

V-500

2次元格子状連続繊維補強材を用いたコンクリートスラブの
押し抜きせん断耐力に及ぼす補強筋比の影響

九州大学大学院 学生員○ 長濱 貴志

九州大学工学部 正会員 日野 伸一 太田 俊昭

九州大学工学部 正会員 黒田 一郎

1 まえがき

コンクリート構造物の補強材としてCFRP(炭素繊維)等の新素材が注目されている。本研究では、2次元格子状炭素繊維補強材(以下、CFRPネットと呼ぶ)をスラブの引張補強筋として使用した際の押し抜きせん断耐力について、鉄筋コンクリートスラブと比較し、標準示方書¹⁾(以下、JSCE)および各国示方書による算定式の適合性および耐力に及ぼす補強筋比の影響について、押し抜きせん断試験を行ない検討した。

2 実験概要

押し抜きせん断試験で用いた供試体の諸元を図-1に示す。実験変数としてCFRPネットの補強筋比 $p(=A_i/I_d)$ を約0.45, 1.00, 1.60%の3種類、コンクリート強度を $f_c'=300, 450\text{kgf/cm}^2$ の2種類とし、比較用にRCスラブ3体を含め計14体を用意した。諸元は、スラブ厚100mm(有効高さ $d=80\text{mm}$)、一辺1150mm $\times$ 1150mm、スパン $l\times l=1000\text{mm}\times 1000\text{mm}$ とした。

実験を行った6種類のスラブ(以下、CFRPスラブ)の供試体諸元を表-2に示す。下方の3体は比較用のRCスラブである。支持方法は四辺単純支持とし、全てスラブ中央点に載荷板100mm $\times$ 100mmを介して一点集中載荷した。

3 実験結果

3.1 耐力に及ぼす補強筋比の影響

押し抜きせん断耐力をコンクリート強度の平方根で除し、その耐力と補強筋比との関係を図-2に示す。

直線はそれぞれ、上側からRCスラブ、CFRPスラブの $f_c'=450$ と 300kgf/cm^2 の場合の幾何近似曲線である。各国示方書式中でも、耐力をコンクリート引張強度に依存する独立した項の形で表現しているにも関わらず、CFRPスラブではコンクリート強度により近似曲線が異なっている。特に補強筋比が大きいほどかい離している。このことより、耐力に及ぼす補強筋比の影響を評価するのにコンクリート引張強度を考慮することが必要であると考えられる。

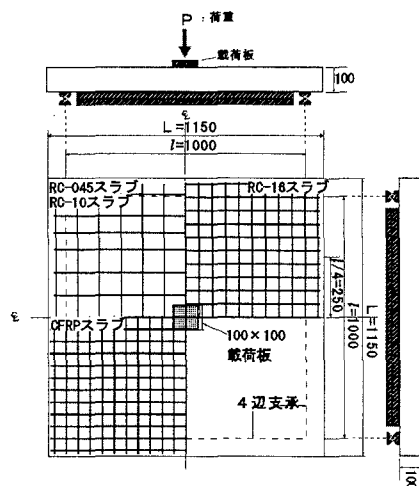


図-1 一般供試体図

表-1 CFRPネットの材料特性

補強材の種類	保証値			
	断面積 A_{cf} (mm^2)	引張力 f_{cf} (kgf/cm^2)	ヤング係数 E_{cf} (kgf/cm^2)	繊維混入率 V_{cf} (%)
C6	17.5			
C10	39.2	12000	1.0×10^6	36~38
C13	65.0			

表-2 供試体諸元

供試体名	補強材-間隔 (*-mm)	補強筋比 p (%)	圧縮強度 f_c' (kgf/cm^2)
CF-045 A	C6-50	0.44	327
CF-10 A	C10-50	0.98	324
CF-16 A	C13-50	1.63	281
CF-045 B	C6-50	0.44	428
CF-10 B	C10-50	0.98	460
CF-16 B	C13-50	1.63	406
RC-045	D6-90	0.47	284
RC-10	D10-90	1.06	284
RC-16	D10-55	1.63	271

