

ヒンジ位置保証型 RC 梁の力学的挙動に 付着の除去が与える影響に関する研究

服部翼 * 前川利雄 * 坂田弘安 **

近年、RC 造建物において、地震後も継続利用可能な損傷制御能や修復性の向上が期待されている。既往の研究によると、RC 部材において、鉄筋とコンクリート間の付着を完全に除去した場合、ひび割れが一部に集中することが報告されており、損傷の分散が抑制されるという観点では、地震後の修復性の向上が期待できる。そこで本研究では、ヒンジ位置を意図的に梁端部から離れた RC 梁に付着の除去を施した試験体の構造実験を行った。実験の結果、大変形時においても部材の履歴性状、履歴吸収エネルギー量等の構造性能に大きな影響を与えず、付着除去区間内の変形、および損傷を抑制できる可能性があることを確認した。

キーワード：RC 梁、ヒンジリロケーション、損傷制御、付着除去

1. はじめに

近年、鉄筋コンクリート（以下、RC）造建物において、大地震による崩壊を防ぎ、人命を守ることができる安全性能だけではなく、地震後も継続使用可能な損傷制御能や修復性の向上が期待されている。

滝口ら^{1), 2)}の研究によると、曲げおよびせん断を受ける RC 部材において、鉄筋とコンクリート間の付着を完全に除去した場合、最大曲げモーメントを受ける箇所あるいは支点上に生ずる材軸に直角のひび割れのみが大きくなり、斜めひび割れが大きくなりにくいことや、急激に破壊することはないこと、また、履歴特性がスリップ型に近づくことが報告されている。完全な付着の除去は構造性能の観点では不利に働く面があるが、ひび割れを集中させ、ひび割れの分散を抑制するという観点では、損傷領域を低減させ損傷制御能や修復性の向上が期待できると考えられる。しかしながら、滝口らの研究では、RC 梁における全ての主筋に対して付着の除去を施しており、部分的な主筋の付着の除去の影響については未だ不明瞭な点が多いと考えられる。

また、文献 1), 2) において、主筋の付着の除去により、履歴特性がスリップ型に近づくことが報告されていることから、座屈拘束ブレースなどの制振部材に地震エネルギーを集中させることで、付着除去に伴うエネルギー吸収量の低下を補うということが考えられる。その場合、一般的に制振部材は柱と梁の交差部に接合されることが多いが、制振部材と柱、梁部材との接合部では変形が拘束されることから、RC 造では短柱化の懸念がある。しかしこの問題を回避するために制振部材を上階と下階の梁端部に接合した場合、地震時には、制振部材との接合部である梁端部に塑性ヒンジが形成されるため、制振部材

本来の性能が発揮されない可能性がある。

以上のことから、主筋の付着の除去により、地震発生後の修復性に優れ、付着の除去に伴う履歴吸収エネルギー量の低下は制振部材で補うことができる RC 造骨組架構の検討を行う。制振部材は上階と下階の梁端部に接合することを想定し、梁の塑性ヒンジ発生位置を梁端から遠ざける方法であるヒンジリロケーション³⁾により、制振部材との接合部である梁端部の損傷を抑制する。本研究におけるヒンジリロケーションの手法は、梁 2 段筋をカットオフし、相対的に梁端部の主筋量を増加させることで、梁の塑性ヒンジ発生位置を柱面から遠ざけるものである。Fig. 1 に本研究で想定する梁の損傷状態の概略を示す。

本研究では、ひび割れに大きな影響を与えたと考えられる梁四隅の主筋の付着に着目し、ヒンジ位置を梁端部から意図的に離れた RC 梁に付着の除去を施した試験体の構造実験を行い、梁四隅の主筋の付着の除去が与える部材の構造性能および破壊、損傷性状への影響を検討する。

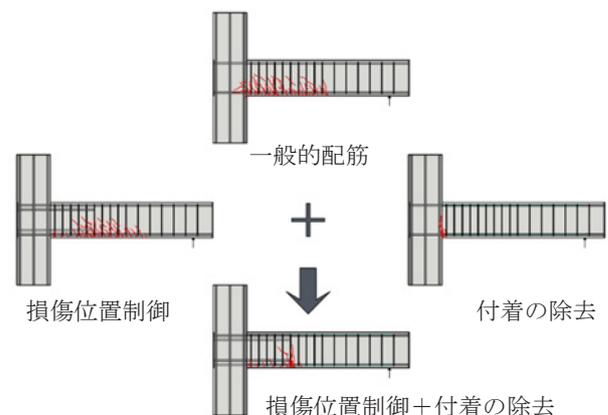


Fig.1 梁の損傷状態の概略

2. 実験概要

2.1 試験体概要

試験体の概要を Fig. 2 に、試験体諸元を Table 1 に示す。また、材料特性を Table 2 に示す。試験体はスパン中

* 技術本部 技術研究所 防災技術研究室
** 東京工業大学 環境・社会理工学院建築学系
教授・工博

央を反曲点位置として切り出した片持ち梁であり、試設計された超高層 RC 建築物⁴⁾を対象として、実大の約 1/2 スケールを想定し、梁の断面は 275mm×450mm とし、柱面（スタブ面）から加力点までの距離を 1800mm とした。

また、柱面（スタブ面）から 550mm の位置をヒンジ形成位置と想定し、ヒンジ形成位置から柱梁接合部にわたる区間の主筋を 4+4-D19 とし、その先、梁中央部の 2 段目主筋をカットオフし、4-D19 とすることでヒンジ位置を意図的に移動させている。これらの設計概念は、全長にわたって主筋を 4+2-D19 とした梁と耐力を同等とし、かつ、耐力余裕度を確保することである。ここで、耐力余裕度とは Fig. 3 のヒンジ位置保証型 RC 梁の耐力概念に示すように、2 段筋カットオフ位置の曲げ終局強度 M_k 時における耐力 V_k に対する、梁端の曲げ終局強度 M_u 時における耐力 V_u の比であり、曲げ終局強度は文献 5) を用いて算出した。Table 3 に算出した試験体の構造性能を示す。

