

埼玉大学大学院 学生員 ○豊田 和彦
 埼玉大学 正会員 陸好 宏史
 埼玉大学 正会員 町田 篤彦

1. まえがき

R C 構造物の耐震性能を評価する場合、許容応力度あるいは耐力による検討が一般に行われているが、最近、変形性能についての検討が重要視され始めている。本研究は、R C 部材の大変形領域における力学的性状、特に終局変位を定量化するために、R C 橋脚を想定した供試体を用いて実験を行うとともに既往の実験結果の再整理を行った結果を取りまとめたものである。

2. 終局変位の定義

本研究では、いくつかの異なる載荷方法による実験結果を取り扱った。各々の実験より得られる荷重-変位 ($P-\delta$) 曲線には若干の相違があるため、供試体の終局状態を同一基準で決定する終局変位 δ_u に関して載荷方法によって異なる定義が必要である。静的交番繰り返し載荷実験の場合、図 1 のように履歴曲線から求めた $P-\delta$ 包絡線において、荷重が一度降伏荷重を超え、最大荷重を経て再び降伏荷重まで低下する直前の変位段階の変位を終局変位と定義した。この定義方法は日本建築センター鉄筋コンクリート短柱委員会によるものである。静的交番載荷を受ける R C 部材では、このような変位以後、急激に耐力を失うことが一般に知られており、このことから上記の定義は部材の終局状態を表す妥当なものであると言える。R C 橋脚を想定した片持ち梁供試体の頂部に重錘を固定して、フーチング部を振動させた動的交番繰り返し載荷実験の場合、供試体が共振に近い状態にあるか否かによって頂部に作用する荷重がばらつき、静的交番繰り返し載荷実験と同様の方法で終局変位を定義することはできない。そこで、履歴ループ毎の履歴消費エネルギー ΔW に着目した結果、図 2 のような関係を得た。同図より、 ΔW は降伏変位を越えた後、増加が急激になり、荷重が序々に低下してもさらに増加し、破壊に至る直前に低下していることが明らかになった。このことから、動的交番繰り返し載荷実験においては、履歴消費エネルギーが最大となるループの、正負最大変位の平均値を終局変位と定義した。一方向単純載荷実験では、静的交番繰り返し載荷実験と同様の方法で終局変位を定義できる場合もあるが、図 3 のように、 $P-\delta$ 曲線において降伏荷重が最大荷重となり、以後荷重が低下するような場合には、せん断ひびわれが発生する前後の $P-\delta$ 曲線を各々直線とみなし、その変曲点の変位を終局変位と定義した。以上の方法によって定義した終局変位は、いずれもせん断ひびわれが発生して耐力が急激に低下し始める変位であるという基準を満足しており、一義的に変形性能を表す有効な目安となっている。

3. 変位の分解

R C 橋脚を想定した片持ち梁供試体の変位は、橋柱上部の曲げひびわれ域 (通常の曲げひびわれが発生する程度で損傷の少ない部分) による変位 δ_1 、橋柱下部のせん断ひびわれ域 (斜めひびわれを含む大きな損傷を受ける部分) による変位 δ_2 、フーチング部からの主鉄筋の引き抜けによる変位 δ_3 に分解できる (*2)。中

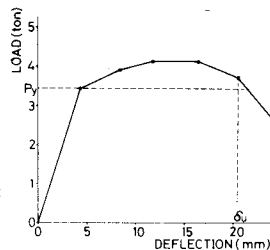


図 1

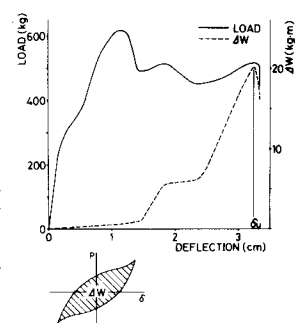


図 2

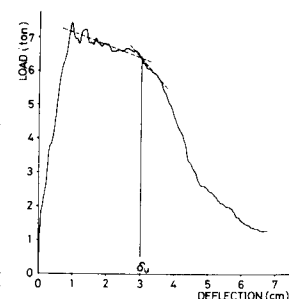


図 3

央にフーチングを想定した断面拡大部分を設けた単純梁供試体を用い、全変位の他に固定端から橋柱断面の有効高さ d の位置の変位及び変位角とフーチング内の主鉄筋の歪分布を測定して3つの変位成分を実験的に分解した(図4)。

