

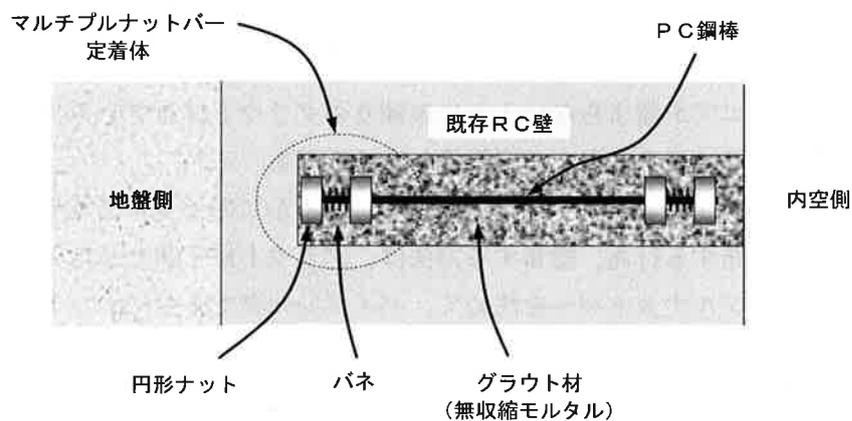
第1章 総則

1. 1 適用範囲

本マニュアルは、マルチプルナットバー工法によって既存コンクリート構造物のせん断補強設計、靱性補強設計および施工を行う場合の方法を示すものである。

【解説】マルチプルナットバー工法は、供用中のコンクリート構造物にせん断補強を行うためのあと施工タイプのせん断補強工法である。複数個の丸ナット（定着具）を PC 鋼棒に取り付け、かつ、丸ナットと PC 鋼棒ネジ山間の遊びを除去するためにバネを丸ナット間に設けた定着体を有する PC 鋼棒を「マルチプルナットバー」と称し、PC 鋼棒の高降伏強度を活かしてあと施工せん断補強鉄筋に伴う削孔本数を低減できる工法である。

既存コンクリート構造物の表面からコアドリルで削孔を行う。下向き、横向きでは削孔内部にグラウト材を充てんした後、マルチプルナットバーを挿入する。上向きではマルチプルナットバーとエア抜きを削孔内部に設置し、その後にグラウト材を充てんする。このような方法によりマルチプルナットバーと既存躯体とを一体化させて部材のせん断耐力を向上させて脆性的なせん断破壊を防止し、靱性を確保するものである。



解説図-1.1 マルチプルナットバーによる補強

1. 2 用語の定義

この設計・施工マニュアルでは、以下のように用語を定義する。

- (1) マルチプルナットバー：複数個の丸ナット（定着具）を PC 鋼棒に取り付け、かつ、丸ナットと PC 鋼棒ネジ山間の遊びを除去するためにバネを丸ナット間に設けた定着体を両端部に有する PC 鋼棒の名称。
- (2) マルチプルナットバー工法：既存コンクリート構造物のせん断補強を行うために、あと施工によりマルチプルナットバーを配置する工法の名称。
- (3) マルチプルナットバーの降伏強度：マルチプルナットバーの母材である PC 鋼棒 C 種の 0.2%耐力（1080N/mm²）。
- (4) グラウト材：削孔内部に充てんする無収縮セメントモルタル。プレミックスタイプの無収縮セメントモルタルを所定のワーカビリティにして使用する。水平方向の施工を行うためには、これを硬練りとして使用する。
- (5) 打継処理：グラウト材を充てんする前に削孔内部を目粗して洗浄し、グラウト直前に十分吸水を行うこと。吸水の代替としてプライマーなどのポリマー系下地材を噴霧してドライアウトを防止することは本工法では行わない。
- (6) プレグラウト：削孔内部にグラウト材を充てんした後、マルチプルナットバーを削孔内部に挿入する施工方法。
- (7) ポストグラウト：削孔内部にマルチプルナットバーとエア抜きを設けた後に、グラウト材を充てんする施工方法。
- (8) グラウト材の脱気：硬練りにしたグラウト材を用いてプレグラウトする場合、丸ナット背面にエアが溜まらないように硬練りのグラウト材をプレグラウトする前にバイブレータ等でグラウト中の空気量を減じる行為。
- (9) モルタル塗布：プレグラウトする場合に、あらかじめマルチプルナットバーにグラウト材を塗布する行為。塗布する方法は、グラウト材を満たしたクラウド貯留槽などにマルチプルナットバーを沈めて、バイブレータで十分にナット背面のエントラップトエアを追い出して行う。塗布するグラウト材は、削孔内部に充てんするグラウト材と同じものとする。

第2章 設計に関する事項

2. 1 使用目的

- (1) マルチプルナットバー工法は、せん断耐力が不足する RC 部材にせん断補強鉄筋をあとから補うことにより、地震時などの靱性を高める目的で使用する。
- (2) マルチプルナットバー工法の適用範囲は、以下の条件に該当するものとする。
 - ・背面に地盤などがあり、片側からしか施工できない制限を有する壁状の既設コンクリート構造物に対して、地震時における面外方向の耐震性を高めることを目的としたあと施工によるせん断補強に用いること。
 - ・主に地震時の変位量が限定される地中構造物などにおいて、壁状の既設鉄筋コンクリート部材（壁、底版、頂版など）の面外方向に対するせん断補強に適用すること。
 - ・コンクリートの設計基準強度が 21N/mm^2 以上を有した壁状の既設コンクリート構造物を補強対象とすること。
 - ・マルチプルナットバー $\phi 13\text{mm}$ および $\phi 17\text{mm}$ を使用する場合、既設コンクリート構造物の有効高さが、それぞれ 400mm 以上、 600mm 以上であること。
 - ・マルチプルナットバーの拘束応力（せん断補強鉄筋比 \times マルチプルナットバーの降伏強度）は、マルチプルナットバー $\phi 13\text{mm}$ および $\phi 17\text{mm}$ を使用する場合、それぞれ 2.3N/mm^2 、および 2.6N/mm^2 を超えない範囲であること。

【解説】(1) について 旧設計指針等に準拠して設計されたコンクリート構造物の中には、現行の耐震基準で考慮すべきレベル2地震に相当する地震力を受けた場合に、部材のせん断耐力や靱性が不足することが多い。開水路やボックスカルバートなどの地中構造物の外壁は背面に地盤があるために既存の耐震補強工法が適用できないため、内空側からの補強を余儀なくされる。しかしながら、内空側から補強する有効な手段が少なく、地中構造物を地盤改良により地震時応答を抑制する手法が主流であったが、隣接する地盤上にも構造物があると地盤改良自体も難しくなる問題があった。

マルチプルナットバー工法は、上記のような耐震補強が難しい供用中の地中構造物を対象にして、部材の片側面からの施工が可能で、かつ部材の曲げ耐力を増加させずにせん断耐力のみを向上させ、靱性を高めるためのものである。

(2) について 一般に、地中のカルバートなどのように背面に地盤がある構造物では、空气中の振動と異なり、構造物の変形は地盤により拘束される。

これらの構造物の安全性を評価する指標のひとつとして層間変形角がある。この層間変形角が $1/100$ 程度の場合には、かぶりコンクリートの剥落がなく、地震時に構造物が崩壊しないことが確認されている（土木学会原子力土木委員会：原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル、2005.6）。そこで、背面の地盤により地震時の応答変位量が限定される構造物を本工法の主な適用対象として想定した。

マルチプルナットバーの性能確認では設計基準強度が 19.5N/mm^2 のコンクリートを使用

して確認している。これより高い設計基準強度のコンクリートを使用した構造物に本工法を適用すれば、性能確認実験の結果よりも良い性能となると予想できる。したがって、設計基準強度が 21N/mm^2 以上のコンクリート構造物に適用して良いとした。

2. 2 マルチプルナットバーの種類

マルチプルナットバーは、直径 $\phi 13\text{mm}$ 、 $\phi 17\text{mm}$ の PC 鋼棒 (C 種) 両端のネジ部に複数個の丸ナット (定着具) を取り付け、かつ、ナットと PC 鋼棒ネジ山間の遊びを除去するためにバネを丸ナット間に設けた定着体を両端部に有する構造とする。

