

鉄筋コンクリート梁部材のモーメントシフトに関する考察

構造材料工学研究室 竹内 洋平
指導教員 吉川 弘道

1.はじめに

鉄筋コンクリート梁部材では、軸方向筋は曲げモーメントに、スターラップ(腹鉄筋)は、せん断力に抵抗する補強材として設計される。ただし、せん断スパンにおいては、トラス機構を保持するため、軸方向筋に引張軸力が付加される(モーメントシフトと呼ばれる)。本研究は、このモーメントシフトを解析と実験の両面から、検討考察するものである。

図1のように、せん断破壊を想定したRC梁の載荷実験をせん断スパンa(m)を変化させて行い引張鉄筋に付けたひずみゲージ T1, T2, T3, からひずみを測った。

2.せん断区間におけるモーメントシフト

2.1 曲げ理論による引張応力

鉄筋コンクリート断面の曲げ理論として、弾性解析(RC断面)を適用すると、曲げモーメントMが作用したときの軸方向筋の全引張力T₀は、式(1)のように表せる。

$$T_0 = \frac{M}{jd} \quad (1)$$

ここで j : 1-k, k : 中立軸比, d : 有効高さ, である。

2.2 トラス理論におけるモーメントシフト

トラス理論は、コンクリートの圧縮ストラット(斜めひび割れに沿った圧縮材)と腹鉄筋(スターラップ)による鉛直材、軸方向筋の上下弦材を組み合わせたトラスに近似するものである。このトラス理論における上・下弦材の軸力Nは、上弦材(圧縮材)はその軸力を減ずるが、下弦材(引張材)は新たに軸引張力として付加される。トラス機構を保持するため、軸方向筋に相分の引張力を考慮しなければならない。

従って、軸方向筋の引張力Tは、曲げモーメントによるT₀ = M/jd, にトラス機構から換算される1/2Vcotを加算する必要がある。これは、式(2)となる。

$$T = \frac{M}{jd} + \frac{1}{2}V \cot \theta = \frac{M}{jd} \left(1 + \frac{1}{2} \frac{V}{M} jd \cot \theta \right) \quad (2)$$

ここで、式(2)右辺の括弧内第2項を、式(3)のように定義する。

$$z = \frac{T}{T_0} - 1 = \frac{1}{2} \frac{V}{M} jd \cot \theta \quad (3)$$

このように定義された係数zは、モーメントシフトによる増加分を表すものであり、解析および実験から考察するものである。ここで、θ : 圧縮ストラット角度, V : 作用せん断力, である。

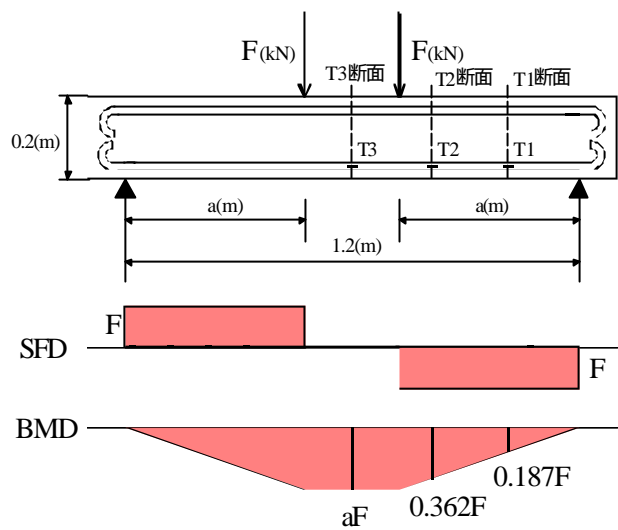


図1 RC梁の載荷実験

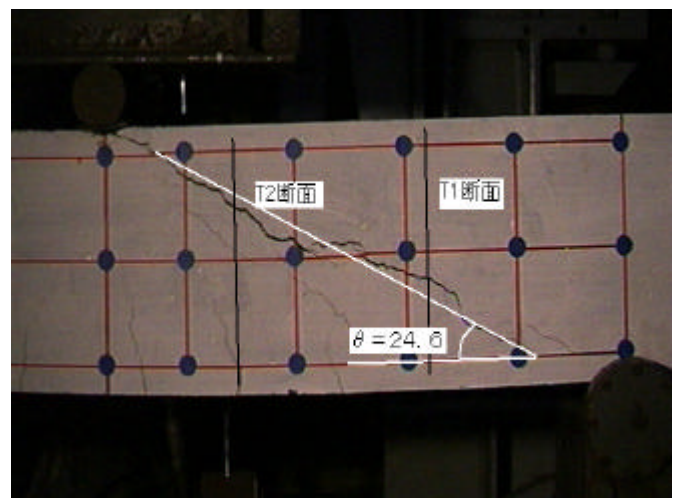


写真1 RC梁のせん断破壊(試験体B475)

3. 引張鉄筋のひずみ挙動 実験結果のまとめ

RC 梁のせん断破壊の様子を写真 1 に示した (試験体 B475) . 試験体に生じた斜めひび割れの角度は , 概ね $= 21.8^{\circ} \sim 28.1^{\circ}$ であり , 45° より小さい角度となった . また , 実験より得た引張鉄筋のひずみと曲げモーメントの関係を図 2 に示した . T3 は純曲げ区間の断面であり , 上式の T_0 に相当する . 一方 , T1 , T2 はせん断スパンでの断面のひずみであり式 (2) によって与えられ , M/V によって異なる . 図 2 に示した 3 個の試験体は , いずれの場合 , $T3 < T2 < T1$ の順に大きくなっておりモーメントシフトの存在が明瞭に認められた .

