九州大学	学生会員	安田真太朗	九州大学大学院	学生会員	崔	智宣
九州大学大学院	フェロー会員	日野伸一	九州大学大学院	正会員	ЩĽ	コ浩平

### 1.目的

道路橋の鉄筋コンクリート床版,フラットスラブ, フーチングなどで荷重が小さな面積で集中的に作用 する場合,その静的終局耐荷力は一般的に押抜きせ ん断破壊によって決まる.今日,1つの部材である RC版の終局耐荷力を適切に推定することは重要な ことである.本研究では,RC版の押抜きせん断試験 および3次元非線形 FEM 解析により,終局耐荷力と 変形挙動を検討した.

# 2. RC版の押抜きせん断試験およびFEM解析

RC版の挙動を正確に把握するために,押抜きせん 断試験を行った.供試体は,配合が異なる2つのタ イプの RC 版を 5 体作製した.供試体は辺長 1200mm, 厚さ 100mm であり, 鉄筋は D10 (SD295A, 降伏強 度 364N/mm<sup>2</sup>)を 14@80 で配筋し,有効高さは 75mm とした.載荷版は幅150×長さ150×高さ75mmを中央 に配置した.支持版は,浮き上がりを拘束しない四 辺単純支持とした.図-1に供試体概略図を示す.鉄 筋には版中央から 120mm,280mmの位置にひずみゲ ージを貼付し,同じ位置のコンクリート上面にコン クリートゲージも貼付した.浮き上がりを確認する ために,支点上に変位計を設置した.さらに,RC版 の押抜きせん断試験と同時に,コンクリートの強度 試験を行った.試験は圧縮試験,引張試験,曲げ試 験, せん断試験を各3体ずつ行い, その結果を表-1 に示す.

また,RC版の非線形挙動を解析的にシミュレート するため,DIANAによる非線形FEM解析を行った. モデルは3次元モデル,要素寸法25×25×25mm,コ ンクリートは8接点ソリッド要素,鉄筋には埋込鉄 筋要素を用い,コンクリートと載荷板は完全結合と し,載荷板はカーブシェル要素を用いた.支持板に はトラス要素を用い,また載荷板,支持板ともに剛 体を仮定した.図-2に材料構成則を示す.ひび割れ モデルには回転ひび割れモデルを用いた.コンクリ ート圧縮側には圧縮試験の結果を適用し,引張側は, 引張軟化曲線モデル式<sup>1)</sup>を用いて定義した.鉄筋は 降伏強度到達後,応力が一定となるバイリニアモデ ルとし, Von Mises の降伏条件を用いた.また,鉄筋 とコンクリートの間にインターフェース要素で付着 すべり関係<sup>2)</sup>を用いた.

# 3. RC版の押抜きせん断耐力評価

コンクリート標準示方書式<sup>3)</sup>(以下,示方書式)は 式(1)により RC版の押抜きせん断耐力を評価する. また,式(2)は松井ら<sup>4)</sup>が RC版の押抜きせん断破 壊状況から押抜きせん断モデルを仮定し,圧縮域コ ンクリートのせん断耐力と鉄筋のダボ効果による剥 離効果を考慮して提案した評価式である.



表-1 強度試験結果

ſ	Tuma	圧縮強度	引張強度	曲げ強度	せん断強度	ヤング係数	ポアソン比	
	Type	$(N/mm^2)$	$(N/mm^2)$	$(N/mm^2)$	(N/mm <sup>2</sup> )	(kN/mm <sup>2</sup> )		
	А	37.4	2.97	4.26	4.99	28.6	0.18	
ſ	В	30.3	2.59	-	3.08	21.9	-	



表-2 最大荷重

								) 内 は 解 析 値 / 計 昇 値		
Type	計算値(kN)		解析值(I-N)	宝駘值(I-N)		実験値/	実験値/	実験値/		
Type	示方書式	松井式				示方書式	松井式	解析値		
А	130	198	208	179	178	1.37	0.90	0.86		
				176		(1.60)	(1.05)			
В	148	218	217	189	194	1.21	0.80			
				197		(1.47)	(1.00)	0.89		
				195	(1.47)	(1.00)				

示方書式  $P=\beta_d \cdot \beta_\rho \cdot \beta_r \cdot f'_{pcd} \cdot u_p \cdot d/\gamma_b$  ・・・(1)

ここで, $f'_{pcd}=0.20 f'_{cd}^{1/2}$  (N/mm<sup>2</sup>) ただし $f'_{pcd}$  1.2N/mm<sup>2</sup>,  $\beta_d=(1/d)^{1/4}$  (d:m) ただし $\beta_d>1.5$ となる場合は1.5とする  $\beta_p=(100p)^{1/3}$ ただし $\beta_p>1.5$ となる場合は1.5とする. $\beta_r=1+1/(1+0.25u/d)$ , $f'_{cd}$ : コンクリートの設計圧縮強度,u:載荷面の周長, $u_p$ :設計断面の周長 で,載荷面から d/2 離れた位置で算定する.d:有効高さで,2 軸方 向の鉄筋に対する平均値とする.p:鉄筋比で2軸方向の鉄筋に対す る平均値とする. $\gamma_b$ :安全係数,一般的に1.3を用いる.

