

## ダ グ ラ ス・エ ア カ ム について ( DOUGLAS . AIRCOMB )

小 林 教 秀

金 内 忠 彦

### ま え が き

最近世界各国に於て、特殊構造材料が目ざましい発展をなし、その特殊性に応じて非常に効果的な使用がなされつゝある。

その一つとして軽量合板が挙げられるが、我国では北海道立林業指導所に於てロール合板が研究製作されており、米国ではダグラス航空会社に於てダグラス・エアカムが、其他数社に於てそれぞれ蜂の巣合板が製作されている現状にあり、更に一層の発展が予想されている。

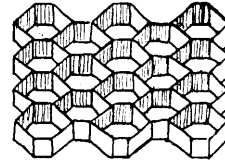
先般、北海道小野岡林務部長、小林森林企画課長より欧米視察の一資料としてダグラス・エアカムの資料を御提供戴いたので、その一部をここに御紹介する。

### ダグラス・エアカムとは

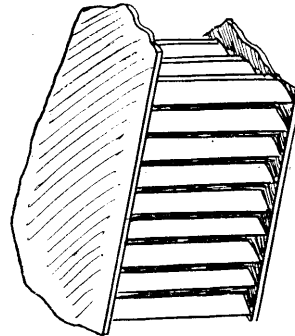
ダグラス・エアカムは切迫した航空機の需要にもとづいて発展してきたが、これは高い強度で軽量を要求される部材として優れた構造材料である。

構造としては、強度を持たす為に石炭酸系樹脂を合浸した紙を第1図の如く蜂の巣(六角形)構造に製作し

た中芯で、使用する際には、アルミニウム、合板、木材、ステンレス、マグネシウムの表板の間にはさんで



第 1 図

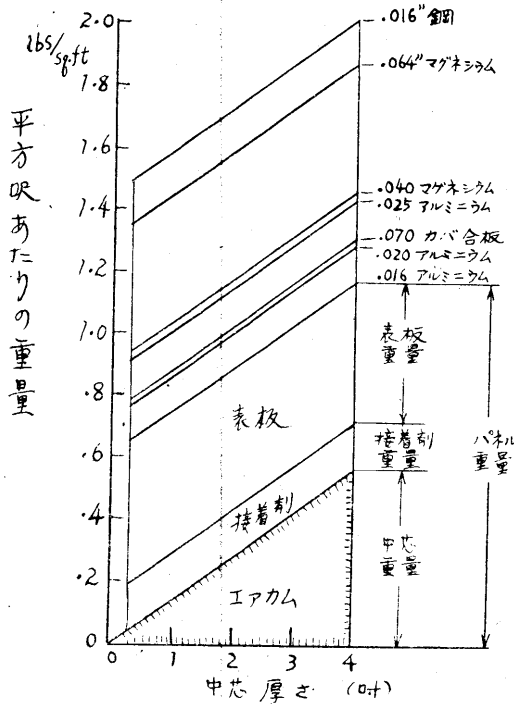


第 2 図

第 1 表

STYLE & TYPE	重 量	圧 縮 強 度		剪 断 強 度		価 格 比 較 値
		代表値	最小値	代表値	最小値	
STYLE60—20 TYPE40	1.5—1.8 (0.024—0.029)	103 (7.24)	75 (5.27)	42 (2.95)	35 (2.46)	1
STYLE60—20 TYPE30	1.8—2.2 (0.029—0.035)	124 (8.72)	100 (7.03)	50 (3.52)	42 (2.95)	1.33
STYLE125—35 TYPE20	3.4—4.0 (0.054—0.064)	460 (32.3)	438 (30.8)	125 (8.79)	115 (8.08)	2.18

(註) 重量の単位: 上に記した値は lbs/cu-ft      括弧内は g/cu-cm  
 強度の単位: 上に記した値は lbs/sq-in      括弧内は kg/sq-cm  
 パネル厚1吋      剪断強度は中芯の最弱の方向に於る値である。  
 価格比較はSTYLE60 - 20、TYPE40に対しての値である。



