

PC曲線箱桁橋の腹圧力に関する一考察

(株)日本構造橋梁研究所 正会員 ○澤田 友治
 (株)日本構造橋梁研究所 正会員 前田 雅夫
 西日本高速道路(株) 萩野 千晶
 西日本高速道路(株) 森下 佑紀

1. はじめに

PC曲線箱桁橋では平面曲線に起因する腹圧力が発生し、とくに平面曲線半径が小さい場合、腹圧力が横方向設計に与える影響を適切に評価する必要がある。この腹圧力の代表的なものとしてウェブに配置した内ケーブルに起因するものなどがあり、これら腹圧力に対する具体的な検討方法はコンクリート道路橋設計便覧（以下、設計便覧）に記載されている。

設計便覧における腹圧力の算出方法は、主方向設計で得られる合成応力度と箱桁フレーム解析モデルを用いることにより、橋軸直角方向断面力を算出するものである。しかし、設計便覧には外ケーブルに起因する腹圧力の取扱いについては記載が無く、外ケーブルによる腹圧力を算出する場合、同便覧の算出方法をそのまま適用することができない。また、平面曲線半径が小さい場合、外ケーブル配置に起因して偏向部横桁を設置することとなるが、設計便覧の算出方法では偏向部横桁の設置に伴う腹圧力への影響についても評価することができない。

これより、上述した腹圧力算出における課題について検証するため、新名神高速道路内のランプ橋に採用したPC単純曲線箱桁橋を対象に、シェル要素を用いたFEM解析を実施し、腹圧力に対する影響評価を行った。本稿では、当該検討により得られた腹圧力に対する知見について報告する。

2. 橋梁概要

対象橋梁の概要を右記に示す。また、主桁断面図を図-1に、橋梁一般図を図-2に示す。

なお本橋のケーブルシステムは内外併用ケーブル方式であり、内ケーブルには1S28.6、外ケーブルには19S15.2を使用した。また図-2に示すように、偏向部横桁は外ケーブル配置を考慮して4箇所設置することとした。

