

# 高耐力マイクロパイル工法

稲富 芳寿<sup>1</sup>

<sup>1</sup>極東興和株式会社 事業本部 (〒114-0023 東京都北区滝野川7-2-13)



我が国は、世界でも有数の地震国であり、世界全体で発生した地震（1994年～2003年に発生したマグニチュード6.0以上の地震）の2割は日本周辺で発生している<sup>1)</sup>。兵庫県南部地震以後も全国各地で被害地震が発生しており、頻発する中規模地震や今後発生が予想される大規模地震に対する備えとして、既設構造物の耐震補強対策が急務となっている。本報では、既設基礎の耐震補強技術として開発された「高耐力マイクロパイル工法」について、概要および最近の施工事例を紹介する。

キーワード 高耐力マイクロパイル, 耐震補強, 既設基礎, 桁下作業, 狭隘地作業

## 1. はじめに

兵庫県南部地震では、道路橋やライフライン施設（電気、ガス、水道）等の重要構造物が甚大な被害を受けた。さらに、同地震以後も全国各地で震度6以上の被害地震が発生しており（表-1.1）、今後発生が予想される東海地震や東南海・南海地震に対する備えとして、既設構造物の耐震補強対策が急務となっている。

既設道路橋の橋脚・橋台を補強する場合、桁下空間で上空に制限を受ける作業や隣接構造物や現道交通に近接した狭隘条件での作業が必須である。特に既設基礎を補強する場合、フーチング周囲の掘削を伴うため周辺に及ぼす影響がさらに大きくなる。

このような厳しい施工条件下でも現場条件の制約を受けることなく、経済的に既設基礎を補強する技術のひとつとして「高耐力マイクロパイル工法」が開発された<sup>3)</sup>。

本報では、既設基礎の補強に有効な杭基礎工法である「高耐力マイクロパイル工法」について、概要および最近の施工事例を紹介する。

## 2. 高耐力マイクロパイル工法の概要

### (1) 工法概要

高耐力マイクロパイル工法は、グラウンドアンカー工法で用いられている削孔技術やグラウトの加圧注入技術を活用した小口径鋼管杭工法であり、補強材として高強度の肉厚鋼管と異形棒鋼を組み合わせることにより、高耐力・高支持力の杭の築造が可能である。

高耐力マイクロパイルは、図-2.1に示すように杭頭結

表-1.1 兵庫県南部地震以後の主な被害地震<sup>2)</sup>

年度	地震名	震度
2000年	鳥取県西部地震	6強
2001年	芸予地震	6弱
2003年	十勝沖地震	6弱
2004年	新潟県中越地震	7
2007年	能登半島地震	6強
2007年	新潟県中越沖地震	6強
2008年	岩手・宮城内陸地震	6強
2009年	駿河湾の地震	6弱

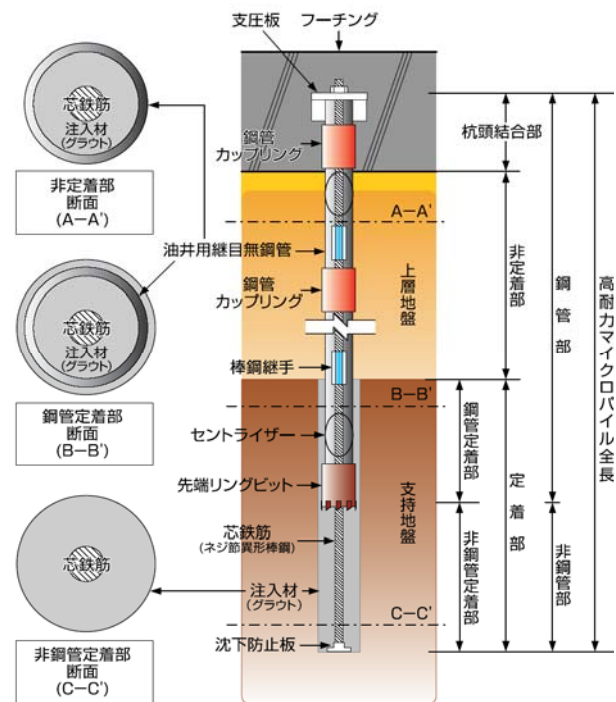


図-2.1 高耐力マイクロパイル構造図

合部、非定着部、定着部で構成されており、フーチングなどの上部構造から伝達された荷重を、高強度鋼管および芯鉄筋により定着部に伝達し、良質な支持層内に築造された加圧グラウト体を介して支持地盤に定着することにより確実に支持するものである。