第 3 図

第2図の様なサンドウィッチ構造とするのである。  
 故にエアカム中芯は軽量と高い強度を要するパネルには理想的と考えられ、剪断応力やパネル表面に垂直な圧縮、引張荷重、挫屈にも良く耐える。

強 度 - - 重 量

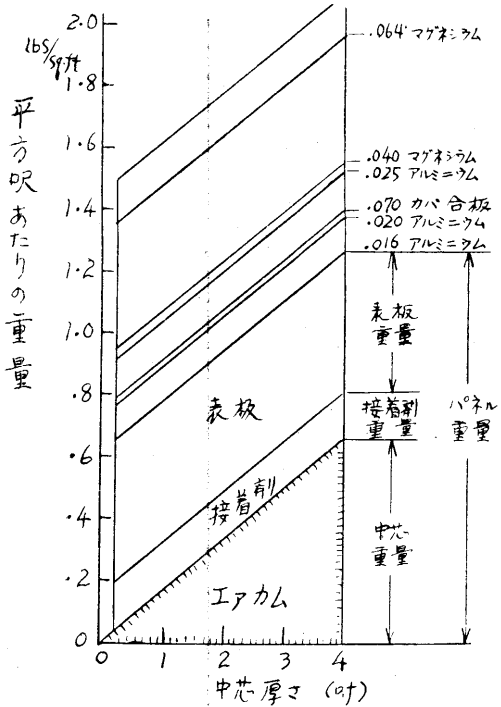
エアカムは現在生産されている材料で、重量に対して最も強度が高い。

第1表はエアカムの各種類に於ける重量、圧縮強度、剪断強度、価格比較値を示す。

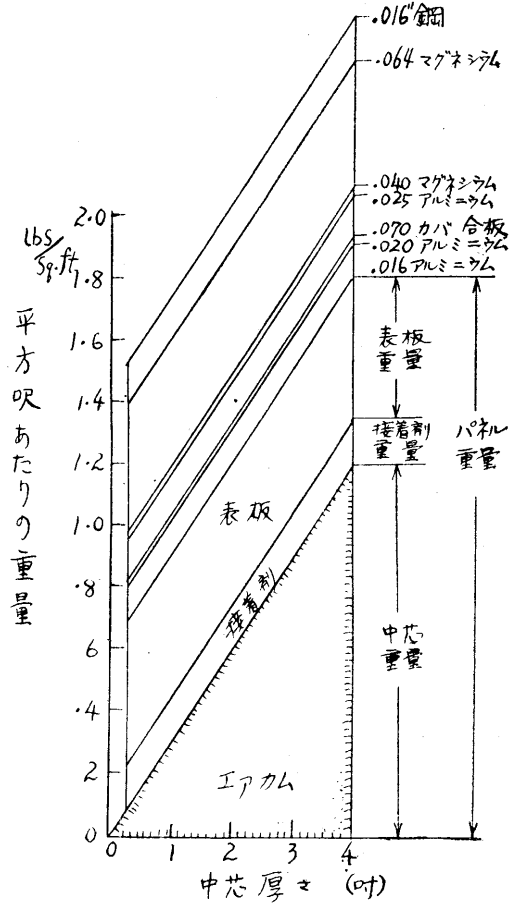
次にエアカムの重量顔を掲げる。

第3図、第4図・第5図は中芯として、それぞれ STYLE60 - 20TYPE40エアカム, STYLE60 - 20TYPE 30エアカム, STYLE125 - 35TYPE20エアカムを使用し、表板は図内に記した材料を使用したパネルの厚さに対する平方呎あたりの重量を示す。

