

## 5. YS-11 型機胴体構造の落下衝撃試験

熊倉郁夫、峯岸正勝、岩崎和夫、少路宏和、吉本周生、宮木博光（航空宇宙技術研究所）  
指熊裕史、磯江暁、山岡俊洋、片山範明、林 徹、赤楚哲也（川崎重工業株式会社）

### 1. はじめに

世界の航空機事故発生率は、この20年間殆ど改善されないため、航空機関連機関では航空機事故の防止対策とともに、事故時の客室安全性向上の研究を強化している。航空機輸送大国である我が国は航空安全に関して国際的に貢献することが求められている。

航空機の胴体構造に関しては、座席構造の強度基準強化(1988年)を除けば、クラッシュ時の搭乗者への衝撃緩和に関する構造設計基準は殆どない。米国のNASAやFAA(連邦航空局)は従来多くの実物機体の衝撃実験を実施し、客室の衝撃データを蓄積し、また衝撃解析手法も計算機の処理能力の発達に対応して進めている。また、最近ではEUの研究機関でも本格的に衝撃特性に関する研究が活発となっている。今回の試験はNALの航空安全・環境適合技術研究(ASET)の一環として川崎重工業(株)との共同研究の下にNALの構造材料研究センターにおいて実施したもので、その目的としては安全性評価の基礎データを取得することであり、実機による落下衝撃試験データは安全基準検討のデータベースとして資するものである。

また、解析ツール開発のための参照データとなる。

### 2. 供試体

今年の7月5日に試験を実施した供試体は図1に示すようにYS-11の前部胴体部分で胴体ステーション - 4950 から - 8080 で前回(2001年12月20日に試験実施)の後部胴体部分(胴体ステーション + 1800 から + 5160)と異り客室の床下に荷物室がある。供試体の断面写真を図2に示す。直径が2.88m、長さが約3.2m、全装備重量は1,600kgである。



図1 試験に用いた胴体部分



図2 YS-11の前部胴体

### 3. 落下試験方法

#### 3.1 試験条件

今回の試験では落下高さを3m(前回は1.9m)とし自由落下方式により落下速度7.6m/sec(25ft/sec)でコンクリート面へ落下させる。

#### 3.2 落下試験装置

落下試験装置の概略を図3に示す。本装置は10本の鉄柱からなり天井ではそれぞれビームの鋼材でボルト結合されており、試験スペースは左右3.4m、前後4.5m、塔の高さは12mある。天井には手動のウインチがあり、このウインチにより供試体を適切な高さに設定することができる。

床には左右 3m、前後 4m、厚さ 15cm のコンクリートを敷き詰めた。また、分離装置は独自に開発したものを用了。

### 3.3 座席配置および人体ダミー

座席配置は図 4 に示すように 2 人掛け座席を左右 2 脚の 3 列で計 6 脚を設置した。尚、一列目の左座席は小糸工業(株)製の 16G 対応座席を設置し、3 列の 2 脚については航空宇宙技術研究所が開発したパイプ状の衝撃吸収部材を後部の脚部分に組み込んだ座席である。その他は YS-11 の既存座席を設置した。

人体ダミーは計 12 体搭載した。加速度計等を計装した人体ダミー (Hybrid-) は 7 体とし、5 体は計装なしの人体ダミーをダミーウエイトとして用了。

### 3.4 センサ位置

主なセンサ取付け位置を図 4 に示す。加速度センサはステーション - 4950、- 6390 および - 8080 の各フレームの最頂部、荷物棚取付け部、床材との接合部、左右ストラット下部、最下部および床下の荷物室、床部分では各座席取付け部に対応するシートレール部、座席では脚上部である。ひずみゲージ貼付位置はフレームではステーション - 4950 と - 8080 の最頂部、床材との接合部および左右ストラット下部、ストラットではステーション - 4950、- 5430、- 7758 および - 8080 左右ストラットの中央部、床部分ではステーション - 8080 床ビーム中央部、座席では各脚の中央部および前後チューブ中央部である。人体ダミー 3 体にはそれぞれ鉛直方向の加速度計が頭部 z 方向、胸部 z 方向および腰部 x、z 方向に、また骨盤部 z 方向にはロードセルを装着した。また、4 体については腰部 x、z 方向加速度等を装着した。

