

定引張応力下での鉄筋コンクリートのひび割れ面における一面せん断試験法の提案

筑波大学 学生会員 ○清水 克将
筑波大学 正会員 金久保 利之

1. はじめに

鉄筋コンクリート部材の終局状態がひび割れ面でのせん断伝達耐力で決まる場合が少なくなく、せん断伝達機構を解明するための研究が数多く行われている。主なせん断伝達機構としては、骨材やコンクリート面での噛み合い、ダウエル作用などが挙げられ、例えば李らはひび割れ面の形状を確率密度関数で表現し、ひび割れ面におけるせん断応力および圧縮応力を提案している¹⁾。これらの研究の多くは、ひび割れ面の外部拘束として圧縮力を与えた条件下での実験がほとんどであり、せん断引張破壊のような引張力下のひび割れ面のせん断伝達機構に関する実験的検討は行われていない。そこで本研究では、引張力を与えた状態での直接せん断可能な試験装置を提案し、既往の提案式との適合を見る。

2. 試験装置概要

図1に試験装置の概要を示す。引張力を与えながらせん断加力するため、一面せん断試験法は簡易な直接せん断試験法であるルーマニア式試験法²⁾とし、試験体に埋め込んだネジ棒を介して油圧ジャッキにより引張力を加える。なお、両端にR350mmおよびR250mmの回転支承を設置し、せん断加力時の試験体の回転を許容させた。試験体は100×100×400mmの角柱供試体中央部に切欠きを設けたものである。変位計測は試験体に3つのπ型変位計を表裏に取り付け、以下の式によりひび割れ幅 w_{cr} およびせん断変位 δ_s を計測する。

$$w_{cr} = \frac{\delta_1 + \delta_2}{2} \cdots (1), \quad \delta_s = \frac{122}{70} \cdot \left(\delta_3 - \frac{100}{122} \left(\frac{\delta_1 + \delta_2}{2} \right) \right) \cdots (2)$$

ここで、

δ_1, δ_2 : 上下の変位計変位(mm)
 δ_3 : 斜めの変位計変位(mm)

3. 一面せん断試験

3.1 試験概要および材料特性

使用材料は、モルタル(MT)および普通コンクリート(NC)である。切欠き深さはNC試験体が15mm、MT試験体が30mmである。鉄筋はD4鉄筋を引張力方向に4本配した。使用材料の力学特性を表1および表2に示す。実験因子は一定引張力(0~14kNの6レベル)とし、MT試験体およびNC試験体それぞれ6体ずつ作製した。加力方法は一定引張力に到達した後、この引張力を維持したまま一面せん断加力させる。

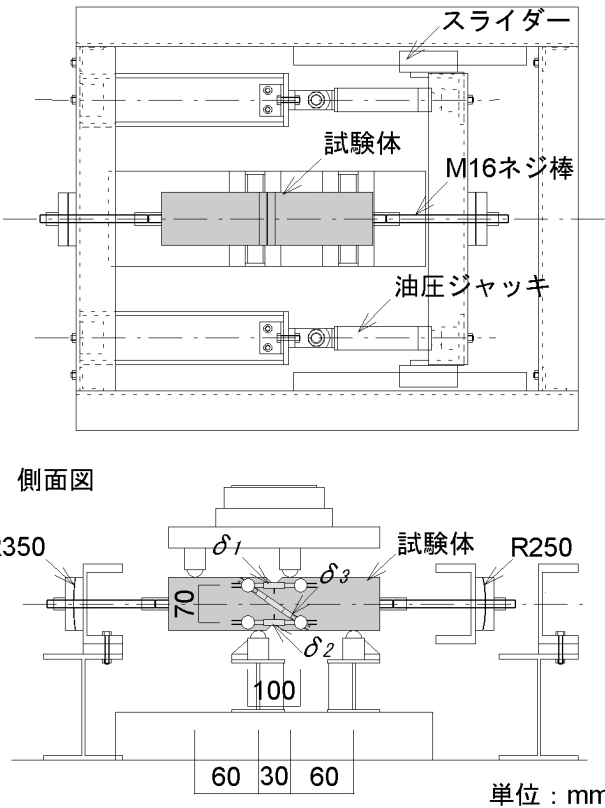


図1 試験装置

表1 コンクリートの力学性状

種類	割線剛性 (GPa)	圧縮強度 (MPa)	割裂引張強度 (MPa)
MT (モルタル)	25.6	50.6	3.02
NC (普通コンクリート)	24.0	30.0	2.42

表2 鉄筋の引張試験結果

鉄筋の呼び名	弾性係数 E_s (GPa)	降伏強度 f_y (MPa)	引張強度 f_t (MPa)	破断伸び (%)
D4	200	290	377	30.9

キーワード ひび割れ, せん断伝達, 一面せん断, 試験法
連絡先 〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1 筑波大学 TEL029-853-5462