試験体は計 3 体であり、B 試験体は全区間に対し付着の除去を行わないもの、DB-1D 試験体は 2 段筋カットオフ位置より 1D (D:梁せい) までの区間の梁四隅の主筋に対し付着の除去を行ったもの、DB-all 試験体は 2 段筋カットオフ位置から反曲点位置までの区間の梁四隅の主筋に対し付着の除去を行ったものである。2 段筋のカットオフ位置には機械式定着具を採用した。また、付着の除去は主筋をシーブ管に通し、内部にコンクリートが入り込まないように端部をテープでふさぐこととした。主筋の付着の除去の様子を Photo. 1 に示す。

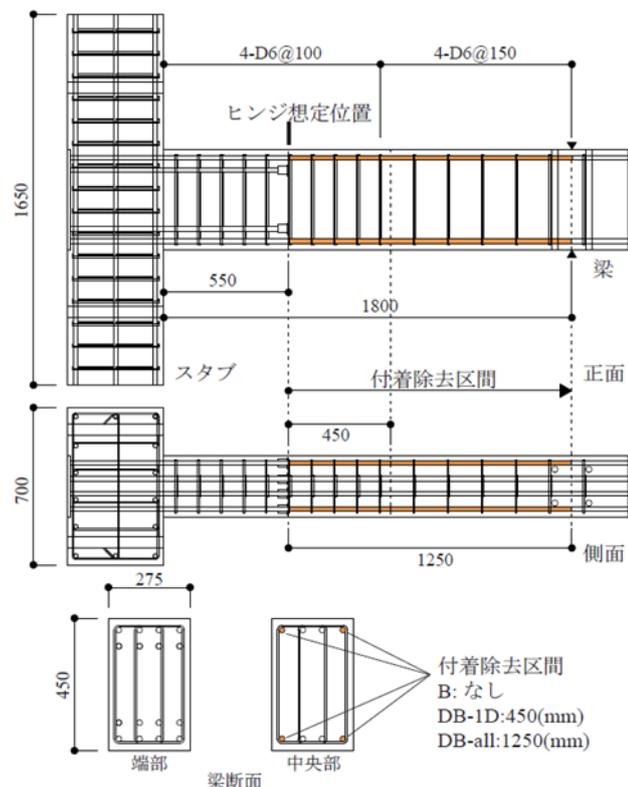


Fig. 2 試験体概要(DB-all 試験体)

Table 1 試験体諸元

試験体名		B	DB-1D	DB-all	
梁	$b \times D$ [mm]	275×450			
	F_c [N/mm ²]	50			
	端部主筋	4+4-D19(SD490)			
	中央部主筋	4-D19(SD490)			
	あばら筋	端部	4-D6@100(USD685)		
		中央部	4-D6@150(USD685)		
付着除去部分の長さ [mm]		-	1D (450)	all(1250)	
スタブ	$b \times D$ [mm]	700×450			
	F_c [N/mm ²]	50			
	主筋	14-D19(SD490)			
	せん断補強筋	6-D6@100(USD685)			

(b : 幅, D : せい, F_c : コンクリートの設計基準強度)

Table 2 材料特性

試験体名		B	DB-1D	DB-all
鉄筋	D19 (SD490)	σ_y [N/mm ²]	554	
		σ_u [N/mm ²]	744	
		E_s [N/mm ²]	191545	
	D6 (USD685)	σ_y [N/mm ²]	736*	
		σ_u [N/mm ²]	901	
		E_s [N/mm ²]	211670	
コンクリート	σ_B [N/mm ²]	60.7	61.9	63.3
	σ_t [N/mm ²]	4.1	4.0	3.9
	E_c [N/mm ²]	33843	33925	34023

(σ_y : 降伏強度, σ_u : 引張強度, E_s : 鉄筋のヤング係数, σ_B : 圧縮強度, σ_t : 割裂強度, E_c : コンクリートのヤング係数)
*0.2% オフセット耐力

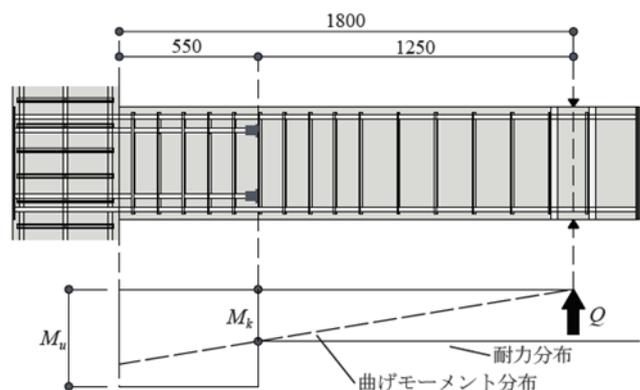


Fig. 3 ヒンジ位置保証型 RC 梁の耐力概念

Table 3 試験体の構造性能

端部主筋	4+4-D19
中央部主筋	4-D19
梁端の曲げ終局強度 M_u [kN・m]	386.6
カットオフ位置の曲げ終局強度 M_k [kN・m]	207.2
梁端の曲げ終局強度時における耐力 V_u [kN]	214.8
カットオフ位置の曲げ終局強度時における耐力 V_k [kN]	165.8
耐力余裕度 V_u/V_k	1.30



Photo. 1 付着除去の様子

2. 2 載荷・計測計画

載荷装置組立図を Fig. 4 に、載荷試験の様子を Photo. 2 に示す。また、加力サイクルを Fig. 5 に示す。試験体はスタブを PC 鋼棒により反力床に固定し、梁自由端に接続したアクチュエータを用いて加力を行った。面外拘束は反力床に固定したフレームに接続されたパンタグラフにより行った。加力点高さの水平変位をせん断スパン (1800mm) で除すことで部材角 R を求め、変位制御により加力を行った。加力サイクルは部材角 $R=1/800, 1/400, 1/200, 1/100, 1/67, 1/50, 1/33$ rad. までを 2 サイクルずつ、 $R=1/25$ rad. を 1 サイクル行った後、 $R=1/18$ rad. を半サイクル行う、正負交番繰り返し漸増載荷とした。

