

C25

耐震改修時における構造耐震指標 I_s 値に関する規定の緩和 —「せん断柱」の靱性指標再評価—

Relaxation of Requirement of I_s Value Evaluation — Reassessment of Ductility Index for “Shear Column” —

芳村 学 (教授), 中村 孝也 (助手), 上野 裕美子 (修士課程)
Manabu YOSHIMURA (Prof.), Takaya NAKAMURA (Res. Assoc.)
and Yumiko UENO (Master Course)

ABSTRACT

The ductility index for “Shear Column” is prescribed by the Standard for Seismic Evaluation for Existing R/C Buildings as a value ranging from 1.00 to 1.27, being in narrow width. It is due to the fact that relevant test data were insufficient in the past. It is intended in this paper to reassess the ductility index of “Shear Column” using the load-deflection relation including the post-peak region determined based on recent test results, and dynamic analysis. Values of the ductility index so reassessed range from about 0.8 to 1.6, being in width much broader than those prescribed by the current standard. This result implies the possibility of facilitating the seismic strengthening of old R/C buildings.

キーワード：鉄筋コンクリート造建築物，最大耐力以降の挙動，靱性指標，地震応答解析
Keywords: R/C building, Post-peak behavior, Ductility Index, Dynamic analysis

1. 目的

古い「せん断柱」からなる建物に関して、「診断基準による I_s 値が等しくとも地震被害の程度は大きく異なることが予想される」という結果が既往の研究より得られている。これは、診断基準策定時点では「せん断柱」の最大強度以降の挙動が不明であったため、安全側の配慮として最大強度以降を考慮せずに靱性指標 F を1.0~1.27という狭い範囲の値に限定したことに起因する。一方現在では、実験結果に基づいて崩壊変形と最大強度以降崩壊に至るまでの荷重変形関係を推定する式が提案されている¹⁾。これらの式を用いれば F 値の再評価を行うことができる。

診断基準では、靱性指標 F の算定方針として、靱性指標 F と強度指標 C との組み合わせで同じ E_0 指標(≒ I_s 値)が得られる2つの建物が同じ地震動を受けたときには、ともにその「構造物の限界変形」に対して同程度の応答変位が生じると考える、ことを掲げている。本研究では、この考え方に従って、「せん断柱」の最大強度以降の変形能と地震応答の結果を考慮した F 値(以下、こうして求めた F 値を F' 値と呼ぶ)を求めることを試みる。この研究により F' 値を1.27より大きく取ることができれば、少ない補強で耐震改修を行うことができる。

なお、診断基準では「せん断柱」に分類されても実際には曲げ降伏が先行する場合のあることが知られている。せん断強度算定式に安全率が含まれているからである。そこで本研究では、「実際にせん断破壊が先行するせん断柱」を「せん断型」、「実際には曲げ降

伏が先行するせん断柱」を「曲げ型」として分けて取り扱う。

2. F' 値算定の方針

診断基準における靱性指標算定方針に従って F' 値の算定を行う。まず、崩壊までの復元力特性をせん断型と曲げ型とで分けて定め、種々の崩壊変形を想定した場合に対する地震応答解析を行う。そして、「構造物の限界変形」を「崩壊変形」とし、崩壊変形に対する最大応答変形の割合(以下、崩壊危険率と呼ぶ)が同じになるとき C 値と F' 値の積(= I_s 値)が同一であると仮定する。

以上をふまえて、「地震動の大きさ」、「基準となる I_s 値(= $C \cdot F'$)」、「崩壊危険率」の3つを F' 値算定のクライテリアとし、解析結果から崩壊危険率の制限を満足するために必要な C 値を求めて、最後に基準とした I_s 値から F' 値を決定するのである。

具体的には、クライテリアを「最大速度50cm/sの地震動を受けたときに $I_s=0.6$ の建物の崩壊危険率が30%以下となる」として、そのために必要な C 値を求め、 $I_s=C \cdot F'=0.6$ を用いて $F'=0.6/C$ により F' 値を求める。

3. F' 値の算定

3.1 解析の概要

解析の概要を以下に示す。1) RC 3層建物を対象とし、各層とも診断基準で「せん断柱」と判定される柱1種により構成されるせん断型モデル(はり剛に相当)を設定する。2) せん断型または曲げ型の「せん断柱」を想定し、崩壊に相当する層間変形角の範囲を崩壊変形推定式から定まる値の上下限である1~6%と

する。3) 崩壊層間変形の範囲を1%刻みとし、せん断型のモデルS1～S6と曲げ型のモデルF1～F6の全12ケース (S, Fのあとの数字が崩壊層間変形) についてC値をパラメータとした解析を行う。復元力特性の一例を図-1に示す (図において●から○に進む)。4) 入力地震動として、神戸海洋気象台NS波 (JMA, 1995年), El Centro NS波 (ELC, 1940年) および東北大学NS波 (TOH, 1978年) の3つを、それぞれ最大速度50cm/sに基準化して用いる。

