

◇技術紹介 Technical Report

# アラミド繊維補強材を用いた 「ハイスpekネイリング工法<sup>®</sup>」 New High-Standard Soil Nailing Method with Aramid Fiber Cable

稲川 雄宣 Yusen Inagawa  
山本 彰 Akira Yamamoto

## 1. はじめに

「ハイスpekネイリング工法」は芯材(鉄筋など)に袋体を装着し、その袋体にグラウト材を加圧注入することにより引抜き抵抗力の増加を図る工法である<sup>1)</sup>。都市部の建設工事では土地の有効活用を図るため、施工スペースや背面用地の狭い場所での施工するケースが多い。特に線路や仮設道路下を土留め掘削する場合は、低空頭での作業となり、比較的小規模な機械で施工可能な「ハイスpekネイリング工法」による支保工が有効と考えられる。

一方、都市部の土留め掘削では、ネイリングの残置が将来の開発事業等で支障となる可能性がある。そこで、芯材として引張強度が大きく、オーガー掘削等で容易に切削でき、芯材巻き込みや機械掘削に支障を生じることのないアラミド繊維補強材(HSN-AR)(以下、補強材という)を用いたハイスpekネイリングを開発したので、その材料特性や定着具について紹介する。

## 2. アラミド繊維補強材の特性

ハイスpekネイリング工法に使用するアラミド繊維は、パラ配合したベンゼン環をアミド結合でつなぐ方法で成形加工した有機繊維の全芳香族ポリアミド繊維である。結合材は、熱硬化性のエポキシ樹脂であり、分子中にエポキシ基をもつ化合物で他の化合物を作用させることで硬化する材料である。Table 1 に構成材料の特性を示す。

HSN-AR は、組ひも状の表面形状を備え、可撓性のある ARC タイプと可撓性のない棒状の ARB タイプ(いずれ表面砂付きが標準)の2種類がある(Photo 1)。ARC の標準仕様を Table 2 に示す。

芯材としての耐久性については Table 3 に示す試験を行っており、芯材としての耐力を確認している。Fig. 1 に、HSN-AR の附着応力度を示す。附着応力はコンクリートブロックに埋め込んだ HSN-AR の引抜き試験を行い確認した。その結果、すべり量(引抜き変位)の小さい範囲においては、砂砂を附着させていないタイプ(ARB9)の附着力は異形棒鋼より小さいが、砂砂を附着したタイプ(ARB9S)のそれは異形棒鋼を上回る。また、ピーク値では異形棒鋼の約75%程度であるが、すべり量が大きくなると再び異形棒鋼の附着応力を上回ることが確認できた。

Table 1 HSN-ARの構成材料の特性  
Characteristic of Composition Material

特性 材料	引張強さ N/mm <sup>2</sup>	弾性係数 kN/mm <sup>2</sup>	破断時の 伸び%	備考
アラミド繊維	2842	108.8	2.4	ケブラー49
エポキシ樹脂	78.4	142	5.5	



表面形状 断面形状  
Photo 1 HSN-AR (HSN用アラミド繊維補強材  
HSN Aramid Fiber Cable)

Table 2 HSN-ARの標準仕様  
Standard Issue of HSN Aramid Fiber Cable

呼び	公称径 d (mm)	断面積 As (mm <sup>2</sup> )	保証荷重 fu (kN)	弾性係数 E (kN/mm <sup>2</sup> )	破断伸び f (%)
ARC9	9.3	67.9	85	68.6	2
ARC11	11	95	112		
ARC13	13.7	147	172		
ARC15	15.7	193	225		
ARC18	17.8	249	270		
ARC20	19.5	298	324		

Table 3 HSN-ARの性能試験一覧  
Adhesion Power Examination

HSN-AR 性能試験	附着応力確認試験(引抜き試験) クリープ破壊試験 引張疲労試験 耐熱性試験 耐寒性試験 耐アルカリ性試験 耐薬品性試験
-------------	-------------------------------------------------------------------------------

