

軸方向鉄筋を接合する あと施工アンカー鉄筋の性能向上

野間 康隆^{*1}・小原 孝之^{*1}・水上 博之^{*2}・田中 篤史^{*3}・新井 泰^{*3}

地下駅などの地下構造物では、施設の利便性・快適性向上や機能向上等を目的とした改良工事が鋭意推進されており、それらの工事では既設構造物と新設構造物との接合が不可欠である。その際、新設構造物の軸方向鉄筋を既設構造物に定着するための方策としては、既設構造物側の接合面に削孔・定着材注入を施す、いわゆるあと施工アンカー工法を採用することが多い。ここで、当該定着長については、耐力や靱性は一体部材の特性に近づけつつ、定着長の低減を合理的に図ることが喫緊の課題となっている。そこで、本研究では、既設鉄筋との重ね継手性能を確保し、且つ、定着長を低減できるあと施工アンカーの性能向上の施策を検討し、その効果を明らかにした。

キーワード： リニューアル、重ね継手、あと施工アンカー、定着、付着割裂破壊

1. はじめに

地下駅などの地下構造物では、施設の利便性・快適性向上や機能向上等を目的とした改良工事が鋭意推進されており、それらの工事では既設構造物と新設構造物との接合が不可欠である。図-1に駅舎のリニューアル工事の概念の一例を示す。その工事の際、新設構造物の軸方向鉄筋（新設軸方向鉄筋）を既設構造物に定着されるための方策としては、既設構造物側の切断面に新設部材との接合に用いる鉄筋の設置位置を定めて削孔し、定着材を満たしたその孔に鉄筋を挿入する、いわゆるあと施工アンカー工法を採用することが多い。図-2にあと施工アンカー鉄筋による新設・既設部材接合の概念を示す。ここで、当該定着長については、耐力や靱性は一体部材の特性に近づけつつ、定着長の低減を合理的に図ることが喫緊の課題となっている。

以上の背景の下、著者らは床版を模擬した曲げ載荷実験を実施¹⁻³⁾して、D25までの鉄筋径の異形鉄筋であれば鉄筋径の20倍（20D）の定着長を確保すれば、部材に要求される耐力と変形性能が得られることを明らかにした。しかし、D29よりも大きなサイズの太径鉄筋をあと施工アンカーに用いる場合においては、より高い定着耐力が求められるため、あと施工アンカー鉄筋の定着耐力向上が必須となる。ただし、単にあと施工アンカーの定着耐力向上を図って接着剤となるグラウト材を高強度にすると、あと施工アンカーに大きな付着応力が発生し、既設鉄筋との間で付着割裂ひび割れが発生し、定着耐力が低下することが想定される。すなわち、あと施工アン

