

I-5 鋼床版におけるコーナプレート取付けの影響と効果

北海道大学工学部 正会員 荏澤憲吉
 北海道大学工学部 学生会員 寒河江宗三
 北海道 小林敏克
 北海道大学工学部 正会員 芳村 仁

1. まえがき

作用する車輪荷重による鋼床版の局所変形およびそれに伴う局所応力を小さく抑えるためには、縦リブの断面配置において、特に主桁または縦桁とそれに隣接する縦リブとの間隔をなるべく詰めることが望ましい。しかし、実際にこの間隔が狭くなると縦リブの現場溶接が困難となるので、この問題の解決策として、図1に示すように主桁とデッキプレートの隅角部にコーナプレートを取付ける方法が考えられる¹⁾。この報告はこのように鋼床版にコーナプレートが取付けられた場合の車輪荷重作用による主桁位置近傍の局所応力を解析し、コーナプレート取付けの影響を調べ、さらにコーナプレート内部の応力も明らかにしたものであり、加えてコーナプレートの板厚および傾斜角についても検討を行った。

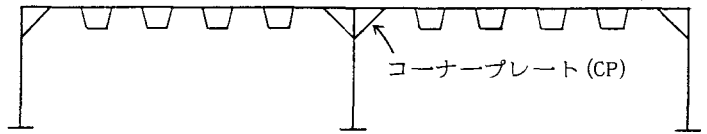


図1 コーナプレート付き鋼床版

2. 解析

解析は面内と面外の両変形を考慮した折板理論を用いて図1に示すような鋼床版構造を対象とした。鋼床版のスパンは横リブ間隔とし $L=2500\text{mm}$ 、デッキプレート (以後DPと略称する) の板厚は 12mm 、縦リブは図2に示すような JSS 300×220を 300mm間隔に配置するものとした。車輪荷重は図3に示すような複輪とし、 $p=10\text{kgf/cm}^2$ の部分等分布面荷重とし、全体で $P=8\text{t}$ である。荷重の作用位置は、橋軸方向にはスパンの中央、幅員方向には主桁をちょうどはさむような位置である。コーナプレート (以後CPと略称する) の板厚は 6mm 、傾斜角は 45° としたが、この板厚と傾斜角についてはあとで補足して検討を加えた。

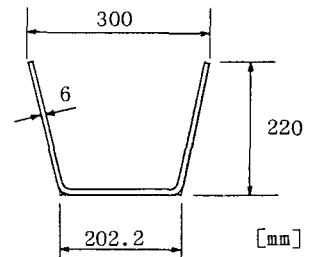


図2 縦リブ断面 JSS 300×220

解析で用いた境界の条件は、橋軸方向には横リブ位置において単純支持とした。幅員方向の中間主桁位置における境界条件は、DP, CPともに固定としたが、これは構造と作用荷重の対称性および床版のたわみ剛性に比べて主桁のたわみ剛性がきわめて大きいことから採用したものである。一方、それと反対側の境界条件については、これまでの局所応力の解析結果から、車輪荷重より幅員方向にある程度以上離れた位置の支持条件はその荷重近傍に生じる局所応力の解析値に影響を与えないから²⁾、境界が十分に離れていさえすれば固定でも単純支持でもかまわないが、この解析では主桁より 1650mm 離れた位置で固定条件を与えた。

折板理論解析より各々の板要素について種々の応力と変形が得られるが、そのうちで鋼床版の局所応力として注目したものは、DPにおいては局所曲げモーメント M_x, M_y 、CPにおいては局所曲げモーメント M_{xc}, M_{yc} および面内軸力 N_{xc}, N_{yc} である。それらを

