

温度変化を受ける曲線箱桁橋の挙動に関する基礎検討

熊本大学 工学部土木建築学科 学生会員 ○中山 恭吾
熊本大学大学院 自然科学教育部 正会員 松村 政秀

1. はじめに

令和3(2021)年8月、熊本県天草市に所在する牛深ハイヤ大橋にて、図-1に示すように、複数箇所の支承損傷が確認された。支承損傷に伴う牛深ハイヤ大橋の恒久対策のための検討が行われ、本橋梁の特徴である曲線箱桁橋の構造特性や損傷の発生状況から、温度変化による桁の複雑な挙動がピボットローラー形式の支承部にローラー可動方向以外からの荷重が繰り返し作用し、支承部に損傷が生じたと考えられている¹⁾。

そこで本研究では、日射の影響により部材間の温度差および桁全体に温度変化を受ける場合に、曲線箱桁橋の支承部に生じる反力および支承移動量について FEM 解析を行い検討した。

2. FEM 解析

解析モデルは、牛深ハイヤ大橋の本線部北側 (P3~P6 部分) を参考に、図-2に示す箱型断面からなり、全長 399.9m にわたって一定な曲率半径と支間長 133.3m を有する 3 径間曲線箱桁とし、温度-変位連成シェル要素を用いて作成した。解析モデルは図-3に示すように、桁端部がなす交角を 15°、30°、45° とし曲率半径が異なる曲線橋モデル (D15、D30、D45) および直線橋モデル (S) とし、モデルに死荷重を作用させた後に温度変化を考慮した。表-1に材料特性、表-2に解析パターンの一覧を示す。なお、橋脚や縦断勾配はモデル化せず、図-2に示すように各橋脚上に 2 つの支承を設け、P3 橋脚上の支承は全方向固定とした。表-2に示したように、桁全体に +30℃ 温度変化させ、P4~P6 の橋脚の支承条件が異なる xy-t30 と y-t30 を比較し、温度変化による変形挙動および支承条件が支承反力に

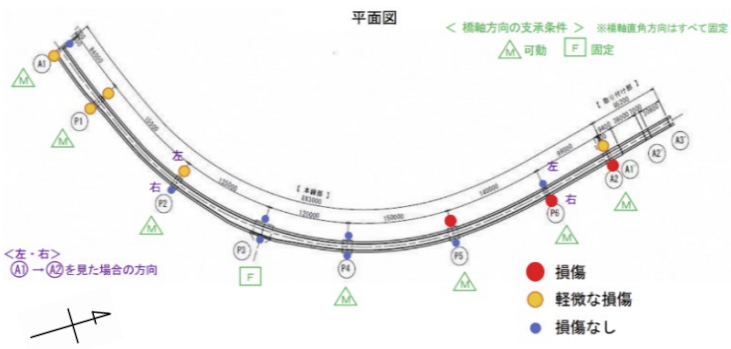


図-1 牛深ハイヤ大橋の本線部平面図および支承損傷箇所¹⁾

表-1 解析モデルの材料特性

質量密度[kg/m ³]	7.8×10 ³
ヤング率[N/mm ²]	2.1×10 ⁵
ポアソン比	0.3
熱膨張係数[1/K]	1.2×10 ⁻⁵
熱伝導率[W/(m・K)]	50
比熱[J/(kg・K)]	6.4×10 ²

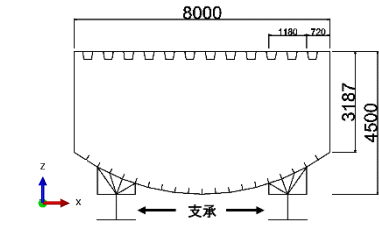


図-2 解析モデルの断面形状 (単位: mm)

表-2 解析パターン

パターン名	支承可動方向 (P4~P6)	考慮する温度変化
xy_t30	橋軸直角(x)・橋軸(y)方向	桁全体: +30℃
y_t30	橋軸方向(y)方向	桁全体: +30℃
y_td15	橋軸方向(y)方向	部材間温度差: 15℃

