Ｖ－154　ＦＲＰで補強したコンクリート部材のせん断耐力算定式の一評価

ハザマ技術研究所　正会員　谷口裕史
ハザマ技術研究所　正会員　喜多達夫
埼玉大学工学部　正会員　睦好宏史
埼玉大学工学部　正会員　町田篤彦

１．まえがき

FRPを主筋およびせん断補強筋に用いた場合、土木学会示方書式によりはりのせん断耐力を十分に算定できないことが指摘されており(1)、それを改善する目的で種々のせん断耐力算定式が提案されているものの最適な算定式を得るには至っていない。本研究では、FRP部材に適したせん断耐力算定式を選定するための一資料を得る目的で既往の研究成果（主筋およびせん断補強筋にFRPを使用している供試体60体）をﾃﾞｰﾀ化し、計算値と実験値の耐力比の平均、変動係数、耐力比（実験値／計算値）＜1の供試体数（危険側に評価した供試体数）を求めることにより評価した。

２．土木学会式の検討

土木学会標準示方書のせん断耐力式に、FRPと鋼材の弾性係数比およびFRPの繊維含有率（FRPに含まれる繊維の容積比；Vf）を低減係数として加えた場合の検討結果を表-1に示す。示方書式をそのまま適用した場合、変動係数が大きく、せん断耐力を過大評価する。弾性係数比を用いた場合は、耐力比はやや改善されるものの変動係数はさらに増大する。一方、繊維含有率を用いた場合は、変動係数は若干改善されるが耐力比は小さく、いづれも満足できる算定式とは言い難い。

表-1　示方書式による検討

主筋	せん断補強筋	ＰＣ	供試体数	算定式	耐力比の平均	変動係数	耐力比＜１の供試体数（%）
FRP	含む	含む	60体	示方書式	0.526	0.405	58体（97%）
				換算断面	0.812	0.528	48体（80%）
				繊維のみ	0.693	0.379	53体（88%）

３．各提案式の検討

3.1　Vcの検討

適用した算定式を表-2に示す。検討はせん断補強筋およびﾌﾟﾚｽﾄﾚｽがなく、主筋がCFRPである供試体11体について実施した。検討結果を表-3に示す。弾性係数比を用いた場合、Vc1は耐力比が大きくなるものの、危険側に評価する供試体もあり、変動係数も大きい。Vc2およびVc3は、変動係数は同等であるが、Vc2の耐力比が1に近く、これらの中で最も

表-2　適用したVcの算定式

算定式	提案者
$Vc1=3.58*f'c^{(1/3)}*(100pw')^{(1/3)}*(100/d)^{(1/4)}*(a/d)^{(-1.666)}*bw*d$	横井ら
$Vc2=0.94*f'c^{(1/3)}*(1+((100*\alpha 1*pw')^{(1/2)}-1)+((100/d)^{(1/4)}-1))*(0.75+1.4/(a/d))*bw*d$	丸山ら
$Vc3=0.94*f'c^{(1/3)}*(100pw')^{(1/3)}*(100/d)^{(1/4)}*(0.75+1.4/(a/d))*bw*d$	涌井ら

Vc'：弾性係数比に代え、繊維含有率を低減係数として用いたもの

表-3　Ｖcについての検討

主筋	せん断補強筋	ＰＣ	供試体数	算定式	耐力比の平均	変動係数	耐力比＜１の供試体数（%）
CFRP	なし	なし	11体	Vc1	1.788	0.301	2体（18.2%）
				Vc2	1.110	0.119	3体（27.3%）
				Vc3	1.334	0.110	0体（0.0%）
CFRP	なし	なし	11体	Vc1'	1.850	0.320	2体（18.2%）
				Vc2'	1.136	0.145	1体（9.1%）
				Vc3'	1.369	0.136	0体（0.0%）

Vc：弾性係数比　Vc'：繊維含有率

表-4　適用したＶsの算定式

算定式	提案者
$Vs1=Aw*fwy*(\sin\theta+\cos\theta)*(z/s)$	示方書
$Vs2=Aw'*fwy*(\sin\theta+\cos\theta)*(z/s)$	横井ら
$Vs3=\alpha 2*Aw'*fwy*(\sin\theta+\cos\theta)*(z/s)$	丸山ら
$Vs4=Aw*fwy*(pw'/2)^{(1/3)}(\sin\theta+\cos\theta)*(z/s))$	小林ら
$Vs5=Aw'*fwy*(pw'/2)^{(1/3)}(\sin\theta+\cos\theta)*(z/s)$	