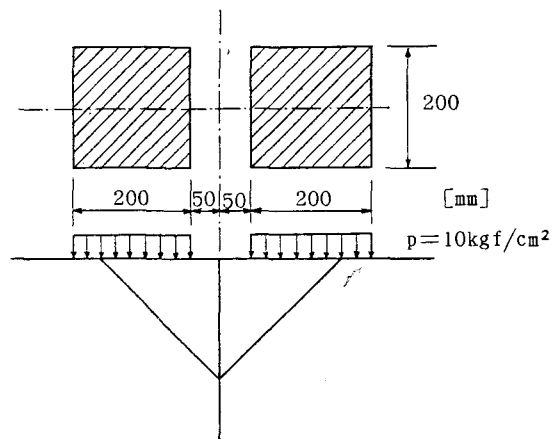


図3 車輪荷重、分布形状と作用位置

図4に示す。解析結果として示したそれらの局所応力の値は、荷重位置と同じく橋軸方向にはスパン中央での大きさである。

3. 鋼床版の主桁近傍における

局所応力の一般的傾向

まず、CPのない鋼床版構造において、中間主桁上に車輪荷重が作用するとき生じるDPの局所曲げモーメントについて考える。作用荷重の近傍に幅員方向の曲げモーメント M_x と橋軸方向の曲げモーメント M_y が生じるが、一般にその分布形状はほぼ似ており、値の大きさは $M_x > M_y$ である。(両方向の曲げモーメントの大きさを比べると主桁上の位置における値では、この解析の場合 M_y は M_x の約30%であった。)したがって M_x について注目し、その一般的な分布状態を示すと図5のようである。図よりDPの M_x は主桁上の位置と縦リブ接合部の位置において負の極値をとり、その間で正の極値をとるが、それらの大きさをそれぞれ M_{x0} , M_{x1} , M_{xm} と記号しておく。

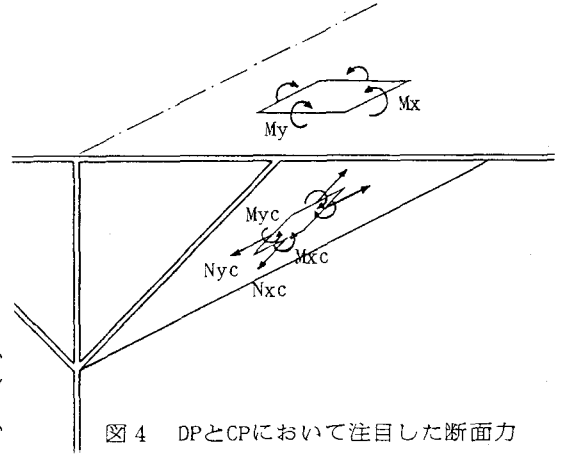


図4 DPとCPにおいて注目した断面力

ところで主桁とそれに隣接する縦リブとの間隔 bo は、採用される縦リブの規格および主桁間隔によって断面配置された結果より決まってくるものである。いま、この bo を150mm～450mmと50mmきざみで変えて解析し、それぞれの場合の M_x 分布を求め、それらの極値 M_{x0} , M_{x1} , M_{xm} をグラフに表わすと図6のようになる。これより次のことが明らかである。

- 1) $bo=150\text{mm} \sim 450\text{mm}$ のいずれの場合においても、主桁上の位置に生じる負の局所曲げモーメントの極値 M_{x0} は、他の極値よりも大きな値である。
- 2) M_{x0} の大きさは、間隔 bo が広がるにつれて大きな値となっていく。

また、DPの鋼種がSM50で許容曲げ応力度を 1900kgf/cm^2 とすれば、板厚12mmのDPの許容曲げモーメントは $456\text{kgf}\cdot\text{cm/cm}$ であるから、図6からさらに次のことが言える。

- 3) $bo=250\text{mm}$ 以上の場合では M_{x0} が許容曲げモーメントより大きな値となる。

以上から、鋼床版の局所変形および局所応力を小さく抑えるためには、主桁と隣接縦リブとの間隔 bo を小さくすることが望ましいことがわかる。しかし、縦リブの規格と主桁間隔との関係で難しい場合もあり、また狭くとれたとしても実際に $bo=150\text{mm}$ 程度であると縦リブの現場溶接が非常に困難であるといわれている。¹⁾

