

曲面状埋設型枠を用いたRC床版施工の開発

川田建設 (株) 技術部開発課 正会員 ○西條 龍
 川田建設 (株) 大阪支店工事部 塩田 久
 協立エンジ (株) 大樋 邦夫
 大阪大学大学院 工学研究科 松井 繁之

1. はじめに

近年、橋梁建設工事において型枠工事の合理化・省力化が大きな課題となっている。また、熱帯雨林保護の観点からも、木製合板に代わる新しい型枠システムの開発が要望されており、プレキャストパネルを使用する埋設型枠工法などの開発が進められている。

川田建設では、真空押し出し成形法で製造した繊維補強モルタル板「KKフォーム」をコンクリート構造用の埋設型枠として開発し、多くの施工実績を有している。さらに、床版の高機能化・高耐久化・施工の合理化を目指して、曲面状の埋設型枠「アーチフォーム」を開発した。

本論文は、RC床版にアーチフォームを適用した場合の施工検討と試験検証および、実橋における現場施工について述べるものである。

2. アーチフォーム工法の特長

アーチフォームは、KKフォームを曲面状に加工したもので、写真1に外観を示す。寸法が厚み25mm、幅450mm、長さ1~3m、曲率半径0.5~2mの円弧状の板である。

アーチフォームを床版の底版埋設型枠として使用するアーチフォーム工法は、曲面形状によるアーチ効果を利用して施工時のコンクリートの死荷重・作業荷重を負担させる。さらに、完成系においてコンクリートと一体化して合成床版とする。アーチフォーム工法の主な特長を以下に示す。

- ①アーチフォームの拘束効果で引張側コンクリートのひび割れの進展が抑制されるため、耐久性が向上
- ②アーチフォーム裏面の凹凸形状による付着一体性および曲面形状とした効果で、疲労耐久性が向上
- ③型枠支保工の組払い作業が不要で、大幅な施工の合理化が可能
- ④アーチフォームが軽量のため現場架設が容易
- ⑤緻密で高耐久性のアーチフォームの被覆により、外部劣化因子の侵入が遮断されるため、床版の耐久性が向上

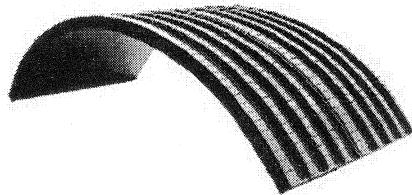


写真1 アーチフォームの外観

3. 試験概要

3.1 埋設型枠アーチフォームの性能試験

アーチフォームを床版の底版埋設型枠として施工する場合の性能を評価するため、単体のアーチフォームを用いて試験を実施した。荷重載荷方法は、等分布荷重および写真2に示す1点集中載荷とした。

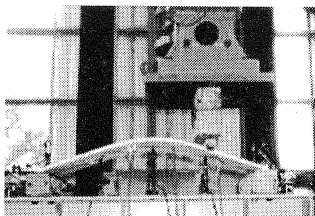


写真2 集中載荷状況

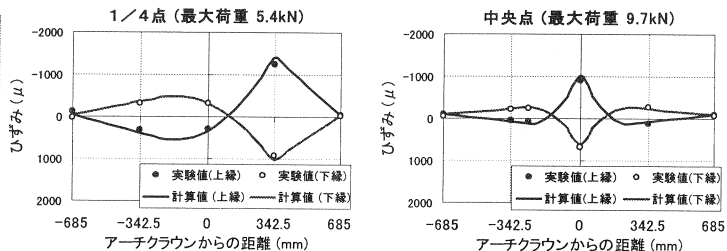


図1 ひずみ分布図 (1点集中載荷)

集中荷重の試験結果を図1に示す。最大荷重は、中央点荷重の場合が9.7kNで、1/4点荷重の場合が5.4kNである。また、同図中の実線は両端をピンとした平面骨組み解析結果であり、破壊直前の実験結果とほぼ一致している。