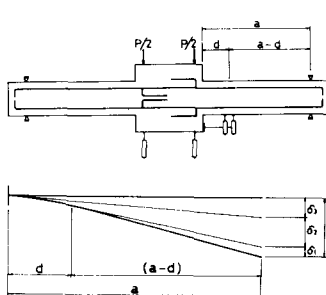


図4

解析には、橋柱部の変形に曲げ理論を、引き抜けによる変形に土木研究所の耐震設計法(*5)の方法を各々用いた。実験値と計算値の δ_1 , δ_2 , δ_3 の例を図5に示した。 δ_1 は主鉄筋降伏以後ほとんど増加せず、実験値と計算値はよく一致している。実験値の δ_2 は終局時に近づいて大きく増加しているが、これは斜めひびわれが発生したためであり、計算値ではこれを追跡できていない。実験値の δ_3 は降伏後大きく増加し、終局時に近づいてわずかに増加傾向が鈍っている。この供試体では、 δ_3 が全変位の大きな部分を占めたが、終局変位はせん断ひびわれの発生によって決定されることから、終局変位を3成分に分解すれば δ_2 が最も重要な役割を持つと考えられる。

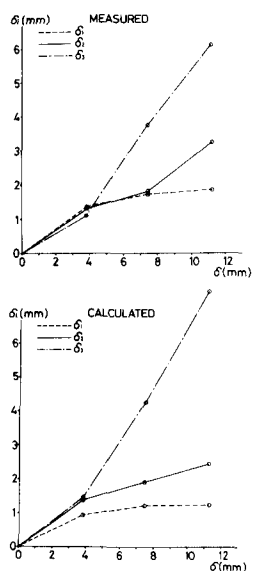


図5

4. μ_2 と V/M の関係

一般に曲げ耐力の等しい供試体ではせん断耐力の大きいものほど終局変位が大きくなることが認められている(*1)。また静的交番繰り返し载荷実験においては、せん断耐力と曲げ耐力の比 V/M と終局時の δ_2 との間に強い相関性があることも認められている(*3)。本研究では静的交番繰り返し载荷実験の他に動的交番繰り返し载荷実験や一方単純载荷実験についても2で述べた定義方法によって決定した終局変位を分解して検討した。この結果、図6のようにせん断耐力と曲げ耐力の比 V/M と、終局時と降伏時の δ_2 の比すなわち δ_2 に関する靱性率 μ_2 との間には強い相関性があり、両者の関係はほぼ直線に近似できることが明らかとなった。最小二乗法によって求めた関係式は

$$\mu_2 = 4.87 \cdot V/M - 3.20$$

となり、このとき相関係数 $r = 0.907$ であった。3つの変位成分が独立に測定されていない実験結果については計算値を用いて変位を分解した。 V/M を計算すれば、上式から終局時の δ_2 を求めることができ、さらに終局変位 δ_u を求めることができる。従来の曲げ理論によればせん断ひびわれを無視した $P-\delta$ 曲線を求めることができるが、これに上式を用いて解析的に求めた終局変位をプロットしてRC部材の終局状態を定量化した $P-\delta$ 曲線のある程度の精度で得ることができる(図7)。上式を求めるにあたり、任意の変位段階における繰り返し回数の異なる実験結果も一括して取り扱ったが、静的交番繰り返し

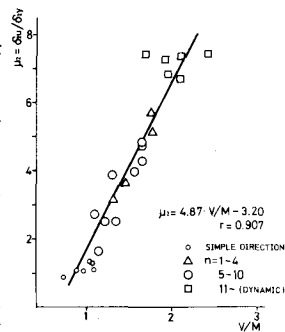


図6

载荷実験に関する限り10回程度の繰り返し回数の相違が終局変位に与える影響は無視でき、一方単純载荷実験においても上式により終局変位を推定できることが明らかとなった。ただし、動的交番繰り返し载荷実験については他の実験結果に比べ、ばらつきが大きかったので、今後さらに研究する必要があると思われる。

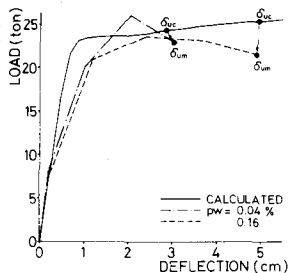


図7

(参考文献)

1. 植貝 「曲げ降伏後における鉄筋コンクリート部材のせん断破壊」昭和56年度科学研究費補助金研究成果報告書
2. 浦上ら 「静的交番载荷を受けるRC橋脚の変位分解に関する研究」第38回土木学会年次講演会, S 58
3. 橋本ら 「静的交番载荷を受けるRC橋脚の終局変位に関する研究」第38回土木学会年次講演会, S 58
4. 太田 「単一柱形式鉄筋コンクリート橋脚の耐震設計法に関する研究」土木研究所報告 第153号, S 55
5. 「コンクリート構造物(橋脚・橋台)耐震設計法(案)」土木研究所資料 第1284号, S 52