

プレストレス力入り中空 PC 鋼棒の既設構造物への定着性能に関する試験および解析

オリエンタル建設株式会社	正会員	○近藤 琢也
〃	正会員	阿部 浩幸
〃	正会員	原 健悟
〃	正会員	立花 弘

1. はじめに

プレストレス力入り中空 PC 鋼棒¹⁾ (NAPP ユニット) は、プレストレストコンクリート構造における部分補強を目的に開発されたシステムである。本研究では、NAPP ユニートを PC 構造ではない既設コンクリート(18~30N/mm²)中に配置しプレストレスを導入する工法 (NAPP アンカー工法)²⁾ について、定着部の安全性に関する検討を解析的に行うことを目的とし、付着確認試験を行った。

2. NAPP ユニートの既設コンクリートへの定着方法の概要

2-1 NAPP ユニット

NAPP ユニットは工場においてプレストレスが導入された PC 鋼棒であり、型枠内に設置してコンクリート打設後に中空鋼棒内部に配置された反力 PC 鋼棒を解放することで、コンクリートにプレストレスを導入することが可能なシステムである。

NAPP ユニットは図-1 に示すように中空鋼棒の両端部にねじ山とナットを配置しており、これらの構造により緊張力をコンクリートへ伝達する構造となっている。既往の研究³⁾ により、緊張力に対するナットとねじ山の定着分担割合はアンカーナットの支圧力による部分が 30~40%であるのに対し、ネジ部の付着による部分が 60~70%と付着定着による抵抗力が大きいということがわかってきている。

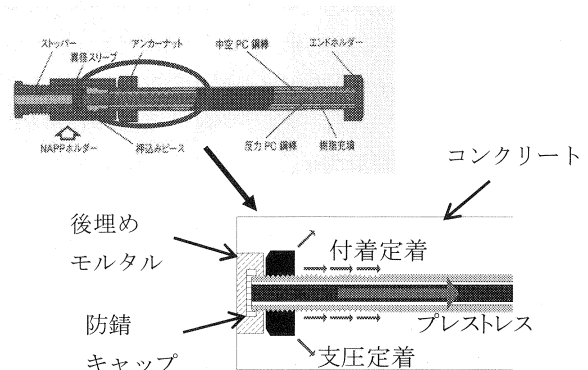


図-1 NAPP ユニットおよび定着構造

2-2 NAPP アンカー工法

既設コンクリートを削孔し、この中へ NAPP ユニートを配置しモルタルを充填した後に、NAPP ユニートの反力鋼棒を開放することで既設構造物にプレテンションと同様の仕組みでプレストレスを導入することが可能となる。

図-2 に、NAPP アンカー工法の定着概要を示す。NAPP アンカー工法は図に示すように既設コンクリートに新設コンクリートを接続する際、NAPP ユニットにより既設コンクリートと新設コンクリートの境界面にプレストレスを導入できるため、耐久性に優れる構造を構築できる。

この場合 NAPP ユニートのプレストレス力は削孔部に充填するモルタルを介して既設コンクリートに伝達されるが、RC 構造のコンクリート強度は PC 構造におけるコンクリート強度に比べ低いため(18~30N/mm²)、NAPP アンカー工法では削孔と充填モルタルの付着の信頼性を向上するために削孔外周面に溝切りを設けることとしている。

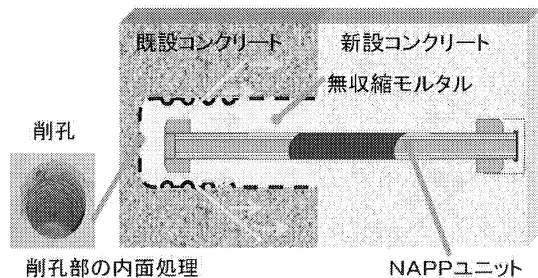


図-2 既設コンクリートへの NAPP 鋼棒配置

3. 定着試験

3-1 試験概要

NAPPエットにより導入されたプレストレスが、既設コンクリートへ定着され応力がどのように伝達されるかを確認するために定着確認試験を行った。

定着確認試験は、既設コンクリートと新設コンクリートの接合において NAPP アンカー工法を利用することを想定して、図-3に示すように既設側(削孔側)と新設側を設けて行った。試験は導入緊張力 420kN(NAPP40T 使用)のものと導入緊張力 220kN(NAPP20T 使用)のものについて行っており、それぞれ

