

◆特集：土木構造物の耐震補強技術◆

既設パイルベント橋脚の耐震補強事例

福井次郎* 天野 明** 村瀬廣恭***

1. はじめに

パイルベント基礎は、1列の杭を沓座付近まで立ち上げ、杭の頭部を梁で連結したシンプルな構造である。昭和30年～40年代にかけて安価で容易に施工できる工法として、中小規模の橋梁基礎として全国各地に築造された。昭和51年に施行された河川管理施設等構造令で、治水上の支障があることから、原則禁止となり、以降の架設は少なくなったが、それ以前に建設された橋脚が多数存在する。

現段階の調査によれば、パイルベント橋は以下の特徴が挙げられる。

- (1) 橋脚数は、2基以下が全体の約80%を占める。
- (2) 川幅が10～40mの箇所が多い。
- (3) 高水位時期の桁下空間は、0.5m～2.0m程度と狭い物が全体の約80%を占める。
- (4) 橋脚杭径はφ400mm～700mmのものが多い。

パイルベント橋脚は、橋軸方向の剛性は杭のみに依存しているため、想定を超えた地震時には変位が大きくなり、落橋に至る可能性が高いと指摘されている。また、平成7年の兵庫県南部地震（阪神淡路大震災）以降の道路橋示方書改訂（平成8年12月）にともない、地震時保有水平耐力法による照査が義務づけられ耐震性が問題となっている。

現在、パイルベント橋脚の耐震補強方法としては増杭フーチング方式などによる補強例があるものの、それらは景観を損ねるうえ、大規模な仮締切や桁下施工を考慮すると必ずしも経済的、施工性の良い補強方法とは言えない。

そこで、この状況に対処すべく独立行政法人土木研究所が実施した官民共同研究「既設基礎の耐震補強技術の開発」において、研究・開発したのが、『Kui Taishin-SSP（SSPの正式名称を示す）工法』（以下SSP工法）である。

本稿では、SSP工法の概要と設計手法、神奈川県内の跨道橋での施工事例について述べる。

2. SSP工法の概要

SSP工法は図-1に示すように、まず既設杭の周囲に設置した半円状の補強鋼板を溶接して円管状にし、圧入装置のジャッキにより鋼板を押し下げる。この作業を繰り返して所定の位置まで圧入し、既設杭と補強鋼板の間の土砂を除去、洗浄す

る。その後、既設杭と補強鋼板の間に無収縮モルタルを充填して既設杭と補強鋼板を一体化させる。これによって、パイルベント基礎杭の耐震性向上を図る工法である。

2.1 本工法の特徴

本工法における特徴を下記に示す。

- (1) 大規模な仮締切が不要で経済性に優れる。
- (2) 狭い梁下空間での施工性に優れる。
- (3) 河積阻害率を大きく変えない。
- (4) 既設橋を供用しながら補強工事を実施できる。
- (5) 低騒音・低振動で周辺環境にやさしい。
- (6) 景観を大きく変えない。

2.2 本工法の適用範囲

- (1) 既設杭径：φ300～1,500mm
- (2) 既設杭種：鋼管杭、PC杭、RC杭、PHC杭
- (3) 梁下空間：2.5～3.0m（ただし、梁下空間を確保できない場合は、施工基面を掘り下げ、簡易仮締切等により対応する。）
- (4) 土質条件：砂質土、シルト、粘性土、有機質土、礫質土（※最大礫径がクリアランス以下の場合）

