

トラス型ジベルを用いた合成床版の設計・製作・施工について

中井 博*・堀川都志雄**・堀松正芳***・
真田健司****

最近、道路橋の鉄筋コンクリート床版の損傷が深刻な問題となってきており、各関係機関においても、これに対処すべく各種の合成床版の開発・研究が行われてきている。阪神高速道路公団においても、底鋼板にトラス型のジベルを溶接し、それにコンクリートを打設した合成床版が開発されてきた。本論文は、一連の実験、および施工経験を踏まえて、トラス型ジベルを用いた合成床版の設計・製作・施工指針（案）としてとりまとめたものの要点を報告する。

Key Words : truss-typed shear connector, steel-concrete composite slab, fatigue test under moving loads

1. まえがき

現在、道路橋に使用されている各種の床版を使用材料から大別してみると、表-1に示すように、①コンクリート系の床版、②鋼・コンクリート合成床版、および③鋼床版に大別される。

このうち、コンクリート系の床版では、通常使用されているRC床版のほか、PC埋設型枠床版、I型鋼格子床版、あるいはPCプレキャスト床版など、プレキャスト化が進められてきている。一方、鋼・コンクリート合成床版では、型枠をプレハブ化したもの、型枠と鉄筋をプレハブ化したもの、あるいは床版そのものをプレキャスト化した床版など各種のものがあり、それらの概要を示すと、表-2のものが挙げられる。さらに、鋼床版においても、コンクリートとの合成が考えられている。以上の各種床版の特性は、表-1中に示されているように、それぞれ一長一短を有している。

床版の耐荷性・耐久性、軽量化、施工期間の短縮、および経済性、ならびに維持・管理を考えたとき、今後は鋼・コンクリート合成床版が脚光を浴びてくると考えられる。この種の鋼・コンクリート合成床版には、ずれ止めの役割をはたす合成部材として、①形鋼、②スタッド、および③折曲げ鉄筋、あるいは折曲げプレートを用いたものがある。前2者①、および②については、その詳細を各文献にゆづることとする。残る③のうち、折曲げ鉄筋を立体的に組みあげたものを底鋼板に溶接し、これにコンクリートを打設する立体トラス型ジベルを用いた合成床版が、九州大学においてすでに開発され、その施工例も報告されている。

さらに、鋼・コンクリート合成床版の軽量化、製作・施工性、耐荷・耐久性を図るために、単純に折曲げプレートをトラス形に組み立て、それを底鋼板に溶接した後に、コンクリートを打設するトラス型ジベルを用いた合成床版が開発され、文献1)に示すように、「トラス型ジベルを用いた合成床版の設計・製作・施工指針（案）」（以降、指針（案））という）が作成されている。

この指針（案）は、本床版の開発・研究段階に行った①トラス型ジベルの押抜き実験、②合成前・後の静的耐荷力実験、③定点疲労実験、および④輪荷重移動装置による疲労実験の結果、さらに大阪府道・高速湾岸線・脇浜工区における連続鋼箱桁橋の2橋の試験施工経験で得られた工場での製作法、ならびに現場での施工法も含み作成されている。

本論文では、その指針（案）を主体とし、これに関連した実験成果、および実橋への適用例も含めた要点を論述する。

2. トラス型ジベルを用いた合成床版の概要

(1) 構成部材の名称

トラス型ジベルを用いた合成床版の構成部材の名称を、図-1に示す。

(2) 主要部材の働き

トラス型ジベルを用いた合成床版の主要部材の働きを示すと、以下のとおりである。

①底鋼板：合成床版の下側全面に用いる鋼板で、主鉄筋、および配力鉄筋の役目を果たす主要な引張強度部材であるとともに、コンクリート打設中は、型枠として機能する部材である。

②トラス斜材：底鋼板と後述のトラス弦材との間に組んだトラス状の斜材である。合成前にはトラス弦材とともに底鋼板の補強材として働き、また合成後にはずれ止めの作用、およびせん断補強部材の働きをする。

* 正会員 工博 大阪市立大学教授 工学部土木工学科
(〒558 大阪市住吉区杉本3-3-138)

** 正会員 工博 大阪工業大学教授 工学部土木工学科

*** 正会員 阪神高速道路公団大阪第一建設部設計課長

**** 正会員 工修 川崎重工業(株)西部橋梁設計部

表-1 鋼橋に使われる床版とその特性

材料による区分	細目	施工例	特 性*、**					
			重量(剛性)	経済性(コスト)	施工性(現場工期)	耐久性(維持管理)		
コンクリート系の床版	鉄筋コンクリート床版	場所打ちRC床版	重い (大) ↑	低い ↑	長い ↑	小 ↑		
	型枠をプレハブ化した床版	PC埋設型枠床版						
	GRC埋設型枠床版	I形鋼格子床版						
	型枠、および鉄筋をプレハブ化した床版	ユニットスラブ						
	S Bパネル床版	RCプレキャスト床版						
	プレキャスト床版	PCプレキャスト床版						
鋼・コンクリート合成床版	型枠をプレハブ化した床版	表-2に施工例の詳細を示す。			高い	中		
	型枠、および鉄筋をプレハブ化した床版							
	プレキャスト床版							
鋼床版	コンクリートとの合成床版	取替え鋼床版	↓ (小) 軽い	↓ 高い	↓ 短い	中		
	通常の鋼床版	新設鋼の鋼床版						
	新設鋼の鋼床版							

【注】* いずれの床版も、適切な設計を行えば、所要の強度が得られる。

** 材料を巧みに使い分けて、景観上の配慮をする必要がある。

表-2 底鋼板と合成部材とを用いた鋼・コンクリート合成床版の例

合成部材	施工例
形鋼	みぞ形鋼を用いた合成床版 ²⁾
	条付きπ形鋼を用いた合成床版 ³⁾
	突起付きT形鋼を用いた合成床版 ⁴⁾
スタッド	鋼製型枠合成床版 ⁵⁾
	パイプジベルを用いたコンボスラブ ⁶⁾
	ロビンソン型の合成鋼床版 ⁷⁾ (底鋼板下面をリブで補強)
折曲げ鉄筋、あるいは折曲げプレート	立体トラス型ジベルを用いた合成床版 ⁸⁾
	トラス型ジベルを用いた合成床版 ⁹⁾