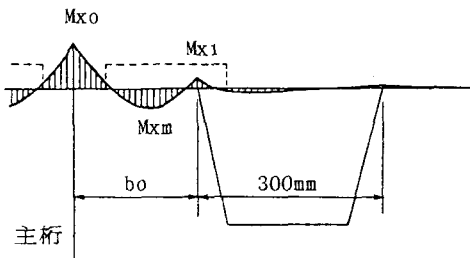


図5 主桁近傍のDPの M_x 分布

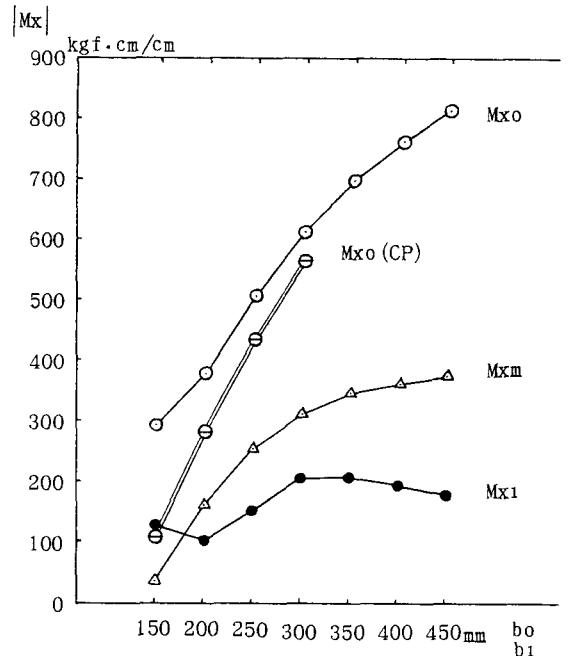


図6 M_x の極値の変化

4. コーナープレート取付けによるデッキプレートの局所応力

次に鋼床版のDPと主桁との隅角部に、溶接等により板厚6mm,傾斜角45°のCPを取付けた構造とした場合のDPの局所曲げモーメントについて考える。作用する車輪荷重の位置は先と同様に主桁上である。この場合、主桁と隣接する縦リブとの間隔を450mmとし、その間に取付けられたCPのDPとの接合位置と主桁との間隔を b_1 とする。作用荷重の近傍に生じる局所曲げモーメント M_x と M_y は、CPのない場合と同様にその分布形状はほぼ似ていて、値の大きさは $M_x > M_y$ である。

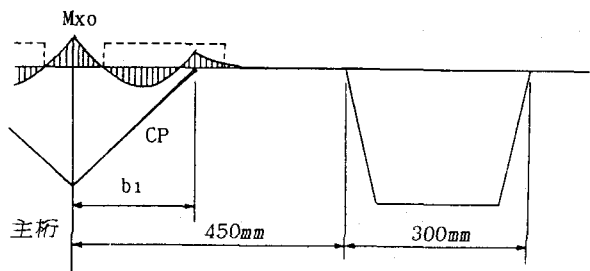


図7 CP取付けの場合の M_x 分布

したがって M_x について、その分布状態の一般形を図7に示す。CP取付けの場合も、主桁上の位置とCP接合部の位置において負の極値をとり、その間では正の極値をとる分布である。

解析では、CPの取付け位置を $b_1=150\text{mm} \sim 300\text{mm}$ と50mmきざみで変えて、それぞれのときの M_x 分布を求めたが、そのうち主桁上の位置における負のDPの局所曲げモーメントの極値 M_{xo} の値を、図6のグラフに $M_{xo}(\text{CP})$ と記して示した。このグラフより、CPのない場合の主桁と縦リブとの間隔 b_0 とCP取付けの場合の主桁とCP接合部との間隔 b_1 が同じである場合($b_0=b_1$)を比べると、 M_{xo} の大きさはCP取付けの場合の方が小さい値となることがわかる。これより、通常施工されるCPのない鋼床版で $b_0=200\text{mm}$ 以下にとった場合でも、その主桁と隣接する縦リブをCPに置き換えることによって、溶接作業スペースを広くとれる上に主桁上の M_{xo} を小さく抑えて構造的に有利にすることが期待できる。

また、縦リブの断面配置において主桁とそれに隣接する縦リブとの間隔 b_0 が狭くとれずに $b_0=250\text{mm}$ 以上になってしまう場合には、その大きさに応じて主桁間隔の片側または両側に適当なCPを取付けることによって、DPに生じる曲げモーメントを小さく抑えることができることになる。

5. コーナープレートの内部の局所応力

CP取付けの場合では、CPに曲げ変形と面内変形を生じる。曲げ変形に伴う曲げモーメントは、 M_{xc} と M_{yc} (図4参照)のいずれもDPとの接合部において最大の大きさとなるが、 $M_{xc,max} > M_{yc,max}$ であり、またDPに生じる曲げモーメントに比べると、図7に示すように小さな値である。

面内変形に伴う面内軸力のCP内部の分布状態については、一例として $b_1=200\text{mm}$ の場合を示すと図8のようである。橋軸に直角方向の軸力 N_{xc} は全域にわたって圧縮力であり、DPとの接合部において最大値をとり主桁との接合部に向うにしたがって漸減する分布となる。一方、橋軸方向の軸力 N_{yc} は両端のDPおよび主桁との接合部において圧縮力となり中央部では減小し一部引張力となる分布である。これらの N_{xc} と N_{yc} の最大値を比較すれば、 $N_{xc,max} > N_{yc,max}$ である。