構造形式：PC単純箱桁橋

橋 長：44.500m

支 間：41.288m

幅 員：8.750m

有効幅員：7.860m

平面線形：R=50m

施工方法：固定式支保工法

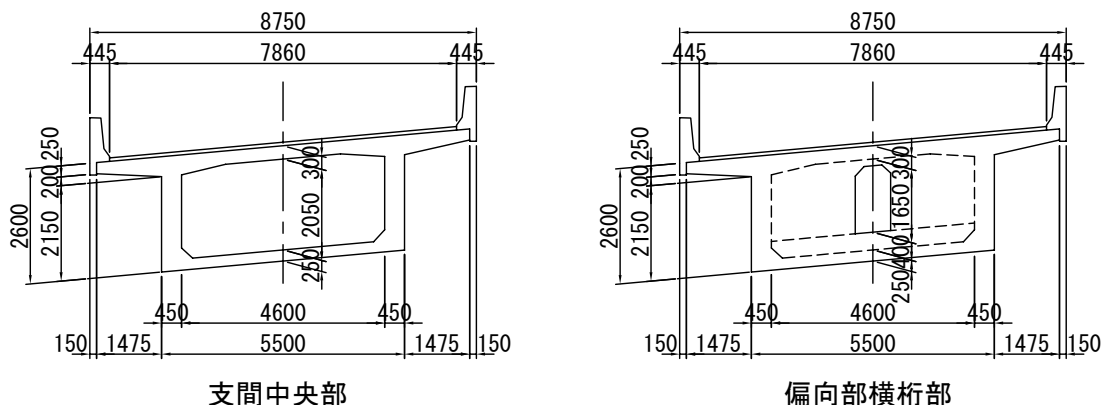


図-1 主桁断面図

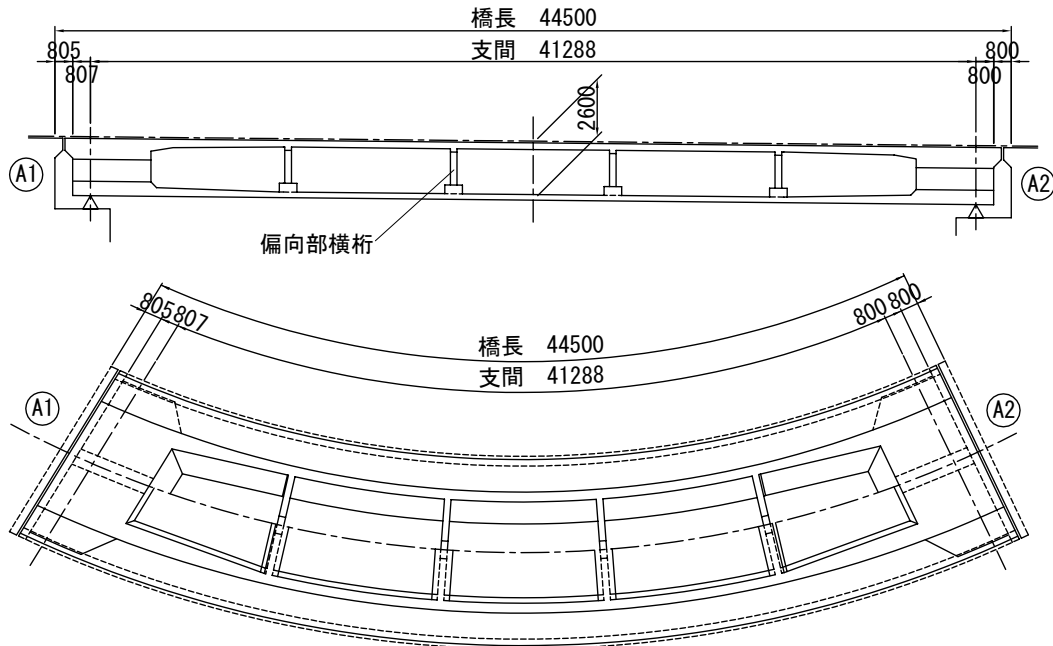


図-2 橋梁一般図

3. 解析モデル

FEM解析は3次元シェルモデルとし、上床版、下床版、ウェブ、横桁はシェル要素でモデル化し、PC鋼材（内ケーブル、外ケーブル）は棒要素でモデル化を行った。また、偏向部横桁が橋軸直角方向断面力に与える影響を評価するため、FEM解析は偏向部横桁有りモデル、偏向部横桁無しモデルの2ケースについて実施した。なお、FEM解析では主桁自重、橋面工荷重、内ケーブルプレストレス力、外ケーブルプレストレス力を考慮し、死荷重時状態の橋軸直角方向断面力を算出することとした。ここで、図-3に解析モデル図を示す。