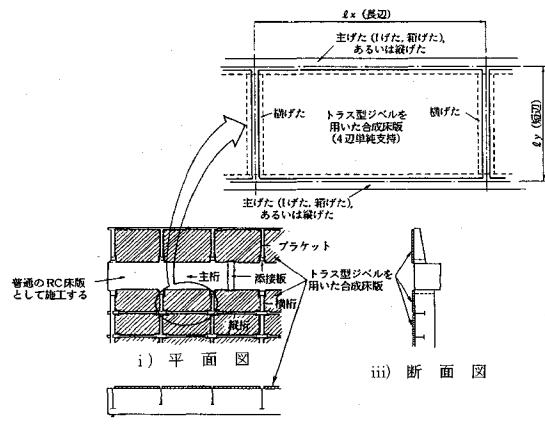
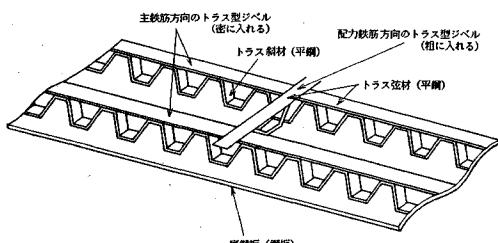
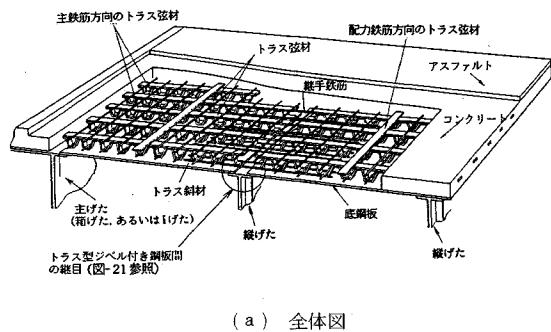


図-1 トラス型ジベルを用いた合成床版の構成部材の名称

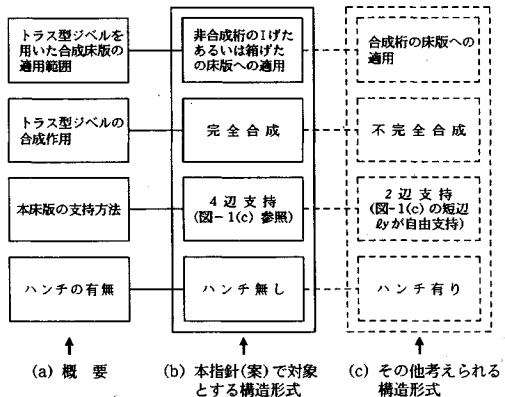


図-2 この指針(案)で適用の対象とする構造形式

- ③トラス弦材：トラス斜材の上側に取り付けられた帶状の部材であり、合成前は主として圧縮強度部材で、合成後も強度部材の働きをする。
- ④トラス型ジベル：トラス斜材とトラス弦材とを総称したもので、合成前は底鋼板の補強材として機能し、また合成後はすれ止め作用と強度部材との機能を兼ねる部材である。
- ⑤配力鉄筋：配力鉄筋方向のトラス型ジベルは粗に入れるので、この方向の鉄筋量が不足する。そこで、これを補うための鉄筋である。

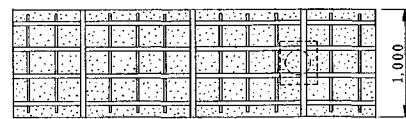
(3) 適用の範囲

指針(案)で対象としている主げたの構造形式を、図-2の実線のカッコ内に示す。すなわち、指針(案)は、トラス型ジベルを用いた合成床版を非合成げたに適用した場合をとりあえず対象とした。

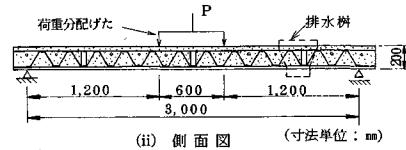
その際、トラス型ジベルを用いた合成床版を適用する橋梁の計画を行ふに当たっては、以下の方針にしたがうものとした。

①床版の支間：現在、RC床版を用いた主桁の床版支間は、3.0m以内が適切であるとされている。本床版は、RC床版に比べ、耐荷力・耐久性が十分に確保できることが実験によって明らかにされているので^{9),10)}、床版の支間を3.5mまで許すこととした。したがって、床版の支間が比較的大きくなる箱げた間の床版や、ブリケット部分の床版に本床版が適用できる。また、Iげたに本床版を適用した場合、主げたの本数を減らして経済的な設計を行うことが可能になる。

②床版の厚さ：比較的支間の短い床版に本床版を用いた場合、作用曲げモーメントが小さくなるので、床版の厚さを薄くしてもよい。しかしながら、床版は、輪荷重の影響、とりわけせん断力の作用も著しく受ける。そこで、せん断力に対して十分な耐荷性・耐久性を確保するために、本床版の最小厚さは、20cmを原則とした。

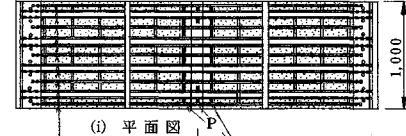


(i) 平面図

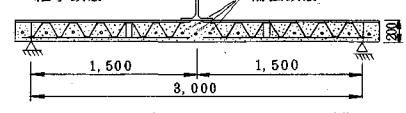


(ii) 側面図 (寸法単位: mm)

