

# 耐震診断における損傷集中の評価方法

1130146 弘瀬 麗

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻

1995年に発生した兵庫県南部地震での建物実被害データから、既存の耐震診断基準では地震時における建物の安全性が欠けているといえる。既往の研究で安全と評価され倒壊した被害建物の変形方向および変形角に着目したところ、上下の階に比べて破壊状況が大きかった階の変形角が大きくなっており、損傷集中が発生した可能性がある。既存の耐震診断基準では損傷集中に対して形状指標 $S_D$ をもって評価を行っているが評価項目において損傷集中を考慮した項目は3項目と概括的であり、多質点系における損傷集中が適切に考慮されていない可能性がある。そこでより構造物に近い損傷集中等の動的影響を考慮した多質点系モデルで応答解析を行い、耐震診断手法における損傷集中の考慮の検討を行った。

**Key word** : 損傷集中 最適せん断力係数分布 耐震診断法

## 1. 背景

既往の研究1)では被害建物の地盤柱状図に着目し耐震診断手法における敷地の表層地盤の増幅特性、地盤と建物の相互作用効果による指標の評価法を提案したが、兵庫県立西宮高校D棟及びE棟を対象建物とし、耐震診断を行った結果、E棟の被害結果を説明することができなかった。対象建物E棟の変形方向および変形角に着目したところ、上下の階に比べて破壊状況が大きかった階の変形角が大きくなっており、耐力の低い層の塑性化が他の層に比較して早く進む損傷集中といった動的影響を受け破壊した可能性がある。

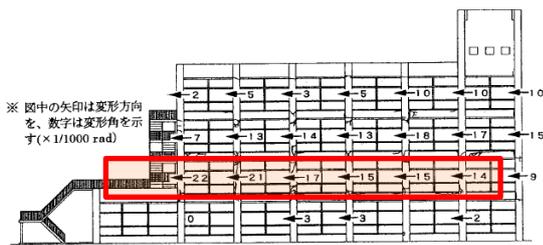


図1-1 兵庫県立西宮高校E棟  
変形方向及び変形角

既存の耐震診断基準では損傷集中に対して形状指標 $S_D$ をもって評価を行っている。しかし、評価項目において損傷集中を考慮した項目は層高の均等性、ピロティの有無、重心-剛心の偏心率の3項目2)と概括的であり、多質点系における損傷集中が適切に考慮されていない。このことから、損傷集中を考慮した評価式を検討する必要がある。

表1-1 項目の分類およびG、R一覧表

項目	G (T1-T3)			R (T1-T3)	
	1.0	0.8	0.6	R1	R2
1. 階高の均等性	a 階高比	0.95 ≤ a	0.90 ≤ a < 0.95	1.0	0.5
	b 階高比	0.85 ≤ b	0.80 ≤ b < 0.85	0.5	0.25
	c 階高比	0.85 ≤ c	0.80 ≤ c < 0.85	0.5	0.25
2. ピロティの有無	d 階高比	1/1000 ≤ d	1/2000 ≤ d < 1/1000	0.5	0.25
	e 階高比	0.85 ≤ e	0.80 ≤ e < 0.85	0.5	0.25
	f 階高比	1/1000 ≤ f	1/2000 ≤ f < 1/1000	0.5	0.25
3. 重心-剛心の偏心率	g 偏心率	0.1 ≤ g	0.15 ≤ g < 0.15	0.25	0
	h 偏心率	0.1 ≤ h	0.15 ≤ h < 0.15	0.25	0
	i 偏心率	0.1 ≤ i	0.15 ≤ i < 0.15	0.25	0
4. 層高の均等性	j 階高比	0.95 ≤ j	0.90 ≤ j < 0.95	1.0	1.0
	k 階高比	0.85 ≤ k	0.80 ≤ k < 0.85	0.5	0.25
	l 階高比	0.85 ≤ l	0.80 ≤ l < 0.85	0.5	0.25
5. 重心-剛心の偏心率	m 偏心率	0.1 ≤ m	0.15 ≤ m < 0.15	0.25	0
	n 偏心率	0.1 ≤ n	0.15 ≤ n < 0.15	0.25	0
	o 偏心率	0.1 ≤ o	0.15 ≤ o < 0.15	0.25	0

