

高強度鉄筋を用いたRC部材の高応力繰返し下の耐荷特性

京都大学 正員 岡田 清, 小林 和夫, 井上 晋

大阪府立高専 正員 武市 康裕 大阪府庁 正員 松江 琢也

1. まえがき 本研究は、主鉄筋として普通鉄筋(SD30)または高強度鉄筋(SD50)を用い、静的終局曲げ耐力をほぼ等しくしたRCはりにおいて、鉄筋強度・鉄筋径、横拘束筋ピッチなどが引張鉄筋降伏後の高応力繰返し下での耐荷力や塑性変形特性に及ぼす影響を一方、正負交番載荷試験によって検討し、高強度鉄筋を用いたRC部材の耐震設計上の基礎資料を得ることを目的とするものである。

2. 試験概要 使用した高強度鉄筋と普通鉄筋の実強度を表1に示す。供試体は断面寸法とコンクリート設計基準強度($\sigma_{ck}=400 \text{ kg/cm}^2$)を同一とし、計算上静的終局曲げ耐力をほぼ等しくしたSD30-2D16, SD30-3D13, SD50-2D13の3種類の複鉄筋対称断面のRCはりとした。横拘束筋(矩形閉合スタラップ)ピッチは $S=\infty, d/2, d/4$ (d :有効高さ)の3水準とし、これらをスパン中央部の約60cm区間に配置した。供試はりの断面形状・寸法、種類をそれぞれ図1、表2に示す。載荷試験は以下の2方法によって実施した。

1) 一方向載荷試験: 載荷点たわみ $\delta=3^{\text{mm}}$ ($\theta=0.005$), 6^{mm} ($\theta=0.01$), 9^{mm} ($\theta=0.015$)...の変位レベルで各1回の完全除荷-再載荷による一方向の漸増繰返し載荷。

2) 正負交番載荷試験: 載荷点たわみ $\delta=9^{\text{mm}}$ ($\theta=0.015$), 18^{mm} ($\theta=0.03$), 27^{mm} ($\theta=0.045$), 36^{mm} ($\theta=0.06$), 45^{mm} ($\theta=0.075$)の漸増変位下における各1回の正負等変位の交番載荷。なお、ここでは載荷点たわみとせん断スパン長との比を部材角 θ とした。

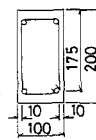
3. 試験結果および考察 表2、図2に各RCはりの降伏荷重・最大耐力、荷重～たわみ曲線を示す。なお、表2の計算値 P_u は主鉄筋の実降伏強度を用いたACI式による終局曲げ耐力を示す。また、図2-(1)中のたわみ計算値はParkらの応力～ひずみモデルを準用したもので、計算値1、2は鉄筋のひずみ硬化領域の形状をそれぞれ曲線、直線で近似したものに対応する。

表2-(1)によると、一方向載荷では最大荷重と降伏荷重の比は、 $S=d/4$ では $S=\infty$ より10%程度大きく、適当な横拘束筋の配置によって降伏荷重以後もかなり大きな

表1 使用鋼材の実強度

鉄筋の種類	降伏点 (kg/cm^2)	引張強度 (kg/cm^2)
SD30 D16	3820	5920
SD30 D13	3640	5600
SD50 D13	5370	6940

SD30-2D16
SD50-2D13



SD30-3D13

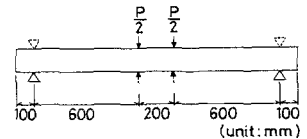
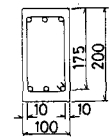


図1 はりの断面形状・寸法

表2-(1) はりの種類・耐力(一方向)

Name	As=As'	S	q	Mea. P_y (t)	Cal. P_y (t)	Mea. P_u (t)	Cal. P_u (t)
SD30-2D16	2D16	∞	0.206	9.02	10.10	7.00	1.44
	d/2			9.38	7.00	1.34	8.60
	d/4			9.64	7.00	1.38	9.39
SD30-3D13	3D13	d/4	0.175	8.64	10.75	6.52	1.65
SD50-2D13	2D13	d/4	0.172	8.41	9.00	6.42	1.40
	∞			8.10	9.40	6.42	1.46

1) $\delta=62.5\text{mm}$ 時の耐力

2) $\delta=50.4\text{mm}$ 時の耐力

表2-(2) はりの種類・耐力(正負交番)

Name	As=As'	S	q	正方向		負方向	
				Mea. P_y (t)	Cal. P_y (t)	Mea. P_y (t)	Cal. P_y (t)
SD30-2D16	2D16	∞	0.206	9.38	7.00	1.34	8.60
	d/2			9.64	7.00	1.38	9.39
	d/4			10.18	7.00	1.45	9.51
SD30-3D13	3D13	d/4	0.175	9.48	6.52	1.45	9.64
SD50-2D13	2D13	∞	0.183	8.63	6.37	1.35	7.79
	d/2			8.75	6.37	1.37	8.31
	d/4			9.13	6.37	1.43	8.60