(a) 正曲げ供試体



(i) 平面図



(ii) 側面図 (寸法単位: mm)

(b) 負曲げ供試体

図-3 曲げ耐荷力実験用の供試体

- ③床版の死荷重：RC床版の単位重量は、通常、2.5tf/m³にとっている。ところが本床版では底鋼板やトラス型ジベルなどを用いるので、実施例を参照して、床版の単位重量を、2.75tf/m³と若干大きく設定した。なお、上記①～③については、今後、さらに経験を積んで検討を加える事項であることを付記する。

(4) 橋面の防水

鉄筋コンクリート床版では、舗装面からの雨水の浸透によるコンクリートの劣化や鉄筋の腐食が起こると、著しく耐久性が損なわれることが明らかにされている¹¹⁾。これらを防止し、床版の耐久性を保持するためには、コンクリート上面に、適切な防水構造を採用することが望ましいとされている。とくに、トラス型ジベルを用いた合成床版の場合は、コンクリートのひびわれに伴う雨水の侵入により、コンクリート内のすれ止め部材であるトラス型ジベルの腐食を進めるだけでなく、主要強度部材である底鋼板の腐食を引き起こすと考えられる。そこで、これらの腐食を防止することを目的に、コンクリート上面には適切な防水工を施すものとし、その材料としては、ひびわれの進行に伴う床版の変形に追従でき、かつ不透水性の優れた橋面防水材を用いることとした。

3. トラス型ジベルを用いた合成床版の設計

(1) 鋼とコンクリートとのヤング係数比

図-3(a)～(b)に示す底鋼板、およびトラス型ジベルを用いた実物大の正の曲げモーメントを受ける供試

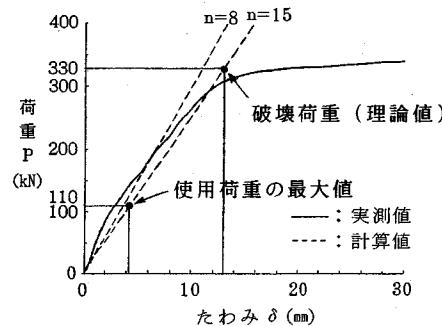


図-4 支間中央の荷重-たわみ曲線（正曲げ）

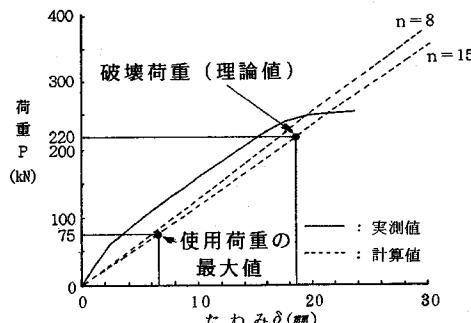


図-5 支間中央の荷重-たわみ曲線（負曲げ）

体、および継目部を模擬した負の曲げモーメントを受ける供試体について、静的な荷重を載荷したときの荷重-たわみ曲線を、それぞれ図-4、および図-5に示す⁹⁾。

これらの図から判断すると、破壊荷重 P_u 以下では、鋼板 (JIS G 3101 にしたがう SS 400 材に相当するものを許容応力度 $\sigma_{ta} = 137 \text{ MPa}$ で使用¹²⁾)、あるいは鉄筋 (SD 345 のものを許容応力度 $\sigma_{ta} = 118 \text{ MPa}$ で使用) とコンクリート (設計基準強度 $\sigma_{ek} = 26.5 \text{ MPa}$ 以上のものを使用)とのヤング係数比 n を $n=15$ にとっておけば、合成断面としての挙動を安全側に評価できると考えられる。したがって、指針 (案) では、トラス型ジベルを用いた合成床版を設計する場合は、底鋼板とコンクリートとが完全に合成された複鉄筋長方形断面を有する鉄筋コンクリート構造として設計してよいものとし、またヤング係数比を $n=15$ と/or のを標準とした⁹⁾。

(2) 床版の設計曲げモーメント

トラス型ジベルを用いた合成床版の境界条件は、図-1 (c) に例示したように、主げた、あるいは縦げた、および横げた上で、構造上、基本的に 4 辺単純支持されていると考えられるため、その適用の範囲は、長辺 (配力鉄筋方向 L_x) と短辺 (主鉄筋方向 L_y) との比 (L_x/L_y) が 2 以上の一方向版から、配力鉄筋方向と主鉄筋方向との辺長比 (L_x/L_y) が 1 以上の 2 方向版に至るまで拡張することとした。そのために、道路橋示方書の床版設計曲げモーメントの算出式をそのまま流用することはでき

表-3 等分布後死荷重による床版の単位幅 (1 m) 当たりの設計曲げモーメント (kgf·m/m)

使 用 区 分	曲げモーメントの種類	主鉄筋方向 の曲げ モーメント	配力鉄筋方向の 曲げモーメント	
			1 ≤ $L_x/L_y < 2$ のとき	2 ≤ L_x/L_y のとき
単純版	支間曲げモーメント	+ $wL^2/8$	+ $wL^2/20$	無視して よい。
	支間曲げ モーメント	+ $wL^2/10$	+ $wL^2/20$	
		+ $wL^2/14$		
	支点曲げ モーメント	- $wL^2/8$	- $wL^2/20$	
		- $wL^2/10$		

表-4 T 荷重 (衝撃を含む) による床版の単位 (1 m) 当たりの設計曲げモーメント (kgf·m/m)

版の区分	曲げモーメント の種類	床版の支間 の方向 曲げベイノン の方向 適用範囲 (n)	車両進行方向に直角の場合		
			主鉄筋方向の 曲げモーメント	配力鉄筋方向の 曲げモーメント	
単純版	支間曲げモーメント	0 < L ≤ 4 0 < L ≤ 4	+ (0.12L + 0.07)P	+ (0.10L + 0.04) × 1.1P	
	支間曲げ モーメント		+ (単純版の80%)	+ (単純版の80%)	
			- (単純版の80%)	- (単純版の80%)	
	支点曲げ モーメント				

