

4.2 鉄骨造建物の地震応答観測

Response and Failure Observation of Weak Steel Structure Models

高 梨 晃 一*・大 井 謙 一*

Koichi TAKANASHI and Kenichi OHI

1. 研究の目的

鉄骨造骨組および部材の耐震性能を含めた力学的性質については、古くから理論解析・実験解析が行われている。しかしながら、鉄骨造建物として実際の地盤上に構築されているものの性質となると、十分に判明しているとは言えない。特に以下のような諸点についての調査が必要である。

(1) 地震入力方向性と、並進・回転・ねじれを伴う鉄骨骨組の立体的な応答特性との関連、特に筋かいを含む立体骨組の弾塑性応答性状。

(2) 地盤と鉄骨造建物との相互作用。

以上のような諸問題の解明は、骨組の部分模型や実験室内の骨組模型に対する実験だけでは非常に困難である。そこで、実物に近いスケールの鉄骨造骨組模型を実際の地盤上に設置して、自然地震に対する応答を観測するという手法が考えられた。いわば「自然の振動台」を利用して、鉄骨造骨組の地震応答に関する直接的・実証的なデータを得ようとするものである。

2. 鉄骨造弱小構造物模型

本所千葉実験所に設置された鉄骨造弱小構造物模型の概要を紹介する。「弱小」という言葉の意味は、比較的頻繁に発生する、気象庁震度階IV(中震)程度の地震動に対して、模型の一部が塑性化あるいは破壊する程度の強度性能である。設置された構造物模型が近い将来どのような規模の地震に遭遇するかは全くの偶然的な事象である。そこで、耐震要素の脱着・交換や積載荷重の変更という手段で模型の強度性能にある程度の自由度を残すとともに、模型の強度レベルを大きく2段階に分けて設計が行われた。今回設置された鉄骨造模型は全部で3体であり、次のような強度レベルが想定されている。

鉄 骨 I : 最大加速度 80 cm/sec^2 程度の地震動に対して十分弾性範囲に留まる。

鉄 骨 II : 上記規模の地震動に対して耐震要素の一部(筋かい)に引張降伏や座屈崩壊が生じる。

鉄 骨 III : 鉄骨IIと同一。

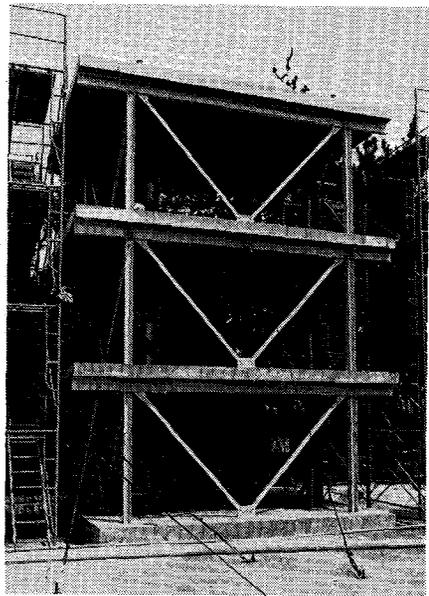


写真1 鉄骨I弱小構造物模型

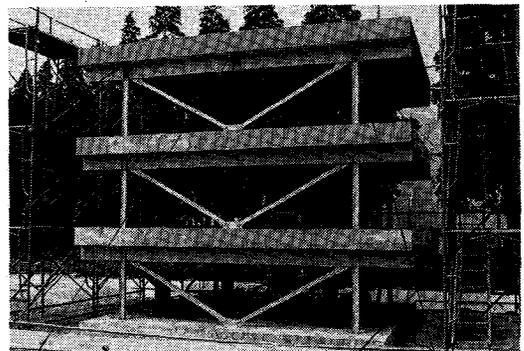


写真2 鉄骨II弱小構造物模型

なお、鉄骨Iと鉄骨II模型は実際の地盤上に設置されて自然地震に対する応答観測に供せられるが、鉄骨IIIは本所千葉実験所地震応答実験棟の試験床上に設置されて電算機一試験機オンラインシステムによる擬似動的な地震応答シミュレーション実験に供せられ、鉄骨II模型の観測結果と比較される予定である。