## (2) 主要材料

高耐力マイクロパイルを構成する材料は、写真-2.1、写真-2.2に示すような高強度鋼管（油井用継目無鋼管）、芯鉄筋およびグラウト（セメントミルク）である。表-2.1にグラウトの配合例を示す。

## (3) 施工方法

高耐力マイクロパイル工法は、質量 3t～10t 程度の小型機械を使用し、短尺（標準長 1.5m）の鋼管を専用継手で順じ継ぎ足しながら地盤を削孔し、杭を造成するものである。標準的な施工手順を図-2.2に示すとともに、以下に施工の流れを概説する。

- ① ボーリングマシンで高強度鋼管をケーシングとして用いて所定の深さまで削孔する。
- ② 削孔完了後、通常は芯鉄筋に添えて挿入した注入ホースを用いてグラウトの一次注入を行う。
- ③ 定着部の鋼管を引抜くごとに、鋼管頭部に圧力キャップを取り付けて加圧注入（加圧力 0.5～1.0MPa 程度）を行う。これを繰り返して定着部全体を加圧注入する。
- ④ 鋼管を再度定着部に挿入して必要長埋め込む。
- ⑤ 養生後、支圧板取付けによる杭頭部の処理を行なう。

## (4) 特長

高耐力マイクロパイル工法は、杭を構成する部材、支持機構および施工性より以下に示す特長を有している。

### 1) 設計面の特長

- ① 小口径であるが大きな支持力を得ることができる。
- ② 押込みおよび引抜きに有効に抵抗できる。
- ③ 杭径が小さいので、フーチング寸法を小さくすることができる。

### 2) 施工面の特長

- ① ボーリングマシンによる削孔であり、騒音や振動が少ない。
- ② 杭径が 300mm 以下（φ177.8mm, φ219.1mm）と小さいため、地中障害物や既設構造物による制約が少ない。
- ③ 施工機械が小さいため、空頭制限のある場所や狭隘な場所での施工が可能である。
- ④ 材料および施工機械が小さく運搬が容易であり、山岳地での施工にも適している。
- ⑤ 軟弱地盤から砂礫地盤、岩盤まであらゆる地盤での施工が可能である。



写真-2.1 高強度鋼管および継手



写真-2.2 芯鉄筋および継手

表-2.1 グラウトの配合例

呼び強度	単位量 (kg/m <sup>3</sup> )		
	水	セメント	高性能減水剤* (%)
30	605	1,210	セメント重量 ×1.5%程度

※主成分：メラミンスルホン酸系化合物

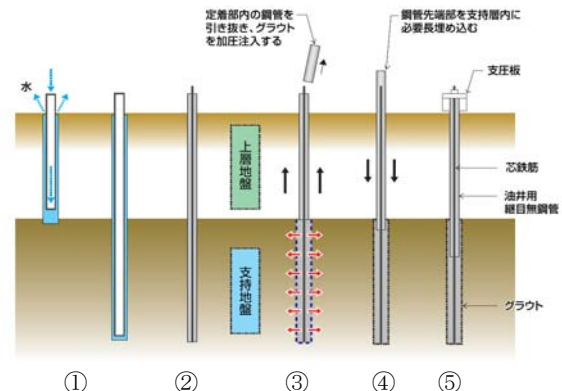


図-2.2 高耐力マイクロパイル工法の標準的な施工手順

### 3. 施工実績統計

高耐力マイクロパイル工法は、1999年に建設省(当時)の試験フィールド事業として国道9号差海橋耐震補強工事(島根県)に採用されて以来、既設橋脚基礎補強を中心にさまざまな構造物、用途に活用されている。

