

丸鋼を軸方向鉄筋に用いた鉄筋コンクリート部材のせん断性状に関する研究

埼玉大学大学院 学生会員 ○駒場 駿介
 埼玉大学 正会員 牧 剛史
 埼玉大学大学院 学生会員 金原 智康

1. はじめに

鉄筋コンクリート（以下、RC）構造物は耐震設計上、RC 部材のせん断破壊を防止し、大きな靱性能を付与することが要求される。そのため、せん断補強筋が大量に配筋されるようになり、経済性、鉄筋の施工性およびコンクリートの充填性が新たな問題となっている。一方、これまで鉄筋とコンクリート間の付着作用が、RC 部材の耐力や破壊機構に影響を及ぼすことが既に知られており、せん断スパン比（以下、 a/d ）の比較的大きな RC 部材においては、引張主鉄筋の付着を制御するとせん断耐力が向上することが明らかになっている。

以上の背景のもと、せん断補強筋を密に配置することによる施工上の制約が特に顕著である場所打ち RC 杭部材の軸方向鉄筋に付着の弱い丸鋼を用いることで、せん断耐力を向上させるとともに施工の合理化を図ることを最終的な目的とした。一般に、RC 部材の主鉄筋に丸鋼を用いると、鉄筋ひずみは定着間に渡って均一化されるため、定着位置により部材挙動が変化する傾向にある。また、地震動によって杭部材に作用する外力、あるいは断面力分布が時々刻々に変化するため、見かけのせん断スパン長が応答中に変化すると考えられる。そこで、軸方向鉄筋の定着位置及び a/d がそれぞれせん断耐力に及ぼす影響を解明するために実験と解析を行った。

2. RC 柱の正負交番載荷試験

2. 1 実験概要

断面寸法 $300\text{mm} \times 300\text{mm}$ 、載荷点長さ 750mm 、 $a/d=2.9$ の RC 柱を3体作製し、正負交番繰返し載荷試験を行った。実験要因は軸方向鉄筋の種類（異形鉄筋、丸鋼）及び付着制御長である。ここで付着制御長とは、丸鋼の両端に定着を確保するために取り付けしたナット間の距離のことを意味する。

2. 2 実験結果と考察

実験要因と実験結果を表 - 1に、荷重－変位関係の包絡線を図 - 1に示す。軸方向鉄筋に丸鋼を用いることで部材の剛性は低下したが、せん断耐力は改善された。これは軸方向鉄筋の付着が切れると、部材の耐荷機構がせん断スパン内に圧縮ストラットを形成するように変化するためである。また、付着制御長を短くすることで鋼材の受け持つ応力が大きくなり、部材の剛性は改善されたが、作用応力の集中によって定着部での損傷が目立ち、せん断耐力は低下した。

表 - 1 RC柱の正負交番載荷試験の実験要因と結果

供試体 No.	鉄筋の種類	付着制御長 (mm)	せん断耐力 (kN)
SP-1	異形鉄筋	—	285
SP-2	丸鋼	1200	356
SP-3	丸鋼	1000	310

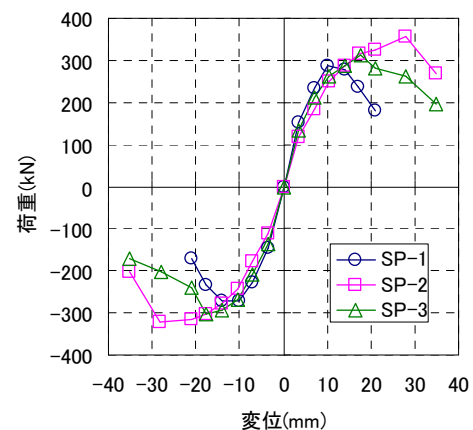


図 - 1 包絡線

3. RC 不静定梁の静的単調載荷試験及び解析

3. 1 実験概要および解析方法

断面寸法 $200\text{mm} \times 400\text{mm}$ の RC 梁を5体作製し、図 - 2に示すように不静定梁の静的単調載荷試験を行った。実験要因は軸方向鉄筋の種類と a/d とし、図中の $b-c$

キーワード 付着、軸方向鉄筋、せん断耐荷性状、定着、不静定、3次元有限要素解析

連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255 埼玉大学大学院理工学研究科

区間で破壊が生じるように設計した。一般に、正負曲げモーメントが同時に作用するスパンでは、最大曲げモーメント点から曲げモーメント0点までを見かけのせん断スパンと見なし、 $a2/d$ をパラメータとした。ひび割れ発生などにより荷重が再分配されるため、载荷中に $a2/d$ の値が変化せず常に同じ反力分布を与えるよう、荷重制御によって静的载荷を行った。 $a2/d=1.0$ の供試体において、 $a2=375\text{mm}$ 、 $a3=250\text{mm}$ であり、 $a2+a3/d=1.67$ である。

