

掘削土量を減じた直接基礎の鉛直支持力に関する解析的検討

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○山本 剛史
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 坂本なつみ
東日本旅客鉄道株式会社 正会員 滝沢 聡

1. 背景・目的

近年、鉄道の乗降場ではホーム拡幅やホームドア・バリアフリー設備整備の要請が高まっており、これらを支持する基礎を軌道の近傍で施工する必要がある。表層地盤が硬質地盤であることは少なく、支持力確保のために地盤改良や根入れ深さ確保を検討することとなるが、営業線へ影響を与えないために仮土留め構築や掘削土砂搬出を短時間の列車間合いの中で行う必要があり工期・工事費増大の要因となっている。

本稿では、これらの課題を解決するべく掘削土量を減じた直接基礎形状を新たに考案し、2次元 FEM 解析を用いてこれらの基礎形状が極限支持力に与える影響の基礎的検討を行った内容を報告する。

2. 基礎形状設定・解析方法

考案した基礎の断面形状を図 1 に示す。従来の長方形、端部を安定勾配以下で掘削することで掘削土量の削減と近接軌道に対する土留めの省略を図った六角形、両端部のみを掘削根入れすることで掘削土量の削減を図った逆溝形の合計 3 種類の断面形状に対して検討を行った。基礎寸法は H 鋼柱を支持する RC 単独フーチング直接基礎を想定して幅 1400mm×高さ 400mm、最大根入れ深さ 200mm を基本とした。長方形、六角形の基礎に対しては各部の寸法変化の影響を確認するために、底辺長や根入れ深さ、掘削勾配を変化させた基礎形状についても検討を行った。

解析設定を表 1 に、解析モデルを図 2 に示す。地盤は軌道近傍の表層地盤を想定し N 値 10 程度の砂質土相当とした。フーチングは簡単のため剛体と仮定し、フーチングと地盤の境界にはジョイント要素を設定した。自重解析実施後、フーチング上面中心節点に強制変位を鉛直下方向へ与え、400mm まで段階漸増载荷した。

表 1 解析設定

項目		設定内容
メッシュ寸法		100mm
地盤	構成則	Mohr-Coulomb モデル
	弾性係数	20,000kN/m ²
	粘着力	0kN/m ²
	内部摩擦角	33°
	膨張角	3°
ジョイント要素	垂直剛性係数	200,000kN/m ²
	せん断剛性係数	20,000kN/m ²
	引張強度	1kN/m ²
	内部摩擦角	33°

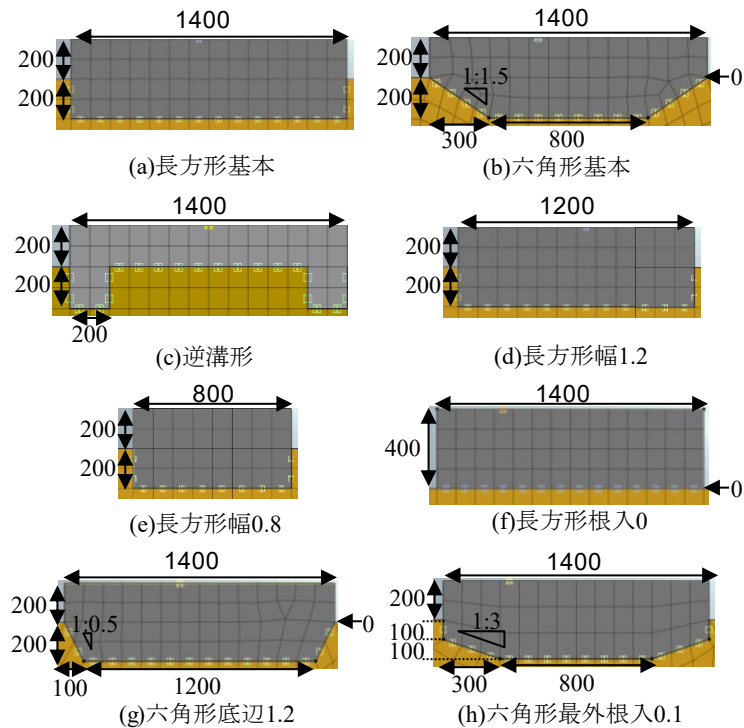


図1 基礎形状寸法

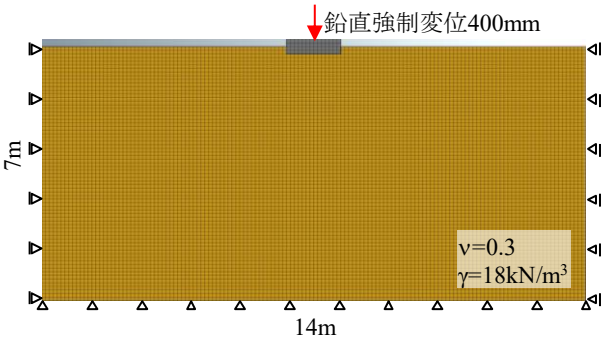


図2 解析モデル

キーワード 直接基礎, 極限支持力, 有限要素法, 近接工事
連絡先 〒141-0031 東京都品川区西五反田 3-5-8 東日本旅客鉄道(株) 構造技術センター TEL03-6878-0017

3. 解析結果・考察

基本形状3ケース（図1(a),(b),(c)）の鉛直強制変位400mm 載荷時の最大せん断ひずみ分布図を図3に、載荷点鉛直反力と載荷点鉛直変位の関係を図4に示す。載荷点鉛直反力の最大値が極限支持力に相当する。すべり線が地表まで到達し地盤がせん断破壊している様子が確認できた。長方形基礎に対して、六角形基礎は7割程度、逆溝形基礎は同等の極限支持力を示した。