### 3.5 計測システム

計測システムの概略を図 5 に示す。加速度、ひずみの計測は 2 つの独立した計測系とした。1

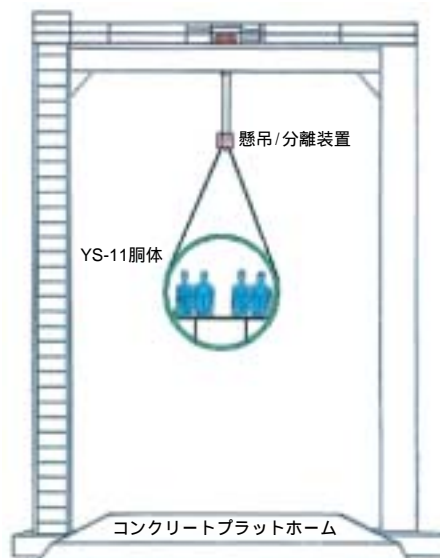


図 3 落下試験装置

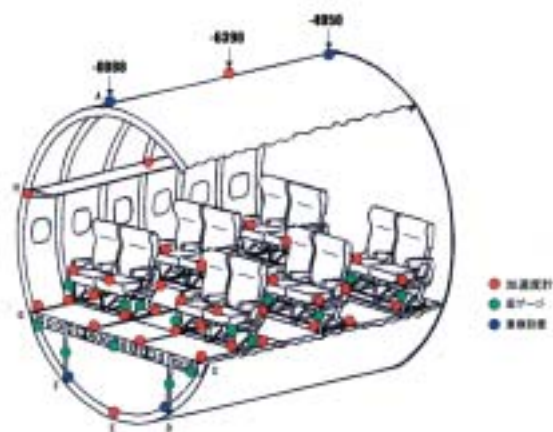


図 4 センサー位置と座席配置

つの系では加速度データはシグナルコンディショナを通して、ひずみデータは動歪計を通して記録される。また、加速度データのうち一部は並行してデータレコーダに取り込むこととした。もう 1 つの系では加速度、ひずみおよび荷重を(株)共和電業の衝撃試験計測システムに取り込む方式とした。全てのデータについて取込み速度は 10kHz で、計測データの数は加速度と荷重で 94 点、ひずみ 60 点の計 154 点である。データ取込み開始のためのトリガはコンクリートプラットフォーム上に並べたテープスイッチとマニュアルトリガを併用した。どちらかが作動すると、プリトリガにより 1 秒前からのデータを取込むよう設定した。画像データは高速度カメラ



ラ 5 台およびスタンダードビデオ 2 台を主に供試体および人体ダミーの挙動について撮影のため前方および後方に設置した。正面からの高速カメラの映像は試験終了後に動画解析ソフトにより供試体の変位量の解析および接地時の速度解析に用いられる。

#### 4. 結果および考察

図 6, 7 に今回と前回の落下試験後の写真を示す。前回の落下試験後の状態は全てのフレームが最下部と左右ストラット接続部のところで折れて最下部が上に突き上げられた状態であるが、今回はフレームの下面が荷物室床面のところではほぼ平らになっており、さらに荷物室側面が座屈している。図 8 に高速ビデオの画像解析から求めた床ビーム左右端部とコンクリート面との移動量の平均値を示す。結果から最大変位量は 250mm 弱であった。また、画像解析の結果、接地速度は 7.4m/sec であった。

図 9 から図 11 に今回の代表的なシートレール部と人体ダミー腰部の Z 方向加速度と人体ダミー腰椎部への Z 方向荷重について 60Hz のローパスフィルタ (-40dB/oct) 処理後の時刻歴応答線図を示す。シートレール部への最大加速度は 40G 前後、人体ダミー腰部の最大加速度は 20G 前後および人体ダミー腰椎部への最大荷重は 400kg 程度であった。また、従来の YS-11 座席、16G 対応座席および衝撃吸収部材を組み込んだ座席のいずれも人体ダミーに加わる加速度に顕著な差はなかった。今回のシートレール部での最大加速度は 40G 程度であり 16G 対応座席および我々の衝撃吸収座席いずれも衝撃吸収機構が作動するより低い衝撃であったといえる。

前回の落下高さ 1.9m に対して今回は 3m であるので衝撃エネルギーが前回の 1.5 倍であるがシートレール部への最大加速度および人体ダミー各部分への加速度、荷重に顕著な差はみられなかった。これは今回の全部胴体には床