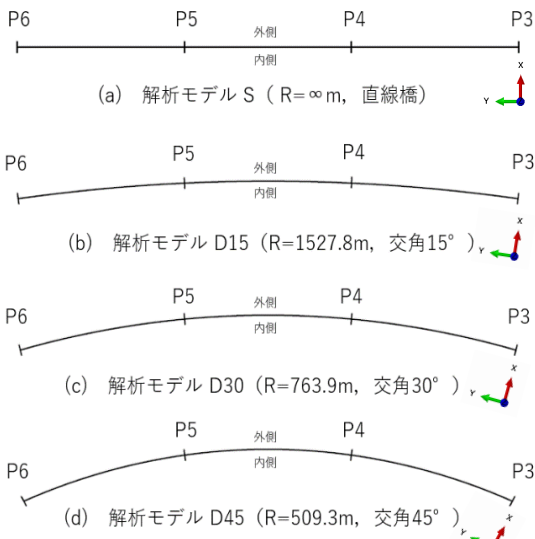
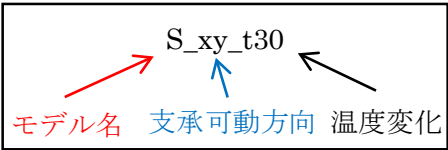


図-3 解析モデルの平面線形



キーワード 曲線箱桁橋, 温度変化, FEM 解析, 支承反力, 曲率半径

連絡先 〒860-8555 熊本市中央区黒髪 2-39-1 TEL 096-342-3546

及ぼす影響を検討した。また、桁の上面と外側側面を+30℃、桁の下面と内側側面、リブ、ダイヤフラムを+15℃に温度変化させて±15℃の温度差を考慮した y_td15 と y_t30 を比較し、部材間の温度差による影響を検討した。解析には、汎用有限要素解析ソフト Abaqus2017 を使用した。

3. 解析結果

図-4にxy_t30における橋軸・橋軸直角方向、y_t30における橋軸方向の支承移動量を示す。これらのグラフより、橋軸方向が固定されているP3橋脚までの距離が長く、曲率半径が小さいほど橋軸直角方向の移動量が大きいがわかる。これは箱桁の内側および外側の側面の長さが異なることにより、温度変化による内外の変化量の差が大きくなったためと考えられる。表-3に、y_t30とy_td15における各支承反力値を示す。y_td15における鉛直方向反力では、曲率半径が小さいほど内外の反力差が大きい。これは、部材間の温度差により主桁の断面内でひずみ差が生じたことに起因したと考える。y_t30の鉛直方向反力にも同様の傾向が見られるが、y_td15の反力値の方が大きく、日射により部材間の温度差が生じた際、支承部の鉛直方向荷重にも影響することが考えられる。

4. まとめ

曲線箱桁橋の部材温度が桁全体で一様に変化すると、曲率半径の小さいほど箱桁側面の長さの差に因る影響が大きく、橋軸直角方向への変位を示すことがわかった。また、日射により部材間の温度差が生じた際は、主桁の断面内でひずみ差が生じることに起因して、内外の支承に加わる鉛直方向荷重に影響し、曲率半径が小さいほどその影響が大きいことがわかった。

参考文献

1) 熊本県：第1回支承損傷に伴う牛深ハイヤ大橋の恒久対策技術検討委員会資料，
<https://www.pref.kumamoto.jp/site/amakusa/115542.html>, 2021
2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説II鋼橋・鋼部材編，pp.61, 2017
3) 今川雄亮，竹原和夫ら，鋼・コンクリート単純合成桁橋の耐荷性能評価に関する解析的研究，土木学会構造工学論文集，Vol.53A，pp. 1107-1116, 2007

