

建物要素の耐震性能観測装置：スチール・スウィング

Steel Swing: Observatory on Seismic Performance of Building Elements

大井 謙一*・嶋 脇 與 助*・大 塚 日出夫*

Kenichi OHI, Yosuke SHIMAWAKI and Hideo OTSUKA

1. 装置の概要と目的

本観測装置（スチール・スウィング）は千葉実験所・張力型空間構造モデルドーム（ホワイト・ライノ）内に、図1に示すように配置されている。

最近ではコンピュータが進歩し建物の壊れ方のプロセスが計算できるようになり、建物を設計するときの参考にすることができるようになった。

しかし建物要素（柱・梁）に新しい材料を使用した場合や、要素のつなぎ目（接合部）に新しいディテールや工法

を取り入れた場合、過去の経験（データ）がないため実際の揺れ方や壊れ方が把握できないことがある。

スチール・スウィングは図2（a）にあるように錘と鉄骨フレームの間に柱や梁などの模型を挟むように設置し、錘の振動の力により力を加え崩壊過程を測定・観察することができる装置である。

実際の建物では床や屋根が錘の働きをし、その下の柱や梁に力を与える。スチール・スウィング（鋼のブランコ）

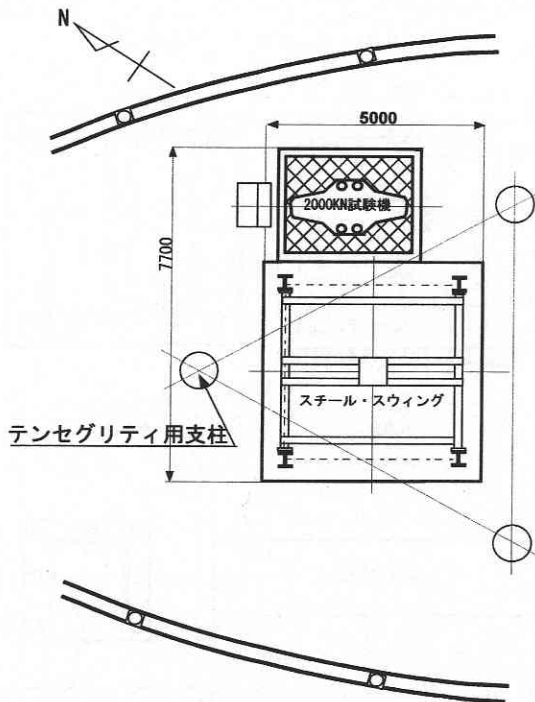
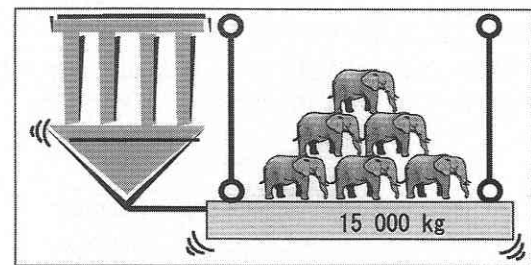
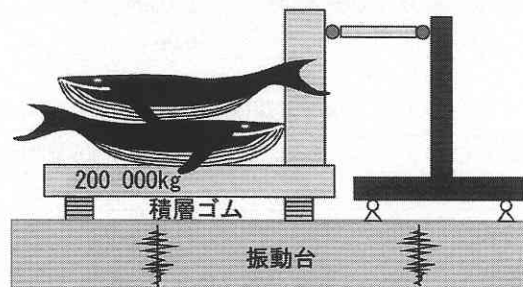


図1 耐震性能観測装置の配置図



自然地震
(a) 耐震性能観測実験装置 (スチール・スウィング)



(b) 秋山らの用いた実験装置 (防災科技研)

図2 装置の基本理念

*東京大学生産技術研究所 情報・システム部門

研究速報

は、剛性の高い周辺構造に建物要素を倒立させて設置し、錘と接続することによって地震力を与える。

錘は現在、象6頭分(15トン)の質量があり、この質量に生じる慣性力が試験体に力を加えることになる。

スチール・スウィングにより得られた応答データと照合することによって、コンピュータの計算(地震応答解析)が妥当なものであるかどうか検討できる。類似の発想の実験装置として図2(b)に示すように防災科技研の振動台上に200トン(シロナガスクジラ2頭分)の質量を積層ゴムで支え、振動台を加振することにより、鉄骨部材模型に載荷した例があるが、莫大な実験費用を伴う。

2. 装置の仕様

スチール・スウィングの性能は表1のとおりで、吊長さ2.63mに錘15トンを吊っている。錘を吊った状態の周期は3.25秒で、最初に試験予定の半剛接支持された柱模型試験体(図4)を取付けた場合は、0.75秒の周期になる。