また、試験体に強制変位を与えると、梁にせん断力と曲げモーメントが発生し、梁には曲げ変形、せん断変形、および抜け出しによる変形が生じる。そこで本研究では、Fig. 6 に示すように、梁をインサートにより 5 つの区間に分け、変位計から得られたデータより、それぞれの区間の曲率、およびせん断ひずみを算出した。変位計による曲率、およびせん断ひずみの算出方法を Fig. 7 に示す。

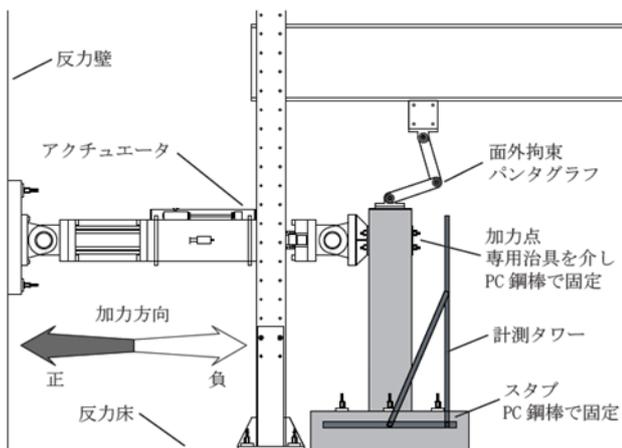


Fig. 4 載荷装置組立図



Photo. 2 載荷試験の様子

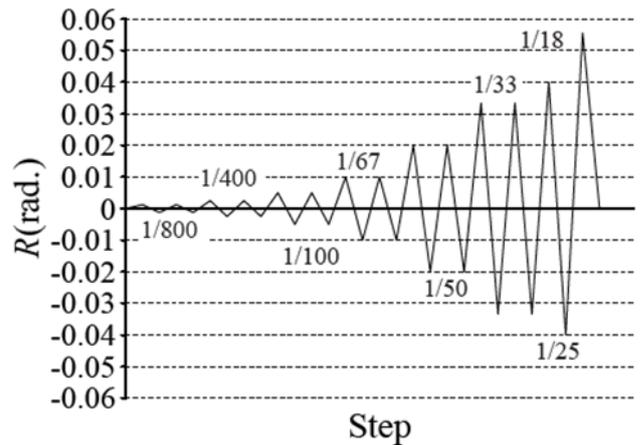


Fig. 5 加力サイクル

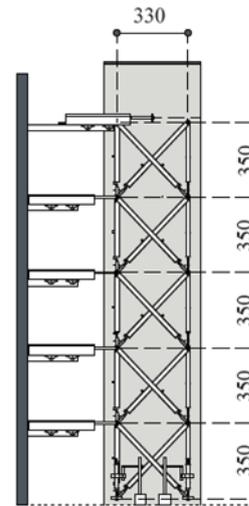


Fig. 6 変位計配置図

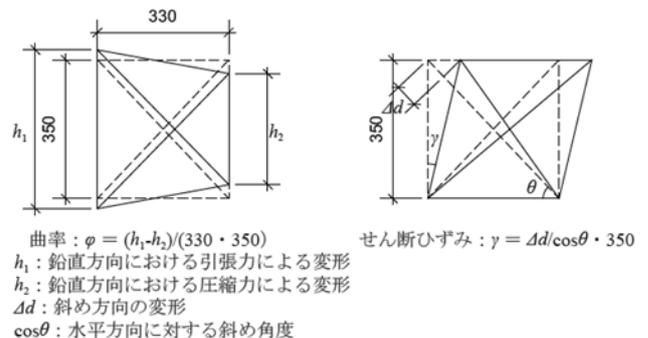


Fig. 7 曲率およびせん断ひずみの算定方法

3. 実験結果

3. 1 復元力特性

3. 1. 1 せん断力-部材角関係

各試験体の全サイクルおよび $R=1/100$ rad. までのせん断力 Q -部材角 R 関係を Fig. 8 に、試験体 3 体の全サイクルおよび $R=1/100$ rad. までのせん断力 Q -部材角 R 関係の比較を Fig. 9 および Fig. 10 に示す。Fig. 8 の図中に文献 5) を用い、ヒンジ位置での梁曲げ終局モーメントより求めた終局耐力を破線で示す。全試験体において、

R=1/18rad. まで載荷を行っても、急激な耐力低下は見られなかった。また、復元力特性はスリップ型にはならず、紡錘型の安定したループを描いており、付着の有無やその領域の差による復元力特性の変化は見られなかった。全体として試験体 3 体を比較すると、B 試験体、DB-1D 試験体、DB-all 試験体の順にわずかながら各サイクルにおいて、剛性、耐力が低下している。最大せん断力はそれぞれ、B 試験体は Q=233kN、DB-1D 試験体は Q=221kN、DB-all 試験体は Q=213kN であり、付着除去による耐力低下は 10% に満たなかった。また、各サイクル除荷後の残留変位量推移を Fig. 11 に示す。残留変位量は、全試験体正側、負側ともに部材角の増大とともに大きくなり、大変形時においても大差はなかった。

3. 1. 2 履歴吸収エネルギー

せん断力 Q-部材角 R 関係の 1 サイクルの面積から求めた履歴吸収エネルギーの推移を Fig. 12 に、各サイクルの履歴吸収エネルギー量を Fig. 13 に示す。全試験体において、累積履歴吸収エネルギー量に大差はなく、付着の有無やその領域による影響は全サイクル後において 10% 程度であった。各サイクルに関しては、R=1/100rad. 時までは、すべての試験体で概ね一致したが、R=1/67rad. 時以降は DB-all が、また R=1/50rad. 時以降は DB-1D 試験体がわずかに劣っていることが確認できた。なお、DB-1D 試験体は、DB-all 試験体と比べ、B 試験体に近い結果を示した。

