

解析モデルの違いが鋼管矢板基礎の荷重-変位関係に与える影響

阪神高速道路(株)

(一財) 阪神高速道路技術センター

京都大学大学院

正会員 ○西原 知彦, 篠原 聖二

正会員 安藤 高士, 服部 匡洋

正会員 木村 亮

1. 目的

これまでの鋼管矢板基礎の設計においては、継手のせん断ずれを考慮した仮想井筒はりモデルによる解析法(基礎天端から基礎底面までを井筒の中心軸を通る1本棒としてモデル化する2次元解析)が主に採用され、鋼管や継手、地盤を個々にモデル化し、基礎の挙動を厳密に評価する3次元立体骨組解析(以下、3次元解析)はほとんど採用されていない。しかし、3次元解析の導入により、鋼管や継手の応答を個々に評価することで、鋼管矢板基礎の合理的な設計が可能になると考えられる。今回、解析対象基礎に対して3次元解析を実施し、従来の2次元解析結果と比較することにより、解析モデルの違いがL2地震時の荷重-変位関係に与える影響について検討した。

2. 対象基礎概要及び地盤条件

解析対象基礎及び地盤条件を図-1及び表-1に示す。基礎構造には大口径鋼管杭($\phi 2.0\text{m}$)を51本使用した。継手特性は表-2に示すとおりで、内面編鋼板を用い、継手内部に高強度モルタルを充填した大口径の高耐力継手を使用した。基礎構造を支持する地盤は、表層から砂質土と粘性土が交互に現れている。中間層として、Dsc1の下層に砂質土が確認されているが、Dc1、Dsc2の上層に厚い粘土層が広がるため、Dsc2の下層の砂質土を支持層とし、根入れ長は6.0m(3.0D)として検討した。

3. 3次元解析モデル

本検討における解析では、3次元鋼管矢板基礎の設計計算¹⁾及びEngineer's Studio²⁾を使用した。3次元鋼管矢板基礎の設計計算の仕様は参考文献³⁾に準拠しており、個々の鋼管矢板とそれを連結する継手、支持する地盤をそれぞれモデル化し、頂版下面中心に水平力及び鉛直力、モーメントを作用させた。

2次元解析と3次元解析のモデル化の違いを表-3に示す。3次元解析において、各鋼管は弾性梁要素とした。継手は図-2に示すとおり、鉛直方向せん断、水平方向せん断、水平方向圧縮引張の3方向についてモデル化し、それぞれバイリニア型とした。地盤は、基礎前面水平方向、基礎外周面水平方向、基礎外周面及び内周面の鉛直方向、基礎底面の鉛直方向をそれぞれバイリニア型とし、基礎底面の水平方向は線形としてモデル化した。

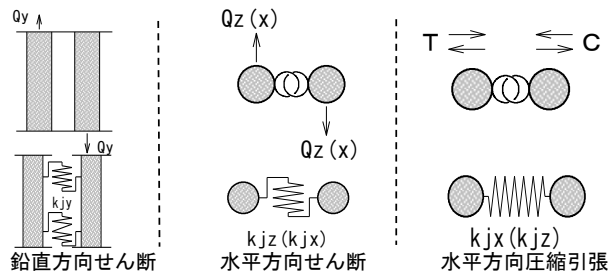
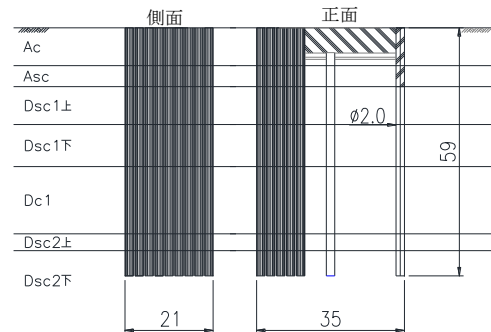
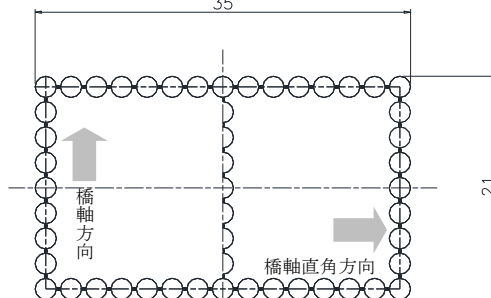


