

[85] 鋼型枠補強コンクリート合成床版の静的強度

正会員 園田恵一郎 (大阪市立大学工学部)
 堀川都志雄 (大阪市立大学工学部)
 正会員 ○広瀬 清泰 (大阪市立大学工学部)

1、まえがき

近年、RC床版に替わる橋梁床版として、鋼とコンクリートの合成床版の研究・開発が進められ、幾つかの施工例の報告もされている。この種の合成床版は、その目的と製造方法によりつぎの2つに大別される。(1)プレキャストスラブとして工場での大量生産による省力化を目的としたもの、(2)場所打ちコンクリートを用いるが、型枠・配筋工などの現場作業の省力化を目的としたもの。(1)の例としてはプレキャスト鋼板コンクリートスラブ(コンボスラブ)、サンドウィッチ鋼板スラブなど、(2)の例としては、鋼格子床版(グレーチング床版)、ユニットスラブなど挙げられる。(1)は工場製作によるため十分な品質管理による製品の均一化が期待できるが、継手構造や部材間の整合性に難点があり、この点、(2)はコンクリート一体打ちのため有利である。

一方、建築構造では鋼製型枠補強合成スラブの実用化が既に数多く見られる。この種のスラブは型枠としての鋼板とコンクリート板がずれ止めにより一体化されているため、比較的薄い床版で大きな耐力が期待できる。しかしながら、この種の床版の道路橋への適用は未だ少なく、著者の知る限りでは一例¹⁾を見るに過ぎない。建築構造の床スラブと道路橋床版では荷重の特性が大きく異なるが、曲げおよびせん断耐力、疲労強度ならびに剛性の面から見て、道路橋への適用は十分可能であると著者は推測している。

本研究では、道路橋床版を対象として、場所打ちコンクリートの利点を生かして、図-1に示すようなユニット化された鋼製のデッキプレート(型枠兼用の引張補強材)とした合成床版を考案し、その実用化を目的として基礎実験を行ったものである。デッキプレートは薄鋼板に軽量溝形鋼を溶接したもので、溝形鋼の上面に溶接された鉄筋をずれ止めとしてコンクリート部と一体化されている。床版断面は図-2に示すように中空部を持っており、ユニット化されたデッキプレートは高力ボルトにより連結されている(図-3参照)。このデッキプレートはそれ自体でかなりの剛性を持っているため型枠および作業用足場としての役割を十分果し得る。

- 本床版の期待される特長を列挙すれば、
- ①床版の支保工、型枠が不要であり、配筋工等の作業も大幅に軽減できる。
 - ②床版厚を薄くでき、軽量化が図れる。
 - ③工期短縮が可能であり、破損したRC床版の架け替え工法としても利用できる。

なお、この床版を合成桁床版として利用する際には、合成桁の上フランジとしての有効床版厚は従来のRC床版よりかなり薄くなるが、特に問題はないと思われる。

2、設計方法

現行の道路橋示方書の設計曲げモーメント式を

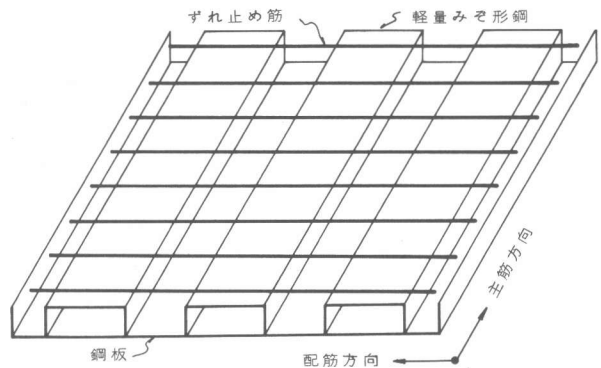


図-1 型枠兼用のデッキプレート

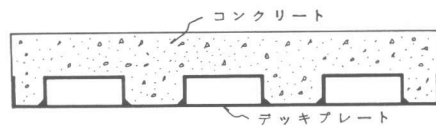


図-2 合成床版の断面

適用する。床版厚は既設床版の架け替えを考慮して18 cmとする。床版は、橋軸直角方向にデッキプレートの溝形鋼が並列するように配置される。活荷重はT-20とし、20%の割増しを考慮する。ずれ止め設計においては、設計せん断力を定める必要があるが、現行の道路橋示方書にはこの種の規定は設けられていないので、ここでは、コンクリート標準示方書に定められている一方スラブの最大曲げモーメントを求めるための有効幅を準用して、主桁上で支えられた連続版をこの様な有効幅を持つ単純ばりに置換し、可能な最大限の後輪荷重を載せて、設計せん断力を決定した。