下に荷物室があり、特にその側面板の座屈が衝撃エネルギーを吸収するのに役立ったものと考えられる。

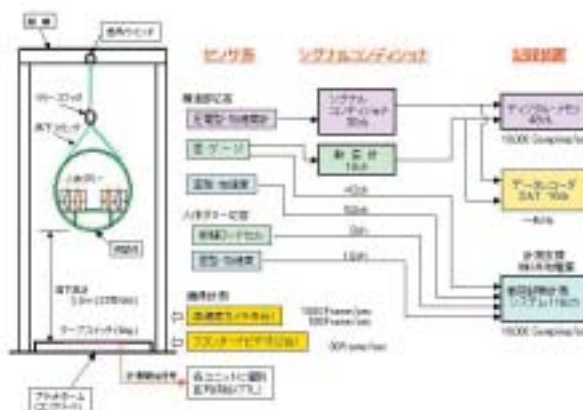


図 5 計測システム



図 6 落下試験後（今回）



図 7 落下試験後（前回）

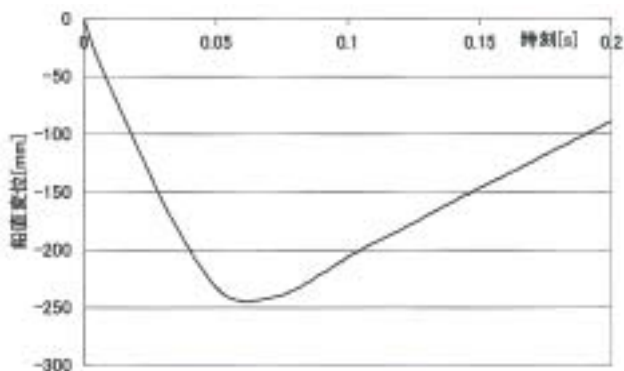


図 8 画像解析による変位置

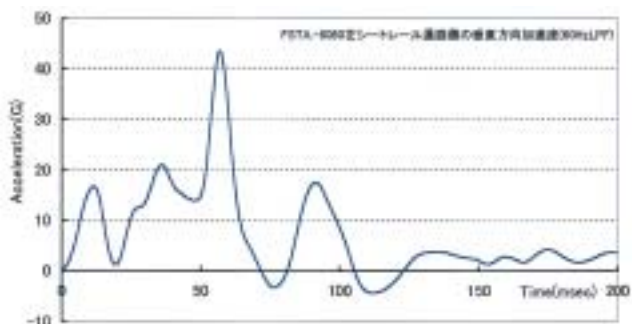


図 9 シートレールでの Z 方向加速度

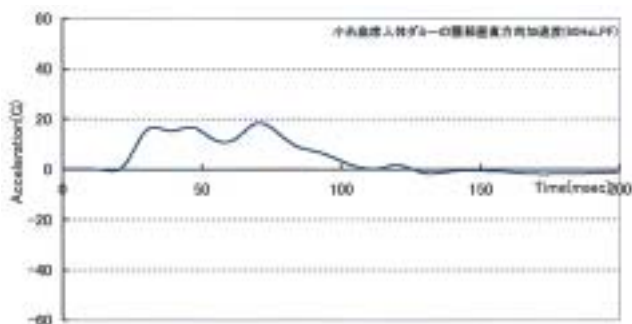


図 10 人体ダミー腰部での Z 方向加速度

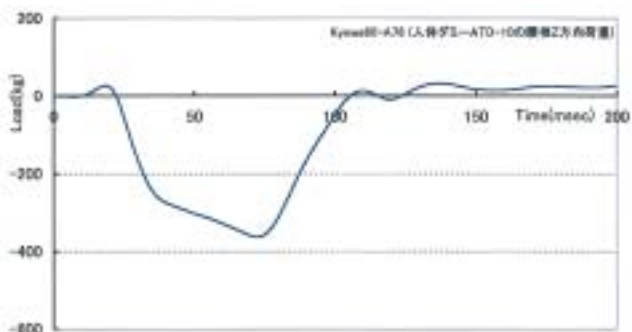


図 11 人体ダミー腰椎部への Z 方向荷重

5. おわりに

試験実施にあたり FAA Technical Centerからの研究協力、航空局技術部からの情報提供等の多大なる支援を得た。小糸工業(株)からは16G対応座席の提供、(財)日本自動車研究所からは人体ダミーの提供、三菱重工業(株)、天龍工業(株)、(株)共和電業、(株)日本ローパー、(株)ナックから様々な研究支援をして戴いた。特に、エアニッポン(株)からはYS-11胴体を提供して戴いた。また、当所構造材料センターおよび業務部の皆様に多大な協力を戴いた。ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) T.V. Logue, et al : “Vertical Drop Test of a Narrow-Body Fuselage Section with Overhead Stowage Bins and Auxiliary Fuel Tank on Board”, FAA Report( April 1995 ) DOT/FAA/CT-94/116
- 2) I.Kumakura, H. Terada : “Research Plan at NAL on Drop Test of Fuselage Structure of YS-11 Turbo-prop Transport Aircraft”, The 3<sup>rd</sup> International Aircraft Fire and Cabin Safety Research Conf. ( 2001. 10, FAA/JAA/JCAB ほか主催 )