

正負交番繰返し载荷されたRC梁における消費エネルギーの分布特性

宮城県

正会員 本郷和徳

芝浦工業大学

正会員 矢島哲司

東京大学生産技術研究所 正会員 魚本健人

1. はじめに

大地震時においては、鉄筋コンクリート（以下、RC）構造物は繰返し塑性変形を受ける。それゆえ被災後の構造物の損傷程度を正確に知ることは重要である。しかし、RC構造物は、力学特性が異なるコンクリートと鉄筋の複合材料であるので、損傷や破壊のメカニズムは多くの要因によって影響を受ける。

そこで本研究は、RC部材の累積損傷と関係がある消費エネルギーに着目し¹⁾、有限要素法解析および実験によって、正負交番繰返し载荷されたRC梁を対象に、梁の消費エネルギーの分布性状および構成材料である鉄筋の消費エネルギーの分担割合等を求め、損傷および破壊との関係を検討した。

2. 試験体および载荷振幅

対象とした試験体は図-1および表-1に示す15cm×20cm×250cmでスパンが210cmの同一寸法のRC梁である。この梁は主鉄筋比、腹鉄筋比および a/d を変化させた3種類（T試験体、S試験体、UT試験体）である。解析は三島²⁾の開発した正負交番载荷に適用可能な「RC離散ひびわれモデル」による有限要素法解析プログラムを用いた。载荷振幅は解析の静的一方向载荷より得られた部材の降伏変位(δy)（T: $\delta y=7\text{mm}$ $P_y=3.35\text{t}$, S: $\delta y=7\text{mm}$ $P_y=4.33\text{t}$, UT: $\delta y=5\text{mm}$ $P_y=1.81\text{t}$)を基に $\pm 2\delta y \sim \pm 5\delta y$ の変位制御による正負交番繰返し载荷である。

3. 各サイクルの消費エネルギー量

図-2にT試験体の荷重～変位履歴曲線の実験結果および解析結果の一例を示す。1サイクル目はいずれの試験体においても圧縮側のコンクリートが抵抗して消費エネルギー量は最も大きな値となる。解析では繰返しによる材料の損傷および時間効果はモデル化されていないため、3サイクル目以降は曲線が定常化する。解析結果は他の試験体の载荷振幅においても実験結果とよく一致しており、本解析が適用可能であると判断して以下のエネルギー特性を求めた。図-3は各試験体の3サイクル目の解析結果および実験結果から求められた破壊時までの1サイクル当たりの平均消費エネルギー量と载荷振幅との関係を示す。消費エネルギー量は载荷振幅が大きくなるに従い、いずれもほぼ直線的に増加している。また、実験結果の平均値

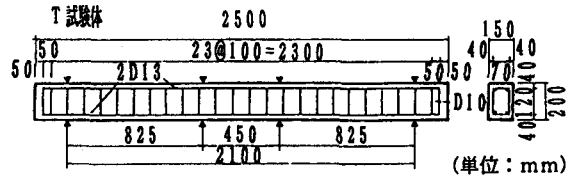


図-1 試験体諸元

表-1 試験体諸元および材料の性質

項目 試験体	断面 $h \times b$ (mm)	a/d	鉄筋				コンクリート 強度 (kgf/cm^2)
			鉄筋量 $A_s=A_s'$ (cm^2)	降伏点 (N/mm^2)	引張強さ (N/mm^2)	鉄筋比 ($p=p'$)	
T	200×150	5.16	2D13 2.53(cm^2)	368	561	1.05	400
UT			2D10 1.43(cm^2)	330	470	0.59	
S		3.91	2D13 2.53(cm^2)	368	561	1.05	