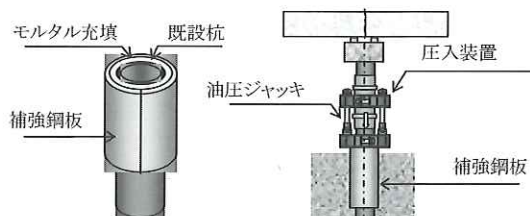


図-1 SSP工法概要図

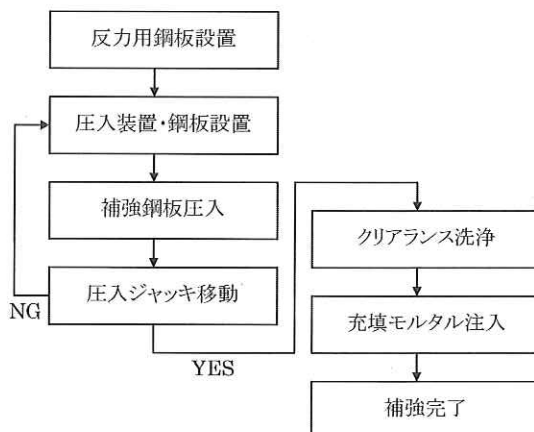


図-2 施工フロー図

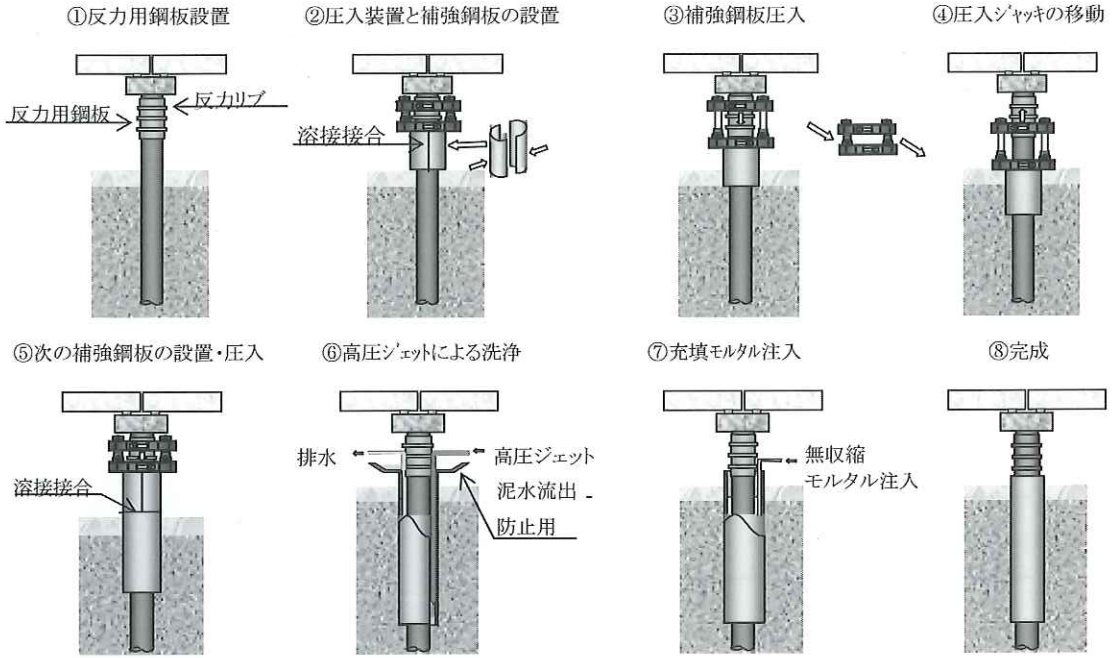


図-3 施工順序図

2.3 施工手順

本工法の施工手順を図-2、図-3に示す。

3. SSP工法の設計方法

パイルベント橋脚は、複数本の杭を1列に打ち込み、杭頭を枕梁で連結する事により1体化し、上部構造からの荷重を杭のみで支持する構造形式である。このような構造形式の場合は、通常の杭基礎のように橋脚部と基礎部を明確に区分できず、レベル2地震時に対する照査において、塑性ヒンジの発生位置を特定できない。

そこで、おおむね地盤面より上方の位置に補強開始点を設け、その位置で杭体に耐力差を生じさせることにより、塑性ヒンジ位置を地上に限定することができる。設計上補強開始位置を境に上側を橋脚部、下側を基礎部と考え、必要な範囲まで補強する。SSP工法を適用した場合のパイルベント橋脚における橋軸方向の耐震設計フローを図-4に、発生モーメントと橋脚部および基礎部の抵抗モーメントの関係を図-5に示す。

4. SSP工法施工事例

4.1 工事概要

国道246号線は神奈川県を東名高速道路と平行して横断する主要幹線道路で、道路周辺には住宅が多く建ち並び、交通量(車両: 15,000台/日、歩行者: 700人/日)が多い。その主要幹線道路の渋滞解消のため、昭和38年に国道を横断する形で築造されたのが田中跨道橋である(写真-1)。

