

トラス型ジベルを用いた合成床版の設計・施工

大阪第一建設部	貝塚工事事務所	東 定 生
同 部	設 計 課	佐々木 一 則
同 部	貝塚工事事務所	閑 上 直 浩

要 約

湾岸線南伸部2期脇浜工区にトラス型ジベルを用いて鋼板とコンクリートを合成した合成床版を採用した。この合成床版は、トラス型ジベルによって、鋼板とコンクリートの間のずれを拘束し、両者が一体となって外力に抵抗するもので、従来の床版とは異なった特殊構造となるため、道路橋に適用するにあたって、その力学的特性を明らかにするため、押し抜きせん断試験、曲げ耐力実験などをおこなった。さらに、定点載荷の疲労実験と大型輪荷重移動載荷装置を用いた走行疲労実験をおこなって、疲労に対する耐久性を確認した。そして、これらの実験の結果をもとに、脇浜工区の5径間連続非合成箱桁、3径間連続非合成箱桁の2連で、合成床版の施工をおこなった。

まえがき

近年、道路交通量、とりわけ大型車の交通量が増大する傾向にあり、これに伴うRC床版のひび割れ損傷に対処するため、床版厚を厚くせざるを得ず、床版の重量が増大することにより、下部構造の設計にまで影響を与えている。

また、損傷した床版に対しては、床版裏面にエポキシ樹脂で鋼板を接着する全面鋼板補修をおこなっているが、鋼板補強したRC床版の耐久性に関する研究¹⁾によると、曲げひびわれを生じたRC床版を鋼板補強することによって、その耐力はひびわれのないRC床版と同程度まで回復すると同時に、曲げ剛性は著しく改善されることが明らかにされている。

このような観点から、プレキャスト化された床版の底鋼板(型枠兼用)上にコンクリートを打設し、鋼板とコンクリートを合成し一体化した合成

床版は、軽量で力学特性が優れており、さらに型枠・支保工を省略することによる工期の短縮、現場での工事の省略化が可能な構造形式である。

湾岸線南伸部2期脇浜工区(大阪府貝塚市脇浜)に採用したトラス型ジベルを用いた合成床版もその1形式で、既述の文献より、その力学特性や製作・施工性を比較して選定した²⁾。

本論文では、この合成床版を実橋に適用するにあたっておこなった実験と脇浜工区での実際の施工について報告する。

1 合成床版の構造と特徴

1-1 合成床版の構造

今回、脇浜工区に採用したトラス型ジベルを用いた合成床版は、薄鋼板上にトラス状に曲げ加工をした鋼板を溶接し、この上にさらにフラットバーを溶接して、トラス型ジベルを形成した床版である(図-1)。

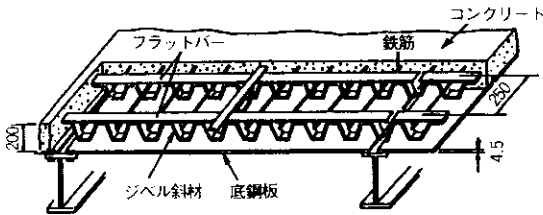


図-1 トラス型ジベルを用いた合成床版概要図

この合成床版は、主桁・縦桁間と横桁間で区切られたパネル方式で、トラス型ジベルを主鉄筋方向には25cm間隔、配力鉄筋方向にも合成前の剛性を確保するため、1m間隔で配置しており、床版厚は20cmとしている。

なお、パネル間の配筋は、主鉄筋と配力鉄筋を上下2段に配筋している(図-2)。

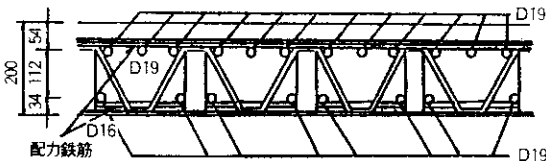


図-2 継手部配筋図

1-2 合成床版の特徴

この合成床版の特徴を列記すると以下のようになる。

- ①トラス型ジベルがずれ止め効果の優れたジベルとして作用し、充填コンクリートと底鋼板とを十分に合成するため、剛性が高くRC床版と比較して、床版厚を薄くでき、死荷重の