定着体の形状寸法を、図-2.1 に示す。

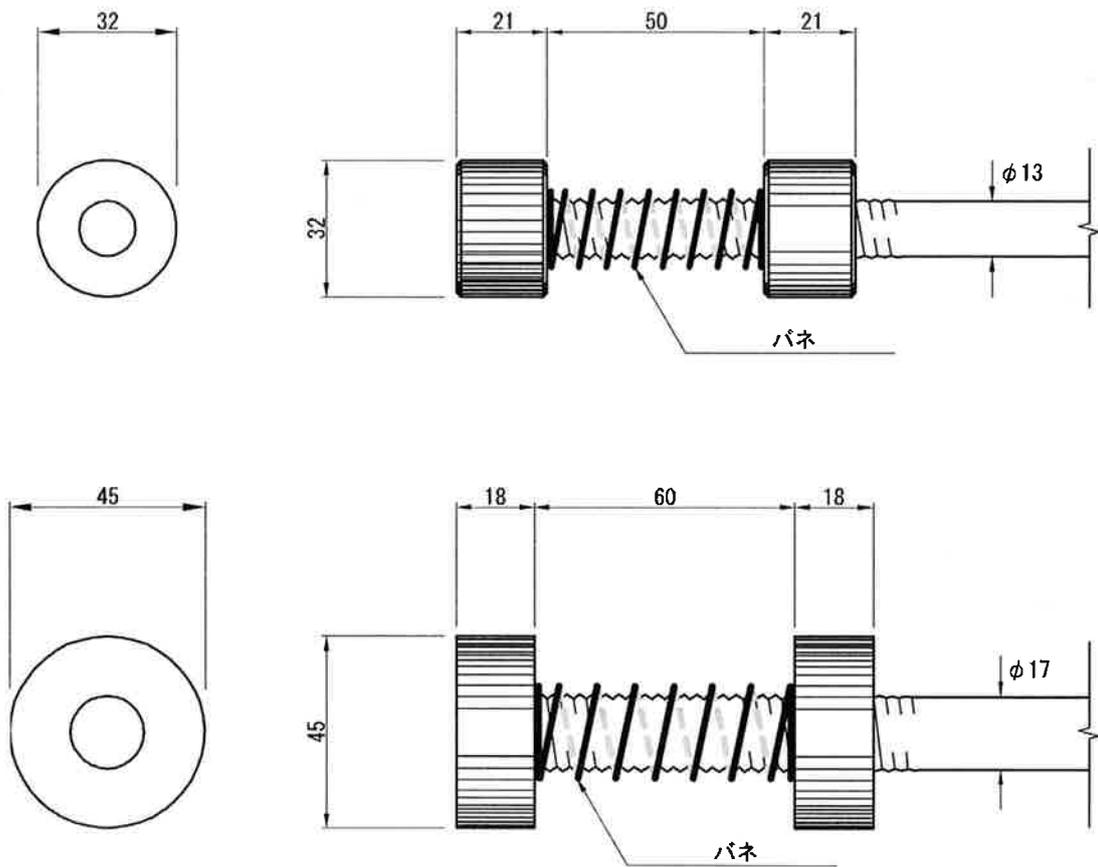
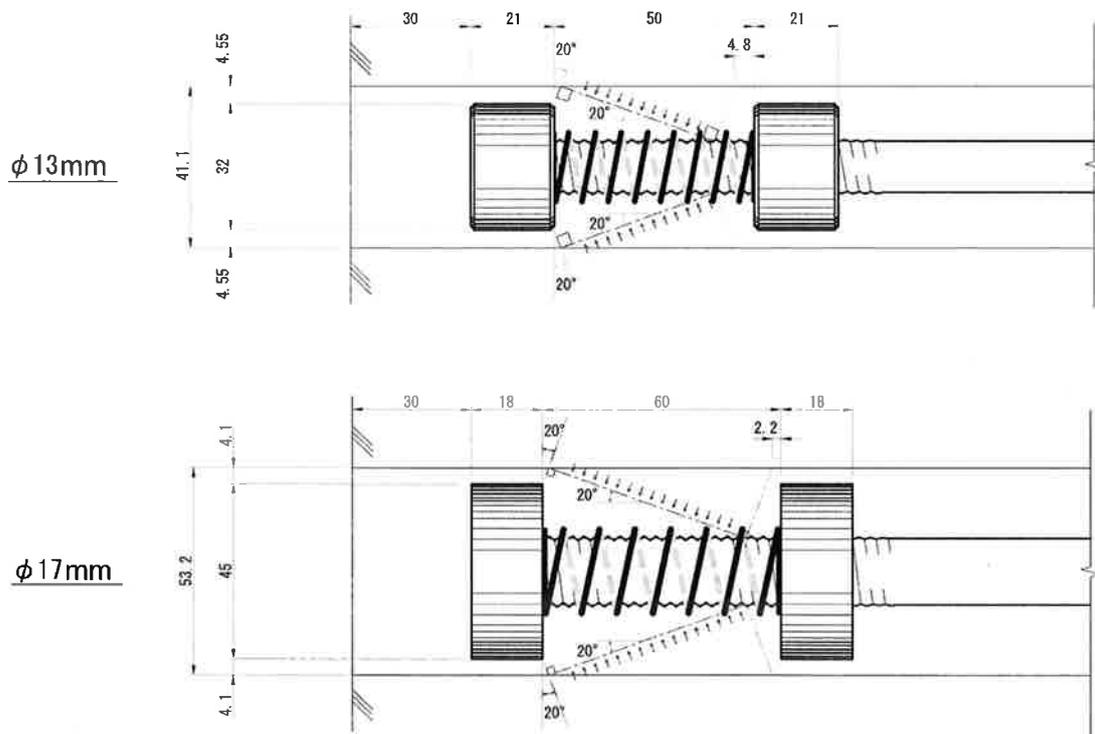


図-2.1 マルチプルナットバー定着体の形状寸法

【解説】あと施工のせん断補強であるため、コアドリルによる削孔径を意識して丸ナットの外径を定めた。コアドリルには削孔径 $\phi 41.1\text{mm}$ (1 1/2")、 $\phi 53.2\text{mm}$ (2")がある。これらを用いた場合にコンクリート削孔面と丸ナットとのクリアランスが4mm以上となるように丸ナットの外径を定めている。

丸ナットの厚さは、PC鋼棒のネジ山による嵌合接合によって丸ナットがPC鋼棒降伏強度を発揮しても破壊しないようなネジ山数となる寸法である。また、PC鋼棒の降伏強度は $\phi 13\text{mm}$ よりも $\phi 17\text{mm}$ のほうが1.71倍大きいため、丸ナットの厚さも1.71倍にする必要があるが、定着具が厚くなることで定着体の長さも大きくなる。せん断補強の効果が高めるためには有効高さが大きいほど高いので、定着体が厚くなるとせん断補強効果が低下する懸念がある。そこで、 $\phi 17\text{mm}$ の丸ナットに対して熱処理を行い、丸ナット厚さを薄くしている。

丸ナット間の距離は、解説図-2.1に示すように、丸ナットによるコンクリート支圧応力がPC鋼棒軸線に対して70度作用した場合、奥側丸ナットが支圧応力束をさえぎらないような距離を確保している。



解説図-2.1 丸ナットの支圧応力と削孔壁面との関係

2. 3 材料の設計値

(1) マルチプルナットバー

マルチプルナットバーを構成するPC鋼棒φ13mmおよびφ17mmはJIS G 3109-2008に準拠したもので、鋼種はSBPR 1080/1230とする。0.2%耐力(f_{yk})および引張強さ(f_{uk})はJIS G 3109-2008の下限值としてよい。

(2) グラウト材

グラウト材の圧縮強度は、施工方向が下向き、横向き、上向きの場合、それぞれ60N/mm²、55N/mm²、50N/mm²以上とする。

【解説】(2)について グラウト材は、マルチプルナットバーと削孔面との間を隙間なく充てんできるセメント系無収縮モルタルで、その硬化体が密実でマルチプルナットバーの定着体とコンクリート躯体との間で確実に応力伝達する必要がある。支圧面積比(丸ナットの支圧面積総和をPC鋼棒の断面積で除した値)はφ13mmおよびφ17mmでそれぞれ約10、12である。PC鋼棒(C種)の降伏強度は1080N/mm²であるので、定着体である丸ナット近傍の支圧応力は90~108 N/mm²程度と高いレベルにあると考えられる。その理由は、せん断補強鉄筋としてマルチプルナットバーの降伏強度に乗じる低減係数を1.0と仮定すると、支圧応力はφ13mmおよびφ17mmでそれぞれ1080/10=108 N/mm²、1080/12=90 N/mm²となるためである。このように高い支圧応力が作用しても定着体として機能したことが実験結果から明らかになっているため、ナット近傍を充てんする材料には、汎用のプレミックスタイプのセメント系無収縮モルタルで発現する圧縮強度(例えば50N/mm²程度)が必要と考えられる。したがって、削孔内部に充てんするグラウト材、すなわちマルチプルナットバー周辺のグラウト材は汎用のプレミックスタイプのセメント系無収縮モルタルと同等な圧縮強度が必要であり、補強対象である既存構造物のコンクリート強度を参考に決まるものではない。本工法ではグラウト材に使用するプレミックスモルタルおよび配合を解説表-2.1のように定めている。したがって、グラウト材の強度は解説表-2.1に示した値としてよい。

解説表-2.1 グラウト材の仕様および性能

施工方向	品名 (メーカー)	水セメント比 (%)	水材料比 ¹⁾ (%)	流動性		ブリーディング率 (%)	圧縮強度 ⁴⁾ (N/mm ²)
				J ₁₄ 漏斗 ²⁾ (秒)	簡易フロー試験 ³⁾ (mm)		
下向き	MG-15M (三菱マテリアル)	36±2	18±1	8±2	—	0.0	60以上
横向き	TSG-M ⁵⁾ (三菱マテリアル)	33±2	16.5±1	—	70±10	0.0	55以上
上向き	TSG-M ⁵⁾ (三菱マテリアル)	44±2	22±1	5±2	—	0.0	50以上

1):プレミックスモルタル粉体と使用する水の重量比。 2):JSCE-F541参照。 3):JASS15M-103参照。

4):標準養生(20℃、水中養生)で材齢28日。

5):水材料比が22%のとき、始発が60分以上90分以内、終結を150分以内に調整したもの。

2. 4 マルチプルナットバーを用いた壁部材のせん断に対する安全照査

マルチプルナットバーにより補強された壁部材のせん断耐力が作用するせん断力よりも大きいことを確認することにより、補強後の構造物の安全性を照査する。

マルチプルナットバーにより補強された壁部材の単位長さあたりのせん断耐力は、以下に示す (1) 式、(2) 式によりマルチプルナットバーのせん断負担を考慮して算定してよい。

$$V_{yd} = V_{cd} + V_{sd} + V_{md} \dots\dots\dots (1)$$

$$V_{md} = \alpha \cdot V_{pcd} \dots\dots\dots (2)$$

ここに、

- V_{yd} : 設計せん断耐力
- V_{cd} : せん断補強鉄筋を用いないRC棒部材の設計せん断耐力
- V_{sd} : 既存RC部材のせん断補強鉄筋が負担する設計せん断耐力
- V_{md} : マルチプルナットバーが負担する設計せん断耐力
- α : マルチプルナットバーが降伏強度を発揮した場合のせん断負担に対する低減係数
- V_{pcd} : マルチプルナットバーが降伏強度を発揮した場合に負担するせん断耐力の計算値

せん断補強鉄筋を用いないRC棒部材の設計せん断耐力は (3) 式により算定してよい。

$$V_{cd} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot f_{vcd} \cdot b_w \cdot d / \gamma_b \dots\dots\dots (3)$$

ここに、

- f_{vcd} : コンクリートが負担するせん断応力で(4)式により算定する。
- β_d : 部材断面高さがせん断耐力に与える影響の係数で(5)式により算定する。
- β_p : 主鉄筋量がせん断耐力に与える影響の係数で(6)式により算定する。
- β_n : 軸力がせん断耐力に与える影響の係数で(7)式により算定する。
- b_w : RC部材断面の幅
- d : RC部材の主鉄筋有効高さ
- γ_b : コンクリートが負担するせん断力に対する部材係数(1.30)

$$f_{vcd} = 0.20 \cdot \sqrt[3]{f'_{cd}} \quad (N/mm^2) \dots\dots\dots (4)$$

$$\beta_d = \sqrt[4]{1/d} \quad (d : m \text{ 単位}) \dots\dots\dots (5)$$

$$\beta_p = \sqrt[3]{100 \cdot P_v} \dots\dots\dots (6)$$

$$\beta_n = 1 + M_0 / M_d = 1.0 \dots\dots\dots (7)$$

ここに、

- f_{cd} : コンクリートの圧縮強度 (N/mm^2)
- P_v : RC部材の引張鉄筋比 ($=A_s / (b_w \cdot d)$)
- A_s : RC部材の引張鉄筋の断面積
- M_0 : 軸力による応力を打ち消すのに必要な曲げモーメント
- M_d : 設計曲げモーメント

既存 RC 部材のせん断補強鉄筋が負担する設計せん断耐力は、コンクリート標準示方書〔設計編〕に準拠し、(8) 式により算定してよい。ただし部材係数は 1.10 ($\gamma_b=1.10$) とする。

$$V_{sd} = \frac{A_{w0}}{B \cdot S_{s0}} \cdot f_{wyd0} \cdot B \cdot (\sin \alpha_{s0} + \cos \alpha_{s0}) \times z / \gamma_b$$

$$= p_{w0} \cdot f_{wyd0} \cdot B \cdot (\sin \alpha_{s0} + \cos \alpha_{s0}) \times z / \gamma_b \dots\dots\dots (8)$$

