

# 衝 撃 試 験 装 置

武 田 寿 一  
森 高 勇

## 1. 序

構造物の耐震設計には種々のアプローチがある。部材や構造物の静加力実験、デジタルまたはアナログコンピューターによる応答解析、模型振動実験、起振器による実在建物の振動実験、SMACの強震記録解析等々。

この衝撃試験装置もその一つで、実際の構造物と同じ構成材の模型について、特に塑性から破壊にかけてダイナミックな力を実験できるように計画したものである。

さらにこの装置では衝撃一波の継続時間をかえることができるので、地震時の主要動一波を衝撃波で表わして構造物の破壊応答をみるのも一法と考えられる。

従来の振動台では構造物の破壊性状まではなかなかつかめず、塑性から破壊に到る経過はどうしても静的加力の場合によらざるを得なかった。その点この装置の有する破壊エネルギーは大きいので、かなりの規模の模型実験が可能と思われる。一方プレファブ構造などの地震時を対象とした静加力試験では加力方法が結果に影響を与えるが、この装置の場合には地震時外力にそのまま対応するので、この種の建築物の試験には最適かと考えている。

このほか、内外装材の取り付けの問題、土の動的試験、地盤から建物への入力の問題、特殊構造物の耐震試験とかなり広い範囲にわたり応用できよう。

なお本装置は衝撃試験以外に構造物の静加力実験にもその衝撃台を利用することができるよう設計されている。

## 2. 衝撃試験装置の構成

装置は図-2に示すように、フレームから吊り下げられた試験台(70t)と振り子(15~30t 可変)とである。ウィンチにより振り子のある高さまであげ、そこから自由落下させる。振り子は試験台に衝突するのであるが、試験台の衝突面にはバンパー(ピストンとゴムパネからなる)がついていて、バンパーのバネの強さと、振り子の重量、振り子の落下高を変えることにより、ある程度衝撃波をコントロールすることができるようになっている。

