

III-148 たわみ性群杭基礎の計算検討

日本鋼管(株) 正員 ○鈴木 智郎

同 正員 田村 徹

同 正員 池田 恒斗

1. はじめに

多数の基礎杭をもち、フーチングの剛性が相対的に小さな基礎を本報告では「たわみ性群杭基礎」と呼ぶことにする。このような基礎の例としては地上式低温タンク基礎、製鉄所高炉基礎などの大型構造物が代表的であり今後も類例は増加して行くものと思われる。本報告はいまだ明確な設計法の確立していないこの種の基礎の例として、複数の貯蔵ビンをもつ穀物サイロの基礎をとりあげ、1) 基礎形式、2) 荷重条件、3) 基礎の剛性評価、4) 計算方法 の4項に着目し、これらの影響を数値モデルにて比較検討し今後の設計資料とするものである。

2. 計算条件

(1) 基礎形式 図-1に示すように従来多くの実績をもつA案を含め杭配置に特徴をもつB, C, Dの4形式を比較する。杭は鋼管杭とし、A, C, D案では $\phi 700 \times t 12 \times 136$ 本、B案では $\phi 800 \times t 12 \times 114$ 本である。地中梁は杭径の2.5倍を梁幅の基準とし、梁高は一律1.4mとしている。

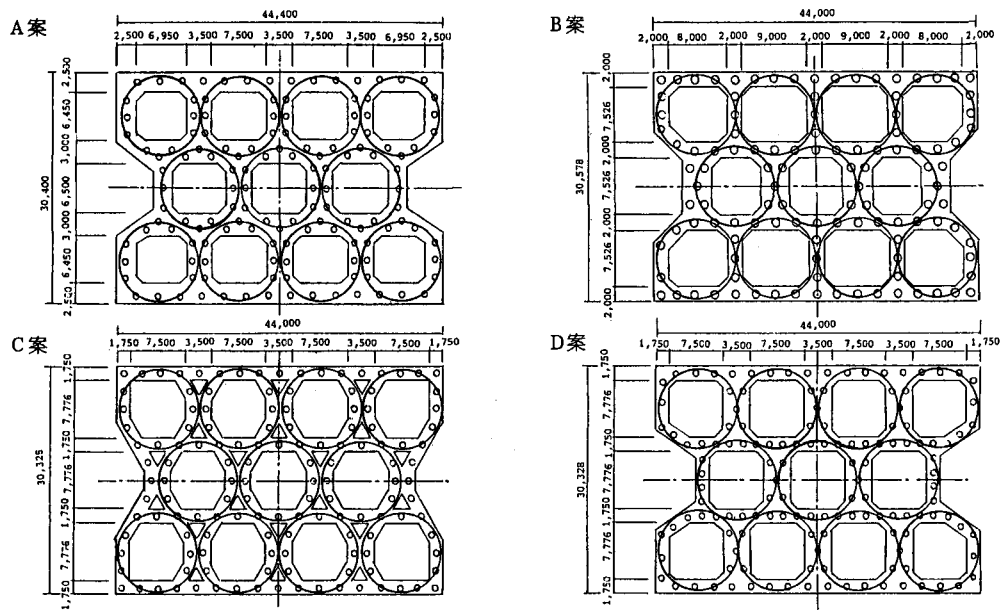


図-1 サイロ基礎形式

(2) 荷重条件(貯蔵条件) 図-2に示すようにサイロ全ビンが満杯のケース1に加えて、短手方向の曲げに着目したケース2, 3, 長手方向に着目したケース4, 5の計5ケースについて計算する。貯蔵荷重は1ビン当り2,000t, 11ビンで22,000tとし、自重は別途見込んでいる。

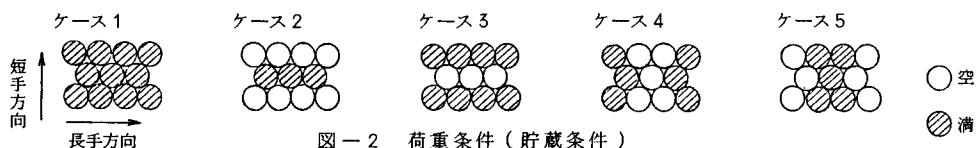


図-2 荷重条件(貯蔵条件)

(3) 基礎の剛性評価 地中梁の全断面が有効と考えた場合と、微小ひびわれなどによる剛性低下があるものとして、剛性を50%まで低下させた場合の2種とする。コンクリートの弾性係数としては、 $E_c=2.15 \times 10^5 \text{kg/cm}^2$ を用いた。

