

3.6 設計課題と実験結果の分析

伝統的構法で構造力学的な課題である石場建て（礎石建て）構法の柱脚の移動に注目し、柱脚の滑りの発生条件、滑り量、柱脚と礎石との摩擦、上部構造物の耐力、入力地震動レベルとの関係を明らかにするため、平屋建て2棟の実大試験体No1、No2の振動台実験を行った。

また、時刻歴応答解析、限界耐力計算などの解析で課題になっている水平構面の変形や偏心によるねじれ振動による応答への影響などの解明、及び1階と2階との耐力バランスなどが大地震時の挙動に及ぼす影響を検証するため、2階建て試験体2棟、柱脚固定の試験体No3および石場建て（柱脚フリー）の試験体No4の振動台実験を行った。

3.6.1 設計課題

① 石場建ての柱脚の移動

石場建ての柱脚の移動に関して下記の課題を検討する。

- ・柱脚の滑りによる上部構造物の応答への影響
- ・動摩擦係数と滑り量の関係
- ・上部構造物の耐力（Cb換算耐力）と滑り量の関係
- ・1階床レベルでの荷重と滑り量の関係（Mo効果）
- ・入力地震動の種類やレベルと滑り量の関係

② 水平構面の変形と偏心

水平構面の変形と鉛直構面の偏心が建築物に与える影響を下記の課題で検討する。

- ・水平構面の変形が建築物の挙動にどのような影響を与えるか
- ・鉛直構面の偏心が建築物の挙動にどのような影響を与えるか

③ 仕口・継手接合部の性能と損傷

伝統的構法特有の大きな変形性能を担保し、倒壊や崩壊を防ぐには、仕口・継手接合部の性能が重要である。このような接合部の損傷状況を稀な地震動（中地震）、極めて稀な地震動（大地震）、建築基準法レベルを超える地震動（巨大地震）に対して把握する。

④ 通し柱の効果と損傷

通し柱が1層、2層の応答（層間変形角）に与える影響を評価するとともに通し柱の損傷状況を把握する。

⑤ 応答評価・解析法の検証

- ・1階と2階の耐力バランスが建築物の挙動にどのような影響を与えるか
- ・水平構面（2階床）の変形と鉛直構面の偏心が建築物の挙動にどのような影響を与えるか

3.6.2 実験結果の分析

① 試験体No1、及びNo2（同時加振）

平屋、柱脚は石場建て（滑る仕様）、耐力壁は乾式土壁パネル

- ・加振A

短辺方向にBCJレベル2を2種地盤相当にした人工地震波（＝以下BCJレベル2（2種地盤））

試験体 No.1：短辺方向の壁長の和＝ 8×0.91 （m）

試験体 No.2：短辺方向の壁長の和＝ 6×0.91 （m）

滑り量は No.1 で最大 48mm、No.2 で最大 30mm と壁量の多い方が大きくなり、上部構造の変形は層間変位が No.1 で最大 81mm、No.2 で最大 106mm と壁量の多い方が小さくなっている。

・加振 B

長辺方向に BCJ レベル 2（2 種地盤）

試験体 No.1：長辺方向の壁長の和＝ 6×0.91 （m）

試験体 No.2：長辺方向の壁長の和＝ 9×0.91 （m）

滑り量は No.1 で最大 9mm、No.2 で最大 10mm であり、壁量の多い No.2 の滑り量もほとんど No.1 と同じで大きくはならなかった。

理由は不明である。摩擦係数のばらつきや束の転びの影響等の要因を考慮すると、滑り量の予測難しいことが分かる。上部構造の変形は層間変位が No.1 で最大 99mm、No.2 で最大 70mm と壁量の多い方が小さくなっている。

・加振 C

短辺方向に JMA 神戸 NS

試験体 No.1：短辺方向の壁長の和＝ 6×0.91 （m）で偏心あり（偏心率 0.3 強）

試験体 No.2：短辺方向の壁長の和＝ 6×0.91 （m）で偏心なし

滑り量は試験体 No.1 で最大 98mm、試験体 No.2 で最大 130mm である。柱脚の滑りだけ見ると、偏心のない試験体 No.2 の方が予測に反してねじれが大きかった。

摩擦係数のばらつきによるものか、今後検討の必要がある。上部構造の変形は層間変位が No.1 で最大 169mm、No.2 で最大 167mm とほぼ同じである。

・加振 D

長辺方向に BCJ レベル 1（2 種地盤）＝BCJ レベル 2（2 種地盤）の 25%

その後、長辺方向に BCJ レベル 2（2 種地盤）

試験体 No.1：加振 B の試験体 No.1 と同じ。但し、1 階床上の積載（鍾）なし。

試験体 No.2：長辺方向の壁長の和＝ 14×0.91 （m）。

試験体 No.1 は加振 B の試験体 No.1 と比べて、1 階床の積載がない分、滑りやすいと予想したが、レベル 2 で最大 9mm となり変わらなかった。

加振 B でどちらも滑り量が小さかったため、大きく滑らせようと No.2 は壁量を増やしたが、レベル 2 で最大 32mm であまり大きくは滑らなかった。上部構造の変形は層間変位が No.1 で最大 99mm、No.2 で最大 61mm と壁量の多い方が小さくなっている。