※ CF-045~CF-16は同種AまたはBの2体づつ

Key Words : コンクリートスラブ, 押し抜きせん断, CFRPネット, 耐力評価式

〒812 福岡市東区箱崎6-10-1 九州大学工学部建設都市工学科 TEL 092-642-3265 FAX 092-642-3306

3.2 各国示方書式

現行のスラブの設計式では、曲げの扱いの場合と異なり、押し抜きせん断の扱いは各国の規定によって異なる。本研究では、わが国のコンクリート標準示方書¹⁾ (JSCE)をはじめ日本建築学会(JASS)、米国(ACI)、英国(BS8110)、欧州(CEB-FIP)の設計式による耐力評価を行い、比較検討することにした。

表-3に、実験値および各国示方書式による耐力評価を示す。CFRPスラブはRCスラブに比べ、耐力比の平均値が小さくなっている。JSCE式については、辻ら²⁾または中村ら³⁾の修正法をCFRPスラブに適用することで耐力比がRCスラブと同様の安全率で評価できる⁴⁾。以下では各国示方書の中でも特に精度が良いJSCE式を現行のまま取り上げる。

3.3 提案式

図-3に実験値に対するJSCE式の耐力比および中村の方法による修正後の耐力比-補強筋比関係を示す。黒い印の修正前では、補強筋比が $p=1.6\%$ と大きいほど危険側に評価している。特にコンクリート強度 $f_c'=300\text{kgf/cm}^2$ の場合は顕著である。

また各国示方書式とも、コンクリート引張強度と補強筋比の関数を累積して算定しており、両者の相互作用は考慮していない。

そこで3.1で行った幾何近似曲線を、JSCE式へコンクリート引張強度を含む補強筋比 $p(\%)$ の関数として適用すると本実験の範囲では、

$$V/\sqrt{f_c'} = a \cdot p^b, \quad b = 0.0415 \cdot \sqrt{f_c'} - 0.6$$
 となる。ここに、 $a = 0.6 \cdot \beta_d \cdot \beta_r \cdot \sqrt{f_c'} \cdot u \cdot (u + 4d)$, $\beta_d = 1/\sqrt{100/d}$, $\beta_r = 1 + 1/(1 + 0.25u/d)$, u : 載荷面の周長(cm), d : 有効高さ(cm)

図-4に、この上式による耐力比-補強筋比関係を示す。図-3よりも耐力比および分散ともに改善されていることがわかる。さらに補強筋ヤング係数比により、修正すれば安全側に評価できる。

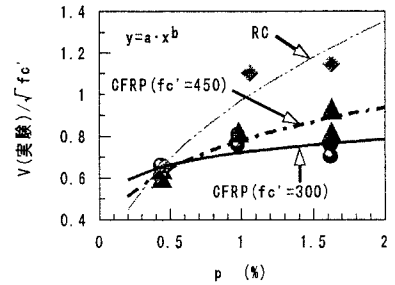


図-2 耐力-補強筋比関係

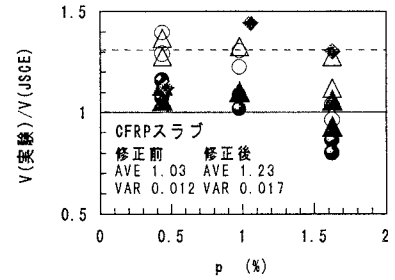


図-3 耐力比-補強筋比関係(JSCE式)

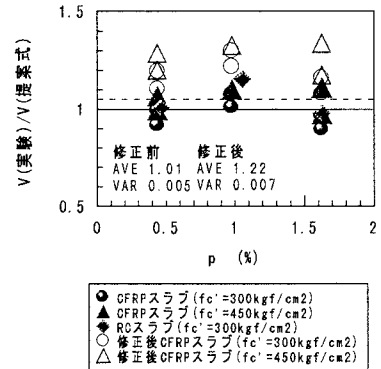


図-4 耐力比-補強筋比関係(提案式)