図1および図2に鉄骨Iと鉄骨II模型の形状・寸法、

* 東京大学生産技術研究所 第5部

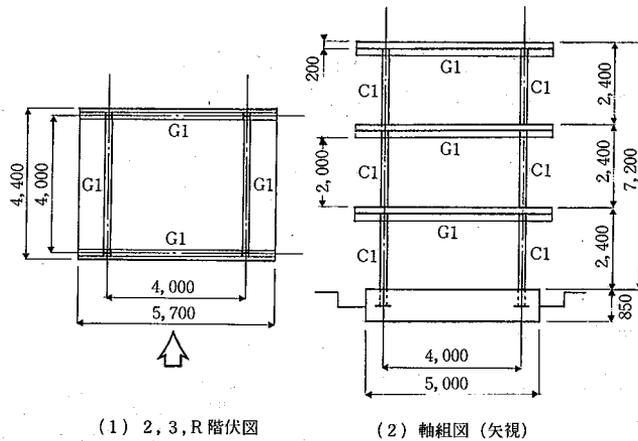


図1 鉄骨I模型の形状・寸法

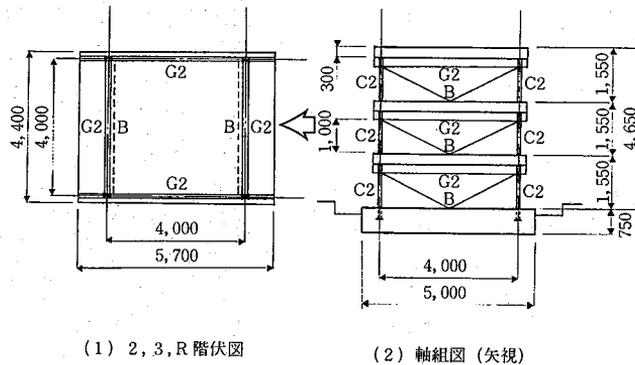


図2 鉄骨II模型の形状・寸法

表1 鉄骨I弱小構造物模型の諸元

階数	3	
各階床面積	25.1m ²	
各階重量	各階重量	13.2t
	内訳	RCスラブ厚200mm 480kg/m ² 鉄骨 27kg/m ² 積載荷重 20kg/m ²
鉄骨材料	SS41	
使用部材 ⁽¹⁾	C1	H-125×125×6.5×9
	G1	H-200×100×5.5×8
	補強筋かい ⁽²⁾	L-65×65×6

(1) 使用部材の符号は伏図・軸組図を参照。

(2) メンテナンス作業・暴風時に装着。

表2 鉄骨II弱小構造物模型の諸元

階数	3	
各階床面積	25.1m ²	
各階重量	各階重量	19t
	内訳	RCスラブ厚300mm 720kg/m ² 鉄骨 17kg/m ² 積載荷重 20kg/m ²
鉄骨材料	SS41	
使用部材 ⁽¹⁾	C2	H-100×50×5×7
	G2	H-250×75×6×6
	B	PL-6×10
	補強筋かい ⁽²⁾	L-65×65×6

(1) 使用部材の符号は伏図・軸組図を参照。

(2) メンテナンス作業・暴風時に装着。

表1および表2に各模型の諸元がまとめてある。鉄骨I、IIの両模型とも3階建の1スパン骨組2構面(4本柱)から成る。鋼材はJIS SS41級が使用され、鉄骨Iの柱とはり、鉄骨IIの柱には圧延H形鋼、鉄骨IIのはりには溶接組立H形鋼が用いられている。鉄骨I、鉄骨IIともにはりの強度・剛性が柱のそれに比較して大きい、いわ

ゆる柱崩壊型の骨組になっている。鉄骨Iは直交する2方向とも純ラーメン構造であるのに対し、鉄骨IIはH型鋼柱の弱軸方向の構面に、K形引張筋かいとラーメンの混合構造が採用されている。床スラブは現場打ちの鉄筋コンクリートスラブが用いられ、鉄骨ばりと床スラブはスタッドコネクタにより緊結されている。基礎構造に関

