

V-324

正負交番荷重下のコンクリートはり部材の累積消散エネルギーに及ぼす各種要因の影響

京都大学 正員 井上 晋

J R貨物 正員 高橋 顕 丸ノ内建設 正員 以後 有希夫

京都大学 正員 宮川 豊章 京都大学 正員 藤井 学

1. はじめに

大地震時のような正負交番の超過荷重が作用する場合、コンクリート構造物は種々のレベルの損傷を受けると考えられる。この損傷の程度は構造物を構成する各部材の最大応答変位および履歴消散エネルギーと密接な関係があると考えることができ、近年、この考えに基づいた種々の損傷評価指標が提案されている。とくに、各部材が破壊に至るまでに消散することのできる総エネルギーを予め知ることができれば、実荷重作用時に消散した総エネルギーを算出し、両者を比較することにより、その損傷度を判断することができると考えられる。しかしながら、地震荷重が作用する際の各部材の最大応答変位や履歴消散エネルギーに影響を及ぼす要因は非常に多く、正確な損傷評価を行うためにはこれらの影響を定量的に把握しておく必要があると考えられる。本研究では、その第一段階として、正負交番荷重下で曲げ破壊を呈するはり部材の破壊時までの累積消散エネルギーに及ぼす横拘束筋体積比および緊張率の影響を検討した。

2. 研究概要

著者らが行った単調漸増正負交番繰返し載荷試験^{1), 2)}(降伏変位の整数倍の変位で各1回繰返し)および漸増定変位正負交番繰返し載荷試験^{3), 4)}(降伏変位の整数倍の変位で各10回繰返し)のうち、曲げ破壊を呈したPPCおよびPCはり(RCはりは破壊形式がせん断のため除外)の荷重-変位曲線のデータ(それぞれ46体および28体)を用いて、各はりの破壊時までの累積消散エネルギー(履歴ループの面積の総和) ΣE_d を求め、個々の部材の断面耐力の相違による影響を削除するために、それを各部材の降伏荷重の計算値 P_y' と降伏たわみの計算値 δ_y' との積で除した無次元化累積消散エネルギー $\Sigma E_d'$ ($=\Sigma E_d/P_y'\delta_y'$)を計算し、 $\Sigma E_d'$ に及ぼす横拘束筋体積比 ρ_s および緊張率 λ ($=A_s f_{sy}/(A_s f_{sy}+A_s f_{sy})$)の影響を検討した。

実験に用いた供試体は、図1に示すように、いずれも幅×高さ=10×20cmの矩形断面を有し、断面内に鋼材を対称複筋配置したコンクリート単純はりであり、スパン140cm(全長160cm)に対して曲げスパン20cm、せん断スパン60cmの対称2点載荷を行った。

解析の対象としたはりの横拘束筋体積比 ρ_s の範囲は $0 \leq \rho_s \leq 2.98$ (%)であり、緊張率 λ の範囲は $0.4 \leq \lambda \leq 0.937$ である。また、これらのはりに用いたコンクリートの強度 f_c' は $317 \leq f_c' \leq 841$ (kgf/cm²)であり、それによって計算される鋼材指数 q ($=A_s f_{sy}/(b d_s f_c') + A_s f_{sy}/(b d_s f_c')$)の範囲は $0.122 \leq q \leq 0.447$ である。なお、 ΣE_d を計算するにあたっての破壊の定義は、曲げ耐力が正、負いずれかの方向において実最大曲げ耐力の80%以下に低下した時点とし、破壊が生じたサイクルで消散されるエネルギーは ΣE_d に加えるものとした。また、荷重履歴については、単調漸増正負交番繰返し載荷(各変位1回繰返し)と漸増定変位正負交番繰返し載荷(各変位10回繰返し)に分けて考えることとした。これは、累積消散エネルギーが載荷履歴により影響を受けるためである。

3. 結果および考察

単調漸増正負交番繰返し載荷を行ったはりの破壊時までの無次元化累積消散エネルギー $\Sigma E_d'$ と横拘束筋体積比 ρ_s および緊張率 λ との関係をそれぞれ図2および図3に示す。

