

繰り返し大変形をうける鉄筋コンクリート部材の特性

Dynamic Properties of Reinforced Concrete Members under Cyclic Large Deformation

魚本 健人*・矢島 哲司*・田村 重四郎**
 Taketo UOMOTO, Tetsuji YAJIMA and Choshiro TAMURA

1. はじめに

土木における鉄筋コンクリート構造物の高応力下での動的挙動に関する研究^{1)~3)}は比較的少なく、その多くは動的試験結果ではなく、静的試験結果に基づいて解析されているのが現状である。しかしながら動的挙動と静的挙動は荷重速度やひび割れ分布の違い等により異なった挙動を示すと考えられる。そこで本研究は、両者の違いを明らかにすることを目的として、鉄筋コンクリート構造物としては極めて単純な単純梁を用い、部材の降伏以降における動的変形特性と静的変形特性がどのように異なっているかを変位制御荷重による実験の結果に基づき検討したものである。

2. 実験概要

2.1 材料およびコンクリート

供試体を使用したコンクリートの配合は表-1に示すとおりである。コンクリートの圧縮強度は267kgf/cm²(材令28日)で、荷重時の平均圧縮強度は285kgf/cm²である。

また使用した鉄筋は、D13(SD35, 降伏点: 37kgf/mm², 引張強さ: 56kgf/mm²)およびD10(SD30A, 降

表-1 コンクリートの配合

骨材最大寸法(mm)	スラブ厚(cm)	目標空気量	W/C (%)	S/A (%)	単位量(kg/m ³)				AE減水剤*(C×1%)
					W	C	S	G	
25	15	4±1(%)	58.0	47.0	171	295	857	975	3.31

*セメントの容量に対する

伏点: 39kgf/mm², 引張強さ: 54kgf/mm²)である。

2.2 供試体

実験に使用した供試体を図-1に示す。寸法は20×20×250cm(スパン210cm), a/d=4.13, p=1.19(%)である。

また各種の測定に関しては部材中央にたわみ測定用の変位計を、鉄筋およびコンクリート表面には所定の場所にストレインゲージを添付してそれぞれの測定を行った。

2.3 荷重方法

(1) 静的荷重

図-2は静的荷重方法を示したものであり、変位制御による4種類の荷重方法(供試体名: I, II, III, IV)で行った。なおここで、部材の降伏変位(δ_y)は10mmである。

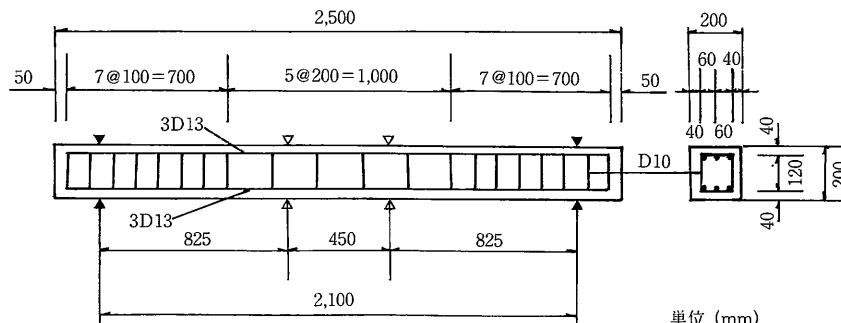


図-1 供試体

*東京大学生産技術研究所 第5部

**東京大学生産技術研究所 第1部

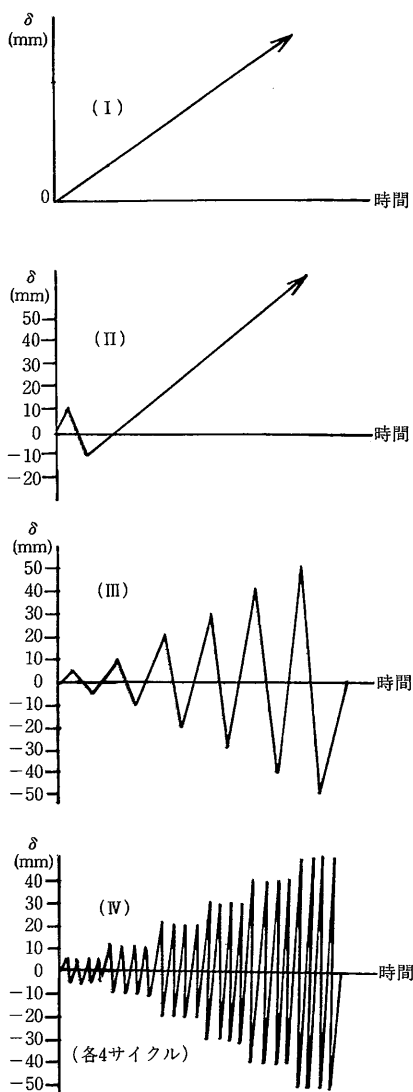


図-2 静的載荷方法

(2) 動的載荷

動的載荷は① $\pm 2\delta_y$ (10mm)、② $\pm 2\delta_y$ (20mm) および③ $\pm 3\delta_y$ (30mm) の3種類の変位制御による正負の同一変位の繰り返し載荷とし、部材が破壊するまで行った。各供試体の載荷速度は、①および②の供試体は0.2Hzで、③の供試体は0.3Hzで載荷を行った。

