

4 カ国の耐震コードに基づいて設計された柱の特性

○

名古屋大学工学部 学生員 P. Kongkeo

名城大学理工学部 正会員 石川 靖晃

名古屋大学大学院 正会員 木全 博聖

名古屋大学大学院 正会員 田邊 忠顕

1. はじめに

本研究は、日本・アメリカ・ヨーロッパ・ニュージーランドにおける設計コード(JSCE, Caltrans, EC8, NZs)により試設計された柱の特性を、数値解析より比較・検討することを目的とする。柱の静的及び動的解析には等価連続体化法を用いる。設計コードより計算された耐荷力と解析より得られた応答値を比較することにより、コードの特性を考察する。

2. 等価連続体化法

等価連続体化法では、まずひび割れの発生した鉄筋コンクリート部材を格子に置き換え、鉄筋と共同して格子モデルを形成することを考える。そして、この格子モデルを等価な連続体構成式に導き RC 要素構成則を構築する方法であるが、格子の構成則は単純な1軸応力-ひずみ関係を用いるため、一般に用いられている複雑なモデルを使用する場合に発生するいくつかの問題点を解消することができる。

応力-ひずみマトリックスは以下のように導かれる¹⁾。

$$D = \begin{bmatrix} \sum_1^n \gamma_i \cos^4 \alpha_i & \sum_1^n \gamma_i \cos^2 \alpha_i \sin^2 \alpha_i & \sum_1^n \gamma_i \cos^3 \alpha_i \sin \alpha_i \\ & \sum_1^n \gamma_i \sin^4 \alpha_i & \sum_1^n \gamma_i \cos \alpha_i \sin^3 \alpha_i \\ \text{symm} & & \sum_1^n \gamma_i \cos^2 \alpha_i \sin^2 \alpha_i \end{bmatrix}$$

(1)

ここで $\gamma_i = EA_i/b_i$ 、 E はヤング率、 A_i は格子要素の断面積、 b_i は格子要素間の長さ、 α_i は格子要素の角度である。

3. 4 カ国のコードに基づいた柱の設計

長さ7[m]、30[m]の単柱に対して地動加速度400[gal]及び800[gal]が入力する条件で、4ヶ国の耐震設計コードに基づき合計16本の柱が試設計された²⁾。但し、本研究の解析対象はそのうち長さ7[m]の柱のみである。設計条件を表-1に示し、地動加速度400[gal]で設計された柱の諸元を表-2に示す。

表-1 設計条件

Item	Notation	Value
Pier height	H	7 [m]
Section Shap of pier	Square	
Weight		
pier	W _p	24.5 [kN/m ³]
Superstructure	W _u	7000 [kN]
Concrete		
Design Strength	f' _c	24 [N/mm ²]
Youngs modulus	E _c	25 [kN/mm ²]
Reinforcement		
Yield strength	f _y	345 [N/mm ²]
Youngs modulus	E _s	200 [kN/mm ²]

表-2 4ヶ国の設計断面諸元

	Case a (7 m column, 400 gal wave)			
	JSCE	Caltrans	Euro	NZ
Section [cm]	180 x 180	150 x 150	200 x 200	150 x 150
Main Bar	40 - D51	112-D32	136 - D29	40 - D32
Bar Area [cm ²]	810.80	889.50	873.66	317.68
Bar Ratio[%]	2.50	3.95	2.18	1.41
Tie Bar (Stirrups)	4 - D19	8 - D16	12 - D16	8 - D13
Tie Area [cm ²]	11.46	15.89	23.83	10.14
Spacing [cm]	15.0	15.0	15.0	18.0
Tie Ratio [%]	0.42	0.71	0.79	0.38

4. 解析結果と考察

等価連続体法による解析を行った結果、試設計された4本の柱の静的及び動的解析の結果はそれぞれ図-1と図-2のようになった。同条件で設計された柱であるが、それぞれのコードの違いや設計者の判断によって、断面形状や配置される鉄筋量などは全く異なっている。

静的解析の結果によると、全ての柱が曲げ破壊しており、耐荷力の最大はEC8の5050[kN]で、最小はNZ Codeの1320[kN]である。両者に大きな差異が生じた理由のひとつに断面の大きさが異なる点が挙げられる。NZ Codeで設計された柱が 1.5×1.5 [m]であるのに対し、EC8で設計された柱は 2.0×2.0 [m]である。そこで同一の断面形状を有するCaltransとNZ Codeで設計された柱の解析結果を比較すると、耐荷力はCaltransが3502[kN]に対し、NZ Codeは1320[kN]である。この違いは、NZ Codeでは靱性係数を用いて変形を許容し設計されるのに対し、Caltransでは靱性率について特に規定されていない事その理由として考えられる。しかし、図-1に示した設計で求められたせん断耐荷力と解析結果と比較すると、NZ Codeで設計された柱も十分な性能を有している。同じくCaltrans、EC8も十分であるが、JSCE Codeにより今回設計された柱は、せん断に対してあまり余裕度がない。

