

NAPP 工法の削孔定着に関する実験的研究

オリエンタル建設(株) 技術研究所 正会員 工修 ○原 健悟
 オリエンタル建設(株) 技術研究所 正会員 工修 阿部 浩幸
 サンコーテクノ(株) 粟津 茂臣

1. はじめに

プレストレス力入り中空 PC 鋼棒である「NAPP ユニット」は、取り扱いが簡単でプレストレス導入に際して重い機材や大きな作業空間を必要としないことから、既設コンクリート構造物への部分的なプレストレスの導入に適した工法であると考えられる。NAPP ユニットの既設構造物に適用する場合には、既設コンクリート構造物に削孔を行い、削孔部に充填材を注入して NAPP ユニットの定着する方法（以下、削孔定着と呼ぶ）がある。通常の場合打ちコンクリート部材に NAPP ユニットの配置した場合、緊張力は直接コンクリートに伝達されるが、削孔定着では充填材を介してコンクリート部材に伝達される。削孔定着の基礎的な定着性能は今井らによりすでに報告¹⁾されているが、既設コンクリート構造物が低強度である場合の削孔定着については十分な検討が行われていない。コンクリート強度が低いと付着強度は低下すると考えられるが、削孔定着では NAPP ユニットの引張荷重以上の耐力を保持する十分な付着力を必要とすることから、低強度コンクリートの場合、長い削孔定着が必要と考えられる。

本論文では、削孔内面の付着力を改善するため、図-1 に示すような内面処理をした場合の定着性能について実験的検討を行ったものである。

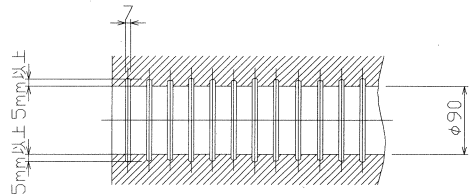


図-1 既設コンクリート内面処理 (φ90mm)

2. 実験概要

NAPP 工法の削孔定着では、NAPP ユニットの緊張力は充填材を介してコンクリートに伝達される。本研究では、既設コンクリート削孔面と充填材の付着性状およびプレストレス伝達長について検討を行った。対象とした NAPP ユニットは 20T および 30T (設計緊張力 220kN および 320kN)、充填材には市販の無収縮モルタルを使用した。既設コンクリートと充填材との付着面は、通常のコアボーリングマシンにより削孔した削孔タイプと、内面処理用に開発した目荒し機 (写真-1) により目荒しを施した内面処理タイプの 2 種類とした。

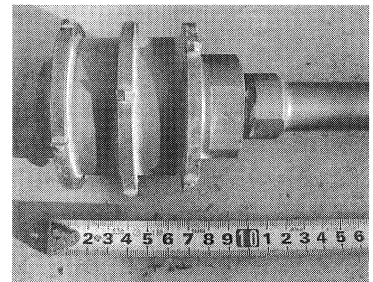


写真-1 目荒し機 (φ90mm用)

2. 1 試験体形状および試験方法

(1) 既設コンクリート削孔面と充填材の付着試験

実験要因および試験体形状図をそれぞれ表-1、図-2 に示す。試験体の断面は、コアボーリングマシンを設置するために 500mm×500mm とした。削孔径は φ90mm と φ53mm とし、削孔面は内面処理を行った。削孔部には NAPP ユニット 30T および 20T とそれぞれ外径が等しい PC 鋼棒 φ32mm および φ29mm を配置した。付着長は中空 PC 鋼棒外径 φ の関数とし、NAPP ユニット 30T で 256mm (8φ)、20T では 150mm (5φ) および 200mm (7φ) とした。また、NAPP ユニット 20T については削孔径を極力小さくするため、通常六角ナットではなく円形ナットを使用した (図-3)。

試験体製作は、コンクリート打設約 1 週間後に削孔作業を行い、PC 鋼棒セット後モルタル注入を行った。モルタル注入 7 日後にモルタル強度が 50N/mm²であることを確認し、試験を行った。モルタル注入方向は、