本跨道橋は、全延長が24.66mのPC単純T桁橋

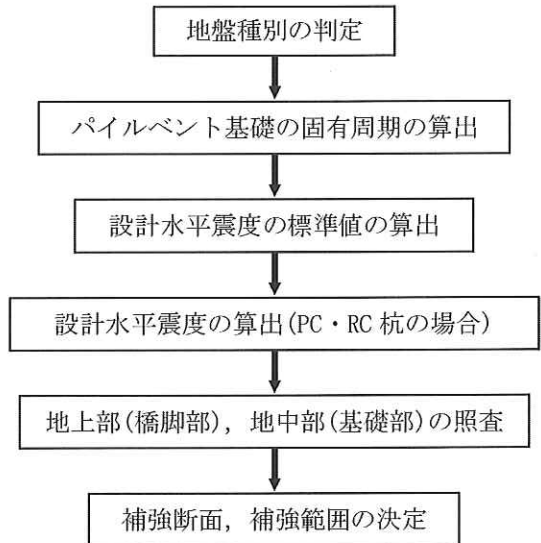


図-4 SSP工法耐震設計フロー

で、基礎形状はPC杭(φ600mm、L=9.00m)構造である。図-6に補強一般図を示す。

本跨道橋の橋脚(写真-1、円内)はパイルベント橋脚で、耐震性に問題があったため補強することとなった。この跨道橋のように主要幹線道路の歩道部に隣接した橋脚を補強するにあたり、在来工法では現道を交通規制によって遮断して施工する方法がとられてきた。しかし、本工事において交通規制による周辺道路への影響を考慮した場合、

現道を遮断することができず、狹隘な場所での施工を余儀なくされた。

また、発注者である国土交通省は公共事業全般における新技術の積極的な活用を促進させるため、平成13年度から新技術情報提供システム (NETIS) をインターネットにより公開しているが、SSP工法は平成12年11月に登録済である。

これらの背景が重なり合い、新技術活用促進システムの試験フィールド事業 (新技術活用パイロット事業) として本工法が採用された。

4.2 仮設計画

本跨道橋のパイルベント橋脚は、写真-1、2に示すようにつなぎ梁が2段構造となっており、1段目のつなぎ梁下端から地盤面まで2.5mで、2段目のつなぎ梁下端から地盤面までは2m程度の作業空

間しかない状態であった。したがって、前述したSSP工法の適用範囲である桁下空間 ($H = 2.5\text{m}$ 以上) を確保する必要があり、耐震補強後2段目のつなぎ梁が不要となることを設計上確認した上で、つなぎ梁を撤去する計画とした。

補強対象とする橋脚は法面内に位置しているので、施工ヤードの確保と施工上の安全性向上のために土留工を設置する必要があり、土留工としては簡易的かつ安価なライナープレートと切梁の

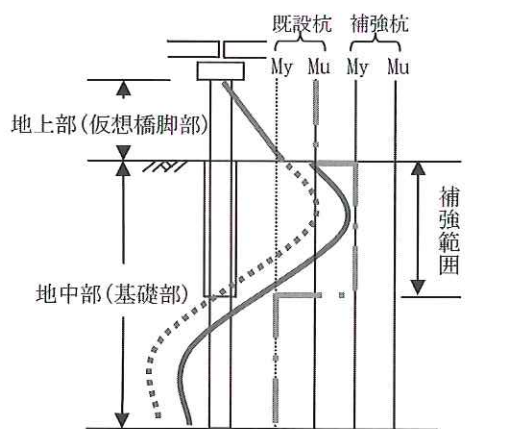


図-5 曲げモーメント図と補強範囲の関係



写真-1 現況 (橋軸方向)



写真-2 現況 (橋軸直角方向)