第6図はエアカムの厚さと剪断係数との関係を示す、第7図はエアカムの厚さと剪断強度との関係を示す、第8図はエアカムと圧縮強度との関係を示す。



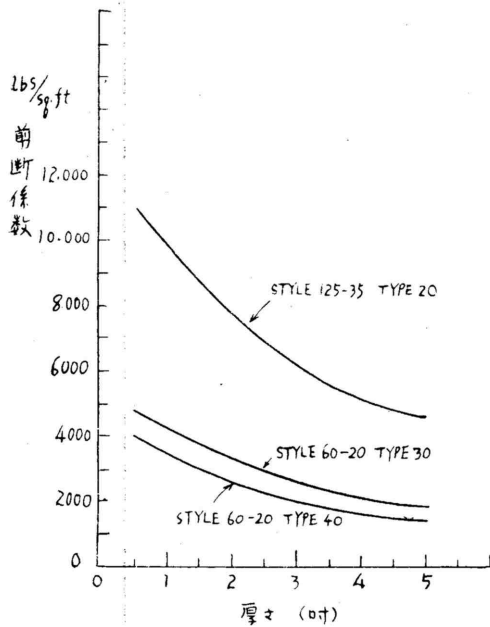
第 4 図



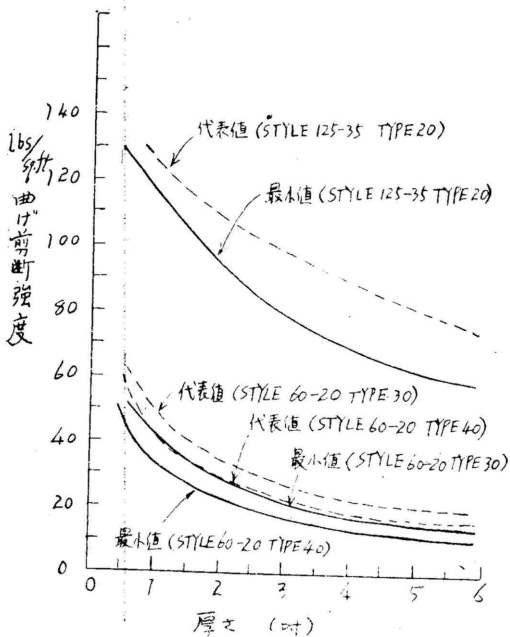
第 5 図

曲げに於て荷重の大部分は梁の外層附近で保持され中立軸附近に分布する曲げ応力は少い。このことがサンドウィッチ構造を使用する部材設計の一つの基礎である。

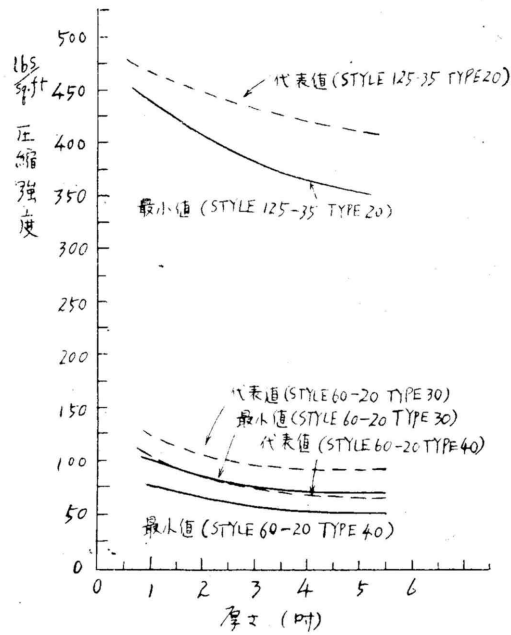
このことから軽量梁では、強度の高い材を外層に、強度は割合低くても軽量の材を中芯として使うが、剪断には耐えなければならない。即ち、サンドウィッチ



第 6 図



第 7 図



第 8 図

梁の発達は、適切な低密度、高剪断強度の中芯材料とそれを表板に接着する方法の研究によると考えられるが、前述の図表が示す如く、ダグラス・エアカムは種々の要求を完全に満足しているのである。剪断強度に加うるに表板に垂直な圧縮荷重に耐える事が必要であるがエアカムは平方呎あたり25トンの荷重に耐え得る。