の寸法を図中に示している。供試体のパラメータを表-1に示す。橋台などのRC構造を想定した供試体コンクリートの実験時の材料特性は、既設側は圧縮強度 19.6N/mm²、弾性係数 19,889N/mm²となり、新設側についてはコンクリート強度 13.7N/mm²、弾性係数 17,062N/mm²となった。モルタルについては付着性能を確保するため圧縮強度 50N/mm²を設定したが実際には圧縮強度 70.7N/mm²、弾性係数 20,789N/mm²となった。なお、新設側は実際の施工では強度 30N/mm²以上のコンクリートを使用するが今回は比較のため 18N/mm²以下のコンクリートを使用している。

計測は NAPP エットの反力鋼棒を解放することで発生する鋼棒およびコンクリートのひずみと、NAPP エット端部のナットの引き込み量について行った。鋼棒ねじ山部のひずみについてはねじ山を一部削りとり、表面にひずみゲージを貼り付けることで計測を行った。コンクリートのひずみについては、ひずみゲージを貼り付けた鉄筋(D10)をコンクリート中へ配置することで計測を行った。なお、コンクリート表面のひずみについてはコンクリートへ直接ひずみゲージを貼り付けて計測を行った。鋼棒端部のナットの引き込み量については、供試体端面とナット端部の相対変位を変位計により計測した。

3-2 解析モデル

解析モデルの概要を図-4に示す。本研究では試験により定着性能を確認し、解析によりこれを再現することで定着部最小配置間隔の決定に解析結果を応用することを目的とした。定着最小間隔の決定は使用時において有害なひび割れが発生しないことを確認するものであり、基本的にはコンクリートの応力集中が再現できることが可能となればよいため、ナット近辺の材料非線形挙動や鋼棒とモルタル、コンクリートとの境界面における非線形挙動まではモデル化せず簡易的に弾性部材としてモデル化することとした。解析は3次元FEM解析により行い、鋼棒のひずみと鋼棒端部のナットの引込み量を再現することとした。ねじ山とモルタル、コンクリートとの付着を再現するためねじ山とモルタル、コンクリートの境界要素(図中“A”:せん断剛性の設定)をばねとして材料設定し、ナットの引込み量を再現するためナット前面のコンクリート境界要素(図中B:軸方向剛性)にもばねとして材料設定を行った。なお、図には既設側のみを示すが新設側については削孔が無い場合は同様のモデル化とした。

表-1 供試体パラメータ

No.	コンクリート強度(MPa)	モルタル強度(MPa)	削孔部処理	削孔径(mm)	NAPPユニット	モルタル注入方向
case1	18	50	内面溝切り	φ90	40T	横方向
case2	18			φ77	20T	

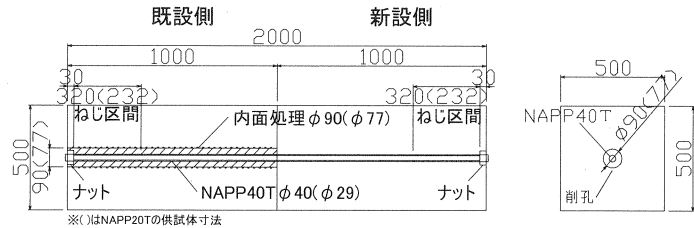


図-3 試験体概要

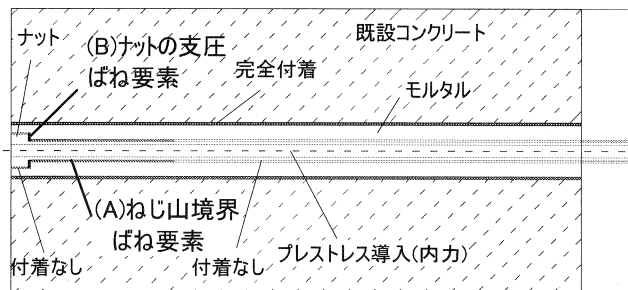


図-4 解析モデル

3-3 試験結果および解析結果

(1) NAPP ひずみ

各供試体の NAPP 中空鋼棒のひずみ計測値を図-5~6 に示す。40T ではねじ山の範囲が鋼棒端部から 320mm, 20T では 232mm である。鋼棒のひずみは, ねじ山の範囲でひずみが徐々に変化していることから, ねじ山によりプレストレスを負担していることがわかる。また, 中心付近でひずみの値に変化がないのは, 供試体ではねじ山のない範囲にビニールテープを貼り付け, モルタル, コンクリートとの付着をきっているためである。