マルチプルナットバーが通常のせん断補強鉄筋のように機能し、かつ降伏強度に達したと仮定した場合のせん断負担分 (V_{pcd}) は、(9) 式～(11) 式を用いてにより算定してよい。部材係数は 1.10 ($\gamma_b=1.10$) とする。

$$V_{pcd} = \frac{A_w}{B \cdot S_s} \cdot f_{wyd} \cdot B \cdot (\sin \alpha_s + \cos \alpha_s) \times z / \gamma_b$$

$$= p_w \cdot f_{wyd} \cdot B \cdot (\sin \alpha_s + \cos \alpha_s) \times z / \gamma_b \dots\dots\dots (9)$$

ただし、

(マルチプルナットバー $\phi 13mm$ の場合)

$$p_w \cdot f_{wyd} = \frac{A_w}{B \cdot S_s} \cdot f_{wyd} \leq 2.3N/mm^2 - p_{w0} \cdot f_{wyd0}$$

$$= 2.3N/mm^2 - \frac{A_{w0}}{B \cdot S_{s0}} \cdot f_{wyd0} \dots\dots\dots (10)$$

(マルチプルナットバー $\phi 17mm$ の場合)

$$p_w \cdot f_{wyd} = \frac{A_w}{B \cdot S_s} \cdot f_{wyd} \leq 2.6N/mm^2 - p_{w0} \cdot f_{wyd0}$$

$$= 2.6N/mm^2 - \frac{A_{w0}}{B \cdot S_{s0}} \cdot f_{wyd0} \dots\dots\dots (11)$$

マルチプルナットバーφ13mm、φ17mmにおける低減係数 α は、それぞれ(12)式および(13)式を用いて算定してよい。

(マルチプルナットバーφ13mmの場合)

$$\alpha = 0.001d - 0.05 \quad (\leq 0.85) \dots\dots\dots (12)$$

(マルチプルナットバーφ17mmの場合)

$$\alpha = 0.001d - 0.15 \quad (\leq 0.75) \dots\dots\dots (13)$$

ここに、

- A_{w0} : S_{s0} の間隔で配置される既存帯鉄筋の断面積
- A_w : S_s の間隔で配置されるマルチプルナットバーの断面積
- f_{wyd0} : 既存帯鉄筋の降伏強度
- f_{wyd} : マルチプルナットバーの降伏強度 (1080N/mm²)
- B : 補強対象の断面幅
- S_{s0} : 既存帯鉄筋の部材軸方向の間隔
- S_s : マルチプルナットバーの部材軸方向の間隔
- α_{s0} : 既存帯鉄筋と部材軸のなす角度
- α_s : マルチプルナットバーと部材軸のなす角度
- p_{w0} : 既存帯鉄筋のせん断補強鉄筋比
- p_w : マルチプルナットバーのせん断補強鉄筋比
- z : $d/1.15$
- d : 引張鉄筋の有効高さ
- γ_b : 部材係数 (1.10)

【解説】マルチプルナットバーによる補強が想定される部材は、曲げ作用が一方向の壁部材であるので、これに対応した記述とした。マルチプルナットバーによる補強効果は、既存部材のせん断耐力（コンクリートのせん断負担と既存躯体中のせん断補強鉄筋のせん断負担との和）にマルチプルナットバーが負担するせん断耐力を累加することによって表した（土木学会「コンクリート構造物の補強指針（案）」に示される考え方と同様）。

マルチプルナットバーでは、トラス理論に従った補強効果があること、せん断ひび割れ後の応力分配効果が確認されていること、破壊形態が一般のせん断補強鉄筋を用いた場合と同様であることから、トラス理論によるせん断耐力評価式が適用できるものとした。しかしながら、本工法におけるせん断補強鉄筋とみなすことができるマルチプルナットバーは、主鉄筋を取り囲むことができないため、通常の帯鉄筋と異なり補強効果が低下する。そのため、マルチプルナットバーが負担するせん断耐力は、有効高さに応じた低減係数を乗じて求めることとした。

2. 5 マルチプルナットバーを用いた壁部材の曲げ変形に対する安全照査

マルチプルナットバーにより補強された壁部材の許容変位が応答変位より大きいことを確認することにより、補強後の構造物の安全性照査を行う。

マルチプルナットバーにより補強された壁部材の曲げ特性（降伏時、最大耐力時および終局時の曲げモーメントならびに回転角）は、以下のように求めてよい。

- (1) 降伏時、最大耐力時および終局時の曲げモーメントは、断面の増加（増し厚）などが伴わないため、既存コンクリート構造物の主鉄筋と断面厚さの情報から通常の RC はり理論に基づいて算定してよい。
- (2) 主鉄筋が座屈するまでの変形性能は、曲げ耐力に対するせん断耐力の比（せん断余裕度）が 2.0 以上の場合、変位靱性率を 4.0 としてよい。
- (3) 軸力を保持できる変形性能は、曲げ耐力に対するせん断耐力の比（せん断余裕度）が 2.0 以上の場合、せん断余裕度の等しい通常の RC と同等としてよい。

【解説】(1) について 断面の増加に伴う有効高さの増加がないので、本工法を用いても曲げ耐力は変化しない。したがって、上記のように既存コンクリート構造物中の配筋情報をもとにして RC はり理論により算定してよいとした。

(2) について 本工法におけるせん断補強鉄筋とみなすことができるマルチプルナットバーは主鉄筋を取り囲むことができないため、通常の帯鉄筋と異なり主鉄筋の座屈防止効果はほとんど期待できないといえる。その理由は、背面側の主鉄筋損傷を避けるために主鉄筋位置より手前に定着体が配置されるためである。本工法を模擬した靱性実験では、変位塑性率で 4 の段階で背面側の主鉄筋に沿ったひび割れが生じた。加えて、履歴吸収エネルギーも変位塑性率が 4 の段階でピークとなる。これらのことから、座屈するまでの変形性能は、変位塑性率で 4.0 とした。

(3) について 一般に、主鉄筋の座屈が生じたとき、帯鉄筋の座屈防止効果が強いほど主鉄筋の座屈長は短く、大きな曲率で主鉄筋が曲げ変形する。大きな曲率で主鉄筋が曲がった後は低サイクルで主鉄筋の破断が生じて、鉄筋コンクリートとしての曲げ耐力が急激に低下する。本工法におけるせん断補強鉄筋とみなすことができるマルチプルナットバーは、前述の通り主鉄筋の座屈防止効果がないが、逆に座屈後の主鉄筋を大きな曲率で座屈させないので、主鉄筋を破断させないメリットがあることが靱性実験で確認できた。加えて、荷重低下点で定義した靱性率も、せん断余裕度の等しい通常の RC と同等だった。これらのことから、軸力保持機能を喪失するまでの変形性能はせん断余裕度の等しい通常の RC と同等とした。

2. 6 レベル1地震動に対する設計

- (1) レベル1地震動に対してマルチプルナットバーを用いて補強する場合、作用するせん断力に対してせん断耐力が十分大きな値となるようマルチプルナットバーの設計を行うことを原則とする。
- (2) レベル1地震動による作用せん断力に対して、コンクリートとマルチプルナットバーでせん断力を負担する場合、コンクリートの応力は短期許容応力度の1/2以下とする。マルチプルナットバーの応力は、マルチプルナットバーの許容応力度以下とする。マルチプルナットバーの許容応力度は2.4に規定した低減係数(α)とマルチプルナットバーの母材降伏強度(f_{wyd})を用いて $0.85 \cdot \alpha \cdot f_{wyd}$ としてよい。

【解説】(1) について レベル1地震動とは、従来から震度法設計に用いられてきた地震動レベルであり、構造物が供用期間中に1~2回は経験する地震動レベルである。一般に、レベル1地震動に対する要求性能は、地震後直ちに供用可能という性能である。したがって鉄筋コンクリートは弾性範囲となるよう設計されている。従来の許容応力度設計法において、鉄筋の許容応力度は、常時では降伏強度(特性値)の0.55~0.60倍、地震時にはその1.5倍(降伏強度の0.83~0.90倍)として、弾性範囲にとどめるよう設計されてきた。したがって、マルチプルナットバーを用いる場合、せん断耐力を安全側に評価した許容せん断力を算定して、これよりも作用せん断力が小さいことを確認することとした。

(2) について コンクリートの許容せん断応力度は、既存構造物に使用されたコンクリートの呼び強度やコア抜きによる圧縮強度の調査結果、ならびに経年劣化による有害なひび割れの有無などを観察して総合的に設計者が期待できる圧縮強度を判断し、補強対象に見合う適切な許容せん断応力度を定めるのがよい。コンクリートの設計基準強度と許容せん断応力度との関係を解説表-2.2に示す。

解説表-2.2 コンクリートの許容応力度

		設計基準強度: f_{ck} (N/mm ²)			
		18	24	30	40以上
許容せん断 応力度 (N/mm ²)	常時	0.40	0.45	0.50	0.55
	地震時*	0.60	0.68	0.75	0.83

*:レベル1地震時。常時の1.5倍の値とした。

従来の許容応力度法による設計では、レベル1地震動による作用せん断力に対してコンクリートとせん断補強鉄筋でせん断力を負担する場合、コンクリートのせん断負担分を地震時許容応力度の半分と控えめに評価してせん断補強鉄筋の量を安全側に算定していた。

また、せん断補強鉄筋の地震時許容応力度は降伏強度の 0.83～0.90 倍として、せん断補強鉄筋が降伏しないように努めていた。したがって、これらの設計思想と同様にコンクリートやマルチプルナットバーが負担できる地震時許容せん断力を定めることとし、(解 2.6.1) 式～ (解 2.6.5) 式を用いて算定してよい。

$$S \leq S_{ca} + S_{sa} + S_{ma} \quad \dots \dots \dots \text{(解 2.6.1)}$$

$$S_{ca} = \frac{1}{2} \cdot \tau_{ca} \cdot B \cdot j \cdot d = \frac{1}{2} \cdot \tau_{ca} \cdot B \cdot z \quad \dots \dots \dots \text{(解 2.6.2)}$$

$$S_{sa} = \frac{A_{w0} \cdot \sigma_{sa} \cdot d \cdot (\sin \alpha_{s0} + \cos \alpha_{s0})}{1.15 \cdot S_{s0}} \quad \dots \dots \dots \text{(解 2.6.3)}$$

$$S_{ma} = \frac{A_w \cdot \sigma_{pca} \cdot d \cdot (\sin \alpha_s + \cos \alpha_s)}{1.15 \cdot S_s} \quad \dots \dots \dots \text{(解 2.6.4)}$$

$$\sigma_{pca} = 0.85 \cdot \alpha \cdot f_{wyd} \quad \dots \dots \dots \text{(解 2.6.5)}$$