平成21年3月31日時点における実績は、131件(延べ杭長41,383m)であり、道路橋、鉄塔基礎(電力、通信)、水道施設(配水池、配水タンク、水管橋)などの既設基礎補強に加えて、道路橋、歩道橋、その他道路施設(擁壁、ボックスカルバート、ロックシェッド、スノーシェルター)、鉄道施設(トンネル緩衝工、エレベータ)などの新設構造物基礎への適用も増加している。

これまでの施工実績の推移ならびに地区別、適用構造物別、用途別(補強or新設)の集計結果を図-3.1、図-3.2にそれぞれ示す。

図-3.1 a)は、施工件数の推移を示しており、直近3年間は約20件で推移している。また、図-3.1 b)に示す施工延長については、直近3年間は約6,000mで推移している。

図-3.2 a)は、全131件の施工実績を地区別に集計した結

果であり、関東、中国地方が約20%と多く、北陸、四国地方が約3%と若干少ないものの、地域の区分無く全国的に活用されていることがわかる。

次に、図-3.2 b)に示す適用構造物別の集計結果に着目すると、道路橋(42%)を含めた道路構造物への適用が71%と大きな割合を占めているが、斜面对策等の防災関連施設、電力・通信や水道などのライフライン関連施設に加えて、近接施工等の対応が必須となる鉄道関連施設への適用も増えている。

これらの実績を補強・新設別に区分すると、図-3.2 c)に示すように、補強への適用が61%、新設への適用が39%となっており、新設構造物への適用事例も増加している。このことから、施工制約条件の厳しい既設基礎補強工事のみならず、新設構造物の建設工事においても、構造物の立地条件や周辺条件から厳しい制約を受ける現場が増加していることがうかがえる。

