

応答解析 シヤパネル 復元力特性
魚骨形骨組 付加曲げモーメント

1. 序

本論では、図1に示すような、間柱で支持されたシヤパネル型履歴ダンパー付ラーメン架構を対象とする。間柱支持シヤパネル型履歴ダンパー付架構を骨組の崩壊型などの特性を再現できる魚骨形モデル¹⁾へ変換する方法を示し、その妥当性を応答解析により検討する。

2. 間柱支持シヤパネル付架構の魚骨形モデル

履歴型ダンパー付架構のフレーム部分を図1のような魚骨柱・魚骨梁からなる魚骨形モデル¹⁾に変換する。魚骨柱は、完全弾塑性型の曲げ材、魚骨梁は Tri-linear 型の回転バネとする。履歴型ダンパーは完全弾塑性型のせん断バネに置換する。せん断バネの弾性剛性は「履歴型ダンパー付架構骨組モデルの弾性解析結果」から算定し、耐力はシヤパネルのせん断耐力とする。

間柱支持シヤパネル付架構は図2に示すように、シヤパネルが降伏する前後でモーメント増分が変化する。その結果、魚骨梁の弾性剛性・耐力・初期降伏モーメントを算定する際に間柱からの付加曲げモーメントを考慮しなければならない。

2.1 魚骨梁の弾性剛性 魚骨梁の弾性剛性は対応する床レベルに属するすべての梁端の剛性和として与えられる¹⁾が、シヤパネル降伏前後でのモーメント増分の変化によりフレームの剛性が変化する。本論では、以下の2種類の剛性のどちらかを代表させて魚骨梁の弾性剛性とする。

剛性 A：間柱が接合する梁を一本の梁として、剛性を算定する方法。(図2のシヤパネル降伏後の増分に対応)

剛性 B：間柱と梁の接合部も一つの節点、すなわち、梁が2本あるとして、剛性を算定する方法。(図2のシヤパネル降伏前の増分に対応)

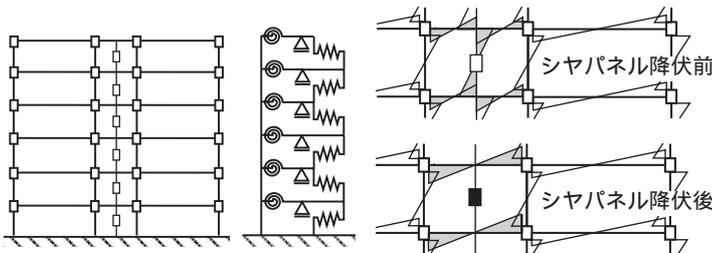


図1 間柱支持シヤパネル付架構と魚骨形モデル 図2 ダンパー降伏前後のモーメント増分

2.2 魚骨梁の耐力 魚骨梁の耐力は元の骨組のフロアモーメントとして与えられる¹⁾。フロアモーメントは節点塑性モーメント³⁾を用いて算定する。

崩壊機構形成時のモーメント分布の一例を図3に示す。間柱と梁の接合部にはシヤパネル降伏後もそのせん断耐力に対応した曲げモーメントが作用する。間柱が接合される梁の梁端での節点塑性モーメントを求めるとき、間柱からの付加曲げを考慮したせん断力を用いて算定する。本論では、間柱の半曲点は間柱中央と仮定する。

2.3 魚骨梁の初期降伏モーメント 魚骨梁の初期降伏モーメントは対応する床レベルに属する各部材端の中で最初に降伏したときの各梁の節点位置でのモーメント和である¹⁾。

これまで、「履歴型ダンパー付架構骨組モデルの弾性解析結果」(以下、弾性解析(D)、結果から得られる各部材の材端モーメントを M_{FDk} とする)および「履歴型ダンパーを取り除いたフレームのみの弾性解析結果」(以下、弾性解析(F)、結果から得られる各部材の材端モーメントを M_{Fk} とする)の両方を用いて算定していた²⁾(以下、算定法(F+D))が、本論ではどちらか片方のみの弾性解析結果を用いて算定する方法についても検討する。弾性解析(D)または弾性解析(F)の片方のみから求める方法をそれぞれ算定法(D)、算定法(F)とする。