・加振 E

JMA 神戸 3 方向入力

試験体 No.1：加振 A の試験体 No.2 と同じ（1 階床積載なし）

試験体 No.2：加振 A の試験体 No.2 と同じ（積載あり）

どちらも柱脚は浮き上がったり滑ったりし、滑り量の最大値は試験体 No.1 で 135mm、試験体

No.2 で 180mm であった。入力地震動が大きいと、1 階床積載がある方が逆に滑り易い結果となっている。

② 試験体 No.3

2 階建て、柱脚は土台仕様（滑らない仕様）、耐力壁は乾式土壁パネル

・加振 A

偏心なし、1 階と 2 階のバランス良

BCJ レベル 1（2 種地盤）長辺方向の後、短辺方向、
その後、BCJ レベル 2（2 種地盤）長辺方向の後、短辺方向

偏心なしであるが、短辺方向加振ではややねじれる挙動が見られる。

1 階の最大層間変位は短辺方向で 102mm、長辺方向で 70mm である。2 階の最大層間変位は短辺方向で 82mm、長辺方向で 70mm である。

・加振 B

1 階偏心（偏心率 0.3 強）、2 階は加振 A と同じ

BCJ レベル 2（2 種地盤）長辺方向の後、短辺方向

短辺方向 1 階の最大層間変位は、1 通りで 55mm、5 通りで 72mm、9 通りで 107mm、13 通りで 134mm となり、ねじれがはっきり出ており、概ね予想通りの結果である。

・加振 C

偏心なし、1 階は加振 A と同じ。2 階増強。1、2 階のバランス悪。

BCJ レベル 1（2 種地盤）長辺方向の後、短辺方向、
その後、BCJ レベル 2（2 種地盤）長辺方向の後、短辺方向

1、2 階のバランスが悪いので、加振 A と比べて 2 階を増強した分、1 階で変形が増大すると予想したが、1 階の最大層間変位 109mm であり、加振 A と同程度であった。通し柱の効果で、1 階の変位が抑制されたか、今後の検討事項である。

・加振 D

加振 A と同じ壁配置

JMA 神戸 3 方向

最大応答変位は 1 階 190mm、2 階 131mm で、概ね予想通りであった。

③ 試験体 No.4

2 階建て、柱脚は石場建て（滑る仕様）、耐力壁は土塗り壁（厚約 60mm、漆喰仕上げ）

・加振 A（BCJ レベル 2 の長辺、短辺の 2 回の加振は公開実験）

偏心大（特に短辺方向加振、0.3 程度？）、1 階と 2 階のバランス良、1 階積載荷重あり

BCJ レベル 1（2 種地盤）長辺方向の後、短辺方向、
その後 BCJ レベル 2（2 種地盤）長辺方向の後、短辺方向

偏心が大きいため、建物全体がねじれる。

長辺方向加振でもねじれ、1 階の層間変位は最大 97mm（い通り）（反対側の外壁線・り通りでは 51mm）であった。

柱脚の滑りは、長辺（加振）方向で最大 56mm、短辺（直交）方向最大 46mm であった。

短辺方向加振ではねじれがさらに大きく、1 階の層間変位は最大 156mm（1 通り）で、反対側の 13 通りは 49mm であった。

柱脚の滑りは、短辺（加振）方向で最大 96mm、最小 30mm、長辺（直交）方向最大 74mm であり、構面ごとの柱脚移動量の差が大きい。

仕口・継手接合部の損傷としては、い 1 柱の足固めほぞの引張破壊、及びり 1 柱の足固め高さでの曲げ破壊が認められた。

・加振 B

加振 A 試験体に補修補強を加える。

その内容は、加振 A で損傷の大きかった 1 通り「と～り」間、9 通り「い～は」間の土塗り壁を乾式土壁パネルに交換、1 通り「ろ～へ」間、い通り「2～4」間に腰壁（乾式土壁パネル）設置、い通り「10～12」間に垂壁（乾式土壁パネル）設置、及びい 1 柱の足固めほぞの羽子板ボルトによる補強である。

JMA 神戸 3 方向加振（NS 方向成分を短辺方向に）

偏心は加振 A より小さいが、ねじれ挙動が見られた。

1 階の層間変位は最大 140mm（5 通り）で、13 通りは 60mm であった。

柱脚の滑りは、短辺方向が最大 189mm（1 通り）で、最小 61mm（5 通り）であった。

り 1 柱の曲げ破壊が進行した。

・加振 C

1 階床の積載荷重を取り除いて、JMA 神戸 3 方向加振（NS 方向成分を短辺方向に）

1 階の層間変位は最大で 145mm（5 通り）で、13 通りは 62mm であった。

柱脚の滑りは、短辺方向の最大で 147mm（13 通り）で、最小 29mm（5 通り）であった。積載がなくなり、摩擦力が小さくなったが、地震力も小さくなったので、柱脚の滑り量は小さくなったと考えられる。

り 1 柱の曲げ破壊はさらに進行した。

設計課題を解明するために実大振動台実験を行ったが、結果はほぼ事前の予測通りであった事項と、事前の予測とは逆の結果になった事項があり、その原因について今後十分に検討する必要がある。