表-3 提案式および各国示方書式による耐力評価

供試体名	V(実験) (tf)	V(提案式) (tf)	V(実験) V(提案式)	V(JSCE) (tf)	V(JASS) V(JSCE)	V(実験) V(JASS)	V(ACI) (tf)	V(実験) V(ACI)	V(BS8110) (tf)	V(実験) V(BS8110)	V(CEB-FIP) (tf)	V(実験) V(CEB-FIP)
RC-045	11.00	10.88	1.011	9.79	1.124	10.43	1.054	6.00	1.832	8.22	1.338	0.913
RC-10	18.60	16.07	1.157	12.86	1.447	12.59	1.477	6.00	3.098	10.80	1.723	1.176
RC-16	18.90	19.27	0.981	14.48	1.304	13.51	1.399	5.86	3.224	12.27	1.541	1.052
CF-045A1	11.90	11.96	0.995	10.28	1.157	11.23	1.059	6.44	1.848	8.44	1.411	0.963
CF-045A2	11.00	11.96	0.920	10.28	1.070	11.23	0.979	6.44	1.708	8.44	1.304	0.890
CF-10A1	14.50	13.45	1.078	13.39	1.083	13.45	1.078	6.41	2.261	11.00	1.318	0.900
CF-10A2	13.60	13.45	1.011	13.39	1.015	13.45	1.011	6.41	2.121	11.00	1.236	0.844
CF-16A1	12.70	13.16	0.965	14.77	0.860	13.82	0.919	5.97	2.126	12.42	1.022	0.698
CF-16A2	11.80	13.16	0.897	14.77	0.799	13.82	0.854	5.97	1.876	12.42	0.950	0.648
CF-045B1	12.50	12.52	0.998	11.79	1.060	13.51	0.925	7.38	1.693	9.24	1.353	0.923
CF-045B2	13.40	12.52	1.070	11.79	1.137	13.51	0.992	7.38	1.815	9.24	1.450	0.990
CF-10B1	17.60	15.96	1.103	15.95	1.103	17.06	1.032	7.64	2.305	12.36	1.424	0.972
CF-16B1	16.50	16.92	0.975	17.73	0.930	17.55	0.940	7.17	2.300	14.03	1.176	0.803
CF-16B2	18.80	16.92	1.111	17.73	1.060	17.55	1.071	7.17	2.621	14.03	1.340	0.914
RCスラブ	AVE	1.050	AVE	1.292	AVE	1.310	AVE	2.718	AVE	1.534	AVE	1.047
	VAR	0.006	VAR	0.017	VAR	0.034	VAR	0.395	VAR	0.025	VAR	0.011
CFスラブ	AVE	1.011	AVE	1.025	AVE	0.987	AVE	2.070	AVE	1.271	AVE	0.888
	VAR	0.005	VAR	0.012	VAR	0.005	VAR	0.077	VAR	0.024	VAR	0.011

※ 辻・中村らの補強筋ヤング係数比による修正法は加えていない。

【参考文献】(1)土木学会：コンクリート標準示方書・設計編 [平成8年版] 設計編 1996年。(2)辻和幸ら：FRPで補強したコンクリートはりの曲げおよびせん断性状。コンクリート工学年次論文報告集 第10巻第3号 1988年。(3)中村光・松貝勇・拡張した修正JSCE式によるRCはり断面のせん断耐力評価。土木学会論文集 No. 490/V-23, 1994年。(4)長濱貴志・日野伸一・黒田一郎：2次元格子状の繊維強化材で補強したコンクリートスラブの押し抜きせん断耐力。平成8年度土木学会西部支部研究発表会第2部門 1997.3