

岐阜大学工学部 正会員 岩瀬裕之

大畑恵哲

小柳 浩

1. まえがき

鉄筋コンクリート構造物の設計において靱性の概念を導入するには、構造物の強度のみならず変位を含めた破壊過程を明らかにし、また破壊過程におよぼす各種要因とその影響を明確にすることが重要と考える。

本研究では、曲げを受ける鉄筋コンクリートはりを対象として、破壊過程を特徴づける点である引張鉄筋の降伏開始点、降伏終了点（曲げ破壊過程においてははり上縁ひずみが増加し曲率が増加しても引張鉄筋ひずみが増加から減少に転ずる点）、破断点、ならびに引張鉄筋が加工硬化域に入る点をとりあげ、これらの点を含む荷重変位曲線について数値計算により検討を行なった。すなわち、コンクリートおよび鉄筋の応力ひずみ曲線の形状、鉄筋比、ならびに軸力がRCはりの耐力ならびに荷重変位曲線の形状におよぼす影響について検討した。なお、数値計算に用いたプログラムは、コンクリートと鉄筋の材料特性を基にしてひずみの平面保持と力の釣り合いより断面のモーメント・曲率関係を求め、次にそれをはり全体に適用して荷重変位曲線を求めるものである。

2. 計算例

検討したRCはりの断面形状ならびに載荷スパンを図1に示す。断面は幅10cm、有効高さ15.4cmの長方形断面である。載荷スパンは125cm(50+25+50cm)とした。コンクリートの応力ひずみ曲線としては、円柱状試体(φ10×20cm)の載荷試験より得られた応力ひずみ曲線(図2(a)破線)下の面積を、スターラップの拘束効果を考慮して1.6倍したもの(図2(a)実線)を用いた(塑性ひずみ量を1.6倍、圧縮強度は不変)。鉄筋の応力ひずみ曲線は同じく載荷試験により得られたものを基に加工硬化を考慮した。また鉄筋の破断ひずみは、過去に行なった鋼繊維補強コンクリートはりの載荷試験時の実験結果¹⁾より12%とした。図2(a)にはコンクリートならびに鉄筋の応力ひずみ曲線を示す。コンクリートの圧縮強度 $\sigma_c = 37.0 \text{ kg/cm}^2$ 、鉄筋の降伏強度 $\sigma_y = 36.0 \text{ kg/cm}^2$ 、引張強度 $\sigma_u = 52.7 \text{ kg/mm}^2$ とす

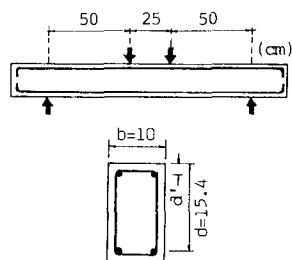


図1 はりの形状

表1 検討した条件

計算例	p (%)	p' (%)	d' (cm)	N (kg)
P05	0.5	0	—	0
(a) P15	1.5	0	—	0
P30	3.0	0	—	0
P65	6.5	0	—	0
W2	1.5	1.5	2.5	2000
(b) W4	1.5	1.5	2.5	4000
W6	1.5	1.5	2.5	6000
N0	1.64	0	—	0
(c) N10	1.64	0.93	2.5	0
N13	1.64	1.64	2.7	0

N: 軸力

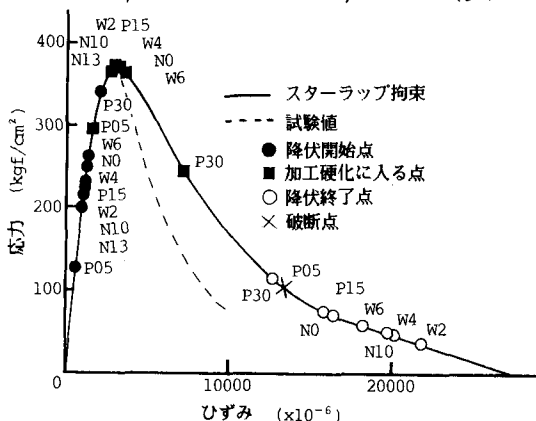


図2 (a) コンクリートの応力ひずみ曲線

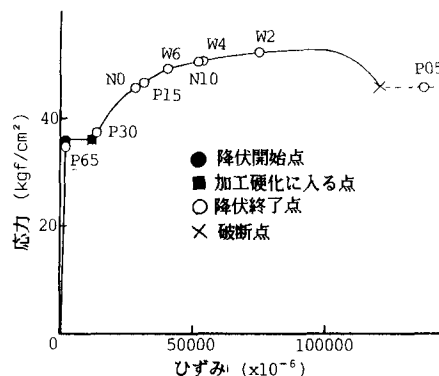


図2 (b) 鉄筋の応力ひずみ曲線

る。また表1には検討した計算条件および記号を示す。

3. 結果と考察

表1の各条件に対応する荷重変位曲線を図3(a)~(c)に示す。荷重変位曲線上には、それぞれ降伏開始点、加工硬化域に入る点、降伏終了点、および破断点を示す。また図2(a)(b)に示した応力ひずみ曲線上に、各点におけるはり圧縮縁ひずみと引張鉄筋ひずみに対応する点を示す。表2に、降伏開始点の荷重 P_y 、最大荷重 P_u 、ならびに荷重比 P_u/P_y を示す。

