

せん断補強筋のないRCはりの破壊挙動に対する寸法効果の解析的検討

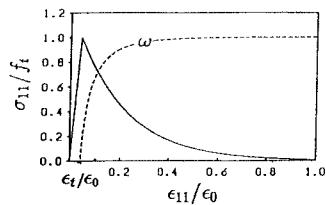
九州大学 学生員 韓 相昊 九州大学 学生員 斉藤 成彦
九州大学 学生員 荏山 知広 九州大学 正会員 彦坂 熙

1. 緒言

せん断補強されていないRCはりの斜め引張破壊は、コンクリート構造物における重要な研究テーマである。斜め引張破壊における寸法効果は、従来からも確認されているところであり、コンクリート標準示方書にも寸法効果を考慮した設計式が規定されている。しかしながら、鉄筋コンクリート構造物の大型化に伴い、設計式の適用限界を越え、実験的な検討が事実上不可能となる事態が発生することが十分に予想される。本研究では、せん断補強筋のないRCはりを単純なモデルに基づく二次元非線形有限要素法により解析し、実験結果と比較することによって、数値解析的にせん断強度の寸法効果を検討しようとするものである。

2. コンクリートの材料モデル

圧縮応力下のコンクリートは初期降伏まで線形弾性材料と仮定し、その後は弾塑性理論を用いる。材料は限界曲面まで等方的に硬化し、そこで等方的に軟化を開始して、ひずみで定義される破壊曲面を越えると耐荷力を失うものと仮定する。2軸応力下のコンクリート破壊基準はKupferらの試験結果に基づいた限界曲面を用いた。最大主応力に直交するひびわれが発生した後、ひびわれと直角方向の要素剛性を低下させることにより、その要素を直交異方性連続体として扱う分散ひびわれモデルを採用した。コンクリートの引張に対する応力-ひずみ関係は図-1を仮定する。 ω はコンクリートの引張ひずみ軟化特性をモデル化するために導入した損傷度パラメータで、 $\omega = 0$ （無損傷）から $\omega = 1$ （完全損傷）までの値を取る。コンクリートと鉄筋間の付着すべり特性はリンク要素でモデル化した。

図-1 損傷関数 ω と引張軟化曲線

3. 解析対象構造物の概要

井畔ら¹⁾が行った等分布荷重下における鉄筋コンクリートはりを対象に二次元有限要素法解析を行った。試験体は断面幅、鉄筋径も寸法比を合わせ、有効高さを10cm, 20cm, 60cm, 100cm, 200cm, 300cmと6段階に変化させてある(図-2、表-1)。スパン ℓ と有効高さ d の比は $\ell/d=12$ で一定であり、有効高さ $d=200$ cm, 300cmの試験体は鉄筋比0.4%で一定であるが、 $d \leq 100$ cmの試験体はせん断破壊よりもスパン中央部での曲げ破壊が先行することが予想されたため支点から1.5 d ～中央部を曲げ補強されている。

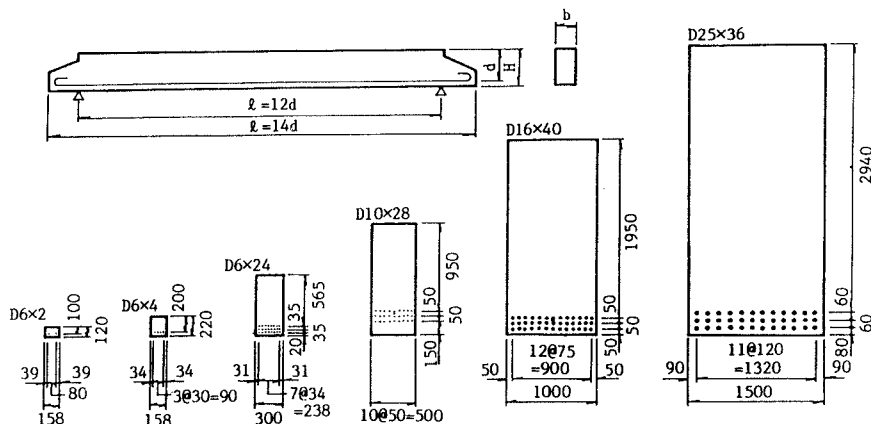


図-2 試験体の断面寸法および支点近傍の配筋

図-3にNo.3はりの有限要素分割および境界条件を示す。対称性を考慮してはりの半分のみを解析した。コンクリートは定ひずみ三角形要素、鉄筋には一次元棒要素を用いた。

