AFRP ロッドを下面埋設した RC 版の押し抜きせん断性状

三井住友建設（株）　フェロー　○三上　浩　室蘭工業大学　フェロー　岸　徳光
（独）北海道開発局土木研究所　正　員　田口　史雄　室蘭工業大学　フェロー　松岡　健一

1. はじめに

本研究では，AFRP ロッドを下面に埋設して補強した RC 版の押し抜きせん断耐荷性状および補強効果を検討するために，ロッド埋め込み補強 RC 版の押し抜きせん断実験を行った．

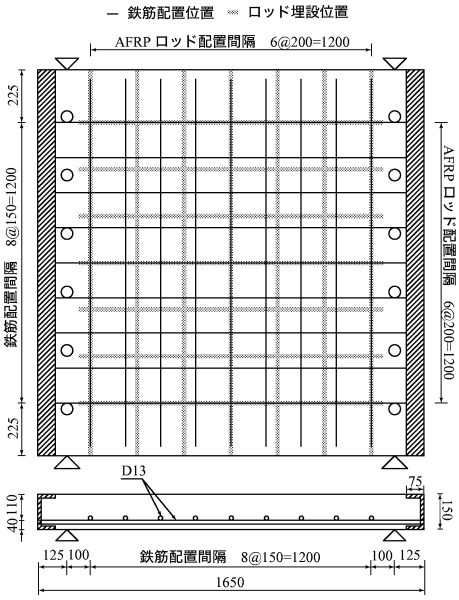
2. 実験の概要

表－1 には，本実験に用いた試験体の一覧を示している．試験体数は，無補強試験体を含め，３種類の直径の AFRP ロッドを用いて補強量を変化させたロッド補強試験体３体の全４体である．表中，試験体名の第一項目は N が無補強，R がロッド補強試験体を示し，R に付随する数字はロッド径の概略値を示している．

表－１　試験体の一覧

試験体名	ロッド径 (mm)	AFRP ロッド配置間隔 (mm)	引張剛性 $E_f \cdot A_f$ (GN)
N	-	-	-
R5	5.0	200	1.2
R7	7.3		2.6
R9	9.0		3.9

図－1 には，試験体の形状寸法と配筋状況および AFRP ロッドの配置状況を示している．試験体は，165 × 165 × 15 (cm)，かぶり厚は 4 cm である．補強筋には D13 を用い，15 cm 間隔で下端のみに配置している．試験体の一対辺は支点間が 140 cm で支点部はピン支持に近い構造とし，他対辺は自由としている．ロッドの埋設方法は，埋設位置にロッド径を多少上回る溝を掘削し，配力筋方向，主鉄筋方向の順に接着用パテを用いて埋設した．なお，ロッドの埋設位置は版中央部より 20 cm 間隔としている．荷重の載荷は，載荷位置を版中央点とし，直径 60 mm で 2 mm のテーパがついた鋼製円柱体を用いて行っている．実験時におけるコンクリートの平均圧縮強度は 31.6 MPa，鉄筋の降伏強度は 362 MPa であった．本実験に用いた AFRP ロッドの力学的特性値は，弾性係数 62.5 GPa，引張強度 1.45 GPa である．測定項目は，載荷荷重，版中央変位であり，実験終了後には配力筋方向の版中央部を切断して破壊面の観察を行った．

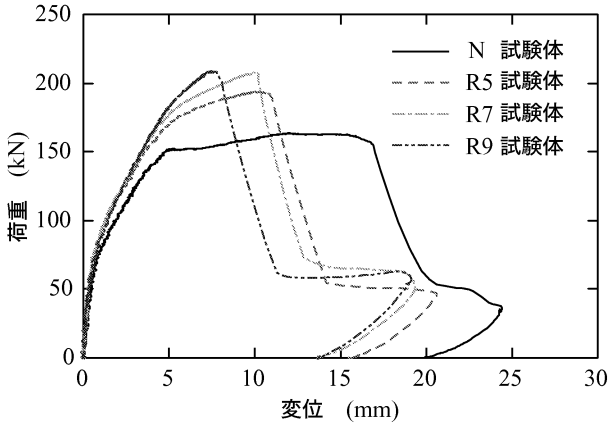


図－１　試験体の概要

3. 実験結果及び考察

3.1 荷重－版中央変位関係

図－2 には，各試験体の荷重と版中央変位 (以後，単に変位) の関係を比較して示している．図より，ロッド補強を施していない N 試験体は 70 kN 程度で配力筋方向に曲げひび割れが発生し，変位 5 mm，荷重 150 kN 程度までほぼ線形に変位が推移している．その後，変位が 16 mm 程度まで最大荷重程度の荷重を保持した後，押し抜きせん断破壊により終局に至った．一方，AFRP ロッドで補強した R 試験体は，N 試験体のような顕著な剛性低下が見られず，荷重の増加と共に変位も徐々に増大して押し抜きせん断破壊に至っている．このように，R 試験体で剛性低下が抑制されるのは，ロッドで補強することにより，かぶりコンクリートにおけるひび割れの発生および拡大が抑制されるためと推察される．また，R 試験体の中では，R9 試験体の最大荷重時変位が最も小さく，剛性勾配が