このように、高耐力マイクロパイル工法は、コンパクトな施工が可能であるという特長を活かしてさまざまな構造物に適用されている。次項に最近の施工事例を数例紹介する。

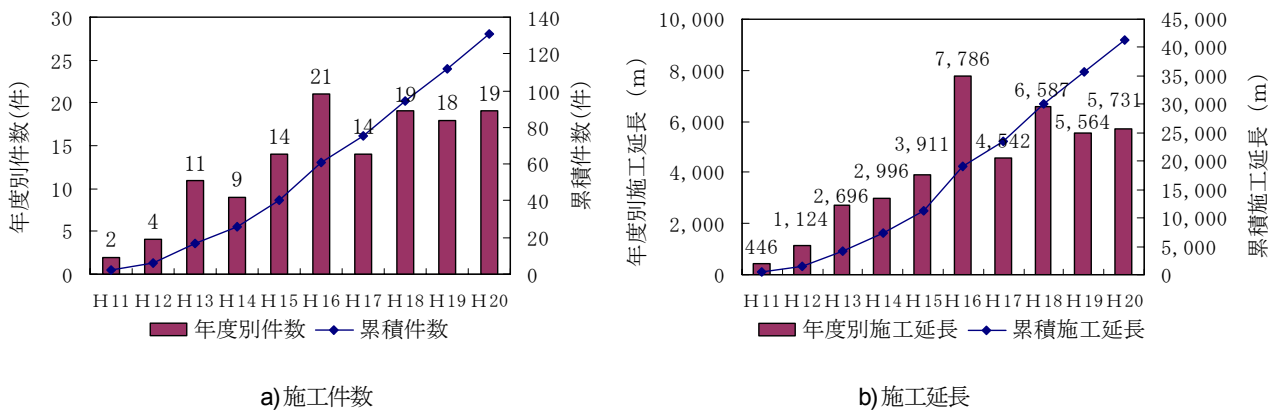


図-3.1 施工実績の推移

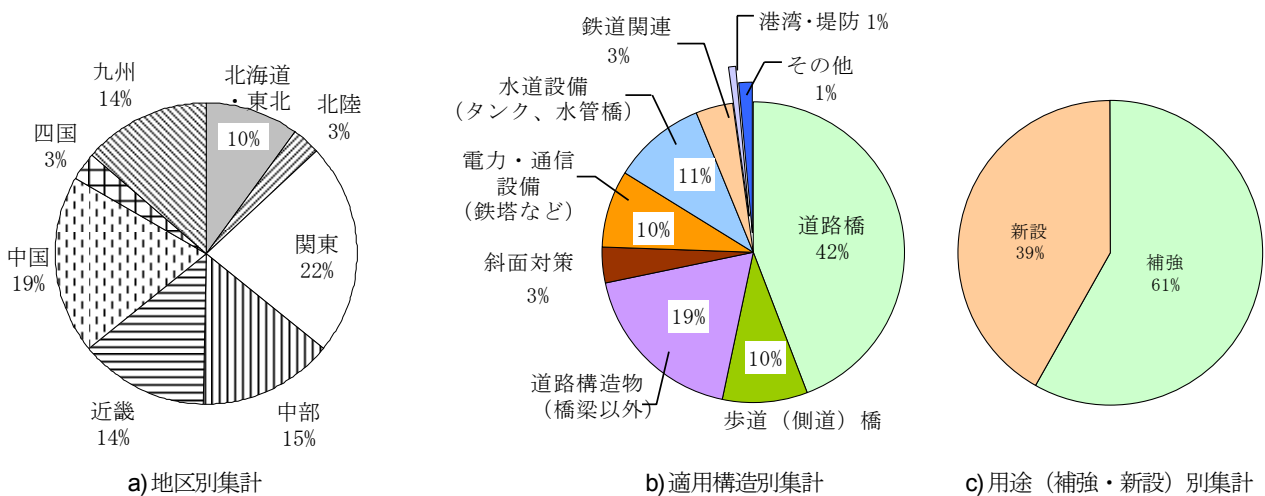


図-3.2 実績区分集計結果

## 4. 施工事例

### 4.1 橋脚基礎耐震補強（その1）

#### 1) 工事概要

工事概要：橋脚基礎の耐震補強

工事名称：国道2号臥竜橋耐震補強外工事

工事場所：広島県

発注者：国土交通省 中国地方整備局

施工規模：杭径φ219.1mm, 総杭長L=360m

#### 2) 施工概要（写真-4.1～写真-4.3）

架橋地点は河口付近であり水深が深いため、橋脚の周囲に鋼矢板による締切を行い、ドライ環境でマイクロパイルを施工した。橋脚の柱と鋼矢板との離隔は、マイクロパイルの施工に用いるボーリングマシンの作業余裕を考慮して3.5mとし、45tクレーンを使用してボーリングマシンを締切内に投入した。

### 4.2 橋脚基礎耐震補強（その2）

#### 1) 工事概要

工事概要：河川浚渫工事に伴う既設橋脚基礎の安定化対策

工事名称：一級河川 太田川水系 広域基幹河川改修工事

工事場所：広島県

発注者：広島県

施工規模：杭径φ177.8mm, 総杭長L=139m

#### 2) 施工状況（写真-4.4～写真-4.6）

河川内橋脚の補強であり、築堤により河川締切を行いマイクロパイルを施工した。対象橋脚2基の中央部に築堤による仮締切を行い、河道を切り替えながら1橋脚ずつ

つ施工した。施工現場である河川は降雨による出水の危険性が高いため、増水の影響外にプラントを設置した。

### 4.3 橋台基礎耐震補強（兼増加荷重対策）

#### 1) 工事概要

工事概要：交差点拡幅工事に伴う既設橋台基礎の耐震補強

工事名称：4-4-5公共 交通安全施設整備工事（橋梁下部工）

工事場所：岡山県

発注者：岡山県

施工規模：杭径φ219.1mm, 総杭長L=142m

#### 2) 施工状況（写真-4.7～写真-4.9）

オープン掘削により既設フーチング上面高さ程度に施工基面を整形し、ボーリングマシンを配置した。本現場の地層は、支持層が硬岩であり中間層に玉石が存在する厳しい地盤条件であったため、特殊ビットで対応した。