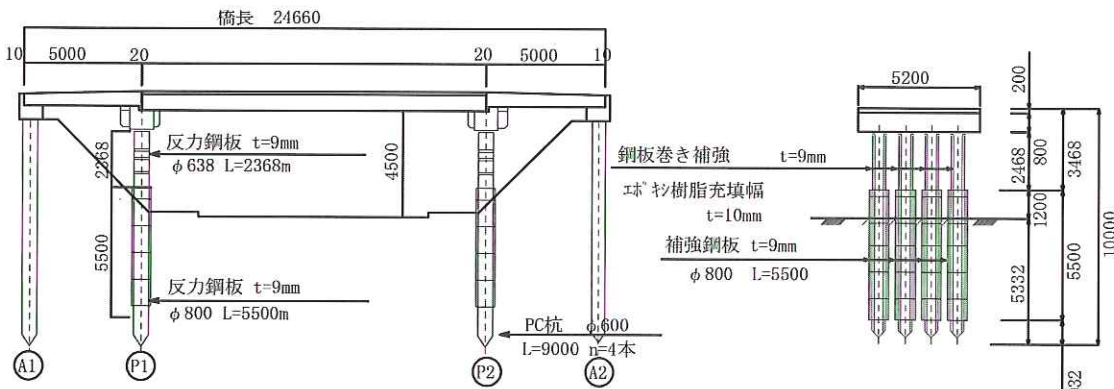


図-6 補強一般図



写真-3 圧入装置設置状況

表-1 主要機械一覧表

名称	仕様	単位	数量
圧入装置	80t	基	2
油圧ユニット	8.8KW	台	1
ウォータージェットカッター	SJ125E	台	1
濁水処理装置	12m ³ /h級	台	2
発電機	75kVA	台	1
コンプレッサー	50HP	台	1
半自動溶接機	500A	台	1
高速ミキサー	MG-150	台	1
モルタルポンプ	スクイーズ式	台	1

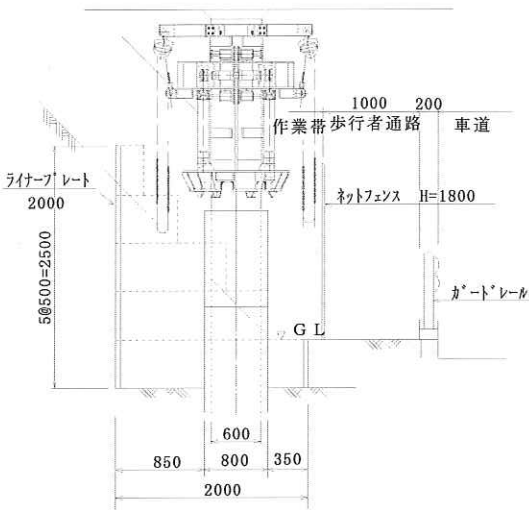


図-7 土留工断面図

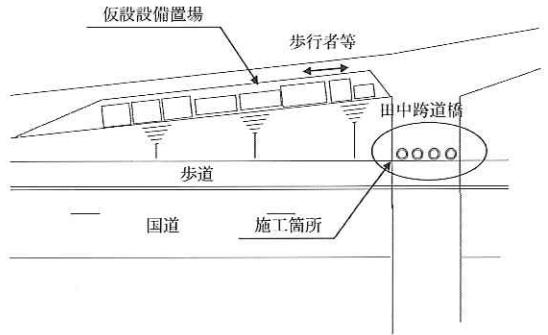


図-9 仮設備平面図

を確保することができた。

4.3 主要機械設備

本現場における主要機械一覧表を表-1、圧入機設置概略図を図-8、圧入装置設置状況および仮設備設置状況を写真-3、図-9に示す。これらの設備の適切な配置を検討した結果、現道の交通に支障なく両橋脚の同時施工が可能となった。

4.4 補強鋼板

補強鋼板は、図-10および写真-4に示すような半円形の鋼板を既設杭の周囲に設置し、半自動溶接機により溶接し、円管状にした。溶接完了後は、超音波探傷試験および浸透探傷試験を実施し、溶接箇所の品質の確認を行った。

また、補強鋼板の内側には既設杭とのクリアランス確保のためスペーサーが設置してあり、これによって補強鋼板の圧入時の偏心量を制御することで所定の位置への鋼板巻き立てが可能となる。さらに偏心量の測定を毎ロット測定することにより、良い精度を確保した。