ここに

- S : 作用せん断力
- S_{ca} : コンクリートの地震時許容せん断力
- S_{sa} : 既存せん断補強鉄筋の地震時許容せん断力
- S_{ma} : マルチプルナットバーの地震時許容せん断力
- τ_{ca} : コンクリートの地震時許容せん断応力度
- B : 補強対象の断面幅
- $j \cdot d$: 全圧縮応力の作用点から引張鉄筋図心までの距離 (= $d/1.15$)
- d : 引張鉄筋の有効高さ
- z : $d/1.15$
- A_{w0} : 幅 B の中に S_{s0} の間隔で配置された既存せん断補強鉄筋の断面積
- A_w : 幅 B の中に S_s の間隔で配置されたマルチプルナットバーの断面積
- σ_{sa} : 既存せん断補強鉄筋の短期許容応力度
- σ_{pca} : マルチプルナットバーの地震時許容応力度
- α_{s0} : 既存せん断補強鉄筋と部材軸のなす角度
- α_s : マルチプルナットバーと部材軸のなす角度
- S_{s0} : 既存せん断補強鉄筋の部材軸方向の間隔
- S_s : マルチプルナットバーの部材軸方向の間隔
- α : 2.4 に規定した低減係数
- f_{wyd} : PC 鋼棒 (C種) の降伏強度 (1080N/mm^2)

既存のせん断補強鉄筋がせん断負担できるかどうかは、加工形状（スターラップか幅止鉄筋または帯鉄筋）、鉄筋端部のフックの定着長さや仕様、鉄筋表面の節の有無などを総合的に考慮して、設計者が判断することとする。既存のせん断補強鉄筋の許容応力度を解説表－2.3 に示す。

なお、既存のせん断補強鉄筋が配置されていない、または設計者の判断により既存のせん断補強鉄筋を無視する場合には、（解 2.6.1）式～（解 2.6.4）式から逆算してマルチプルナットバーの応力を算定し、許容応力度を下回ることを確認すればよい。その理由は、許容耐力法を実施したことと数式上同じであるためである。

解説表－2.3 既存のせん断補強鉄筋の許容応力度

		既存のせん断補強鉄筋の種類				
		SR235	SR295	SD295A SD295B	SD345	SD390
許容応力度 (N/mm ²)	常時	137	176	176	196	216
	地震時*	206	264	264	294	324
許容応力度(地震時) 降伏強度の特性値		0.87	0.89	0.89	0.85	0.83

*:レベル1地震時。常時の1.5倍の値とした。

2. 7 構造細目

- (1) マルチプルナットバーによって補強された壁部材では、補強前に配置されていたせん断補強鉄筋とマルチプルナットバーによる拘束応力度の和が、通常の RC における最小帯鉄筋量と等しくなるようにマルチプルナットバーを配置する。
- (2) 部材軸方向のマルチプルナットバーの最大間隔は有効高さの 1/2 以下とする。一方、部材軸直角方向マルチプルナットバーの最大間隔は 1.0m 以下とする。また、計算上せん断補強を必要とする区間の外側であっても、有効高さに等しい区間は計算上必要なせん断補強量を配置しなければならない。
- (3) 手前側（差込側）のかぶりは、コンクリート表面から 30mm 以上、主鉄筋のかぶり以下とする。
- (4) 背面側（埋込み側）のマルチプルナットバーと背面側主鉄筋の間隔は、削孔による主鉄筋の損傷を防ぐため、10mm 程度のあきを確保する。

【解説】(1) について 通常の鉄筋コンクリートにおける最小せん断補強鉄筋比は一般に 0.15% である。したがって本工法においてもそれと同等のせん断補強鉄筋比以上を配置することとした。すなわち、補強前に配置されていたせん断補強鉄筋のせん断補強鉄筋比 (p_{w1}) に補強前に配置されていたせん断補強鉄筋の降伏強度 (σ_{y1}) を乗じた値 ($p_{w1} \times \sigma_{y1}$) と、マルチプルナットバーのせん断補強鉄筋比 (p_{w2}) に低減係数 (α) と、PC 鋼棒 C 種の降伏強度である 0.2% 耐力 (σ_{y2}) を乗じた値 ($p_{w2} \times \alpha \times \sigma_{y2}$) の和が、SD345 の鉄筋を 0.15% 配置した場合の拘束応力 ($p_w \times \sigma_y = 0.0015 \times 345 = 0.52 \text{N/mm}^2$) 以上となるように定めた。これを式で表すと (解 2.7.1) 式のようになる。したがって、マルチプルナットバーの最小せん断補強鉄筋比 (p_{w2}) は (解 2.7.1) 式から逆算して算定して良い。ただし、補強前に配置されていたせん断補強鉄筋の形状が現状の基準と照らし合わせて標準フックとみなすことができない場合、またはフックの形状や配筋詳細が不明な場合、または丸鋼など現在は使われていない鉄筋を使用している場合などは、補強前に配置されていたせん断補強鉄筋比をゼロとして考えたほうが良い。

$$p_{w1} \cdot \sigma_{y1} + p_{w2} \cdot \alpha \cdot \sigma_{y2} \geq 0.0015 \times 345 = 0.52 \text{N/mm}^2 \dots \text{(解 2.7.1)}$$

(2) について マルチプルナットバーがせん断補強鉄筋として有効な働きをするためには、腹部コンクリートに発生する斜めひび割れと必ず交わるような間隔で配置する必要がある。部材軸方向のマルチプルナットバーの最大間隔を有効高さの 1/2 以下とした。通常の RC ではコンクリートの収縮ひび割れに対する用心鉄筋として 300mm 以下とする規定があるが、本工法は既設構造物を対照としており、収縮ひび割れに対しての配慮を行わなくて良い。したがって 300mm 以下の規定を設けていない。一方、部材軸直角方向におけるマルチプルナットバーの最大間隔は、道路橋示方書の間帯鉄筋間隔や土木学会コンクリート標準示方書の帯鉄筋の最大配置間隔を参考にして 1.0m 以下とした。また、せん

断ひび割れが部材軸に対して斜めに生じることを考慮して、マルチプルナットバーの配置区間は、計算上せん断補強が必要な区間の両側にそれぞれ部材断面の有効高さに等しい長さを加えた区間とした。この場合、マルチプルナットバーの量は、計算上せん断補強が必要な区間と同じとしてよい。

(3) について 一般的な環境下におけるコンクリート構造物において、コンクリートのW/Cが50%以下の場合、施工誤差を考慮した最小かぶりは30mmであることがコンクリート標準示方書に示されている。一方、マルチプルナットバーに用いるグラウト材は、W/Cが44%以下の無収縮セメントモルタルである。したがって施工誤差を考慮した最小かぶりとして30mmとした。これを担保できるような削孔の施工計画ならびにマルチプルナットバーの長さを選定しなければならない。また、せん断耐力は修正トラス理論を用いて設計することが一般的である。この修正トラス理論では、斜め圧縮部材ストラットとなるコンクリートの圧縮応力着地点は主鉄筋と考えている。したがって、手前側（内空側）の主鉄筋よりも背面側（地盤側）にマルチプルナットバーの定着体端部を配置すると、マルチプルナットバーのせん断負担が減少する恐れがある。このようなことがないように、マルチプルナットバーの最大かぶりを主鉄筋のかぶり以下とした。

(4) について 背面側（地盤側）の鉄筋位置は非破壊探査等で確認する技術は現時点ではない。しかしながら、壁の断面幅方向（部材軸直角方向）の主鉄筋位置はバラツキが多少あるものの、断面高さ方向（削孔方向）の主鉄筋位置については、かぶりの確保など施工管理が行き届いていると考えられる。したがって、主鉄筋と削孔先端との距離を10mm程度確保するように削孔深さを適切に管理すれば主鉄筋の損傷を低減できる。また、先端のみオールドリル等で処理すれば、万が一、主鉄筋にドリル先端が当たっても主鉄筋を切断することはない。（第3章 施工に関する事項）

第3章 施工に関する事項

3. 1 マルチプルナットバーの材料

マルチプルナットバーは、所用の形状寸法と力学的性能を有する丸ナットを用い、かつ所定のナット間距離を設けたものでなければならない。

【解説】標準的な形状寸法については、解説図-2.1 に示した。

3. 2 充てん・グラウト材

- (1) グラウト材の圧縮強度は、施工方向が下向き、横向き、上向きの場合、それぞれ 60N/mm^2 、 55N/mm^2 、 50N/mm^2 以上とする。
- (2) マルチプルナットバーを既設コンクリート躯体に固定するためのグラウト材は、所定の充てん性、無収縮性を有するもので、マルチプルナットバーと補強する既設構造物のコンクリートと一体にできるものでなければならない。
- (3) グラウト材は、削孔面とマルチプルナットバーの間を完全に充てんでき、充てん後の長期耐久性が満足されるものでなければならない。
- (4) 海洋環境化など、供用上厳しい環境に曝されることが予想される場合には、表面保護工など必要な対策を取らなければならない。

【解説】(1) (2)について マルチプルナットバーに用いるグラウト材（プレミックスタイプのセメント系無収縮モルタル）は、解説表-3.1 に示したものを使用する。

(3) について 横向き施工の際、グラウト材を硬練りにすると多くの空気を連行して、マルチプルナットバー挿入時の締固め効果により丸ナット背面に空気が溜まることが懸念される。したがって、硬練りのグラウト材を充てんする前にバイブレータ等でエア抜きを行うことにより丸ナット背面にグラウト材が充てんされるように注意が必要である。

解説表-3.1 グラウト材の仕様および性能

施工方向	品名 (メーカー)	水セメント比 (%)	水材料比 ¹⁾ (%)	流動性		ブリーディング率 (%)	圧縮強度 ⁴⁾ (N/mm^2)
				J ₁₄ 漏斗 ²⁾ (秒)	簡易フロー試験 ³⁾ (mm)		
下向き	MG-15M (三菱マテリアル)	36±2	18±1	8±2	—	0.0	60以上
横向き	TSG-M ⁵⁾ (三菱マテリアル)	33±2	16.5±1	—	70±10	0.0	55以上
上向き	TSG-M ⁵⁾ (三菱マテリアル)	44±2	22±1	5±2	—	0.0	50以上