3. 2 静的荷重試験および定点繰返し荷重試験

(1) 試験概要

アーチフォームを用いた床版の耐荷力および一体化を確認することを目的として、プレビーム合成桁橋の床版を想定した試験体により静的荷重試験および定点繰返し荷重試験を行った。従来工法試験体(以後、従来タイプと称す)は、図2に示すように、桁間隔が1.5mの桁に、床版厚180mmとハンチ厚200mmを有するRC床版がスタッドジベルを介して剛結したものとした。アーチフォーム工法試験体(以後、AFタイプと称す)については、アーチフォームを含めた床版全厚を同じにした。

静的荷重は、床版に対して押抜きせん断が生じるような偏心荷重とし、荷重は破壊に至るまで単調増加させた。載荷ステップを図3に示す。載荷面積は、大型車後輪載荷面寸法の60%で300mm×120mmとした。

また、定点繰返し荷重は、床版支間中央に衝撃を含むT活荷重(設計荷重)P=136kNで、周期1/3秒の載荷速度で200万回まで繰り返して行った。載荷面積は静的荷重と同様とした。載荷状況を写真3に示す。

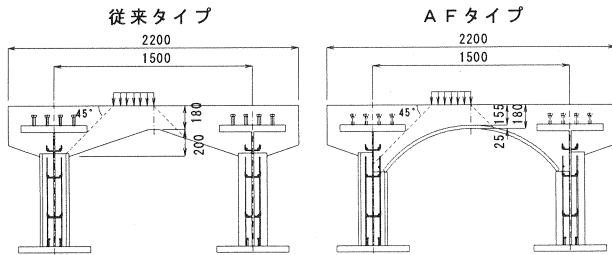


図2 試験体断面形状

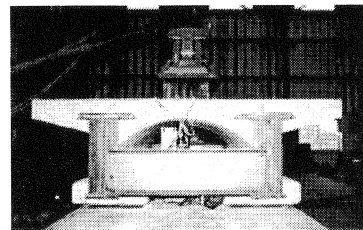


写真3 定点繰返し載荷状況

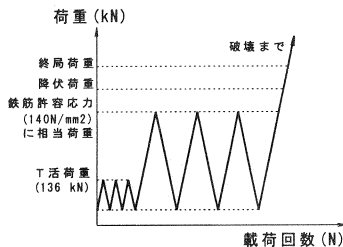


図3 静的載荷ステップ

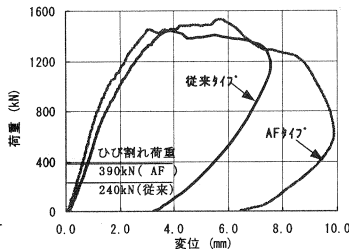


図4 荷重変位曲線

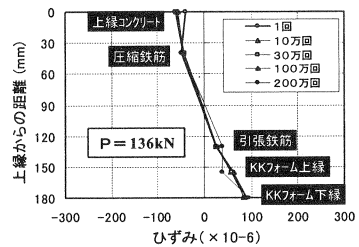


図5 断面内ひずみ分布

(2) 静的荷重試験結果

AFタイプは、従来タイプに比べ、初期ひび割れの発生するタイミングが遅く、ひび割れ本数が少ない傾向があった。これは、アーチフォームが曲面形状であるため、応力の流れがスムーズに伝達できることとアーチフォームの引張強度が大きいためであると考えられる。また、終局時の押抜きせん断破壊には、アーチフォームが床版より剥落することはなく、アーチフォームの圧縮破壊となった。一方、従来タイプは、ハンチの付け根部の陥没による押し抜きせん断破壊となり、破壊時にコンクリート片の剥落・落下が生じた。

図4に荷重変位曲線を示す。AFタイプは、従来タイプと同程度の剛性・耐荷力と約1.3倍の変形性能を有することが確認できた。

(3) 定点繰返し載荷試験結果

定点繰返し載荷試験では、200万回載荷後もアーチフォームの表面には、ひび割れおよび付着切れは全く見られず、剛性の低下もほとんどなかった。図5に示す断面内のひずみ分布は、200万回載荷後も直線に近い