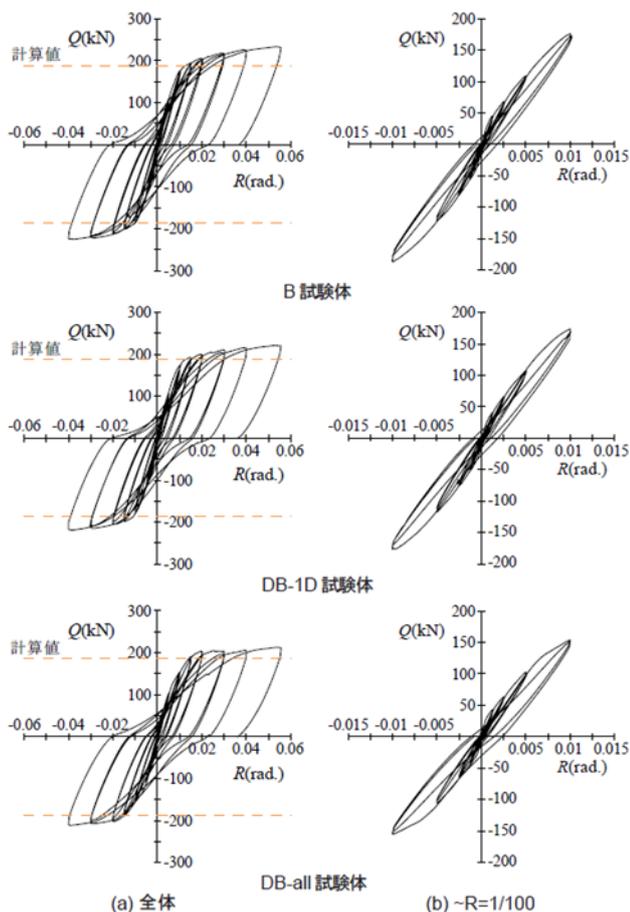


Fig. 8 せん断力-部材角関係

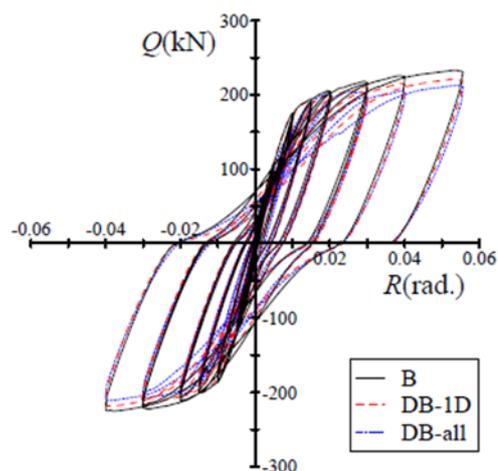


Fig. 9 せん断力-部材角関係 (3 試験体の比較, 全体)

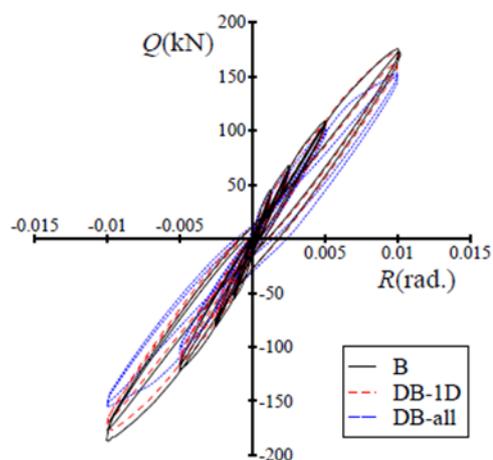


Fig. 10 せん断力-部材角関係 (3 試験体の比較, ~R=1/100)

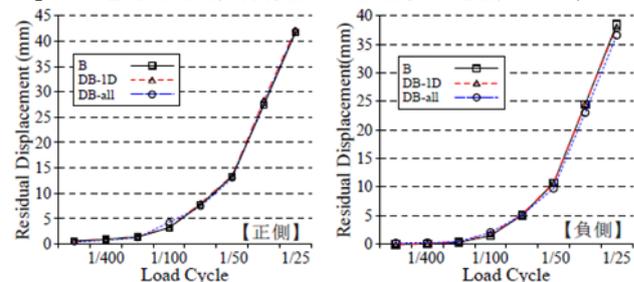


Fig. 11 残留変位量推移

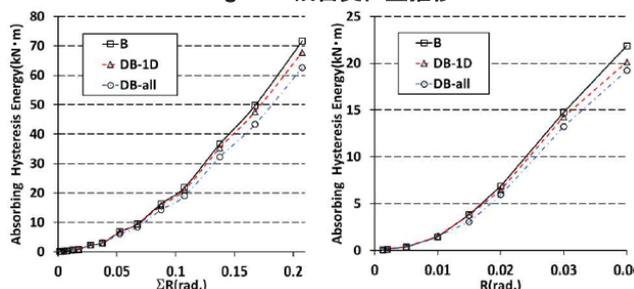


Fig. 12 履歴吸収エネルギー推移

Fig. 13 各サイクルの履歴吸収エネルギー量

3. 1. 3 等価粘性減衰定数

等価粘性減衰定数 h_{eq} の算定方法を Fig. 14 に、等価粘性減衰定数の推移を Fig. 15 に示す。等価粘性減衰定数に

関しても、付着の有無やその領域による差はあまり見られなかったが、DB-all 試験体は他の 2 体と比べ、 $R=1/100\text{rad}$. 時でわずかに優れ、 $R=1/67, 1/50\text{rad}$. 時ではわずかに劣ることが確認できた。これらは次章で示すように、B, DB-1D 試験体が $R=1/67\text{rad}$. で付着のある主筋と付着除去区間内の付着のない主筋が同時に降伏するのに対し、DB-all 試験体は応力集中により $R=1/100\text{rad}$. で付着のある主筋が先に降伏するが、その後 $R=1/33\text{rad}$. まで付着除去区間内の付着のない主筋が降伏しないためであると考えられる。

