

水資源開発公団

正會員○ 高木 克則

中部工業大学

“平澤 征天

 $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$

伊藤 和幸

1. まえがき

近年交通量の増大に伴って道路橋の破損がしばしば見られる。そこで本研究では、道路橋床版と鋼板堆積強コンクリート床版(以下SFRC床版と略称)とした場合に、① SFRC床版とすることによるせん断強度の改善について検討する。② せん断破壊機構を考えたSFRC床版用のせん断耐力算定式を提案し、その適合性について検討する。③ 鋼板堆の有効利用を図るために三層に分けた床版を製作し、鉄筋コンクリート床版(以下RC床版と略称)に対するせん断強度の向上について検討するものである。

2. 実験概要

(1) 計画—実験はⅠ～Ⅲシリーズに分かれており、Ⅰシリーズは全層SFRC床版であり、Ⅱシリーズは図1に示すように三層分けした床版の実験である。床版はすべて異形鉄筋D10_{mm}を10cmピッチで配筋した90×90×9cmの正方形床版(鉄筋比 $P=1.1\%$)で、有効高さは6.5cmである。また、鉄筋は両端にフック加工を施して定着した。

(2) 使用材料—セメントは普通ポルトランドセメント、粗骨材は長良川産の玉砕石(最大寸法15mm、比重2.57、F.M. 6.24)を用い、砂は長良川産の川砂(比重2.59、F.M. 2.51)を用いた。混和剤は高強度コンクリート用減水剤Nをセメント量の1%用いた。鋼繊維はK社製標準型(インダント付、 $\phi 0.5 \times 30$ mm、アスペクト比60)を用い、鉄筋はD10mm(SD35、 $\sigma_{ky} = 380 \text{ kg/cm}^2$)を使用した。

(3) 載荷および測定—床版載荷試験は、 $10 \times 10 \times 10$ cmの鋼板による集中載荷とした。スパンは80 cmで、四辺単純支持とした。測定は床版中央部下側において最小目盛 $1/100$ mmのダイヤルゲージ、および電気抵抗式変位計を用いて床版が押し抜けるまでのたわみを測定した。コンクリートの表面ひずみは上面タケ所、下面スケ所で測定した。また、ロードセルと変位計により荷重—たわみ曲線をX-Yレコーダーに記録した。床版供試体と同時に作製したテストピースにより圧縮、曲げ、せん断、割裂、柱引張強度およびヤング係数を求めた。

3. 実験結果と考察

[1] 鋼繊維の混入率とせん断強度

図2と図3に実験結果を示した。Iシリーズの床版のせん断強度は、混入率0.75%以上ではRC床版よりほぼ20%程度高いせん断強度を示した。IIシリーズの床版では、下層SFRC床版のみが混入率0.75%以上でRC床版より

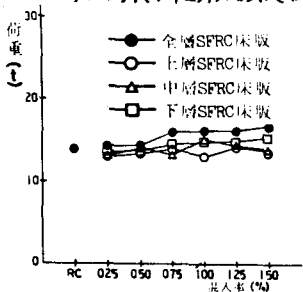


図2 全層・3層分けのSFRC床版
の破壊強度

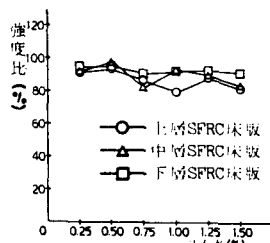


圖3 3層分けSFRC床版 全層SFRC床版
破壊強度 破壊強度

リ10%程度高いせん断強度を示した以外は、上層SFRC、中層SFRC床版の間にせん断耐力の差はなく、いずれもRC床版と同程度であった。また、図3からわかるように、下層SFRC床版のせん断耐力は鋼繊維の混入率の多少にかかわらず、ほぼ全層SFRC床版の90%程度であった。

〔2〕破壊機構を考えたSFRC床版のせん断耐力算定式の提案

(1) 破壊機構を考えた小柳式の適合性—小柳らの研究によると、スラブの押し抜きせん断耐力は、限界断面

の面積 A_{ef} にコンクリートの限界引張応力 σ_{lim} を乗じた抵抗せん断力が、鉄筋の降伏強度 f_y と降伏線理論による曲げ強度 P_n からの P と一致する荷重が押し抜きせん断耐力 V_n であるとしている。この小柳式によって計算された計算値と実験値を比較して図4に示した。小柳式と Moe の提案式の値は良く一致しており、また比較的实验値に近い値を与える。しかし、多くの場合小柳式の方がやや安全側の値を与える。

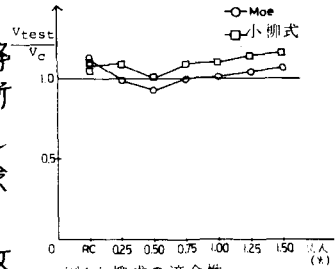


図4 小柳式の適合性

表1 数値計算の材料条件

項目	数値
コンクリートの圧縮強度 σ_c (kg/cm ²)	200, 300, 400
コンクリートの引張強度 σ_t (kg/cm ²)	21, 26, 30
縦筋強度とスラブ厚の比 ρ/d	0.667, 1.333, 2.0, 2.667
鉄筋比 ρ (%)	0.95
鉄筋の降伏点強度 σ_{sy} (kg/cm ²)	3000, 4000