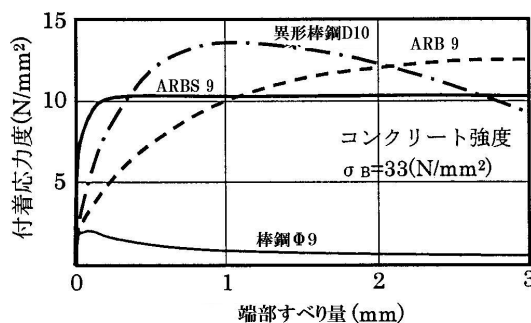


Fig. 1 HSN-ARの附着応力度  
Adhesion Power Examination

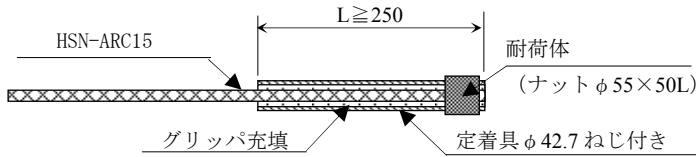


Fig. 2 HSN-ARの標準定着構造  
Standard Established Structure



Photo 2 定着強度確認試験状況  
Anchorage Strength Confirmation Examination

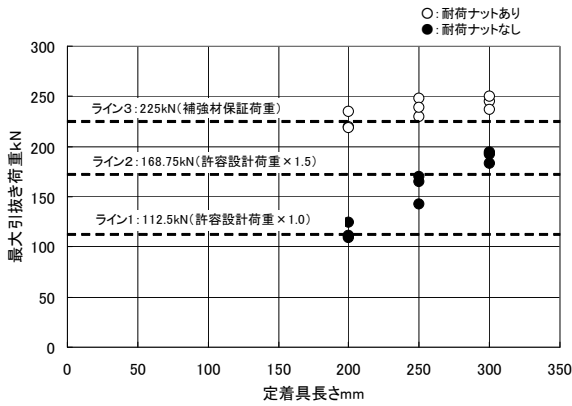


Fig. 3 定着部引抜き試験  
Anchorage Zone Pull out Test



Photo 3 適用現場の施工状況  
Construction Case

以上より、HSN-AR 材の付着応力度は、異形棒鋼や異形P C鋼棒の許容付着応力度の 75%を適用することで十分な安全率が得られることを確認している。

### 3. 定着部の構造

#### 3.1 標準定着構造

コンクリート擁壁躯体や支圧板(現場打ちコンクリートブロックあるいはプレキャスト部材)に補強材端部を定着するための構造をFig. 2に示す。定着具は外周にネジ部を転造加工した管材を用い、設計荷重、擁壁や支圧反力板の厚さに応じて、長さや耐荷体(ナット)の有無を選定できる。

#### 3.2 定着強度確認試験

前項の標準定着方法にしたがって ARC15(Table 2)に加工した定着具(長さ L=200,250,300mm)を耐荷ナット有り・無しの各条件でコンクリート躯体に定着し、引抜き試験を実施した。試験状況を Photo 2 に示す。

Fig. 3は引抜き試験結果を示しており、耐荷ナット(Fig. 2)がない場合は、全ての試験体で定着具とコンクリートの界面で引抜ける結果となった。最大荷重は、L=200mmではほぼ補強材許容設計荷重相当、L=300mmで許容設計荷重の150%以上であった。耐荷ナット付きの場合は、L=250,300mmでは全て補強材が破断したが、L=200mmでは補強材破断と定着具からの補強材拔出し及びコンクリート破壊が混在する結果となった。以上より、ARC15を使用する場合、定着具長 250mm で耐荷ナット付きとすることで、補強材の保証荷重(許容設計荷重に対する安

全率 2.0)を満足する定着力が確保できる。

### 4. 現場への適用例

本工法の東京外かく環状道路矢切函渠工事での施工状況をPhoto 3に示す。

当現場では近隣住民の交通道路を確保するため土留め内に覆工板による仮設道路設置されており、その桁受け下での1段目支保工設置が低空頭であるため、ハイスpekネイリング工法を適用した。また、補強材が地表面から3m以内に入るため、アラミド繊維補強材を採用することとなった。

### 5. まとめ

地中に残置しても支障が少ないハイスpekネイリング(HSN-AR)に用いるアラミド繊維補強材の耐力、および永久使用可能な補強材定着具の考案と定着性能の確認試験結果について紹介した。

今後、アラミド繊維補強材を用いることにより、再開発が見込まれる都市部での土留め反力へのハイスpekネイリングの活用が期待できる。

#### 参考文献

- 1) 山本 彰, 稲川 雄宣, 鳥井原 誠:「ハイスpekネイリング工法を用いた土留め工の開発」, 大林組技術研究所報, No.71, (2007)