い性状を示していることから、平面保持が成り立っており、アーチフォームとコンクリートとの一体性が確保されていると考えられる。

3. 3 輪荷重走行試験

(1) 試験概要

本試験は、アーチフォーム工法を用いた試験体の疲労耐久性を確認するため、大阪大学工学部の輪荷重走行試験機を用いて行った¹⁾。AFタイプ試験体は、図6に示すように床版支間1.5mで、アーチフォームを含めた床版厚を180mmとした。アーチフォームは床版断面の中に入れ有効断面とした。比較対象として従来タイプ試験体を製作した。載荷プログラムは、図7に示すように147kNから235kNまでの階段状荷重漸増載荷方法とし、100万回載荷した。載荷状況を写真4に示す。

試験終了後、床版を断面方向に切断し、輪荷重走行による疲労損傷の度合いを確認した。

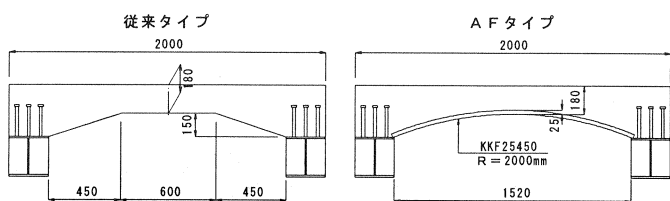


図6 輪荷重走行試験体断面形

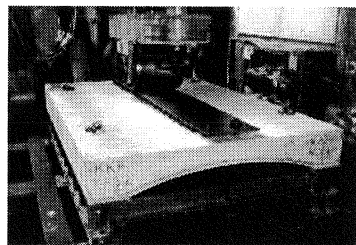


写真4 載荷状況

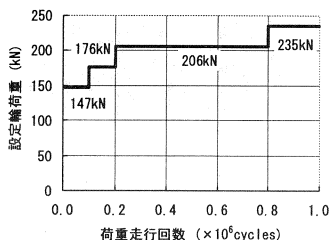


図7 載荷プログラム

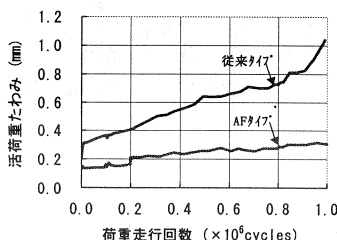


図8 活荷重たわみの経時変動

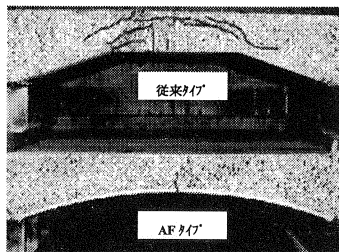


写真5 試験体切断面状況

(2) 試験結果

床版中央における活荷重たわみの経時変動を図8に示す。従来タイプは、試験の初期段階においてひび割れが発生したため、活荷重たわみが大きくなり、その後走行回数の増加に伴いひび割れが増えた。その影響で、走行時の活荷重たわみはAFタイプと明らかに異なっていた。AFタイプは、試験走行100万回までほぼ一定のたわみで、破壊しなかった。

また、写真5に試験体切断面のひび割れ状況を示す。従来タイプは、斜め方向のひび割れが発生し、押抜きせん断破壊の寸前であると推察できる。一方、AFタイプは床版中央に曲げひび割れが1本生じている程度で、劣化損傷の度合いが軽微であった。活荷重たわみの経時変動とひび割れ発生状況から、アーチフォーム工法を用いた床版は従来工法と比べ、高い疲労耐久性を有していると考えられる。

4. 実橋への適用

徳島県元町沖洲線に架ける福島橋は、徳島市の中心市街地に位置し、橋長56.0m、幅員15.2m、斜角70°の3径間連続プレキャスト合成桁橋である。標準断面図を図9、断面詳細形状を図10に示す。本工事の床版は、橋の下が航路となるため、曲面形状で美観に優れることと表面が緻密で高耐久性であることから、アーチフォームが採用された。