松井式  $P=\tau_{s,max}$  {  $2(a+2x_m)x_d+2(b+2x_d)x_m$  }

+ $\sigma_{t,max}$  2(4C<sub>d</sub>+2d<sub>d</sub>+b)C<sub>m</sub>+2(a+2d<sub>m</sub>)C<sub>d</sub> ・・・(2) ここで,a,b:載荷板の主鉄筋方向,配力鉄筋方向の周長(cm), x<sub>m,xd</sub>:主鉄筋および配力鉄筋に直角な断面の引張側コンクリートを 無視した断面の中立軸(cm), d<sub>m</sub>,d<sub>d</sub>:主鉄筋および配力鉄筋の有効 高さ(cm),C<sub>m</sub>,C<sub>d</sub>:主鉄筋および配力鉄筋からのかぶり厚さ(cm),  $\tau_{s,max}$ :コンクリートの最大せん断応力度 0.252 ck-0.000246 ck<sup>2</sup>,  $\sigma_{t,max}$ :コンクリートの最大曲げ応力度 0.583(ck)<sup>2/3</sup>

#### 4.実験及び解析結果

(1) 表-2 に最大荷重を示す.同表には,解析による 最大荷重,示方書式と松井式による計算値,それら の比較を示す.その結果,示方書式は安全側に評価 しており,松井式は若干危険側評価しているが,比 較的精度よく実験値を再現している.

(2) 浮き上がりの様子を把握するために,図-3 に支持板上の鉛直変位と版中心からの距離との関係を示す.解析値は実験値に比べ,浮き上がりが小さいことがわかった.距離 500mmの位置で最大 2mmの差があり,実験値を精度良く再現できていないため, 今後さらに検討する必要がある.

(3)荷重-鉄筋ひずみの関係を図-4に示す、鉄筋ひずみが最初に急増した点で曲げひび割れが発生する、 120mm位置でのひずみより、曲げひび割れ発生荷重が実験では約10kN,解析では約50kNと異なっている.しかし、その後のひずみ性状は概ね再現できて



いる.また,小澤ら<sup>5)</sup>の研究結果から,同図に示す ように斜めひび割れ発生荷重を定義した.その結果, 解析値が実験値より同一の荷重に対して,斜めひび 割れ発生荷重時のひずみが小さいことがわかった. 280mm 位置での鉄筋ひずみより,同一の荷重時に曲 げひび割れが発生していることがわかった. (4) 図-5 に試験終了後の中央の切断面一例を,図-6 にその時の解析の中心断面におけるひずみコンター 図を示す.破壊面角度は版上縁から鉄筋位置までの ひび割れに沿う直線を引き,その角度と定義した. その結果,実験によるひび割れ角度は22.3~28.9 度 <sup>6)</sup>となっていたが,解析では平均約 30.9 度と近い値 が得られた.このことから,解析で実際の破壊面角

#### 5.まとめ

解析と実験を比較すると,最大荷重,破壊面角度 は概ね再現できた.しかし,変形挙動や鉄筋ひずみ 性状は異なっており,実験を再現できていないので, 今後も検討を重ねていく必要がある.

度は再現できていると考えられる.

参考文献 1)崔智宣他:各種短繊維で補強した軽量 2 種コンクリートの引張軟化 特性、コンクリート工学年次論文集、Vol.33,2011.7 2) CEB-FIP Model Code 1990, Thomas Telford, 1990 3) 土木学会:コンクリート標準示方書[構造性能照査編], 2002 4)前田幸雄他:鉄筋コンクリート床版の押抜きせん断が荷力の評価式,土木学会論文 集,第348V-1,pp.113-141,1984.8 5)小澤満載他:RCスラブの押抜きせん断破穀機構ご関 する基礎が研究,コンクリート工学年次論文報告集,Vol.21,No.3,pp.565-570,1999 6) 崔智 宣他:鋼欒樹虧鑵量2種コンクリートRC床版の押抜きせん断耐力原刊価 第66回年次学術講 演会講覧論文集,V-526,pp.1051-1052,2011.9