図2より、 $\Sigma E_d'$ は λ がほぼ等しいグル

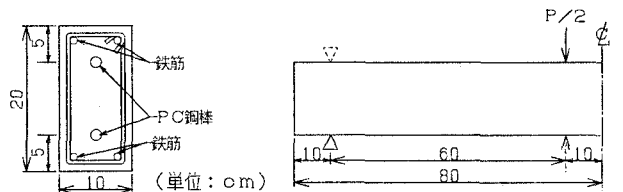


図1 供試体の形状・寸法

ープ内では、 $0 \leq \rho_s \leq 2.98\%$ の $\Sigma E_d'$

範囲で ρ_s の増加とともにほぼ直線的に増大する傾向が認められる。しかしながら、その増加率は λ の影響を受け、 λ が大きくなるほど増加率は減少することがわかる。一方、図3より、 $\Sigma E_d'$ は ρ_s がほぼ等しいグループ内では、 $0.4 \leq \lambda \leq 0.937$ の範囲で λ の増加とともに直線的に減少する傾向があり、また、その減少率は ρ_s が大きいくほど大きくなること

が認められる。なお、漸増定変位正負交番繰返し载荷を行ったはりについても同様の傾向が認められた。

以上の結果より、 $\Sigma E_d'$ と ρ_s および λ の関係を次式のように定式化した。

$$\Sigma E_d' = a + b \rho_s (1 - \lambda) + c \rho_s + d (1 - \lambda)$$

ただし、 a, b, c, d は係数、 ρ_s は%

上式について最小自乗法により係数 a, b, c, d を求めた結果を表1

に示す。また、この回帰式により求めた $\Sigma E_d'$ の計算値（ $\Sigma E_d'_{cal}$ ）と実験値（ $\Sigma E_d'_{exp}$ ）の関係を図4に示す。

図4より、単調漸増正負交番繰返し载荷および漸増定変位正負交番繰返し载荷下のPPCおよびPCはりの破壊時までの累積消散エネルギーは上式により適度の精度をもって推定できると考えられ、各部材が破壊時までに消散することのできるエネルギーを種々要因の関数として求めておけば、部材が実荷重により消散した累積エネルギーを求めることにより、その損傷程度を判定することが可能であると考えられる。

5. あとがき

本研究では、コンクリートはり部材の破壊時までの無次元化累積消散エネルギーに及ぼす横拘束筋体積比および緊張率の影響を検討するとともに、その関係の定式化を試みた。その結果、ある程度の精度をもって破壊時までの累積消散エネルギーを推定できることが明らかとなったが、累積消散エネルギーはここで検討したもの以外の要因や载荷履歴、破壊形式などによっても影響を受けると考えられ、今後、さらに多くのデータを用いてその影響を定量化することが必要であると思われる。

参考文献

- 1)井上ら：第42回土木学会年講概要集，第5部，pp.232-233，昭和62年
- 2)高橋ら：平成2年度土木学会関西支部年講概要，平成2年（印刷中）
- 3)勝野ら：第41回土木学会年講概要集，第5部，pp.135-136，昭和61年
- 4)以後ら：第43回土木学会年講概要集，第5部，pp.610-611，昭和63年

図2 $\Sigma E_d'$ に及ぼす ρ_s の影響
（単調漸増正負交番繰返し载荷）

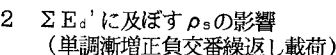


図3 $\Sigma E_d'$ に及ぼす λ の影響
（単調漸増正負交番繰返し载荷）

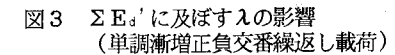


表1 最小自乗法による係数

	単調漸増	漸増定変位
a	-4.11	-27.4
b	51.22	171.7
c	-0.17	1.84
d	52.25	76.83

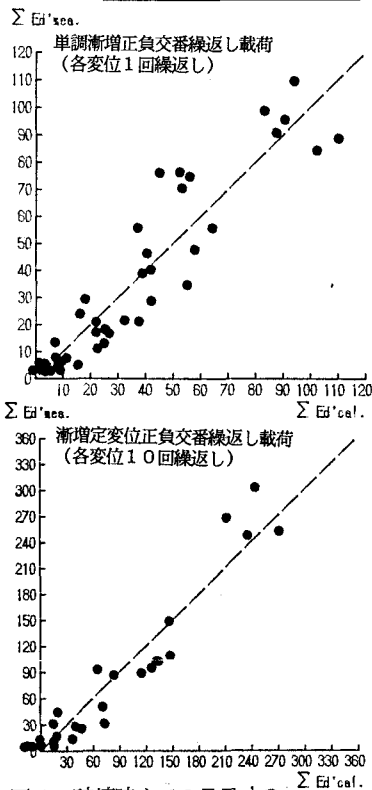


図4 破壊時までの $\Sigma E_d'$ の実験値と計算値の比較