

アラミド繊維線を用いたプレキャストPC床版の機能向上

ドービー建設工業 (株) 名古屋支店 設計部 正会員 ○宮下 秀樹
 同上 名古屋支店 設計部 正会員 斉藤 亮一
 同上 名古屋支店 設計部 正会員 村上 英樹
 同上 北海道本店 設計部 正会員 浦 浩志

1. はじめに

プレキャストPC床版(以下、PcaPC床版)の先端部は、図-1のような形状を有しており、図-2に示すように、輪荷重載荷に伴い場所打コンクリートを介して支圧応力度が作用する。図-3にあるように、部材寸法の関係から無筋のPcaPC床版先端部は、規定の活荷重に対しては十分な安全性を有していることが確認されているが、規定外の荷重を受けた場合など、ひび割れが発生した状況を想定した場合には、剥落による第三者被害を防止するためのフェールセーフな構造とする必要があると考えた。

本稿は、PcaPC床版先端部の剥落を防ぐことを目的とした対策の紹介と、その製作に当たっての製作精度確保に関する検討結果について報告するものである。

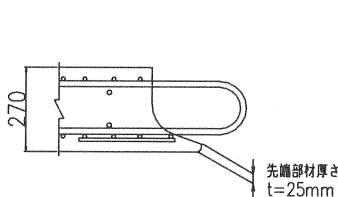


図-1 PcaPC床版先端部形状図

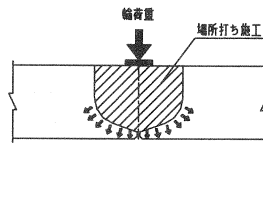


図-2 応力状態図

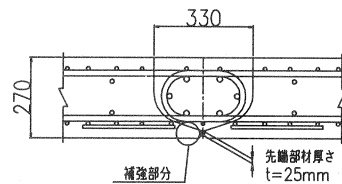


図-3 プレキャストPC床版
 間詰部詳細図

2. 剥落防止材の検討

2.1 剥落防止方法の検討

PcaPC床版先端部の剥落防止方法として、4工法を設定し、各々に対して長所と短所を表-1にまとめた。エポキシ樹脂塗装鉄筋(EP鉄筋)では、かぶりの確保ができない、繊維シートとの被覆は経済性が劣る、繊維補強コンクリートについては経済性の悪化に加え、コンクリート打設性能の悪化が懸念される。これらのことを踏まえ、非金属線が望ましいと判断した。

表-1 剥落防止方法一覧表

	長所	短所
非金属線の配置	鉄筋と同等な所定のかぶりの確保を軽減できる。	コストがやや高い。
EP鉄筋の配置	汎用性がある。	かぶり不足
繊維シートの被覆	応力集中を分散し、ひびわれ発生を抑制する効果がある。	コストが高い。配置が困難
繊維補強コンクリートの使用	全体的に補強できる。	コンクリートの配合を変更。ポンプ打設が困難。

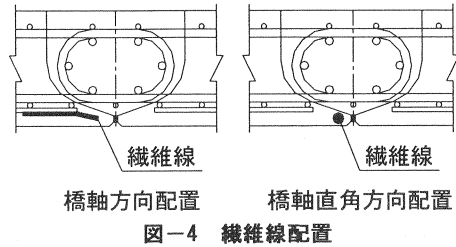
2.2 連続繊維補強材の配置方向について

本来、繊維線の配置方向としては、図-4に示す引張応力が発生する橋軸方向に配置するべきであるが、以下の理由により橋軸直角方向に配置することとした。

- ・先端部が狭いため、精度良く所定の位置に固定することが困難である。
- ・固定作業が緻密になると考えられ労務コストが増大する。

・コンクリートを先端部に充填する際、パイプレーターの振動等により繊維線が動かないようにするのは困難である。

以上の内容を踏まえ、剥落防止対策の主目的は、部分的にコンクリート片が剥落する可能性があった時、繊維線を介して落下を防止することとし、検討を進めることとした。



2.3 材質の検討

現在、非金属線として使用されている繊維材は炭素繊維、アラミド繊維、ガラス繊維、ビニロン繊維がある。1次選定としては、実績および施工性を考慮して表-2に示す「連続繊維補強材を用いたコンクリート構造物の設計・施工指針(案)」にも示されている炭素繊維とアラミド繊維を対象とした。

橋軸直角方向に配置する繊維線は、コンクリート打設の際、側方に移動し表面に露出する可能性がある。そこで、たわみを抑えるために繊維線にあらかじめ張力を導入することにした。繊維線を定着する方法として、くさび型定着具で直接繊維線を緊張する方法とねじ式定着具を常温加工でロッドの端末と一体化(マンション加工)して緊張する方法がある。マンションによる定着は、PC床版の幅員方向幅が変化するとロッドの切断長を算出する必要があるため実用性を考慮し、くさび型定着タイプのアラミド繊維(アラミドロッド)を採用した。