しては、杭を設けない直接基礎で、鉄筋コンクリートの連続基礎形式が採用された。H 形鋼柱の柱脚部は埋込み形式の柱脚とし、埋込み深さは柱せいりの 3 倍とした。

表 3 鉄骨造弱小模型の力学的性質

項目	模型	鉄骨 I	鉄骨 II
平面骨組としての 弾性 1 次固有周期	柱強軸方向	0.55sec	0.65sec
	柱弱軸方向	0.95sec	0.45sec
最下層の降伏耐力 全重量	柱強軸方向	0.43	0.12
	柱弱軸方向	0.2	0.07

3. 模型の力学的特性と予備応答解析

表 3 に鉄骨 I, 鉄骨 II 模型の弾性 1 次固有周期とペー

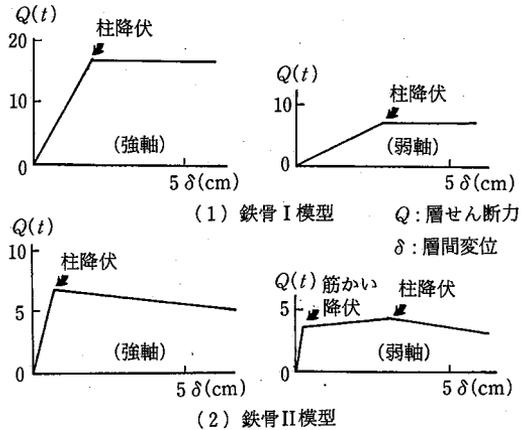


図 3 層せん断力一層間変位関係 (最下層)