Vs'：弾性係数比に代え、繊維含有率を低減係数として用いたもの

適していると考えられる。一方、繊維含有率を用いた場合にも、弾性係数比を用いた場合と比較して変動係数が大きくなるもののVc2'が適していると考えられる。

3.2 Vsの検討

適用した算定式を表-4に示す。検討は、主筋およびせん断補強筋にCFRPを用いたRC供試体11体に対し、VcにはVc2およびVc2'を用いて検討した。検討結果を表-5に示す。弾性係数比を用いた場合には、Vs1は検討した全ての供試体を危険側に評価してしまい、Vs4、Vs5は他の式に比較して変動係数は小さいものの安全となりすぎ、耐力を過小評価することからVc2あるいはVc3が適していると考えれる。繊維含有率を用いた場合にも同様な傾向となりVc2'およびVc3'が適していると考えられる。次に、これらに対しPC供試体を含む34体で再検討した結果、繊維含有率を用いた場合には耐力比が1.0に近づくとともに変動係数も小さくなり、弾性係数比を用いた場合よりも推定の精度が高くなる。Vs2'およびVs3'を用いた場合の計算値と実験値の関係を図-1に示す。両者は従来の算定式よりも一致しており、CFRPを用いたはり部材のせん断耐力は式(1)により比較的精度よく評価できると言える。

表-5　Ｖｓについての検討

主筋	せん断補強筋	ＰＣ	供試体数	算定式	耐力比の平均	変動係数	耐力比＜１の供試体数（％）
CFRP	含む	なし	11体	Vc2+Vs1	0.675	0.238	11体（100%）
				Vc2+Vs2	1.015	0.174	4体（36.4%）
				Vc2+Vs3	1.136	0.153	2体（18.2%）
				Vc2+Vs4	1.480	0.125	0体（0.0%）
				Vc2+Vs5	1.671	0.132	0体（0.0%）
				Vc2'+Vs2'	1.100	0.172	2体（18.2%）
				Vc2'+Vs3'	1.225	0.153	2体（18.2%）
				Vc2'+Vs5'	1.760	0.133	0体（0.0%）
		含む	34体	Vc2+Vs2+Vp	1.268	0.304	7体（20.6%）
				Vc2+Vs3+Vp	1.347	0.267	5体（14.7%）
				Vc2'+Vs2'+Vp	1.126	0.165	6体（17.6%）
				Vc2'+Vs3'+Vp	1.189	0.158	6体（17.6%）

$$V = Vc2' + Vs2'\,(Vs3') + Vp \quad \cdots\cdots(1)$$

また、今回適用したﾃﾞｰﾀの範囲では,Vs2'およびVs3'を用いる場合に対して部材係数として各々1.4および1.3を用いることで全てを安全側に推定することが可能となる。

CFRP以外のFRPも用いて比較した結果を図-2に示す。示方書式と比較して精度が上がるもののまだ十分であるとは言い難く、さらに多くのﾃﾞｰﾀにより検討する必要がある。

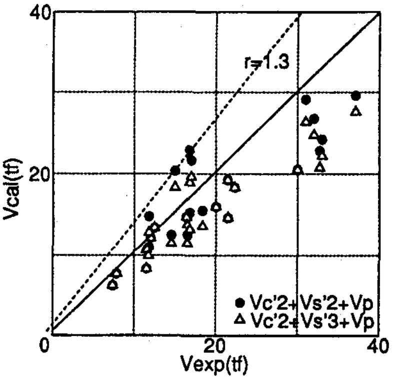

図-1　計算値と実験値の比較

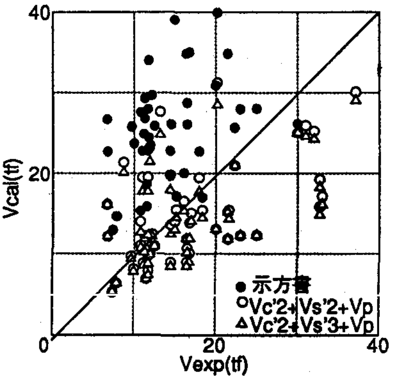

図-2　計算値と実験値の比較

4．まとめ

FRPを用いたはり部材のせん断耐力算定にあたり、繊維含有率を低減係数として用いることは有効な一手法であり、既往の算定式に取り入れることでせん断耐力を比較的精度よく評価することが可能となることが明らかとなった。

【参考文献】

1)例えば、丸山他；FRPﾛｯﾄﾞを主筋およびｽﾀｰﾗｯﾌﾟに用いたｺﾝｸﾘｰﾄ梁のせん断性状、連続繊維補強材のｺﾝｸﾘｰﾄ構造物への適用に関するｼﾝﾎﾟｼﾞｳﾑ講演論文集、1992、pp187～192