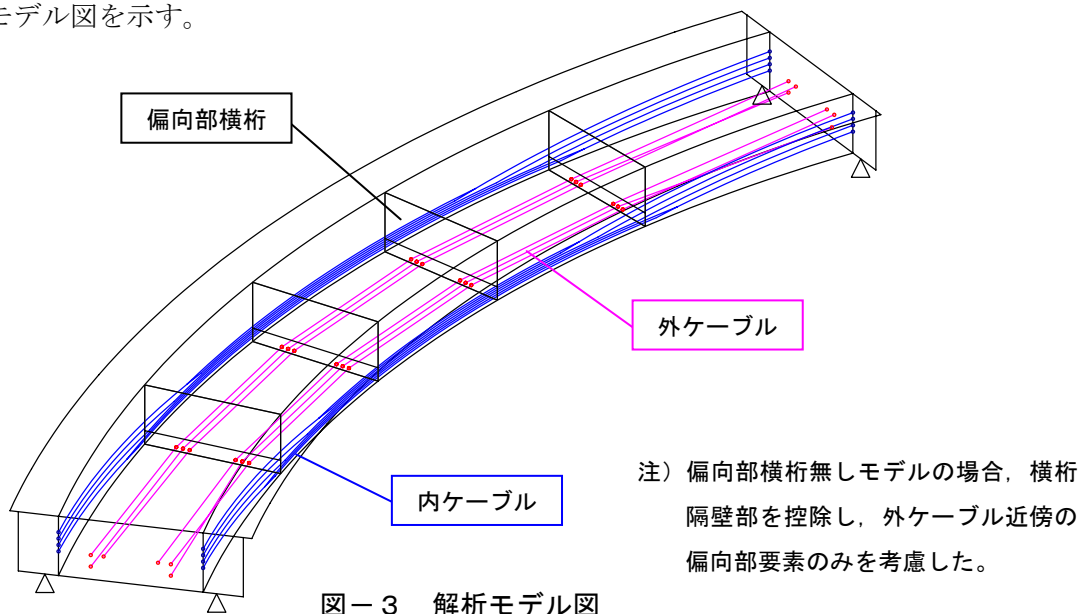


図-3 解析モデル図

4. 検討結果

4.1 検討概要

着目する断面は支間中央部とし、偏向部横桁の有無による影響と、腹圧力による橋軸直角方向断面力が横方向設計へ与える影響について検討を実施した。ここで、箱桁フレーム解析とFEM解析による支間中央部の橋軸直角方向の曲げモーメント図を図-4に示す。また、図-5に箱桁フレーム解析における腹圧力作用荷重の概要図を示す。