軽減が可能である。

- ②ジベル斜材が斜鉄筋としてせん断補強筋の働きをするため、コンクリートの斜引張りひ割れによる損傷を極力抑えられる。
- ③底鋼板にトラス型ジベルを溶接しているため曲げ剛性が高く、コンクリート打設時に型枠はもちろん支保工も必要としない。
- ④大部分が工場製作となるため、現場作業が少なく、施工の急速化が可能である。

2 合成床版の実験研究

合成床版は、従来の床版とは異なった特殊構造であるため、実橋に適用するにあたって、その力学的特性および疲労に対する耐久性を、実験により確認した。

2-1 押し抜きせん断試験

この合成床版では、コンクリートと底鋼板とが一体となって外力に抵抗させるようにするため、トラス型ジベルが両者の間のずれを拘束することが前提条件となる。

そこで、トラス型ジベルが合成床版としての機能を発揮するために必要なせん断強度を有しているかどうかを調べることを目的として、ジベルの押し抜きせん断試験を実施した³⁾。

2-1-1 実験概要

図-3、表-1に示すように、ジベル斜材の板厚 t 、溶接長 B をパラメータとして抽出して供試体を作成し、押し抜きせん断試験をおこなった。

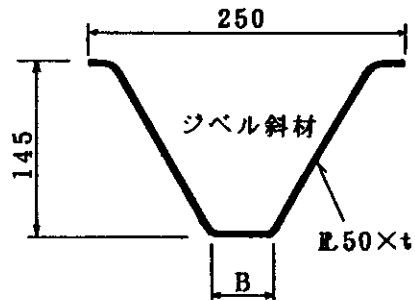


図-3 ジベル斜材の形状

表一 試験種類および供試体数
(*はまわし溶接施工)

t (mm) \ B (mm)	3.2	4.5	6.0
40	4	4	4
50	4	4 3*	4
60	4	4	4

この供試体に、100tf油圧ジャッキによって残留ずれが0.08mmになるまで載荷と除荷とを繰返し、その後破壊に至るまで荷重を漸増させた。ここで、残留ずれ量0.08mmに対応する荷重を、せん断耐力とする。