算定法(F+D)において初期降伏状態での各部材の材端でのモーメント分布 M_k は次式で算定する。

$$M_k = \lambda_{Di} M_{FDk} + \lambda_{\min i} M_{Fk} \tag{1}$$

ただし、 λ_{Di} は i 層ダンパーが降伏する荷重係数で弾性解析(D)およびダンパーのせん断耐力から算定する。 $\lambda_{\min i}$ は i 床を構成する各部材の全塑性モーメントと(1)式を等値して得られる λ の最小値である。

算定法(D)・算定法(F)による魚骨梁の初期降伏モーメント算定は文献1)に示す算定式を用いて、弾性解析(D)または弾性解析(F)よりそれぞれ算定する。

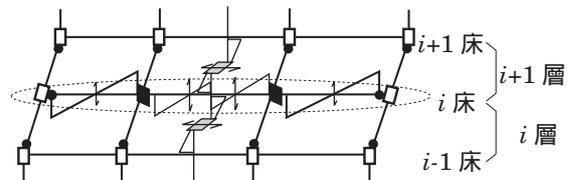


図3 崩壊機構形成時のモーメント分布の一例

3. 解析骨組

解析骨組は文献4)による骨組と同じもので、この骨組に間柱支持シヤパネルを組み込む。図4に解析骨組の形状を6層を例に示す。層数は3・6・9・12の4種。シヤパネルの水平耐力分担率は0.1、せいは1m、降伏応力度は1.0 t/cm²とする。間柱はダンパー降伏時に作用する曲げモーメントの1.2倍に対する必要最小断面とする。

4. 解析結果および考察

部材レベルでモデル化した詳細骨組モデル(以下、骨組モデル)の解析結果を正解値として魚骨形モデルと比較する。骨組モデルの解析には clap.f⁵⁾、魚骨形モデルの解析には熊本大学小川厚治教授作成の fish.f を用いた。

4.1 静的増分解析結果

はじめに、剛性算定法の異なる魚骨形モデルの静的増分解析結果を図5左に示す。縦軸が層せん断力 Q 、横軸が層間変形角 R である。他の層数においても同様な結果が得られたので6層を代表して示す。剛性Bの魚骨形モデルは骨組モデルと大きく外れている。これは間柱と梁の節点も他の節点と同様に回転すると仮定して剛性を算定したためである。一方、剛性Aについては骨組モデルとよく一致している。

つぎに、初期降伏モーメント算定法の相違による影響を図5右に示す。初期降伏モーメント算定法の相違による影響はほとんどみられない。

4.2 地震応答解析結果

魚骨形モデルと骨組モデルの地震応答解析の結果を比較する。地震応答解析に用いた地震波は表1に示す2種類である。粘性減衰は減衰定数0.02の剛性比例型とする。なお、魚骨形モデルの損傷に寄与する地震入力エネルギーを骨組モデルのそれと等

