

氏名（本籍）	徳重 充（新潟県）
学位の種類	博士（工学）
学位記番号	甲第 197 号
学位授与の日付	平成 29 年 3 月 22 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題目	鉄筋コンクリート造薄肉梁部材に定着されたアンカーボルトの付着性状および拘束の効果に関する実験的研究
論文審査委員	(主査) 教授 中野 克彦 (副査) 教授 田村 和夫 教授 山田 丈富 教授 藤井 賢志 教授 内海 秀幸

## 学位論文の要旨

### 鉄筋コンクリート造薄肉梁部材に定着されたアンカーボルトの付着性状および拘束の効果に関する実験的研究

戸建住宅の基礎のように梁幅が 220mm、梁せいが 800mm 程度の断面に、上部構造を定着するためのアンカー筋として、異形鉄筋を鉛直に直線定着する場合がある。このようなコンクリート断面の狭い薄肉梁に定着されるアンカー筋の性状は、実験の容易さや、規模などを考慮して、実大の試験体を模擬した実験は少なく、データも詳しく検討されていない状況である。付着・定着の実験は定着長さを短く採用し、その平均付着応力度を検討する試験方法となっている。実際の部材に定着されている定着長さに即した性状を確認する必要がある。これらを検討するために、実大薄肉梁形状に異形鉄筋のアンカー筋を定着した引き抜き実験を行った。これは、アンカー筋の定着長さを、現在指針で記されている直線定着  $40d$  を採用しこれを一定として、梁幅、アンカー筋の材質、スリーブを用いた定着方法を変動要因として、定着性状を検討した実験となる。また、 $40d$  という長い定着性状を区間別に検討するために、区間別に付着を除去した試験も検討した。

本論文は第 1 章から第 6 章までで構成されている。各章の内容は以下の通りである。

第 1 章は「序論」で、現状の付着強度に関する評価試験方法の特徴、および、対象部材、問題点を整理することにより、本研究の必要性和目的について述べている。薄肉 RC 部材に定着した定着長が  $40d$  のアンカー筋の付着破壊による引き抜き性状、薄肉梁部材のコンクリートによる拘束効果、部材に生じる曲げ応力度による引張場・圧縮場の複合応力下の付着性状、を問題点として提起している。

第 2 章は「全長付着の直接定着実験」と題し、断面が薄く、梁せいの高い薄肉 RC 梁部材に、定

着長が  $40d$  の長い異形鉄筋を定着し、実部材寸法の梁試験体の中央部にこのアンカー筋を配し、曲げモーメントを受けてアンカー筋の定着が不利となる加力方法で引抜き実験を行った。本実験の目的は、 $40d$  の長い付着長のアンカー筋の全体が抜け出す時までの付着破壊を追跡することにある。さらに、任意の鉄筋位置の付着応力度、およびコンクリートと相対するすべり量を算定する方法を立案し、それによって、局部付着破壊の性状を把握するためのデータを入手することである。

第3章は「区間限定の定着実験」と題し、アンカー筋の付着区間を4分割し、その区間毎の付着性状の実験資料を得るために、第2章と同様の引抜き実験を行った。本実験の目的は、現状で多用されている定着長さが  $10d$  程度の短い定着長のアンカー筋の付着破壊を生じる引抜き実験を行い、その付着性状が第2章で実施した長い定着長さのアンカー筋と異なる性状であることを検証することである。

第4章は「間接定着実験」と題し、近年用いられているスパイラルシース管を用いたあと施工型の定着工法について、スパイラルシースを用いることにより、アンカー筋周りのコンクリートの拘束効果が増大している場合の付着性状に関する実験資料を得ることを目的としている。

第5章は、「考察および検証」と題し、主に、第2章、第3章で実施した実験結果から、全長付着試験体および区間限定試験体において、任意の鉄筋位置での付着耐力を特定し、モール・クーロンの破壊基準を二軸応力状態に適用することにより、鉄筋の表面に作用するコンクリートの側圧を求め、側圧能力を支配する許容側圧の計算式を提案した。この計算式には、コンクリートの拘束力、曲げ応力度による引張・圧縮場の影響が考慮されており、長い定着長を有するアンカー筋の定着性能を評価する方法を提案している。さらに、全付着試験体と区間限定試験体での付着破壊が異なる結果であることが結果からみられた。

第6章は「結論」であり本論文で得られた成果をまとめたものである。

## 審査結果の要旨

戸建住宅の基礎のように梁幅が  $220\text{mm}$ 、梁せいが  $800\text{mm}$  程度の断面に、上部構造を定着するためのアンカー筋として、異形鉄筋を鉛直に直線定着する場合がある。このようなコンクリート断面の狭い薄肉梁に定着されるアンカー筋の性状は、実験の容易さや、規模などを考慮して、実大の試験体を模擬した実験は少なく、データも詳しく検討されていない状況である。付着・定着の実験は定着長さを短く採用し、その平均付着応力度を検討する試験方法となっている。実際の部材に定着されている定着長さに即した性状を確認する必要がある。

