

プレキャスト床版接合部の実物大施工試験

Full-scale Construction Experiment on Joint Section of Precast Slabs

建設基盤技術部 基 哲義 AKIYOSHI DAI
 建設基盤技術部 佐々木 亘 WATARU SASAKI
 建設基盤技術部 坂本 遼 RYO SAKAMOTO
 建設基盤技術部 樋口 正典 MASANORI HIGUCHI

プレキャスト床版接合部の高耐久化と施工の簡略化を目的として、180MPa程度の圧縮強度を有する超低収縮高強度繊維補強コンクリートを用いた新しい接合工法の実物大施工実験を実施した。その結果、1) 材料を事前計量してフレコンバック内に梱包し可搬型の簡易コンクリートプラントにこれを投入・練り混ぜる事により、安定した品質のコンクリートが製造できること、2) ポンプ圧送試験により水平換算距離120m程度であればポンプ圧送可能であること、3) 勾配5%の接合部施工試験においては伏せ型枠を用いても適切に超低収縮高強度繊維補強コンクリートを充填すること、が確認された。さらに、施工から6ヶ月経過後の外観観察において接合部にひび割れは認められず、ひび割れの発生を抑制する性能が高いことが確認できた。

キーワード：超低収縮，高強度，プレキャスト床版，接合部，可搬式簡易コンクリートプラント

Full-scale construction experiment of novel joint method for precast slab joint by using ultra-low shrinkage and high strength fiber reinforced concrete of about 180MPa was carried out for the purpose of increasing its durability and simplifying its construction process. As a result, the followings were confirmed; 1) This concrete can be manufactured using a portable simplified plant and its quality is stable, 2) The pumpability of this concrete is applicable up to 120 m in the horizontal direction, 3) This concrete can be filled successfully using a prone face down formwork even if under 5% gradient condition. Furthermore, the high performance of this concrete to suppress cracking was clarified as observed that no cracks were found on the surface even 6 months after casting.

Key Words: Ultra low shrinkage, High strength, Precast slab, Joint, Portable simplified concrete plant

1. はじめに

高度経済成長期に整備された多くの道路橋においては、大型車交通量の飛躍的な増加による疲労荷重の増大や凍結防止剤による塩害などに起因する床板の経年劣化が著しく、更新工事の計画や実施が数多く行われている。特に高速道路橋においては床版の高耐久化とともに車線規制期間の短縮化が求められている。筆者らは、プレキャスト床版接合部の高耐久化と施工の簡略化を目的として、180MPa程度の圧縮強度を有する超低収縮高強度繊維補強コンクリート¹⁾を用いた新しい接合工法^{2),3)}を開発した。同工法では、現場打ちとなる接合部に180MPa級の超低収縮高強度繊維補強コンクリートを使用するため、接合部の幅を縮小し、かつ橋軸直角方向に配置する鉄筋が不要となるため施工性が大幅に改善される。

本稿では、180MPa級の超低収縮高強度繊維補強コンクリートを用いた床版接合部の実物大施工試験を実施し、簡易コンクリートプラントによる製造性と製造されたコンクリートのポンプ圧送性および施工性を確認するとともに、同コンクリートがひび割れの発生を抑制する性能が高いことを確認した結果について報告する。

2. 180MPa 超低収縮高強度繊維補強コンクリート

接合部に使用した180MPa級の超低収縮高強度繊維補強コンクリート（以下、単に開発コンクリートと呼ぶ）は同強度クラスの一般的なコンクリートに比べて収縮や水和熱が小さいため、ひび割れの発生リスクが低減できる。また、結合材には数種類の産業副産物を用い、細骨材にはフェロニッケルスラグを使用しているため、構成

表-1 超低収縮高強度繊維補強コンクリートの配合表

水結合材 比 W/B [%]	水粉体 容積比 w/b [%]	細骨材率 s/a [%]	空気量 [%]	短繊維 混入率 [%]	単位量 [kg/m ³]							
					W	B			S	G	Fb	
						C	FA	SF				
15.1	42.5	56.2	3.0	1.0	150	996	623	253	120	727	526	78.5

C：中庸熟ポルトランドセメント，FA：フライアッシュ(JIS A 6201 I種)，
SF：シリカフェーム(JIS A 6207)，S：フェロニッケルスラグ細骨材(JIS A 5011-2, FNS5A)
G：硬質砂岩砕石 1305 (JIS A 5005)，Fb：鋼繊維(φ0.2×15mm，引張強度 2000N/mm²以上)



写真-1 梱包状況



写真-2 PCa床版の配置状況

材料の約4割が産業副産物となり、製造時のCO₂排出量を従来の超高強度コンクリートの6割程度に低減できる。一方、使用材料の種類が多く、一般的な生コン工場に常備されていない材料も含まれるため、設備の制限から一般的な生コン工場での製造は容易でない。その対応として各材料をフレコンバックに梱包した原料を可搬型の簡易コンクリートプラントを用いて現地で練り混ぜる方法を採用した。開発コンクリートの配合を表-1に示す。なお、フェロニッケルスラグ細骨材は気乾状態のものを用い、配合計算上は絶乾状態として取り扱う。フレコンバックの梱包状況を写真-1に示す。練混ぜ水と化学混和剤は簡易コンクリートプラントの計量器を用いて計量した。開発コンクリートのスランプフローおよび空気量の目標値は675±75mm，3.0±1.5%とした。