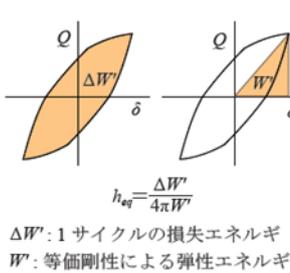


Fig. 14 等価粘性減衰定数の算定

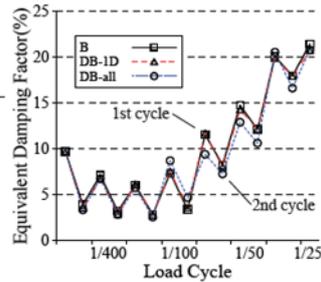


Fig. 15 等価粘性減衰定数の推移

3. 2 主筋のひずみ分布

$R=1/67, 1/33\text{rad}$. 時の梁四隅の主筋のひずみ分布を Fig. 16 に示す。B 試験体は $R=1/67\text{rad}$. 時に 2 段筋カットオフ位置において降伏し、その後、変形が増大するにつれ加力点側へと降伏領域が広がった。DB-1D 試験体は $R=1/67\text{rad}$. 時に、また、DB-all 試験体は $R=1/33\text{rad}$. 時に 2 段筋カットオフ位置から付着除去区間の範囲で降伏した。DB-1D 試験体、DB-all 試験体ともに付着除去区間内の主筋のひずみが概ね一様であることから、付着除去を行っていることが確認できる。

3. 3 変形状

$R=1/67\text{rad}$. 時における、梁の各区間の曲率 ϕ およびせん断ひずみ γ の分布を Fig. 17 に、制御変位を 100%とした、各サイクルにおける全変形量に対する曲げ変形、せん断変形量の割合を Fig. 18 に、全変形量に対するせん断変形の割合の推移を Fig. 19 に示す。また、 $R=1/67\text{rad}$. 時における梁材軸方向の水平変位分布を Fig. 20 に示す。

Fig. 17 より、B 試験体は曲率、せん断ひずみともに広い領域で生じているが、付着除去を行った DB-1D 試験体、DB-all 試験体は付着除去区間ヒンジ側端部に変形が集中し、付着除去区間内の変形が小さいことが確認できる。

Fig. 18 より、全試験体ともに曲げ変形が支配的であり、変形が増大するにつれて、せん断変形の割合が増加している。大変形時にその他による変形量が増加しているがこれは、軸方向鉄筋の伸び出しによる変形であると考えられる。試験体 3 体を比較すると、DB-all 試験体のせん断変形の占める割合が他 2 体より低く、ヒンジ位置に変形が集中し回転変形が生じたためであると考えられる。

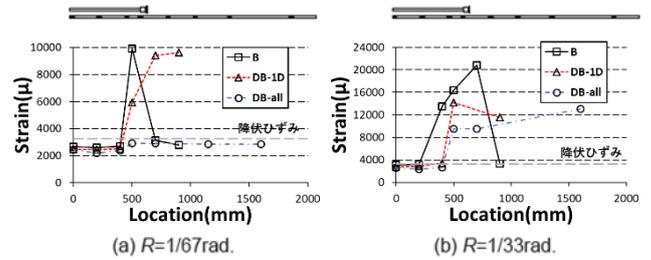


Fig. 16 主筋のひずみ分布

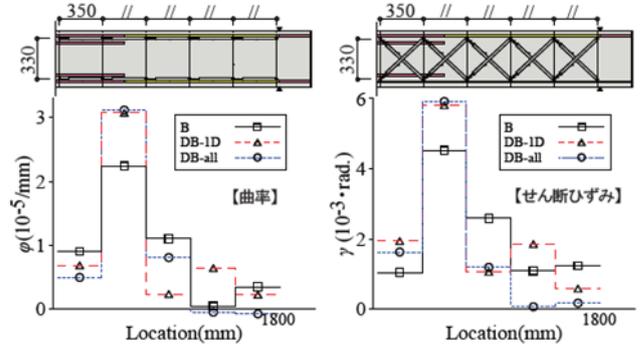


Fig. 17 曲率およびせん断ひずみ分布 ($R=1/67\text{rad}$.)

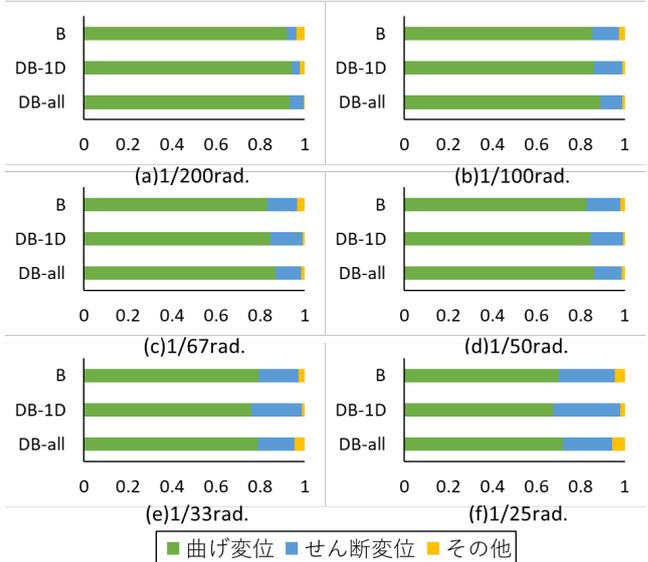


Fig. 18 試験体変形比率比較

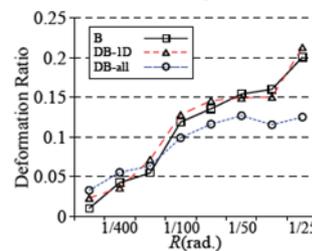


Fig. 19 せん断変形割合推移

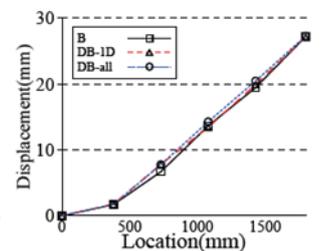


Fig. 20 水平変位分布 ($R=1/67\text{rad}$.)