(4) 計算手法 i) 基礎の拡がりを見視し、杭を等分布ばねに換算した弾性床上の梁とみなした場合、ii) 地中梁の一例を取り出し、これが全体を代表するものとして、杭を支点とする弾性支点上の連続梁とした場合、iii) 杭を弾性支点とする平板とみなし有限要素法で解く場合の3種を比較する。杭のばね定数は、杭長を22.0mと仮定し、日本道路協会「道路橋示方書Ⅳ下部構造編」に示される式によった。

3. 計算結果

有限要素法による代表的な算定値を表-1に示す。これより各基礎形式間で杭反力、地中梁曲げモーメントで大きな違いが出ており、特に杭反力の均等化という点ではA、D案の方がB、C案よりすぐれていることがわかる。荷重条件としては貯蔵量がビンごとに異なる場合の方が一律に貯蔵されている場合より最大曲げモーメントが大きくなっている。剛性低下を見込んだ計算値(表-1での()内数値)は、全断面が有効とした場合に比し最大杭反力が若干大きくなり、最大曲げモーメントは66~97%となり、平均約80%と低下している。

計算手法の違いによる算定値の比較を表-2に示す。この表では一番実際に近いと思われる有限要素法による算定値と他の2つの計算法による値とは倍半分程の差が出ている。この大きな相違の原因は各計算手法間で基礎構造の仮定の仕方、荷重の取扱いなどで違いがあるためと言える。

表-1 有限要素法による代表的な算定値

荷重 基礎形式	算定項目	基礎形式			
		A案	B案	C案	D案
地震時 荷重ケース1	杭最大押込力(t/本)	221(222)	349(376)	252(257)	234(235)
	杭最小 "	171(162)	122(114)	136(126)	157(147)
	短手方向最大曲げ(t・%)	37(36)	204(161)	110(84)	55(47)
	長手 "	52(44)	118(102)	73(58)	74(68)
	最大たわみ量(mm)	9.0(9.4)	13.2(14.2)	9.8(9.9)	9.0(9.4)
空間各層貯蔵時 荷重ケース2~5	杭最大押込力(t/本)	231(229)	342(376)	236(258)	222(235)
	杭最小 "	25(26)	10(12)	16(19)	20(21)
	短手方向最大曲げ(t・%)	119(78)	247(190)	158(118)	135(96)
	長手 "	87(63)	120(106)	126(93)	112(90)
	最大たわみ量(mm)	9.6(9.7)	12.9(14.2)	9.6(10.0)	8.9(9.5)

()内数値は剛性低下を考えた場合の算定値

表-2 計算手法の違いによる算定値比較

基礎形式	荷重ケース (着目方向)	算定項目	弾性床上の梁	弾性支点上の連続梁	弾性支点上の版
A案	3 (短手)	杭最大押込力(t/本)	245	192	224
		最大曲げ(t・%)	119	102	119
	4 (長手)	杭最大押込力(t/本)	229	136	213
		最大曲げ(t・%)	44	73	71
B案	3 (短手)	杭最大押込力(t/本)	295	305	311
		最大曲げ(t・%)	129	160	247
	4 (長手)	杭最大押込力(t/本)	272	126	342
		最大曲げ(t・%)	54	81	94
C案	3 (短手)	杭最大押込力(t/本)	243	179	191
		最大曲げ(t・%)	123	100	134
	4 (長手)	杭最大押込力(t/本)	230	125	236
		最大曲げ(t・%)	54	90	92
D案	3 (短手)	杭最大押込力(t/本)	243	212	207
		最大曲げ(t・%)	123	126	110
	4 (長手)	杭最大押込力(t/本)	230	110	222
		最大曲げ(t・%)	54	97	102

4. まとめ

今回の計算検討は地中梁で構成されるサイロ基礎という特定の例に関してのものであったが、たわみ性群杭基礎に関して以下のような結論が下せたものと思う。

(1) 地震時などに水平力を受ける場合は別として、本報告のように常時におけるフーチングのたわみ性を考慮するならば、杭伏せはB、C案のように一様等間隔の配置よりもA、D案のようになるべく作用荷重位置の真下に対応する杭本数をもってくる配置の方が杭反力及び断面力の均等化という面で効果的と言える。

(2) 荷重条件としては、全体に均等な荷重が作用する場合よりも偏心荷重を受ける場合の方が厳しくなることがあるという例を示すことができた。今回の計算例では地中梁最大曲げモーメントで約3倍も大きくなっている例もあり、荷重条件の選定には注意が必要と言える。

(3) 基礎の剛性評価は算定断面力に大きく影響するものであり、微小ひびわれなどによる剛性低下が見込めるならば、曲げモーメントの低減が予想でき、経済設計がはかれる可能性がある。

(4) 計算時の基礎構造の仮定、荷重の扱い方の違いによって、杭反力、フーチングの断面力などの算定値には大幅な相違が出る可能性があり、設計に際しては基礎の計算モデルの妥当性を吟味しておくことがよい。