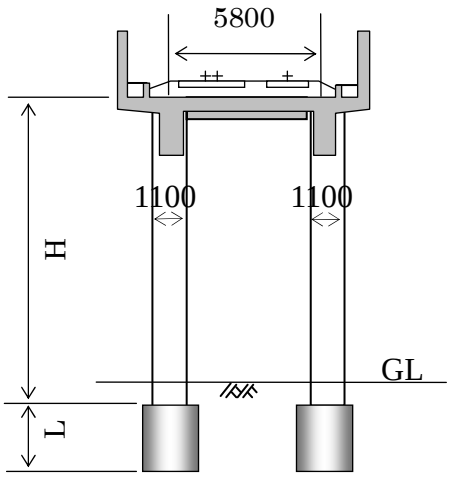
RC ラーメン高架橋における大口径短杭基礎の適用範囲について

東日本旅客鉄道㈱　　正会員　○水澤　秀樹
東日本旅客鉄道㈱　フェロー会員　　大庭　光商

１．はじめに

鉄道のＲＣラーメン高架橋で良好な支持地盤が比較的浅い位置に存在する場合には，直接基礎が採用される．一方 GL-3m～-6m といった直接基礎としては比較的深い場合には，杭径の大きな短杭基礎（以下，大口径短杭基礎という）を用いた構造形式が考えられる．大口径短杭基礎は，直接基礎に比べて，仮土留工等が不要となるため，工期短縮とコストダウンの効果がある．しかしながら，大口径短杭基礎は従来の独立フーチングに比べると固定度が低下するので，地震時に柱上端のモーメントが大きくなったり，高架橋の高さや水平力の大きさによっては浮き上ることが想定される．そこで，ＲＣラーメン高架橋の基礎に大口径短杭基礎を用いた場合，杭径や杭長の違いが構造特性に及ぼす影響を把握するために試設計を行ったのでその結果について報告する．

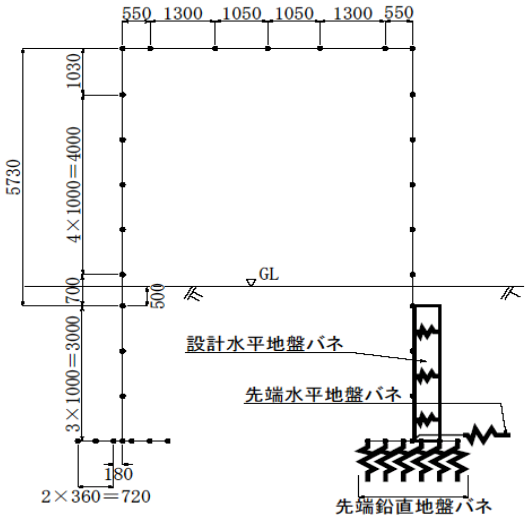


図－１　線路直角方向断面

２．検討条件

検討対象構造物は，１柱１基礎杭形式の１層３径間，線路方向スパン L=15.0m，線路直角方向スパン B=5.8m の複線ＲＣラーメン高架橋で，設計荷重はＥＡ-17，検討は線路直角方向について行った．線路直角方向断面図を**図－1** に示す．支持地盤はＮ値 30 の砂質土，表層地盤は N 値４の粘性土とした．地盤種別は鉄道構造物等設計標準同解説耐震設計[1)]（以下耐震標準）により G2 地盤となる．

骨組解析モデルは，上下部一体の平面骨組モデルを用いて静的非線形解析を行った．解析モデルを**図－２**に示す．また，地盤の支持条件を**表－１**に示す．杭周面のせん断ばねは考慮せず，杭の設計水平地盤ばねは，有効抵抗土圧を制限値とした．また，杭先端には，水平地盤ばね，鉛直地盤ばねを考慮し，鉛直地盤ばね部には，仮想部材を設けた．



図－2　解析モデル

３．検討ケース

検討ケースと結果を**表－２**に示す．解析は高架橋の高さを（杭基礎天端～スラブ天端）H=6.0m，8.0m，10.0m，12.0m，杭径をφ2200，φ2500，杭長を L=3.0m，6.0m とした計 16 ケースで，杭径，杭長の変化が大口径短杭基礎の構造特性に及ぼす影響を検討することとした．各ケースともに G2 地盤における L1 地震時の降伏震度が 0.306 となるように柱断面を一定として鉄筋量を決定し，L2 地震時において耐震性能Ⅱを満たすことを確認することとした．

表－１　地盤の支持条件

杭先端ばね	先端鉛直地盤ばね (kN/m)	基準先端支持力 (kN)	先端水平地盤ばね (kN/m)
	542938 611184	16340 21215	173825 204655
	設計水平地盤ばね(kN/㎥)		
第１層（表層）	15398 14536		
第２層（支持層）	96239 90848		

