

## - 4 鉄筋コンクリート構造の接合技術に関する基礎研究

### Experimental Study on a New Reinforced Concrete Member with Damage Controlled Hinge

(研究期間 平成14～16年度)

構造研究グループ

楠 浩一

加藤博人

Dept. of Structural Engineering

Koichi Kusunoki

Hiroto Kato

Taking off the bonding effect between the main reinforcing bars and the surrounding concrete in the yielding zone is expected to prevent from cracking and shear strength degrading, since no tensile stress will be transferred from the main reinforcing bars to the surrounding concrete in the un-bonded zone. Series of experiment on RC columns of with un-bond flexural reinforcing bars in the hinge zone is conducted in order to confirm the un-bond effect mentioned above. Main parameters are the existence of un-bonded zone, hoop ratio and confinement in the un-bonded zone. The test results indicate that the RC member with un-bonded reinforcing bars in the hinge zone could avoid a damage of flexural crack and shear strength degrading. The RC member with un-bonded reinforcing bars has almost the same yield stiffness as the conventional RC members.

#### 【研究目的】

鉄筋コンクリート構造では、柱や梁などの部材端部を曲げ降伏させ、そのヒンジ領域でエネルギー吸収を行う靱性に富む機構が望ましいと考えられている。しかし、この機構はヒンジ領域に発生したコンクリートのひび割れが部材の変形とともに進行するため、かぶりコンクリートの剥落やせん断強度の低下、最終的には主筋の座屈を伴う。

このようなコンクリートの損傷を防ぐために鉄筋コンクリートの曲げヒンジ領域におけるコンクリートと主筋の定着を除去し、アンボンド区間を設ける機構を考えた。図1にその概要を示す。アンボンド区間では主筋による引張力がコンクリートに作用しないため、部材変形は降伏した主筋の伸縮によって生ずる回転変形のみとなり、コンクリートと主筋が定着境界面で完全に一体化されていればヒンジ領域がアンボンド区間を超えて拡大することがない。つまり、この機構では鉄筋コンクリート部材端部におけるコンクリートの付着特性を制御することで、ヒンジ領域の長さを制御することが可能になる。

本研究では、ヒンジ領域にアンボンド区間を設けた鉄筋コンクリート柱の水平載荷実験を行い、その応答性状とアンボンド区間の応力伝達機構について考察を行った。

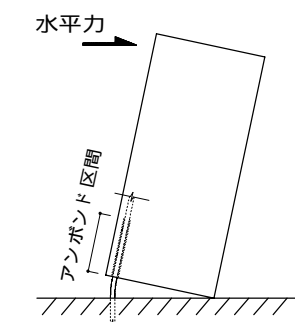


図1 アンボンド区間を有する鉄筋コンクリート部材

#### 【研究内容】

主筋にアンボンド区間を有する鉄筋コンクリート部材の弾塑性挙動を把握するために、4シリーズ計24体の鉄筋コンクリート柱(RC柱)試験体を用いた水平載荷実験と、2シリーズ計4体の連層耐震壁の水平加力実験<sup>1) 2)</sup>を行った。連層耐震壁の結果については文献1)、2)を参照されたい。ここでは、RC柱の結果について報告する。RC柱の実験では、せん断スパン比(M/QD)、アンボンド区間の有無、定着境界面の補強方法、ヒンジ領域におけるコンクリートの拘束補強方法などを変動因子とした。

第1シリーズ<sup>3)</sup>では、柱脚固定の片持ち柱形式のRC試験体を用いて、柱脚部にアンボンド区間を設けた影響と定着境界面の補強についての検討を行った。試験体は、柱脚部D/2区間のせん断補強筋量、アンボンド区間の有無、定着境界面の補強方法を変動因子とした7体である。

実験の指標として、通常のRC柱とせん断補強筋を増して変形性能を向上させたRC柱を設計した。主筋にスパイラルシースを被せることによって、コンクリートと主筋の付着を除去し、アンボンド区間を設けた(アンボンドRC柱)。定着境界面の補強効果を比較するために、鋼板による補強、せん断補強筋の2重巻き、切削主筋を使用した3種類の試験体を設計した。実験の結果、アンボンド区間では曲げせん断ひび割れが生じにくいこと、定着境界面を補強した部材は変形性能が向上することなどが分かった。

第2シリーズ<sup>3)</sup>では、アンボンド区間の拘束補強効果についての検討を行った。試験体は、定着境界面の補強、アンボンド区間の横拘束補強を変動因子とした5体である。