## 2. 目的

既往の研究では一質点系モデルで応答解析が行われており、損傷集中が考慮されていない。そこで、本研究ではより構造物に近い損傷集中等の動的影響を考慮した多質点系モデルで応答解析を行い、損傷集中を考慮した耐震診断手法を検討することを目的とする。

## 3. 解析条件

今回の解析では3質点、5質点、7質点、9質点の計4種類の質点系モデルを使用し解析を行う。本研究で用いるRC建物ではエネルギー法告示における最適降伏せん断係数分布である $A_i$ 分布を用いて降伏せん断耐力を算定した。損傷集中モデルは損傷集中の発生する質点の降伏せん断耐力を最適降伏せん断耐力の40%、80%、60%の3パターンで設定し(表4.2引用)解析を行った。

損傷集中モデルのパラメータの具体的な値設定を以下に記す。各質点モデルともに基礎固定、建物の一次固有周期が0.06sec×階数で求めた値となるようにせん断バネ定数を定めた。

- ・建物重量：10600kN×階数
- ・高さ：h=階数×1.5m+1.5m

解析に使用した地震波は4パターン、減衰は剛性比例型減衰の減衰定数を2%で固定、復元力特性は降伏せん断耐力から図4.1、図4.2に示すように定めて、タイプを剛性通減型Aで固定とした。表4.1に入力加速度を示す。

- ・地震波：El Centro (NS)、TAFT (EW)  
HACHI (NS)、HACHI (EW)

以下に降伏せん断耐力のパラメータを記す。

- ・Ai 分布を用いた降伏せん断耐力モデル
- ・Ai 分布=1.0 を用いた降伏せん断耐力モデル
- ・最適降伏せん断耐力×βモデル

表 4.2 β 値一覧表

N	n	β (%)											
3	1	40	100	60	100	80	100	100					
	2	100	40	100	60	100	80	100					
	3	100	100	100	100	100	100	100					
5	1	40	100	100	60	100	100	80	100	100			
	2	100	40	100	100	60	100	100	80	100			
	3	100	100	40	100	100	60	100	100	80	100		
	4	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
	5	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100		
7	1	40	100	100	100	60	100	100	100	80	100	100	
	2	100	40	100	100	100	60	100	100	100	80	100	
	3	100	100	40	100	100	100	60	100	100	80	100	
	4	100	100	100	40	100	100	100	60	100	100	80	
	5	100	100	100	100	40	100	100	100	60	100	100	
	6	100	100	100	100	100	40	100	100	100	60	100	
	7	100	100	100	100	100	100	40	100	100	100	60	
9	1	40	100	100	100	100	60	100	100	100	80	100	100
	2	100	40	100	100	100	100	60	100	100	100	80	100
	3	100	100	40	100	100	100	100	60	100	100	80	100
	4	100	100	100	40	100	100	100	100	60	100	100	80
	5	100	100	100	100	40	100	100	100	100	60	100	100
	6	100	100	100	100	100	40	100	100	100	100	60	100
	7	100	100	100	100	100	100	40	100	100	100	100	60
	8	100	100	100	100	100	100	100	40	100	100	100	100
	9	100	100	100	100	100	100	100	100	40	100	100	100

	1	0.7743	0.5995	0.4642	0.3594	0.2783	0.2150	0.1670	0.1292	0.1000
入力加速度(a)	980.665	759.290	587.893	455.180	352.430	272.880	211.300	163.600	126.660	98.070