ず、指針 (案) では、Marcus の式¹³⁾などを用いて計算を行い、新たに設計曲げモーメントを提案した。

まず、合成前のトラス型ジベル付きの鋼板に対しては、トラス型ジベルが配力鉄筋方向に比べ、主鉄筋方向に密に配置されていることから、作用曲げモーメントは、主に主鉄筋方向に配分されると考えられる。さらに、前述のとおり 4 辺が単純支持されているという構造上の理由から、すべて道路橋示方書・同解説Ⅱの鋼橋編 6.1.4¹²⁾にしたがい、単純版としての設計曲げモーメントを算出するものとした。

つぎに、合成後の死荷重による設計曲げモーメントは、表-3 のように定めた。この式は、同様に、4 辺単純支持であるという構造上の影響を考え、 $1 \leq L_x/L_y < 2$ において配力鉄筋方向の曲げモーメントを考慮した式になっている。この設計曲げモーメントの算定式は、解析値に比較し、最低でも 13% 程度の余裕を有しており、妥当であると考えられる。また、その他の算出式は、道路橋示方書・同解説Ⅱの鋼橋編 6.1.4¹²⁾にしたがっている。

また、トラス型ジベルを用いた合成床版を支持する主げた (あるいは縦げた) が大きな不等沈下を起こさない場合の合成床版の主鉄筋方向、および配力鉄筋方向の T 荷重 (衝撃を含む) による設計曲げモーメントは、以下のように定めた。すなわち、前述のように、4 辺単純支持の影響から、主鉄筋方向に作用する曲げモーメントの

一部が配力鉄筋方向に分配されるために、主鉄筋方向に作用する曲げモーメントが道路橋示方書の値¹²⁾より約20%減少し、また配力鉄筋方向の曲げモーメントが道路橋示方書の値¹²⁾より約10%増加する。

そこで、主鉄筋方向の曲げモーメントには安全側の値を見込んで道路橋示方書・同解説Ⅱの鋼橋編6.1.4¹²⁾の式をそのまま適用することとし、また配力鉄筋方向の曲げモーメントには10%の割増しを加味した設計曲げモーメントを採用している。

それらの算出式を、表-4に示す。表-3, および4で用いられたL, およびPは、以下のとおりである。

L: ト拉斯型ジベルを用いた合成床版の支間 l_y (m) (図-1参照)

P: 道路橋示方書・同解説Ⅰの共通編 2.1.3¹²⁾に示された自動車1後輪荷重(kgf)で、以下のようになる。

1等橋: $P=8\,000\text{ kgf}$; 2等橋: $P=5\,600\text{ kgf}$

(3) 鉄筋の種類、および配筋方法

まず、鉄筋には異形鉄筋(SD 345)を用い、その直径は13, 16, および19 mmを標準とした。鉄筋径として太径のものを用いると、ひびわれの数が少なくて済むが、著しくひびわれ幅の大きいものが集中して発生し、耐久性の面で好ましくない。そこで、使用してもよい鉄筋の最大径を19 mmとした。また、あまり細い鉄筋は、組立て途上で曲がったりして施工性がよくないので、使用してもよい鉄筋の最小径を13 mmとした。

つぎに、鉄筋のかぶりが薄すぎると、鉄筋に沿ってコンクリートにひびわれが生じる事例が多い。そこで、施工誤差も考えて、上側鉄筋の純かぶりを、3 cm以上確保することを原則とした。

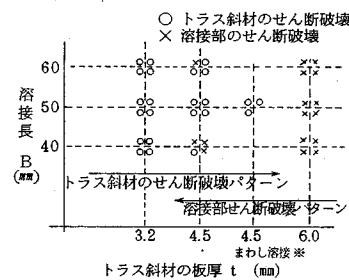
そして、ト拉斯型ジベルを用いた合成床版に、設計時において考慮したものと符号が反対の曲げモーメントが作用することもあり得る。そのため、ト拉斯型ジベルを用いた合成床版にもある程度の強度を与えるために、支点上においては、圧縮側にも引張側の1/2以上の鉄筋を配筋するのを原則とした。

また、継手補強筋の長さは、 $2 \times (L/6 + 30d)$ としている。ここに、式中のL/6は、無限連続ばりのT荷重による正、および負の最大曲げモーメントの絶対値が等しくなる位置を意味している。すなわち、L/6の位置から定着を始め、その定着長としては、30d必要であるものとした。

(4) 底鋼板

底鋼板は、コンクリート打設時の型枠作用、および完成時の床版における引張強度部材の役割を果たす。

耐荷力の高いト拉斯型ジベルを用いた合成床版を製作しようすれば、この底鋼板の板厚を増厚させる方法が有効である。しかし、本床版の特長である鉄筋コンクリー



※まわし溶接: ト拉斯斜材と底鋼板との接触部分をまわし(t = 4.5mm)し溶接する。他の部分は、普通の溶接。

図-6 破壊パターンの分布

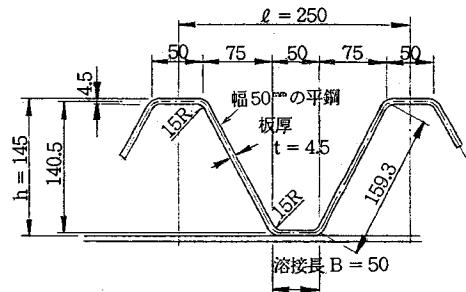


図-7 ト拉斯斜材の折曲げ加工の詳細図(単位:mm)

ト床版と比較して軽量であるという点を考慮し、さらに実験による確認も行って、底鋼板の板厚は、4.5 mmを標準とした。ただし、底鋼板に4.5 mmを使用する場合は、底鋼板に十分な防錆対策を施す必要があるとした。