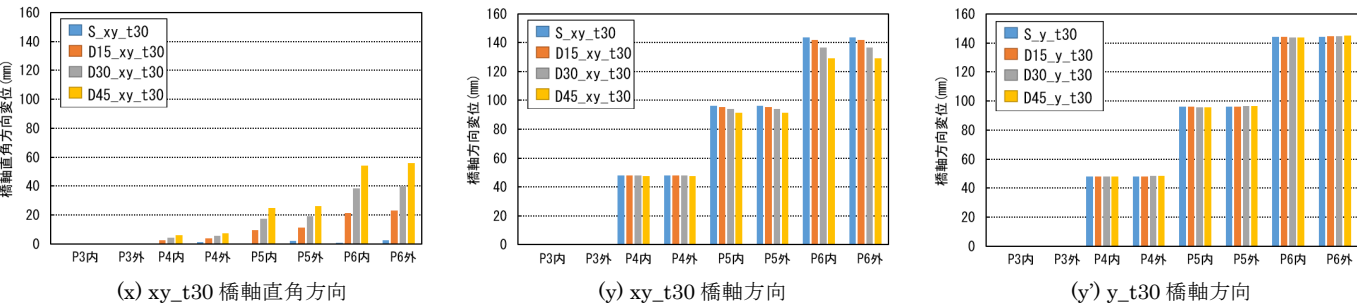


図-4 xy_t30 , y_t30 における各モデルの支承移動量

表-3 y_t30 , y_td15 における各モデルの支承反力 (単位：kN)

(a1) S_y_t30				(a2) S_y_td15				(b1) D15_y_t30				(b2) D15_y_td15			
S_y_t30		橋軸直角方向	鉛直方向	S_y_td15		橋軸直角方向	鉛直方向	D15_y_t30		橋軸直角方向	鉛直方向	D15_y_td15		橋軸直角方向	鉛直方向
P3	内	1569.47	1.26	P3	内	632.05	113.68	P3	内	1565.99	0.49	P3	内	633.62	26.85
	外	-1569.36	1.24		外	-569.53	69.26		外	-1567.73	2.02		外	-570.61	150.02
P4	内	2358.82	4.30	P4	内	806.76	-107.95	P4	内	2349.56	5.48	P4	内	807.94	-411.37
	外	-2358.98	3.98		外	-868.07	-64.22		外	-2347.92	2.76		外	-870.18	245.12
P5	内	2343.72	4.17	P5	内	796.14	-111.74	P5	内	2361.72	5.63	P5	内	811.14	-411.74
	外	-2343.67	4.11		外	-864.77	-60.41		外	-2359.50	2.68		外	-875.00	245.97
P6	内	1574.89	1.12	P6	内	638.43	116.86	P6	内	1557.26	0.18	P6	内	626.71	27.28
	外	-1574.90	1.38		外	-571.01	66.08		外	-1559.38	2.31		外	-562.63	149.42

(c1) D30_y_t30				(c2) D30_y_td15				(d1) D45_y_t30				(d2) D45_y_td15			
D30_y_t30		橋軸直角方向	鉛直方向	D30_y_td15		橋軸直角方向	鉛直方向	D45_y_t30		橋軸直角方向	鉛直方向	D45_y_td15		橋軸直角方向	鉛直方向
P3	内	1566.71	-0.44	P3	内	636.06	-51.58	P3	内	1567.48	-1.15	P3	内	638.40	-110.12
	外	-1570.32	2.99		外	-576.02	211.79		外	-1572.69	3.78		外	-584.32	248.37
P4	内	2348.72	6.69	P4	内	820.66	-650.20	P4	内	2355.72	6.96	P4	内	847.92	-801.46
	外	-2345.41	1.51		外	-879.51	500.39		外	-2351.09	1.14		外	-899.93	673.41
P5	内	2353.43	6.92	P5	内	829.71	-647.28	P5	内	2353.72	8.36	P5	内	850.92	-794.76
	外	-2349.31	1.38		外	-885.23	498.63		外	-2347.99	-0.08		外	-895.57	668.50
P6	内	1562.97	-0.79	P6	内	634.02	-53.07	P6	内	1568.54	-1.90	P6	内	637.61	-113.22
	外	-1567.09	3.30		外	-576.20	212.89		外	-1574.47	4.45		外	-588.34	250.84