変位および荷重の計測は、載荷開始より1分間隔で測定を行った。1回の計測時間は①の供試体は5秒間、②および③の供試体は10秒間であり、その時のデータサンプル数は100個である。また操作および処理等はすべてコンピュータでコントロールさせた。

3. 結果および考察

3.1 履歴特性

図-3は本実験における静的履歴曲線および動的履歴ループの結果である。静的載荷においては、Iの供試体の履歴曲線(図-3(A))に示されるように部材の降伏変位は約10mmの点であり、終局変位は71.65mm(最大荷重=7.10ton)であった。III(図-3(C))、IV(図-3(D))の供試体の各変位の1回および4回の繰り返し載荷における各サイクルの最大荷重を結んだ包絡線(スケルトンカーブ)は、Iの一方方向載荷の場合の履歴曲線とほぼ一致しているが、繰り返し載荷の影響により、変位量が $3\delta_y$ (30mm)以上では耐力力がいくぶん低下している。

動的載荷においては、繰り返し回数が增大するにつれ耐力力は低下する。また① $\pm 2\delta_y$ (10mm)(図-3(E))の供試体の履歴曲線はいわゆる逆S字型であり、② $\pm 2\delta_y$ (20mm)(図-3(F))および③ $\pm 3\delta_y$ (30mm)(図-3(G))の履歴曲線は紡錘型を示した。なお静的載荷においても同じ変位量ではほぼ同様な履歴曲線を示した。部材の降伏変位以降の変位の増加にともなうエネルギー吸収量は、じん性率(δ/δ_y)の増加にともない直線的に増加(図-4)し、変位量の違いによるエネルギー吸収量の顕著な差異を示した。しかし動的載荷の場合はエネルギー吸収能力は低下し、 $3\delta_y$ の場合は静的載荷の場合の1サイクル目に比べて約65%程度となっている。

3.2 荷重(P)~繰り返し回数(n)

同一の変位で動的に繰り返し載荷を行った梁の耐力力と繰り返し回数との関係を示したのが図-5である。なお図-5には静的試験におけるIV(4サイクル繰り返し載荷)の場合についても併記した。

図-5における各供試体の耐力力は繰り返し回数の増加にともない徐々に漸減していき、突然破壊に至り耐力力が低下する。耐力力が著しく低下した原因は、① $\pm 2\delta_y$ (10mm)および② $\pm 2\delta_y$ (20mm)の供試体の場合は主鉄筋の切断によるもの、③ $\pm 3\delta_y$ (30mm)の供試体の場合はコンクリートの圧壊によるものである。このことは、本実験の範囲内においては、比較的変形量が小さく繰り返し回数の多い場合の破壊形態は、鉄筋の疲労強度に起因し、変形量が大きく繰り返し回数が少ない場合においては、静的な単調増加による載荷の破壊と同様な挙動を示したものと考えられる。また各供試体の最終繰り返し回数は、① $\pm 2\delta_y$ (10mm)は1352回、② $\pm 2\delta_y$ (20mm)は570回、③ $\pm 3\delta_y$ (30mm)は39回であった。なお併記した静的実験に示されるように、同一の変位で載荷が繰り返される場合、繰り返し回数の増加にともなって耐力力(復元力)は低下する。耐力力の低下は2回目の場合

図-3 荷重～たわみ履歴曲線
図-3 (D)

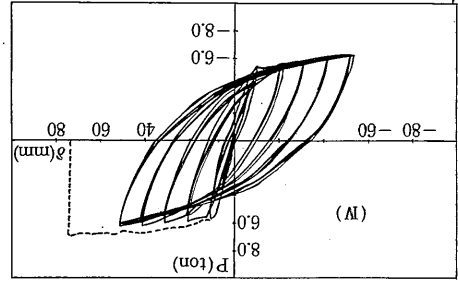


図-3 (C)

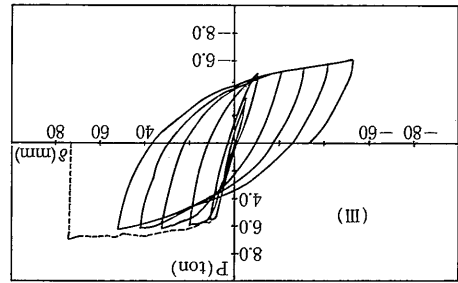


図-3 (B)