Fig. 19 からも、部材角増大に伴う全変形量に対するせん断変形の割合の増加は、DB-all 試験体において、他 2 体よりも小さいことが確認できる。

Fig. 20 より、梁材軸方向の水平変位分布に関して、B 試験体は梁全域で変形が生じ、DB-1D 試験体は付着除去区間から加力点までの区間において逆方向載荷時の残留変形が見られた。DB-all 試験体は付着除去区間内においてほ

とんど変形が生じていなかった。このことから DB-a11 試験体では、ヒンジ想定位置に変形が集中していることが確認できる。

3. 4 損傷状態

3. 4. 1 破壊・ひび割れ状態

各試験体の $R=1/67\text{rad}$. 時におけるひび割れ状態を Fig. 21 に示す。全試験体において、 $R=1/400\text{rad}$. 時で曲げひび割れが発生し、その後領域を拡大し、曲げせん断ひび割れへと伸展した。また、正面、側面ともに 2 段筋カットオフ位置にひび割れが大きく発生し、ヒンジ位置が想定した位置に形成されたことを確認した。

正面に関しては、付着除去区間が長いほどひび割れがヒンジ位置に集中し、損傷領域が抑制されている。これは、付着を除去した鉄筋からコンクリートへの応力伝達がないため、損傷が付着除去区間ヒンジ側端部に集中し、付着除去区間内の損傷が抑制されたものと考えられる。

側面に関しては、付着のある中央の主筋周辺に付着割裂ひび割れと、正面まで伸展しない曲げひび割れが発生した。付着割裂ひび割れは、主筋の付着除去区間が長いほど発生する傾向にあり、これは付着除去により付着のある主筋周辺のコンクリートに応力集中が発生するためであると考えられる。なお、全試験体において $R=1/18\text{rad}$. 時においても脆性破壊は発生せず、破壊形態は曲げ圧縮破壊であった。

3. 4. 2 ひび割れ性状

各部材角の 1 サイクル目ピーク時、および除荷時についてクラックスケール（最小目盛 0.03mm）を用いてひび割れ幅の計測を行った。ひび割れの計測位置およびひび割れ幅の定義を Fig. 22 に、ひび割れ面積の算定概念⁶⁾を Fig. 23 に示す。梁正面のひび割れ計測は、梁端部、梁主筋、梁主筋位置から 65mm、130mm の位置、また、各せん断補強筋の位置に合わせてグリッドを引き、そのグリッドを横断するひび割れについて行った。梁側面に関しては、梁端部、梁主筋、およびせん断補強筋位置のグリッドを横断するひび割れについて行った。ひび割れ幅はひび割れに対して直行方向に測定した。

また、本研究では、修復労力に関するひび割れの数、損傷の程度を表す最大ひび割れ幅、修復コストに関するひび割れ面積に着目し、梁全体を 7 つの区間に分けて比較、検討を行った。なお、ひび割れ面積は Fig. 23 (a) に示すひび割れを、Fig. 23 (b) に示す平行四辺形のひび割れとして置換するように、連続的に変化するひび割れを [グリッド上のひび割れ幅 × 計測間隔] の平行四辺形のひび割れとして面積の算出を行った。

3. 4. 3 ひび割れの数

各試験体に生じたひび割れ数の推移を Fig. 24 に示す。正面に関しては、梁全体および付着除去区間を含む 650~1,800mm の区間において、DB-a11 試験体は他 2 体に比べひび割れの発生量が少なく、付着除去によりひび割れの

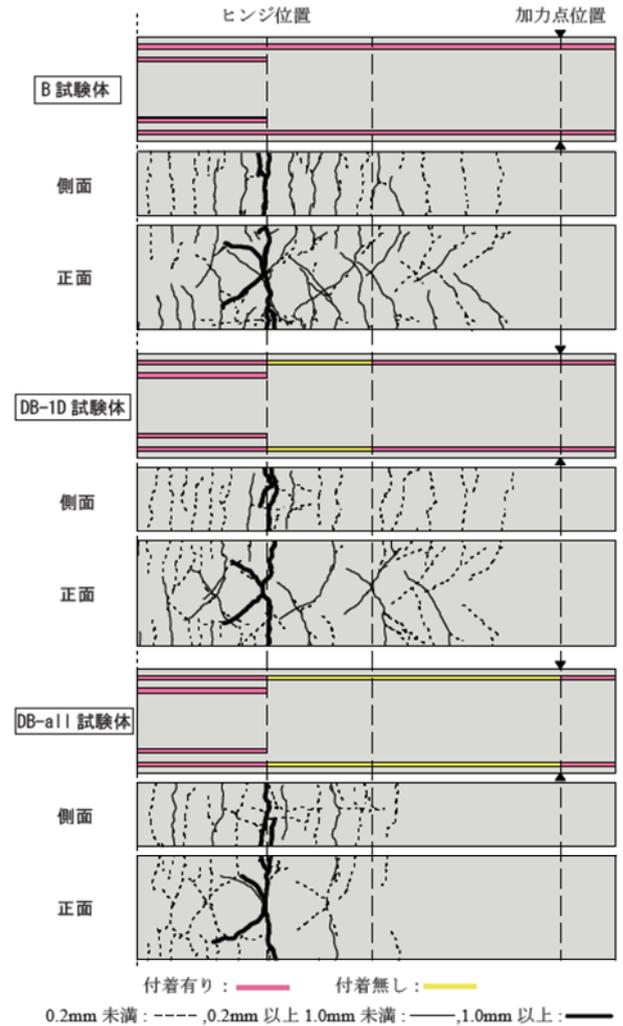


Fig. 21 ひび割れ状態 ($R=1/67\text{rad}$.)

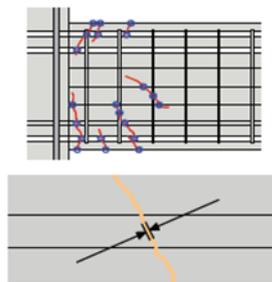


Fig. 22 ひび割れ計測位置 およびひび割れ幅定義

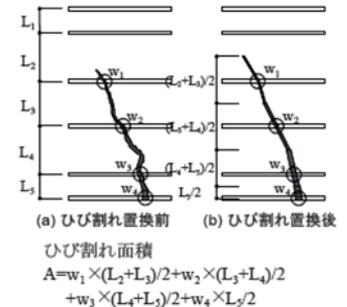


Fig. 23 ひび割れ面積の算定概念⁶⁾

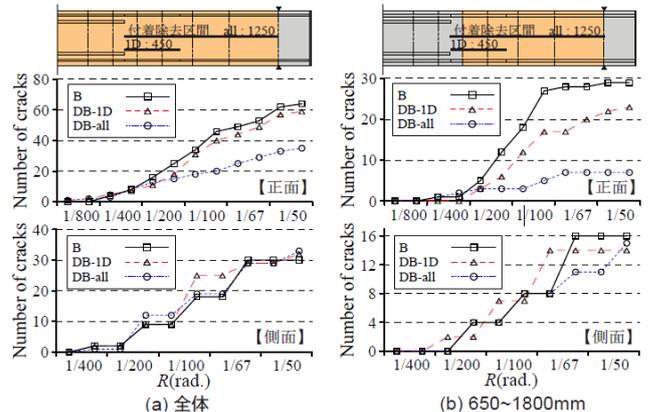


Fig. 24 ひび割れ数の推移

数が抑制されていることが確認できる。また、DB-1D 試験体は正面において B 試験体に近い結果を示した。側面に関しては、すべての試験体で概ね一致し、付着除去の有無やその領域による差はあまり見られなかった。