図-2 継手のモデル化の概念図(3次元解析)



(a) 側面・正面図及び地盤条件(単位:m)



(b) 断面図(単位:m)

図-1 解析対象基礎構造

表-1 各層の地盤条件

	N値 (回)	単位体積重量 γ (kN/m^3)	粘着力 C (kN/m^2)	せん断抵抗角 ϕ (度)	変形係数 (kN/m^2) 常時 ES	弾性波速度 V_s (m/s)
Ac 粘性土	2	15	20	0	6800	90
Asc 砂質土	5	17	0	20	36000	175
Dsc1 粘性土	16	18	70	10	54000	165
Dsc1 砂質土	50	20	0	35	100000	350
Dc1 粘性土	8	17	120	10	94000	270
Dsc2 粘性土	20	16	110	6	144000	400
Dsc2 砂質土	80	20	0	38	172000	

表-2 継手特性

継手特性	高耐力継手(今回使用)			従来継手(参考)		
	剛性 (MN/m^2)	耐力 (kN/m)	相対変位	剛性 (MN/m^2)	耐力 (kN/m)	相対変位
鉛直方向せん断	1,200	2,000	10mm	1,200	200	50mm
水平方向せん断	50	200		50	200	
引張	5.5	80		5,000	5,000	
圧縮	7,400	15,000		5,000	5,000	

表-3 2次元解析と3次元解析のモデル化の違い

設計モデル	2次元解析 (継手のせん断ずれを考慮した 仮想井筒はりによる解析)	3次元解析 (立体骨組解析)
基礎形状	断面形状は変化しない	断面形状の変化を考慮
継手	鉛直方向せん断ばねのみ考慮 (バイリニア型)	鉛直せん断ばね、水平せん断ばね、 引張・圧縮ばねを考慮 (バイリニア型)
鋼管	線形のみ	線形・非線形の2ケース

キーワード 立体骨組解析, 鋼管矢板基礎, 高耐力継手

連絡先 〒541-0056 大阪市中央区久太郎町 4-1-3 阪神高速道路(株)技術部 TEL 06-4963-5460

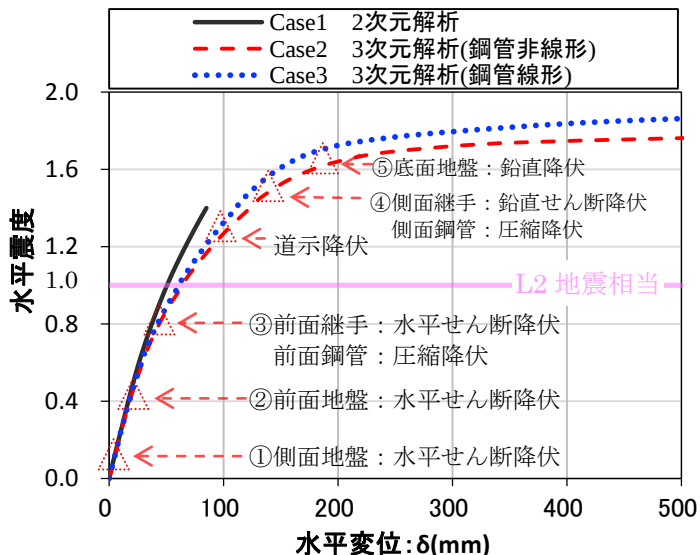


図-3 水平震度-水平変位関係(橋軸直角方向 L2 地震時)