4.5 鋼板圧入～塗装完了

補強鋼板溶接の品質確認後に圧入装置にて補強鋼板を所定の深度まで圧入し、同時に補強鋼板と既設杭とのクリアランス部分の洗浄を行った。クリアランスの洗浄にはウォータージェットを使用し、洗浄後の泥水は濁水処理装置に送って循環水として再利用し、施工完了時は既設水路へ放出した。また発生した泥土は、フィルターバックに蓄

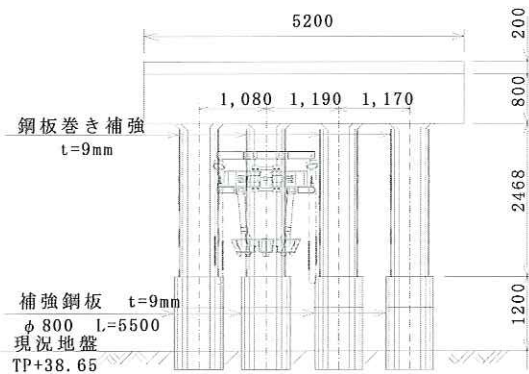


図-8 圧入機設置概略図

組合せを採用した。土留工の構造形状は、内部での必要な作業空間を確保し、幅2.00m、長さ6.00m、高さは2.50mとし、ライナープレートの厚みは2.7mmを使用した。図-7に土留工断面図を示す。この結果、狭小ではあるが、現道内で歩行者通路

積し産業廃棄物として場外へ搬出・処理を行った。
 クリアランスを洗浄した後、水中カメラにより
 クリアランス内の洗浄状況を確認し、無収縮モル
 タルを打設した。無収縮モルタルの配合を表-2

に示す。

モルタル注入完了後、反力鋼板および補強鋼板
 に防錆塗装を施し、施工が完了した。(写真-5)

4.6 工法比較

SSP工法の施工性を確認するため、在来工法
 (増し杭フーチング工法) との比較を行った。在
 来工法の構造図を図-11に示す。本工法と在来工
 法の施工工程の比較結果を表-3に示す。

表-3より、SSP工法の工期は在来工法より短
 く、優れた施工性であることが確認できる。また、
 前述のように本工法では2橋脚同時に施工できた
 が、在来工法では図-11に示すようにフーチング
 施工のための仮締切の占有面積が大きく、2橋脚
 同時に施工すると交通を完全に遮断する恐れがあ
 るため、1橋脚づつしか施工できず、工期が2倍
 (=7.0箇月) 必要となる。

したがって、SSP工法を採用することによって
 工期を約70%短縮され、工費についても工期の短
 縮により10%程度削減となった。

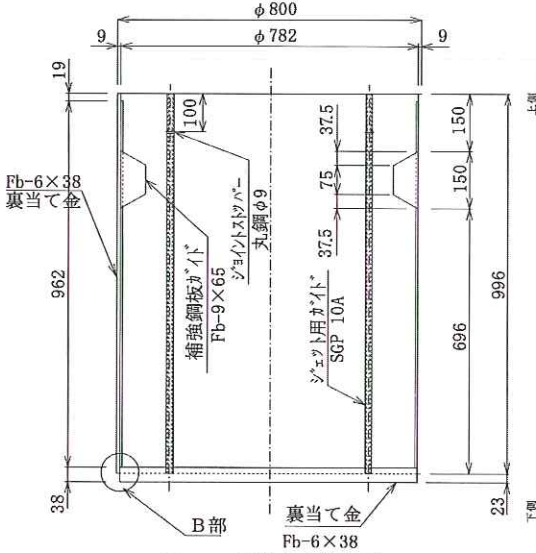


図-10 補強鋼板製作図

表-2 無収縮モルタル配合表

セメント	水	練上り量
1,667kg	333kg	1.0m ³

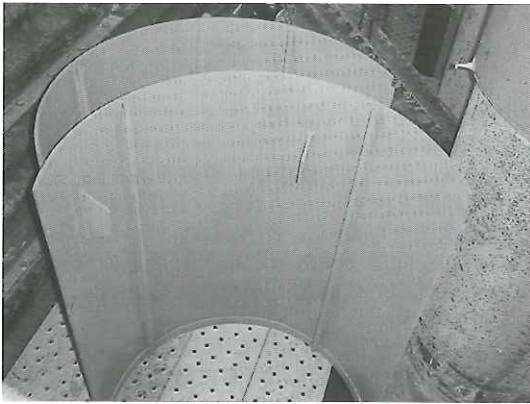


写真-4 (1) 補強鋼板



写真-5 (1) 補強後 (橋軸方向)