### 4.4 水管橋橋脚耐震補強

#### 1) 工事概要

工事概要：水管橋橋脚基礎の耐震補強

工事名称：第2天白水管橋下部工耐震補強（その2）工事

工事場所：愛知県

発注者：愛知県

施工規模：杭径φ177.8mm, 総杭長L=716m

#### 2) 施工状況（写真-4.10～写真-4.12）

河口に位置する橋脚の補強であり、鋼矢板による締切を行いマイクロパイルを施工した。隣接堤防から施工位置までの距離が50m程度と離れていたため、すべての



写真-4.1 施工前現況



写真-4.2 ボーリングマシン吊込状況



写真-4.3 マイクロパイル施工状況



写真-4.4 築堤締切状況



写真-4.5 マイクロパイル施工状況



写真-4.6 プラント設置状況



写真-4.7 施工前現況



写真-4.8 マイクロパイル施工状況



写真-4.9 硬質地盤用ビット



写真-4.10 施工ヤード全景

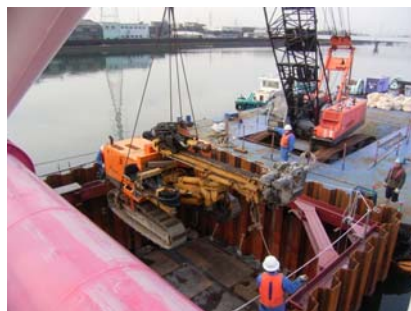


写真-4.11 ボーリングマシン吊込状況



写真-4.12 マイクロパイル施工状況

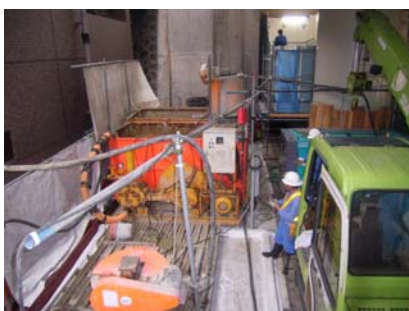


写真-4.13 プラント設置状況



写真-4.14 ボーリングマシン吊込状況



写真-4.15 マイクロパイル施工状況

資・機材を台船により運搬した。また、既設フーチング内に増杭を配置するため、既設フーチングにコア削孔を行い、貫通孔を通してマイクロパイルを打設した。

#### 4.5 新設エレベータ基礎

##### 1) 工事概要

工事概要：駅舎内エレベータ新設工事

工事名称：日暮里・舎人線 日暮里駅（仮称）建築工事（その2）

工事場所：東京都

発注者：東京都

施工規模：杭径φ177.8mm，総杭長L=67m

##### 2) 施工状況（写真-4.13～写真-4.15）

駅舎内に新設されるエレベータの基礎であり、線路や柱に挟まれた狭隘空間での施工であった。機械の搬入は、夜間に施工ヤード上の開口部よりクレーンにて投入した。高耐力マイクロパイル工法は、杭鋼管をケーシングとして施工するため、供用線への近接影響を回避できることから、供用線の直近で施工することができた。

## 5. まとめ

高耐力マイクロパイル工法は、さまざまな制約条件下で良好な施工性を発揮できる杭基礎工法である。本工法は、各地で頻発する地震の災害に備えたライフライン整備、あるいは今後進展する少子高齢化社会に向けたバリアフリー施設整備などを中心としたインフラ整備において、ますます活用の場が広がると考えられる。

今後は、さらに厳しい現場条件や社会ニーズに対応するための施工性の改善や用途開発の推進が必要と考えられる。

### 参考文献

- 1) 内閣府HP 我が国で発生する地震
- 2) 気象庁HP 地震・津波情報より抜粋
- 3) 独立行政法人土木研究所他：共同研究報告書第282号 既設基礎の耐震補強技術の開発に関する共同研究報告書（その3），2002。