設計計算は許容応力度法に基づき、応力計算は鋼板を鉄筋に置換して従来のRC断面の設計法に準ずるが、デッキプレート自身の持つ曲げ剛度が大きいため、これを考慮に入れる。但し、溝形鋼に直角な方向の断面設計では、溝形鋼を無視し、デッキプレートの曲げ剛度は考慮に入れない。ずれ止め筋の計算は引張側コンクリートを無視して算出したせん断応力がずれ止め筋の溶接部に作用するものとして、許容応力度法($T_a = 800 \text{ kg/cm}^2$)によりずれ止め筋を配置する間隔と溶接長を決定する。溝形鋼と鋼板との溶接長は、同様の方法でせん断応力が溶接部に作用するものとして決定する。次に継手部は、図-3に示すような、高力ボルトを用いた接合方法を採用する。この場合、高力ボルト間隔は、高力ボルトを鉄筋に置換えて、通常のRC断面として算出したボルトの曲げ応力が許容応力に等しくなるようにして決定する。

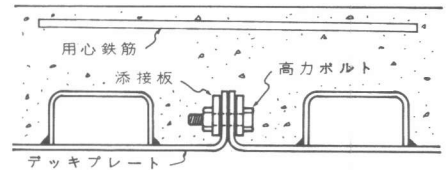


図-3 継手部の接合方法

3、実験の目的と試験体の製作

2、で設計した鋼型枠補強コンクリート合成床版の主筋方向(主桁と直角方向)の正曲げ、負曲げおよびせん断強度および配筋方向(主桁と平行な方向)の正曲げ強度ならびに継手部の強度と剛性を調べ、従来のRC床版に比して十分な強度と剛性を持っているかどうかを調査する。特にこの種の床版の弱点の一つと考えられる鋼板の付着せん断破壊について入念に調査する。

試験体は1ユニットのデッキプレートを持つ供試体として製作し、断面は図-4に示すような実橋モデル床版を想定し、2.の設計法により決定した。すなわち、支間曲げモーメントは単純版の曲げモーメントを、支点上の負曲げモーメントは張出し部の片持版と連続版の大きい方の曲げモーメントを採用した。表-1には設計荷重を示す。この設計荷重を用いて決定した試験体断面、ずれ止め筋および鋼板と溝形鋼の溶接長、継手部の高力ボルト間隔は以下の通りである。

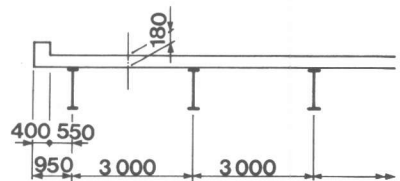


図-4 設計計算モデル

①正曲げおよび負曲げに対する試験体断面と試験方法は、それぞれ図-5、6のように定めた。

②ずれ止め筋は、 $\phi 13$ を20 cm間隔で配置し、溶接はサイズを6mmとして、図-7のように定めた。

③鋼板と溝形鋼の溶接は、サイズを6mmとし、図-8のように、65%の溶接長を設けた。

④継手部は22mmの高力ボルト(F10T)を20 cm間隔で、下面より3 cmの位置に配置した。

表-2には、表-1の設計荷重に対する鋼板、鉄筋およびコンクリートの最大曲げ応力を示す。

主筋方向の試験体として、正曲げ、負曲げ、せん断の試験体を2体ずつ、配筋方向の継手を有する試験体1体、合計7体である。

4、実験結果

油圧ジャッキを用いて、2点または1点載荷試験を行った。荷重の繰返ししが鋼板の付着面の破壊に及ぼす影響を

表-1 設計荷重

設計荷重	主筋方向	配筋方向
支間曲げモーメント (tm/m)	4.13	3.26
支点曲げモーメント (tm/m)	-4.40	—
せん断力 (t/m)	11.6	—

調べるために、各荷重段階で3回繰返し崩壊に至らしめた。ひずみの測定はストレインゲージとモールドゲージにより、たわみの測定はダイヤルゲージにより行った。デッキプレートとコンクリートの間のスリップは端部ではTゲージを、それ以外ではクリップゲージを用いて測定した。表-3、4には試験体の材料試験結果を示す。正曲げ試験の荷重-ひずみ、たわみ関係を図9、10に示す。設計荷重（設計曲げモーメントを与える荷重）下では全断面有効としての計算値に一致しており、終局荷重もRCばりの終局強度理論（圧縮コンクリートの限界ひずみは 8500μ 、鋼の限界引張ひずみを