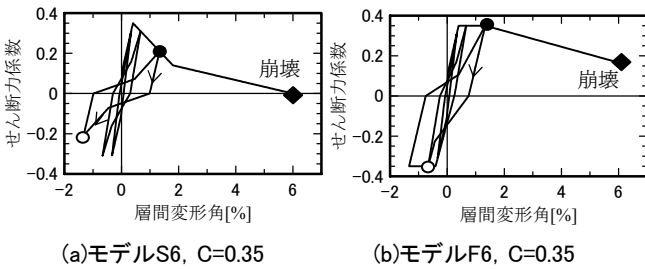


図-1 復元力特性

3.2 F'値の推定式

C値を0.2から1.0の範囲で0.01刻みで変化させて地震応答解析を行った。崩壊危険率が30%以下であるために必要なC値から求めたF'値を図-2に、F'値の範囲と最小値に対する最大値の比率を表-1に、地震動別に示す (F'推定式については後述)。また、崩壊層間変形角とF'値の関係を破壊モード別に図-3に示す。図-3より地震動による差があまり大きくないこと、また、崩壊層間変形角とF'値がほぼ直線関係にあることがわかる。以上を考慮して、F'値の3波平均値を用いて最小二乗法により崩壊層間変形角-F'値関係の線形回帰を行った。回帰式は以下の2式となる。

$$\text{せん断型} \quad F' = 0.094 \cdot \delta R_u + 0.75 \quad \dots(1)$$

$$\text{曲げ型} \quad F' = 0.142 \cdot \delta R_u + 0.73 \quad \dots(2)$$

F'値の3波平均値と回帰直線を図-4に示す。また、(1)式、(2)式より求めたF'値の範囲と最小値に対する最大値の比率を表-1に示す (表中のF'推定式)。最小値は、せん断型では0.84、曲げ型では0.87であり、1.0より小さく、最大値は、せん断型では1.31、曲げ型では1.58であり、1.27より大きい。また、最大値と最小値の比率はせん断型で1.56、曲げ型で1.82であり、

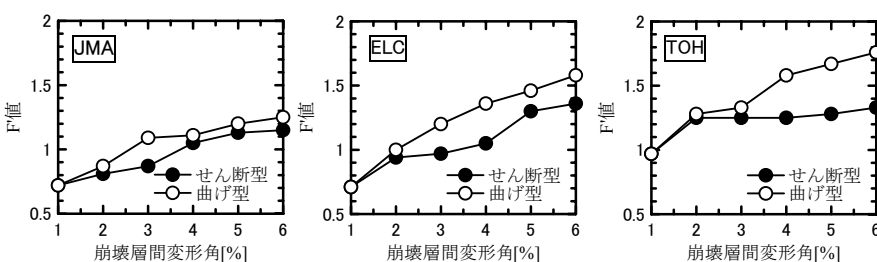


図-2 崩壊層間変形角-F'値関係(地震動別)

1.27より大きい。

表-1 F'値の最小値と最大値

	せん断型		曲げ型	
	範囲	比率	範囲	比率
JMA	0.72~1.15	1.60	0.72~1.25	1.74
ELC	0.71~1.36	1.92	0.71~1.58	2.23
TOH	0.97~1.33	1.37	0.97~1.76	1.81
F'推定式	0.84~1.31	1.56	0.87~1.58	1.82

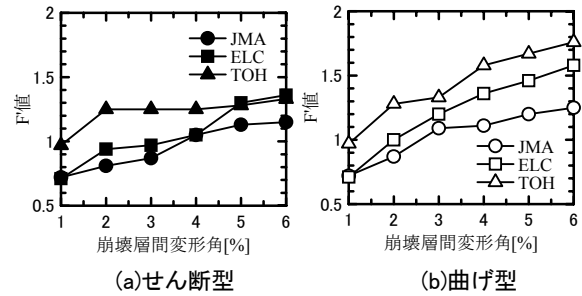


図-3 崩壊層間変形角-F'値関係(破壊モード別)

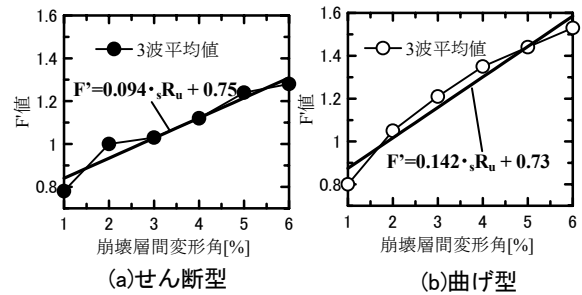


図-4 回帰直線(3波平均値)

4. まとめ

診断基準における靱性指標の再評価を行った。具体的には、「最大速度50cm/sの地震動を受けたときにIs=0.6の建物の崩壊危険率が30%以下となる」としたクライテリアに対して、崩壊層間変形角=1~6%の場合の靱性指標 (F'値) を算定した。また、その結果に基づきF'値推定式を提案した。推定式によるF'値の最大値は、せん断型では1.31、曲げ型では1.58であり1.27より大きい。このように、「せん断柱」の靱性指標を現行より高く取ることができる場合があることがわかった。このような場合、少ない補強で耐震改修を行うことができる。

参考文献

1) 芳村 学, 高稲宜和: 崩壊変形を含む鉄筋コンクリート柱の荷重低下域における挙動の定式化, 日本建築学会構造系論文集, 第587号, pp.163-171, 2005.1