

鉄鋼系軸組構造用耐震要素の開発

(その3：耐震要素構面の構造設計手法に関する考察)

耐震設計 耐震要素 鉄骨軸組 荷重・変形関係

○ 正会員 花井 勉*2
三宅 辰哉*1
小山 高夫*3
村上 幸靖*3

1. 序

本編では、耐震要素を有する任意形状の構面の荷重変形特性の評価手法について検討する。構面の荷重変形特性は耐震要素の特性、柱・梁の変形の他に柱梁接合部に介在する局部変形あるいは回転剛性に支配される。この影響を考慮するために実験的に接合部の荷重変形特性を求め、それらを等価なバネに置換して構面の荷重変形特性評価用の構造モデルを設定する。この構造モデルによる解析上の荷重変形特性を「その1」で得られた実験値と比較して、構造モデルの妥当性を検証する。その後、設計作業の簡便性を考慮した構造モデルの単純化を行い、単純化構造モデルによる荷重変形特性が実用上支障の無い範囲で実験値と一致することを確認する。

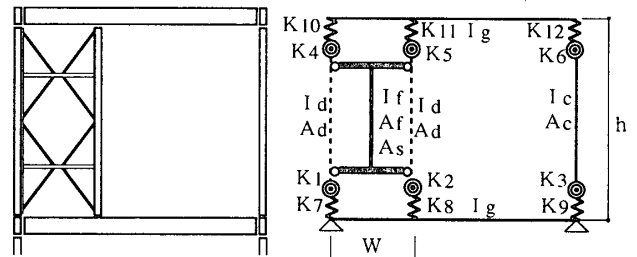
2. 構造モデルの設定

構面の荷重変形特性の予測を目的として図1に示す構造モデルを設定する。耐震要素は一つの等価な線材に置換する。耐震要素のせん断変形特性は線材のせん断変形として評価する。「その2」で得られた耐震要素のせん断剛性を K_{pi} とすれば、線材のせん断変形用断面積 A_s は $A_s = K_{pi} \cdot h / G$ (G :せん断弾性係数)となる。断面2次モーメントは左右の柱を弦材とみなして計算し、断面積 A_p は柱材の断面積の2倍とする。線材の上下には耐震要素の幅と同じ長さを持つ剛材を配置する。柱梁接合部には、接合部の荷重変形特性を考慮するためのバネ $K1 \sim K12$ を配置する。これらの特性は図2に示す実験により求められ、それを図3のようにポリリニアとして評価する。また、耐震要素の左右には断面2次モーメントのみを有する柱材を配置する。

3. 解析

「その1」で使用した試験体に対応する構造モデルについて、荷重増分法による荷重変形曲線を実験値と比較して図4(a)(b)に示した。図中の太実線は全水平荷重から単材柱の負担する水平力を差し引いたものであり、これが実験値との比較対象である。破線は全水平力を示し、一点破線は全水平力から柱梁フレームがラーメン効果によって負担する全ての水平力を除いた値であり、耐震要素の負担水平力を示す。

1F96Aでは降伏後の領域で解析値が実験値を若干下回るが、これは「その2」において耐震フレームの荷重変形特性をモデル化する際に耐力低下を考慮して降伏後の



I_g : 梁の断面2次モーメント
 I_c : 柱材の断面2次モーメント
 A_c : 柱材の断面積
 I_f : 耐震要素の断面2次モーメント
 A_f : 軸変形用断面積 $A_f = 2 \cdot A_c$
 A_s : せん断変形用断面積
 $I_d = I_c$
 $A_d = 0$
 $\frac{G \cdot A_s}{h} = K_{pi}$
 $K1 \sim K6$: 接合部回転バネ剛性
 $K7 \sim K12$: 接合部軸方向バネ剛性

図1 構造モデル

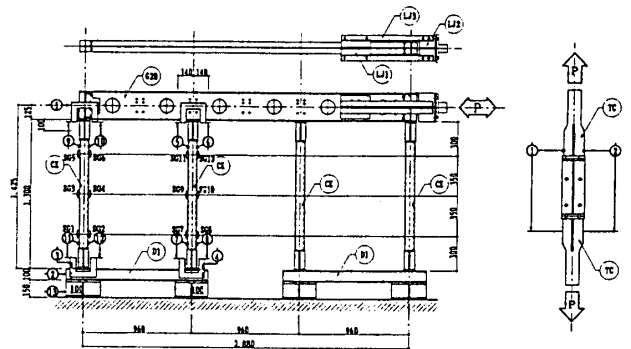


図2 接合部性能確認実験

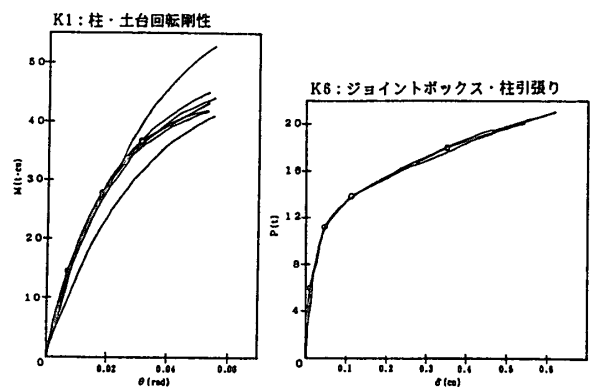


図3 接合部性能特性

荷重を低く評価したためと考えられる。大局的にはいずれも良く一致しているといえる。

柱梁フレームがラーメン効果によって負担する水平力は弾性域では微小であるが、降伏後には水平変形にほぼ

A development of earthquake resisting elements for steel framework structure.

Part3:Study on a structural design technique for frameworks with earthquake resisting element

Hanai Tutomu et al.