水平方向とし、モルタルポンプにて行った。

載荷装置を図-4 に示す。試験方法は、引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)²⁾を参考にした。本試験は、削孔面とコンクリートとの付着強度の確認を目的としているため、コーン破壊しないよう試験体にはスパイラル筋を配置し、削孔径より大きなφ150mm およびφ100mm の穴を有する載荷板を用いた。載荷速度は鋼材応力度が毎分 50N/mm²となるよう載荷し、固定側の PC 鋼棒の引き込み量を測定した。

表-1 付着試験実験要因

No.	コンクリート 強度 (N/mm ²)	モルタル 強度 (N/mm ²)	付着長 (mm)	削孔径 (mm)	削孔部	充填材 注入方向	PC鋼棒
1	21	50	256	90	内面処理	水平方向	SBPR930/1180 φ32
2			150				SBPR1080/1230 φ29
3			200				円形ナット使用

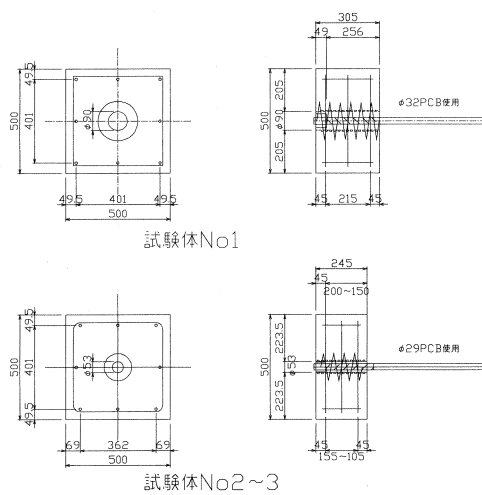


図-2 試験体形状図

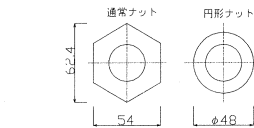


図-3 ナット形状 (φ53mm 用)

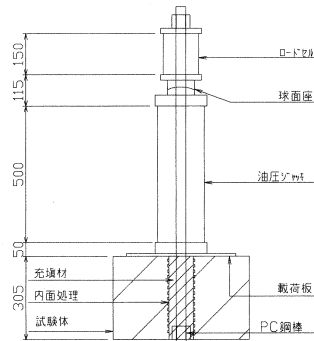


図-4 載荷装置

(2) プレストレス分布確認試験
NAPP ユニットのプレストレスを伝達するために必要な定着長の確認を目的に試験を行う。本試験では、削孔タイプ (TYPE-A) と内面処理タイプ (TYPE-B) による比較を行う。また、コンクリート部材への NAPP 緊張力伝達長は、ナット定着面から 8φ以下であると報告されており、中空 PC 鋼棒とモルタルのプレストレス伝達は、同様に 8φ以下と考えられるが、充填材を介してコンクリートへ伝達される試験結果は少ない。

実験要因を表-2 に示す。削孔面

表-2 プレストレス分布確認試験実験要因

TYPE	コンクリート 強度 (N/mm ²)	モルタル 強度 (N/mm ²)	削孔部	充填材 注入方向	NAPP ユニット
A	29	30	削孔タイプ	水平方向	30T
B			内面処理タイプ		

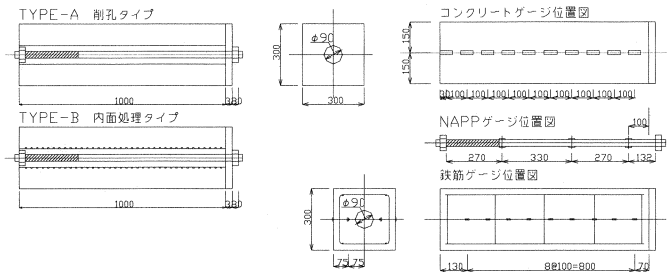


図-5 プレストレス分布確認試験体形状および計測位置

の処理として削孔タイプおよび内面処理タイプの2種類とし、充填材注入を水平方向とした。試験体形状および計測位置図を図-5に示す。試験体は、試験体長さを短くする目的で片側に定着プレートを設置し、コンクリートへの伝達が極力短い距離となるように製作した。プレストレス伝達長は、鉄筋およびコンクリートに貼付したひずみゲージのひずみ分布から判断するものとした。