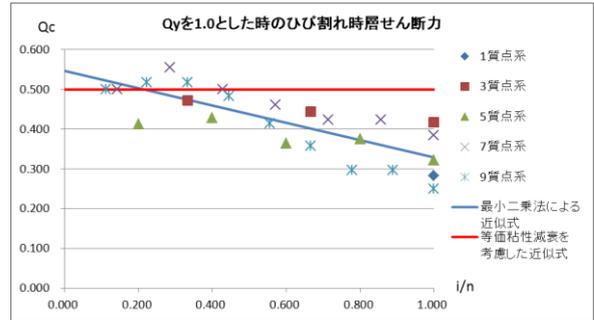


図4.1 ひび割れせん断力の決定

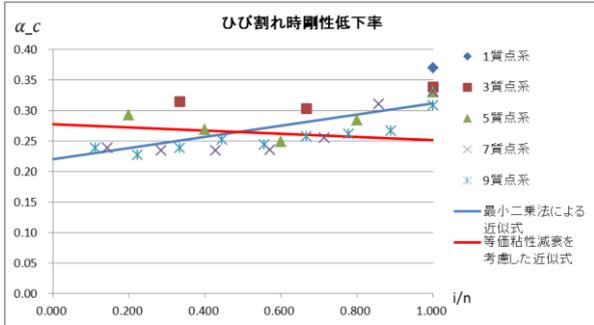


図4.2 ひび割れ時剛性低下率の決定

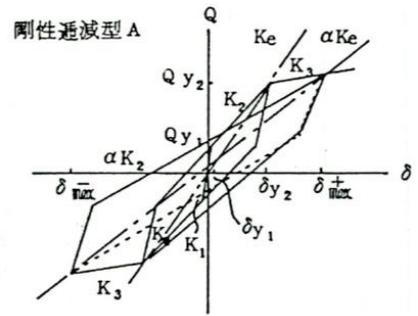


図 4.2-1 剛性通減型の復元力特性図

表 4.3 入力加速度

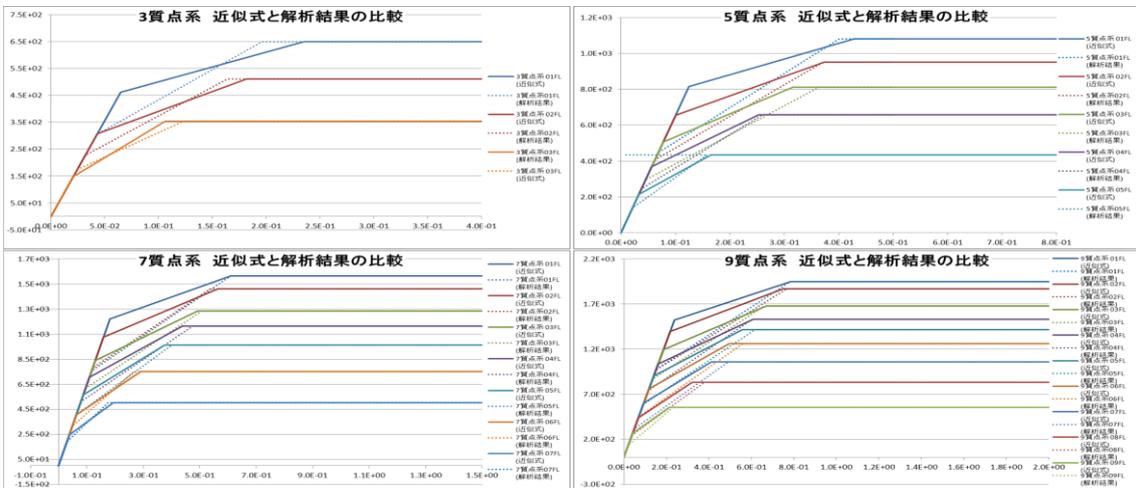


図 4.3 各モデル復元力特性



図 7.1 の応答値の下限値から損傷集中評価式を決定した。以下の(7.1)式に損傷集中評価式、(7.2)式に損傷集中評価式靱性指標 F を記す。

$$u_r = 0.65 \left( \frac{e_i}{e} \right)^3 + 0.25 \quad (7.1)$$

$0 < \frac{e_i}{e} < 1.0$  の範囲で

$$F = 0.75 \frac{1 + 0.05\mu}{\sqrt{2\mu - 1}} \cdot \frac{1}{u_r} \quad (7.2)$$

図 7.2 に本研究で定めた損傷集中評価式を使用し損傷集中発生層における靱性指標 F の補正を行ったグラフを示す。

図 7.2 から解析結果から、Ai 分布=1.0 を用いた降伏せん断耐力モデルでは、最上層部分に損傷集中が発生していることがわかる。

最適降伏せん断耐力×β モデル(2 階 β=0.6)では、2 階部分で損傷集中無モデルの応答値を上回っており、1 階および 3 階部分の塑性率が低くなっていることから、上下層の地震エネルギーを吸収し、2 階部分の塑性化が促進されたと考えられ、損傷集中が発生したことが読み取れる。

