

## 既設杭基礎の合理的な補強工法に関する解析的検討

国立研究開発法人土木研究所 正会員 ○吉田 英二, 楊 勇, 桐山 孝晴  
 国立研究開発法人土木研究所 非会員 増田 隆宏

### 1. はじめに

平成8年道路橋示方書以前の古い基準で設計された道路橋下部構造の杭基礎は、現行の基準に基づき評価すると、せん断力等に対する照査を満足しない場合が多くある。所要の性能が確保されていない基礎杭については、補強を行う必要があり、その補強方法は図-1に示すように、一般的に既設・増設フーチングを剛結合した増し杭が用いられる。

しかしながら、既設杭との荷重分担や既設・新設部材の接合部の挙動が明らかにされておらず、設計手法が確立できていない課題がある。また、補強は合理的に実施していくことが求められており、そのために補強効果を適切に評価した上で、実務で適用出来る補強方法やその設計法を提案していく必要がある。

本研究では、優れた施工性が期待できる、面接触構造による補強方法に対して解析的検討を行った。

### 2. 検討の流れ

既設杭基礎を有する道路橋下部構造の合理的な補強方法を提案すべく、以下の順序で検討を実施した。

- ① 平成8年道路橋示方書以前の設計基準より設計された既設橋を対象に、平成24年道路橋示方書による照査を実施。
- ② 照査結果に基づき、橋脚に対する補強設計を行い、巻立て補強を実施。
- ③ 上記状態で、既設杭基礎の照査を実施した結果に基づき結合方法の異なる補強方法を対象に、補強効果を検証。

図-2に、結合方法の異なる補強方法のイメージを示す。図中の(a), (b)は、既設・増設部のフーチングを剛結合とする一般的な増し杭補強方法である(以降、結合方法A)。

これに対して図中(c), (d)は、既設・増設部のフーチング境界面を縁切り、面接触とする補強方法である(以降、結合方法B)。

増し杭補強に際して、既設側に影響を与えないため、施工性の向上が期待できることに加え、水平力のみを伝達する構造とし、既設杭基礎におけるせん断力負担軽減に着目することでより合理的な補強効果に期待したものである。

### 3. 結合方法の異なる補強工法による補強効果検証

#### 3.1 対象構造物の諸元

解析対象は、昭和46年以前の設計基準による構造物を想定し、

キーワード 既設橋脚, 杭基礎, 耐震補強

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原1-6(国研) 土木研究所 CAESAR TEL. 029-879-6773

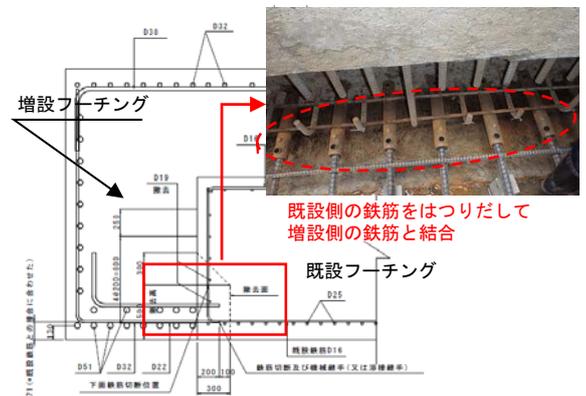


図-1 既設杭基礎の増し杭補強事例

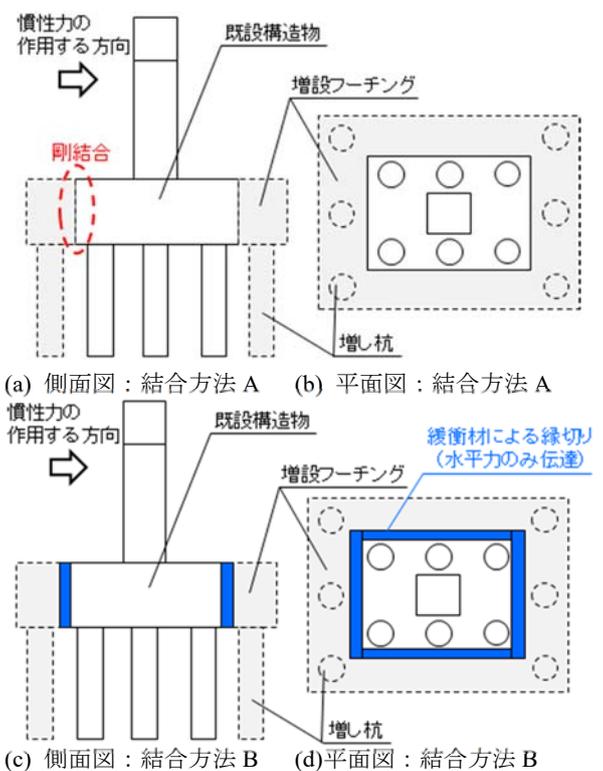


図-2 結合方法の異なる補強方法

表-1 対象構造物の主な諸元<sup>1)</sup>

項目	概要
上部構造	単純鋼I桁 (Wu=3,300kN Kh=0.20)
下部構造	梁出し式橋脚 (コンクリート)
基礎構造	場所打ち杭φ1000×6本
地盤種別	II種地盤
補強時増し杭諸元	鋼管杭φ800×6本