カーの定着耐力を向上するとともに、既設鉄筋との間に付着割裂破壊を発生させない配慮が必要となる。

そこで、本研究では、以上を踏まえて、既設鉄筋との重ね継手性能を確保し、且つ、定着長を低減できるあと施工アンカーの性能向上の施策を検討する。

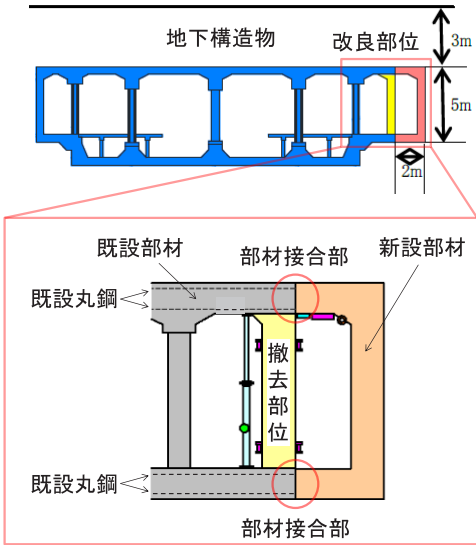


図-1 地下構造物の改良に伴う部材接合

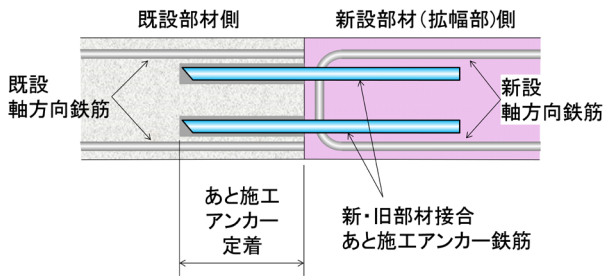


図-2 あと施工アンカーによる新・旧部材接合重ね継手

*1 構造・材料研究部 *2 メトロ開発株式会社（現 水上技術士事務所） *3 メトロ開発株式会社

2. あと施工アンカーによる重ね継手の性能向上

2.1 性能向上のための施策

あと施工アンカーの定着耐力を向上し、且つ、既設鉄筋との重ね継手における付着割裂破壊に対して安全性を確保するための施策としては、①あと施工アンカー端部への定着機構の付与、②高強度鉄筋の適用、③低強度グラウトの適用、が挙げられる。①あと施工アンカー端部への定着機構の付与は、定着長を低減しつつ、所定の定着耐力を得ることを目的としており、半円形フックなどとして既に実用化されている^{4,5)}。しかし、高い定着耐力を保有していても、付着割裂ひび割れを助長するようであれば施策として相応しいとは言い難い。したがって、定着耐力の向上とともに、付着割裂ひび割れを助長しないバランスの取れた性能をもたらす定着機構を選定する必要がある。②高強度鉄筋の適用については、あと施工アンカー鉄筋が降伏すると付着応力が急激に低下して、未降伏領域でのみ引張力に抵抗することにより、あと施工アンカー降伏後は見かけの定着長が短くなり、未降伏領域の付着強度が増大し、付着割裂破壊が発生するという現象を避けるため、あと施工アンカー鉄筋を高強度にして既設鉄筋の降伏を先行させるという施策である。③低強度グラウトの適用については、既設コンクリートの強度を大きく上回る高強度のグラウトがあと施工アンカーと局所的に大きな付着応力を発生させるため、グラウトを低強度にして、既設コンクリートや既設鉄筋との関係性を改善する意図がある。この際にグラウトの強度は、既設コンクリートの強度とほぼ同程度であることが望ましいと考えられる。以下、上記①～③の施策について詳述する。

2.2 定着機構の付与の検討

①定着機構の付与、は前述のとおり定着端部に機械式の定着機構を設ける方法であるが、定着耐力の向上を図ると同時に、付着割裂ひび割れの助長を避けなければならない。定着機構としては、鉄筋が引張力を受けた時に定着機構が定着性能を発揮する際に発生するコンクリートの支圧応力の角度が重要である。定着機構の形状とコンクリートの支圧応力、並びにテーパ角度の影響の概念を図-3に示す。テーパ角度が緩やかであるほど支圧面積が大きく、コンクリートの支圧破壊に対して有利であるが、鉄筋の引張方向に対して直角の方向の反力が大きくなるため、付着割裂破壊を助長する力が大きく働くこととなる。そこで著者らは、定着機構の形状に着目

テーパの角度が90度の場合

支圧面積が小さいため、コンクリートの支圧応力は大きくなるがコンクリートを割裂させる応力は発生しない。



テーパの角度が16度の場合

支圧面積が大きいので、コンクリートの支圧応力は小さくなるがコンクリートを割裂させる応力が発生する。

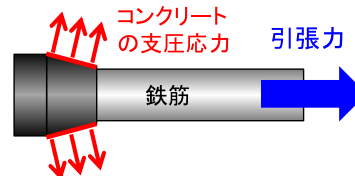


図-3 定着機構の形状と定着メカニズム

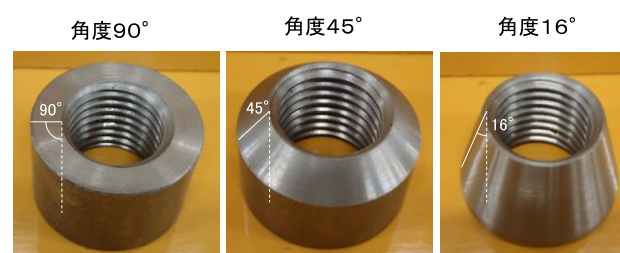


写真-1 定着機構の外観

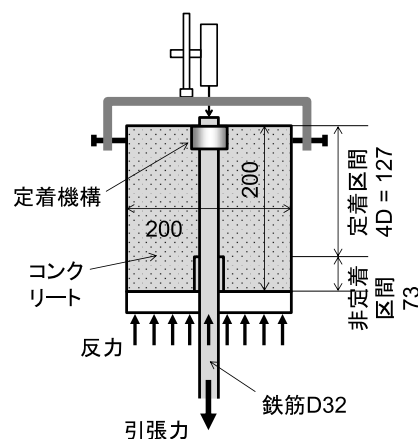


図-4 鉄筋付着強度試験による定着性能の検討

し、定着機構のテーパ角度を 16° 、 45° 、 90° と3水準とした定着性能実験を実施した。これら3種類の定着機構の外観を写真-1に示す。実験は、図-4に示す、引き抜き試験による鉄筋とコンクリートとの付着強度試験方法(JSCE-G 503-1999)に準じて実施した。3種類の角度の定着機構に対してそれぞれ3体の供試体を作成し、試験に供した。図-5に引張力と抜け出し変位の関係を示す。これによると、実験で得られた最大引張力は $141 \sim 172\text{kN}$ であり、鉄筋応力に換算すると $177 \sim 217\text{N/mm}^2$ であった。本試験の定着長は $4D$ と短いにも関わらず、材質SD345の鉄筋降伏荷重の半分(引張力