損傷集中発生層における靱性指標 F の補正後の実線以下に応答値が収まっており、本研究で定めた損傷集中評価式は妥当であるといえる。

## 8. 結論

本研究で提案した損傷集中評価式で靱性指標 F を見直した結果、損傷集中発生層における靱性指標 F の補正を行うことができた。

また、本研究では基礎固定モデルで応答解析が行われており、相互作用について考慮されていないため、相互作用モデルの解析を行い、相互作用効果を考慮した損傷集中評価式を検討することが今後の課題と考える。

<参考文献>

- 1) 弘瀬麗・甲斐芳郎・原田竜也・平井宏・浅田啓介, 耐震診断手法における敷地の表層地盤の増幅特性、地盤と建物の相互作用効果の評価方法, 日本建築学会四国支部研究発表報告集 2012 年度
- 2) 2001 年度改訂版 既存鉄筋コンクリート造建物の耐震診断基準 同解説
- 3) 2007 年版 建築物の構造関係技術基準解説書
- 4) 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説
- 5) 建築基礎 耐震・振動・制御
- 6) 建築物の耐震極限設計

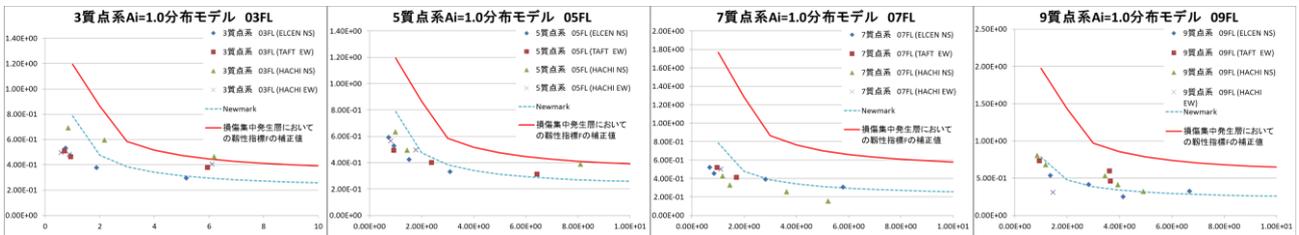


図 3.2 Ai 分布=1.0 を用いた降伏せん断耐力モデル

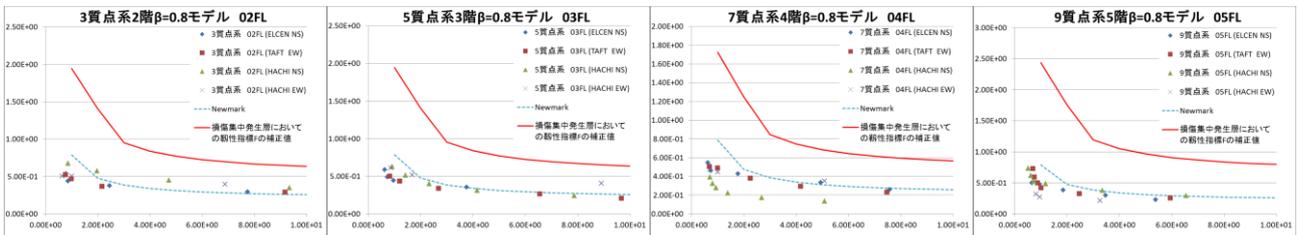


図 3.3 最適降伏せん断耐力×β モデル (中央層 β=0.8)

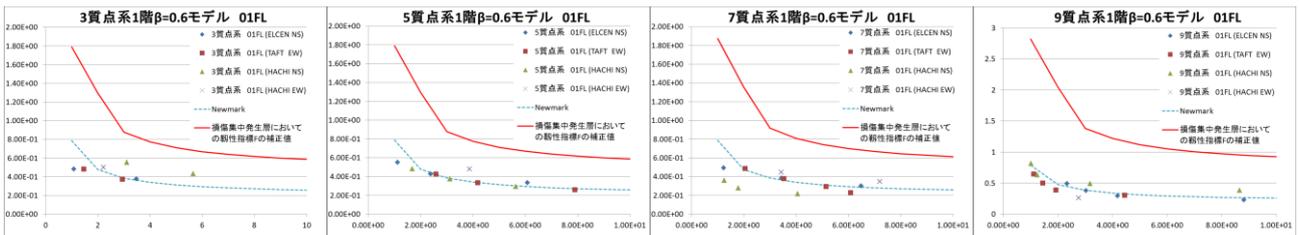


図 3.4 最適降伏せん断耐力×β モデル (1 層 β=0.6)