ねじ山部分のひずみの変化に着目すると, 2 ケースとも既設側の方がひずみの変化(グラフの勾配)が大きい。これは既設側に充填したモルタルの強度および弾性係数が大きいためと考えられる。一方, 新設側は端部のひずみの変化は小さい。これはねじ山の付着力が弱く鋼棒全体が引き込まれていることが考えられる。

ねじ山の範囲でのひずみの変化は厳密には非線形挙動を示しているが, 本研究では解析上ねじ山とモルタル, コンクリートとのせん断剛性を弾性材料として再現することで実験に近い値を得ることができた。ひずみの変化(グラフの勾配)については, 鋼棒表面のせん断剛性を変化させればそれに伴い傾きも変化するが同時に鋼棒端部や中央付近のひずみも変動するため, ナット前面の境界要素とねじ山とモルタル, コンクリートとの境界要素を同時に調整しつつ再現を行った。

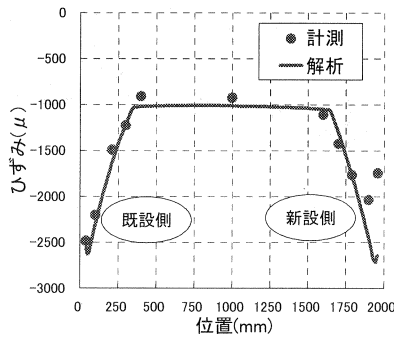


図-5 中空鋼棒ひずみ分布 (NAPP40T)

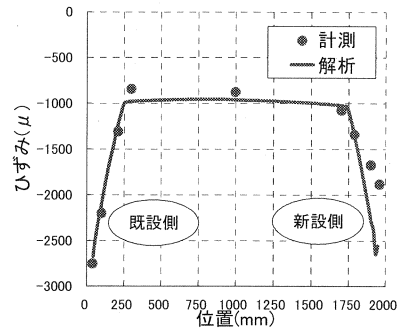


図-6 中空鋼棒ひずみ分布 (NAPP20T)

(2) コンクリートひずみ

各供試体のコンクリートひずみ計測値を図-7~8 に示す。各々のひずみは鋼棒中心から 80mm および 250mm(コンクリート表面)離れた位置での軸方向の値を示している。鋼棒から 80mm の位置の結果に着目すると端部付近でひずみが大きくなっており, 応力が集中していることがわかる。両ケースとも新設側の方がひずみが大きく, 後に述べるナットの引込み量についても新設側が大きい。これらをあわせて判断すると, 新設側はコンクリート強度が低いため付着力が低くその分ナットにプレストレスの反力が大きく分担され, その結果端部付近にひずみが集中しているものと考

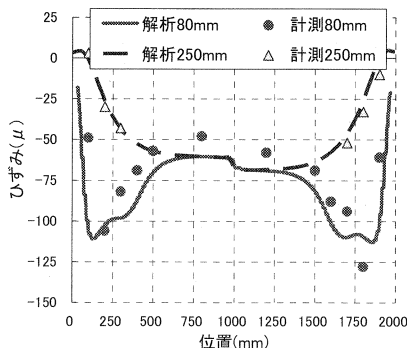


図-7 コンクリートひずみ分布 (NAPP40T)

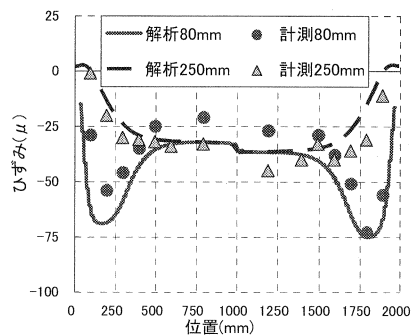


図-8 コンクリートひずみ分布 (NAPP20T)

えられる。

(3) ナット引込み量

各供試体のナットの引込み量計測値を図-9 に示す。前述のとおり新設側では、コンクリート強度が低くナットのプレストレス力分担割合が高いため引込み量が大きくなっていると考えられる。