表－１　ねじ継手の引張試験諸元と試験結果

角度 (deg)	試験体 No.	最大				すべり量0.002D時			
		荷重 (kN)		付着応力 (N/mm ²)		荷重 (kN)		付着応力 (N/mm ²)	
			平均		平均		平均		平均
16	16-1	140.8	153.3	10.9	11.9	59.5	71.6	4.6	5.6
	16-2	150.1		11.7		95.5		7.4	
	16-3	169.0		13.1		59.7		4.6	
45	45-1	172.2	154.7	13.4	12.0	89.0	89.3	6.9	6.9
	45-2	142.1		11.0		86.6		6.7	
	45-3	149.7		11.6		92.4		7.2	
90	90-1	159.1	157.5	12.4	12.2	86.7	99.0	6.7	7.7
	90-2	147.7		11.5		110.1		8.6	
	90-3	165.6		12.9		100.1		7.8	

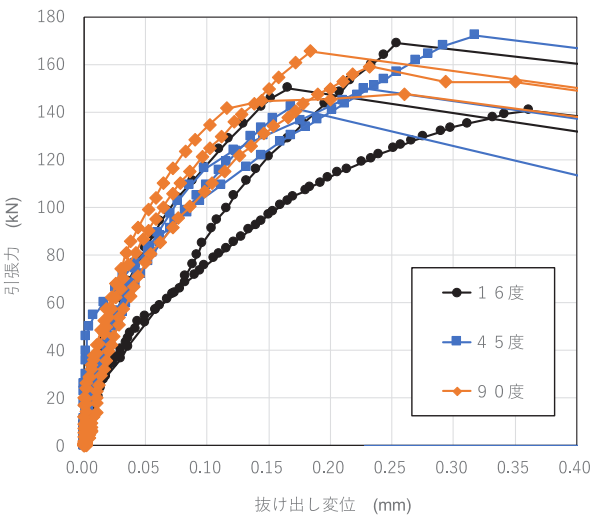
137kN，鉄筋応力 175N/mm²）以上の定着耐力に相当する性能が確認された．表－１に本実験結果の一覧を示す．いずれの角度においても最大付着応力度の平均値は 12N/mm² 程度であった．一方，すべり量 0.002D (0.0064mm) の時の付着応力は角度 90° が最も大きい値を示した．以上より，定着機構の角度としては 90° を採用することとした．角度 90 度であれば，市販のナットを用いることで製作コストも抑えることが可能である．

2.3 高強度鉄筋の適用

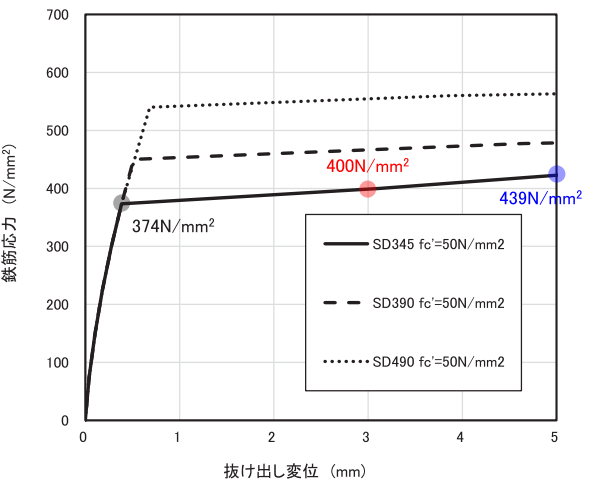
②高強度鉄筋の適用は，あと施工アンカー鉄筋が降伏すると付着応力が急激に低下して，未降伏領域でのみ引張力に抵抗しなければならない状況を回避する施策である．鉄筋が降伏すると降伏した位置の付着応力が急激に低下するため，見かけの定着長が短くなった状況になり，定着性能が低下する．そこで，高強度鉄筋を用いるとより大きな引張力が作用しても鉄筋降伏が起こらなくなるため，鉄筋強度を適切に選定することにより，既設鉄筋の降伏を先行させて，あと施工アンカーの付着応力が過度に増大することを避けることができる．以上の仮説を検証するため，鉄筋の付着応力を算定する島らの構成式^{6,7)}（以降，島モデル）を用いて検討した．以下に，島モデルを示す．

$$\tau / f_c \approx 0.73 (\ln(1+5s))^{3/4} / (1 + \varepsilon \times 10^5) \tag{1}$$