1):プレミックスマルタル粉体と使用する水の重量比。 2):JSCE-F541参照。 3):JASS15M-103参照。

4):標準養生(20℃、水中養生)で材齢28日。

5):水材料比が22%のとき、始発が60分以上90分以内、終結を150分以内に調整したもの。

3. 3 削孔

- (1) 削孔は主にコアドリルを用いる。
- (2) 削孔に先んじて、電磁波レーダ法等により既設コンクリート構造物の配筋位置を確認して、削孔を行っても鉄筋を損傷させないように注意する必要がある。
- (3) 削孔の計画にあわせて適切な支保を使用する。
- (4) 削孔先端から背面側表面までの距離（削孔残り）は、削孔時のコアビット押し付け力によりパンチング破壊しないように留意する必要がある。
- (5) 削孔中にビットが既設コンクリート構造物の鉄筋に接触した場合は、直ちに削孔を中止し、削孔の深さを測定した上で、削孔を終了するか、別の位置に場所を移動して再び削孔するかを判断する。
- (6) コアドリルを用いた削孔の場合、削孔内面にはノロなどが付着するので水洗いなどで洗浄してグラウト材と既設コンクリートとの付着を阻害しないように留意する必要がある。
- (7) コアドリルを用いた削孔の場合、削孔内面はグラウト材を充てん時に既設コンクリート（旧コンクリート）による吸水などが生じないようにあらかじめ十分吸水させるなど、グラウト材と既設コンクリートとの打継強度を低化させないように留意する必要がある。
- (8) コアドリルによる削孔で生じたノロなどは適切に処理する必要がある。
- (9) 削孔による騒音に対して、必要に応じて防音対策を行う必要がある。

【解説】(1) について 本工法で想定しているコアドリルは、削孔径 $\phi 41.1\text{mm}$ (1 1/2") と $\phi 53.2\text{mm}$ (2") である（解説写真-3.1）。

(2) について 削孔側の表面を除いて既設構造物内部の鉄筋位置は探査ができない。したがって、削孔中にビットが鉄筋に当たり、鉄筋の断面積が減少する可能性がある。そのようなことがないように削孔作業員の配置計画や施工管理を徹底し、既存の鉄筋を損傷させないように注意する必要がある。必要に応じて、コア先端が鉄筋に当たった場合に自動停止する装置を適宜使用するのがよい。

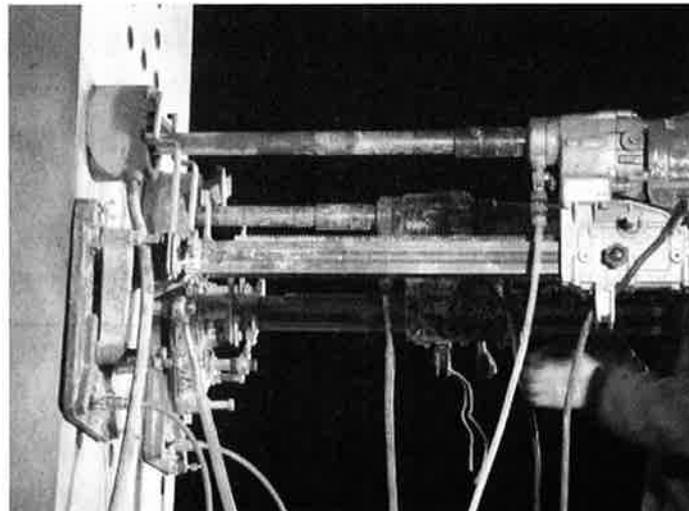
(4) について コアドリルを用いた削孔や専用の先端処理ビット（解説写真-3.2）を用いれば、オールドリル等と異なり押抜き力が小さいのでパンチング破壊する可能性は低い。背面側の主鉄筋かぶりは50mm以上ある場合がほとんどであり、かつ、本工法では削孔先端から主鉄筋位置までを10mm確保することを定めているので、パンチング破壊が生じる可能性は低い。しかしながら、先端処理のみをオールドリル等（解説写真-3.3）で行う場合は、専用の先端処理ビットを用いた場合よりも押抜き力が大きくなるため、パンチングに注意する必要がある。その場合、削孔残りの目安は50mmと考えてよい。

(5) について 削孔中に接触した鉄筋が背面側の主鉄筋や配力鉄筋であり、その時点までの削孔深さがマルチプルナットバーを設置するのに十分な場合、この部分の削孔を終了してよい。また、ハンチ筋や組立鉄筋などに接触して削孔深さが不十分な場合、別の場所を

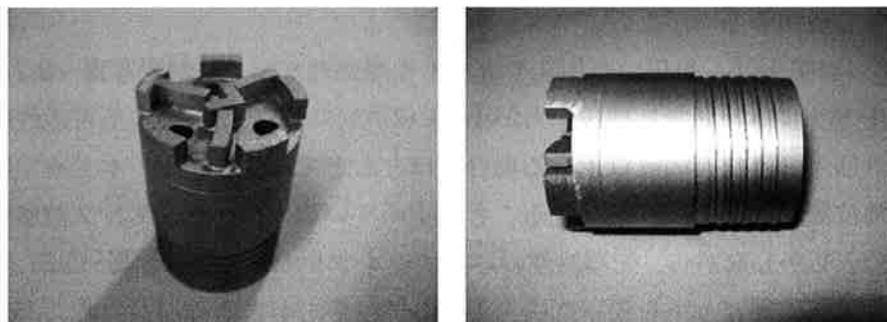
削孔し直すのがよい。配筋のための鋼材仮設架台に接触したことが明らかで、かつ、削孔深さが不十分な場合、コアドリルは鋼材も貫通することができるので削孔を続けてよい。

(6) について コアドリルにより生じたノロが削孔内に付着している場合、充てんするグラウト材と既設コンクリートとの付着強度が著しく低下する恐れがあるので、入念に水洗いで除去するものとする。

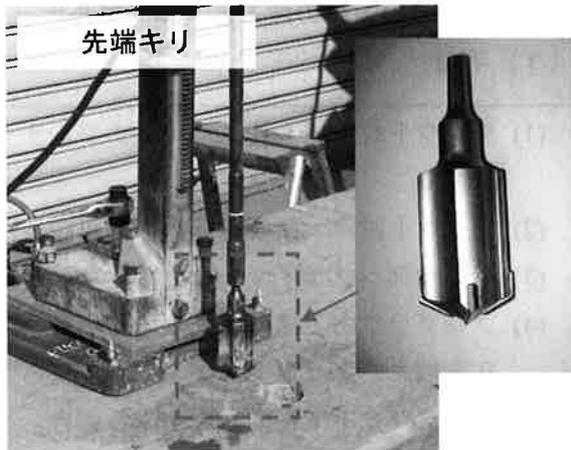
(7) について 削孔後の孔内が著しく乾燥すると、充てん時にグラウト材の水分が既設コンクリート（旧コンクリート）に吸われる現象が生じて、打継目の界面付近ではグラウト材の水分不足により結合材が不足し、砂のような強度の低い部分が形成される。そのようなことが生じないように、打継処理と同様にワイヤブラシ等で入念に打継面を粗にした後（解説写真－3.4）、旧コンクリートを十分吸水させた後にグラウト材を充てんすることとする。



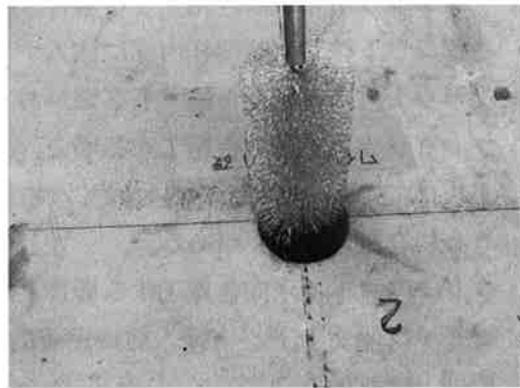
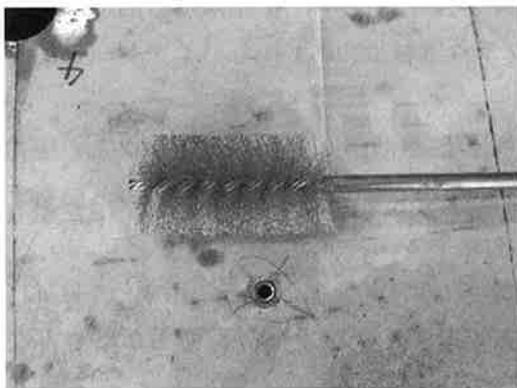
解説写真－3.1 コアドリルによる削孔