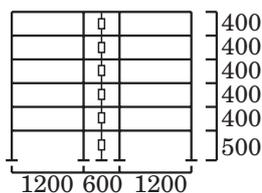


図4 解析骨組の例

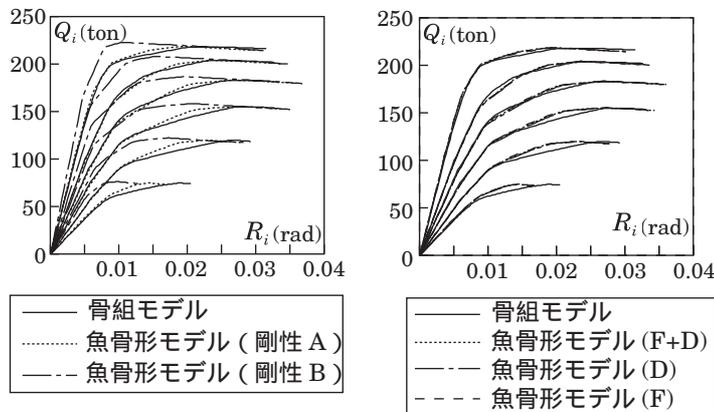


図5 静的増分解析結果

E_g は重力仕事である。

図6に正側・負側の最大層間変形角 R_{max} 、図7にダンパー系の塑性吸収エネルギー E_{Dp} 、図8に梁の累積塑性回転角 $\Sigma \theta_{Bp}$ 、図9に梁の塑性吸収エネルギー E_{Bp} の高さ方向分布をそれぞれ示す。図8の骨組モデルの応答は各梁端ごとに印で表示しており、魚骨形モデルの応答は梁最大累積塑性回転角の予測値¹⁾である6層Yokohamaを代表して示すが、他の層数・地震波についても同様の結果を得ている。また、初期降伏モーメント算定法の相違による影響も静的解析同様、ほとんどみられなかったため、代表して算定法(F+D)の場合を示す。これらについて骨組モデルと魚骨形モデルはよく対応している。

【参考文献】

- 1) 加村久哉, 小川厚治, 井上一朗: 鋼構造ラーメン骨組の魚骨形応答解析モデルへのモデル化について, 日本建築学会近畿支部研究報告集, pp.369-372, 1998.7
- 2) 船木伸彦, 加村久哉, 桑原進, 井上一朗: 履歴型ダンパー付ラーメン架構の魚骨形モデル, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.915-916, 1998.9.
- 3) 桑原進, 小川厚治, 井上一朗: 柱梁接合部を考慮した部材間耐力比と保有水平耐力略算法, 鋼構造年次論文報告集, 第6巻, pp.357-362, 1998.11.
- 4) 加村久哉, 小川厚治, 長谷川隆, 鈴木孝彦, 福田浩司, 梁矢友英, 三村裕一: エネルギー吸収デバイス付ラーメン構造の地震応答(その1~3), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.785~790, 1996.9
- 5) 小川厚治, 多田元英: 柱・梁接合部パネルの変形を考慮した静的・動的応答解析プログラムの開発, 第17回情報・システム・利用技術シンポジウム, 1994

【謝辞】

本研究をまとめるにあたり、熊本大学教授小川厚治教授、京都大学教授井上一朗教授には貴重な助言をいただきました。ここに深く感謝いたします。

表1 入力地震動

入力地震動	最大加速度	最大速度	継続時間
NTTB3NS	331cm/s ²	87cm/s	20s
Yokohama	312cm/s ²	52cm/s	40s

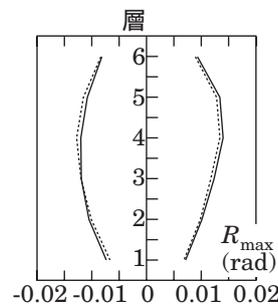


図6 最大層間変形角

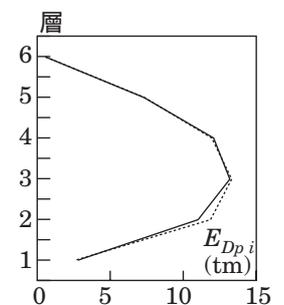


図7 E_{Dp} の高さ方向分布

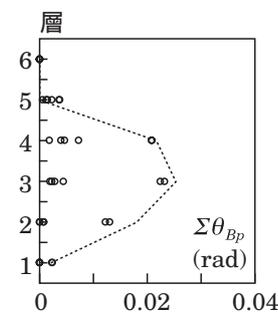


図8 累積塑性回転角

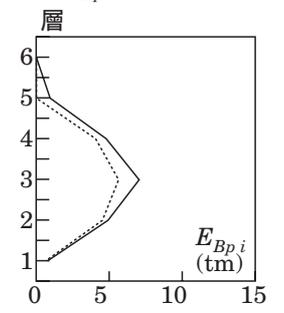


図9 E_{Bp} の高さ方向分布

○ 骨組モデル 魚骨形モデル (F+D)

*1 大阪大学大学院工学研究科建築工学専攻・大学院生

*2 大阪大学大学院工学研究科建築工学専攻・助手

Dept. of Architectural Eng, Osaka Univ. / Graduate Student

Dept. of Architectural Eng, Osaka Univ. / Research Associate

間柱支持シヤパネル型履歴ダンパー付ラーメン架構の魚骨形モデル

間柱支持シヤパネル型履歴ダンパー付ラーメン架構の魚骨形モデル

諸石智彦
桑原 進

The fishbone-shaped frame model of moment resisting frames combined with stanchions for vibration control