試験体製作は、コンクリート打設約2週間後に削孔作業を行い、NAPPユニット設置後、コンクリート材齢28日以降にモルタル注入を行った。モルタル注入1日後にモルタル強度が30N/mm²を上回ることを確認し、プレストレス導入を行った。モルタル注入は定着ナット側からモルタルポンプにて行った。

3. 実験結果および考察

(1) 既設コンクリート削孔面と充填材の付着試験

試験時の材料試験結果を表-3、各段階の荷重と変位を表-4に示す。PC鋼材φ32、φ29mmの破断強さを考慮し、最大載荷荷重をそれぞれ800、750kNとした。

No.1試験体の付着強度は、NAPP30Tの引張荷重435kNを上回っているため、付着長は8φ以下で満足することが確認できた。NAPP20Tを対象としたNo.2~No.3試験体では、No.2試験体の1体が下回ったものの、No.3試験体では全ての試験体がNAPP20Tの引張荷重295kNを上回っている。よってNAPP20Tの付着長も7φ程度あれば十分であることが判る。また、NAPP20Tおよび30T設計緊張力時の変位から、それぞれの荷重においてほとんど端部の引抜き変位が発生していないことがわかる。

表-3 使用材料試験結果

No.	コンクリート		モルタル	
	圧縮 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)	圧縮 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
1	19.3	21.73	51.2	20.94
2~3	27.1	26.00	48.2	22.82

表-4 削孔面と充填材の付着試験結果

No.	付着長 (mm)	最大荷重時			設計緊張力時	
		荷重 (kN)	付着強度 (N/mm ²)	変位 (mm)	P=220kN時変位	P=320kN時変位
No. 1-1	256	>800.4	11.06	11.476	-	0.106
No. 1-2		>801.4	11.07	16.862	-	0.166
No. 1-3		>801.1	11.07	18.454	-	0.136
平均		>801.0	11.07	15.597	-	0.136
No. 2-1	150	514.4	20.60	14.250	0.900	-
No. 2-2		187.0	7.49	1.700	-	-
No. 2-3		333.5	13.35	6.350	1.690	-
平均		345.0	13.81	7.433	1.295	-
No. 3-1	200	423.1	12.71	14.690	0.450	-
No. 3-2		705.0	21.17	>21.120	0.240	-
No. 3-3		709.6	21.31	>24.810	0.390	-
平均		612.6	18.39	20.207	0.360	-

図-6に耐力が最も低かった各試験体の荷重-引抜き変位関係、図-7に付着応力-引抜き変位関係を示す。図-6には、NAPP20Tおよび30Tの設計緊張力を示す。図より変位が増加し始める荷重がNo.1試験体では350kN~420kN、No.2~3試験体では150kN~300kNであり、それまでの引抜き変位は各荷重段階でほとんど発生していない。また、各試験体とも付着応力度が6N/mm²付近から引抜き変位が増加している。

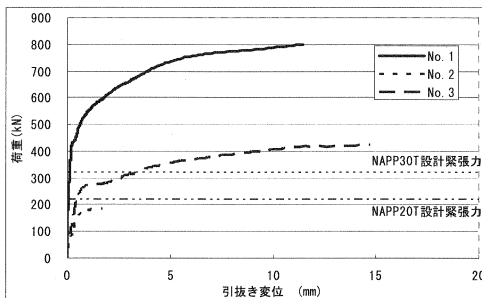


図-6 荷重-引抜き変位関係

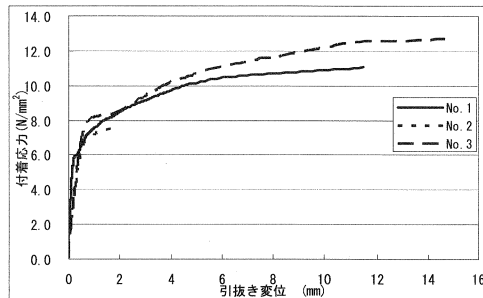


図-7 付着応力-引抜き変位関係

表-5 使用材料試験結果

No.	コンクリート		モルタル	
	圧縮 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)	圧縮 (N/mm ²)	弾性係数 (kN/mm ²)
1~2	25.2	24.10	34.2	17.30