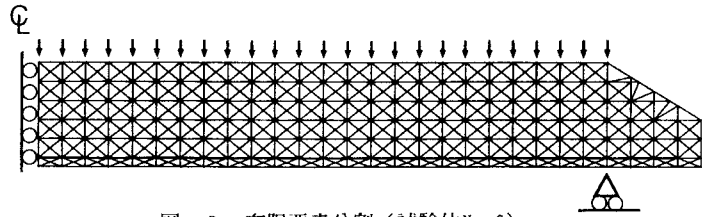


図-3 有限要素分割(試験体No.3)

表-1 試験体の諸元および計算結果

試験体 No.	試験体寸法		コンクリート		鉄筋	せん断強度 τ_u (MPa)				
	有効高	載荷	粗骨材	圧縮強度	鉄筋比	実験値	解析値	二羽他	JSCE	CEB
	d (cm)	λ/λ' 比 Q/d	最大寸法 G_{max} (mm)	f'_c (MPa)						
1	10	12	10	20.6	0.4	0.837	0.838	0.874	0.718	0.731
2	20	12	10	19.7	0.4	0.843	0.787	0.724	0.595	0.597
3	60	12	10	21.1	0.4	0.464	0.563	0.563	0.463	0.482
4	100	12	10	27.2	0.4	0.356	0.477	0.539	0.443	0.481
5	100	12	25	21.9	0.4	0.397	0.482	0.502	0.412	0.448
6	200	12	25	28.5	0.4	0.349	0.386	0.461	0.379	0.444
7	300	12	25	24.3	0.4	0.314	0.353	0.395	0.324	0.403

4. 解析結果および考察

全供試体の実験および解析結果のせん断強度 τ_u を表-1に示す。また、それらの結果を二羽ら²⁾、コンクリート標準示方書(JSCE)およびCEB-FIPモデルコードによるせん断強度式を用いて比較した。解析値が実験値より幾分大きな値を示しているのは、実験が繰り返し載荷なのにに対し解析は単調増荷で行ったことも一因であると考えられる。

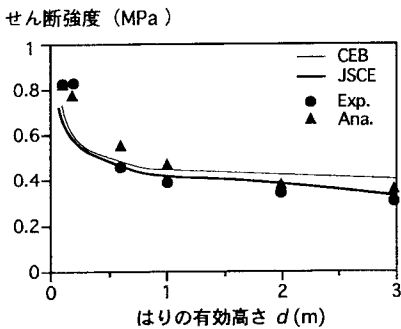


図-4 せん断強度の寸法効果

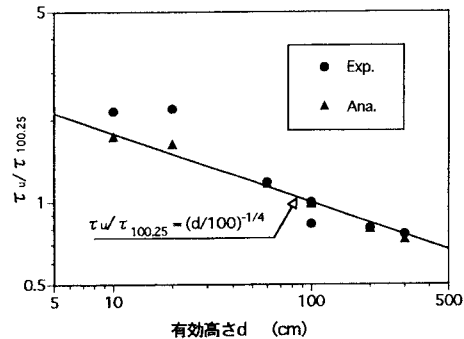


図-5 せん断強度比と有効高さの関係

図-4は各種基準によるせん断強度の計算値とともに実験および本解析結果を示したものである。CEB-FIPモデルコードでは、有効高さが増加すると、一定値に収束していくが、解析結果は実験と同様にせん断強度が単調に減少していく。図-5は寸法効果だけを調べるために $d=100$ cm, $G_{max}=25$ mmの試験体のせん断強度 $\tau_{100.25}$ を基準として、有効高さとせん断強度の関係を両対数グラフに示したものである。解析結果は実験結果と同様に $d > 100$ cmでもせん断強度は $d^{-1/4}$ に反比例している。

〔参考文献〕 1) 井畔 他：等分布荷重下における大型鉄筋コンクリートはりのせん断強度に関する実験的研究，土木学会論文集，第348号/V-1，pp.175～184，1984。 2) 二羽 他：せん断補強鉄筋を用いないRCはりのせん断強度式の再評価，土木学会論文集，第372号/V-5，pp.167～175，1986。