3. 実物大施工実験

実物大施工実験はプレキャスト工場で作成した床版部材（以下、PCa床版と呼ぶ）を事前に設置した支保工上に接合部幅190mmの間隔で配置した。PCa床版の配置状況を写真-2に示す。PCa床版は橋軸方向に約1.65m、直角方向は約12m、標準部床版厚は0.22mの実物大とし、実施工を想定して勾配は橋軸直角方向に5.0%とした。設置後はあらかじめPCa床版に埋め込まれたインサートを用いて単管により型枠を支持した。また、後述するように施工時には伏せ型枠を用いるため、PCa床版上面にはインサートを配置した。



写真-3 可搬式簡易コンクリートプラント



写真-4 フレコンバックに梱包した原料の投入状況

(1) 開発コンクリートの製造

開発コンクリートの練混ぜは写真-3に示す可搬型の簡易コンクリートプラントを用いて製造した。可搬型の簡易コンクリートプラントには容量1.67m³のミキサと水および化学混和剤計量装置が搭載されており、フレコンバックに梱包した原料をラフタークレーンでミキサ上部より投入したのち、自動計量した水および化学混和剤を投入して練り混ぜる手順である。繊維の投入は、繊維分散投入装置をミキサ上部に設置して、繊維同士が絡ま

表-2 フレッシュ試験結果

スランプ フロー (mm)	500mm 到達時間 (秒)	空気量 (%)	コンクリ ート温度 (°C)	外気温 (°C)
705×695	12.3	2.5	21.6	18.1



写真-5 圧送試験状況

表-3 圧送試験時のフレッシュ試験結果

	スランプ フローの 平均値 (mm)	50cm 通過 時間 (秒)	空 気 量 (%)	U型 充填 高さ (mm)	コンク リート 温度 (°C)
圧送直前	630	23.6	2.7	346	28.1
4.7m ³ /h圧送後	725	7.9	2.1	—	27.4
9.7m ³ /h圧送後	670	14.9	2.4	—	27.3
19m ³ /h圧送後	660	14.7	3.1	347	27.5

ないように投入した。材料の投入状況を写真-4 に示す。練上り直後のフレッシュコンクリートの性状を表-2 に示す。バッチあたり 1.0m³ で練り混ぜた結果、目標値を満足し、安定した品質を確保することができた。

(2) 開発コンクリートの運搬

実施工では、圧送による場内運搬も想定されるが、当該開発コンクリートは単位水量が少なく、粘性が高いことから圧送が困難になる事が予想された。そこで、コンクリートポンプを用いた圧送試験を実施し、圧送の可否や圧送に伴う品質変化、圧力損失を検証することとした。配管は、写真-5 に示すように床版上を想定した直線配管とした。5インチ鋼製管を実配管長 43m で配管し、その先端には 7m の 4.5 インチのフレキシブルホースを取り付けた。このとき、配管局所部やフレキシブルホースの管路抵抗を考慮すると、水平換算距離は約 70m になる。管内圧力はダイヤフラム式圧力計を計測管に取り付け 5ヶ所測定した。圧送時にはポンプや配管に非常に大きな負荷がかかることが想定されたため、ポンプの最大圧力は 22MPa とし、圧送速度を 3 水準（実吐出量で 4.7, 9.7, 19m³/h）に変化させ試験を行った。また、製造し

