

とう曲変位に対する連続斜張橋基礎の安全性検討手法の一提案

阪神高速道路 正会員 ○服部 駿佑 正会員 杉山 裕樹 正会員 佐藤 彰紀 正会員 谷口 惺
大日本コンサルタント 豊島 孝之 正会員 後閑 勇

1. はじめに

大阪湾岸道路西伸部の新港・灘浜航路部は、大阪湾断層帯によって生じた摩耶とう曲上に位置する(図-1)。橋梁の計画・設計においては、とう曲の影響を適切に考慮する必要があるため、現地調査に基づく検討により、とう曲位置および変位量の推定が行われている。とう曲影響を適切に考慮するためには、摩耶とう曲と合わせて発生する地震も想定する必要がある。本稿では、主塔基礎を鋼管矢板基礎と仮定し、とう曲変位と道路橋示方書標準波の影響を静的に足し合わせた作用外力を想定した立体骨組解析による基礎の安全性検討手法を提案する。

2. 立体骨組解析による安全性検討手法

(1) 要求性能

本稿では、とう曲変位と合わせて発生する地震動としてレベル2地震動を仮定し、道路橋示方書に基づき、基礎全体として降伏に至らないこと(限界状態1以下)を要求性能とし、表-1の通り照査する。道路橋示方書において、変動作用時の鋼管矢板の継手管鉛直方向ずれ変位量は、照査項目に含まれていない。ただし、とう曲変位のように直接変形が基礎に作用する現象を考慮する場合、継手管が鉛直せん断変形することで基礎全体のせん断変形が大きくなり、荷重を支持する能力に影響を与える恐れがある。よって、継手管の鉛直せん断変形量についても確認する。なお、表-1の継手のせん断ずれ量10mmは、載荷試験結果²⁾において、せん断耐力が低下し始める変位量(特性値)に相当する。

(2) 解析モデル

本稿では、連続斜張橋において、とう曲中央部に設置される主塔基礎(図-1のPA-6)に着目する。とう曲変位に伴う地盤変形により井筒部は断面保持されないと考え、井筒断面の変形を考慮できる立体骨組解析を用いる。鋼管矢板基礎は、図-2のようにモデル化する。継手管は縞鋼管継手を想定し、鉛直方向せん断、引張、圧縮、水平方向せん断の剛性、耐力については、表-2に示すパラメータ³⁾を使用し、バイリニア型の弾塑性バネでモデル化する。地盤バネについては、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

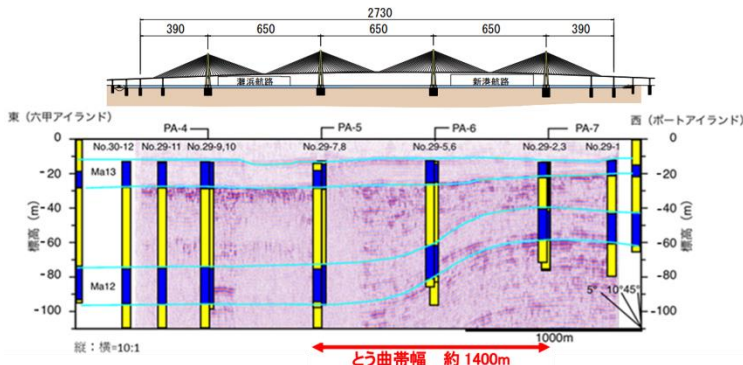


図-1 連続斜張橋(橋軸A型主塔)ととう曲の関係

表-1 鋼管矢板基礎の限界状態照査(限界状態1)

照査項目	照査の考え方	備考
変位	上部工慣性力作用位置の変位急増点が発生しないか照査	
押込み支持力	鋼管矢板の全本数の4分の1以上において、鋼管矢板先端の鉛直応力が極限押込み支持力に達していないか照査	道路橋示方書と同様の照査
引抜き力・底面浮上り	鋼管矢板の先端において、鉛直力が鋼管矢板先端の極限押込み支持力に達したものと浮き上がりが生じたものと合計が、全鋼管矢板の60%に達していないか照査	
杭体曲げ	外側鋼管矢板の押込み側の4分の1範囲の鋼管矢板の縁応力度が降伏応力度に達していないか照査	
杭-頂版接合部	せん断降伏耐力以下であることを照査	
(参考) 継手管	相対ずれ変位量が10mm以下であることを確認 ※限界状態照査としては扱わない	道路橋示方書の照査に含まれない