図-2に試験装置全体の立面およびフレーム梁伏をまた図-3、図-4に試験台、振り子の詳細をそれぞれ示す。以下に構成要素の概略を記す。

フレーム：鋼製

振り子：15tの鋳鉄製重錘にさらに15tまでの重量を付加できる。

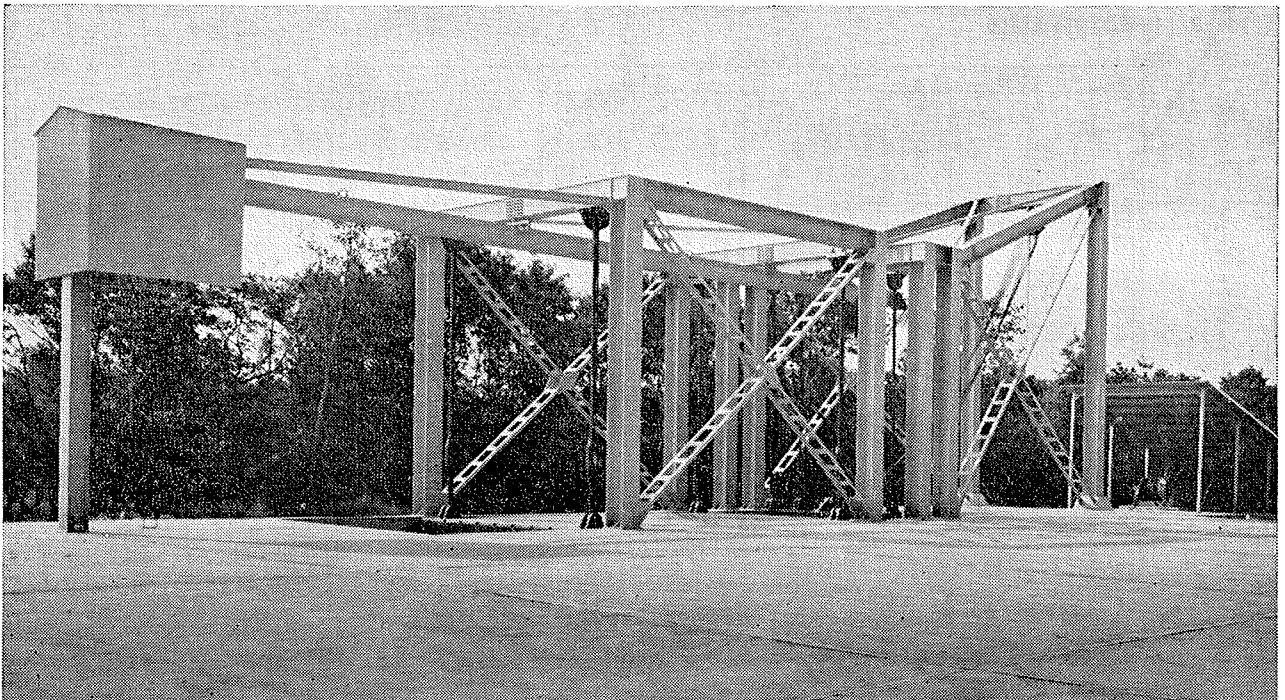


図-1 試験装置全景

試験台：鉄骨フレームにコンクリート打ち。試験体アンカー用に台表面，縦横に溝をきると共に，大容量のアンカーに備えてボルト貫通用孔が設けてある。

バンパー：鋼と合成ゴムをサンドイッチした一

ニットの緩衝器が縦に7個，横に5個までそれぞれ入る。随時この個数を変えてバネ常数，バネストロークを調整する。