なお、建設地点によって、この床版が塩害を受けたり、また空気汚染など環境条件が悪い場合には、防錆の意味で底鋼板を6.0 mmに増厚する必要がある。

(5) ト拉斯型ジベルの寸法

まず、主鉄筋方向のト拉斯弦材は38×6.0 mmの平鋼を使用し、また配力鉄筋方向は38×4.5 mmの平鋼を使用することを標準とした。この寸法は、コンクリートを打設し、コンクリートがまだ固まらない状態のもとで、ト拉斯型ジベル付きの鋼板が型枠として働く場合、最も弱いト拉斯弦材の座屈応力、および打設コンクリートが硬化して合成構造となったときの鉄筋量から必要とされる板厚にもとづいて決定されたものである。また、実験によても、その寸法の妥当性は、確認されている¹⁴⁾。

つぎに、主鉄筋方向のト拉斯斜材は50×4.5 mmの平鋼を使用し、また配力鉄筋方向は50×4.5 mmの平鋼を使用することを標準とした。この寸法は、後述の図-8に示す押抜きせん断試験より決定した。それらの結果を、図-6に示す。

この図から、ト拉斯斜材の板厚tを4.5 mmとし、溶接長B(図-7参照)を50 mmとすれば、ト拉斯斜材のせん断破壊と溶接部のせん断破壊とが共存する範囲内にあり、合理的な設計が行えると考えられる。

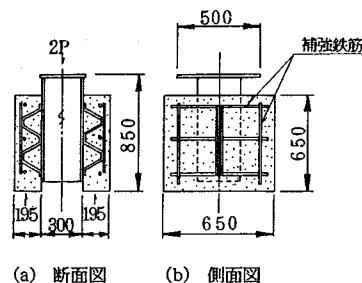


図-8 押抜きせん断供試体（単位：mm）

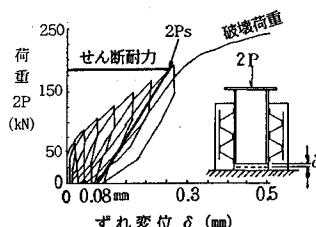


図-9 荷重-ずれ曲線の一例

そして、それらの折り曲げ寸法は、図-7を標準とし、プレスなどで冷間加工するものとした。

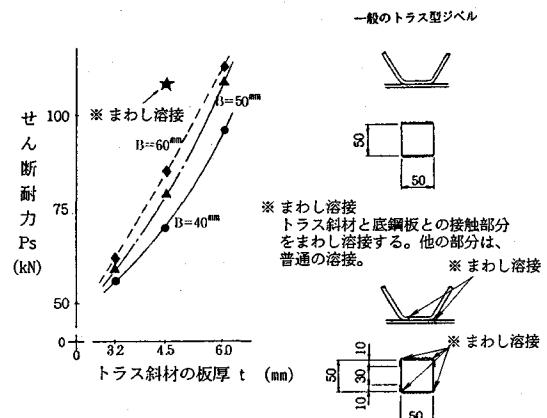
(6) トラス型ジベルの設計

トラス型ジベルは、ずれ止め作用を担う部材として機能する。そこで、この指針（案）では、底鋼板とコンクリートとの間に作用する水平せん断力が、トラス型ジベルを介して伝達されることを前提とし、底鋼板とコンクリートとの間のずれ止め作用を果たす強度部材としてトラス型ジベルを設計するものとした。

(7) トラス型ジベルの配置方法

トラス型ジベルの中心間隔は、作用応力度によって決定し、主鉄筋方向に対して 250 mm ピッチに配置するのを標準とした。また、配力鉄筋方向に対しては、輸送・架設時の吊上げ作業中の版としての剛性を確保するため、1 000 mm ピッチに配置することを標準とした。このように配置されたトラス型ジベルに作用する水平せん断力は、許容せん断耐力を超えてはならないものとした。

トラス型ジベルの許容せん断耐力とは、押抜きせん断試験により求められた限界せん断耐力の 1/3 によるものとした。そして、トラス型ジベルの限界せん断耐力は、押抜きせん断試験を行うことにより定めるものとした。この限界せん断耐力を求める算定式は、スタッダなどの標準的なずれ止めの場合、道路橋示方書など¹²⁾に示されている。しかし、トラス型ジベルの場合、まだ試験例が少ないので、鋼・コンクリート合成構造の設計ガイドライン¹⁵⁾で定められた図-8 に示す供試体で押抜きせん断試験を行って決めることとした。限界せん断耐力 P_s とは、図-9 に試験結果の一例を示すように、残留ずれ変位 δ が 0.08 mm に相当する荷重 P を意味している^{9), 14)}。

図-10 トラス斜材の板厚-せん断耐力-溶接長の関係（図中のトラス斜材の板厚 t および溶接長 B は、図-7 参照）

この限界せん断耐力 P_s は、一般に、図-7 に示したトラス斜材の板厚 t 、および溶接長 B による影響を受ける。一例として、図-8 にしたがって供試体を製作し、押抜きせん断試験を行って得られたトラス斜材の板厚、溶接長、および限界せん断耐力の関係を、図-10 に示す。

この図から、限界せん断耐力は、ジベルの厚さに比例して増加している。これは、ジベルに作用する水平せん断力に対して、抵抗する断面積が増大するためである。また、限界せん断耐力は、溶接長にも比例している。この理由は、溶接長が短い場合、その両端に応力が集中するのに対し、溶接長が長い場合、応力が全体に平均化されて応力集中が緩和されるためである。さらに、まわし溶接は、応力集中を緩和し、応力をより円滑にジベルに伝えるため、限界せん断耐力が向上する。