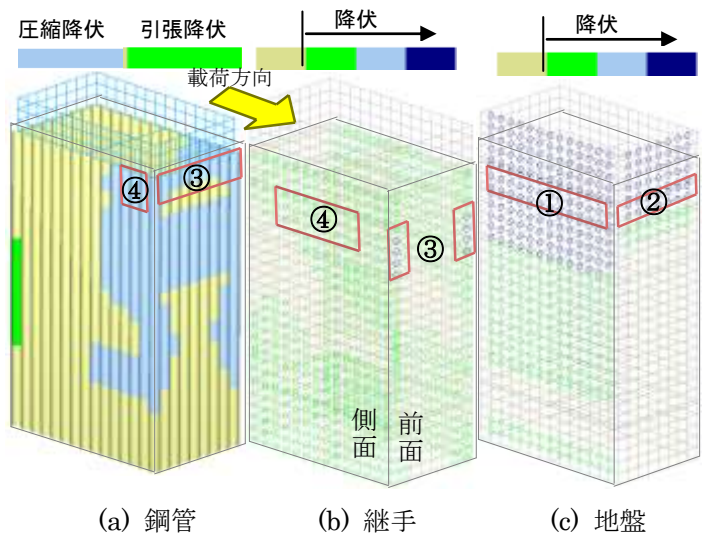


図-4 各要素の降伏状況

4. 解析結果

図-3 に橋軸直角方向の L2 地震時の解析結果として、水平震度-水平変位関係を示す。図-3 において、Case1 は従来の 2 次元解析、Case2 は 3 次元解析で鋼管矢板を非線形（バイリニア型）にモデル化、Case3 は 3 次元解析で鋼管矢板を線形にモデル化したものをそれぞれ示している。図-4 には Case2 の背面側の鋼管に引張降伏が生じた時点における各要素の降伏状況を示す。図-4 のモデル図中に記載した番号（①～④）は、図-3 の Case2 における各部材の降伏状態との関係を示している。図-3、図-4 に示す 3 次元解析結果より、まず地盤の水平せん断降伏が先行し、前面の継手、鋼管から側面の継手、鋼管という順に降伏に至っていることが分かる。

次に Case 毎の比較を行う。Case1（2 次元解析）と Case2, 3（3 次元解析）を比較すると、③の前面鋼管の圧縮降伏、前面継手の水平せん断降伏点付近（水平震度 0.8 程度）から、水平変位の差が開き始めていることが分かる。L2 地震相当である水平震度 1.0 において、Case2, 3 は Case1 より約 1.2 倍の水平変位が生じており、解析モデルの違いが荷重-変位関係に影響を及ぼしていることが明らかとなった。一方で、3 次元解析の鋼管線形、非線形に着目し Case2 と Case3 を比較すると、L2 地震相当の水平震度 1.0 において、水平変位は同程度の値を示しており、鋼管の線形、非線形が荷重-変位関係に与える影響は小さいと考えられる。

従来の 2 次元解析と比較して 3 次元解析において、水平変位が大きく発生した要因の一つとして、基礎の断面形状の変化を考慮するという 3 次元解析ならではのモデル化が影響している可能性が考えられる。先述のとおり、荷重-水平変位関係において、解析モデル間で水平変位に差が生じ始めた剛性変化点は、③の前面継手の水平せん断降伏付近と考えられる。鋼管矢板基礎の隅角部の上部の継手を確認したところ、深さ方向の広範囲で継手が水平せん断降伏しており、基礎前面の変形としては内側に凹む様な変形が生じていた。このことから 3 次元解析では継手の水平方向のせん断特性も重要であることが分かった。ただし、表-2 に継手特性を示しているとおり今回使用した大口径の高耐力継手と従来継手を比較すると、鉛直方向のせん断耐力及び剛性は性能が大きく向上している一方で、水平せん断耐力、剛性は同一な特性値となっているため、3 次元解析における継手の水平方向のせん断特性等の設定については検討が必要と考えられる。また、解析対象基礎の地盤は、中間層において支持層にもなり得る砂質土が存在する特殊な条件であり、また、鋼管矢板基礎の挙動には内部土の影響が考えられるが今回の検討では考慮できておらず、これらが基礎形状の変形等へ影響している可能性が考えられる。今後は、基礎の損傷位置と地盤特性との関係性についても、明らかにする必要がある。

5. まとめ

本検討で得られた知見は以下の通りである。1) 3 次元解析において 2 次元解析と比較して、継手・鋼管の降伏進展に伴い大きな水平変位が生じ、解析モデルが荷重-変位関係に与える影響を明らかにした。2) 3 次元解析により鋼管矢板基礎の変形状態が分かり、水平方向の継ぎ手特性の評価も重要であることが分かった。3) 中間層が存在する場合や基礎内部土などの地盤条件が鋼管矢板基礎の挙動に与える影響についても明らかにする必要がある。

これらの結果を踏まえ、引き続き解析・実験の両面から検討を行っていく所存である。

参考文献

- 1) フォーラムエイト：3 次元鋼管矢板基礎の設計計算 Ver.4 ヘルプ
- 2) フォーラムエイト：Engineer's Studio Ver 5.00.04 Help
- 3) 日本道路協会：鋼管矢板基礎設計施工便覧, 1997.12.