解説写真－3.2 先端処理専用ビットの例



解説写真-3.3 ドリルによる先端処理の例



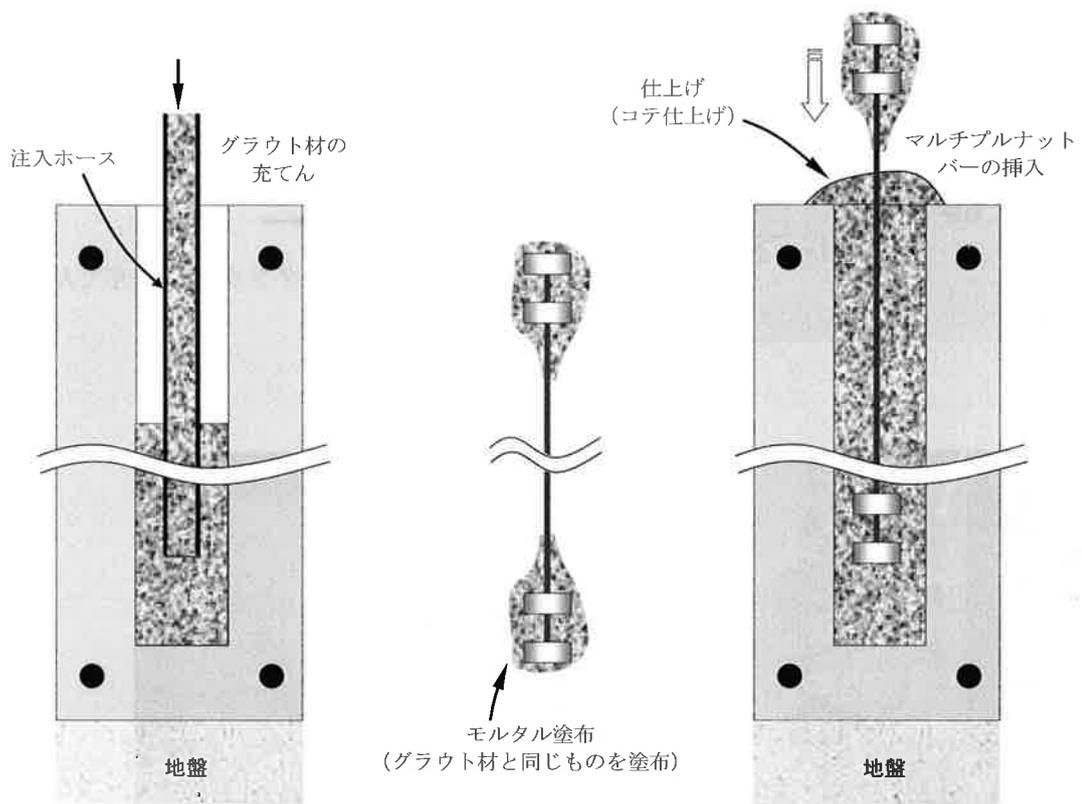
解説写真-3.4 ワイヤブラシ処理の例

3. 4 グラウト材の注入とマルチプルナットバーの挿入

(1) 手順

- (1) グラウト材の注入およびマルチプルナットバーの挿入は、所定の手順により実施する。
- (2) グラウト材は、所要の流動性と可塑性があることを確認する。
- (3) 削孔内部へプライマーなどのポリマー系下地材を使用しない。
- (4) プレグラウトで横向き施工する場合、注入ホースは、削孔の先端まで押し込み、削孔先端までグラウト材が充てんされるように行う。
- (5) プレグラウトで横向き施工する場合、マルチプルナットバーを挿入する際には空気などを巻き込むことを防止するため、挿入する前にマルチプルナットバーの定着体へグラウト材を塗布し、丸ナットに空気が入らないように注意する。
- (6) プレグラウトで横向き施工する場合、マルチプルナットバーを挿入する前に塗布するグラウト材および削孔内部に注入するグラウト材は、いずれもバイブレータ等でグラウト材の空気量を減ずる必要がある。
- (7) プレグラウトで横向き施工する場合、ホース先端が曲がっているとグラウトの圧力が抜けてホースが押し出されなくなる場合があるので、ホース先端が直線となるよう金物を付ける必要がある。
- (8) プレグラウトで下向き施工する場合、流動性の高いグラウト材を使用するものの、マルチプルナットバー挿入前に定着部へ充てんするグラウト材を塗布することを原則とする。
- (9) ポストグラウトで上向き施工する場合、マルチプルナットバー挿入前に定着部へグラウト材を塗布しなくても良い。
- (10) プレグラウトする場合、漏れ出したグラウト材を回収した後、グラウト材が固まらないうちに仕上げを行う。
- (11) ポストグラウトで上向き施工する場合、グラウト材が削孔内部を満たした判断はエア抜きからグラウト材が排出されることを確認して行う。

【解説】(1) について 削孔内部へのグラウト、マルチプルナットバーの挿入は、解説図-3.1～解説図-3.6 に示すような手順で実施する。



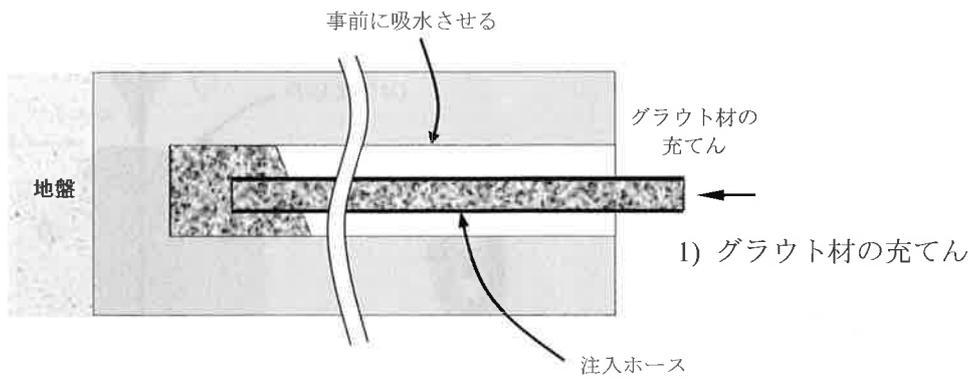
1) グラウト材の充てん

2) モルタル塗布

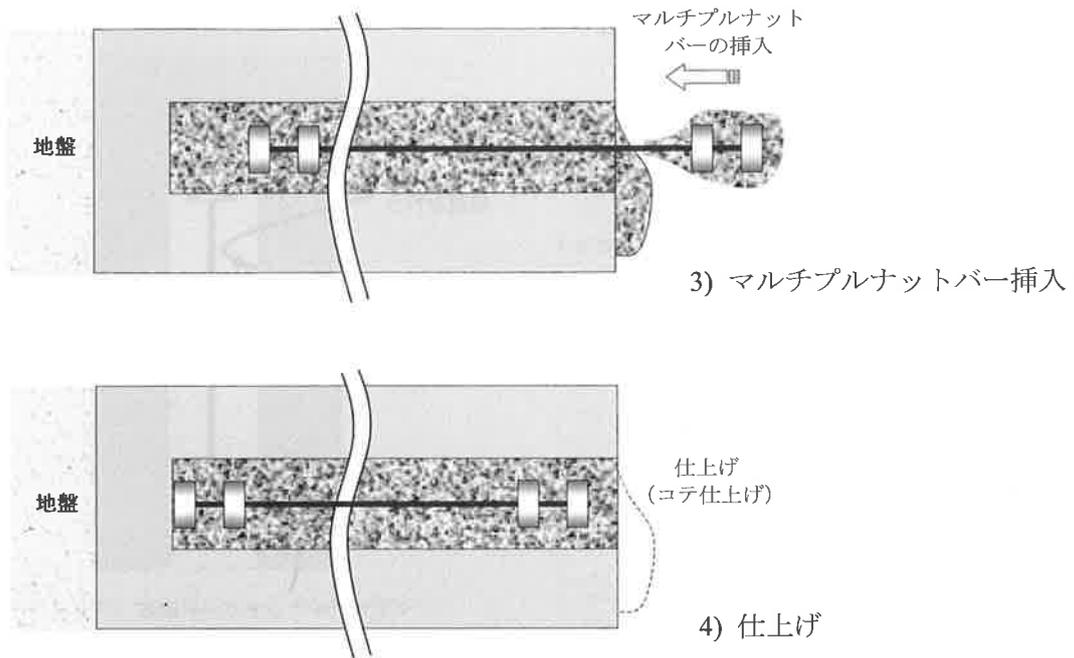
3) マルチプル
ナットバー挿入
→コテ仕上げ



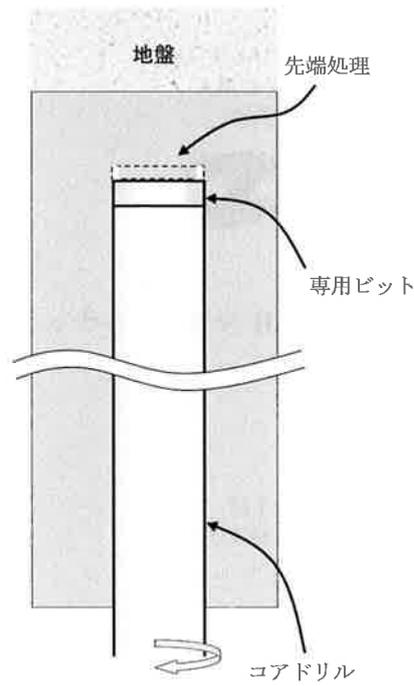
解説図-3.1 下向きの施工手順



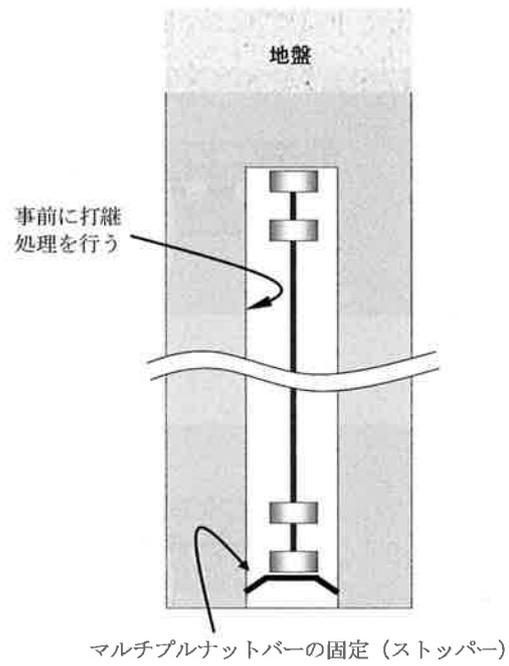
解説図-3.2 横向きの施工手順 (その1)



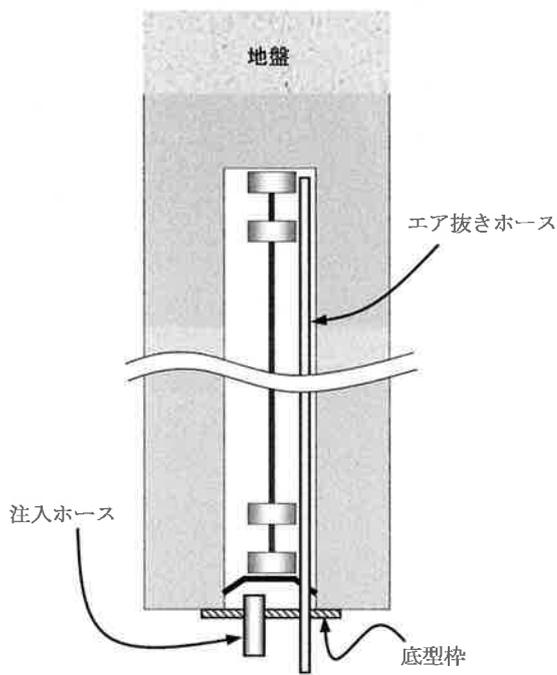
解説図-3.3 横向き of 施工手順 (その 2)



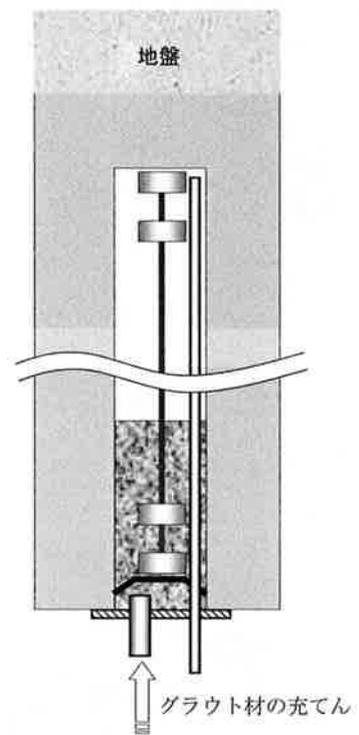
1) 削孔→先端処理



2) マルチプルナットバーのセット

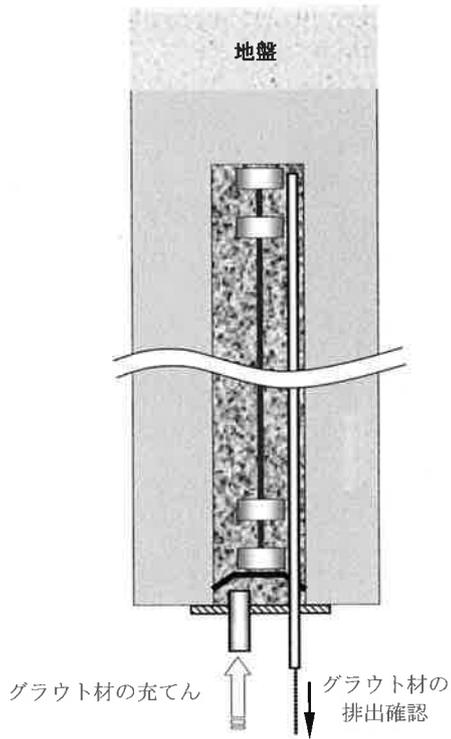


3) エア抜き、注入ホース、底型枠のセット

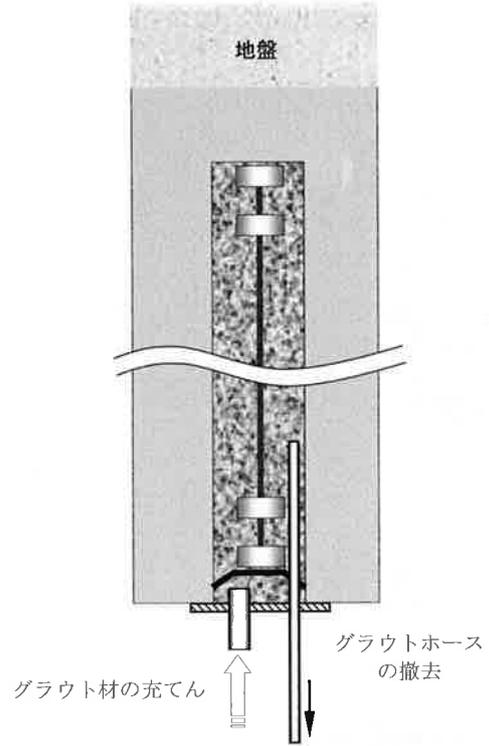


4) グラウト材の充てん
(モルタル塗布なし)