CPの局所応力の曲げモーメントおよび面内軸力の最大値 $M_{xc,max}$ と $N_{xc,max}$ は上記のようにいずれも

DPとの接合部に生じるが、CPの取付け位置 $b_1=150\text{mm} \sim 300\text{mm}$ のそれぞれの場合についてそれらの解析結果を示すと表1のようである。

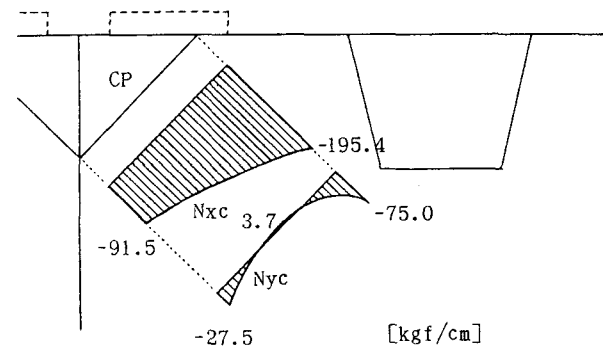


図8 CP内部の応力分布 N_{xc}, N_{yc} ($b_1=200\text{mm}$)

b_1 (mm)	$M_{xc,max}$ (kgf·cm/cm)	$N_{xc,max}$ (kgf/cm)
150	- 5.9	-228.0
200	-12.1	-195.4
250	-23.4	-162.8
300	-24.1	-133.2

表1 CPに生じる最大曲げモーメント $M_{xc,max}$ と最大圧縮力 $N_{xc,max}$

6. コーナープレートの板厚と傾斜角に関する検討

以上の解析ではCPの板厚と傾斜角について、それぞれ6mmおよび45°として行ったが、それとは別の板厚のCPまたは別の傾斜角をもつCPを取付けた場合についても解析を行い、先の結果と比較することによりその影響を検討した。

表2に解析結果としてDPの主桁上の位置における局所曲げモーメントの極値 M_{xo} と CPの最大面内軸力 $N_{xc,max}$ の値を、CPの取付け位置 $b_1=150\text{mm}, 200\text{mm}, 250\text{mm}$ のそれぞれについて示した。この表において、(1)には先の解析の板厚6mm、傾斜角45°=1/1のCPを用いた場合の解析値、(2)にはより厚い板厚8mmのCPを用いた場合の値、(3)には傾きを2/1として強い傾斜角のCPを用いた場合の値を示してある。これらの(1)～(3)の M_{xo} の各解析値にはほとんど差は認められず、また $N_{xc,max}$ においても(1)と(2)の間に差異はなく、(3)の場合に約20%の減少となっていることがわかる。これより、次のことがいえるものと思われる。

- 1) CPの板厚が6mmでも8mmでも鋼床版に生じる局所応力の大きさは変わらない。
- 2) CPの(水平に対する)傾斜角を強くした場合、DPの局所曲げモーメントの大きさは変わらず、CP内部の面内軸力は減少する。(ただしこの場合、CPの傾きが強くなるとそれだけCPの板幅が広くなることに留意する必要がある。)

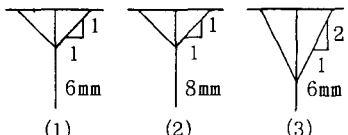
 (1) (2) (3)	b_1 (mm)	M_{xo} (kgf·cm/cm)			$N_{xc,max}$ (kgf/cm)		
		(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
	150	-110.2	-105.2	-101.6	-228.0	-230.3	-182.5
	200	-282.4	-275.0	-277.4	-195.4	-196.4	-156.8
	250	-438.5	-430.8	-435.5	-162.8	-162.7	-131.5

表 2 CPの板厚および傾斜角を変えた場合の M_{xo} と $N_{xc,max}$

7. あとがき

この報告は、鋼床版の縦リブの断面配置においてコーナープレートを取付けた場合の影響と効果について、局所応力の解析結果から検討したものである。通常の鋼床版構造に比べて、コーナープレートを取付けた場合では、車輪荷重による局所応力を小さく抑えられ力学的に有利な構造となる上に、設計上では適当なコーナープレートを選定することにより縦リブの断面配置をスムーズに行うことができ、さらに施工面では縦リブの現場溶接の作業スペースを広くとることができる。

今後さらに具体的な解析例を加えて検討を続けていく予定である。

数値計算は北大大型計算機センターを利用した。

(参考文献)

- 1) 鋼床版用U形鋼のJSS規格。橋梁と基礎。80-7。
- 2) 韭澤, 芳村, 床井: 鋼床版箱桁橋の局所変形と局所応力の解析。土木学会北海道支部論文報告集。第38号。S57.2。