

鉄筋コンクリート部材の動的荷重に対する復元力特性の影響

1100418 戸田健太

高知工科大学 工学部 社会システム工学科

鉄筋コンクリート建物ではその動的応答解析を行う際の部材の復元力特性は静的実験データをもとにして定義されている。鉄筋コンクリート建物の低層の場合はその固有周期が0.3秒程度から7層でも0.5秒程度である。このような動的な地震荷重に対して部材の復元力特性がどのように変化するかを文献でいくつか調べたが、本研究では動的加力実験を行うことで、RC部材の荷重履歴による粘性減衰の加力速度による変動を検討した。

Key Words :鉄筋コンクリート部材, 復元力特性, 動的加力, 静的加力, 等価粘性減衰定数

1. はじめに

鉄筋コンクリート建物ではその動的応答解析を行う際の部材の復元力特性は静的実験データをもとにして定義されている。鉄筋コンクリート建物の低層の場合はその固有周期が0.3秒程度から7層でも0.5秒程度である。文献^{1), 2)}では超高層RC建物の場合その1次固有周期が数秒になるので、動的復元力特性が静的なものとはあまり変わらないとされているが、低層建物の場合は動的復元力特性に影響されると推察した。そこで動的復元力特性についてその加力周期が0.3~0.5秒程度に着目し、その復元力特性とくに等価履歴減衰定数に着目して、静的加力実験の場合と比較検討することを本研究の目的とした。

2. 文献調査

文献¹⁾では、動的載荷実験においては歪速度の増加による鉄筋及びコンクリートの耐力が上昇し、最大耐力に10%から20%程度の最大耐力の上昇がみられる。また、せん断余裕度が大きくなるにつれて耐力上昇率が低下する傾向がみられる。歪速度の増加による降伏点強度の上昇がみられる。また、動的載荷の場合は梁危険断面に近いところで鉄筋の応力が大きくなる傾向がある。

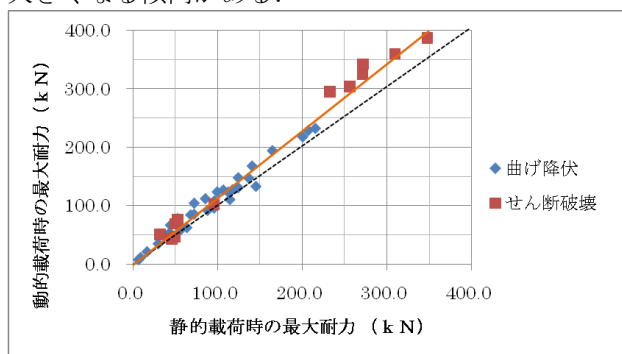


図1 載荷速度の違いによる最大耐力の上昇

3. 梁材の動的加力実験

3.1 試験体

図2に試験体形状を示した。実物の三分の一度の大きさでキャンティレバー型である。試験体の材料・配筋・寸法などはすべて等しいものを製作した。

表1 試験体概要

b×D (mm×mm)	F_c (N/mm ²)	主筋 及び 引張鉄筋比	補強筋 及び 補強筋比	せん断 スパン (mm)
150 × 200	39	SD295 2-D13 (0.8%)	SD295 D6@100 (0.4%)	700

表2 材料強度試験結果(平均値)

コンクリート圧縮強度	D13 降伏点強度
39 N/mm ² (材令35日)	341 N/mm ²

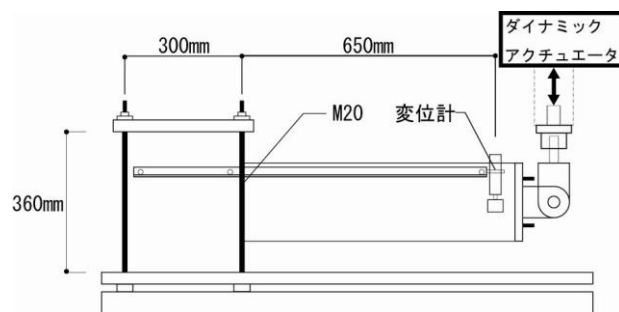


図2 試験体形状

3.2 加力方法

図2に加力装置を示した。実験は高知工科大学構造実験室にあるダイナミックアクチュエータを利用し、キャンティレバーのスタブ部分をM20四本で固定し、同図右端のピンジョイント部分をダイナミックアクチュエータ(DA)に接続した。このDAでは変形制御で4シリーズ行い、変形角 $R = \delta/L$ を1/300、

1/100及、1/50及び1/30の4シリーズで動的加力した。No1の試験体は静的加力として、加力スピードを0.01ヘルツで行った。これは1サイクル100秒となる。

4. 実験結果

加力の制御はMTSヘッドの変位制御で行ったが、この試験装置ではスタブ部分がPC鋼棒のみで固定されているためにこの剛性が不十分で、わずかではあるが試験体が回転してしまい、試験体がMTSの変位とずれた変形をしてしまう。そこでMTSの変位は採用せずにスタブに固定された梁のスタブからの長さ650mmに設置した変位計を基準とした。(図2参照)。

4.1 等価粘性減衰定数heqの計算例

(変形角R=1/100, 動的加力3.00Hz)