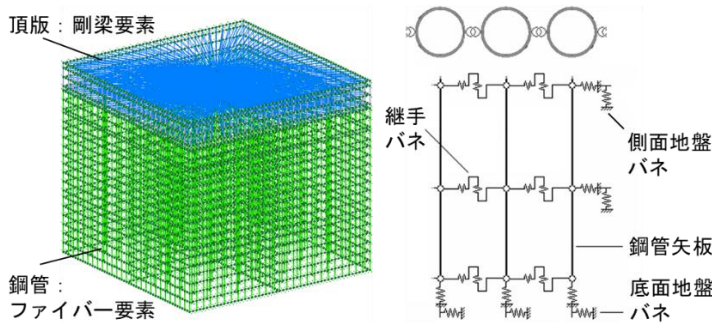


図-2 鋼管矢板基礎のモデル化

表-2 継手管バネパラメータ

	鉛直方向せん断	引張	圧縮	水平方向せん断
剛性[MN/m ²]	630	14	4500	150
耐力[kN/m]	1150	130	4200	550

キーワード 大阪湾岸道路西伸部, 長大斜張橋, とう曲変位, 鋼管矢板基礎, 立体骨組解析

連絡先 〒650-0023 神戸市中央区栄町通1-2-10 阪神高速道路(株) 神戸建設部 TEL078-331-9823

底面の鉛直方向をそれぞれバイリニア型の弾塑性バネ、基礎底面の水平方向は線形バネとし、架橋地点における現場土質調査結果を反映した。

(3) 入力値

とう曲変位による作用外力として、基礎天端に上部工反力を、基礎底面、側面にとう曲変に伴う地盤変形を地盤バネを介して基礎に考慮し、道路橋示方書標準波の影響も同様に考慮する。とう曲変位による地盤変形について、既往の検討りでは、とう曲傾斜角は60°と80°の2ケースを検討することとしている。本稿では、地盤の水平方向変形量の大きいとう曲傾斜角60°を対象とし、2次元FEM解析により地盤変形量を求めた(図-3)。上部工反力については、地盤変形による橋梁全体系への影響解析⁴⁾より、主塔基部作用力(基礎天端の作用力)を考慮する(図-4、表-3)。道路橋示方書標準波による地盤変形量は地盤地震応答解析プログラムのSHAKEを用いて、上部工反力は橋梁全体系解析を用いて算出する。それぞれ、時刻歴において基礎が最も変形する時刻の変形挙動を取り出して適用した。更に、とう曲変位は地盤変形方向と上部工反力方向が相反し、地震は同一方向で正負交番荷重であるため、とう曲変位と組み合わせる際の地震時の作用外力の方向をどちらとしたら安全側となるか検証し、とう曲変位時の基部作用力と同じ方向とした(図-5)。

3. 解析結果

立体骨組解析による試算結果として、図-6に鋼管矢板基礎変形図を、表-4に限界状態照査結果の一覧を示す。いずれの照査項目に対しても要求性能を満足するための限界状態以下に収まっており、とう曲変位に対して本基礎は荷重を支持する能力を保持している状態である。さらに継手管について、鉛直せん断変形量が10mm以下に収まっていることを確認した。

4. まとめ

大阪湾岸道路西伸部の橋梁設計において、とう曲変位に対する基礎の安全性検討手法の提案を行った。とう曲変位時に発生する地震動の影響と、とう曲変位による影響を静的に足し合せて、立体骨組解析により鋼管矢板基礎の応答を試算した結果、基礎全体の安全性が失われないことを確認した。

参考文献

- 1) 安積ほか：大阪湾岸道路西伸部の橋梁設計において考慮する断層変位量の検討，土木学会第76回年次学術講演会，2021.9.
- 2) 鋼管杭協会道路・橋梁委員会：縞鋼管継手を用いた鋼管矢板基礎，テクニカルノート，2006.3.
- 3) 服部ほか：縞鋼管工耐力継手の水平せん断及び圧縮・引張試験と鋼管矢板基礎設計への適用，第23回橋梁等の耐震設計シンポジウム，2021.1.
- 4) 吉澤ほか：大阪湾岸道路西伸部の長大斜張橋(新港・灘浜航路部)に対すとう曲変位の影響検討(その1)，土木学会第76回年次学術講演会，2021.9.

