

近接掘削が直接基礎の極限支持力へ与える影響に関する解析的検討

ジェイアール西日本コンサルタンツ(株) 正員 ○小倉 史生* 近藤 政弘*
 鎌田 嘉夫*
 (株)関西シビルコンサルタンツ 正員 黒田 圭一**

1. はじめに

都市部においては、構造物近傍で地盤掘削される事例が少なくはない。一時的な近接掘削が構造物に及ぼす影響についての検討は、これまでに多く実施されてきた¹⁾。しかし、永久的な掘削を対象に、構造物基礎の極限支持力に着目して検討を行った事例²⁾は少ない。そこで、近傍掘削による極限支持力の変化について、鉄道構造物（直接基礎）を対象に2次元弾塑性FEMによる評価を試みたので報告する。

2. 検討概要

検討対象とした鉄道構造物と近接施工(掘削)を図1に示す。GLから基礎底面までの深さは4.2m、掘削底面との離隔は2.54mであり、永久的にこの形状となる事例である。支持力を算定する際、本来であれば、Df(有効根入長)はGLから基礎底面までの深さとなるが、近傍地盤が掘削される場合、Dfを同様に設定すると危険側の評価となる。そこで、実務設計上、Dfを掘削底面からの主働すべり面とフーチング底面からの受働すべり面との交点の高さ(1.3m)まで(図1参照)として、設計を行うこととしたが、その妥当性を確認するために弾塑性FEM解析を実施した。

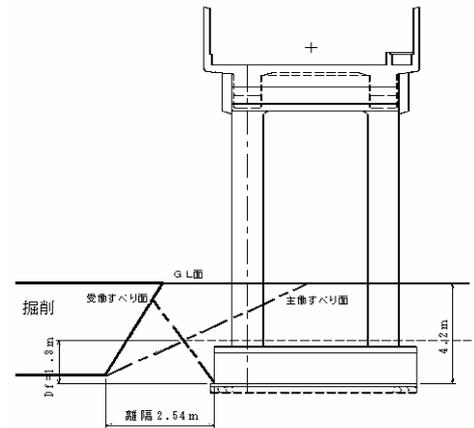


図1. 対象構造物

3. 弾塑性FEM解析

弾塑性FEM解析の検討ケースは、近接掘削の有無による影響を把握するために表1に示す2ケースとした。ここで、Case2の近接掘削ありのモデルは、図1に示す主働すべり面上の土を無視してモデル化した。各ケースの弾塑性FEM解析に用いる部材材料・土質材料の物性値を表2に示す。ここで、弾塑性材料の破壊基準はDrucker-Pragerを採用することとした。解析における荷重設定は、自重のみを載荷した後、フーチングの底面に作用する鉛直荷重、フーチング側面に作用する水平荷重を徐々に増加させた場合の基礎の変形、地盤の塑性化度合を把握し、実務設計手法の結果と比較することとした。

表1. 検討ケース

Case1	近接掘削無し
Case2	近接掘削あり(離隔2.54m)

表2. 物性値

	E(kN/m ²)	ν	C(kN/m ²)	$\phi(^{\circ})$	備考
コンクリート	26500000	0.20	-	-	弾性材料
地盤1	50000	0.32	0.00	32.60	弾塑性材料
地盤2	20000	0.38	25.00	0.00	弾塑性材料
地盤3	15000	0.34	0.00	29.21	弾塑性材料
地盤4	125000	0.30	0.00	36.67	弾塑性材料
地盤5	300000	0.30	0.00	39.60	弾塑性材料

4. FEM解析結果

図2に鉛直方向の荷重と変位の関係を示す。図より、今回の検討対象では近接掘削の違いによる影響がほとんど無いことが確認できる。図3にCase1・2の塑性分布を示す。

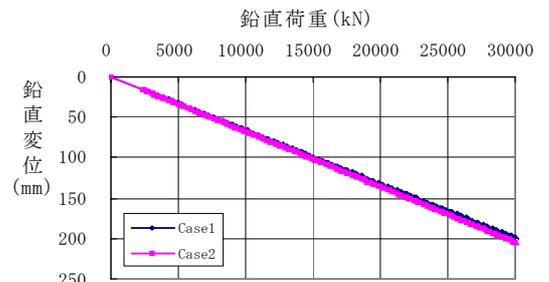


図2. 鉛直荷重～鉛直変位図

キーワード：支持力、直接基礎、FEM、弾塑性

* 大阪市淀川区西中島5丁目4-20 中央ビル9F tel.06-6303-6971 fax.06-6390-9629

** 大阪市淀川区西中島5丁目4-20 中央ビル5F tel.06-6838-7031 fax.06-6307-5582

グレーの箇所が塑性範囲である。この図を見ると、両ケースともフーチング底面の主働くさび下に塑性域が発生しているが、主働くさびから GL 面へのすべり面の形成がされず周辺地盤を拘束していることから、弾性的な挙動を示したと考えられる。一方、水平荷重と変位の関係については、図 4 に示すとおり掘削による影響が顕著に現れた。同様に図 5 において塑性分布をみると、Case2 の塑性域の範囲は、フーチング横から掘削のり面の広い範囲において塑性化していることがわかる。以下、両者に差がみられた水平支持力について、実務設計手法との関係を確認する。