また、 $t=4.5\text{mm}$ 、 $B=50\text{mm}$ のものに対しては、まわし溶接をおこなった供試体も作成し、その効果を調べた。

2-1-2 実験結果と考察

試験結果を図-4、図-5に示す。これらの図

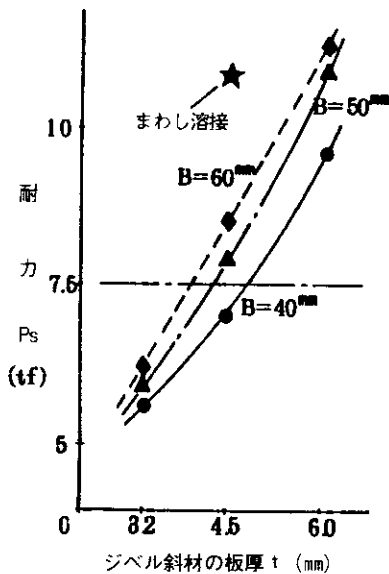


図-4 ジベル斜材の板厚—耐力—溶接長の関係

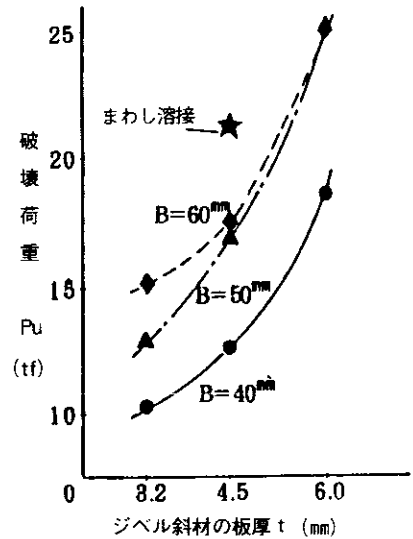


図-5 ジベル斜材の板厚—破壊荷重—溶接長の関係

から、せん断耐力、破壊荷重は、ジベルの板厚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、せん断耐力、破壊荷重は、溶接長にも比例している。これは、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と考えられる。さらに、まわし溶接は応力をよりスムーズにジベルに伝えるため、せん断耐力を高めている。

4辺単純支持されたトラス型ジベルを有する合成床版(3.0m×6.0m)を対象に、弾性板理論を用い、安全率 $\gamma=3$ を見込んだ設計水平せん断力を求めると7.5tfとなる。この値を満足するジベル形状は、図-4よりジベル板厚4.5mm、溶接長50mmの場合に相当する。さらに、この板厚は図-6に示すように、破壊形状が混在している範囲であり、最も経済的な板厚となっている。以上から、次のことがいえる。

- ①耐力は、ジベル板厚に比例し、ジベルの溶接長は、流入する応力を平均化するのに役立つ、

50mm以上で有効である。

- ②まわし溶接は、応力集中を緩和し、応力をよりスムーズにジベルに伝えるためにせん断耐力を高める。
- ③ジベル板厚4.5mmのとき、ジベルおよび溶接部の破壊が混在している。したがって、この板厚が最も経済的である。

さらに、以上の結果から最適と思われるジベル板厚4.5mm、溶接長50mmのジベルを用いた供試体(3.3m×1.0m)を用いて静的な曲げ耐力実験をおこない、底鋼板の板厚4.5mmで、所要の耐力を有することを確認した³⁾。

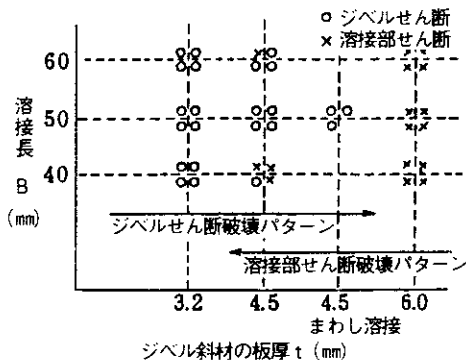


図-6 破壊パターンの分布

2-2 走行疲労実験

この合成床版に対して疲労に対する耐久性を調べるために、定点疲労実験をおこなった結果、実験終了後も供試体は健全な状態にあり、耐久性に問題がないことがわかった⁴⁾。しかし、定点疲労実験時にひび割れを起こした合成床版連結部(負曲げモーメントを受けるRC構造部分)に、輪荷重が繰返し載荷された場合、耐久性を著しく損なう可能性がある。そこで、できるだけ実構造に近い条件の供試体(スケール、支持条件)を製作し、供試体が乾燥した状態で輪荷重移動載荷装置を用いた走行疲労実験をおこなった⁴⁾。

2-2-1 実験概要

この合成床版を実橋に適用する場合、床版は主桁、横桁、および縦桁で直接支持され、それらの部材の上では不連続となる。したがって、正の曲

げモーメントを受ける部分は合成構造、また負の曲げモーメントを受ける部分はRC構造となる。このような構造特性をもつため、2径間連続版の供試体(2.5m×12.3m)を製作した。載荷荷重は、道路橋示方書による衝撃係数を考慮して、11tfとし、載荷回数は50万回を目標とした。なお、ジベル斜材の板厚は、比較のため $t=4.5\text{mm}$ 、 $t=6.0\text{mm}$ の2ケースとしている。