3.2 試験結果

せん断応力－ひび割れ幅およびせん断変位関係の例を図2に示す。一定引張力が小さい試験体（MT00 および MT08）では、ほぼ直線的な挙動を示した後、あるせん断応力に達するとひび割れ幅およびせん断変位が増加し、最大荷重以降に急激な荷重の低下を示している。一方、一定引張力の大きい試験体（MT14）では初期剛性および最大荷重が低く、最大荷重時の変位が大きい。また、ひび割れ状況（図3）は、一定引張力が小さいほど加力支点間でストラットを形成し易く、一定引張力が大きい試験体では切欠きを結ぶひび割れで破壊した。試験結果と Mattock ら³⁾ および李ら¹⁾ の既往のせん断強度式との比較を表3および図4に示す。李らのせん断強度式は鉄筋のダウエル作用を考慮していないが、本試験結果を良く捉えていることから、引張力下でのせん断伝達機構にダウエル作用の寄与は少ないと考えられる。

4. まとめ

鉄筋コンクリートのひび割れ面でのせん断伝達機構の解明を目的として、引張力とせん断力を同時に載荷可能な一面せん断試験方法を提案し、一定引張力をパラメータとした実験を行った。既往のせん断強度式が本実験結果を精度良く捉えていた。

参考文献

1) 李ら：鉄筋コンクリートひび割れ面におけるせん断伝達特性，JCI 年次論文報告集，Vol.12，No.2，pp.293-298，1990 2) 東ら：ルーマニアで考案されたコンクリートの直接せん断試験法に関する実験的研究，建築学会大会学術講演梗概集，pp.135-136，1977.10 3) Mattock, A.H. and Howkins, N.M. : Shear Transfer in Reinforced Concrete Recent Research, PCI Journal, March - April, Vol.17, No.2, pp.55-75, 1972

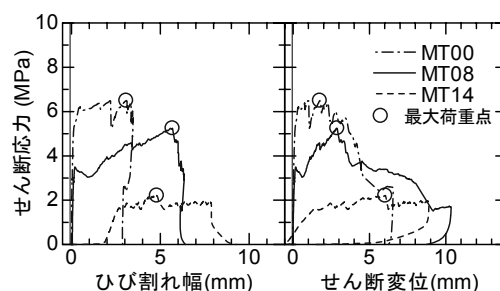


図2 せん断応力－ひび割れ幅、せん断変位関係

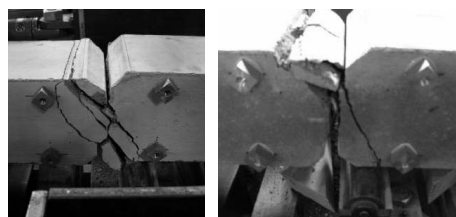


図3 ひび割れ状況（左：MT08、右：MT14）

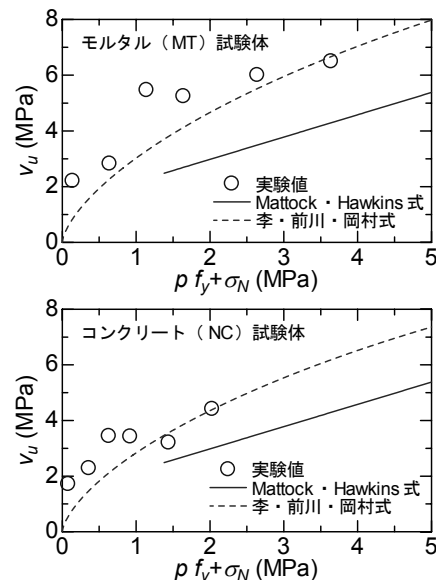


図4 既往の提案式との比較

表3 試験結果および既往のせん断強度式と本試験結果との比較

試験体名	一定引張 応力 σ_N (MPa)	補強 筋比 p (%)	$p f_y + \sigma_N$ (MPa)	最大荷重時		せん断強度 v_u (MPa)		
				ひび割 れ幅 (mm)	せん断 変位 (mm)	実験値	Mattock ・Hawkins 式 ³⁾	李・前 川・岡村 式 ¹⁾
MT00	0.0	1.26	3.64	3.08	1.75	6.50	4.29	6.66
MT04	1.0		2.64	3.42	1.48	6.03	3.49	5.11
MT08	2.0		1.64	5.68	2.88	5.25	2.69	4.12
MT10	2.5		1.14	10.4	3.53	5.48	—	3.29
MT12	3.0		0.64	2.82	4.99	2.83	—	2.27
MT14	3.5		0.14	4.80	6.33	2.21	—	0.85
NC00	0.0	0.72	2.08	5.03	3.06	4.54	3.04	4.45
NC04	0.5		1.44	2.76	1.98	3.21	2.53	3.56
NC08	1.1		0.92	7.66	4.34	3.43	—	2.68
NC10	1.4		0.63	3.48	14.6	3.45	—	2.12
NC12	1.7		0.36	8.18	4.80	2.29	—	1.47
NC14	1.9		0.08	9.18	12.8	1.72	—	0.54