4. モーメントシフト係数 の算定

試験体に生じたひび割れ角度を

$$z = \frac{1}{2} \frac{V}{M} jd \cot \theta$$

に代入することにより計算値による z を求めた . 一方 , グラフにより , ある曲げモーメント M での T3 のひずみの長さを T_0 とし T1 , T2 のひずみの長さを T として

$$z = \frac{T}{T_0} - 1$$

に代入することで実験値の z を求めた .

表 1 は , 各試験体の計算値と実験値を示したのである . T1 段面では , 3 体の試験体とも計算値よりも実験値が大きくなっている . これにより , T1 断面はせん断力の影響を受けているといえる . T2 断面においては , 試験体 B475 だけが , 計算値を実験値が上回っていることからせん断力の影響を受けたことがわかった .

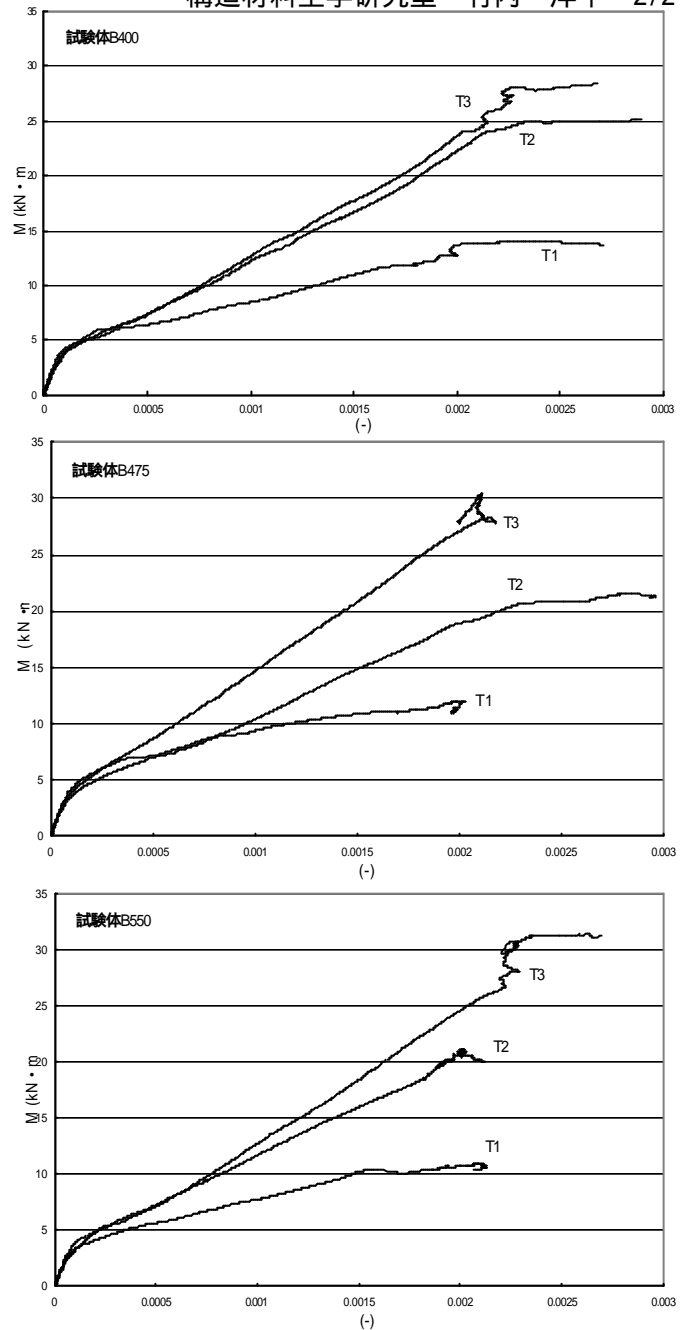


図 2 引張鉄筋のひずみと曲げモーメントの関係

表 1 モーメントシフトの考察

試験体名				T 1 断面		T 2 断面	
B 4 0 0	計算値	ひび割れ角度 =	28.1	0.707	0.366		
			25.2	0.802	0.415		
	実験値	M (kN · m) =	1.0	0.92	0.05		
11.7			0.82	0.05			
13.7			0.95	0.09			
B 4 7 5	計算値	ひび割れ角度 =	24.6	0.83	0.43		
			21.8	0.94	0.49		
	実験値	M (kN · m) =	1.0	0.95	0.57		
10.9			1.18	0.55			
1.2			1.052	0.52			
B 5 5 0	計算値	ひび割れ角度 =	23.7	0.85	0.44		
	実験値	M (kN · m) =	7.71	0.82	0.01		
1.0			0.9	0.06			
10.9			1.48	0.09			

[参考文献]

吉川 弘道 :鉄筋コンクリートの解析と設計 丸善出版