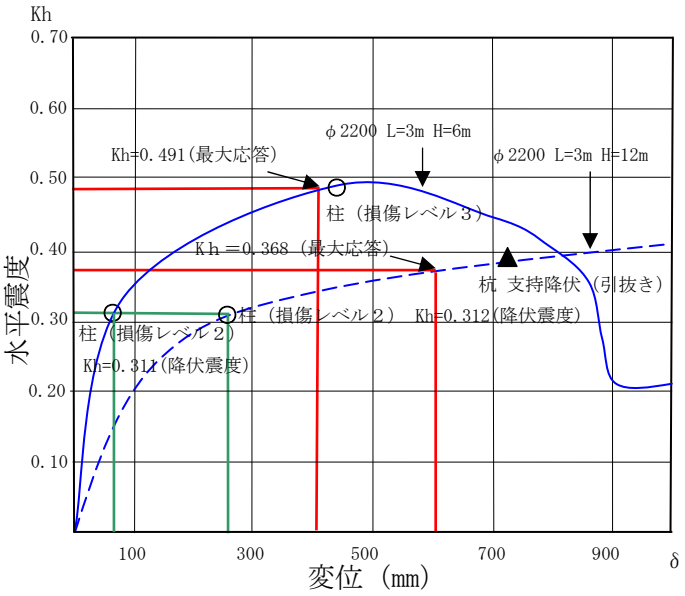
＊上段：φ2200 下段φ：2500

なお，いずれのケースにおいても地盤が引張側に先行支持降伏しないことが必要となる．

キーワード　RC ラーメン高架橋，短杭基礎
連絡先：〒151-8578　東京都渋谷区代々木２丁目２番２号　東日本旅客鉄道㈱　建設工事部構造技術センター　ＴＥＬ03-5334-1288

表－2　検討ケース結果

杭径	杭長	高架橋高さ	地盤	降伏震度 L1		最大応答震度 L2
				引張側	圧縮側	
φ2200	3m	6m	N値＝4（粘性土 2.0m）N値＝30（砂質土 1.0m）	0.311	0.353	0.491
		8m		0.314	0.347	0.437
		10m		0.316	0.340	0.401
		12m		0.312	0.334	0.368
φ2500		6m		0.308	0.352	0.505
		8m		0.313	0.340	0.443
		10m		0.313	0.333	0.402
		12m		0.314	0.342	0.376
φ2200	6m	6m	N値＝4（粘性土 4.8m）N値＝30（砂質土 1.2m）	0.316	0.377	0.559
		8m		0.315	0.368	0.511
		10m		0.316	0.363	0.470
		12m		0.310	0.351	0.433
φ2500		6m		0.314	0.385	0.563
		8m		0.314	0.372	0.512
		10m		0.318	0.364	0.474
		12m		0.310	0.352	0.444



図－３　荷重－変位曲線

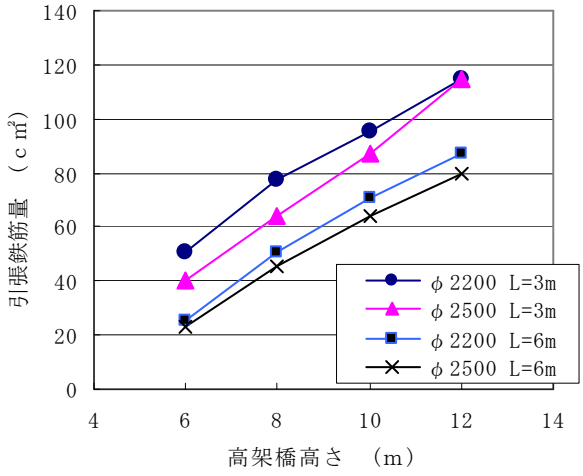
４．検討結果

（１）荷重－変位曲線

杭径φ2200 杭長 L=3m で高架橋高さ H=6m と 12m の荷重－変位の関係を**図－３**示す．本構造は，短杭であるため周面支持力は考慮していない．このため杭先端が浮き上がることがないようにしておく必要がある．**図－３**よりいずれのケースも今回の標準的な高架橋を想定した検討では，引抜き側の支持降伏に至ることなく，所要の耐震性能が確保できている．

（２）杭径と杭長の影響

杭長 L=3m を一定とし，杭径を 2.2m，2.5m に変化させた場合と杭長 L=6m を一定とし，杭径を 2.2m，2.5m に変化させた場合について各ケースとも降伏震度が 0.306 となるように柱鉄筋量を算出した結果を**図－４**に示す．なお，柱の鉄筋量は柱上端で決定される．杭長 L=3m と一定の場合，杭径を大きくすることで幾分基礎の固定度が大きくなるので鉄筋量は減少しているが，高架橋が高くなるほどその効果は小さくなっている．また，杭長を L=6m と長くすることにより，杭の水平地盤ばねの影響で基礎の固定度が上がり，上部工のモーメントが改善され小さくなっている．杭径を変更するケースよりも柱の鉄筋量が減少している．また，その効果は高さが低いほど顕著となっている．



図－４　杭径杭長別引張鉄筋量

５．まとめ

標準的な鉄道高架橋に大口径短杭基礎を適用した場合について検討を行った結果，以下のことがわかった．

①G2 地盤の L1 地震の降伏震度を目安に柱の鉄筋を配置した場合，H=12m まで大口径短杭基礎の適用が可能となる．

②杭長が同一の場合，杭径を大きくすることで柱上端のモーメントを改善できるが，高架橋高さが高くなるにつれ杭径を大きくしてもほとんど改善されなくなる．

③杭長を長くした場合は，杭径を変更するケースよりも柱上端でのモーメントが改善される．

参考文献

１）鉄道総合研究所　鉄道構造物等設計標準・同解説　耐震設計編　平成 11 年 10 月

２）鉄道総合研究所　鉄道構造物等設計標準・同解説　基礎構造物・抗土圧構造物編　平成 12 年 6 月