

既設杭基礎の残置・引抜き・埋戻しを考慮した新設杭基礎の水平挙動に関する解析

国立研究開発法人土木研究所	正会員	○飯島 翔一
国立研究開発法人土木研究所	非会員	中浦 慎之介
国立研究開発法人土木研究所	正会員	堀内 智司
国立研究開発法人土木研究所	正会員	桐山 孝晴

1. 背景と目的

近年の調査では、道路橋の架替理由として最も多いのが改良工事（道路線形改良，河川改修，都市計画）によるものであり，そのうち，都市計画による架替の割合が大幅に増加している¹⁾．このような都市計画に加え老朽化が進むことで，道路橋基礎においても更新を行う事例が増加すると考えられる．都市計画では様々な条件から既設橋の近傍や同位置に新設する場合もあり，そのような場合の基礎の更新において問題となるのが，既設基礎への対応である．対応としては，既設基礎を残置する方法や撤去する方法がある．後者においては，撤去後の埋戻しも重要となる．これらの対応に対する地盤の評価が課題であり，建築基礎では手引きを作成しているところ²⁾であるが，道路橋基礎においても指針となるものを定めていく必要がある．そこで，本稿では，このような課題に対し，既設杭基礎を残置および引抜き，埋戻しを行った場合における新設杭基礎の水平挙動を把握することを目的として，解析的検討を行ったのでその結果について報告する．

2. 解析概要

解析は有限要素解析（FEM）による3次元地盤解析コードFEASTを使用した．解析ケースは図-1に示す4通りとした．Case1は単杭の新設杭のみの場合，Case2は新設杭の周囲に既設杭を残置させた場合，Case3はCase2の既設杭を引抜いた場合，Case4はCase3の引抜き孔に改良体を埋戻した場合を再現し，各ケースにおいて新設杭を水平载荷した．新設杭および既設杭，改良体の諸元を表-1に示す．既設杭および改良体の中心間隔は，既設杭径の2.5倍とした．地盤は，表層，支持層は相対密度60%，90%の砂質土を想定し，表-2に示す地盤定数を用いて拘束圧依存性を考慮し変形係数 E_{sand} を設定した．解析モデルは，解析領域は新設杭を中心に载荷軸方向に40m，载荷軸直角方向に20m，鉛直方向には地表面から10mとして，境界条件は底部を鉛直変位固定，側面を鉛直ローラーとした．解析領域を地表面から42mとした予備解析の結果，10m以深では新設杭の変位が生じなかったため，解析領域を上記のとおりとした．鉛直方向解析ステップは，新設杭を±40cmまで±1cmずつ増加させた正負交番载荷とした．

Case3は，Case2の既設杭位置の解析モデルの要素を取り除き，引抜き孔壁の応力開放率を45%に設定することで，既設杭が引抜かれ，変位により孔壁がつぶれる状態を再現した．応力開放率とは，孔壁におけるつり合い応力に対する，引抜き後の差分の比である．Case4ではCase3と同様に要素を取

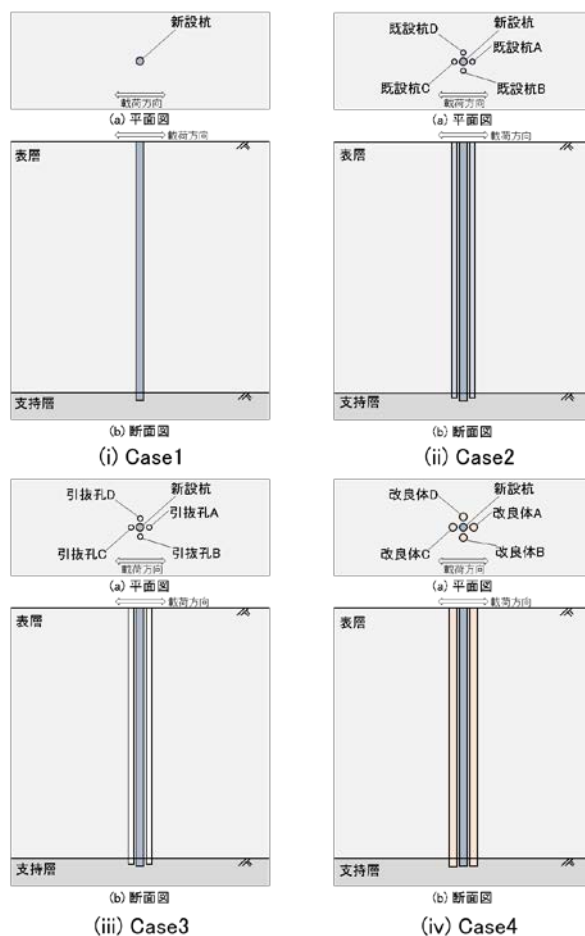


図-1 解析ケースの概要図

キーワード 既設杭，残置，引抜き，埋戻し，新設杭

連絡先 〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6（国研）土木研究所 CAESAR 橋梁構造研究グループ TEL 029-879-6773