本論文では、薄肉梁部材における定着に関する現在の設計の考え方について示し、また、一般的な付着評価試験方法について実際の使用における付着性状と異なる性状であることを述べている。定着長さを比較的長く採用した実験や、実大部材に定着した場合の既往の研究を示し、薄肉部材への定着において明らかにされていない付着性状や梁部材からの拘束の効果を考慮した付着性状を得ることを目的としている。さらに、下記の6項目の目的を示している。

- 1) 薄肉 RC 梁部材に設計例 (SD345) である  $40d$  の定着長さを有するアンカー筋の付着破壊を実大の実験により再現する。また施工性においてシース管と無収縮モルタルを用いてあと施工させ

た実験を行い、双方の構造安全性を確かめる。

- 2) アンカー筋に SD345 を使用した試験体では、全長に亘る付着破壊性状が明確にならないので、SD685 および SD980 を使用した試験体を追加して、全長に亘る付着性状を明確にする。
- 3) 梁幅を変化させて標準試験体の梁幅 220mm の場合の付着性状と比較する。
- 4) 全長に定着させるのではなく、10d 程度の短い定着区間を 4 種類の位置に設けた試験体を作製して、40d の長い全長付着試験体の結果と比較して、付着性状を明らかにする。
- 5) 実験結果から鉄筋軸方向へのひびわれが発生した時の荷重とその破壊状況を明らかにする。また最大付着応力度の時の付着破壊性状について明らかにする。
- 6) 合理的な仮説による解析結果と実験結果を比較して、付着破壊と付着耐力など付着性状を明らかにする。

論文は、全 6 章で構成されている。

第 1 章「序論」では、研究の背景、本研究に関連する既往の研究、研究の範囲を論じながら、本研究の目的と位置付けを示している。

第 2 章「全長付着実験」では、断面が薄く、梁せいの高い薄肉 RC 梁部材に、定着長が 40d の長い異形鉄筋を定着し、実部材寸法の梁試験体の中央部にこのアンカー筋を配し、曲げモーメントを受けてアンカー筋の定着が不利となる加力方法で引抜き実験を行っている。実験の目的は、40d の長い付着長のアンカー筋の全体が抜け出す時までの付着破壊を追跡することにある。さらに、任意の鉄筋位置の付着応力度、およびコンクリートと相対するすべり量を算定する方法を立案し、それによって、局部付着破壊の性状を把握するためのデータを入手することである。

第 3 章「区間限定の定着実験」では、アンカー筋の付着区間を 4 分割し、その区間毎の付着性状の実験資料を得るために、第 2 章と同様の引抜き実験を行っている。実験の目的は、現状で多用されている定着長さが 10d 程度の短い定着長のアンカー筋の付着破壊を生じる引抜き実験を行い、その付着性状が第 2 章で実施した長い定着長のアンカー筋と異なる性状であることを検証することである。軸応力度分布を計算式により求め、付着応力度、すべりを確認している。また、加力形式による梁の曲げ応力も相まって、鉄筋への拘束力として働くことを述べている。

第 4 章「間接定着実験」では、近年用いられているスパイラルシース管を用いたあと施工型の定着工法について、スパイラルシースを用いることにより、アンカー筋周りのコンクリートの拘束効果が増大している場合の付着性状に関する実験資料を得ることを目的としている。無収縮モルタルとスパイラルシース管を用いることで、鉄筋回りの拘束力が増し付着耐力を高める結果を得ている。

第 5 章「考察および検証」であり、主に、第 2 章、第 3 章で実施した実験結果から、全長付着試験体および区間限定試験体において、任意の鉄筋位置での付着耐力を特定し、モール・クーロンの破壊基準を二軸応力状態に適用することにより、鉄筋の表面に作用するコンクリートの側圧を求め、側圧能力を支配する許容側圧の計算式を提案している。この計算式には、コンクリートの拘束力、曲げ応力度による引張・圧縮場の影響が考慮されている。

第 6 章「結論」では、本論文の各章で得られた結果を総括している。

本論文は、上述の通り、鉄筋コンクリート造薄肉梁部材に定着されたアンカーボルトの付着性状について、既往の研究では示されていない、定着長さの長い時の鉄筋の各区間での付着応力とすべりの関係を表すことができている。この結果を用いて、アンカー筋の引張力とは別の応力である梁

の曲げモーメントからの曲げ応力度を考慮した、付着破壊理論モデルを提案している、工学的価値の高い研究である。

以上のことから、学位申請者である徳重充は、博士（工学）の学位を得る資格があると認める。

以上