(2) プレストレス分布確認試験

試験時の材料試験結果を表-5、プレストレス導入時の中空 PC 鋼棒ひずみ変動量を図-8 に示す。定着ナットから約 300mm 離れた位置のひずみは、削孔タイプが 475 μ 、内面処理タイプが 410 μ の変動を示している。緊張時のひずみは約 3650 μ であることから、内面処理タイプでは 11%減少したが、削孔タイプの 13%減少に比較して小さくなった。

図-9 に図心から 75mm 離れた (削孔面から 30mm) 位置の鉄筋ひずみ分布を示す。中空 PC 鋼棒残存プレストレス量から計算したひずみに対して、端部より 330mm 位置でほぼ近い値を示している。プレストレスが NAPP ネジ端部 (8 ϕ =256mm) から 45 度分布すると仮定した場合、鉄筋位置には 345mm で伝達されることになる。

図-10 に図心から 150mm 離れた位置のコンクリート表面ひずみの結果を示す。いずれのタイプも端部から 340mm 位置でほぼ一定となっている。前述したプレストレス分布角度を 45 度と仮定した場合、コンクリート表面には 420mm 位置でプレストレスが伝達される計算となる。実験はそれを下回る結果となったことから、プレストレス分布角度は 45 度以下であると考えられる。

4. まとめ

本試験結果より以下の事項が確認された。

- (1) 付着強度を高める目的で内面処理を行った削孔定着は、NAPP ユニット 20T, 30T で付着長 8 ϕ 以上とすれば、NAPP ユニットの引張荷重を定着できる。
- (2) NAPP ユニット緊張荷重作用レベルでは、内面処理タイプの固定端部の引き込み変位はほとんど発生しない。
- (3) プレストレス導入時のプレストレス量は、内面処理タイプでは 11%減少したが、削孔タイプの 13%減少に比較して小さくなった。
- (4) 以上から、削孔定着の内面処理を行うことにより、30N/mm² を下回る低強度コンクリート構造物への NAPP ユニットの削孔定着できる可能性が確認できた。

参考文献

- 1) 今井・出光・横田：NAPP 工法の後施工利用に関する基礎的研究，第 8 回 PC シンポジウム，pp. 291-296，1998 年 10 月
- 2) 土木学会，2005 年制定，コンクリート標準示方書 [基準編]，pp. 239-242

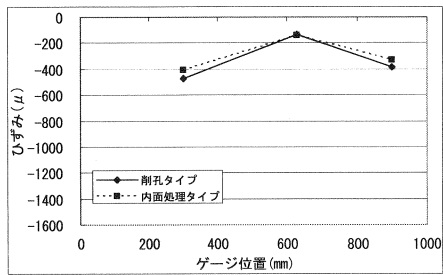


図-8 中空 PC 鋼棒ひずみ変動量 (導入時)

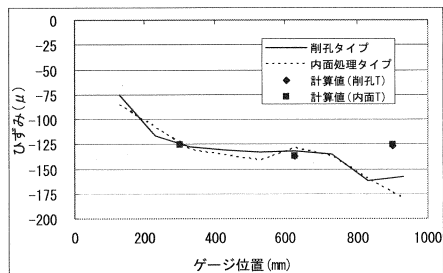


図-9 鉄筋ひずみ分布 (導入時)

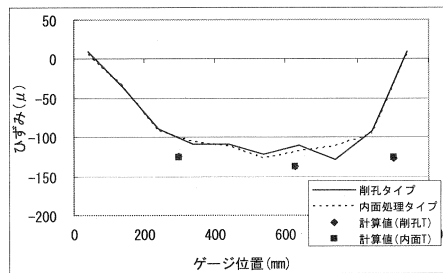


図-10 コンクリート表面ひずみ分布 (導入時)