又、表板と中芯との結合部分より破損を起さない様十分な強度を有する接着剤を使用し、一様な結合をさせる事が必要である。前記のエアカムの強度は180° F (82 )迄は影響を受けない。

### 剛 性 - - 重 量

重量に比して極めて高い剛性を持っているのが蜂の巣パネル構造の特徴である。

故に同じ重量を持つ梁に於ては、荷重に対する撓み量が少く有利である。

0.016吋アルミニウムを表面にはった1吋厚エアカムは剛性係数が792,000lbs. sq. in (2,320,000kg. sq. cm)であり、平方呎あたり0.75ポンド、平方呎あたり0.366gである。

これと同じ剛性を持つ他の構造材料と重量を比較すると次の通りである。

鋼の重量の1/16

アルミニウムの重量の1/10

樺合板の重量の1/5である。

等剛性の矩形梁の比較を第2表に示す。

第 2 表

梁 の 種 類	弾性係数 (E)	断面二次 モーメント (I)	剛性係数 (E・I)	パネ ル 厚 さ	重 量	梁重量比
エアカムパネル	8.0 (56.2)	0.099 (4.12)	792,000 (2320000)	1.032 (2.62)	0.734 (0.358)	1
樺 合 板	1.25 (8.79)	0.634 (26.4)	792,000 (2320000)	0.86 (2.18)	3.26 (1.59)	4.45
アルミニウム	10.5 (73.8)	0.0755 (3.14)	792,000 (2320000)	0.422 (1.07)	5.96 (2.91)	8.14
鋼	30.0 (211)	0.0264 (1.10)	792,000 (2320000)	0.296 (0.752)	12.0 (5.86)	16.4

註 E の 単 位：上に記した値は  $\times 10^6$  lbs / sq-in  
 I の 単 位：上に記した値は  $\text{in}^4$   
 E・I の 単 位：上に記した値は lbs. sq. in  
 パネル厚さの単位：上に記した値は in  
 重 量 の 単 位：上に記した値は lbs / sq. ft

括弧内の値は  $\times 10^4$  kg / sq - cm  
 括弧内の値は  $\text{cm}^4$   
 括弧内の値は kg. sq. cm  
 括弧内の値は cm  
 括弧内の値は g / sq. cm

エアカム中芯はSTYLE60 - 20TYPE40、表面材0.016吋アルミニウム板  
 E、Iは中芯を省略し、表板だけについての値である。

Eは剪断変形を考慮し、表板のEを0.8倍した値を用いた。梁の巾を12吋にしてIを求めた。

### 衝 撃 強 度

衝撃破損に対する中芯の抗力は、大体表面材によるわけで、中芯の厚さによる事はずっと少ない。

即ち表面材が剛ければ剛い程、衝撃力を中芯により広く配分し、より大なる力を破損なしに吸収し得るわけである。

漆喰、ゴム等のエネルギー吸収コーティングにより衝撃エネルギーを吸収させ効果を上げうる。

衝撃強度は表面材による事が大であるので、表面材は第一に衝撃強度を考えて撰択されるべきである。

### 断 熱 性

外気温度の変化に対する断熱性について、エアカムパネルと他の構造材料について比較した結果は次の通りである。

0.020吋厚のアルミニウム表板をはった3吋厚のエアカムは

8吋厚の煉瓦壁の2倍以上

12吋厚のコンクリートの2倍以上

複層ガラス窓の2倍以上

金属ラス、プラスター漆喰の代表的断熱壁より

30% 優秀である。

米国Southern Research Institutelに於て行った熱伝達の実験を第3表に示す。

第 3 表

エアカム パネル厚 (in)	熱 伝 達 率	
	非充填エアカム	充填エアカム
1.0	0.35 (1.74)	0.23 (1.14)
1.5	0.27 (1.34)	0.19 (0.942)
2.0	0.21 (1.04)	0.13 (0.645)
2.5	0.165 (0.818)	0.09 (0.446)
3.5	0.06 (0.298)	0.04 (0.198)
他 の 構 造 材 料		熱 伝 達 率
8 吋 煉 瓦		0.50 (2.48)
12 吋 煉 瓦		0.36 (1.79)
12 吋 コ ン ク リ ー ト		0.57 (2.83)
壁 (プラスター 内張り)	漆喰外張り	0.30 (1.49)
	木材外張り	0.26 (1.29)
窓	一 重 窓	1.13 (5.60)
	二 重 窓	0.45 (2.23)
ド ア ー (1½吋) 木 材		0.46 (2.28)