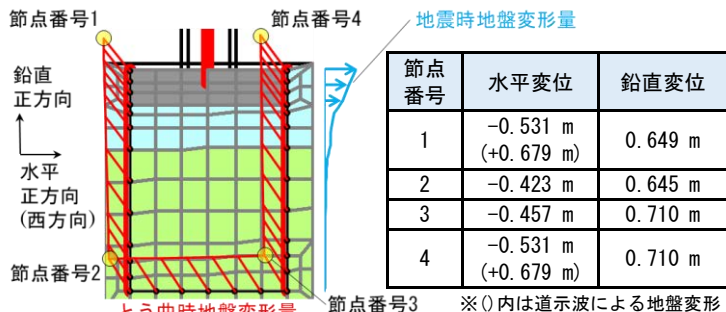


図-3 地盤変形図(とう曲傾斜角60°，道示波)

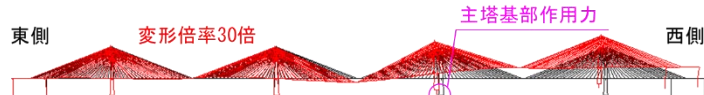


図-4 橋梁全体系影響解析変形図(変形倍率30倍)

表-3 主塔基部作用力

	とう曲変位時	道示波 L2 地震動
軸力 V [kN]	393, 169	417, 158
せん断力 H [kN]	18, 166	103, 366
橋軸曲げ M [kN・m]	2, 009, 976	12, 186, 716

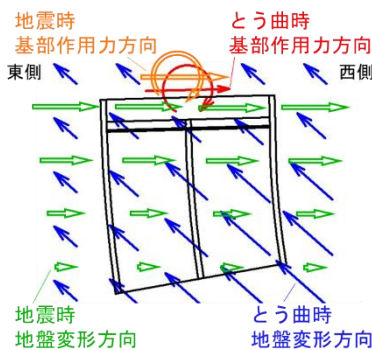
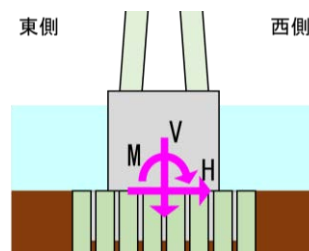


図-5 作用外力方向図

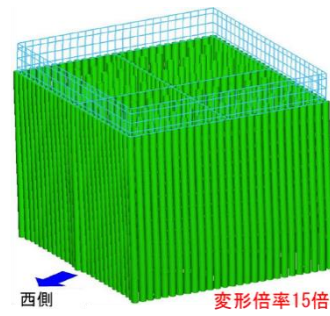


図-6 鋼管矢板基礎変形図

表-4 限界状態照査結果一覧

照査項目		照査結果(降伏比)	備考
上部工慣性力作用位置	変位量 [mm]	668.9 (-)	制限値なし
	変位急増点	-	なし(-)
杭体直応力	杭体降伏率 [%]	0.0 (0.00)	25%以上で降伏
	応力最大値 [N/mm ²]	296.7 (0.94)	$\sigma_y=315$ [N/mm ²]
極限支持		0.0 (0.00)	25%以上で降伏
支持+浮上り		35.6 (0.59)	60%以上で降伏
杭-頂版接合部(杭1本に対し)	せん断力 [kN]	10957.2 (0.33)	$P_s=11148$ [kN]
	必要スタッド本数 [%]	53 (-)	D22スタッド最大160本
継手管降伏	相対ずれ最大量 [mm]	6.65 (0.67)	特性値10mm