比例して増加し、最大変形時には約20%の水平力を負担している。除荷勾配は初期勾配とほぼ同等であるのでラーメン効果によってエネルギー吸収量が10%強増加していると言える。

これらの解析値が実験値と一致したことで、横材の変形にのみ耐震要素としての変形能力を期待し、高いエネルギー吸収能力を期待する本耐震要素の特質が実際の構面でも再現されていることを確認できたと考える。

4. 構造モデルの単純化

構造モデル中の耐震要素及び接合部に介在するパネの特性はすべてポリリニアの形に評価されているが、実際の設計作業においてその都度これらを考慮して荷重変形特性を求めるのは煩雑であるので、許容される範囲内で次のように単純化を行う。(1) 耐震要素の荷重変形特性をポリリニアからバイリニアに変更する。その際に弾性剛性とエネルギー吸収量が変化しないことに留意する。

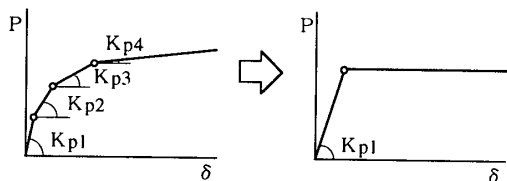


図5 耐震要素荷重変形特性の評価

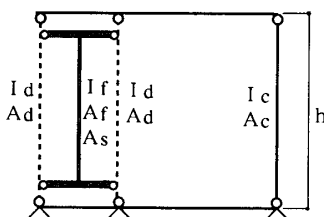


図6 構造単純化モデル

(2) 接合部のパネはすべて取り去り、柱梁接合部は完全なピン接合とする。

このように単純化した構造モデルによる荷重変形曲線を実験値と比較して図7に示した。弾性剛性はほぼ一致しており、エネルギー吸収量は柱梁フレームのラーメン効果を見逃しているため安全側の評価になっている。弾性剛性がほぼ一致したことで、本構面程度の部材構成・耐力設定では柱梁接合部にスチフナ等の特別な補強を施さなくても、接合部の局部変形が構面の荷重変形特性に与える影響は無視し得るものであると言える。

5. まとめ

「その1:耐震要素構面面内せん断実験」、「その2:耐震要素単体面内せん断実験」の結果を用いて耐力パネル構面の設計用荷重変形特性の評価に関する一手法を示した。「その1」、「その2」及び本編の結果を要約すると次のようになる。

- 1 名古屋工業大学大学院生 (日本システム設計)
- 2 日本システム設計
- 3 旭化成ホームズ

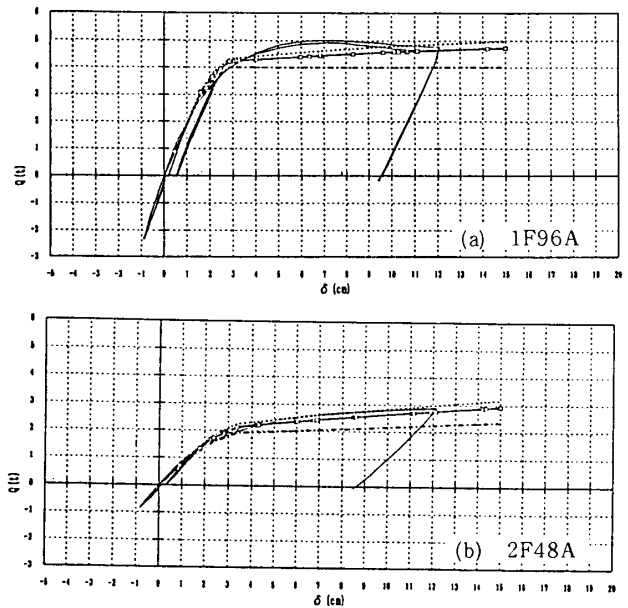


図4 構面実験構造モデル解析荷重変形曲線

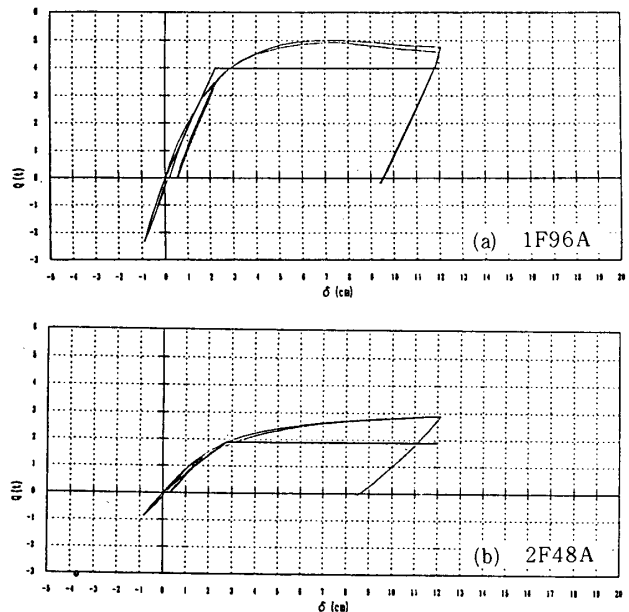


図7 構造単純化モデル解析荷重変形曲線

- (1) 本耐震要素はラーメン構造と同等のエネルギー吸収能力を有する。
- (2) 本耐震要素の荷重変形特性は耐震フレームの特性に支配され、耐震フレームの特性を確定すれば任意の耐震フレーム配置の耐震要素の特性を設定できる。
- (3) 構面の設計用荷重変形特性は耐震要素の特性と柱・梁の変形特性のみによって確定できる。
- (4) 本耐震要素の経済性はピンブレース構造と同等以上である。

Graduate Student, Nagoya Institute of Technology
Nihon System Sekkei
Asahi Kasei Homes