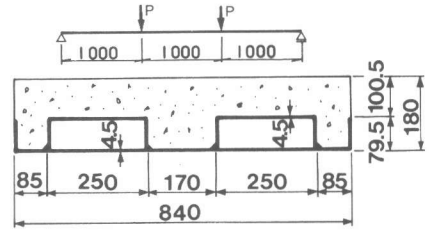


図-5 正曲げ試験と試験体断面

10000 μ に仮定)による計算値にほぼ一致していた。また、断面内の厚さ方向のひずみも直線分布を示しており、平面保持の仮定が成立していた(図-11参照)。鋼板のスリップは終局荷重の $1/2$ 弱(設計荷重の約3倍)までは発生しなかった。破壊形式は、コンクリート部のせん断破壊形であったが、2体の内1体はコンクリートの圧壊を伴った曲げ破壊も同時に発生した。せん断試験では、終局荷重は4.3 ton(設計せん断力の4.4倍)であった。図-12には荷重-ひずみ関係を、図-13には荷重-スリップ関係を示す。設計荷重(設計せん断力を与える荷重)の下でのひずみはほぼ全断面有効の曲げ計算値と合っているが、たわみは全断面有効と引張無視の計算値の中間にあった。また板厚方向のひずみ分布は、設計荷重時ではほぼ直線分布であった。なお、破壊形式は明らかな付着せん断破壊形であった。負曲げ試験では、崩壊まで鋼板のスリップは発生しなかった。測定データの掲載は省略するが、通常のRCばりとほとんど同じ性状を示した。継手部を有する配筋方向の曲げ試験では、図-14が示すように、設計荷重時(6.21 ton)では問題がないが、設計荷重の1.5倍辺りから、継手部の変形(下側の開き)が目立ち始めた。

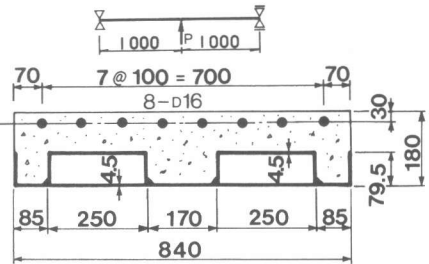


図-6 負曲げ試験と試験体断面

5、まとめ

① 主筋方向(橋軸直角方向)の正曲げ強度は設計曲げモーメントの約7倍、また負曲げ強度は約4倍あった。②配筋方向(橋軸方向)の正曲げ強度は設計曲げモーメントの約2.5倍であり、継手の強度に支配された。③主筋方向のせん断強度は設計せん断力の約4.4倍であり、鋼板とコンクリートの付着せん断破壊に支配された。④鋼板とコンクリートとの間のスリップはせん断試験では設計荷重の1.5倍程度から目立ち始めた。

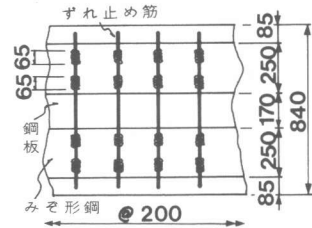


図-7 ずれ止め筋の配置

以上の結果より、本合成床版のずれ止めの量と配置および継手構造についてはさらに検討を要するものと思われる。特に、ここでの設計方法では

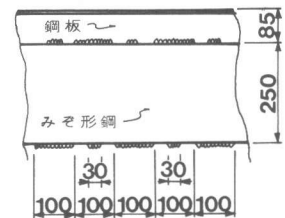


図-8 鋼板と溝形鋼との溶接

表-3 コンクリートの材料試験結果

初期弾性係数	$3.0 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$
圧縮強度	341 kg/cm^2
引張強度	17.3 kg/cm^2

注) 材令28日、
値は平均値。

表-4 鋼の材料試験結果

	降伏応力 (kg/cm^2)	引張強度 (kg/cm^2)	弾性係数 (kg/cm^2)	ポアソン比
みぞ形鋼	2 284	3 500	2.17×10^6	0.29
鋼縦方向	3 276	4 423	2.12×10^6	0.28
鋼横方向	2 933	4 504	2.20×10^6	0.28

注) 各値は平均値

表-2 設計荷重に対する曲げ応力

種別	応力 (kg/cm^2)		
正曲げ	コンクリート	55.4	
	デッキプレート	566	
負曲げ	コンクリート	39.3	
	デッキプレート	649	
	鉄筋	1 327	
配筋方向	標準部	コンクリート	40.4
	標準部	デッキプレート	512
	継手部	コンクリート	68.4
	継手部	高カボルト	1 349

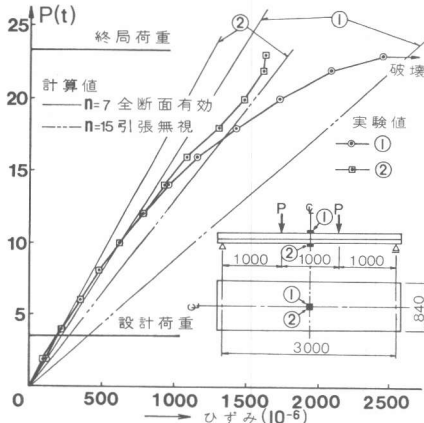


図-9 荷重-ひずみ関係(正曲げ試験)