ここで， $s=1000S/D$ ， τ ：付着応力， f_c' ：コンクリート強度， S ：すべり量， D ：鉄筋径， ε ：ひずみである．島モデルは，鉄筋径，コンクリート強度，定着長および境界条件を変化させ，鉄筋の引抜き試験を行って，付着応力ー鉄筋ひずみーすべりの関係式を導出したもの

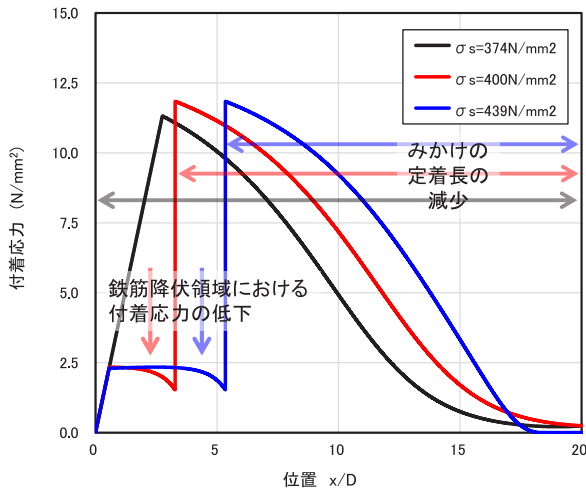


図－５　引張力と抜け出し変位の関係

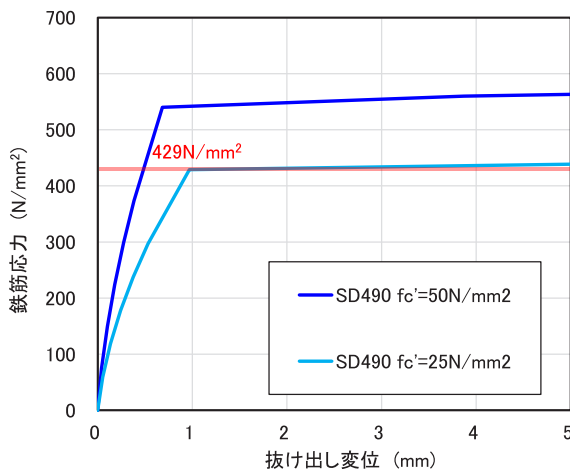
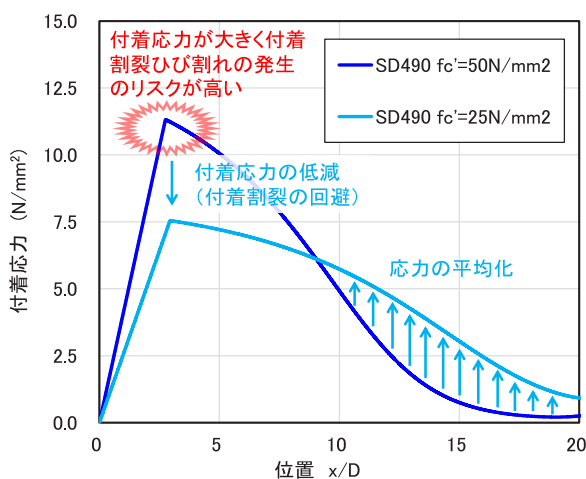


図－６　島モデルによる鉄筋応力と
抜け出し変位の関係に及ぼす降伏強度の影響

である．島モデルにより，コンクリート強度が 50N/mm² の時の，鉄筋材質が異なる定着長 20D の鉄筋の引き抜きのシミュレーションを行った．ここで鉄筋材質は



図－7 付着応力分布に与える鉄筋降伏の影響


図－8 島モデルによる鉄筋応力と
抜け出し変位の関係に及ぼすコンクリート強度の影響


図－9 付着応力分布に与えるコンクリート強度の影響

SD345 と SD390, SD490 の 3 種類である。シミュレーション結果のうち鉄筋応力と鉄筋端部の抜け出し変位の関係を図－6 に示す。これによると、鉄筋強度が高いほど、抜け出し変位が急激に増大する鉄筋応力が大きくなっ