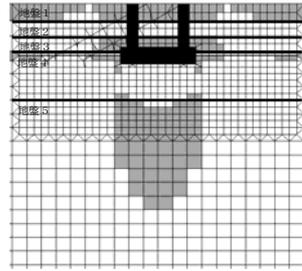


図 3-1. 塑性分布図 (Case1)

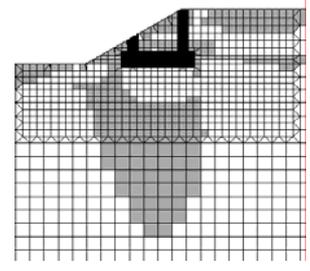


図 3-2. 塑性分布図 (Case2)

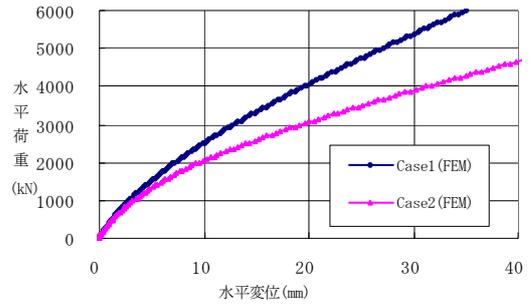


図 4. 水平荷重～水平変位図

5. 設計実務手法との関係

実務設計のモデルを図 6 に示す。直接基礎の水平地盤抵抗は、フーチング前面水平ばね (Kh) およびフーチング底面せん断ばね (Ksv) で表現され、各々の地盤ばねはフーチング前面受動土圧、最大せん断摩擦力を上限值とするバイリニア型で設定される³⁾。荷重は、FEM 解析にあわせてフーチングに水平荷重のみ増加させた。図 7 に、設計モデルで得られた水平荷重～変位曲線を示す。なおこの図には FEM 解析の結果も合わせて示して

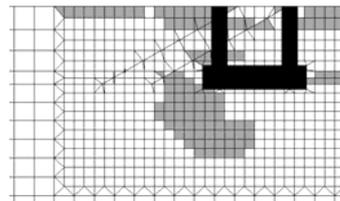


図 5-1. 塑性分布図 (Case1)

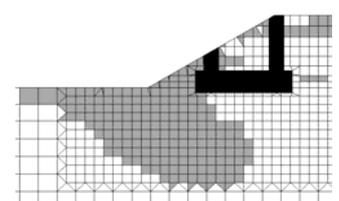


図 5-2. 塑性分布図 (Case2)

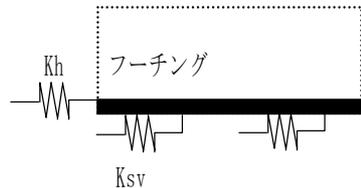


図 6. 直接基礎の設計モデル

いる。両解析の比較は、近接掘削の無い場合の FEM 解析(Case1)結果が設計モデルの最大支持力に達した時の変位に着目し、支持力の低下度合いを確認する。設計モデルでの最大支持力 (Case1-Case2)は、3850KN から 2250KN となり約 60%に低下している。一方、FEM 解析では、3850KN から 2900KN となり約 75%の低下にしかならないことから、安全側の設計となっていることが確認できた。

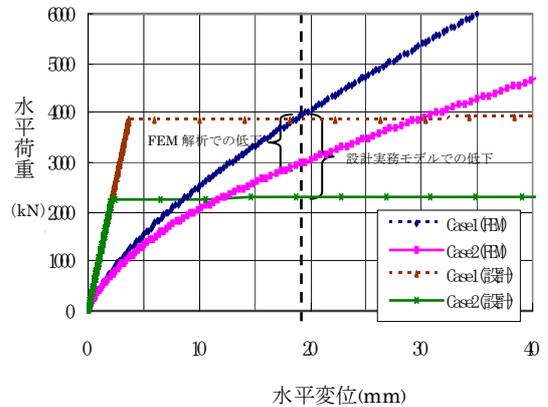


図 7. FEM と設計モデルの比較

6. おわりに

今回の事例における設計実務の設定は、安全側となることを確認できた。また、今回のようにフーチング土被りが大きく掘削面よりもフーチング底面が深いケースでは、鉛直支持力の差はほとんど生じず、水平支持力には差がみられる結果となった。今後、土被りが浅い場合での近接掘削の影響等、他のケース数を増やして検討していきたい。

【参考文献】

- 1) (財)鉄道総合技術研究所：近接施工の設計施工指針，1987.9
- 2) 澤田亮・桐生郷史：鉄道構造物に対する近接施工時の影響評価法の検討，土と基礎，2005.10
- 3) 運輸省鉄道局監修 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物設計標準・同解説 耐震設計，丸善,1999.10