之レニテ明カニス]

4° 及 5° 高度計ノ器差ハ次ノモノヨリ成ル

(a) 平衡及懸吊ニ基ク誤差

(b) 溫度ニ基ク誤差

(c) 讀算誤差 (檢定ノ際及大氣ノ溫度ヲ讀ム時)

研究者ハ (a) ハ水銀柱ノ1.5 $\frac{m}{m}$ (b) ハ $\frac{Z}{1.5} \frac{m}{m} Z$ ハkm單位ノ高度

(0ヨリ6kノ間) (c) ハ1.5 $\frac{m}{m}$ ナリト評價セリ故ニ6000mニ於テ
ハ總體ニテ7 $\frac{m}{m}$ トセリ

[余ハ若シモ試験後ノ檢定ヲ正シク實施シ低溫度ニテ檢定シ又ハ
溫度ノ釣合裝置ヲ有スル高度計ヲ使用スルナラバ此ノ數ハ半分以下
ニ低下シ得ルト考フ]

回轉計ノ誤差ハ1% 又ハ1.5% ニシテ正確ナルモノ、如シ

6. 極曲線ノ變化ニ基ク能力ノ差

研究者ハ次ノ式ヲ立テタリ此ノ式ハ支持力ノ ΔC_z ノ變化ノ函數ニテ
三能力ノ變化ヲ與ヘタルモノナリ (抵抗力ハ常數ナリト想像ス)

上昇限度 Z_m ノ變化 ΔZ_m ハ

$$\frac{\Delta Z_m}{Z_m} = -0.18 \Delta C_z + \frac{8000 \Delta C_z}{Z_m}$$

離陸ニ於ケル上昇速度ノ變化 V_a ハ

$$\frac{\Delta V_a}{V_a} = \Delta C_z \left(-1 + \frac{8000}{Z_m} \right)$$

定メラレタル時間ニ達スベキ高度ノ變化 $\frac{\Delta Z}{Z}$ ハ

$$\frac{\Delta Z}{Z} - \frac{\Delta Z_m}{Z_m} = \Delta C_z \left(\frac{Z_m}{Z} - 1 \right) \times 0.82 \log \left(1 - \frac{Z}{h} \right)$$

$\Delta C_z = \frac{1}{100} C_z$ ノ變化ニ對シテ 6000 米ニ對シテ原型機ニ定メラレタル
上昇時間内ニ達スベキ高度ノ差ハ 67m (上昇限度 6000) ヨリ 36m (上
昇限度 8000) ニ變化ス

7. 發動機ノ偶力ノ變化ニ基ク能力ノ差

研究者ハ次ノ式ヲ建說セリ

發動機ノ偶力ノ變化 $\Delta \phi$ ニ對スル上昇限度ノ變化 ΔZ_m ハ

$$\frac{\Delta Z_m}{Z_m} = -0.18 \Delta \phi + \frac{8000 \Delta \phi}{Z} \quad (\Delta C_z \text{ノ場合ト同一式})$$

離陸點ニ於ケル上昇速度ノ變化

$$\frac{\Delta V_a}{V_a} = \Delta \phi \left(0.5 + \frac{8000}{Z_m} \right)$$

定メラレタル時間内ニ到着スベキ高度ノ差 $\frac{\Delta Z}{Z}$ ハ

$$\frac{\Delta Z}{Z} = \Delta \phi \left[\frac{8000}{Z_m} - 0.18 - \left(\frac{Z_m}{Z} - 1 \right) 0.68 \log \left(1 - \frac{Z}{Z_m} \right) \right]$$

$\Delta \phi = \frac{1}{100} \phi$ ノ差ニ對シテ 6000 米ニ對シテ原型機ニ定メラレタル
時間内ニ到着スベキ高度ノ變化ハ 67m (6000m ノ上昇限度) ヨリ 92m
(800m ノ上昇限度) ニ變化ス

結論 研究者ハ與ヘラレタル高度ニ到着スル時間ノ公差ヲ用フル
代リニ與ヘラレタル時間内ニ到着スベキ高度ニ對スル公差ヲ以テス
ルコトヲ要求セリ、余ハ飛行試驗ノ章下ニ於テ此ノ要求ニツキテハ
十分研究セリ佛國ニ於ケル多クノ注文品ハ最近マデ尙ホ時間ノ公差
ヲ用ヒタリ多量機ノ上昇試驗ヲ上昇限度ヨリ遠ク離レタル高度マデ

實施スルニ過ギザルトキハ之レニテモ重大ナル影響ナシ試験高度ヲ増加セント欲スル時ニハ既ニ示シタル如キ異狀ヲ呈スベシ

研究者ノ證明スル所ニ依レバ 6000^mノ上昇限度ヲ有スル飛行機ニ於テ上昇限度ノ四分ノ三（之レハ一般ノ購買品ニテ取ラル）ニ上ルニ要スル時間ノ公差10%ハ對應スル時間内ニ到着スベキ高度ノ公差ノ5%ニ相當ス故ニ自然高度ニ對スル5%ノ公差ノ方時間ニ對スル10%ノ公差ヨリモ撰定セラル、モ其ノ研究ノ成績ニテハ尙ホ不十分ナルコト及或程度大ニ見積ル必要アリトセリ此ノ比率ヲ評價スル問題ハ尙ホ未解決ニシテ且其ノ研究ハ若干ノ要件ヲ提供スルニアラザレバ論ジ得ズ

私ガ既ニ説明セル10%ノ數ハ同時ニ測定ノ精度、多量機ノ製作及調製ノ精度ヲ含ム程度ノ大サナルモノト思ハル

若シモ吾々ハ高度ト共ニ發動機ノ偶力ガ變化スル正確ナル法則（空氣比重ノ比例法則ハ第一ノ畧近的ナリ）ヲ考慮シ又飛行機ニ組立テタル發動機ノ實際ニ供給スル馬力（飛行機ノ製作者ハ通常發動機ニ對シテハ責任ヲ有セズ）ヲ考慮シテ計算ヲ完全ニ實施スルナラバ此ノ數ハ疑モナク若干減少シ得ベシ

飛行機受領規則ノ目的ハ飛行機ノ製作者ヲ援護スルガ目的ニアラズシテ軍隊ニ良好ナル飛行機ヲ有セシムルニアルコトヲ附言スルヲ要ス偶然的ノ誤差ハ兩方向ニ起ルコトアリ若シモ一ツノ多量機ガ通常 $n\%$ 丈能力ヲ良好ニスル如キ特ニ都合ヨキ條件ニテ試験セラレ又單ニ $-n\%$ ノ公差ノ恩惠ヲ受クルナラバ其ノ能力ハ原型機ヨリ $2n\%$ 丈以下ナルベシ

事實熟練ナル製作者ハ通常最モ都合ヨキ條件ニテ其ノ原型機ヲ認可セシムベク努メ又多量機中ノ或飛行機ガ最モ都合ヨキ狀件ノ利益ヲ受クルコトハ稀ナリ

其ノ如何ニ關セズ上昇限度ノ四分ノ三ニ於テ原型機ノ上昇對應時間中ニ達シ得ベキ高度ノ公差ハ5及7%級ノモノニ定ムルヲ原則トスベキモ10%ハ超過セサルベシ

若シモ上昇試験ノ不良ナルコトガ過弱ノ發動機ニ基クカ又ハ他ノ發動機ノ不利ナル特別條件ニ基クナラバ試験ハ良キモノトシテ承認セラル、カ又ハ他ノ發動機ヲ以テ他ノ條件ニテ復行ス、〔終リ〕