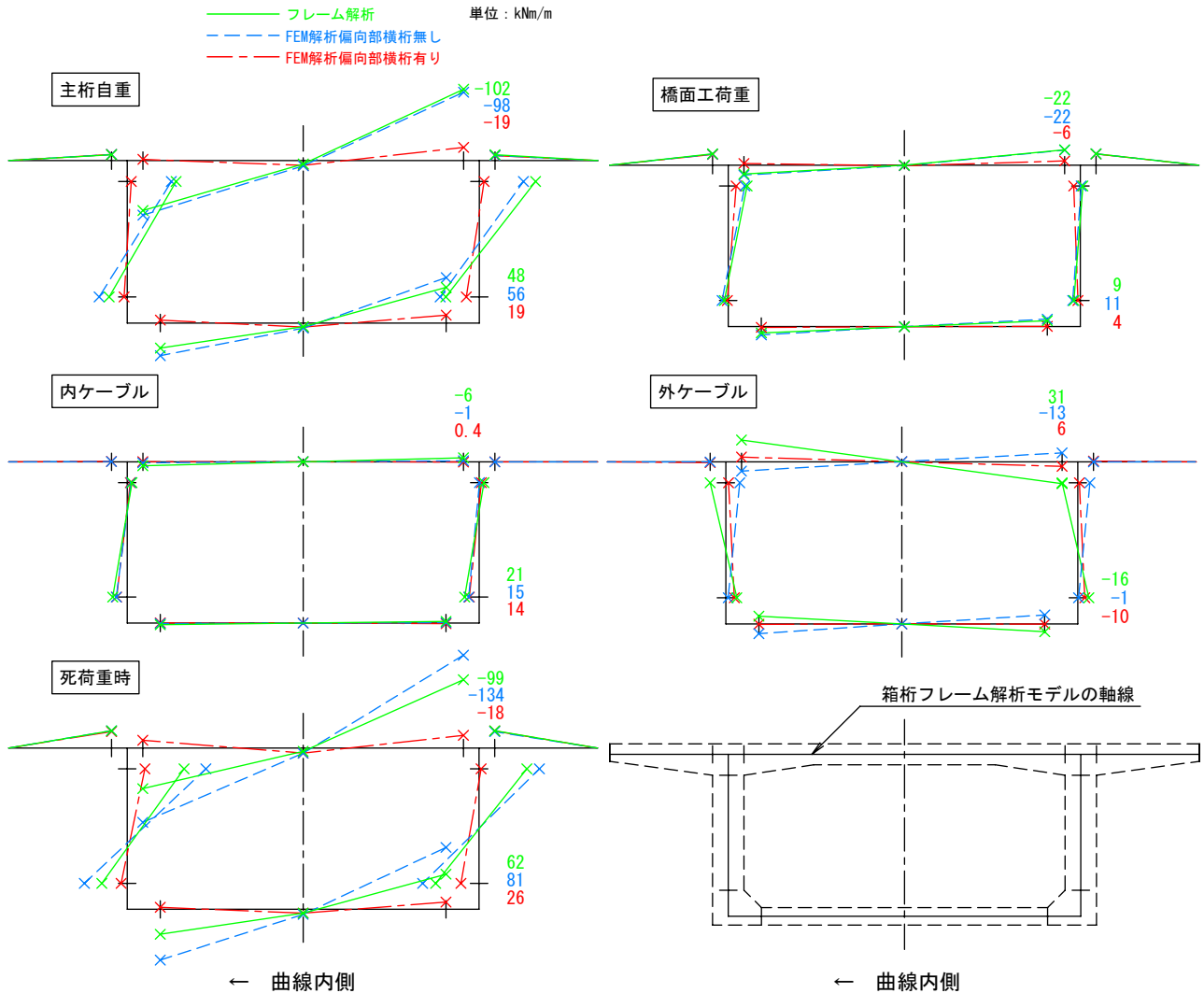


図-4 橋軸直角方向の曲げモーメント図 (支間中央部)

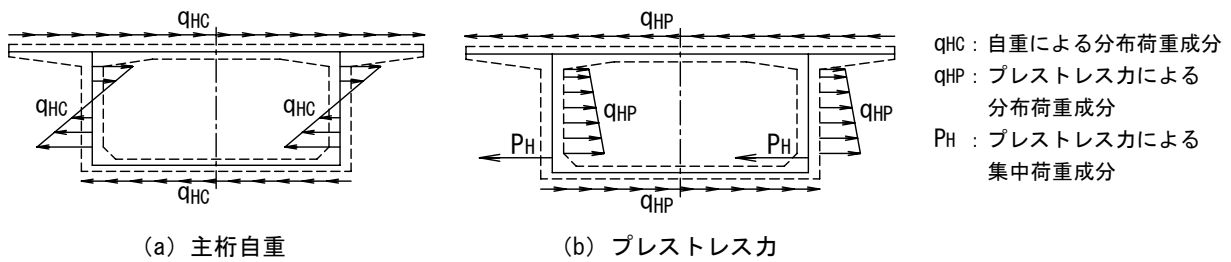


図-5 箱桁フレーム解析における腹圧力作用荷重の概要図

4. 2 主方向設計に与える影響

FEM解析の妥当性を検証するため、主方向曲げ応力度について3次元梁解析とFEM解析との比較を行った。表-1に支間中央部における主桁下縁の主方向曲げ応力度を示す。

表-1 主桁下縁の主方向曲げ応力度 (支間中央部)

単位: N/mm²

	主桁自重	橋面工荷重	内ケーブル	外ケーブル
3次元梁解析	-9.99	-1.97	7.91	6.68
FEM解析	偏向部横桁有り	-9.95	-2.00	7.94
	偏向部横桁無し	-9.74	-2.00	7.92
FEM/梁解析	偏向部横桁有り	1.00	1.02	1.00
	偏向部横桁無し	0.97	1.02	1.00

検討の結果、3次元梁解析とFEM解析の主方向曲げ応力度はほぼ等しく、これよりFEM解析の妥当性が確認できた。また、FEM解析において、偏向部横桁の有無による主方向曲げ応力度の差異がほとんど無いことから、偏向部横桁が橋軸直角方向断面力にのみ寄与することについても確認できた。

4. 3 偏向部横桁の有無に対する評価

偏向部横桁無しモデルのFEM解析による橋軸直角方向曲げモーメントは、フレーム解析による橋軸直角方向曲げモーメントに近い値となっており、偏向部横桁の影響を考慮しない場合、自重、橋面工、内ケーブルによる曲げモーメントはフレーム解析により評価できることがわかった (図-4 参照)。