写真-4 (2) 補強鋼板溶接完了



写真-5 (2) 補強後 (橋軸直角方向)

表-3 工期比較表 (1橋脚あたり)

	仮設工	本體工	合計
SSP工法	0.5	1.5	2.0
在来工法	1.5	2.0	3.5

(単位: 箇月)

5. おわりに

パイルベント橋脚の耐震補強工法として、施工性、経済性に優れた工法として開発されたSSP工法の概要と施工事例について述べた。

在来工法は、仮締切をした後にフーチング下端まで掘削→増杭→フーチング拡幅→埋戻しを行い、大規模な架設工事が必要となる場合が少なくないのが現状であり、SSP工法と比較した場合、工期が長くなり、工費も割り高くなるケースが多分にある。

この跨道橋のようにパイルベント橋脚は、施工が容易であったため、主要幹線道路に築造されていることが少なくない。よって、耐震補強工事をする場合、橋梁を供用しながらの施工が不可欠となる。したがって、狭隘かつ低空間の施工箇所や振動・騒音などの周辺環境の制約を受けるような場所での施工においては、本工法のメリットが十分に発揮される。

最後に本工法の施工にあたりましては、国土交通省関東地方整備局横浜国道事務所の職員の皆様、また開発にあたり多大なる御指導・ご協力いただいた関係者各位に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 福井次郎、大下武志他：既設基礎の耐震補強技術開発に関する共同研究報告書 (その3) : 土木研究所共同研究報告書第282号、2002.9.
- 2) 秋山貞夫、大石雅彦、天野明、福井次郎、西谷雅弘：既設基礎の耐震補強に関する検討 (その6) —パイルベント耐震補強 SSP工法の実証実験他、第55回土木学会年次学術講演会概要集、2000.9.
- 3) 天野明、青柳 守、星野英明、福井次郎、西谷雅弘：既設基礎の耐震補強に関する検討 (その9) —パイルベント耐震補強 SSP工法の曲げ載荷試験結果解析一、第56回土木学会年次学術講演会概要集、2001.10.

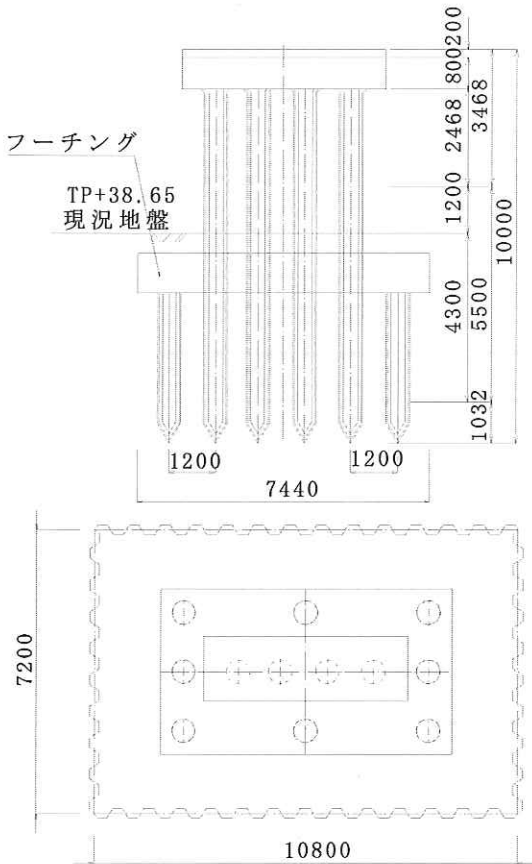


図-11 在来工法構造図

福井次郎*



独立行政法人土木研究所構造物研究グループ上席研究員
Jiro HUKUI

天野 明**



株式会社白石環境リノベーション部部长
Akira AMANO

村瀬廣恭***



株式会社白石横浜支店土木部工事グループ作業所所長
Hiroyasu MURASE