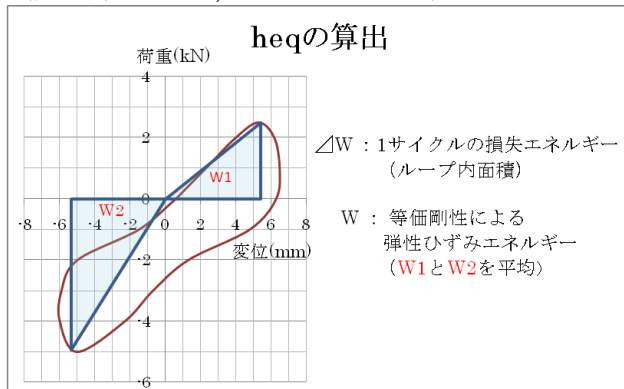


図3 動的加力時の復元力特性

heq(等価粘性減衰定数)

$$= \frac{1}{4\pi} \left(\frac{\Delta W}{W} \right) = \frac{1}{4\pi} \left(\frac{33.4}{9.6} \right) = 0.28$$

4.2 等価粘性履歴減衰

静的及び動的加力実験の荷重履歴曲線から図3に示すような形で履歴減衰定数が求まる。それぞれの試験体では以下のような結果を得た。

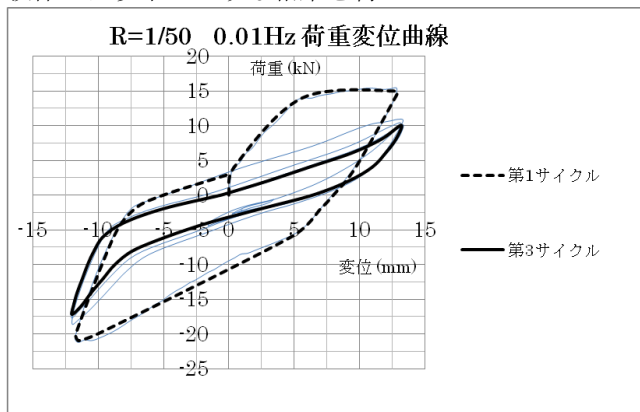


図4 静的加力時の復元力特性

図4は静的加力時の復元力特性の実験結果である。この1サイクル目の等価粘性履歴減衰定数 heq は 0.23 であった。その後3サイクル目からループは曲げ降伏型のため安定し、その時の heq は 0.09 であり、かなり低下した。動的解析でよく用いられる曲げ降伏型の武田モデルでは heq は降伏変形を過ぎてからは一般に 0.15 から 0.20 程度であるが1サイク

ル目はこれとほぼ対応している。ただし定常状態では今回の実験結果は小さい値を示した。

図5及び表3に動的荷重の周波数に応じた等価粘性履歴減衰定数の変化をまとめた。2ヘルツ(周期0.5秒)の動的加力時の定常状態における履歴ループの場合、振幅が変形角にして1/70程度であったが、heqは0.15であった。次に降伏変形をやや過ぎた振幅における動的荷重3ヘルツ(周期0.3秒)の定常状態におけるループではheqが大きくなり0.3程度になった。静的加力の場合のheqも同図に示した。

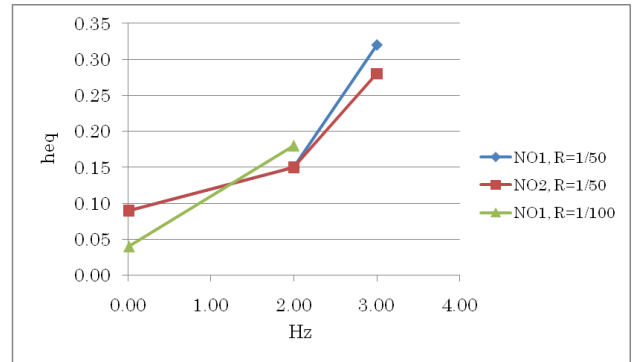


図5 周波数に応じた等価粘性履歴減衰定数

表3 実験結果 (heq) まとめ

	最大変位	Hz	ΔW	W	heq
NO.2(1)	13.2	0.01	318	108	0.23
NO.1	5.5	0.01	18.1	35.8	0.04
	3.6	2.00	32.2	14.5	0.18
	12.8	0.01	98.4	87.5	0.09
	8.6	2.00	57.5	29.9	0.15
	5.8	3.00	30.9	7.8	0.32
NO.2	12.8	0.01	97.8	84.6	0.09
	9.0	2.00	54.5	29.3	0.15
	5.9	3.00	33.4	9.6	0.28

この図にみられるように、動的加力のスピードすなわち1サイクルの加力周期が速くなるほど減衰定数が大きくなる傾向があることがわかった。この原因として、この試験体の主筋定着部で付着応力が働き、これが定常状態の動的加力に対しては静的な荷重状態よりも加力時減力時ともループ面積が大きくなるような抵抗力を発揮するのではないかと推測したが、実証するには要素実験が必要ではないかと考えた。これ以外にこの梁端部の主筋の歪速度増加による歪履歴の影響も考えられるが文献ではこの歪履歴だけからはこのような大きな heq とはならないと考える。

5. 参考文献

- 1) 鹿島建設株式会社 技術研究所 建築構造グループ：歪速度効果を考慮した鉄筋コンクリート造柱部材の三次元解析モデルの開発
- 2) 金子貴司 塩原等 小谷俊介：曲げ降伏後せん断破壊する鉄筋コンクリート梁部材の破壊性状におよぼす動的荷重の影響
- 3) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説、鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説、
- 4) 日本建築学会 関東支部：耐震構造の設計