一方、偏向部横桁有りモデルの場合、FEM解析による橋軸直角方向曲げモーメントはフレーム解析による橋軸直角方向曲げモーメントに比べて小さく、死荷重時の場合、FEM解析/フレーム解析比率はおおむね0.2~0.4倍程度であった (図-4 参照)。これより、フレーム解析によって算出された腹圧力による影響は過大であり、本橋の場合、腹圧力算出は設計便覧に準拠できないことがわかった。また、図-4 (死荷重時) に示す偏向部横桁有りモデル、無しモデルのFEM解析結果より、偏向部横桁を配置することによって橋軸直角方向曲げモーメントを低減できることが確認できた。

4. 4 外ケーブルに対する評価

設計便覧に準拠しフレーム解析によって内ケーブル腹圧力を算出する場合、主方向曲げ応力度に起因する分布荷重成分と、平面曲線に起因する集中荷重成分を足し合わせるにより単位幅あたりの内ケーブル腹圧力を算出することとなる (図-5 参照)。

一方、外ケーブルは平面曲線に沿った配置ではなく、偏向部位置でのみ平面的に外ケーブルを曲げることから、上述した平面曲線に起因する集中荷重成分を外ケーブルでは定義することができない。しかし、本稿ではフレーム解析値とFEM解析値との比較検証を実施するため、上述した主方向曲げ応力度に起因する分布荷重成分のみを使用することにより、フレーム解析における外ケーブル腹圧力による曲げモーメントの算出を試みた (図-4 (外ケーブル), 表-2 参照)。

検討の結果、外ケーブルによる曲げモーメントはFEM解析とフレーム解析における差異が大きく、設計便覧を参考にした上記手法では外ケーブル腹圧力を評価できないことがわかった。

4. 5 横締めPC鋼材配置に与える影響

本検討の結果、上述したように偏向部横桁の有無が橋軸直角方向曲げモーメントに与える影響は大きく、偏向部横桁の配置によって橋軸直角方向曲げモーメントの低減が可能であることを確認した。

ここで、上述の解析結果を踏まえ、横締めPC鋼材配置について検討した結果を表-3に示す。なお、参考までに腹圧力を無視した場合の横締めPC鋼材配置についても表-3に併記する。

検討の結果、フレーム解析から求まる横締めPC鋼材配置は1S21.8@375mm間隔となった。本橋の幅員が9m程度であることを踏まえると、横締めPC鋼材量としては多い結果となったが、これはフレーム解析による曲げモーメントについて正負交番する度合いが大きいことに起因している (図-4 参照)。一方、偏向部横桁有りモデルのFEM解析から求まる横締めPC鋼材配置は1S17.8@625mm間隔となり、上述したフレーム解析に比べて横締めPC鋼材量を低減することが可能であった。なお、腹圧力を無視した場合では、横締めPC鋼材配置は1S17.8@750mm間隔となった。腹圧力を無視した場合と偏向部横桁有りモデルにおける横締めPC鋼材量の差異が、横締めPC鋼材配置間隔125mm分のみであることを鑑みると、横桁が比較的密に配置されている場合、横締めPC鋼材量に与える腹圧力の影響は小さいといえる。

5. おわりに

本稿ではPC単純箱桁橋を対象に、平面曲線半径が小さい橋梁に及ぼす腹圧力の影響について報告した。本稿が今後の同種橋梁の設計の一助となれば幸いである。

参考文献

1) 日本道路協会：コンクリート道路橋設計便覧，pp. 383-393，1994

表-2 外ケーブルによる橋軸直角方向の曲げモーメント

		単位：kNm/m	
		上床版付根	ウエブ下端
フレーム解析		31	-16
FEM解析	偏向部横桁有り	6	-10
	偏向部横桁無し	-13	-1
FEM/フレーム	偏向部横桁有り	0.19	0.63
	偏向部横桁無し	-0.42	0.06

表-3 横締めPC鋼材配置

	横締めPC鋼材配置
フレーム解析	1S21.8@375mm
偏向部横桁有り	1S17.8@625mm
腹圧力無視	1S17.8@750mm