(註) この実験はA. S. T. M. C—236による。試験温

度70°F(21 ) ~ -40°F(-40 )工  
アカム試験片7呎×7呎  
中芯 STYLE 125 - 35TYPE20  
表板 0.032吋アルミニウム  
熱伝達率の単位  
前に記した値はB.T.U. /hour sq.ft. °F  
括弧内の値は Kcal /hour sq.m.

エアカムの断熱性は、製作中に蜂の巣の空間に発泡断熱材を加える事により100%改善され、高温低温に対する断熱性を極めて高くする事が出来る。

又、エアカムは -65°F(-54 )又はそれ以下より250°F(121 )迄の温度に効果的であるが、特殊な接着剤を使用すると上限を約450°F(232 )迄上げうる。

### 耐 燃 性、耐 火 性

エアカム・パネル構造は耐火性に於て保証されているが、金属を表面に貼ったエアカム・パネルについて1500°F(815 )で25分間加熱試験を行った結果、中芯は炭化、収縮を起しても、パネル内で燃焼急速な酸化は起っていない事が示された。

### 吸 湿 性

石炭酸含浸紙は吸湿性が低い。金属や他の非吸湿性の表板をつけたエアカム・パネルが収縮の条件にある時、即ち一面が冷え他面が温い時は、大量の紙が普通中芯内に存在している比較的少量の湿分を吸収する事になる。この湿分は6-10%程度であり、この範囲では強度に影響がないと考えられる。

### 耐 久 性

林産試験場で行った実験では、エアカムが耐久性に於ても、他の構造材料より優れている事を示している。

### 抗 菌 性

エアカムはしゆく菌類、白蟻に関して、他の構造材

料と比較すると、平均して優秀な抵抗性を有しており熱帯の高温と湿度の多い条件のもとで抗菌性を持っている。

最悪の条件に於て抗菌性を完全にするには、防黴菌を用いたり、特殊な処理を行う事が考えられる。

### 音 響 的 性 質

防音性は低周波数に於ては剛性の函数であり、エアカム・パネルは重量に対する剛性が高いから防音性が良い。

高周波数に於てはパネルの重量の函数となるので、防音の効果が少くなる。

エアカム・パネルのセルに吸音材を充填し、吸音性を増す事が出来、又低周波数に対しては剛性を増す為パネルをかなり剛性の高いフレームによって保持させ防音性を増す事が出来る。

周波数の広範囲にわたって防音をする為には、剛性、重量の均衡、内部減衰について考慮する必要がある、又パネルの共鳴周波数以下の周波数に於て効果があるので、形、厚さ等寸法を適当に撰択すべきである。

更に他の材をエアカムに加えた合成構造は効果的であり、ガラス繊維、木材、鋳物、金属等吸音材は広い範囲の周波数に於て有効であると考えられる。

### 用 途

以上述べた様な特性を布するエアカムの用途は次の如くである。

一般用としては製図板、机、戸扉、床板、天井板、屋根、格納庫、移動スケートリンク、仕事台、箱材料ピクニックテーブル(簡易机)狭い道路(足場板)荷台、トラックのボディ材料、看板、製氷室の出入口、トレーラー、規格建築の羽目板等

軍隊用としては航空機用(庫室、隔壁、床内部戸扉荷物棚、各種机、天上板)積荷容器、レーダー格納庫極地宿舎、積荷台等である。

資料を御提供下さった小野岡林務部長、小林森林企画課長及び訳出に当り御助力下さった小野寺技師に深謝する。

- 試験部第二工場 -  
- 試験部試験課 -