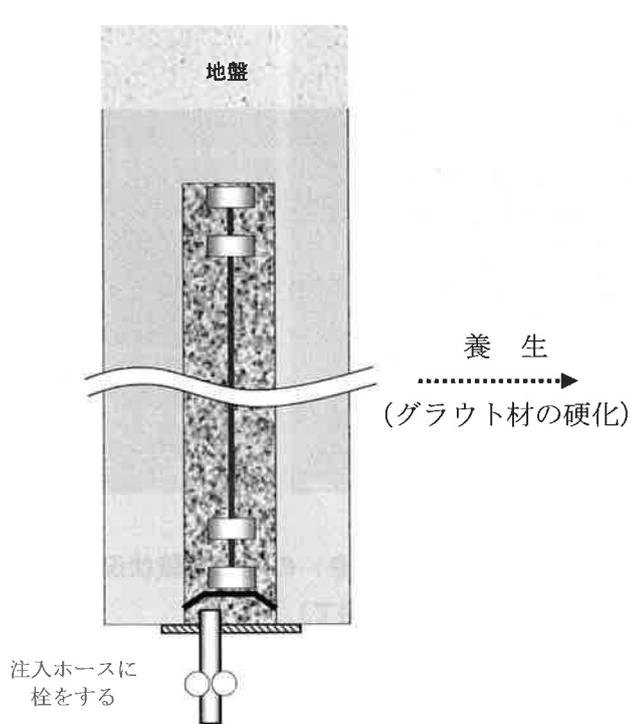
解説図-3.4 マルチプルナットバー（上向き）の施工手順（削孔～充てん）



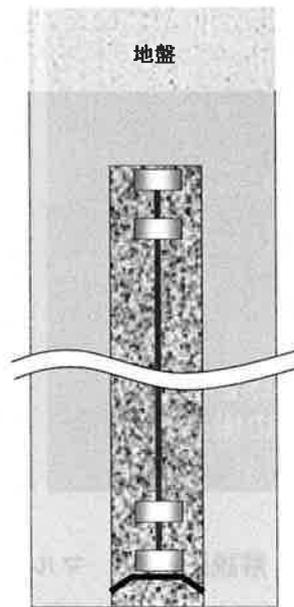
5) グラウト材の充てん完了



6) グラウトホースの撤去

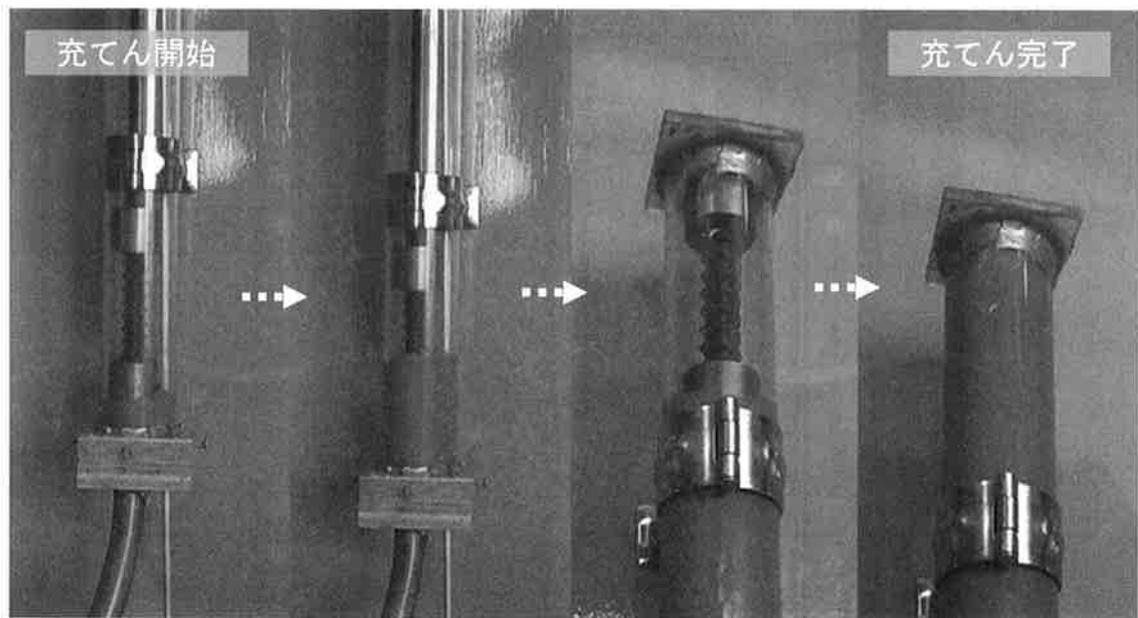


7) グラウト材の注入終了

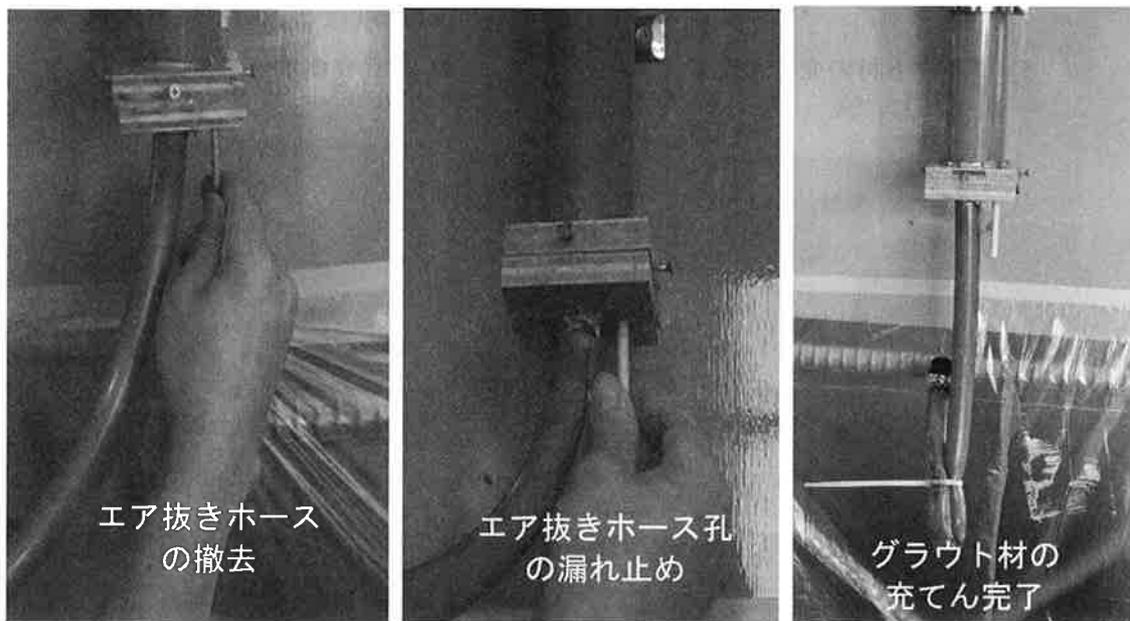


8) 底型枠、注入ホースの撤去

解説図-3.5 マルチプルナットバー（上向き）の施工手順
（充てん完了～底型枠、注入ホース撤去）



ポストグラウトによる充てん状況（左：下端、右：上端）



解説図-3.6 マルチプルナットバー（上向き）の施工実験状況
（充てん開始～グラウト注入完了）

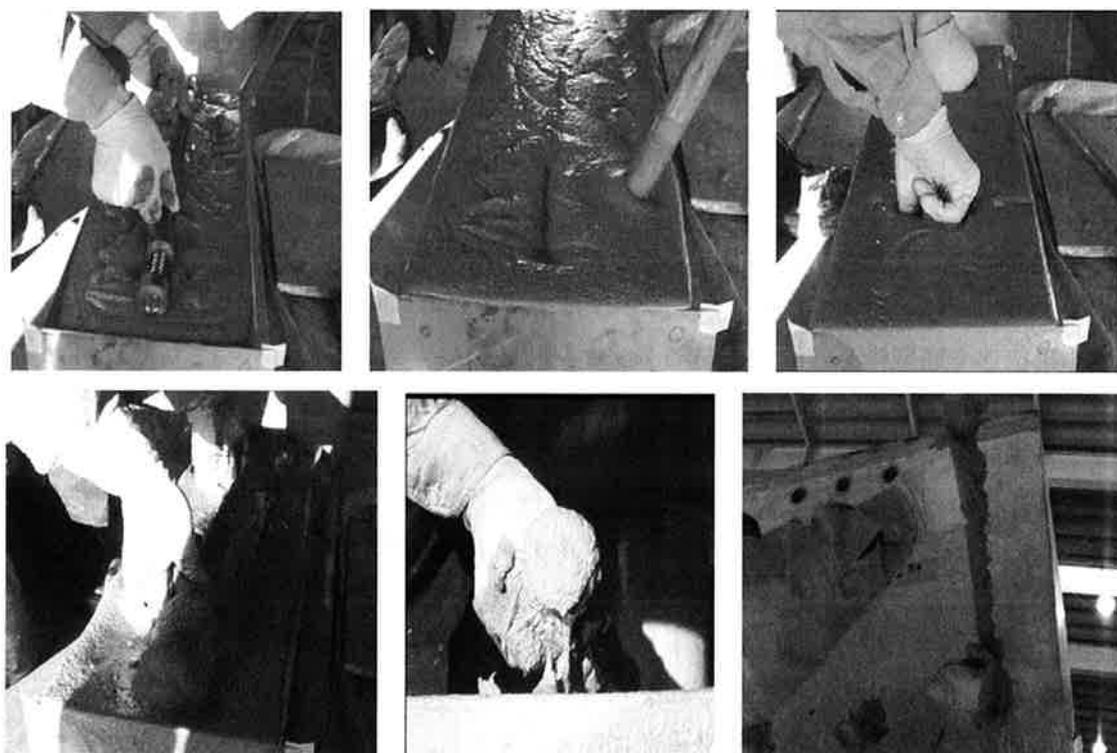
(2) について 使用するグラウト材はプレミックスタイプの無収縮モルタルとし、所定の水を加えてハンドミキサー等で練り混ぜて製造する。下向きおよび上向き施工におけるグラウト材は、削孔内の充てんする性能が要求される。一方、横向き施工におけるグラウト材は、削孔内の充てん、グラウト材の自立、グラウト材の中に連行される空気が丸ナット背