表-1 新設杭および既設杭，改良体の諸元

	材質	杭長 L (m)	杭径 D (m)	ヤング率 E_{pile} (kN/m ²)	厚さ t (mm)	ポアソン比 ν_{pile}
新設杭	鋼管	40.0	1.2	2.0×10^8 (内実換算 1.55×10^7)	12	0.3
既設杭	鋼管	39.6	0.8	2.0×10^8 (内実換算 1.55×10^7)	8	0.3
改良体	ソイルセメント	40.0	1.2	2.0×10^5	-	0.17

表-2 地盤定数

相対密度 D_r (%)	乾燥密度 ρ_t (g/cm ³)	拘束圧 σ_3 (kN/m ²)	変形係数 E_{sand} (MN/m ²)	粘着力 c (kN/m ²)	せん断抵抗角 ϕ (°)
60	1.473	30	12.3	3.5	41.8
	1.474	60	15.0		
	1.479	90	25.8		
90	1.584	30	18.0	5.5	46.0
	1.587	60	26.2		
	1.587	90	38.6		

り除き，応力開放率を 20%に設定した後，変位をクリアした上で要素を取り除いた部分に新たに改良体の要素を構築することで，引抜き孔に改良体を埋戻した場合を再現した。

3. 解析結果

新設杭基礎の荷重－変位関係を図-2 に示す。荷重－変位関係は弾性の挙動となり，地盤による抵抗が大きくない結果となった。地盤が塑性域に達していないと考えられる。各ケースを比較すると，Case2 は Case1 よりも水平抵抗が大きくなった一方，Case3 は小さくなった。Case4 は Case2 よりも若干大きくなった。つまり，既設杭基礎や改良体があることで抵抗が増加し，既設杭基礎を引抜いた状態だと抵抗が減少するといえる。このことから，新設杭基礎周辺の地盤が既設杭基礎や改良体によって拘束されることにより地盤の抵抗が増加した一方，杭の引抜きによって地盤が緩むことにより抵抗が減少したと考えられる。

新設杭基礎の載荷方向正側前面の地盤に作用する載荷前後における水平応力の最大増分の深度分布を図-3 に示す。最大水平応力増分の大小は図-2 の荷重の大小と一致しており，上述した，地盤の拘束や緩みによる抵抗の増減が示された結果といえる。また，新設杭上部（-1m～-3m）で地盤応力が大きく，下部（-6m～-8m）で小さくなっている。この傾向は文献 3) の結果と同様であり，文献 3) に述べられているように下部では地盤の緩みが生じたと考えられる。

4. まとめ

既設杭基礎の残置および引抜き，埋戻しが新設杭基礎の水平挙動に与える影響を解析によって確認した。地盤抵抗は残置および埋戻しによって増加し，引抜きによって減少する結果となった。今後は，実験によって検証を行う予定である。

参考文献

1) 白戸真大，藤田裕士，高橋慶：橋梁の架替に関する調査結果（V），国総研資料第 1112 号，2020. 6。
2) 青木 雅路，桑原 文夫，三反畑 勇，古垣内 靖，宮本 和徹，木谷 好伸：新設杭に干渉する既存杭の撤去に関する調査研究（その 1）研究概要とアンケート調査の概要，第 55 回地盤工学研究発表会，2020. 7。
3) 足立圭佑，田村修次，樋口康仁，林康裕：残置杭が新設杭の水平地盤反力の深度分布に及ぼす影響，第 44 回地盤工学研究発表会（横浜），2009. 8。

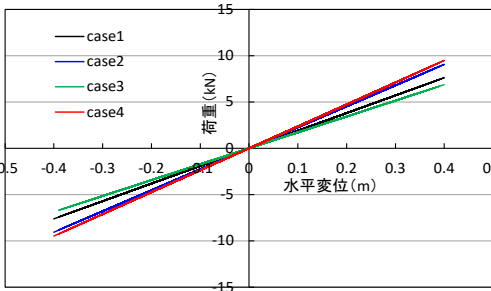


図-2 荷重－変位関係

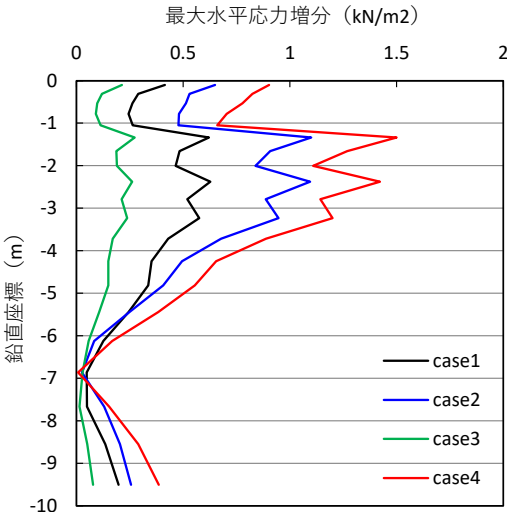


図-3 地盤応力の深度分布