文献<sup>1)</sup>に示される上部構造諸元，下部構造諸元を条件に設定した。主たる対象構造物の諸元について，表-1に示す。

3.2 解析モデル・解析手法

解析モデルは，道路橋示方書<sup>2)</sup>に示される，杭体を梁要素・地盤を分布バネとする骨組みモデルとした。フーチングは剛体として扱い，杭体と地盤ばねには非線形特性を考慮した。

なお，杭体曲げモーメントー曲率関係及び，材料の応力度ーひずみ関係についても，道路橋示方書に示されるモデルに準じた。

モデル形状を図-3に示す。図は結合方法Bであり，既設・増設フーチングの界面は面接触構造として，圧縮に剛，引張に抵抗しないバネを設けた。これにより，水平力は既設・増設部が一体で抵抗するが，鉛直力・モーメントは既設のみで抵抗する。

本モデルを対象に，鉛直方向に死荷重を載荷した状態で上部構造，柱，杭基礎等の部材の質点位置に地震時慣性力を水平方向に漸増載荷する解析（プッシュオーバー解析）を実施した。

3.3 解析結果

プッシュオーバー解析結果として，表-2に基礎の降伏震度・既設杭のせん断破壊震度，図-4に水平震度ー水平変位関係を示す。

基礎の降伏震度は，基礎補強前の0.46に対して，結合方法Aでは1.04（基礎補強前と比較して2.26倍），結合方法Bでは0.95（基礎補強前と比較して2.07倍）と補強効果が認められ，結合方法Bでは結合方法Aと同等の補強効果が確認された。

結合方法Bは水平力のみ既設・増設部が一体で抵抗することで，基礎補強前と比べて，既設杭基礎では曲げモーメント・せん断力の比率が変化して，回転成分が卓越する挙動となる。

この結果，既設杭基礎では引抜き上限が基礎降伏の支配的な要因に変わり，降伏震度が上昇する結果に繋がったと推察される。

また，既設杭のせん断破壊に着目すると，結合方法Bではせん断破壊に至らず，高い補強効果が確認された。この点に関して，表-3に各解析でのせん断力負担割合を示す。

既設杭と増し杭の負担割合では，結合方法Aで既設杭0.44，増し杭0.56，結合方法Bで既設杭0.30，増し杭0.70と，結合方法Bで，増し杭の負担するせん断力が大きい。これは，既設杭と増し杭が分離構造になることで，剛性の高い増し杭側で負担するせん断力が大きくなったことが要因の一つと推察される。

4. まとめ

既設杭基礎に対する合理的な補強工法を提案する上で，既設構造物に影響を与えない面接触構造による補強方法（結合方法B）に対する補強効果を検討した結果，一般的な工法である既設・増設部を剛結合とする補強方法（結合方法A）と比較して，基礎の降伏震度は同等でかつ，既設杭基礎のせん断力に対しては大きな低減が期待できることが確認された。今後，実験的検証等により設計法としての確立を目指した検討を進めていく予定である。

参考文献 1) (社) 日本道路協会：既設道路橋基礎の補強に関する参考資料，2000.12. 2) (社) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，IV下部構造編，2012.3.

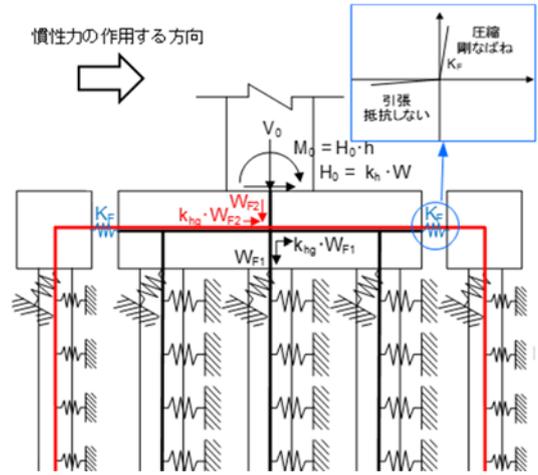


図-3 解析モデル（結合方法B）

表-2 降伏震度およびせん断破壊震度

	基礎の降伏震度	既設杭のせん断破壊震度
補強前	0.46	0.54
結合方法A	1.04 (2.26)	1.10 (2.04)
結合方法B	0.95 (2.07)	至らない

※ 表中の ( ) 内は，補強前との比

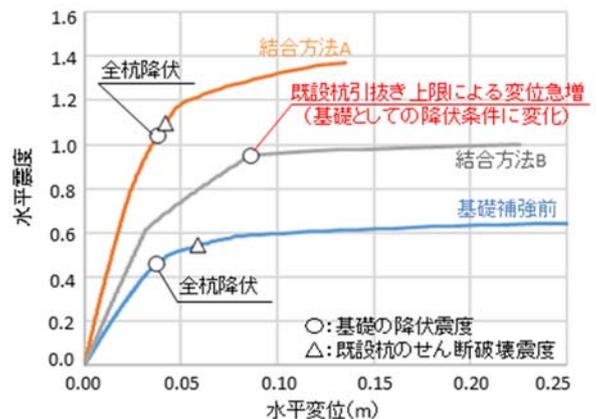


図-4 水平震度ー水平変位関係

表-3 せん断力負担割合

項目	種別	負担するせん断力 ( )内は，負担割合
補強前	既設杭	3,476kN ※耐力超過
	増し杭	-
結合方法A	既設杭	2,820kN (0.44)
	増し杭	3,533kN (0.56)
結合方法B	既設杭	1,706kN (0.30)
	増し杭	4,075kN (0.70)