ていることが分かる。これは、鉄筋降伏によって付着応力が急激に低下するためであり、鉄筋の降伏強度が高いほどその影響をうけにくいことが分かる。また、図－7 は、図－6 に示した材質 SD345 の鉄筋応力が 374N/mm²、400N/mm²、および 439N/mm² の時の鉄筋軸方向に沿った付着応力分布を示したものである。これによると、鉄筋が降伏すると鉄筋の付着応力が大きく低下し、見かけの定着長が減少することが分かる。さらに鉄筋応力が大きくなると、鉄筋降伏領域が増大し、見かけの定着長はさらに減少する。以上より、鉄筋降伏による定着性能の低下を回避するためには、降伏強度の高い鉄筋を選定することが有効である。

2.4 低強度グラウトの適用

③低強度グラウトの適用、は既設コンクリートと同等程度の強度に設定することで、バランスの良い定着機構になるものと想定している。図－8 に、島モデルを用いて、コンクリート強度の違いによる付着特性の違いを検討した結果を示す。鉄筋の材質は SD490 とし、コンクリート強度は 25N/mm² と 50N/mm² の 2 種類とした。これによると、抜け出し変位が増大するタイミングはコンクリート強度 25N/mm² の方が速く、この観点のみで見るとコンクリート強度が高い 50N/mm² の方が有利である。図－9 に、図－8 における鉄筋応力 429N/mm² の時の鉄筋軸方向に沿った付着応力分布を示す。これによると、コンクリート強度 50N/mm² は高い付着応力を発揮するため、鉄筋先端で大きな付着応力が生じる。これにより、既設鉄筋との重ね継手における付着割裂ひび割れが発生し、定着破壊に至るリスクが高まる。一方、コンクリート強度 25N/mm² においては、鉄筋先端における付着応力は比較的低く、付着割裂ひび割れが発生するリスクは低減できている。また、位置 10D より奥側の定着端部付近における付着応力はコンクリート強度 50N/mm² の付着応力より大きな値を示しており、定着長全体でより平均的な応力で抵抗している。すなわち、過大な付着応力を発生させずに付着割裂ひび割れのリスクを回避しながら、定着長全体でバランスよく付着応力が分布していると言える。

しかし一方で、市販品は 60N/mm² 以上の強度を示すものが大半を占め、既設構造のコンクリート強度に相当する 20 ～ 30N/mm² 程度の強度のものは存在しない。そこで著者らは、低強度のグラウト材を用意するために市販品に加水や混和材の混入などを行い、強度の調整を試みた。具体的には先ず添加する水量を増やしたが、

水量の増大は材料分離やブリーディングを招くため一定量の粉体が必要となる。ここで粉体に結合材を用いると強度増加を招くため、結合材に代わる混和材として、強度発現に影響しない石粉を投入した。以上の方針で所定の性能を満足するまで試験練りを繰り返し、決定した配合仕様を表－２に示す。