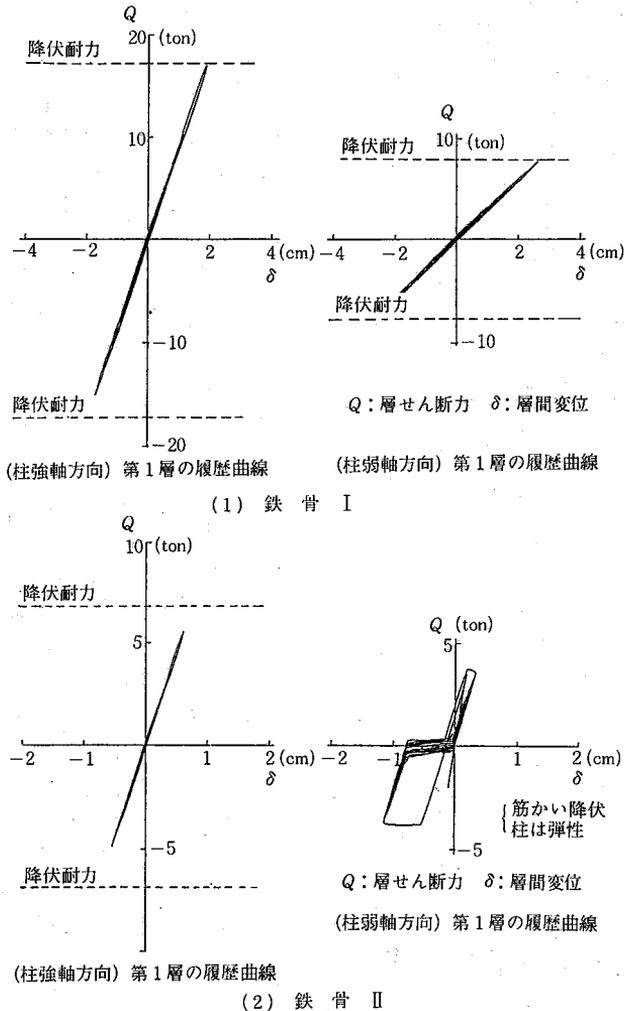


図 4 応答解析結果

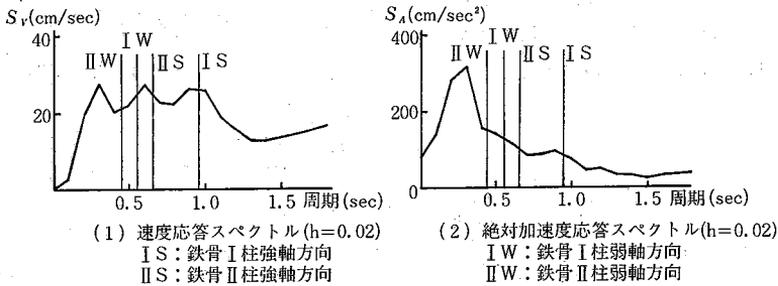


図 5 応答スペクトルと模型の弾性 1 次固有周期

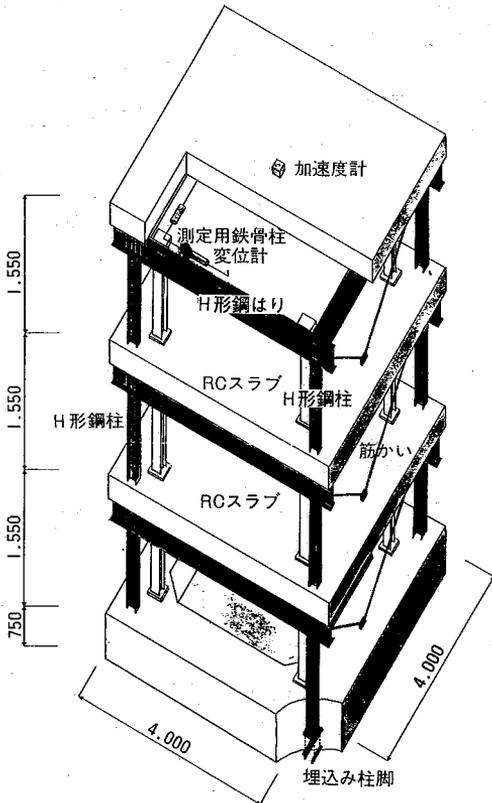


図 6 鉄骨 II 弱小構造物模型と測定計画の概念図

シア係数(最下層の降伏耐力を建物の重量で割った値)等の諸元をまとめてある。これらの諸量の評価には、模型骨組の強度・剛性を算定する必要があるが、以下のような手順で解析が行われた。

(1) 模型の弾性剛性の評価においては、床スラブと一体化されたはりの変形は無視し、H 型鋼柱の曲げ変形と筋かいの軸変形のみを考慮した。柱脚の支持条件は固定と仮定し、平面骨組として解析する。

(2) 降伏耐力の評価においては、鉄骨材料の降伏応力度を 3.0 ton/cm^2 とし、柱の曲げ耐力は鉛直荷重による軸力の影響を考慮する。

(3) 模型が変形することによって生じる、鉛直荷重による 2 次的な曲げの効果、いわゆる $P-\delta$ 効果を考慮する。最下層の層せん断力と層間変位の関係を理想化したものを図 3 に示している。

骨組の力学的特性を以上のようにモデル化した上で、千葉実験所内で観測された過去の地動加速度記録 (1980 年 9 月 25 日、最大加速度 80.9 cm/sec^2 、本所第 2 部柴田研究室提供) を用いて応答解析を試みた。応答解析では模型の各層を非線形ばねで置換した 3 自由度せん断型平面振動系の運動方程式を線形加速度法により数値積分した。非線形ばねによる履歴減衰の他に、内部粘性型、臨界減衰の 2% の比例減衰が付加されている。鉄骨 II には原波形が、鉄骨 I には最大加速度を 250 cm/sec^2 に増幅した波形が入力された。応答解析結果を図 4 に示しているが、鉄骨 I の応答は略弾性範囲に留まり、鉄骨 II では最下層の筋かいが降伏するのが分かる。図 5 には、最大加速度 80.9 cm/sec^2 の波形に対する 1 自由度弾性系 (減衰 2%) の応答スペクトルと模型の弾性 1 次固有周期の値とを比較して示している。

4. 測定計画

鉄骨造弱小模型 1 体につき、以下のような応答量を測定するためのセンサーが設けられている。

- (1) 各床スラブ中央の絶対加速度, 9 成分。
- (2) 鉄筋コンクリート基礎上の絶対加速度, 3 成分。
- (3) 各床スラブの下階床スラブまたは基礎に対する相対変位, 12 成分。
- (4) 最下層の柱の曲げひずみおよび筋かいの軸ひずみ, 32 成分。

模型と測定計画の概念図を図 6 に模式的に示している。なお、ビデオおよび写真による映像記録も得る予定である。また、地中・地盤の地震動が同時測定されているので、鉄骨造建物の応答観測結果と総合することによって、設計の際用いる地震入力の設定方法について有力な根拠を得ることが期待できる。

(1983 年 7 月 6 日受理)