3. 4. 4 最大ひび割れ幅

各試験体に生じた最大ひび割れ幅の推移を Fig. 25 に示す。正面に関しては、ピーク時において DB-1D 試験体、および DB-a11 試験体は B 試験体より大きくなっていることが確認できる。これは、付着除去の影響により、ひび割れが 2 段筋カットオフ位置（付着除去区間ヒンジ側端部）に集中したことによって、最大ひび割れ幅が増大したと考えられる。しかし、除荷時においてはすべての試験体で最大ひび割れ幅は概ね一致し、付着除去の有無やその領域による差はあまり見られなかった。

側面に関してはピーク時、および除荷時ともに DB-1D 試験体、および DB-a11 試験体は B 試験体より最大ひび割れは大きく、付着除去の影響により増大していることが確認できる。なお、正面、側面ともに DB-1D 試験体は DB-a11 試験体に近い結果を示した。

3. 4. 5 ひび割れ面積

$R=1/67rad.$ 時におけるひび割れの面積率分布を Fig. 26 に、ひび割れ面積の推移を Fig. 27 に示す。ひび割れの面積率分布は各区間に生じたひび割れ面積を各区間の面積で除したものである。正面、側面ともにすべての試験体において、ひび割れ面積は 2 段筋カットオフ位置に集中していた。B 試験体に比べ、他 2 体は 2 段筋カットオフ位置に極端に集中し、その他の領域では低減され、DB-a11 試験体に関しては全く損傷のない領域が生じた。

また、全体のひび割れ面積の推移に関しては、正面は全サイクル概ね一致したが、側面は $R=1/100rad.$ のみ DB-a11 試験体が大きい。これは先行降伏した付着のある主筋周辺のコンクリートへの応力集中によって発生する付着割裂ひび割れの影響であると考えられる。650~1,800mm 区間のひび割れ面積の推移に関しては、正面、側面ともに付着除去区間が増大するほど低減し、付着除去区間内の損傷が抑制されていることが確認できる。

3. 5 大変形域での繰り返し載荷

本試験体の終局状態を把握することを目的に、層間変形角 $1/18rad.$ において正負交番繰り返し載荷を行った。載荷終了は載荷治具の都合で決まったが、結果として、3 試験体とも載荷の終了まで脆性的な破壊は生じなかった。

まず、B 試験体では $1/18rad.$ で正負それぞれ 3 回繰り返したところで載荷を終了した。繰り返しにつれ徐々に耐力が低下していき、主に主筋カットオフ位置でのコンクリートの圧壊が進行した。また、主筋カットオフ位置において局所的に圧縮側 1 段筋主筋が座屈した。

次に、DB-1D 試験体では $1/18rad.$ で正負それぞれ 3 回、その後、正側片側に 2 回繰り返し、さらに正側に $1/9rad.$ まで載荷した。繰り返し、および層間変形角の増大につれ

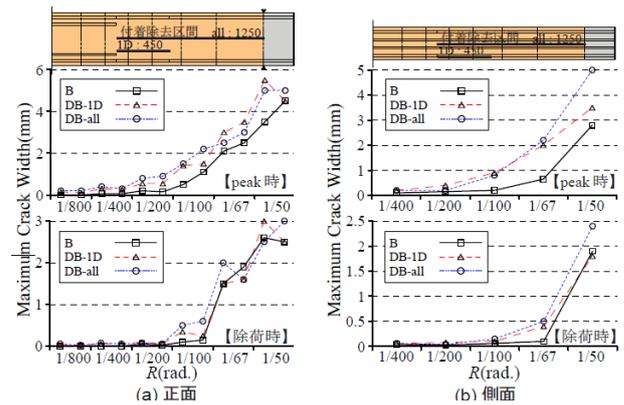


Fig. 25 最大ひび割れ幅の推移

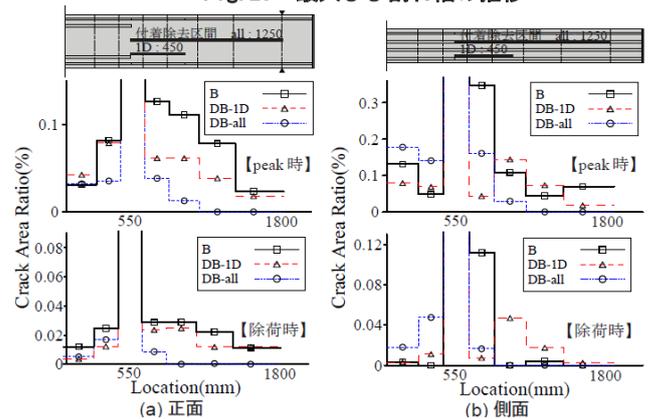


Fig. 26 ひび割れ面積率分布 ($R=1/67rad.$)

