

正弦波外乱を受ける小型鉄骨骨組模型の動的破壊実験

正会員 若林 貴* 同 ○ 中村 武**
同 吉田 望*** 同 井上 明***

はじめに 構造物が地震力のような動的繰返し力を受ける際の応答挙動を、特に大塑性変形成まで含めて追跡することは重要である。本報告は、その第一段階で小型鉄骨骨組模型に京大防災研究所人為地震発生装置によって脚部に正弦波外乱を与えて、その崩壊に至るまでの挙動を調べたものである。

実験方法 小型長方形断面をもつ柱脚4本と剛な床脚板および屋根板をもつ一層鉄骨骨組模型に対して、人為地震発生装置を用いて次の計画により実験を行なった。(1)骨組の復元力特性をあらかじめ知るため骨組柱頭部に静的繰返し水平力を加える実験。(2)骨組の基本的弾性振動性状を調べる実験。(3)骨組模型の柱脚部に正弦波動的な外乱を加速度振幅、振動数を順次変えて与え、破壊に至る挙動を調べる実験である。実験に用いた試験体の形状・寸法は図-1に示す通りで、柱断面は4mm×10mmの長方形、階高150mmの一層一スパン(スパン:300mm×300mm)である。加力・加振の方向は水平一方向で柱断面弱軸に関して降伏・崩壊する方向である。

実験結果 本実験で用いられた鉄骨骨組試験体の、計算上予測された自由振動の一次固有周期は $T_0=0.190\text{sec}$ (一次固有振動数 5.27cycle/sec) である。動的加力実験に先立って静的復元力特性を調べるため繰返し水平力加力実験を行なった。得られた水平荷重一層間変位の関係を図-2に示す。 $t_{\frac{1}{2}}=130$, $P_{\frac{1}{2}}=0.0724$, $P_{\frac{2}{2}}=0.0296$ の試験体(全試験体共通)に対して予想された全塑性水平耐力 64kg (実測 $W_y=2.98\text{kg}$ により計算、静的震度に変換して 0.45 に相当) に対して実験では 66kg とほぼ一致した値が得られた。柱に加える鉛直力(屋根板重量 142kg , 柱軸力 $P_{\frac{1}{2}}=0.0724$, $P_{\frac{2}{2}}=0.0296$) による $P-\Delta$ 効果による荷重-変形曲線の負勾配は一回目の降伏時には観察されたが以後の繰返し加力では観察されなかった。これは柱の歪硬化の影響であろう。架構全体としての復元力特性は、降伏後のオス勾配が弾性変形時の約 $1/5$ となる Positive bi-linear 型の角部丸味を帯びた安定した紡錘形である。

試験体の柱頭部に強制水平変位と細径鋼線によって与え、それを切断することによって行なった弾性自由振動実験では模型骨組の一次固有周期 $2.02\sim 2.04\text{sec}$ (一次固有振動数 $4.91\sim 4.94\text{cycle/sec}$) が得られ、計算により得られた値とほぼ一致した。さらにこの骨組を人為地震発生装置上に設置し、最大加速度 25gal の正弦波振動を地脚板に与え、外乱の種々の振動数に対して模型骨組の弾性振動の最大応答曲線(加速度応答)を得た(図-3)。これより得た骨組の一次固有周期は自由振動実験結果と完全に一致した。また得られた減衰定数は $\delta=0.014$ であった。

以上のようにして基本性状が調べられた試験体に対して、人為地震発生装置により加速度制御した正弦波動的な外乱を地脚板より入力し、骨組の弾性応答挙動、崩壊に至る過程を追跡した。動的崩壊実験結果を表-1に示す。また崩壊時より前約6秒間の加速度記録の例を図-4に示す。結果より観察できることは、一般にいわれていることであるが、外乱の振動数が模型の弾性一次固有振動数と等しい場合の崩壊時の地動最大加速度よりも外乱の振動数がその $1/2$ の時の崩壊時地動最大加速度の $1/2$ 倍はなり小さく(約 $1/1.32 \div 3/4$) になっていることである。

これは骨組の塑性化に伴って骨組の等価固有周期が長くなった結果と考えられる。すなわち地動を骨組の弾性固有周期に合わせて入力した場合に、骨組の塑性化に伴って固有周期が $\frac{1}{2}$ 倍共振域をはずれることとなり、地動の周期が骨組の弾性固有周期の2倍の場合には骨組の塑性化に伴って固有周期が $\frac{1}{2}$ 倍共振域に近づくことになったに因るであろう。外乱の振動数が模型の固有振動数の 1.4 倍の場合には外乱最大加速度が 692gal まで大きくはなっても崩壊していない。図-5に示すのは、横軸に外乱加速度振幅をとり、縦軸に応答が定常化した後の屋根板の加振方向の加速度応答振幅をとったものである。なお同図中右端は崩壊に到った外乱加速度を与えたときの崩壊に至るまでの応答加速度の推移を横軸に時間として示したものである。崩壊に至るまでの変形性状としては、崩壊時外乱最大加速度を与えるまでは、骨組はほとんど大きな変位応答を示さなかつた。崩壊時外乱最大加速度を与えると、塑性変形が急速に片側水平方向にのみ進行し始め、崩壊に至る。骨組が大変形を開始して倒壊に至るまでに要する時間は極めて短かく、5~6秒程度であった。

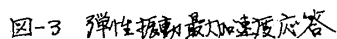
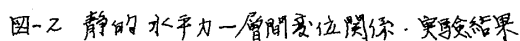
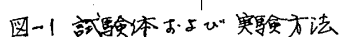
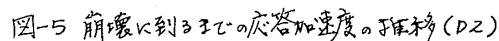
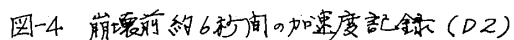


表-1 動的破壊實驗結果一覽

試験体名	地動振動数	試験体一次固有振動数に比べ	崩壊時外力の最大加速度	崩壊時の応答最大加速度
D1	1.59 Hz	0.424	0.374 g	0.408 g で崩壊
D2	2.40	0.488	0.246	0.422 g で崩壊
D3	4.74	0.964	0.422	0.496 g で崩壊
D1'	6.87	1.497	0.692	0.467 g で崩壊せず



本研究は、昭和49年度文部省科学研究費補助金・自然災害特別研究(1)「鋭い地震波を受ける構造物の弾塑性応
応性状に関する実験的研究」研究代表者 若林 實 によって行われたものである。

* 京都大学教授・工傳

同助手

*** 同大学院生