振り吊上げ装置：50HPウィンチ，6車ブロック

振り：15～30TON

試験台：70TON

振り最大振上げ高：3.5m

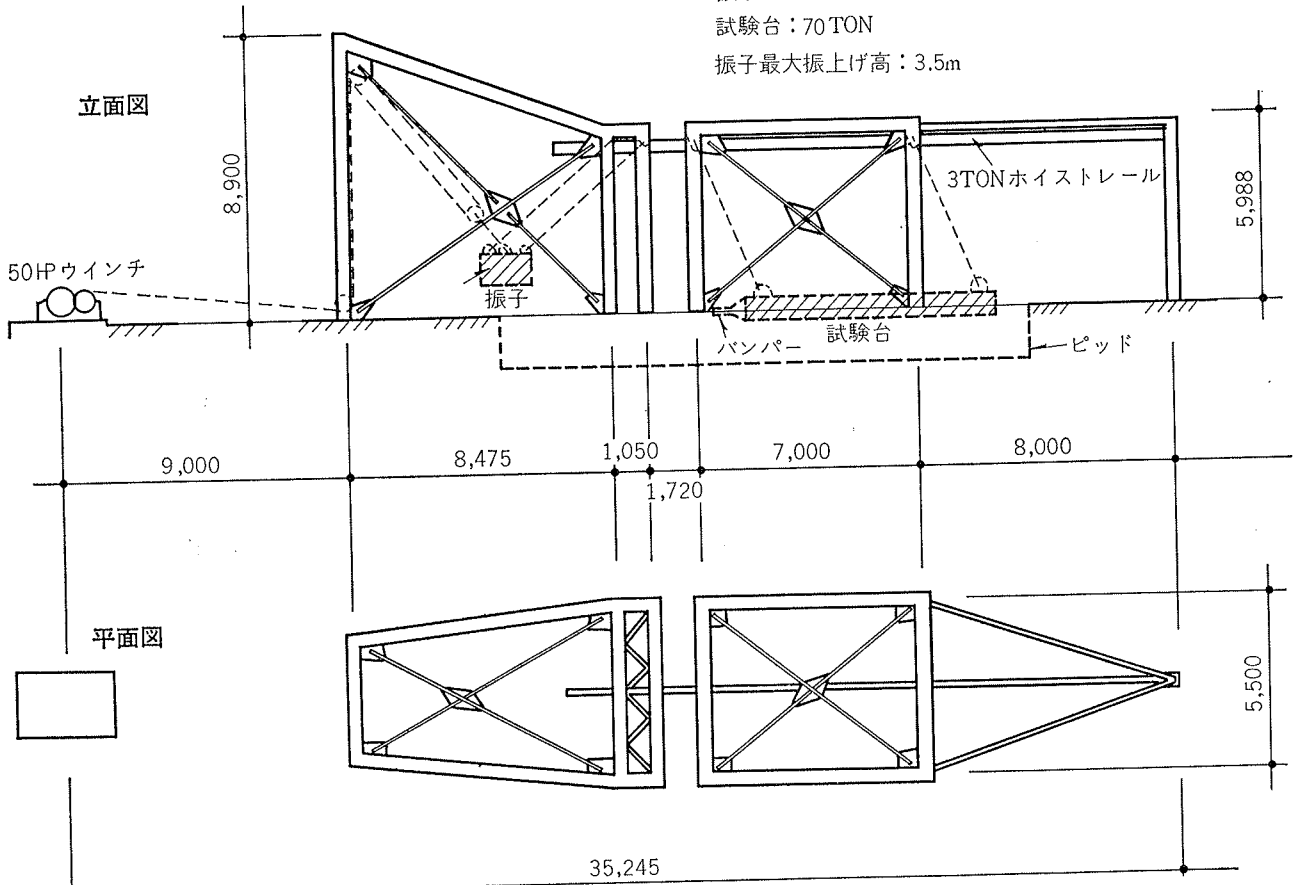


図-2 衝撃試験機概略図

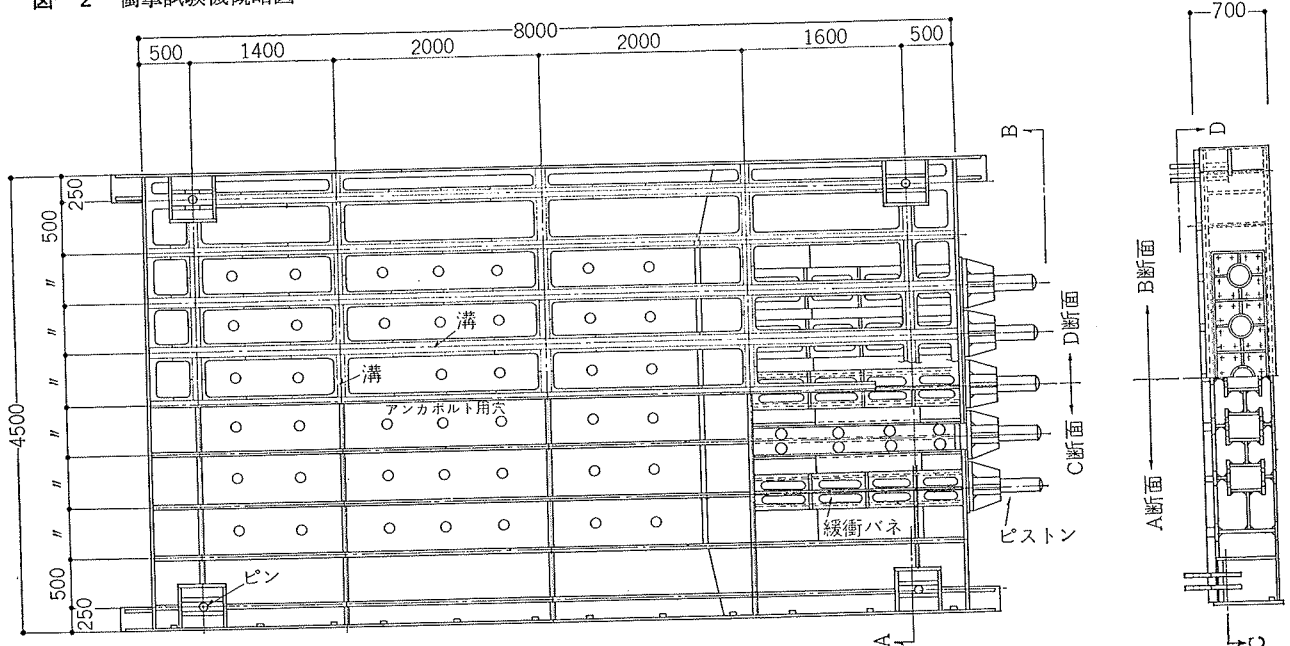


図-3 衝撃台平面図 単位mm

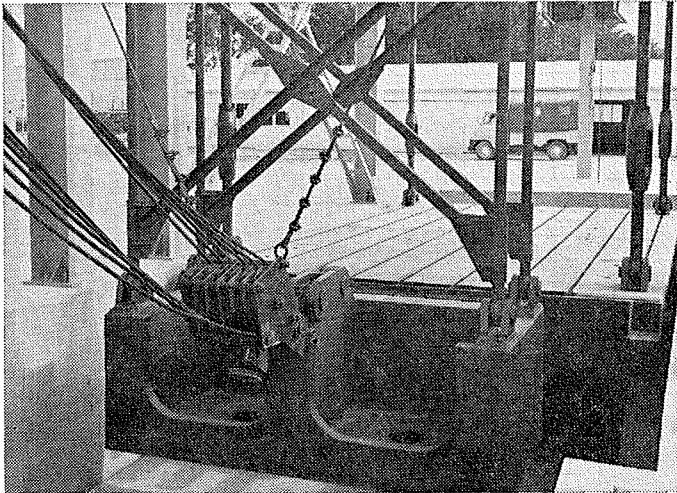


図-4 重錘，六車ブロック詳細

振子解放装置：ガスバーナで鉄板を切断（遠隔操作）

その他 ホイスト 3t etc.