単鉄筋で鉄筋比 ρ を変化させた場合、図3(a)からわかるように、 ρ が0.5%では降伏開始後の塑性変形は大となるが、降伏終了点における引張鉄筋のひずみは破断ひずみ2%を越えて引張鉄筋が破断する。逆に ρ が6.5%の場合は鉄筋の降伏開始点が存在しない。 ρ が1.5%の場合、引張鉄筋が加工硬化域に入り曲げ耐力が鉄筋降伏時より上がる。しかし ρ が3.0%の場合には鉄筋は加工硬化域に少ししか入らないため加工硬化による耐力上昇はない。すなわち引張鉄筋比が小さい場合には引張鉄筋が加工硬化域に入ることによる耐力増加の割合が大となる。

軸力が作用する場合、降伏時における耐力は軸力が大きくなるほど大となるが、加工硬化域ではそれほど耐力の差はない。

また引張鉄筋比 ρ を一定として圧縮鉄筋比 ρ' を変化させた場合、降伏時における耐力は圧縮鉄筋比 ρ' が大きくなるほど降伏開始後のはりの塑性変形が大となり、対称断面($N13:\rho=\rho'$)では引張鉄筋ひずみは2%を越え引張鉄筋が破断する。

表2からわかるように、引張鉄筋比 ρ が一定の複鉄筋はりの場合、圧縮鉄筋比 ρ' が大きいほど、引張鉄筋が加工硬化域に入ることによる耐力増加が大となる。

図2に示すように降伏終了点における引張鉄筋ひずみおよびはり圧縮縁コンクリートひずみは、引張鉄筋比が大きくなるほど(あるいは、引張鉄筋比と圧縮鉄筋比との差が大きくなるほど)また軸力が大きくなるほど、小さくなり、その結果図3に示す荷重変位曲線において降伏終了点が生ずる変位も小さくなる。

4. まとめ

コンクリートおよび鉄筋の応力ひずみ曲線の形状、鉄筋比、ならびに軸力が曲げを受けるRCはりの耐力ならびに荷重変位曲線の形状におよぼす影響について検討した。単鉄筋はりの場合、引張鉄筋比が小さいほど引張鉄筋が加工硬化域に入ることによる耐力増加の割合が大となることを示した。同様に、引張鉄筋比が一定の複鉄筋はりの場合には、圧縮鉄筋比が大きいほど降伏開始後のはりの塑性変形が大となるとともに、引張鉄筋が加工硬化域に入ることによる耐力増加が大となることを示した。

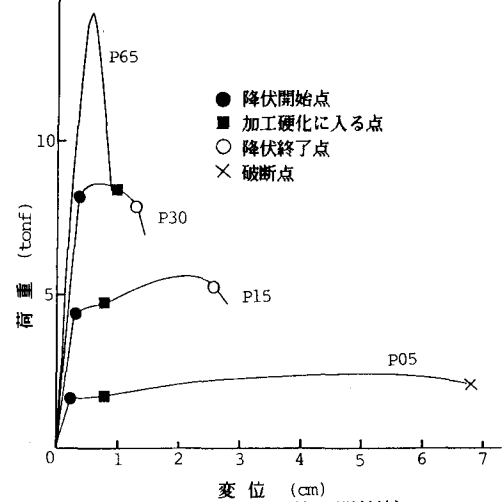


図3 (a) 荷重変位曲線 (単鉄筋)

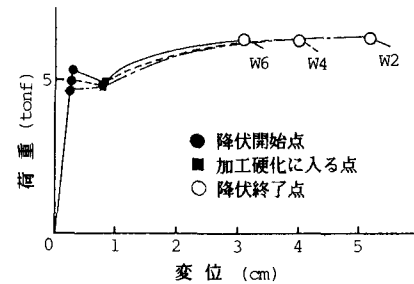


図3 (b) 荷重変位曲線 (軸力)

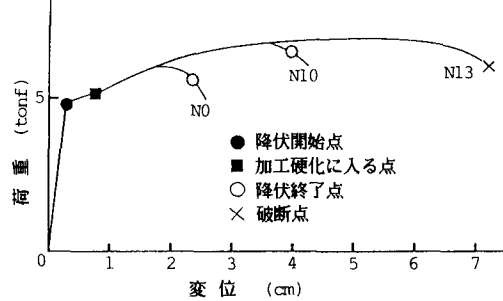


図3 (c) 荷重変位曲線 (複鉄筋)

計算例	表2 荷 重		
	降伏荷重 P_y	最大荷重 P_u	P_u/P_y
	(tonf)	(tonf)	
(a) P05	1.56	2.38	1.53
P15	4.40	5.64	1.28
P30	8.26	8.65	1.04
P65	—	14.21	—
(b) W2	4.70	6.42	1.37
W4	5.01	6.32	1.26
W6	5.37	6.29	1.17
(c) N0	4.78	5.98	1.25
N10	4.83	6.77	1.40
N13	4.82	6.92	1.44