この指針（案）に準じてトラス型ジベルを製作し、とくに押抜きせん断試験を行わないときには、図-10に基づいて、限界せん断耐力 P_s を決めてもよいものとした。

4. トラス型ジベルを用いた合成床版の製作

(1) 製作全般

トラス型ジベル付きの鋼板の製作全般のフローを、図-11 に示す。

これらの過程によって組み立てられたトラス型ジベル付きの鋼板は、取扱いに注意して現地に輸送し、また仮置するものとした。

(2) 工場製作

トラス型ジベル付きの鋼板は、以下に示すとおり製作するものとした。ここでは、本床版の特異項目についてのみ説明する。

①工作：トラス型ジベルの曲げ加工は、図-7 を標準とした。

②溶接：トラス型ジベル付きの鋼板の溶接は、以下の要

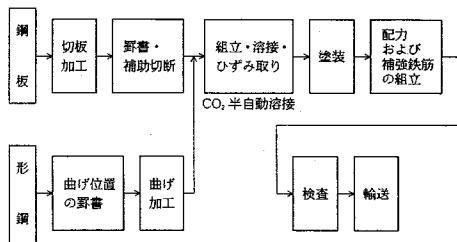


図-11 製作過程全般のフロー

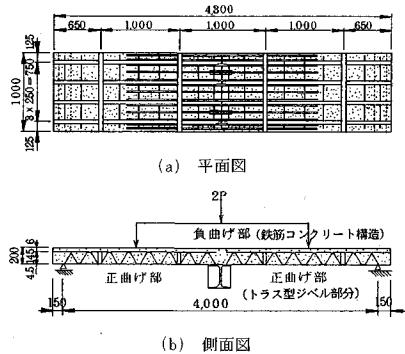


図-12 定点疲労実験供試体の詳細（単位：mm）

領で施工するものとした。

- ・溶接ビード長さ・・・押抜きせん断試験結果により得られた必要溶接長 B を 50 mm 以上とした。
- ・脚長…4 mm 以上とする。

これらの安全性については、プレス加工をしたトラス斜材をもつ図-12に示す実物大の供試体を対象にした定点疲労試験により確認された。すなわち、図-13に示すように、400万回に至る繰返し回数までトラス斜材に異常は見出されていない。また、そのときのコンクリートのひびわれは、図-14に示すように、負の曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート構造の部分に集中して発生しており、正の曲げモーメントを受けるトラス型ジベル部分にはいかなる異常も、認められなかった¹⁰⁾。

一方、大型の供試体による輪荷重移動載荷装置による疲労試験でも、同様な結果が得られた¹⁵⁾。

(3) トラス型ジベル付きの鋼板の検査

トラス型ジベル付きの鋼板、およびトラス型ジベルの製作精度は、図-15～17を参考にして、表-5に示す値を満足しなければならないものとした。

5. トラス型ジベルを用いた合成床版の施工

(1) 施工全般

トラス型ジベルを用いた合成床版の施工過程のフローを、図-18に示す。

トラス型ジベル付きの鋼材を現場で敷設・固定し、

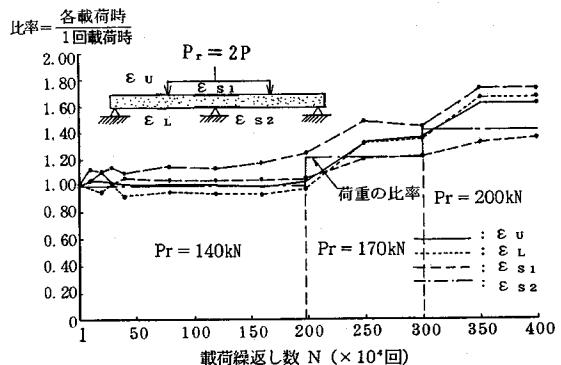


図-13 供試体各部のひずみと載荷繰返し数との関係

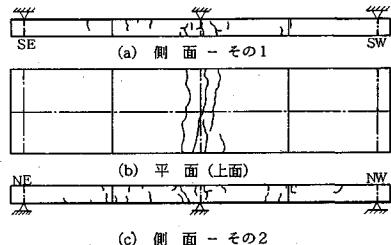


図-14 コンクリートのひびわれの発生状況（N=400万回時）

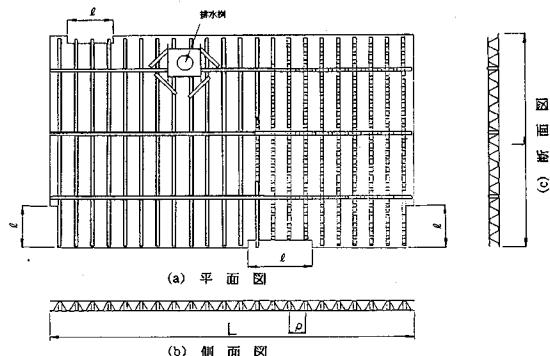


図-15 トラス型ジベル付きの鋼板の寸法のとり方

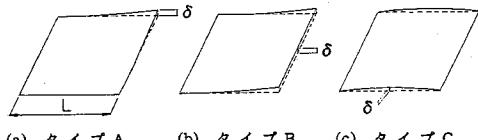


図-16 トラス型ジベル付きの鋼板の初期ひずみ

シール工を施したのち、それらの継目に鉄筋を組立て、コンクリートを打設・養生して工事を完了させる。

(2) 押え金具、および間詰材

トラス型ジベル付きの鋼板自身の不陸、ねじれ、また鋼げたの上フランジのねじれ、架設誤差などにより生じた合成床版と桁上フランジとの隙間を密着するために、適切な処置を施す必要がある。