周辺フレームの剛性は310kN/cmであり、弱軸方向の水平耐力は100kN、周期は0.06秒になっている。錘は最大30トンまで可変であり、試験体に応じて加える力を調整できる。吊り部分はユニバーサルジョイントを内蔵するピン接合で支えているため水平2方向の応答観測が可能であり実際の柱に加わる力が再現できる。

この装置には表3の性能を持つ、最大加振10kNの起振機が設置してあり、共振実験等を行うことができる。

表1 スチール・スウィング性能表

錘質量	現在 15000 kg 最大 30000 kg
吊長さ	最大 2630 mm
試験体未接続時周期	3.25 s
試験体接続時周期	0.75 s

表2 周辺フレーム性能表

剛性	310 kN/cm
水平耐力(弱軸方向)	100 kN
周期	0.06 s

表3 附属起振機性能表

加振方式	同一面回転・並列2不平衡重錘周期反転
加振方向	水平・垂直方向
加振力波形	正弦波
最大加振力	10 kN
加振モーメント	50 kg・cm
振動数範囲	2.5 ~ 50 Hz

表4 附属万能試験機性能表

最大能力	2000 kN
負荷速度	最大 40 mm/min
ラムストローク	300 mm
荷重精度	指示値の±1%以内
試験	引張試験・圧縮試験・曲げ試験

表5 附属データ収録装置性能表

収録チャンネル数	48チャンネル
サンプリング形式	同時サンプリング
サンプリング時間	0.1 ~ 200 kHzの22段階
分解能	16 Bit
変換速度	5 μs/チャンネル
変換精度	±0.025% F.S.