今回、アーチフォーム工法を初めて適用したため、現場施工に先立ち実物大の試験体を用いて予備施工試

験を行った。結果は図11に示すように、打設によるアーチフォーム中央のたわみが0.2mmと小さく、打設荷重に対して、アーチフォームは十分な耐力と剛性を有することが確認できた。現場施工においては、打設荷重による主桁のたわみ変動が大きいため、打設の順序に注意を払い打設を行った。その結果、目地部からのノロ漏れもなく良好な施工を行うことができた。また、現場計測により打設荷重により外桁が横方向に開きを測定し、アーチ効果への影響を調べた。結果として外桁の横方向の開きがわずか0.2~0.4mm程度で、アーチフォームの挙動に与える影響が問題にならない程度であった。図11に示す打設荷重によるアーチフォーム中央点のたわみの経時変化は、予備試験結果とほぼ一致した。アーチフォームの敷設状況を写真6~写真8に示す。

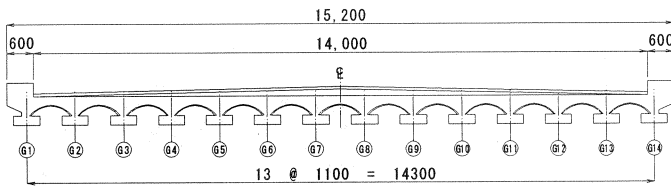


図9 標準断面図

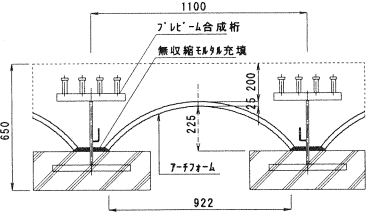


図10 断面詳細形状

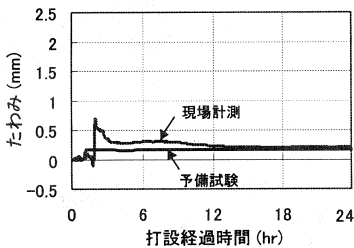


図11 打設たわみの経時変化

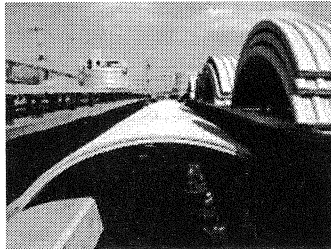


写真6 敷設状況

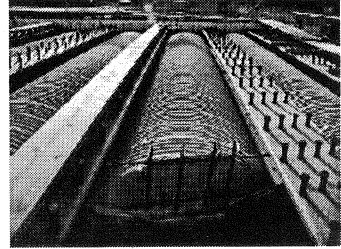


写真7 敷設完了 (上面)



写真8 敷設完了 (下面)

5. おわりに

アーチフォーム工法の実用化を目指し、打設施工試験によるアーチフォームの性能評価、ならびに静的載荷試験と定点繰返し載荷試験による曲げ作用下の挙動の確認、輪荷重走行試験による疲労耐久性の検証を行った。その結果、以下の知見が得られた。

- 1) アーチフォームは、床版の底版埋設型枠として十分な性能を有し適用できること
- 2) AFタイプは、従来タイプと同等の耐荷力を有していること
- 3) AFタイプは、従来タイプと比較し、高い疲労耐久性を有していること

以上の結果により、アーチフォーム工法を用いた床版は、合成床版としての所要機能を十分満足し、高い疲労耐久性を有していることがわかった。また、現場施工においてもアーチフォームの敷設は作業性が良く、効率的な施工を行うことができた。

最後に、検証実験に際し多大の御指導を賜った大阪大学工学部の松井教授ならびに研究室の皆様へ心から感謝致します。また本工法で福島橋を施工するにあたり、全面的にご協力頂いた徳島県都市道路整備局に対し心より感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 大西・徳岡・劉・松井：曲面状埋設型枠を用いたRC床版の疲労耐久性に関する研究，JCI 第25回年次論文集，2003
- 2) 劉・徳岡・佐野・小林：埋設型枠工法の開発（一体化試験），第10回PCシンポジウム論文集