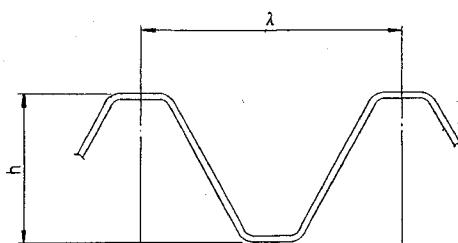


図-17 トラス型ジベルの寸法のとり方

表-5 部材の製作精度

工種	項目	精度 (mm)
トラス型ジベル部材を用いた合成床版	部材長	$L \leq 1\text{ m}$ ± 2 $L > 1\text{ m}$ ± 4
	切欠き部の間隔	ℓ ± 3
	トラス型ジベル付鋼板の平面度	δ $\delta \leq \frac{L}{1,000}$
	トラス型ジベルの取付け間隔	p ± 10
トラス型ジベル	有効高さ	h ± 5
	間隔	λ ± 10

両者を密着させる方法の一例としては、図-19に示すように、押え金具で締め付ける方法がある。それらは、ジベル間ピッチ500mmを標準として配置する。また、ここで使用するネジ付きスタッドは、M16(JIS G 1197にしたがう)を標準とする。ただし、このネジ付きスタッドには、ずれ止め効果を期待していない。

一方、図-19に示した押え金具だけでは、コンクリート打設時のモルタル漏れを完全に防ぐことができない。そこで、底鋼板と桁上フランジを直接接触させず、その間に間詰材、たとえば片面のりの付いたスポンジシール材を貼り付ける。この間詰材は、工事中の騒音の発生を防ぐ。さらに、供用開始後は、たたき音の発生を防ぐ役割も果たしている。そのため、その設定位置には、とくに注意を要する。

そして、間詰材の施工範囲は、図-20を標準とする。

この間詰材は、同図(b)に示すように、底鋼板端部から、間詰材の外面で45mm内側に入った位置で、全周にわたって貼り付けるのがよい。

(3) トラス型ジベルを用いた合成床版パネル間の補強鉄筋の施工

トラス型ジベルを用いた合成床版パネル間では、底鋼板、およびトラス型ジベルが不連続となっているので、

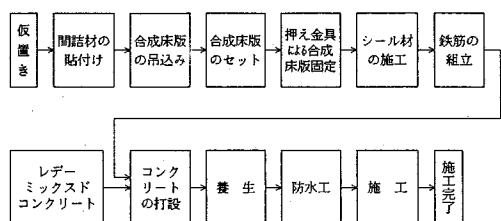


図-18 本合成床版の施工過程のフロー

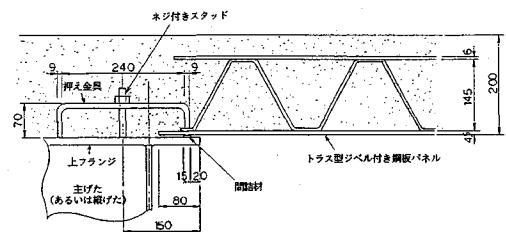
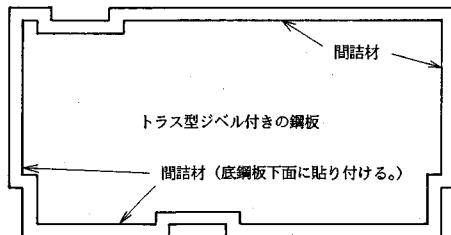
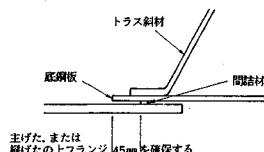


図-19 押え金具、および間詰材の配置要領 (単位:mm)



(a) 底鋼板下面に貼付けた間詰材の一例



(b) 間詰材の貼付け位置

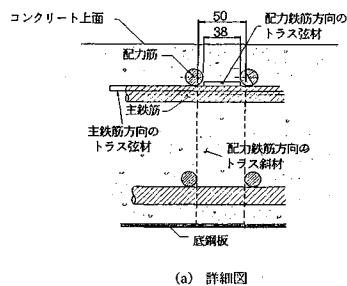
図-20 間詰材の取付け要領

以下のように鉄筋を入れて補強するものとする。

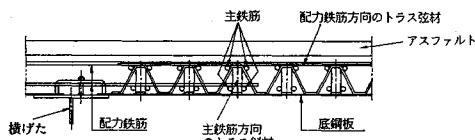
a) 底鋼板は、不連続となっているが、必ず押え金具と間詰材で主げたなどに密着するので、型枠、および支保工を必要としない。ただし、据え付けは、とくに入念に行わなければならない。

b) パネル間では、図-21に示すように、主鉄筋方向、および配力鉄筋方向に鉄筋を挿入して鉄筋コンクリート構造となるように補強しなければならない。なお、その際、配力鉄筋は、図示の位置に挿入するのが望ましい。

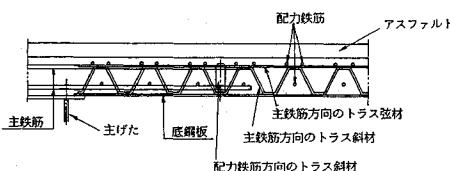
c) 鉄筋の有効高さは、設計値の±5mm以内とし、かつ所要のかぶりを確保するものとする。鉄筋間隔の誤差は、設計値の±20mmとする。ただし、有効高さに不足側の誤差がある場合、鉄筋間隔の拡がる方向の誤差は、10mmを限度とする。



(a) 詳細図



(b) 主鉄筋方向の断面図



(c) 配力筋方向の断面図

図-21 パネル間の配力筋方向の配筋方法 (単位: mm)

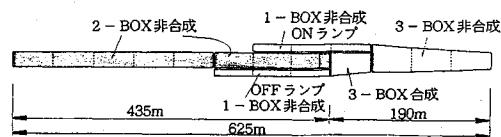
6. 実施例

トラス型ジベルを用いた合成床版の初めての実施例を、図-22に示す。これらの橋梁は、平成3年、関西新空港のアクセス道路として、阪神高速道路公団によって建設中の大阪府道高速湾岸線・脇浜工区内の3径間、および5径間の連続非合成箱げた橋に本床版が適用されている例である。設計条件を、表-6に示す。