3. 重ね継手引張実験

3.1 実験概要

2章で述べた3つの施策の効果を検証するために、あと施工アンカーと既設軸方向鉄筋の重ね継手を模擬した重ね継手要素試験体による引張実験を実施した。

図－10(b)は重ね継手要素試験体の断面形状で、図－10(a)は重ね継手要素試験体の仕様決定にあたり、プロトタイプとした既設部材の断面形状と重ね継手引張試験

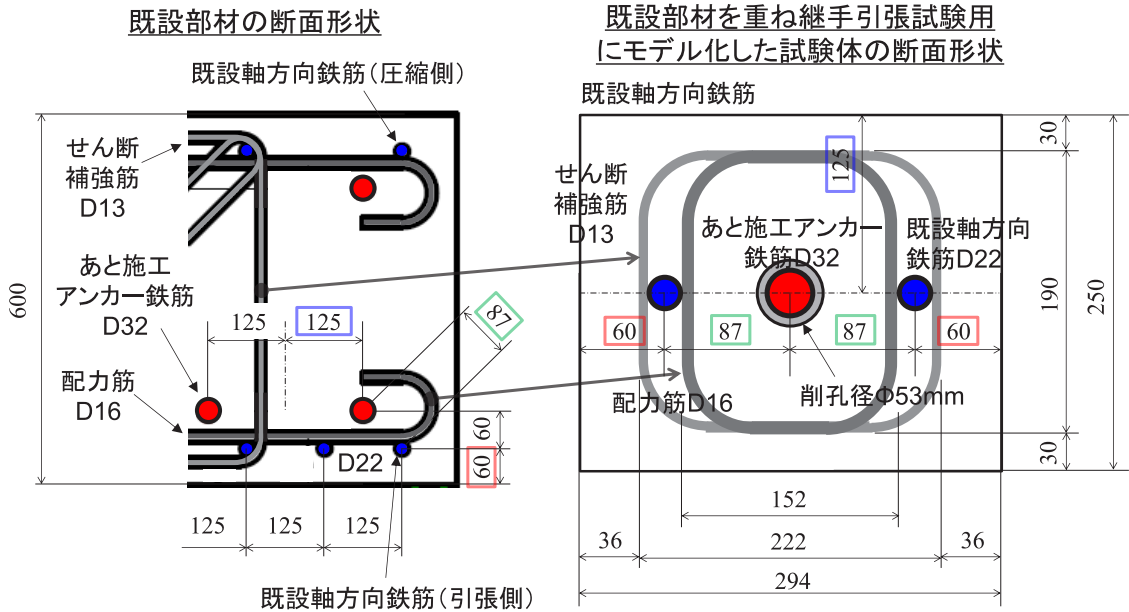
表－2 低強度グラウトの仕様

W/C (%)	W/ (C+P) (%)	フレッシュ品 質		膨張 収縮率 (%) [材齢 7 日で収 縮なし]	圧縮強度		
		ミニ スランブ (mm) [65±25]	ブリー ー ディ ング [無]		材齢(日)		
					3	7	28
55.0	31.2	95	無	収縮 0.80%	17.6	19.6	27.2

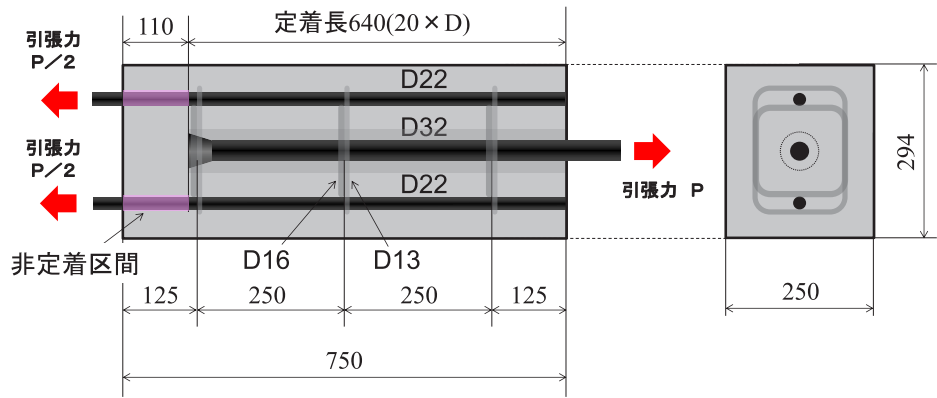
※Pは石灰石微粉末、[]内の内容は目標とする仕様。

用にモデル化した試験体の断面形状である。

既設部材の断面形状としては、部材高さ 600mm の上床版を仮定した。鉄筋はSD345・D22とし、曲げ引張側の軸方向鉄筋を芯かぶり 60mm、間隔 125mm で配置し、圧縮側は間隔 250mm で配置した。配力鉄筋はSD345・D16とし、軸方向鉄筋の内側に軸方向鉄筋と直角かつ断面奥行き方向に間



図－10 既設部材の断面形状と重ね継手引張試験体の概要



図－11 重ね継手要素試験体と実験の概要

隔 250mm で配置した。また、せん断補強鉄筋は SD345・D13 とし、軸方向鉄筋を取り巻くように配置し、間隔は配力筋と同様に断面奥行き方向に 250mm で配置した。あと施工アンカーは、軸方向鉄筋の内側に一定の間隔を空けてあき重ね継手として機能するように軸方向鉄筋 2 本当たりあと施工アンカー 1 本を配置し、軸方向鉄筋とあと施工アンカーの距離は芯間隔で 87mm とした。

重ね継手要素試験体の設計では、図－10(a) に示す既設部材の断面形状と鉄筋配置を参考にし、軸方向鉄筋 2 本とあと施工アンカー 1 本があき重ね継手として機能するように、これらを単独で取り出して引張力を作用するようにした。その際に、既設構造では軸方向鉄筋の軸心高さと、あと施工アンカーの軸心高さが異なるが、引張力を作用させるために便宜上、試験体においては両鉄筋の軸心を一致させた。その際に、付着割裂破壊に対する耐力が同等になるように、軸方向鉄筋とあと施工アンカーの距離 87mm と軸方向鉄筋のかぶり 60mm は既設構造と同じ値になるように設定した。配力鉄筋とせん断補強鉄筋は、軸方向鉄筋とあと施工アンカーを取り巻くように配置した。