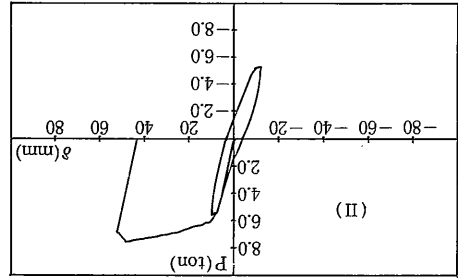


図-3 (A)

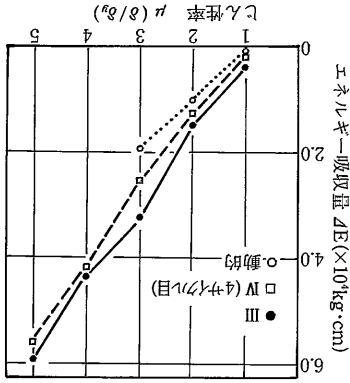
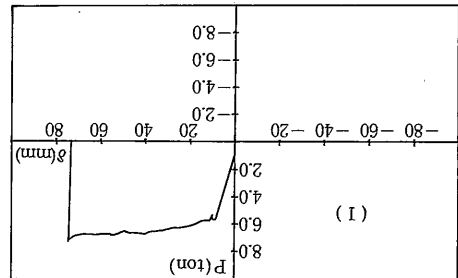


図-4 エネルギー吸収量

図-3 (G)

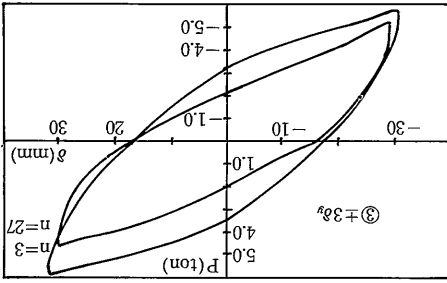


図-3 (F)

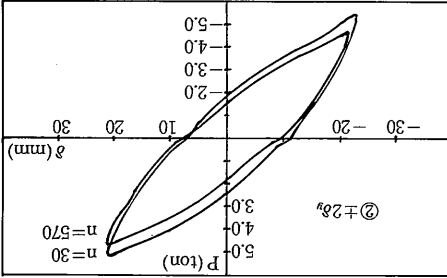
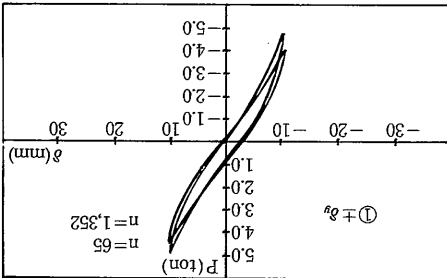


図-3 (E)



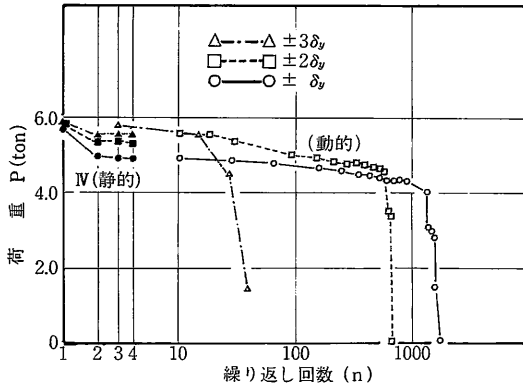


図-5 荷重～繰り返し回数

が最も大きく、本実験の範囲内では変位量の小さいものほど大きく低下し、 $4\delta_y$ 、 $5\delta_y$ の場合は一回目からの低下の割合はわずかであった。

耐荷力の差が比較的小さいにもかかわらず（供試体IIIの各変位における静的最大荷重は、① $1\delta_y$ では5.62ton、② $2\delta_y$ では5.96ton、③ $3\delta_y$ では6.21ton）与えられた変位量の違いにより繰り返し回数が大きな差となって表れたことは、今後の設計等において再認識すべきことであろう。

4. む す び

本実験の範囲内で以下のことが明らかとなった。

- 1) 動的履歴特性は静的履歴特性と同様な挙動を示した。
- 2) 部材の降伏以降における動的繰返し载荷においては、わずかな外力の差でも与えられた変位量の違いにより変形特性は大きな違いとなって表れる。
- 3) $\pm 3\delta_y$ までの動的繰返し载荷の場合、エネルギー吸収量はじん性率の増加にともない静的な場合と同様に直線的に増大する。

謝辞

本研究にあたり多大な御協力を頂いた広島大学工学部第4類 河合研至助手ならびに帝都高速度交通営団に深謝するとともに、本研究で用いた試験用具の製作に携わっていただいた本研究所試作工場の方々には、末筆ながら謝意を表します。 (1990年9月27日受理)

参 考 文 献

- 1) 町田篤彦：第2回コンクリート工学年次講演会講演論文集，1980
- 2) 睦好宏史，町田篤彦：第4回コンクリート工学年次講演会講演論文集，1982
- 3) 町田篤彦：土木学会論文集 第366号，1986