表-2 非金属線剥落防止材比較表

	炭素繊維	アラミド繊維	アラミド繊維
形状	 棒状	 ストランド状	 組紐状
定着方法	ねじ式定着	ねじ式定着	くさび式定着
引張強度 (N/mm ²)	2140	1760	1450
付着強度 (N/mm ²)	7.33	10.93	9.40
ヤング係数 (kN/mm ²)	137	52.9	62.5
リラクセーション	1.3	10	12
伸び (%)	1.6	3.7	2.0
比重	1.5	1.3	1.3

3. アラミドロッドの PcaPC 床版への適用検討

3.1 支持間隔および導入緊張力の設定

アラミドロッドを所定の位置に配置するにあたり、使用するアラミドロッドとして表-3に示す2種類を比較したが、部材寸法の関係から3mmのアラミドロッドを使用することとした。本ロッドの使用を前提に配置する上での支持間隔と導入緊張力について検討を行った。

表-3 アラミドロッド標準仕様

	公称直径 mm	断面積 cm ²	単位重量 g/m	保証荷重 kN	引張弾性率 kN/mm ²	破断伸び %
RA3S	3.0	0.07	8	7.8	68.6	2.0
RA9S	9.0	0.63	90	94.1	68.6	2.0

スペーサーによる支持間隔については、コンクリートの側圧に対し、数多く使用すれば、たわみを抑止することができるが、同一の弾性係数でないことから応力集中の発生、骨材のかみ合わせがなくなることによるせん断耐力の低下および経済性の理由等より極力配置箇所を少なくする必要がある。したがって、鋼桁上の標準的な床版支間が6.0mであることから支持間隔を2.0~3.0mの範囲と定めた。さらに、たわみを軽減するためアラミドロッドに緊張力を導入することとし、実際のたわみ状況および製作性を把握するために実物大試験体を製作した。

1) スペーサー形状について

本目的で使用するスペーサーは、以下のような条件を満足する必要がある。

- ・緊張力導入の際、伸びが生じるため型枠、スペーサーおよびアラミドロッドの各接触箇所は固定しないこと。
- ・先端部にコンクリートを充填し、締め固めを行う際、スペーサーが移動することによりたわみの変化が生じないこと。
- ・スペーサーへ容易にアラミドロッドが取付可能なこと。
- ・材質は、スペーサー周囲に応力集中を避けるため、コンクリートに近い弾性係数とすること。

以上の条件から、モルタル製の円柱状の中心に穴を設けアラミドロッドを通す構造とした。

2) 緊張力導入方法について

緊張力の導入に当たっては、以下の点に留意しなければならない。

- ・作業の効率性を考慮し、ジャッキおよびポンプの使用を避けること。
- ・材料のロスを低減するため、型枠1基毎に緊張力を導入すること。
- ・導入緊張力の確認は、測定作業が容易な伸びによる管理とすること。

上記項目を満足するものとして、緊張力導入方法は、図-5 に示す型枠端部にくさび式定着具とボルトを組み合わせた治具を製作し、ボルトの移動量により緊張力が確認可能である伸びの管理とした。

3) 試験体の作成

緊張力の導入量と支持間隔をパラメーターとしてたわみ量を測定するために、導入緊張力を100、500、1000、2000、4000Nの5種類の図-6に示す試験体を作成した。たわみの測定方法は、試験体養生日数を1日とし、脱型後コンクリートカッターにて先端部を切断しコンクリート表面からの距離を計測した。PcaPC床版製作要領を図-7に、アラミドロッドの設置状況を写真-1に示す。