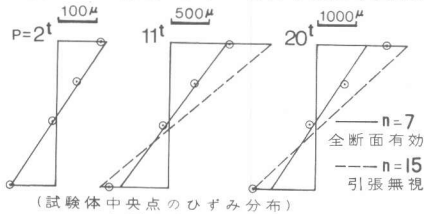


図-11 板厚方向のひずみ分布(正曲げ試験)

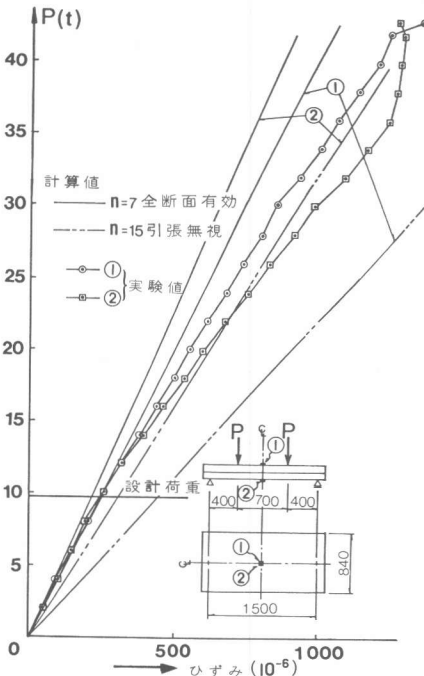


図-12 荷重-ひずみ関係(せん断試験)

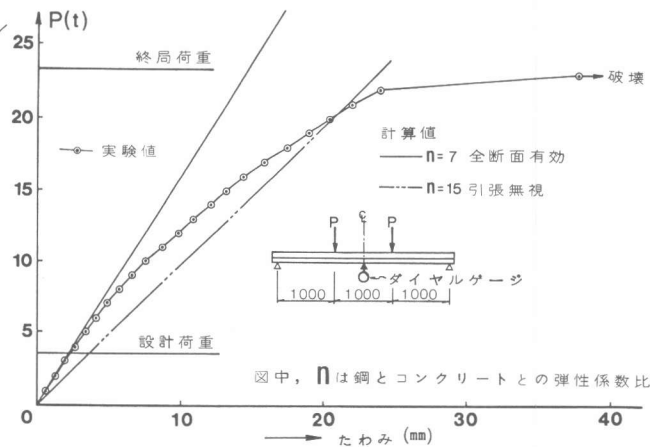


図-10 荷重-たわみ関係(正曲げ試験)

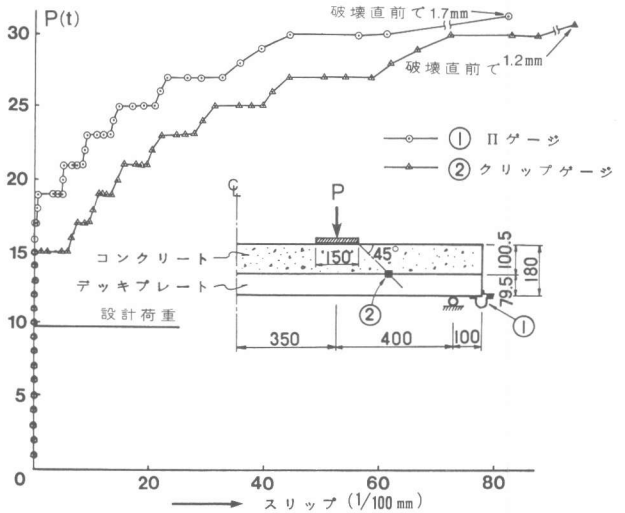


図-13 荷重-スリップ関係(せん断試験)

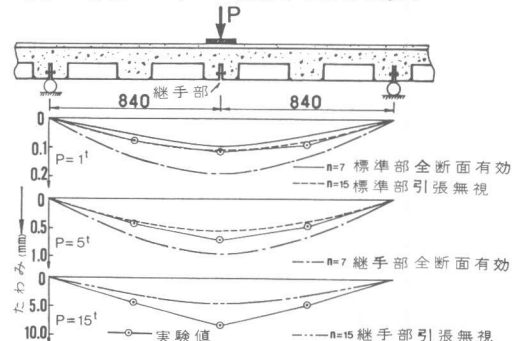


図-14 たわみ分布(継手部の試験)

、ずれ止めの設計のためのせん断有効幅を一方向版としての曲げ有効幅に等しく採ったが、本来、せん断有効幅と曲げ有効幅は異質なものであるため、せん断有効幅に関する新たな規定が必要になるものと思われる。

6、参考文献

- 1) 新津、大貫、浅島、落合：鋼製型枠合成床版を用いた合成桁の設計・施工、橋梁と基礎、1980、11月、PP 42~49。