なおこの装置は将来試験台にストッパーをつけて衝撃一波でなく、二波すなわち一サイクルできるように考えている。

### 3. 衝撃試験装置の機能

衝撃台の加速度波形は理想通りにいけば sin 一波で最大加速度は、衝撃継続時間が0.2秒程度では約 2g は出る。継続時間を長くすれば加速度はおちる。この最大加速度は、バンパーのバネが比較的弾性範囲と思われる所できめているので、振子の最大落下高 3.5m 程度で、実験を行なえば、より大きな加速度を得ることができよう。ただし、バネは相当非弾性領域に入ることになる。

図-5 および図-6 に台の振動方向加速度を種々のピックアップを用いて測定した一例を示す。これはバンパーの緩衝器が Full に入っている場合で、振子の重錘重量は 15 t、落下高を変えて実験を行なったものである。最大加速度は、ほぼ落下高の平方根に比例し波形はやや乱れているが sin 一波と見做せないこともない。

この実験の場合は後に述べる計算値とよくあっている。落下高が高くなるにつれて、加速度が計算値以上にやや大きくなるのは、バネのハードスプリングによる結果と考えている。

台自体および振子の固有周期は約 5 秒で、約 2.5 秒後に 2 回目の衝突がおきる。

図-5 によれば衝撃台の測定位置による加速度およびその波形の差はほとんどなく、衝突はほぼ予想通りにいつている。この波形は落下高を変えてもさほど変化はない。きれいな sin 波にならないのはゴム、ピストンの効果が大きいいためかと思われる。