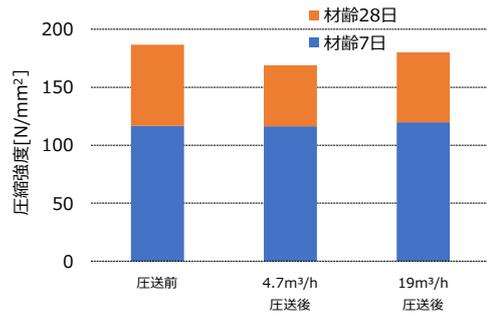


図-1 圧縮試験結果

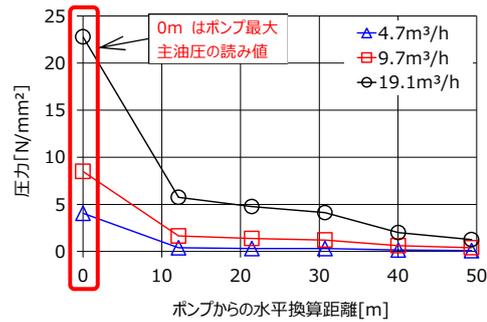


図-2 圧力測定結果

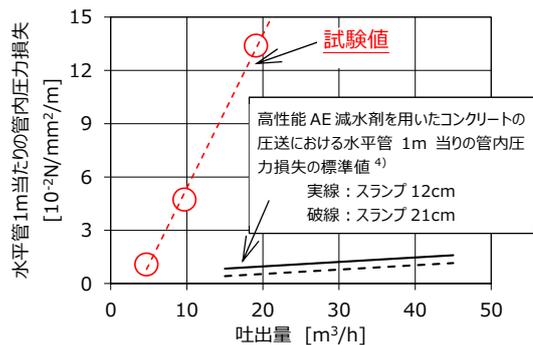


図-3 圧送速度と圧力損失の関係

た開発コンクリートは写真-5 に示すようにアジテータ車からポンプに投入し試験を実施した。圧送前後でのフレッシュ試験結果を表-3 に示す。9.7m³/h および 19m³/h 圧送後のスランプフローに関しては、粘性が若干低下したが大きな変化はなかった。また、圧送前後でのU型充填高さ（障害 R2）はどちらも 340mm 以上と同程度であり、圧送後も自己充填性に変化を生じないことが確認された。

標準水中養生を行った試験体の圧縮試験結果を図-1 に示す。スランプフロー試験と同様に大きな変化は確認されなかった。

圧力の測定結果を図-2、圧力の測定結果より求めた吐出量と圧力損失の関係を図-3 に示す。開発コンクリートの製造速度や打込み速度を考慮すれば、必要な吐出量は最大 10m³/h 程度であり、このときの水平管 1m あた

りの圧力損失は $5 \times 10^{-2} \text{N/mm}^2$ 程度となる。一般的な工事で用いられている 8.8MPa クラスのポンプ車で計算すると水平換算距離 120m 程度であれば、圧送は問題なく可能であると考えられる。

(3) 開発コンクリートの打ち込み

勾配 5%の接合部の打ち込み状況を写真-6 に示す。打ち込みは 1m の伏せ型枠を配置して流し込んだ。また、伏せ型枠面上昇してくる空気の排出を促すように補助的に型枠面を木槌で打撃することや、開発コンクリートに合流部が出来た場合は付き棒などで掻き乱すことを行った。

伏せ型枠を取り外した打ち込み面の状況を写真-7 に示す。表面には気泡が多数残る結果となった。原因として伏せ型枠を打撃しながら打ち込んだものの開発コンクリートの粘性が高く、打撃だけでは抜け切れなかった空気や打ち込み後に上昇してくる空気が残ったものとする。今後は、表面気泡の除去方法や伏せ型枠を使用しない施工方法を検討していくことが必要であるとする。

伏せ型枠は材齢 2 日で撤去し、その後 2 日間は湿潤養生を行った。材齢 4 日で湿潤養生を終了し併せて底版型枠も取り外した。材齢 4 日以後は外気環境に曝される状態とした。

1 か月毎に打ち込み面および型枠面の観察を実施した結果、6 ヶ月後においてもひび割れの発生は認められず、ひび割れの発生を抑制する性能が高いことを確認できた。

4. まとめ

180MPa 級の超低収縮高強度繊維補強コンクリートを用いた床版接合部の実物大施工試験を実施し、以下の結果を得た。

- ①一般の生コン工場での製造が設備的に容易ではない開発コンクリートに対して、可搬型の簡易コンクリートプラントを用いることにより、安定した品質の開発コンクリートが製造できる。
- ②製造速度や打ち込み速度を考慮すれば、一般的な工事で用いられているポンプ車を用いた場合、水平換算距離 120m 程度の圧送は可能である。
- ③5%の勾配を有する条件においても、1m の伏せ型枠を配置することで施工が可能であった。



写真-6 打ち込み状況 写真-7 打ち込み面の状況

④伏せ型枠を脱枠した表面部の品質には多少の課題を残す結果となった。

⑤施工後 6 ヶ月においても打ち込み面にひび割れの発生は認められず、ひび割れの発生を抑制する性能が高い。

今後も更なる施工性の改善に努め、本継手構造を高速道路の床版取替え工事に適用していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 恩田陽介, 佐々木亘, 基哲義, 松田拓: 乾乾燥状態の FNS を用いた超低収縮高強度繊維補強コンクリートに関する検討, 第 30 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, 2021(投稿中)
- 2) 竹山忠臣, 中村誠孝, 松田拓, 西村一博: 超低収縮高強度 F R C C を用いたプレキャスト床版継手構造の疲労耐久性, プレストレストコンクリート工学会第 30 回シンポジウム論文集, 2021(投稿中)
- 3) Tadaomi Takeyama, Hiroo Shinozai, Taku Matsuda, Akio Kasuga: “Splice Joint Using Ultra-High Strength and Ultra-Low Shrinkage Fiber-Reinforced Concrete”, Proceedings of the fib 2021
- 4) 土木学会: 2017 年制定 コンクリート標準示方書 [施工編], 2017