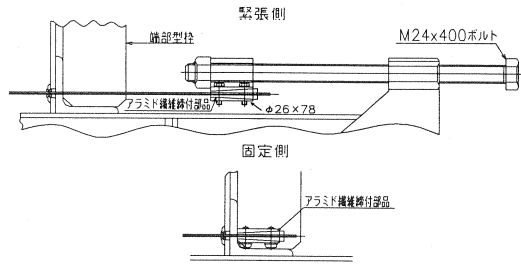


図-5 緊張力導入概要図

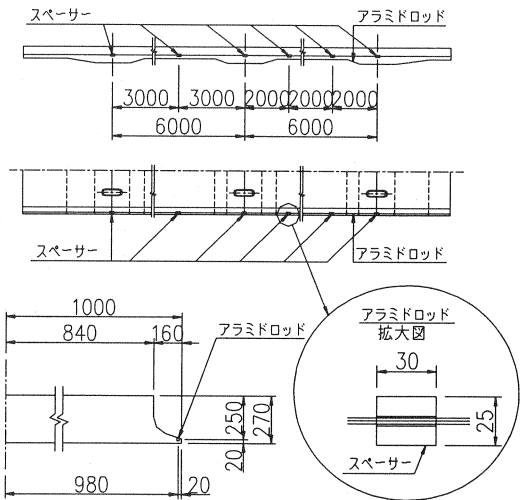


図-6 試験体概要図

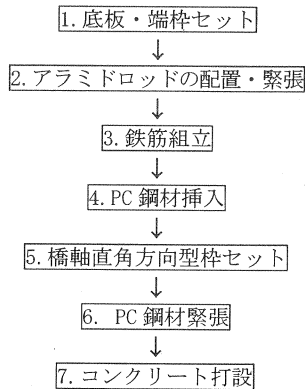


図-7 PC床版製作要領図

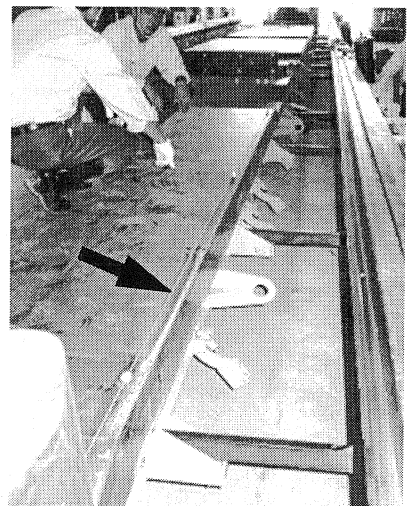


写真-1 アラミドロッドの設置

4) 試験結果

実測したデータおよび、それらデータの累乗近似線を図-8、図-9に示す。導入緊張力が100Nでは、8mm、6mmのたわみ量を示しているが、緊張力増加に伴い著しく減少しており、1000Nからは大きな変化が見られないことが分かる。

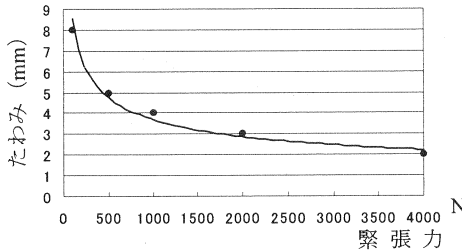


図-8 緊張力によるアラミドロッドのたわみ図 (支持間隔 3.0m)

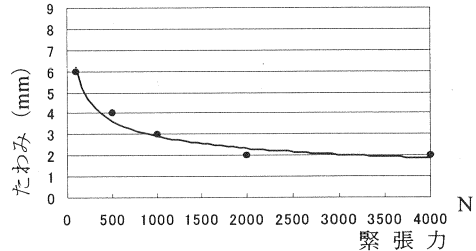


図-9 緊張力によるアラミドロッドのたわみ図 (支持間隔 2.0m)

先端部にアラミドロッドに2000Nの張力を与えて配置した支持間隔2.0mのコンクリートの切断片を写真-2に示す。左側はスペーサー中間地点、右側はスペーサー付近を示し、中間地点での側方変位は2mmであった。以上の結果から、2000N程度の緊張力を与えることで当初の目的が達成されることが分かった。

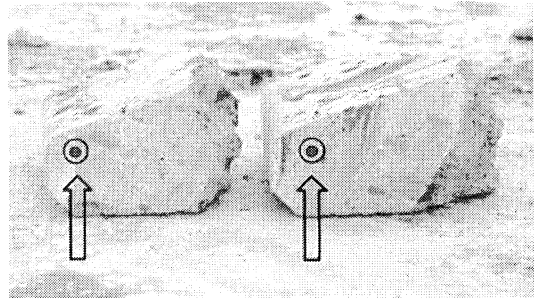


写真-2 先端部アラミドロッドの設置

4. まとめ

本試験より確認できた知見を示す。

- (1) アラミドロッドに導入する緊張力は、コンクリート打設時のたわみを抑えることを目的とすれば、保証荷重7.8 kNに対し、25%程度の2.0 kNが製造性を踏まえ妥当であると思われる。
- (2) 円柱型スペーサーを使用することにより、アラミドロッドを所定の位置に精度良く配置することができた。

5. おわりに

部材を設計する上で、規定の荷重状態に対して安全であることは当然であるが、不測の事態に対するフェールセーフな構造とすることが、非常に重要視されている。このような情勢の中で、PcaPC床版の先端部に着目し、低コストな安全対策を提案した。本稿では製作精度に関する検証について述べたが、今後の検証によりその効果についても報告する所存である。本稿がプレキャスト部材の安全対策に対して、何らかの参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリートライブラリー 連続繊維補強材を用いたコンクリート構造物の設計施工指針 (案)No88.1996
- 2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 IIIコンクリート橋編 2002.3
- 3) (財)高速道路技術センター：鋼少数主桁橋の設計・施工指針(案) 2000.10