図－11 に、試験体の外観と重ね継手引張実験の概要を示す。重ね継手長さは、あと施工アンカーの鉄筋径 D32 の 20 倍の 640mm に設定し、既設軸方向鉄筋側に 110mm の非定着区間を設けて、試験体の全長は 750mm とした。

実験は、試験体の周囲に鋼材でフレームを組み、既設軸方向鉄筋をフレームに固定して反力を取り、あと施工アンカーに 500kN センターホールジャッキで引張力を与えた。

表－3 に実験ケースの一覧を、写真－2 に実施状況を示す。実験変数は、あと施工アンカー鉄筋の材質、グラウトの種類、定着機構の有無とした。具体的には、あと施工アンカーの材質は SD345 と SD490 とし、高強度鉄筋 SD490 を適用する効果を検討する。グラウトの種類は市販品（圧縮強度 57.2N/mm²）と前述の低強度グラウト（圧縮強度 35.1N/mm²）とし、低強度グラウトの効果を検討する。さらに、定着機構の有無を変数とし、合計 5 体の試験体を作成し、実験に供した。

3.2 実験結果

実験結果の一覧を表－4 に示す。

最も良い性能を発揮したのはあと施工アンカーに高強度鉄筋 SD490 を用いて、グラウトに市販品（圧縮強度 57.2N/mm²）を用いた No.1 であった。既設軸方向鉄筋が降伏した後も引張荷重を保持し続け、最終的には規格引張強度に相当する引張力 379kN に達したため、実験を終了した。なお、あと施工アンカー鉄筋は最後

まで降伏しなかった。No.1 以外の No.2～5 はすべて、重ね継手は何らかの形で破壊して終局に至った。No.2～5 の中で最も終局荷重が大きかったのは低強度グラウトに定着機構を設けて、あと施工アンカーには高強度鉄筋 SD490 を用いた No.5 で、終局荷重は 348kN であり、既設軸方向鉄筋の引張耐力 379kN に近い値であった。写真－3 に No.5 の試験後の外観を示すが、特に外観上は

表－3 実験ケースの一覧

No.	既設 軸方向鉄筋	あと施工 アンカー 鉄筋	グラウト 圧縮強度	定着 機構
1	D22 ×2 本 SD345	D32 ×1 本 SD490	市販品 57.2 N/mm ²	なし
2		D32 ×1 本 SD345	低強度 グラウト 35.1 N/mm ²	なし
3				あり
4		D32 ×1 本 SD490		なし
5				あり



写真－2 重ね継手引張試験実施状況



写真－3 No.5 の終局後の外観

表－４ 実験結果の一覧

No.	グラウト 圧縮強度	定着 機構	既設軸方向鉄筋			あと施工アンカー鉄筋			実験結果 引張力（k N）								
			仕様	P _{y1} (kN)	P _{u1} (kN)	仕様	P _{y2} (kN)	P _{u2} (kN)									
1	市販品 57.2 N/mm ²	なし	D22 ×2 本 SD345	規格 267 実測 301	規格 379	D32 ×1 本 SD490	規格 389	規格 492	ひび割れ発生	203kN							
											終局	379kN					
											破壊モード	既設鉄筋破断					
2	低強度型 35.1 N/mm ²	なし							D32 ×1 本 SD345	規格 274	規格 389	ひび割れ発生	267kN				
														終局	294kN		
														破壊モード	重ね継手破壊		
3		あり												ひび割れ発生	155(279)kN		
														終局	280kN		
														破壊モード	重ね継手破壊		
4		なし								D32 ×1 本 SD490	規格 389	規格 492	ひび割れ発生	154kN			
															終局	321kN	
															破壊モード	重ね継手破壊	
5		あり														ひび割れ発生	268kN
																終局	348kN
																破壊モード	重ね継手破壊

大きな損傷は見られない。写真－４に No. 5 のあと施工アンカー鉄筋の定着端部の状況を示すが、グラウトとコンクリートの界面で剥離し、グラウトが円柱状に大きく抜け出しているのが分かる。

No. 5 に続き終局荷重が大きかったのは低強度グラウトを用いて、定着機構は設けず、あと施工アンカーには高強度鉄筋 SD490 を用いた No. 4 であり、終局荷重は 321kN であった。なお、低強度グラウトに定着機構を設けて、あと施工アンカーには高強度鉄筋 SD345 を用いた No. 3 の終局荷重は 280kN であり、低強度グラウトに定着機構を設けず、あと施工アンカーには高強度鉄筋 SD345 を用いた No. 2 の終局荷重は 294kN であった。No. 2 と No. 3 はあと施工アンカー鉄筋に普通強度の SD345 を用いたため、あと施工アンカー鉄筋が降伏（274kN）した直後に終局に至った。なお、No2 ～ 4 も、No. 5 と同様に、グラウトが円柱状に大きく抜け出して終局に至った。

