

論文名 定着用膨張材を用いた PC 緊張材の定着法と定着機構に
関する基礎的研究

氏名 久保田慶太

21 世紀は維持管理の時代である。耐震補強を含めたコンクリート構造物の補修・補強工法の技術開発は極めて重要である。その中で、高強度、高耐食性、軽量、非磁性という優れた特長を有する連続繊維補強材を PC 緊張材の代替として補修・補強工法へ適用することが検討され、一部実用化されている。一方、補修・補強工法への適用と並行して、橋梁分野などで連続繊維補強材を構造用ケーブルとして利用するための技術開発も積極的に行われている。しかし、連続繊維補強材は、局所的な支圧やせん断に対して弱く、従来の PC 定着工法では定着することができない。

そこで、連続繊維補強材の定着法として、原田らによって開発されたのが、定着用膨張材 (Highly Expansive Material: HEM) を用いた定着法 (HEM 定着法) である。HEM 定着法とは、HEM の硬化膨張によって発生する 50MPa 以上の高膨張圧によって、連続繊維補強材を強固に、かつ応力集中を伴わないソフトタッチな定着ができる定着法である。これまでの HEM 定着法に関する研究では、定着機構に関して必ずしも明確にはなっていない。

本研究の主たる目的は、HEM 定着法の定着機構を解明することであり、将来的には HEM 定着具の設計手法を確立し、実構造物に適用することも視野に入れている。

本研究ではまず、連続繊維補強材の中でも高い強度と弾性率を有する CFRP より線を対象に、HEM 定着法を適用した場合の定着機構について実験的・解析的検討を行った。また、従来から用いられている PC 鋼材にも本定着法が適用できれば、補修・補強分野において、HEM 定着法の用途は広がるものと考えられ、PC 鋼より線、PC 鋼棒に HEM 定着を適用した場合の定着機構についても検討を行った。本論文は上記の研究成果をまとめたものであり、9 章より構成されている。以下に、各章の概要を記す。

第 1 章では、本研究の背景と目的、本論文の構成について述べた。

第 2 章では、定着用膨張材 (HEM) の概要を述べた後、実用性を考慮に入れた 2 種類の HEM 定着法を紹介している。一つは、PC 緊張材を鋼管スリーブに挿入し、その隙間に充填された HEM の高膨張圧によって、PC 緊張材と鋼管スリーブとの一体化を図り、定着する方法で、HEM 定着 () 法と呼ぶ。もう一方は、PC 緊張材が緊張された状態で HEM の高膨張圧を作用させ定着する方法で、HEM 定着 () 法と呼ぶ。

第 3 章では、HEM 定着 () 法の定着機構について、静的引張試験を行って、実験的に検討した結果について述べている。静的引張試験ではまず、緊張材に CFRP より線を用いて載荷・除荷の 20 回の繰返し載荷を行い、膨張圧、スリーブ長を変化させた場合の鋼管スリーブ表面のひずみ値を計測した。ひずみ値より定着具に作用する応力や変形等を算定したところ、定着具の力学的挙動は、HEM 層をせん断バネと仮定すればうまく説明できることがわかった。次いで、緊張材の種類が変わった場合、せん断バネ特性はどのように変化するかについ

て、PC 鋼より線を用いて同様の検討を行った。

第 4 章では、3 章の結果を基に、HEM 層をせん断伝達バネと仮定し、HEM 定着具の微小要素に作用する力と変形の関係から微分方程式を誘導し、数値解析を行った。引張荷重の低い段階では、実験値をうまくシミュレートできたが、引張荷重が大きくなると定着具内部の HEM 層に軟化領域が発生するため、実験値と解析値が一致しないことがわかった。

第 5 章では HEM 層に軟化領域を考慮した FEM モデルを構築し、解析的検討を行った。その結果、CFRP より線、PC 鋼より線、それぞれのせん断伝達バネ特性を用いれば、本解析法が実験結果をうまくシミュレートできる有効な解析方法であることがわかった。また、定着に必要なスリーブ長と膨張圧との関係のシミュレーション結果についても述べた。

第 6 章では、CFRP より線用のエポキシ樹脂定着と HEM 定着（ ）法の違いが CFRP より線の疲労特性に及ぼす影響について考察を行った。これは、CFRP より線の静的引張強度において、エポキシ樹脂定着と HEM 定着による差は見られなかったが、引張疲労試験では、HEM 定着した CFRP より線の疲労特性が、エポキシ樹脂定着した場合に比べて格段に向上するという興味深い結果が得られたからである。定着法の違いによって、CFRP より線の疲労特性になぜ違いがでてくるのかに関して、定着具の力学的挙動と摩擦熱による温度上昇の観点から考察した。

第 7 章では、HEM 定着（ ）法の定着機構について検討を行った。緊張材には CFRP より線、PC 鋼より線、PC 鋼棒の 3 種類を用いた。PC 緊張材を緊張した状態で HEM 定着し、その後、緊張力を解放させることによって定着具表面のひずみ値を測定した。HEM 定着（ ）法と同様に、測定したひずみ値を用いて定着具に作用する応力や変形等を算定し、定着具の力学的挙動を調べた。また、HEM 層をせん断伝達バネと仮定し、4 章、5 章と同様の解析的検討を行った。その結果、HEM 定着（ ）法の定着機構は、プレテンション方式のプレストレス導入原理と同様であることがわかった。また、（ ）法と同様の FEM モデルに（ ）法の境界条件を適用することで解析できることも明らかになった。

第 8 章では、7 章の検討結果を、PC 構造物の一部改修工事の中間定着工法として、適用した実施工例について述べた。

第 9 章は、本論文の総括であり、第 3 章から第 8 章で得られた知見をまとめた。