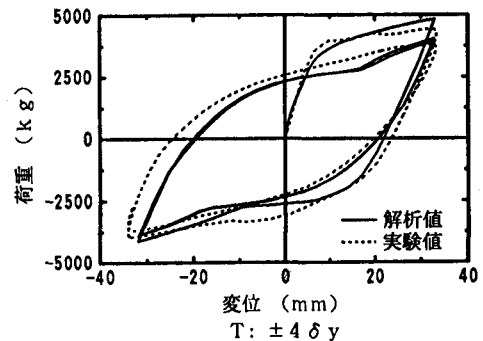


図-2 荷重～変位履歴曲線

は繰返しによる損傷のため¹⁾、載荷振幅が大きいほど解析結果の3サイクル目に比べて消費エネルギー量は減少（21%～29%）している。

4. 消費エネルギー量の分布性状

図-4は解析によって求められた3サイクル目の梁全体に配置した各R/C接合要素（実験結果のひびわれ性状を参考）における上、下縁鉄筋の消費エネルギー量の分布性状例である。鉄筋の消費エネルギー量の算出は、各接合要素（ひびわれ部分）の鉄筋の応力～開口変位（平均ひびわれ幅）履歴曲線から求めた。また、図-5は図-4の分布性状を基にして求められた鉄筋が受け持つ分担率を示す。梁全体の消費エネルギー量は荷重～変位履歴曲線から求めた。これらの図から各試験体とも曲げ区間内の鉄筋の消費エネルギー量が全体の消費エネルギー量の大部分を占めていることがわかる。また、部材の消費したエネルギー量の9割以上を鉄筋が消費している。このことは、実験における梁の破壊が全て曲げ区間内の鉄筋の破断であったことと一致している。載荷振幅の変化との関係では載荷振幅が増大するほど曲げ区間外の載荷点近傍の消費エネルギー量が大きくなり、実験結果のT試験体における $\pm 5\delta y$ の破壊が載荷点直下であったことと一致している。また、 a/d が小さいS試験体は、他の試験体に比べて曲げ区間内における鉄筋の消費エネルギー量分担率が小さいので、大振幅においては曲げ区間外

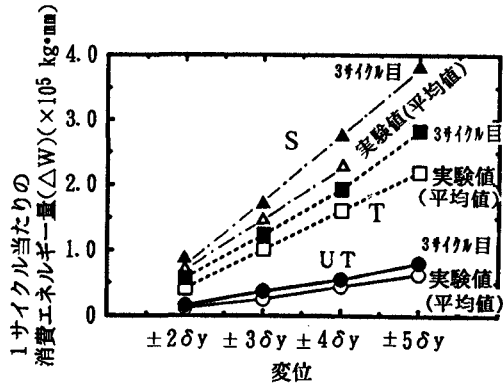


図-3 消費エネルギー量の載荷振幅による変化

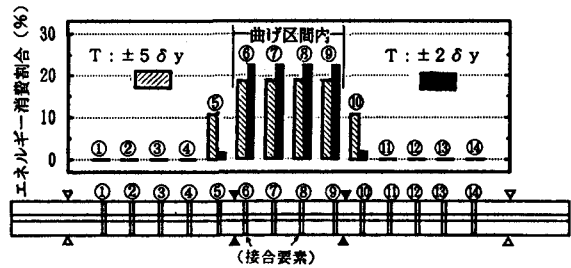


図-4 消費エネルギーの分布性状（3サイクル目）

分担率が小さいので、大振幅においては曲げ区間外の分担率が増加してせん断破壊に移行する傾向を示した。

5. まとめ

解析結果より、正負交番繰返し載荷されたR/C梁の消費エネルギー量の大部分を曲げ区間内の鉄筋が消費していることがわかった。このことは実験における梁の破壊が全て曲げ区間内の鉄筋の破断であったことと一致している。

なお、本研究は、発表者が芝浦工業大学 大学院在学中に東京大学生産技術研究所 第5部 魚本研究室において行ったものである。また、本研究の遂行にあたり、前田建設工業（株）技術研究所 三島徹也氏に懇切丁寧なご指導を頂きました。ここに深謝の意を表します。

参考文献：1）魚本健人、矢島哲司、本郷和徳；繰返し曲げ

を受けるR/C梁の消費エネルギーによる破壊特性評価、土木学会論文集 No. 460/V-18, 1993. 2

2）三島徹也、原夏生、前川宏一；交番載荷によるR/Cひびわれ面でのせん断剛性のメカニズム、土木学会論文集 No. 442/V-16, 1992. 2

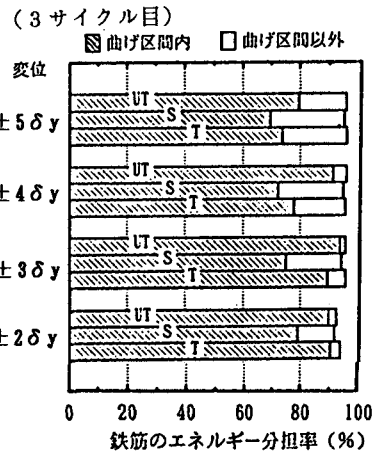


図-5 鉄筋の消費エネルギー量分担率