また、軸方向鉄筋の付着を制御したRC部材のせん断耐荷性状をより明確にするために、3次元非線形有限要素(FEM)解析を利用して本実験の感度解析を行った。付着制御長と a/d をパラメータとし、境界条件は実験と同条件のもとで行った。

3. 2 実験及び解析結果と考察

RC 不静定梁の実験で、軸方向鉄筋の種類を実験要因とした D-1.0、R-1.0、U-1.0 はすべて図-2 における b-c 間でせん断破壊に至った。正負の曲げモーメントを同時に受ける部材では、付着を制御することによってひび割れ間で部材が剛体変形するため、斜めひび割れは载荷点と支点とを直線的につなぐように発生する。このことは、せん断スパン長が見かけ上、b-c 間距離に相当していたことを意味する。そのため、本実験では付着の制御によるせん断耐力の向上効果を十分に得ることが出来なかった。また、軸方向鉄筋に丸鋼を用いて、 $a2/d$ をパラメータとした 3 体のうち、R-1.3、R-1.5 の供試体は曲げ圧縮破壊となり、このときの耐力は計算値の 1/3 程度であった。付着を制御したことによって部材内に発生する曲げひび割れが局所化し、曲げひび割れ発生部分の断面での曲率が大きくなったため、コンクリート圧縮縁が早期に圧壊したことが原因と考えられる。

FEM 解析の結果からは、軸方向鉄筋の付着を完全に制御する場合、定着部が隣接しないスパンにおいて付着制御長がせん断耐力に影響を与えないことが明らかになった。また、b-c 間の距離をせん断スパン a とし、この時の a/d をパラメータとして変位制御による解析を行ったケースでは、単純梁ほどではないが、不静定梁の場合でも付着を制御することによるせん断耐力の向上を確認することができた(図-3)。

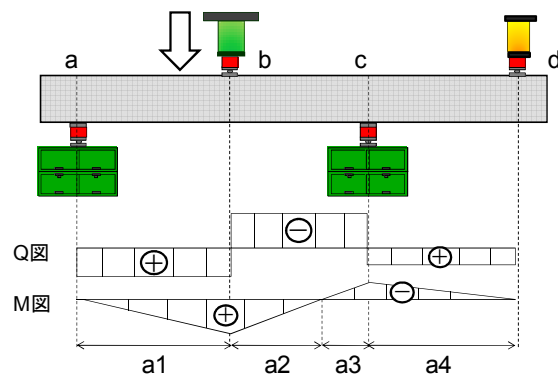


図 - 2 RC 不静定梁の载荷試験概要

表 - 2 RC 不静定梁の载荷試験の実験要因と結果

供試体 No	軸方向鉄筋	$a2/d$	最大荷重 (kN)	b c 間の作用最大せん断力 (kN)	破壊形式
D-1.0	異形鉄筋	1.0	710	406	せん断
R-1.0	丸鋼	1.0	595	363	せん断
U-1.0	アンボンド	1.0	660	397	せん断
R-1.3	丸鋼	1.3	595	364	曲げ圧縮
R-1.5	丸鋼	1.5	530	319	曲げ圧縮

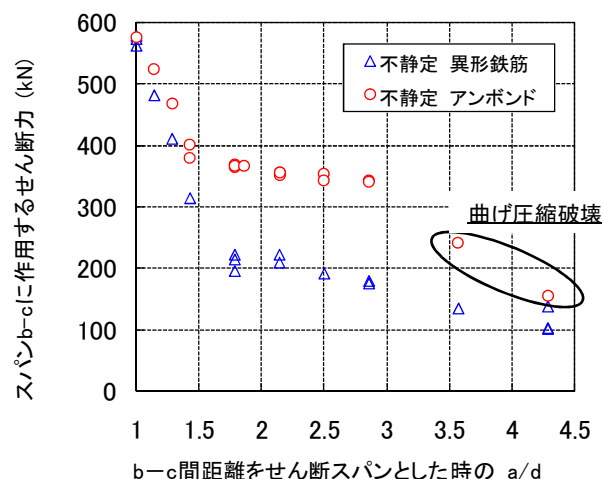


図 - 3 b-c 間におけるせん断耐力と a/d の関係

4. まとめ

軸方向鉄筋の付着を制御することによって、せん断スパン内に圧縮ストラットが形成されることでせん断耐力が向上する。しかし、正負の曲げモーメントが同時に発生するスパンでは载荷点支点間距離がせん断スパンとなるため、せん断力向上効果が得られない可能性があることを示した。

付着制御長は部材の剛性、曲げ圧縮耐力、さらに定着位置に隣接するスパンのせん断耐力に影響を与えることから、定着位置の検討が重要だと考える。