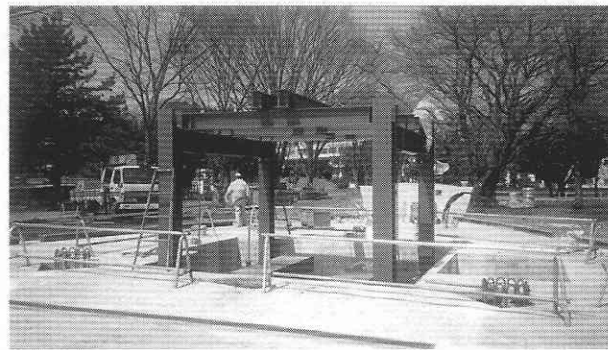


写真1 スチール・スウィングの建設風景

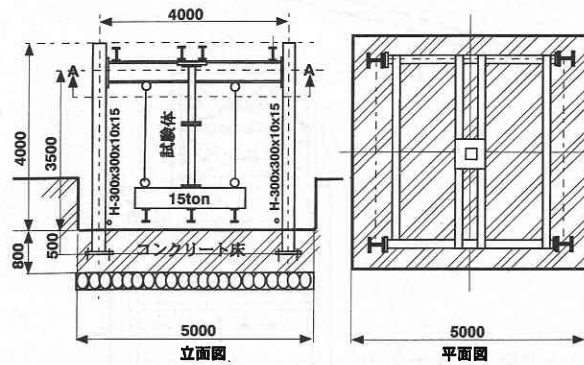


図3 スチール・スウィング

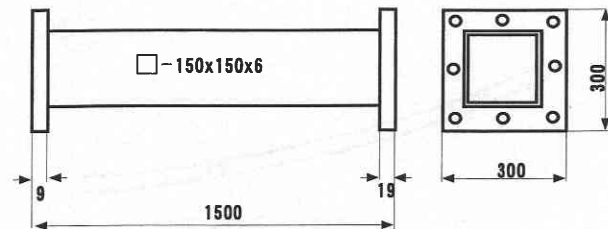


図4 実地震応答観測用柱試験体

スチール・スウィングの隣に 2000 kN の万能試験機があり、治具を介して、各種の準静的載荷実験が可能である。

データ収録装置は 48 チャンネル収録可能であり、各種測定データを収録できる。また自然地震に対する自動観測機能も備えている。

3. 千葉実験所における他の耐震実験・観測装置との比較

千葉実験所には種々の耐震実験・観測装置があり、下記の装置の写真 2～4 や表 6 に特徴を記しているが、それぞれ長所・短所がある。

スチール・スウィングは建物要素であれば実大模型に適用が可能であり、共振実験も簡易に行え、試験体の交換も容易である。

4. 今後の利用計画

スチール・スウィングは建物要素の実大試験体に適用が

可能であり、共振実験も簡易に行え、試験体の交換も簡単であるため、種々の建物要素の耐震性能を実証的に調べることができる。

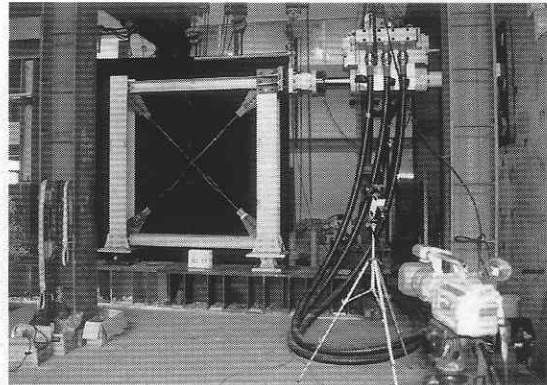


写真3 高性能アクチュエータ実験例 (筋かい耐震要素 縮尺1/2程度)

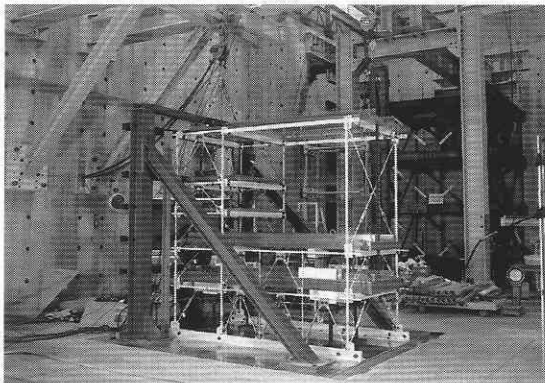


写真2 2次元振動台の実験例 (火力発電所建家の部分模型 縮尺1/15)

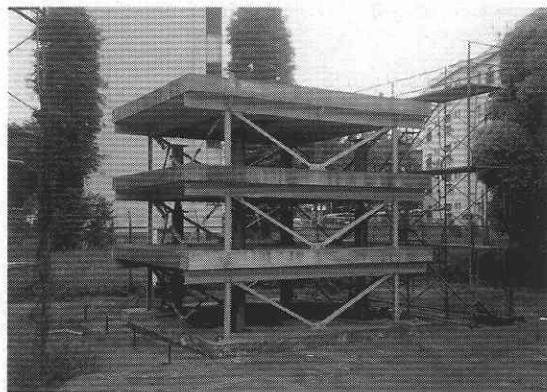


写真4 鉄骨弱小モデル (筋かい構造 縮尺1/3)

表6 千葉実験所耐震施設相互比較表

施設名	2次元振動台	弱小モデル	高性能アクチュエータ	スチール・スウィング
所在	地震応答実験棟	実験所観測エリア	動的破壊実験棟	ホワイト・ライノ内
載荷方式	電気油圧式振動台による任意波形振動載荷	応答観測・起振機による強制加振	電気油圧式ジャッキによる動的載荷	応答観測・起振機による強制加振
試験体の縮尺例	部分架構模型で 1/15	全体模型で 1/2～1/3	要素模型で 1/1～1/2	要素模型で 1/1～1/2
積載能力	載荷質量 7000 kg 載荷速度 ±0.75 m/s 載荷加速度 ±18 m/s ²	フロアの質量 13000 kg × 3階 震度階 IV の時 最下階 80 kN	載荷能力 300 kN 載荷速度 1 m/s 最大振幅 ±0.3 m	地震応答 0.2 m/s ² の時 錘の質量 15000 kg 震度階 IV で 30 kN
その他	複雑な加振はできるが模型がミニチュアになってしまう。	モニタリングは有用であるが、試験体は基本的に1種類。また野外実験のため実験準備が大変。	小振幅の高周波数応答は苦手。	強制振動実験：共振させれば余りエネルギーが要らない。試験体の交換が容易。