2-2-2 実験結果と考察

床版中央部におけるたわみの経時変化は、ジベル斜材板厚 $t=6.0\text{mm}$ の方が、 $t=4.5\text{mm}$ と比較して載荷回数による鉛直変位の変動が少なかった。これは、ジベル斜材の板厚が厚いほど耐久性が高くなることを意味している。

載荷回数50万回終了時のコンクリートのひび割れの発生状況を図-7に示す。

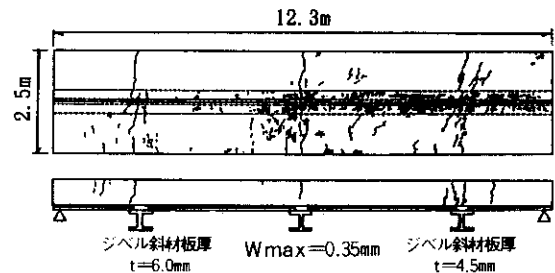


図-7 ひび割れの状況(50万回載荷後)

合成床版連結部のひび割れは載荷回数が10万回で発生し、終了時でのひび割れ幅は最大0.35mmに達しており、許容値0.2mmを越えている。このひび割れ状況から次のことが考察される。

- ①ひび割れ幅が許容値を越えた原因は、合成構造部分と比較して、RC構造部分の剛性が低く剛性の不連続点となったためと考えられる。
- ②ひび割れが発生することにより、剛性構造部分が4辺単純支持版として挙動する。この状態になると、ひび割れは進行せず、この状態でもRC構造部分は合成構造部分の連結作用を十分に果している。
- ③このひび割れを抑制し、連続床版としての機能を果たさせるには、RC構造部分の配筋方法

を変更し、かぶり厚等の変更をおこなえば解決できると考えられ、実用上はジベル斜材板厚は $t=4.5\text{mm}$ で十分である。

3 合成床版の設計

3-1 設計要領

道路橋示方書で取り扱われている床版は、相対する2辺で単純支持された等方性無限単純版に近い短辺と長辺の比が1:2以上の場合と規定されている。しかし、この合成床版は4辺単純支持された等方性版を対象としているため、その適用範囲を短辺（主鉄筋方向）と長辺（配力鉄筋方向）の比を1:1以上に拡大した。

適用範囲を拡大したことにより、主鉄筋方向の曲げモーメントの一部が配力鉄筋方向に流れるため、配力鉄筋方向の曲げモーメントを10%割り増した。主鉄筋方向は、安全側の評価をおこなうため、道路橋示方書に従った。

3-2 桁

この合成床版と桁との取合いは、あらかじめ桁上に溶接したネジ付きスタッドと押え金物（図-8）を用いておこない、桁との重ねしろは約80mmとしている。そのため、縦桁の上フランジ幅を最

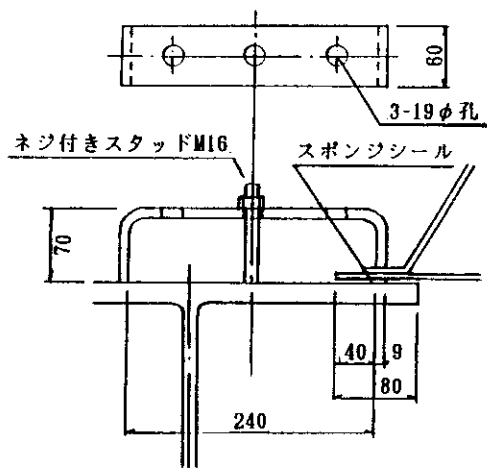


図-8 押え金物詳細図

小300mmとしている。また、底鋼板と桁とを密着させるため、桁の上フランジの断面変化方向を下側として、桁上面をフラットにしている。

桁、ブラケット等のボルト継手部には、あらかじめ底鋼板に切り欠きを設けている。この部分では重ねしろが不足するので、桁に受けプレートを溶接し、重ねしろを確保している。