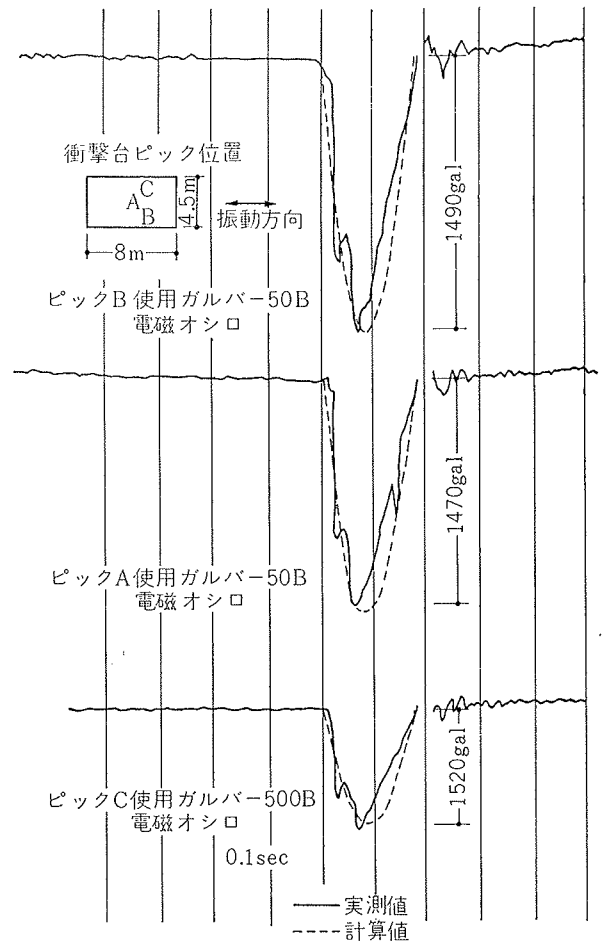


図-5 重錘落下高100cm の時の衝撃台加速度波形

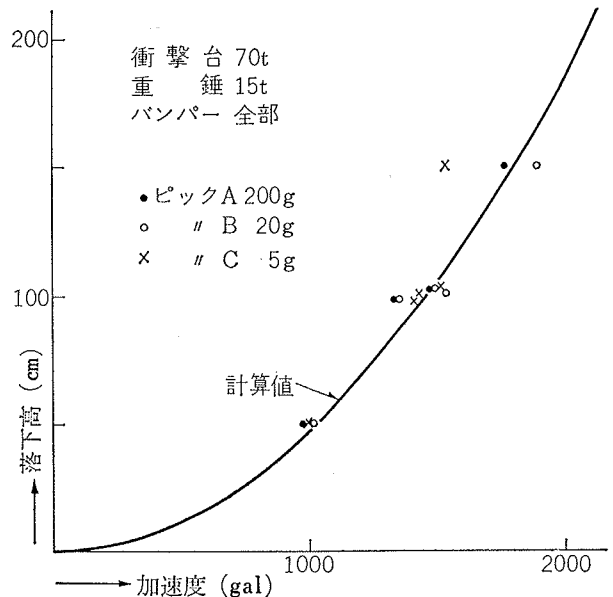


図-6 振子落下高と衝撃台加速度

### 4. 衝撃台の応答計算

振子の質量  $m_1$ 、台の質量  $m_2$ 、バンパーのバネ定数  $K$  その縮み  $x_1$ 、台の移動  $x_2$  とし、フレームからの拘束を無視して図-7 のように質

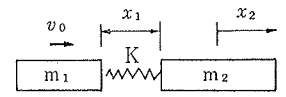


図-7

点系に置換する。静止状態の  $m_2$  に初速  $V_0$  で  $m_1$  がバンパーを介して衝突すると

$$-m_1(\ddot{x}_1 + \ddot{x}_2) - kx_1 = 0 \dots\dots\dots (1)$$

$$-m_2\ddot{x}_2 + kx_1 = 0 \dots\dots\dots (2)$$

(1), (2)式を初期条件  $t=0$  で  $x_1=x_2=0$ ,  $\dot{x}_1=V_0$ ,  $\dot{x}_2=0$  から解くと

$$x_1 = \frac{V_0}{\omega} \sin \omega t \dots\dots\dots (3)$$

$$x_2 = \frac{1}{1+a} V_0 \left( t - \frac{1}{\omega} \sin \omega t \right) \dots\dots\dots (4)$$

ここに  $\omega^2 = K \left( \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)$   $a = \frac{m_2}{m_1}$

衝撃時間内 ( $0 \leq t \leq \pi/\omega$ ) では

$$\dot{x}_2 = \frac{1}{1+a} V_0 (1 - \cos \omega t) \dots\dots\dots (5)$$

$$\ddot{x}_2 = \frac{1}{1+a} V_0 \omega \sin \omega t \dots\dots\dots (6)$$

以上から衝撃継続時間内の台の加速度などが得られる。

図-8は衝撃台の応答をこの計算により求めたものである。自由振動部分はバンパーのバネが元に戻ったときから始まると考えて計算したものである。

図-5, 図-6の計算値とあるのは上記の計算結果による。なお、フレームからの拘束がある場合の計算も行なったが、上記計算結果とそれ程変わらないので、衝撃台を使用する場合はこの計算結果と照合して実験を行なう積りである。

おわりに、衝撃台にのせる試験体重量は約 20t を現在予定している。この試験体の剛性、重量などによって、試験台の加速度等は当然変わってくると思う。また、まだ予備テストの段階なのでこの衝撃台の性能は今後の試験にまたねばならない。

謝辞 本試験装置作成にあたり、東大梅村教授、トレーニングセンター中川博士、地震研究所大沢教授に種々御指導をいただき、ここに厚く謝意を表す。

参考文献

Vibration Research at Stanford University by Lydik S. Jacobsen Bulletin of the Seismological Society of America Vol.19, No. 1, March 1929

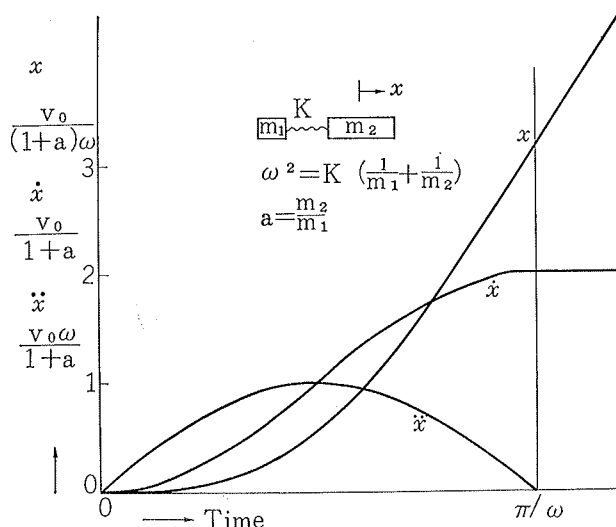


図-8 衝撃台の応答計算値