耐力の上昇が期待できる。また、図 2-(1) から、SD30、SD50 の両 RC はりとも $S=\infty$ の場合でも最大耐力時と降伏荷重時のたわみ比は 7 程度となり、本供試体のように複鉄筋対称断面ではかなりじん性に富んだ塑性変形特性を有する。

一方、正負交番載荷では、横拘束筋ピッチ $S=\infty, d/2, d/4$ の順に最大耐力は大きく、より大きな変位レベルまで安定した紡錘型の履歴ループを示している。本供試体では、スパン中央部最大曲げモーメント区間に隣接した断面高にほぼ等しい区間のせん断スパン内にも横拘束筋を配置したが、正負交番載荷下で著しく進展した X 字型せん断ひびわれの一部がこの横拘束筋を横切るため、それを密なピッチで配置した供試体ではじん性がかなり向上し、最大耐力も若干増加したものと考えられる。

しかし、図 2-(2) のように、主鉄筋降伏以後の高塑性変形領域内で正負交番荷重を受ける RC はりは、主鉄筋種類や横拘束筋ピッチなどで差はあるが、一方向載荷 ($P-\delta$ 包絡線を図 2-(2) に破線で併記) に較べてかなり脆性的な挙動を示す点が注目される。これは、前者の場合には $\delta=18 \sim 27 \text{ mm}$ 程度の変位レベルで発生し始めたせん断ひびわれが X 字型となり著しく進行し、コンクリートの負担せん断力が急激に減少することによるものと考えられる。

図 3 に正負交番載荷下の荷重～たわみ履歴ループから求めた等価粘性減衰定数 heq と部材角 θ の関係を示す。

heq は、 $\theta \leq 0.03$ では主鉄筋種類や横拘束筋ピッチにほとんど影響されず、 $\theta=0.015$ で 0.15、 $\theta=0.03$ で 0.25 前後の値を示す。しかし、 $\theta > 0.03$ における heq は、これら 2 要因によりかなり異なる。

本研究結果から SD50 の RC はりは SD30 とほぼ同等の耐荷特性を有すると考えられる。

なお、SD50 鉄筋としては神戸製鋼社製のものを使用した。ここに厚くお礼申し上げる。

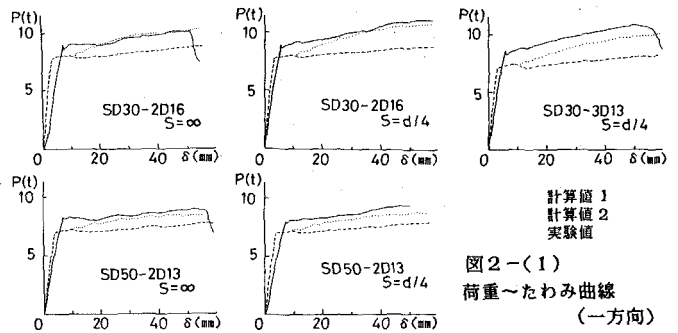


図 2-(1)
荷重～たわみ曲線
(一方向)

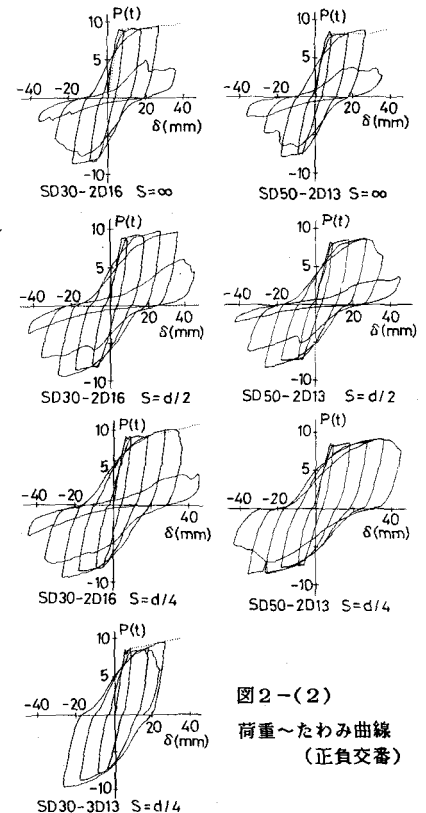


図 2-(2)
荷重～たわみ曲線
(正負交番)

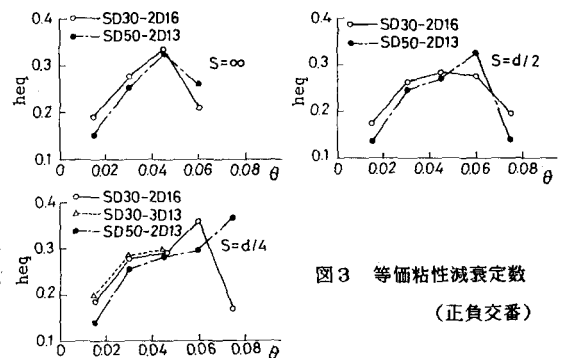


図 3 等価粘性減衰定数
(正負交番)