3-3 トラス型ジベル

トラス型ジベルは、押し抜きせん断試験によりせん断耐力を求め、許容せん断耐力に対して3倍以上の安全率を有するように設定した。

3-4 底鋼板

底鋼板の板厚は、曲げ耐荷力実験により、所要の耐荷力を有するように設定した。また、線形の曲率が小さく、製作を考慮して、底鋼板はすべて長方形版とした。なお、底鋼板にハンチは付けず、端部でトラス型ジベルにまわし溶接をおこなうこと等で対応した。

4 合成床版の製作と施工

4-1 対象工区の概要

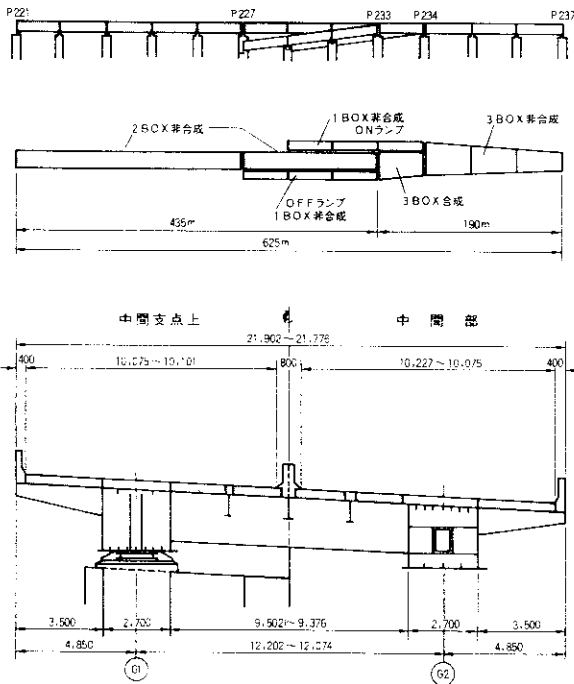
湾岸線南伸部2期脇浜工区（図-9）の5径間連続非合成箱桁、3径間連続非合成箱桁の2連（435m）で、合成床版の施工（492パネル）をおこなった。

4-2 工場製作

工場製作のフローチャートを図-10に示す。

トラス型ジベルの曲げ加工は、特殊ヘッド付横押しプレスを用いておこなった。溶接ひずみを少なくするために、トラス型ジベルの溶接をパネル中央部から始めて、パネル端部にひずみを逃がす手順をとっている。

また、鉄筋の組立のために、段取り筋（丸鋼）を溶接している。さらに一部の鉄筋をあらかじめトラス型ジベル内におさめておき、現地で引き出し配筋をおこなうこととし、現場での作業性を考慮している。



■部は、合成床版適用箇所
図-9 脇浜工区一般図

4-3 架設

合成床版のパネルの最大寸法は3.3m×5.8mで、重量は1.1tである。輸送は、すべて陸上輸送とした。

架設は、クレーンのリーチの関係で、80tクローラクレーンを使用した。架設のフローチャートを図-11に示す。

コンクリート打設時のモルタル漏れを防ぐため、底鋼板と桁との接触面に、間詰材としてスポンジシーリング材を施工した。これは、底鋼板と桁とを直接接せず、たたき音の発生を防ぐ役割も果たす。

さらに、底鋼板の端部および切り欠きを設けた部分にコーキングをおこなうことによって、ほぼ完全にモルタル漏れを防ぐことができた。

4-4 施工

合成床版のパネル設置後の状況を、写真-1に示す。

鉄筋組立時、工場で合成床版に取り付けた段取り筋は有効で、現場での配筋作業を軽減することができた。しかし、鉄筋が押え金物にあたる箇所が発生し、今後、押え金物の形状の変更、取り付け位置の改善等が必要と思われる。

合成床版は、床版型枠の作業がないため、RC床版の施工と比較して、組立・解体作業日数が削減でき、さらにコンクリート養生日数を短縮することができることから、現場での作業日数を短縮することができた。