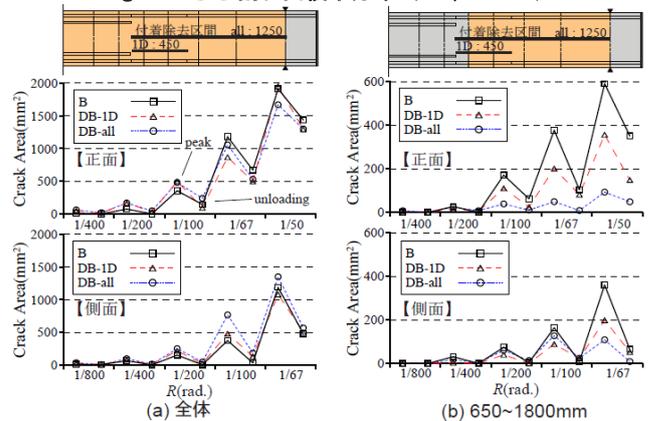


Fig. 27 ひび割れ面積の推移

徐々に耐力が低下していき、1 段目主筋に沿った付着割裂ひび割れが付着除去区間上端と下端から進展し、両ひび割れが繋がったことで、梁側面におけるコンクリートの剥離面積が大きくなった (Photo. 3)。主筋カットオフ位置における主筋の局所的な座屈は見られなかった。

最後に、DB-a11 試験体では $1/18rad.$ で正負それぞれ 4 回、その後、正側片側に 3 回繰り返し、さらに正側に $1/9rad.$ まで載荷した。繰り返し、および層間変形角の増大につれ徐々に耐力が低下していき、主筋カットオフ位置において付着のある内側 2 本の 1 段目主筋が局所的に座屈し、梁側面において主筋カットオフ位置からおおよそ 1.0D 上側の区間でコンクリートの剥離が生じた (Photo. 4)。また、圧縮側の付着のある内側 2 本の 1 段目主筋が破断した。このことから、DB-a11 試験体では付着のある内側 2 本の主筋に応力が集中していることが窺える。



Photo. 3 DB-1D 試験体のコンクリート剥離の様子

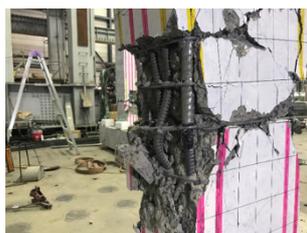


Photo. 4 DB-a11 試験体のコンクリート剥離の様子

4. まとめ

本研究では、梁四隅の主筋の付着に着目し、ヒンジ位置を梁端部から意図的に離れた RC 梁に付着除去を施した試験体の構造実験を行い、付着除去区間の有無やその領域の長さが、部材の構造性能および破壊、損傷性状に与える影響について確認した。

復元力特性の評価では、梁四隅の主筋の付着除去区間が長いほど、各変形角における耐力が減少するが、全区間付着を除去した場合でも耐力低下は 10%未満であった。また、梁四隅のみに施す付着除去は、大変形時においても、部材の履歴性状、履歴吸収エネルギー量、減衰性能等の構造性能に大きな影響を与えないことを確認した。

変形性状の評価では、梁の四隅のみに付着除去を施したことにより、付着除去区間ヒンジ側端部に曲げ変形およびせん断変形が集中することを確認した。また、付着除去区間内は、曲げ変形およびせん断変形が著しく減少することを確認した。

損傷状態の評価において、正面、側面ともに 2 段筋カットオフ位置にひび割れが大きく発生し、塑性ヒンジが

想定した位置に形成されたことを確認した。また、梁四隅の主筋に付着除去区間を設けることで、梁に生じるひび割れの領域を付着除去区間ヒンジ側端部に集中させ、付着除去区間内のひび割れの数が抑制されることを確認した。特に DB-a11 試験体では、ひび割れによる損傷領域を著しく低減することができることを確認した。

今後としては、今回の実験結果を踏まえ、制振部材を取り付けた架構実験を行い、付着除去による影響と制振部材によるエネルギー吸収との関係性を評価し、実建物への適用性について検討していく所存である。

謝辞

本研究は東京工業大学との共同研究により行ったものである。本研究を進めるにあたり、東京工業大学修士 1 年・佐藤裕貴氏、および学部 4 年・益田一毅氏には多大なるご協力をいただきました。深く御礼申し上げます。

また、国土交通省国土技術政策総合研究所の毎田悠承氏には、本研究を行うにあたり数々のご助言、ご指導をいただきました。深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 滝口克己, 岡田謙二, 塚政博: 付着のある RC 部材と付着のない RC 部材の変形特性, 日本建築学会論文報告集, 第 249 号, pp. 1-11, 1976. 11
- 2) 滝口克己: 付着のある RC 部材と付着のない RC 部材の変形特性・II, 日本建築学会論文報告集, 第 262 号, pp. 53-58, 1977. 12
- 3) 川野翔平, 石川裕次, 麻生直木, 中根一臣: 鉄筋コンクリート造ヒンジリロケーション柱梁接合部の耐震性能, コンクリート工学年次論文集, Vol. 37, No. 2, pp. 271-276, 2015. 7
- 4) 菊田繁美, 斉藤大樹, 福山洋, 森田高市, 向井智久, 濱田真, 出水俊彦, 金川基, 葉研地彰, 佐々木仁: 長周期地震動を受ける RC 超高層建築物の構造性能, その 10 付着およびせん断余裕度の異なる柱梁部分架構の実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集 C-2 冊分, pp. 729-730, 2010. 9
- 5) 日本建築学会: 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, 1999. 8
- 6) 坂田弘安, 坂上肇, 加藤雅樹, 和田章, 松崎育弘: PC 圧着関節工法を用いた十字型骨組の力学的挙動に対する床スラブの影響, 日本建築学会構造系論文集, 第 649 号, pp. 635-642, 2010

Study on the Effects by De-bond on Structural Behavior of Hinge- Position Guaranteed RC Beams

Tsubasa HATTORI, Toshio MAEGAWA and Hiroyasu SAKATA

Abstract

In recent years, reinforced concrete (RC) buildings are expected to have improved damage control ability and reparability so that they can be used continuously after an earthquake. According to previous studies, it has been reported that cracks concentrate on a part of RC members when de-bond between rebars and concrete. From the viewpoint that the dispersion of damage is suppressed, improvement in reparability after an earthquake can be expected. In this study, a structural experiment was conducted on RC beams in which de-bond and the hinge position was intentionally separated from the beam end. As a result of the experiment, it was confirmed that de-bond doesn't affect significantly the structural performance and can suppress damage in the de-bond area even during large deformation.

Key words: RC-beam, Hinge relocation, Damage control, De-bond