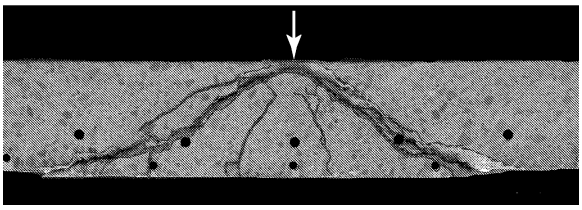
図－２　荷重－版中央変位関係

キーワード：RC 版，AFPR ロッド，押し抜きせん断性状
連絡先：〒 270-01325　千葉県流山市駒木 518-1 三井住友建設 (株) 技術研究所　TEL 0471-40-5202　FAX 0471-40-5216

最も大きいことが分かる．しかしながら，R9 試験体の補強による荷重増分は R7 試験体のそれとほぼ同程度であることから，引張剛性 $E \cdot A$ の増加と荷重増分は線形比例関係にないことが分かる．これより，補強量を増加させても補強効果には上限があることが推察される．なお，N 試験体で塑性棚が生じたのは，曲げ耐力と押し抜きせん断耐力がほぼ同等であることによるものと考えられる．また，R 試験体が押し抜きせん断破壊で終局に至ったのは，ロッド補強によって曲げ耐力が押し抜きせん断耐力を上回ったためと考えられる．

3.2 押し抜きせん断性状

写真－1 には，版中央切断面の状況を示している．写真より，版上部から下端鉄筋までのひび割れ角度 (α 1) とかぶりコンクリート部のひび割れ角度 (α 2) とが異なることが分かる．切断面より得られた各試験体のひび割れ角度を **表－2** に示す．表より，α 1 はいずれの試験体も同程度であることが分かる．一方，α 2 はいずれの試験体においても α 1 を下回っており，かぶり部において押し抜きせん断面が緩やかになり，せん断コーンが広がりを有する傾向にあることが分かる．



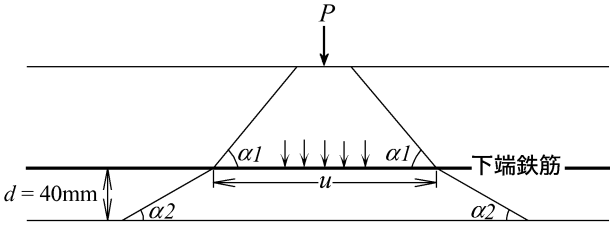
写真－1　版中央切断面の状況 (R9 試験体)

表－2　ひび割れ角度，耐力増分および押し抜きせん断耐力

試験体名	ひび割れ角度		耐力増分		①/②	押し抜きせん断耐力		③/④
	α1 (度)	α 2 (度)	実験値① (kN)	計算値② (kN)		実験値③ (kN)	計算値④ (kN)	
N	36	22	-	-	-	163.7	161.6	1.01
R5	34	30	30.3	33.6	0.90	193.9	195.2	0.99
R7	36	17	44.1	46.6	0.95	207.8	208.2	1.00
R9	37	16	45.3	51.4	0.88	209.0	213.0	0.98

3.3 押し抜きせん断耐力

表－2 には，補強したことによる耐力増分および押し抜きせん断耐力の関係を示している．ここでは，かぶりコンクリート部がロッド補強によって健全となり押し抜きせん断耐力の向上に寄与するものと仮定し，土木学会コンクリート標準示方書 [1] (以後，示方書) に基づいてかぶり部の押し抜きせん断耐力を耐力増分として計算した．すなわち，押し抜きせん断破壊面を **図－3** に示すようにモデル化し，下端鉄筋が配筋されている面の直径 u の領域に分布荷重が作用してかぶり部に押し抜きせん断面が形成されるものと仮定した．なお，版下面の AFRP ロッドは，鉄筋に対する弾性係数比を用いて補強筋比として考慮した．本手法は FRP シートを下面接着した RC 版の押し抜きせん断耐力評価法として先に著者らが提案した方法 [2] と同一である．表には，かぶり部の計算耐力増分②に，N 試験体の計算耐力を加算した計算押し抜きせん断耐力④を実測耐力③と比較して示している．ここで，耐力増分の実験値①は R 試験体の押し抜きせん断耐力から N 試験体の耐力を差し引いた耐力である．なお，N 試験体の計算値は示方書に基づいて下端鉄筋より上側の断面を対象に，押し抜きせん断面の角度 α 1 を 45° と仮定して算出した値である．



図－3　押し抜きせん断面のモデル化

表より，かぶり部の耐力増分として算出した計算値②は，実験値①に比べて多少大きいものの両者はほぼ対応していることが分かる．また，押し抜きせん断耐力の計算値④は，かぶり部の耐力負担が全体の 15～20 % 程度と小さいことから，実測の耐力と比較的良好に対応している．これより，ロッド補強による押し抜きせん断耐力の増加は，ロッド補強によってかぶりコンクリート部がせん断抵抗要素として効率よく機能することによるものであることが推察される．

4. まとめ

1) RC 版下面に AFRP ロッドを埋設して補強することにより，ひび割れ発生後における剛性低下の抑制や，押し抜きせん断耐力の増加が期待できる．
2) かぶりコンクリートの耐力寄与を仮定した計算押し抜きせん断耐力は実測値とほぼ対応する．

参考文献

1) 土木学会：コンクリート標準示方書 (平成 14 年制定) 構造性能照査編，2002.
2) 三上　浩，岸　徳光，栗橋祐介，松岡健一：FRP シートを下面接着した RC 版の押し抜きせん断性状，コンクリート工学年次論文集，Vol.23, No.1, pp. 847-852, 2001.