また、計測したナット引込み量は弾性変形による引込み量よりも大きく、局部的な非線形挙動がナット付近で発生していることが推測されるが、ナット前面に設定した境界要素に弾性ばねを設定することで計測値に近い結果を再現することが可能となった。

4. 解析による定着部の安全性の確認

前述の解析モデルを使用して、NAPP アンカー工法の定着部の安全性を確認することとした。NAPP アンカーを NAPP 工法設計・施工マニュアルと同じ間隔で配置し所定の緊張力を導入した場合において、定着部近辺にひび割れが発生しないことを解析的に確認した。

解析は NAPP40T を用いた場合と NAPP20T を用いた場合について行った。解析モデルは図-3 に示した既設側の構造を有する NAPP アンカーをそれぞれ NAPP40T では 250mm、NAPP20T では 180mm の間隔で縦 2 段、横 2 列に配置した場合の 1/4 モデルとし、40T では 420kN、20T では 220kN の緊張力を導入した。設定した材料はコンクリート強度が 18N/mm²、弾性係数 1.99×10⁴N/mm²、モルタル強度が 50N/mm²、弾性係数 1.8×10⁴N/mm² とした。

その結果、引張力の最大値は図-10 に示すように 40T および 20T の両ケースともにコンクリート表面に 1.36N/mm² の値が発生したが、18N/mm² のコンクリート引張強度 1.58N/mm² を下回っているため構造上問題がないものと判断される。

5. おわりに

既設 RC 構造物の補修、補強において NAPP アンカー工法を使用する場合、通常の NAPP エットと同等の定着間隔を設けることで、安全性が確保できることを確認するため試験および解析的研究を行った。

今回解析モデルに設定した材料特性は 2 ケースとも同じ値であり、今回の解析モデルにより複数の試験体を再現できることがわかった。ねじ山とモルタルおよびモルタルとコンクリートの界面の付着について個々に再現していない事や、ナット前面の引き込みの挙動について非線形性を考慮した解析までは行っていないが、今回の解析モデルと同様の材料強度、ねじ山長さを含めた形状寸法、導入緊張力、施工状況であれば、異なる構造物中に配置されていたとしても応力状態の再現は可能であると考えられる。このモデルを用いて NAPP アンカー工法の定着部における安全性の確認を行うことが出来た。

今後さらに研究を進め、NAPP アンカー工法の定着のメカニズムを解明することですぐれた構造を提案できるよう努力したいと考える。

参考文献

- 1) 「NAPP 工法設計・施工マニュアル」, 平成 15 年 1 月改定, NAPP 工法技術研究会技術部会
- 2) 「プレストレス入り PC 中空鋼棒の既設コンクリートへの定着確認試験」, 近藤他, 土木学会第 61 回年次学術講演回 (予定)
- 3) 「中空 PC 鋼棒を用いたプレテンション方式によるコンクリートへのプレストレス導入工法に関する研究」, 今井, 平成 14 年 3 月
- 4) 「NAPP アンカー工法設計・施工マニュアル(案)」, 平成 18. 1, NAPP 工法技術研究会技術部会

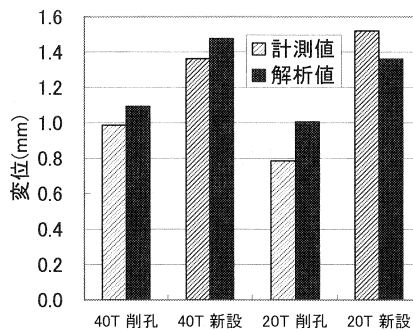


図-9 ナット引き込み量

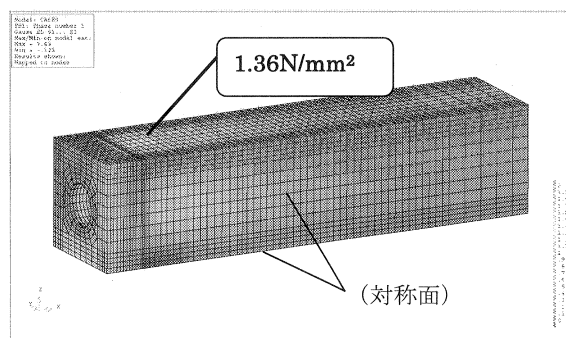


図-10 NAPP アンカー(40T)の定着部最大主応力