指標となる通常のRC柱のせん断余裕度は、変動因子による応答性状の違いを明確にするために第1シリーズよりも低く設計した。定着境界面の補強方法として、せん断補強筋の2重巻き、大変形時のコンクリートの圧縮破壊と主筋座屈を防ぐために各主筋に添ってスパイラル筋を配した。実験の結果、アンボンド区間のコンクリートを拘束補強することにより部材の応答性状が向上することが分かった。

第3シリーズでは、アンボンド区間長の違いによる応答性状の比較、部材降伏後の主筋交換を視野に入れた検討を行った。試験体は、アンボンド区間長、コアコンクリートの拘束補強、せん断補強筋代替のシート巻き補強を変動因子とした6体である。

アンボンド区間長はD/2、3D/4の2通りとした。部材降伏後の主筋交換を実現させるために、せん断補強筋は配筋せず、ヒンジ領域のせん断補強筋に代えてシート補強を施した。また、コアコンクリートの損傷を防ぎ、確実に主筋のみを降伏させるためにスパイラル筋はコアコンクリート内部に配した。実験の結果、アンボンド区間ではトラス機構が形成されず、応力伝達は主にコンクリートの圧縮束によって行われていること、スパイラル筋を施した試験体では、主筋降伏後のコアコンクリートの損傷が低減することが分かった。今後は、主筋交換の技術開発が課題となる。

第4シリーズは、逆対称形式の試験体とした。非ヒンジ領域の付着破壊、ヒンジ領域のせん断破壊、これまでの実験を総括した検討を行った。主筋径、非ヒンジ領域のシート補強を変動因子とした6体である。

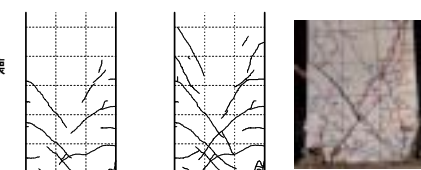
アンボンドRC柱の付着割裂強度、主筋の必要定着長さを算定するために主筋D19、D16を使用した2通りの試験体を設計した。また、定着境界面において主筋の定着が確保された部材では終局時にヒンジ領域のせん断破壊を生ずることが考えられるため、非ヒンジ領域にシート補強を施したせん断破壊型の試験体を設計した。実験の結果、靱性保証耐震設計指針<sup>4)</sup>を応用したアンボンドRC柱の非ヒンジ領域での付着破壊強度、ヒンジ領域のせん断破壊強度の算定が可能であることが分かった。

**【研究結果】**

代表的な研究結果として、通常のRC柱と柱脚部をアンボンドRC柱とした試験体のひび割れ性状の比較を図2に示す。アンボンドRC柱ではアンボンド区間のひび割れ損傷の低減、変形性能の向上が伺える。

4シリーズの実験を行った結果、アンボンド区間を設けた鉄筋コンクリート柱の力学的性状について以下の知見を得た。

通常RC柱  
 部材変形角R=1/25で  
 耐力低下。せん断破壊  
 の性状を示した。



アンボンドRC柱  
 主筋周りをスパイラル  
 筋補強。アンボンド区  
 間のせん断ひび割れが  
 減少し、耐力低下を生  
 じなかった。

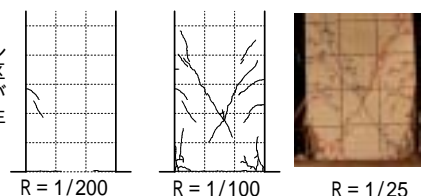


図2 ひび割れ性状の比較

曲げ降伏点剛性は、通常のRC部材と同程度である。アンボンド区間の曲げせん断ひび割れが生じにくく、ひび割れ損傷による部材の変形性能の低下を防止する効果が見られた。

定着境界面の付着特性を補強したことによって、部材の変形性能の向上が見られた。

部材変形に対する回転変形成分の比率が大きくなる。アンボンド区間のコンクリートを拘束補強することによって、主筋が座屈しない良好な応答性状を示す。アンボンド区間では、トラス機構が形成されず、応力伝達は主にコンクリートの圧縮束によって行われていると考えられる。

**【参考文献】**

- 1) 降伏機構分離型鉄筋コンクリート造連層耐震壁の変形性能に関する実験研究(その1)～(その4)、日本建築学会学術講演梗概集、2004～2005
- 2) 降伏機構分離型鉄筋コンクリート造耐震壁の基本耐震性能、日本建築学会構造系論文集、No.594、2005.7
- 3) 鉄筋コンクリート構造の接合技術に関する研究(その1)～(その4)、日本建築学会学術講演梗概集、2003～2004
- 4) 鉄筋コンクリート造建物の靱性保証型耐震設計指針・同解説、日本建築学会、1999