

B-30

RC 骨組の地震時と地震終了時における長期荷重による梁の曲げ性状に関する解析的研究 その1 解析概要

Analytical Study on Flexural Behavior of Beams in Reinforced Concrete Frames Subjected to Vertical Load Part 1 Outline of Analysis

姜建毅¹, ○菱田優介², 福井剛³, 浜原正行³Jianyi Jiang¹, *Yusuke Hishida², Tsuyoshi Fukui³, Masayuki Hamahara³

Abstract: Two series of analyses were performed on reinforced concrete frames to investigate the flexural behavior of beams during and after earthquake subjected to reversed loading. The variables include: (1) yield mechanism, (2) beam depth, (3) magnitude of vertical load, (4) yield moment of beams. On the basis of the results the effects of the variables on the flexural behavior of beams in reinforced concrete frames were clarified.

1. はじめに

近年、建物には耐震性だけでなく地震後の修復性や継続使用性についても要求されるようになった。建物の修復性や継続使用性は地震終了後の損傷状況で決まるため、地震後の応力状態を把握することは極めて重要であるといえる。しかし、地震終了後の応力状態に対して検討を行った研究は極めて少なく、問題点がどこにあるのかさえ明らかになっているとは言い難いのが現状である。

地震終了時の応力状態を対象とした研究としては、以下のような例を挙げることができる。

文献 1)では PC 単純梁に対して鉛直荷重の大きさを要因とした正負繰り返し載荷実験を行った。この実験では、PC 梁の地震時挙動に及ぼす長期荷重の影響を明らかにするとともに、残留変形時（すなわち、地震終了時）におけるスパン中央の曲げモーメントがピーク部材角の上昇に伴って顕著に増加し、最終的には M_o を上回るケースがあることを示した。文献 2)では、文献 1)の試験体と同一諸元を有する部材を梁として組み入れた 1 層 1 スパン骨組に対し、鉛直荷重と降伏型を要因とした正負繰り返し解析を実施し、文献 1)で観測されたピーク部材角の上昇に伴うスパン中央曲げモーメントの顕著な増加が骨組中の梁にも見られることを解析的に示した。

文献 3)は実建物を想定した 2 層 2 スパン RC 骨組に対して正負繰り返し解析を実施し、この骨組にも前述した残留変形時のスパン中央モーメントの増加が見られることを示した。

本研究は、長期荷重を受ける 1 層 1 スパン RC 骨組に対する正負繰り返しパラメータ解析を行い、RC 骨組の地震後（残留変形時）における梁の最大曲げモーメントを推定する手法を提案しようとするものである。

2. 解析概要

解析は、梁降伏型骨組を対象としたシリーズ I と柱降伏型を対象としたシリーズ II からなる。解析要因は両シリーズとも梁有効せい d_b 、骨組スパンに対するスラブ短辺方向スパンの比 L_y / L_x 及び梁のモーメント係数 m_u とした。Table 1 にこれら要因の水準を示す。

解析に用いた骨組は Fig. 1(a) に示すような階高 3.6m の 1 層 1 スパン骨組とした。

3. 骨組の諸元の算定

3.1 長期荷重による Q_o , M_o と解析用鉛直荷重

解析の対象とした骨組はオフィスビルを想定しており、スラブせい $t = 150\text{mm}$ 、単位床荷重 $\omega = 6.25\text{kN/m}^2$ とした。長期荷重は以下に示すように床荷重と梁自重の和で与え、梁に働く鉛直荷重は、これと等価な 3 点対称載荷とした。

単純梁とみなした時の長期荷重によるスパン中央曲げモーメント M_o と材端せん断力 Q_o は、それぞれ (1) 式、(2) 式の右辺第 1 項で与えた Fig. 1(b) に示す台形床荷重によるものと、第 2 項で与えた梁自重によるものの和で表すことができる。

$$Q_o = \frac{\omega \cdot L_y (2L_x - L_y)}{8} + \frac{\omega_b \cdot L_x}{2} \dots\dots\dots (1)$$

$$M_o = \frac{\omega \cdot L_y (3L_x^2 - L_y^2)}{48} + \frac{\omega_b \cdot L_x^2}{8} \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 $L_x =$ 骨組スパン $= 10d_b$

$L_y =$ スラブ短辺方向スパン

$\omega =$ 単位床荷重 $= 6.25\text{kN/m}^2$

$$\omega_b = \text{梁の単位長さ重量} = \frac{24b_b \cdot (D_b - t)}{10^6}$$

$D_b = d_b + 60$

$b_b = 0.7d_b$

荷重は Fig. 2 に示すように 3 点集中荷重とし、荷重 P の大きさと梁端部からの距離 a は、上述の Q_0 と M_0 に等しくなるよう (3) 式, (4) 式によって与えた。

$$P = 2Q_0 / 3 \dots\dots\dots(3)$$

$$a = 3M_0 / 2Q_0 - L_x / 4 \dots\dots\dots(4)$$

3.2 梁と柱の終局モーメント

梁と柱の終局モーメントは、それぞれ (5) 式, (6) 式で与える。

$$\text{梁: } M_u = b_b \cdot d_b^2 \cdot F_c \cdot m_u \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{柱: } M_u = b_c \cdot D_c^2 \cdot F_c \cdot m'_u \dots\dots\dots(6)$$