動的解析の結果に静的解析の結果を合わせて図-2のように示すと、NZ Code以外の3本の柱はポストピーク付近までしか変形しておらず、十分な性能を有しているといえる。NZ Codeによる柱は400 [mm]付近まで大きく変形しているが、前にも述べたようにNZ Codeでは靱性を考慮しているためであり、この柱もまた十分な性能を有していると考えられる。

5. まとめ

本研究で解析対象とした柱はあくまでも各国の設計コードに基づいて試設計されたものであり、各国における専門家によって設計されたものではない。それゆえ、実際には考慮されるべき事項が欠落している場合もあるため、本解析によってそれぞれのコード特性を正確に評価しているとは言いきれない。しかしながら、各国の耐震設計コードの特徴を示すことができたと思われる。最後に、本研究で使ったプログラムの作成にあたり、前名古屋大学助手の余国雄氏の御助力を頂いた事に対して謝意を表したい。

参考文献

- 1) 久米, 余, 田邊: 平面格子の等価連続体法による構成則を用いた繰返し载荷を受けるRCはりの解析, コンクリート工学年次論文報告集 Vol21, No3, 1999
- 2) T.Tanabe: Comparative Performances of Seismic Design Codes for Concrete Structures, Elsevier, 1999

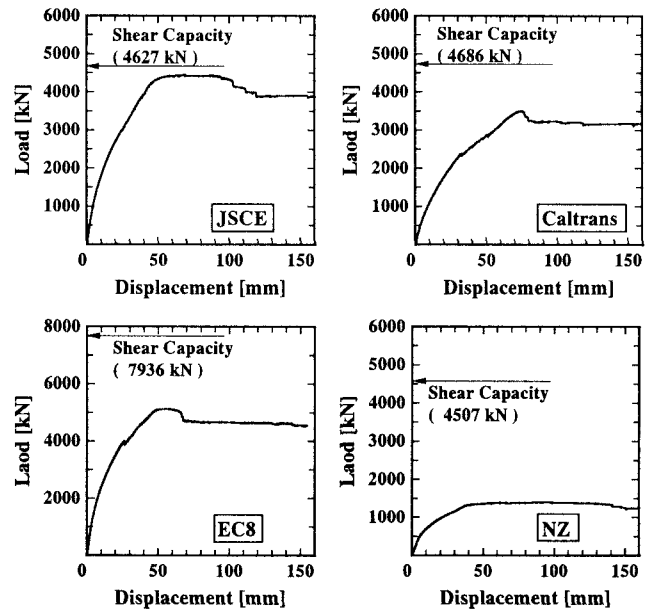


図-1 静的解析結果

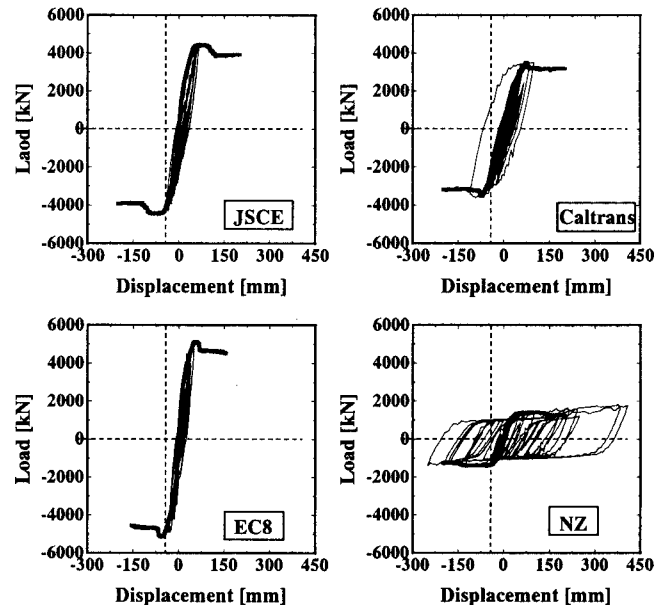


図-2 動的解析結果