次に、さらに詳細に小柳式の適合性を調べるために、表1に示した材料条件で数値解析を行なった結果を図5に示した。小柳式は載荷傾度とスラブ厚の比 l/a が小さいうちには比較的良好に Moe の提案式と一致しているが、 l/a が大きくなるにつれてやや大きめの算定値を与えている。これは、小柳式がRCスラブ用の理論式であり、しかも① 押し抜き角度を 45° と仮定し、② コンクリートの限界引張応力を $0.9\sigma_c$ と仮定しているためであると思われる。

(2) SFRC床版のせん断耐力算定式の提案

小柳式をSFRC床版に用いるためには、スラブの押し抜き角度とみかけの限界引張応力の取り扱いに修正を加える必要があった。そこで実際にスラブの押し抜き角度を測定した結果を表2に示し、さらにテストピースの結果より求められた圧縮強度と引張強度の関係を図6に示した。これらの結果より、① SFRC床版の押し抜き角度はほぼ 45° であり、② SFRCでは $\sigma_{lim} = 1.5\sigma_c$ として関係づけられることがわかった。これらの結果を用い、小柳式を修正して表1に示した材料条件で再び数値解析を行なった結果を図5に示した。修正小柳式は l/a が小さい場合には小柳式よりやや大きめの値を与え、 l/a が大きくなるにつれて Moe の式に近づく。

4. 結論

(1) SFRC床版とすることにより、混入率 α が10%以上でせん断強度をRC床版に比べて20%程度高めることができる。

(2) SFRC床版のせん断耐力は、RC床版のせん断耐力を求める Moe の実験式、あるいは小柳理論式のいずれを用いても十分な精度で推定することができる。ただし、小柳式をそのままSFRC床版に用いるのは実際的ではなく、押し抜き角度やみかけのせん断応力の取り扱いを修正した修正小柳式を用いるのがよい。

(3) 三層分けしたSFRC床版の中で最も高いせん断強度を示した下層SFRC床版でも、

混入率1.5%でRC床版より10%程度しか高いせん断強度しか示さなかった。しかし、下層SFRC床版は全層SFRC床版のせん断強度に対しても、混入率の多少にかかわらず20%程度のせん断強度を示すので、せん断強度の面からは下層SFRC床版が最も効果的である。

〈参考文献〉 1) 大野定俊、木谷隆、小柳治：RCスラブの押し抜きせん断破壊のモデル化と終局耐力、RC構造のせん断問題に対する解析的研究に関するコロキウム論文集、1982年6月。

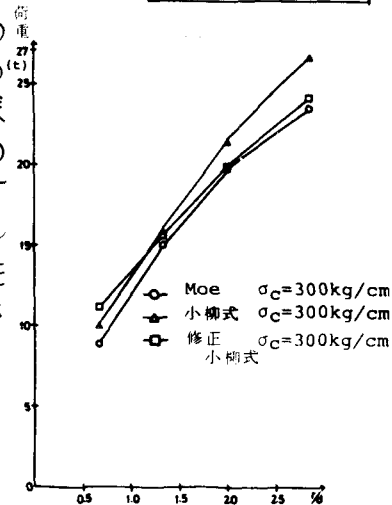


図5 Moe, 小柳式, 修正小柳式の数値解析結果
SFRC $\sigma_{sy} = 4000 \text{ kg/cm}^2$

表2 床版の押し抜き角度の測定結果

(1) 全断面での平均の押し抜き角度					
	N	S	E	W	平均
RC 1	24°55'	20°46'*	14°19'*	20°24'	20°06'
RC 2	17°42'	36°39'	19°17'	14°06'	21°56'
0.25	21°35'*	16°44'	15°17'	15°18'	17°14'
0.5	16°14'	22°53'	14°58'	20°10'	18°34'
0.75	23°06'	21°05'	29°03'	33°15'	26°37'
1.0	31°51'	26°20'	22°18'	18°29'	24°44'
(2) 押し抜き面の端から50mm離れた側点での押し抜き角度					
	N	S	E	W	平均
RC 1	21°48'	17°45'*	14°02'*	24°42'	19°34'
RC 2	30°58'	41°21'	25°38'	23°45'	30°25'
0.25	18°47'	52°42'	28°24'	30°06'	32°30'
0.5	28°24'	40°00'	45°00'	35°00'	37°06'
0.75	27°28'	27°28'	45°34'	22°47'	30°49'
1.0	16°42'	26°34'	38°40'	41°21'	30°49'

* 側の点の角度は推定の押し抜き角度

図6 コンクリートの圧縮強度と引張強度の関係