7. まとめ

本床版の特長をまとめると、下記の3点を挙げることができる。すなわち、

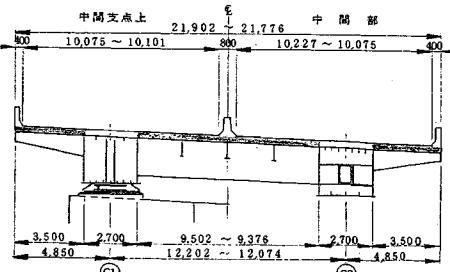
- (1) トラス型ジベルは、優れたずれ止め作用を呈し、充填コンクリートと底鋼板との完全な合成作用が発揮でき、耐荷性・耐久性の高い床版をつくることができる。
- (2) 本床版は、一般のRC床版よりも耐荷力が高く、床版厚を薄くできるので、死荷重の軽減が可能となり、下部構造も含めて経済性が発揮できる。
- (3) 底鋼板にトラス型ジベルを溶接することによって製作されたトラス型ジベル付きの鋼板は、それ自体の曲げ剛性が高いので、コンクリート打設時に型枠はもちろん、支保工も不要となり、工事の迅速化・省力化が図れる。



(a) 平面図



(b) 側面図



(c) 断面図 (単位: mm)

図-22 工事を行った連続鋼箱桁の一般図

表-6 設計条件

路線名	大阪府道高速港岸線（南伸部2期）
場所	大阪府貝塚市二色3丁目付近～同府同市脇浜4丁目付近
形式	5径間連続非合成箱桁橋 3径間連続非合成箱桁橋
橋格	第2種第1級 (TL-20、ただしTT-43荷重を考慮)
橋長	265.765m(5径間) 168.780m(3径間)
総幅員	21.75m
合成床版の支間	箱桁間: 2.4m、アラック部: 3.5m
舗装	アスファルト舗装8cm厚
床版	トラス型ジベルを用いた合成床版20cm厚
コンクリート強度	$\sigma_{ck}=270\text{kgf/cm}^2$
鋼重	トラス型ジベル付きの鋼板 381.024t 鉄筋他 512.388t

参考文献

- 1) 阪神高速道路公団大阪第一建設部：トラス型ジベルを用いた合成床版の設計・製作・施工指針(案), 1993年3月.
- 2) 園田恵一郎・堀川都志雄・廣瀬清泰：道路橋鋼製型枠補強コンクリート合成床版の一考察, 構造工学論文集, Vol. 30, pp. 69~76, 1984年2月.
- 3) 町田篤彦・梶川清治：合成床版一複合構造3.2.4, 日本鋼構造協会一複合構造システム委員会報告, pp. 82~90, 1987年5月.
- 4) 田中祐人・佐藤政勝・木村正夫：突起付T形鋼を用いた合成床版の繰返し疲労特性, 第40回土木学会年次講演会, I-485, pp. 969~970, 1985年.

- 5) 宇佐見健太郎・堀米憲治・小沢優二：鋼製型枠合成床版を用いた合成箱桁の設計および載荷実験、第42回土木学会年次講演会、I-172, pp. 378~379, 1987年9月。
- 6) 古津彰三・小松信夫：軽量コンクリートを用いた特殊薄肉プレキャスト床版（コンポスラブ）の載荷実験、橋梁と基礎、pp. 12~17, 1973年5月。
- 7) 松井繁之・岡本安弘・前田幸雄・渡辺亮：鋼・コンクリート合成床版におけるスタッドの設計に関する基礎的研究、合成構造の活用に関するシンポジウム講演論文集、pp. 99~105, 1986年9月。
- 8) 太田俊昭・日野伸一・田中征夫・丸内進・酒井甚一郎：TSC床版合成桁橋（若狭橋）の載荷実験とその設計法、構造工学論文集、Vol. 37 A, pp. 1367~1376, 1991年3月。
- 9) 中井 博・松本雅治・中村 求・山本晃久・真田健司：トラス型ジベルを用いた合成床版の耐荷力と疲労強度に関する実験的研究、構造工学論文集、Vol. 37 A, 土木学会、pp. 1357~1365, 1991年3月。
- 10) 中井 博・堀川都志雄・松本雅治・佐々木一則・真田健司：トラス型ジベルを用いた合成床版と大阪湾岸線脇浜工区（阪神高速道路）の橋梁への適用、橋梁と基礎、Vol. 27, No. 2, pp. 15~21, 1993年2月。
- 11) 松井繁之・佐々木洋・福本勝士・梶川靖治：走行荷重下における鋼板・コンクリート合成床版の疲労特性に関する研究、構造工学論文集、Vol. 34A, 土木学会、pp. 409~420, 1988年3月。
- 12) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅰ共通編、およびⅡ鋼橋編、丸善、1990年2月。
- 13) 中井 博・北田俊行：鋼橋設計の基礎、1992年5月。
- 14) 國廣昌史・石原重信・真田健司・山本晃久・佐野信一郎・浅沼 素：トラス型ジベルを用いた合成床版の実用化に関する実験的研究、川崎重工業技術報第112号、pp. 83~89, 1992年1月。
- 15) 土木学会：鋼・コンクリート合成構造の設計ガイドライン、構造工学シリーズ3, 1989年3月。

(1993.5.13受付)

AN INTERIM DESIGN, FABRICATION AND ERECTION FOR COMPOSITE SLAB WITH TRUSS-TYPED SHEAR CONNECTORS

Hiroshi NAKAI, Toshio HORIKAWA, Masayoshi HORIMATSU and Kenji SANADA

This paper introduces an interim design, fabrication and erection code for composite slab with truss-typed shear connectors. This composite slab was recently developed. A series of the tests were conducted in order to evaluating
(1) the strength of shear connector itself; (2) the ultimate strength; and, (3) the fatigue strength and durability of this composite slab under fixed loading point and moving load.
Additionally the Wakihama bridge has newly constructed for test case.