次に六角形基礎と長方形基礎の底辺長を800mm（図1(b),(e)）と1200mm（図1(d),(g)）に揃えたケースの比較を行う。図5に載荷点鉛直反力と載荷点鉛直変位の関係を示す。どちらも六角形基礎（実線）の方が大きな極限支持力を発揮しており、基礎両端の傾斜部分が支持力に対して多少は寄与しているものと推察される。

続いて基礎外縁の根入れ深さと傾斜角の影響を検討するため、六角形基礎の底辺長を固定して外縁根入れ深さを0mm（図1(b)）、100mm（図1(h)）、200mm（図1(a)長方形に一致する）と漸増させたケースおよび根入れを全くしない長方形基礎（図1(f)）の比較を行う。図6に載荷点鉛直反力と載荷点鉛直変位の関係を示す。外縁根入れ深さの増加とともに極限支持力が増加する傾向が見られた。また、外縁根入れが共に0の(b)六角形基本と(f)長方形根入0を比較すると、(b)では基礎中央部を根入れしているにも関わらず全く根入れをしていない(f)よりも極限支持力が小さくなった。ここで、図3の基礎底面付近の最大せん断ひずみ分布に着目すると、基礎直下に底面の摩擦拘束により地盤のせん断ひずみが小さいくさび型の領域が存在する。長方形基礎、逆溝形基礎では比較的大きな土塊が拘束されているのに対して、六角形基礎では拘束土塊が小さい。基礎底面の傾斜の影響で拘束される地盤領域が小さくなり、それに対応して基礎外側の移動土塊が小さくなったため、支持力が低下した可能性が考えられる。以上から、直接基礎の支持力を維持しつつ掘削土量を減少させるためには、基礎の根入れを確保しつつ基礎底面の地盤拘束を維持する必要があると推察される。

4. まとめ

営業線軌道近傍で施工する直接基礎の施工効率化を図ることを目的に掘削土量を削減した基礎形状を考案し、基礎底面形状が極限支持力に与える影響を解析的に検討した。今回の検討条件の範囲では、極限支持力は基礎外縁根入れ深さと基礎底面の地盤拘束領域の大きさに依存する結果となり、逆溝形基礎は掘削土量を削減しながらも長方形基礎と同等の極限支持力を示した。しかし、今回の検討ではフーチングを剛体と仮定し、施工時に生じる基礎周辺地盤の緩みを考慮していないことから、模型実験や再現解析等のさらなる検討で妥当性の検証が必要である。今後、施工の容易さ等も踏まえたうえで検討を深度化していく所存である。

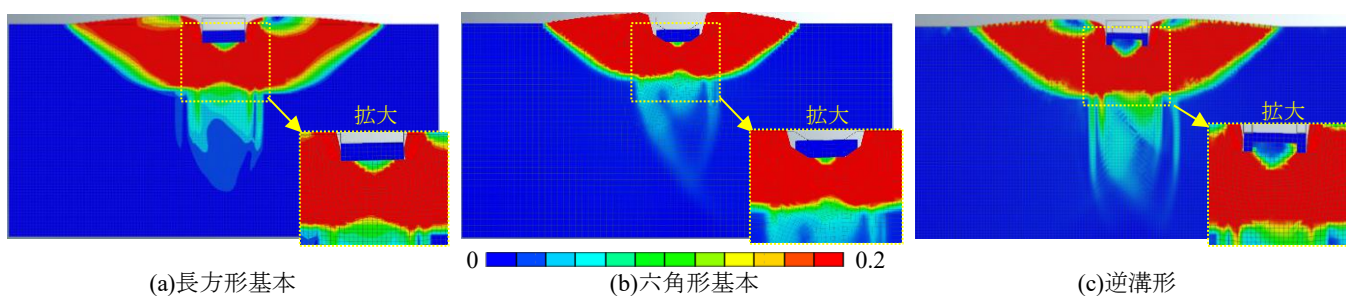


図3 400mm強制変位載荷時の最大せん断ひずみ分布図

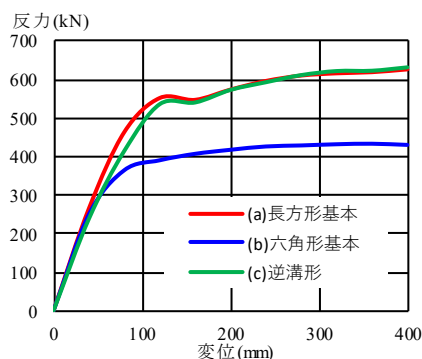


図4 基本3ケース反力変位関係

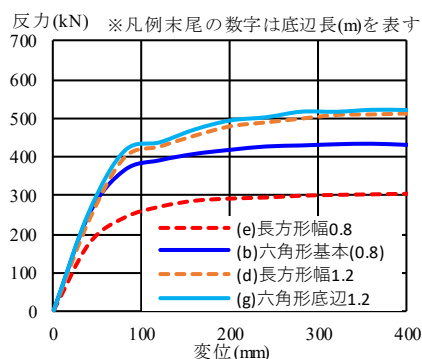


図5 底辺長比較反力変位関係

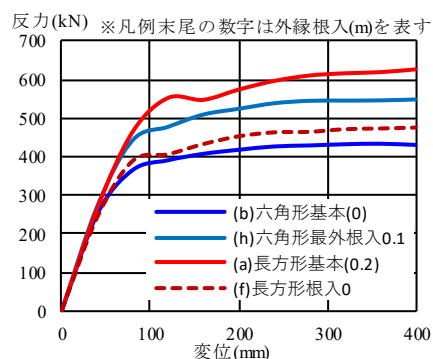


図6 根入れ比較反力変位関係