面に溜まらない性能が要求される。したがって、充てん性を損なわない範囲でグラウト材が自立できるほど硬練りであること、かつ、エントラップトエアが少ないグラウト材の製造技術が要求される。これらのことから、グラウト材の製造は、一定の知識を持った技術者か、それと同等な知識を習得した専従の作業員がこれにあたるのが良い。

(3) について 削孔内部はワイヤブラシにより入念に目粗し、洗浄、吸水を行い、打継処理を行う。削孔内部にプライマーなどのポリマー系下地材を使用すると補強効果が低下するため、プライマーの使用を禁止する。

(4) について ホースを先端まで挿入しても、注入に同調して人為的にホースを引き抜くと、空気などが入る恐れがある。そこで、ホース先端を削孔径より少し小さい程度にすると、グラウト材の圧力でホースが自然に押し出されて空気などが入らない。したがって、本工法におけるグラウト材の充てんは、後者の方法を用いることを原則とする。

(5) について 横向き施工では硬練りのグラウト材を使用するため、マルチプルナットバー挿入時に空気を巻き込み、丸ナット背面に溜まる可能性がある、したがって、これを防止するため、挿入前にマルチプルナットバーをグラウト材に満たされたモルタル貯留槽に沈めて、バイブレータ等を用いて入念に丸ナットへグラウト材を塗布する必要がある。バイブレータを使用する理由は、挿入前のモルタル塗布の段階で定着部に生じたエントラップトエアを追い出し、支圧面に空隙を生じさせないためである（解説写真－3.5 参照）。



解説写真－3.5 丸ナットへのモルタル塗布

(6) について 横向き施工で使用する硬練りのグラウト材は、エントラップトエアが入りやすい。このエアはマルチプルナットバー先端側の丸ナット背面に溜まる可能性がある。そこで、バイブレータ等でグラウト材を十分脱気するのが良い。脱気後の空気量の目安は1~2%程度と考えてよい。施工を行う前に1バッチの量、およびグラウト材の脱気に使用するバイブレータの仕様を決めて、それらを用いた場合に所定の空気量に要する時間を事前に把握し、施工時にはその脱気時間を厳守する。なお、脱気を行わないで空気量が2%以下の場合でも30秒程度の脱気を行う事を原則とする。また、削孔深さが長いほど先端の丸ナットに空気が集まるため、削孔長さが1m以上の場合は、試験施工により適切な空気量を確認した方がよい。

(7) について 横向き施工の場合、グラウトホースが曲がっているとグラウト材が隙間を通り、ホースが押し出されなくなる場合がある。そのため、ホース先端が直線となるように金物などを取り付ける必要がある。



解説写真-3.6 ホース先端治具の例

(8) について 下向き施工の場合のようにJ₁₄ロート値で6~10秒程度のやわらかいグラウト材を使用する場合、定着部への空気の巻き込みはほとんどないものの、施工手間の増加も軽微なので、念のため定着部へのモルタル塗布を行うこととした。

(9) について 上向き施工の場合、マルチプルナットバーへ事前にグラウト材を塗布すると、エア抜きや底型枠を設置する間にグラウト材がマルチプルナットバーから流れ出し、接着していない状態で硬化する恐れがある。したがって、上向き施工の場合はJ₁₄ロート値で5秒程度のやわらかいグラウト材を使用することもあり、丸ナット部にグラウト材が回りにくくなるとは考えにくい。また実験でも十分グラウト材が回り込むことを確認している。したがって、上向き施工ではマルチプルナットバー挿入前の定着部へのモルタル塗布は行わないこととした。

(11) について エア抜きからグラウト材が排出された時点では、削孔内部にグラウト材が充てんされた証拠といえるので、これをもって充てん完了とした。しかし、エア抜きホースを撤去する時点でグラウト材の供給を止めてしまうと、エア抜きホースの体積と等しいグラウト材が削孔内部から減ることになる。したがって、エア抜きホースを撤去する際にはグラウト材を供給しつつ行う必要がある。

(2) チェック項目

解説表-3.2 に示すチェック項目を参照して施工を行うものとする。

解説表-3.2 施工前のチェック項目

	下向き	横向き	上向き	チェック項目
■配合	○	○	○	プレミックスタイプのグラウト材は所定のものか。
	○	○	○	グラウト材に添加する水の量は適切か。
	○	○	○	所定の流動性が得られているか。
		○		所定の可使時間が得られるよう専用の凝結遅延剤*で調整したか。
		○	グラウト材の脱気は、事前に決めた所定の時間行ったか。	
■グラウト	○	○	○	削孔径、削孔深さは所定の寸法か。
	○	○	○	削孔内部は打継処理が適切に行われているか。
	○	○	○	グラウトポンプ内、ホース内に水等が入っていないか。
		○		ホース先端に治具を取り付けたか。
		○		ホース先端が削孔先端に当たっているか。
		○		ホースを引っ張っていないか(ポンプ圧で押し出されているか)。
	○	○		削孔内部に充てんできたか。
			○	エア抜きホース、注入ホースの内径は十分か。
			○	エア抜きホースを後で抜けるか。
			○	エア抜きホース内はつまっていないか。
			○	エア抜きホース、注入ホース内に水等が入っていないか。
			○	底型枠からグラウト材が漏れる恐れはないか。
			○	エア抜きホース撤去前に、グラウト材排出を確認したか。
			○	エア抜きホース撤去中に、ポンプ圧を保持したか。
			○	エア抜きホース撤去後、漏れ出したグラウト材を指でとめたか。
			○	上記の後、ポンプを止めたか。
			○	エア抜きホース撤去後、栓をしたか。
			○	上記の後、注入ホースを閉じたか。
			○	閉じた注入ホース、栓をしたエア抜き部から漏れはないか。
	○	○	○	グラウト材の可使時間を守ったか。
■挿入	○	○	○	所定のマルチプルナットバーか。
	○			マルチプルナットバー一定着部へグラウト材を塗布したか。
		○		マルチプルナットバーにグラウト材をどぶ付けしたか。
		○		どぶ付けの際、バイブレータを使用したか。
		○		使用したグラウト材は脱気したものか(空気量の少ないものか)。
			○	削孔内部に固定できたか。
■仕上げ			○	エア抜きホースは削孔先端に達しているか。
	○	○		グラウト材が固まる前にコテ仕上げを行ったか。
		○	グラウト材が硬化した後に底型枠を撤去したか。	

*: TSG-M専用の凝結遅延剤を使用すること。

3. 5 品質管理

マルチプルナットバー工法を施工する上での品質管理については、発注者と協議の上で決定する。

【解説】品質管理については、発注者と協議の上で、内容、頻度を決定するものとする。一般に適用される品質管理は、材料納入時、施工時、施工後のそれぞれにおいて以下の通りである。

(1) 材料納入時における品質管理

・ PC 鋼棒

解説表-3.3 PC 鋼棒の品質管理基準

管理項目	管理内容	規格値	管理頻度
直径	ノギスによる計測	設計値 -0.2mm~0mm	1ロット毎に1本
0.2%耐力	強度試験	1080N/mm ² 以上	1ロット毎に1本
引張強度	強度試験	1230N/mm ² 以上	1ロット毎に1本
長さ	メジャー等による計測	設計値 0mm~+5mm	全数
ネジ部長さ	メジャー等による計測	設計値 0mm~+5mm	全数

・ 丸ナット

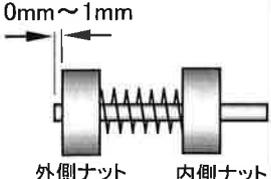
解説表-3.4 丸ナットの品質管理基準

管理項目	管理内容	規格値	管理頻度
ナット外径	ノギスによる計測	設計値±1.0mm以内	2000個ごとに10個
ナット厚さ	ノギスによる計測	設計値±1.0mm以内	2000個ごとに10個
ナットネジ節部の強度	ネジ節強度試験	SBPR 1080/1230の 0.2%耐力以上	2000個ごとに1回 (3本/回)

(2) 施工時における品質管理

・ 定着体

解説表-3.5 定着体の品質管理基準

管理項目	管理内容	規格値	管理頻度
外側ナットの 勘合状況	目視等による 外側ナットからの PC鋼棒突出量	0mm~1mm 	全数
ナット間 の距離	ノギスやメジャー等 による計測	設計値±5mm以内	全数
丸ナットの 回転防止 [※]	人力により ナットを回転	回転しないこと	全数 (丸ナットを接着した場合)

※：完成品が納入される場合、施工時における定着体の品質管理を省略してもよい。

・ 削孔

解説表-3.6 削孔の品質管理基準

管理項目	管理内容	規格値	管理頻度
削孔深さ	スケールによる計測	設計値 0mm~10mm	全数
削孔径	モルタルホースや マルチプルナットバー による計測	モルタルホースならびに マルチプルナットバーが 挿入できること	コアビット径 ごとに1回
削孔位置	メジャーによる計測	所定の位置と削孔位置との 芯芯距離が20mm以内	全数

・グラウト材

解説表-3.7 グラウト材の品質管理基準

管理項目	施工方向	管理内容	規格値	管理頻度
流動性	下向き	J ₁₄ ロート値	8±2秒	作業開始前の1バッチ
	横向き	簡易フロー試験	フロー値 70±10mm	作業開始前の1バッチ
	上向き	J ₁₄ ロート値	5±2秒	作業開始前の1バッチ
圧縮強度	下向き	圧縮強度試験	60N/mm ² 以上 (標準養生、材齢28日)	500本ごとに3本
	横向き	圧縮強度試験	55N/mm ² 以上 (標準養生、材齢28日)	500本ごとに3本
	上向き	圧縮強度試験	50N/mm ² 以上 (標準養生、材齢28日)	500本ごとに3本

(3) 施工後における品質管理

・施工本数と位置

解説表-3.8 施工本数と施工位置の品質管理基準

管理項目	管理内容	規格値	管理頻度
施工本数	目視	設計どおりであること	随時
施工位置	しゅん工図の作成	—	完成時