研究速報

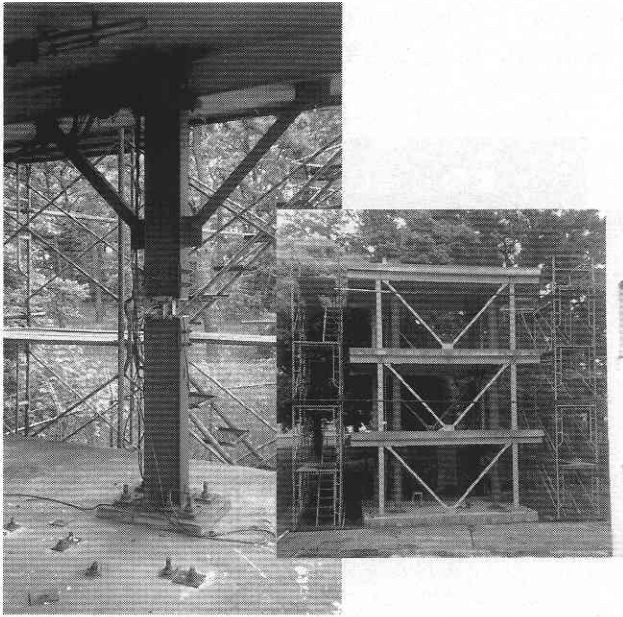


写真5 弱小モデルに取付けられた履歴ダンパー

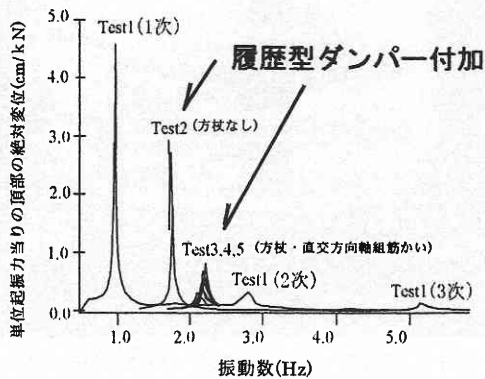


図5 鉄骨造弱小モデルの共振実験

たとえば、

- (1) 建物本体の損傷を軽減する目的で、履歴型ダンパー、粘性ダンパーなどのエネルギー吸収デバイスを建物に取り付けることがある(制震補強)。写真5には弱小モデルに取り付けられた極低降伏点鋼製の履歴ダンパーを示しているが、図5の共振実験結果からも分かるように、かなりの振動減衰効果が期待できる。野外の弱小モデルにこの種のダンパーを取付けて検討を行うことは極めて有意義であるが、本報のスチール・スイングを用いれば、より簡便に性能確認試験を行うことができる。弱小モデルと合わせて、この種の耐震・制震デバイスの「道場」として活用したい。
- (2) 柱と梁の接合部に著者らの研究室で提唱する半剛接・部分強度ディテールを用いれば、高力ボルトなどのメカニカルファスナーと金物が柱や梁に先行してエネルギーを吸

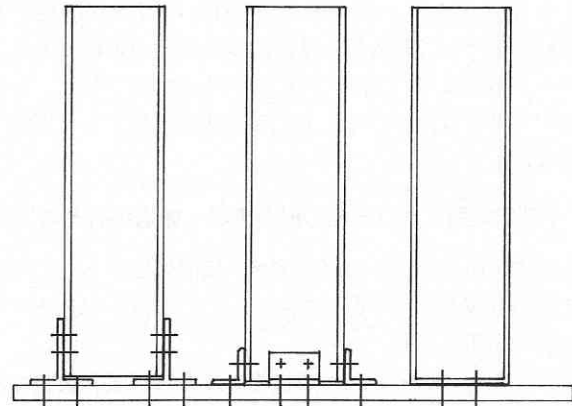


図6 半剛接部分強度ディテール

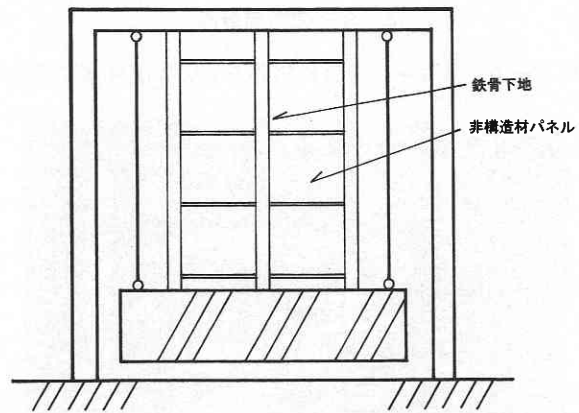


図7 非構造パネルの脱落実験

収する。また溶接部近傍の破断の心配もなく、損傷を受けたあとも容易に交換・補修が可能であり、サステイナブルな構造システムを実現できる。これらの地震応答挙動についてのデータ収集に役立てることができる。

- (3) 最近の地震被害(芸予地震など)では、建物の構造要素の損傷以外に、構造要素に取り付く仕上げ材、非構造材(石膏ボード、ラスモル)の脱落、剥離による人身事故が報道されている。これら非構造要素の耐震性能の解明、たとえば構造要素の変位に追従できないで落ちるのか、非構造要素自体の慣性力が問題なのか、また取付部のディテールが問題なのか、などの現象解明にも役立てることができる。

謝 辞

本観測装置の製作にあたっては平成12年度科学研究費補助金基盤研究B(2)「半剛接・部分強度接合された鉄骨架構の地震応答観測とオンライン地震応答実験」(No.12450220, 大井謙一)の助成を受けた。

(2001年5月29日受理)