また、合成床版連結部のひび割れ対策として、床版上面に防水層の施工を考えているが、今後の追跡調査も検討している。

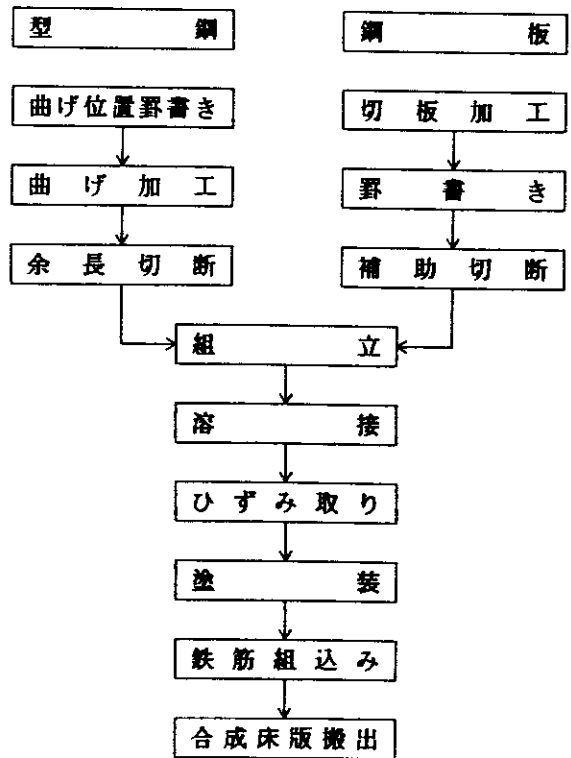


図-10 工場製作のフローチャート

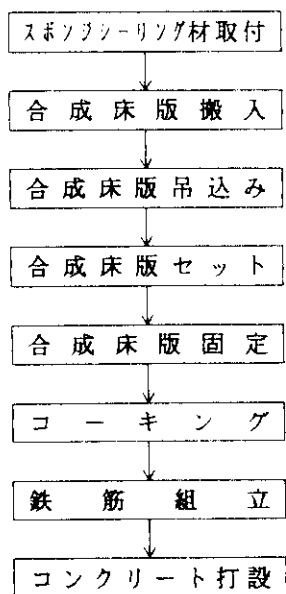


図-11 架設のフローチャート

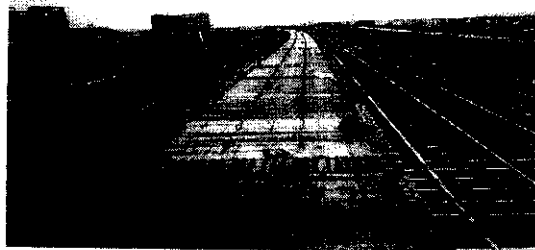


写真-1 パネル設置後の状況

あとがき

今回、脇浜工区で合成床版の施工をおこなった結果、今後検討すべき問題も出てきたが、死荷重の軽減、現場作業日数の短縮等の特長を確認することができた。

今後、合成床版はますます注目を集めることが

予想され、種々の実験と実際の施工を含めた本論文での検討内容は、同種の床版の開発の参考になるものと思われる。

最後に、実験・解析の実施にあたり、御指導いただいた大阪市立大学中井博教授、大阪工業大学堀川都志雄助教授をはじめ、関係各位に感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 首都高速道路公団、阪神高速道路公団、財首都高速道路協会：床版補強の設計施工に関する調査研究（その2）報告書 昭和56年3月
- 2) 阪神高速道路公団：脇浜工区合成床版の検討 平成元年3月
- 3) 阪神高速道路公団：脇浜工区合成床版実験業務報告書 平成2年2月
- 4) 阪神高速道路公団：脇浜工区合成床版実験業務（その2）報告書 平成3年1月