3.3 考察

実験結果から、重ね継手の耐力が最も高かったのはあと施工アンカーに高強度鉄筋を用い、グラウト材に市販品を用いた No. 1 であった。施策としては、あと施工ア

ンカーに高強度の鉄筋を用いて付着応力の低下を防ぐことが最も高い効果が得られると考えられる。また、定着機構の有無の差異は顕著に現れなかったが、万が一、何らかの理由で付着切れが発生した際に、定着機構が効く可能性もあるので、定着機構は設けておくのが良いと考えられる。低強度グラウトを用いた試験体では、いずれもあと施工アンカーの降伏後に低強度グラウト材が円柱状に抜け出して終局状態を迎え、期待された効果は確認できなかったが、その要因は現段階では定かではないため、今後、さらに実験結果の分析を進めて明らかにしたいと考えている。

4. まとめ

本研究の範囲内で得られた結論を以下に示す。

- ・あと施工アンカー定着端部に定着機構を付与して定着耐力を向上することが可能であるが、鉄筋付着強度試験に準じて実施した実験の結果、定着機構の形状としてはテーパー角度が 90° のものが最も性能が高かった。
- ・島モデルによるシミュレーションの結果、あと施工

アンカーに高強度鉄筋を用いることで、鉄筋降伏後の付着応力度の急激な低下を回避することができ、定着耐力向上に効果があることが分かった。

- ・島モデルによるシミュレーションの結果、低強度グラウトは過大な付着応力を回避し、定着長全長で平均的に付着応力を分布させて、付着割裂ひび割れの発生を抑制できる可能性があることが示された。
- ・あと施工アンカー鉄筋の定着性能向上のための施策として、定着機構の付与、高強度鉄筋の適用、低強度グラウトの適用、の3つの施策のうち、本検討で実施した重ね継手引張試験の結果からは、あと施工アンカー鉄筋に高強度鉄筋を適用する施策が最も効果が高かった。

参 考 文 献

- 1) 新井泰, 水上博之, 西村毅, 野間康隆: 主鉄筋をあと施工アンカーで施工した接合梁の曲げ載荷試験, 土木学会全国大会年次学術講演会講演概要集, V-280, 2017.9
- 2) 澤田純之, 新井泰, 水上博之, 田中篤史, 西村毅, 村上祐治: 新旧構造物の接合部を想定した RC 梁による接合用鉄筋の定着長に関する実験的研究, 土木学会全国大会年次学術講演会講演概要集, V-492, 2018.9
- 3) 澤田純之, 新井泰, 水上博之, 西村毅: あと施工アンカー工法で施工した接合梁試験体における接合鉄筋の定着長と接合部の耐荷性状に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol. 40, No.2, 2018.6
- 4) 機械式鉄筋定着工法技術検討委員会: 機械式鉄筋定着工法の配筋設計ガイドライン, 2016.7
- 5) 柴田辰正, 平林克己, 中野正則: 建設技術審査証明における機械式鉄筋定着工法, 土木技術資料, 59-7, 2017
- 6) 島弘, 周礼良, 岡村甫: マッシブなコンクリートに埋め込まれた異形鉄筋の付着応力-すべり-ひずみ関係, 土木学会論文集, 第 378 号, V-6, 1987.2
- 7) 島弘, 周礼良, 岡村甫: 異形鉄筋の鉄筋降伏後における付着特性, 土木学会論文集, 第 378 号, V-6, 1987.

Improvement of performance of post-installed anchors for jointing longitudinal reinforcing bars

Yasutaka NOMA, Takayuki OBARA, Hiroyuki MINAKAMI, Atsushi TANAKA and Yasushi ARAI

In underground structures such as subway station buildings, improvement work is being diligently promoted with the aim of improving the convenience and comfort of facilities and improving their functions, and it is essential to join existing structures and new structures in such construction. During the construction, as a measure to fix the longitudinal rebar of the new structure to the existing structure, the so-called post-installed anchor method is often adopted, in which drilling and fixing material are injected into the joint surface on the side of the existing structure. Here, with regard to the fixing length, it is an urgent issue to rationally reduce the fixing length while approaching the characteristics of the integrated member in terms of bearing strength and toughness. Therefore, in this study, we will examine measures to improve the performance of post-installed anchors that can ensure the performance of overlapping joints with existing reinforcing bars and reduce the fixing length.