ここに、 $m_u = \frac{q_b(2 - q_b)}{2}$ $m'_u = \frac{\eta_0 - (q_c + \eta_0)^2}{2} + \frac{q_c \cdot d_c}{D_c}$

$$b_c = D_c = d_b(\text{シリーズ I}), \quad 0.8d_b(\text{シリーズ II})$$

$$q_b = \frac{P_{tb} \cdot \sigma_y}{F_c} \quad q_c = \frac{P_{tc} \cdot \sigma_y}{F_c}$$

P_{tb} , P_{tc} = 梁, 柱の主筋比, η_0 = 柱の軸力比

Table 1 Parameters for Analysis

解析要因	水準
$d_b(\text{mm})$	500, 600, 700, 800
L_y / L_x	0.5, 0.75, 1.0
m_u	0.05, 0.075, 0.1, 0.125, 0.15, 0.175, 0.2
長期荷重	スラブなし
	片側スラブ, 両側スラブ
【共通因子】	
梁せい $D_b = d_b + 60$, 梁幅 $b_b = 0.7d_b$, $L_x = 10d_b$	
鉄筋ヤング係数=205000N/mm ² 鉄筋降伏強度=345N/mm ²	
コンクリートヤング係数=21000 N/mm ² コンクリート圧縮強度=24N/mm ²	

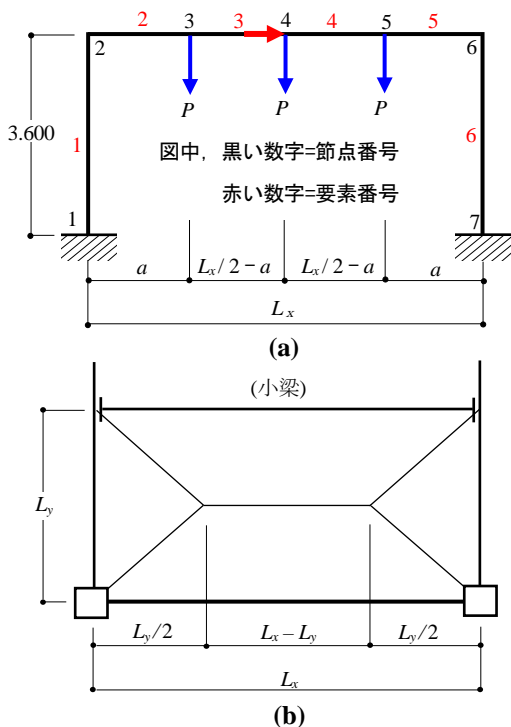


Fig. 1 Outline of Frame

4. 解析概要

骨組の解析には材端バネ法を用いた。梁降伏型においては、柱の鋼材係数を梁の 0.75 倍、軸力比を 1/8 とし、柱降伏型では柱の降伏強度を梁の 0.8 倍、軸力比を 1/16 とした。荷重ルールは、層間変形角 1/200 を基準とし、その 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 倍の変位振幅でそれぞれ正負 2 回ずつ繰り返す。

5. 梁せん断力 Q_b -層間変形角 R 関係

Table 2 にシリーズ I とシリーズ II における典型的な例を挙げ、それぞれの梁せん断力 Q_b と層間変形角 R の関係を示す。

6. まとめ

本研究の背景, 目的, 解析要因, 解析骨組の概要および代表例としたパターンの梁せん断力 Q_b と層間変形角 R の関係を示した。

【参考文献】

- 1) 浜原, 福井, 内田: 長期荷重を受ける PC 梁の復元力特性に関する実験的研究, PC 工学会, 第 15 回シンポジウム論文集, 2006 年 10 月, pp.37-40
- 2) 福井, 浜原, 大塚: 鉛直荷重を受ける PC 骨組の地震時における力学的挙動(その 1~4), 日本建築学会大会梗概集, 2016 年
- 3) 矢田, 坂本: 正負繰り返し水平荷重を受ける RC 骨組の挙動に及ぼす鉛直荷重の影響, 日本大学理工学部学士論文, 2017 年

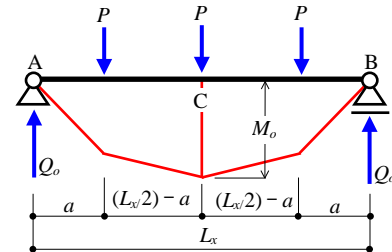


Fig. 2 Stress State Due to Vertical Load

Table 2 Relationship Between Q_b and R ($d_b=700\text{mm}$, $L_y=0.75L_x$)

	m_u	シリーズ I		シリーズ II	
		$Q_b(\text{kN})$	$R(\%)$	$Q_b(\text{kN})$	$R(\%)$
片側スラブ	0.075	800	-4 to 4	400	-4 to 4
	0.15	1200	-4 to 4	800	-4 to 4
両側スラブ	0.05	600	-4 to 4	300	-4 to 4
	0.15	1200	-4 to 4	800	-4 to 4