

PC工場における生産設備

富田 清一*

1. はじめに

わが国は、バブル経済崩壊後の景気低迷の中、少子高齢化、高度情報化、グローバル化などの社会構造の変化や、規制緩和、情報公開、環境といった生活面の変化も急速に進んでいる。そのような中、構造改革の必要性が叫ばれる新たな転換期に直面している。PC工場は、PC桁およびPC枕木を主要生産品として、1952年に全国7工場で操業開始以来、経済成長の発展とともに1965年には約50工場、さらに現在では100工場が稼働している状況である。生産設備も同様に緊張装置を例として見れば当初30t～50tであったが、現在ではJIS改訂に伴い桁の大型化が進み350t～500tが主流である。また、防災施設など製品の多様化を鑑み、800t規模の装置を保有している工場も出現している。生産品目の多様化も著しく、前述の防災施設に加え、プレキャストセグメント、港湾構造物、鋼橋用PC床版、建築部材などPC製品に限定することなく、あらゆる分野に適用され、目覚ましい発展を遂げている。PC工場で生産される製品は、品質管理された設備・材料・製造工程で製造されるため、品質、耐久性に優れており、さらには今後の建設技能労働者不足の深刻化への懸念もあり、工場製品の需要はますます増え続けると予想される。このような、PC技術の急速な進歩や高性能化、高機能化などの多様化が進む中で、製品に対する社会的要求は近年ますます高まっており、より高品質でより低コストの製品が求められている。そこで本稿では、現状のPC工場における製造工程を中心に品質管理を含めた生産設備について述べることにする。

2. PC工場の検査・設備について

工場製品は、製造設備と品質管理が行き届き、所要の品質が適切に得られるよう十分配慮し、製造されなければならない。今回は、最近PCと鋼の長所を相互に生かし、より合理的、経済的とされ需要が増えつつあるプレキャスト

PC床版の事例に基づき、どのような検査・設備基準を経て製造管理しているのか、その一例を図-1の製造フローチャートに沿って紹介する。

2.1 連続自動表面水測定装置(写真-1, 図-2)

示方配合を修正するうえで、細骨材の表面水率をリアル・タイムに計測する装置であり、器械としては、プローブと呼ばれるセンサーからマイクロウェーブを発し、周辺の細骨材の表面水を感知して、プローブに戻り、それを電気信号としてパソコンに数値で表示される。その作業が連続して行われ、細骨材の表面水管理が精度よく、なおかつ容易にできる。また、コンクリートスランブを機械的に推定する「スランブ・モニター」との連動により、安定したコンクリートの性状が確保できる。

現在JHの施工要領には、この設備の保有を推奨する事項が明記されており、多くのコンクリート製造工場で使用されている。

2.2 コンクリート搬送設備

PC工場では、おおむね以下の3つの方法で練り上がったコンクリートを搬送している。

- ① フォークリフトによる搬送
- ② アジテータ・トラックによる搬送
- ③ 専用のバケットを遠隔操作により搬送

使用については、製造ライン、製品の種類および製造設備によって、コンクリート打設が効率よく行われるかを検討して実施している。コンクリート容量の大きい製品では、アジテータ・トラックで搬送し、固定化された製造ラインには、専用のバケットを遠隔操作による搬送方法で行い、能力の小さいクレーンの場所へは、フォークリフトで搬送している。一例として、PC床版への搬送方法は、アジテータ・トラックに生コンクリートを積み込み、製造ラインへ搬送し、アジテータ・トラックのシュートから直接コンクリートを投入する方法をとっている。これにより、コンクリートの打設時間の短縮ができ、経時変化におけるスランブ・ロスを見込まなくてすみ、安定したコンクリートの供給が可能となる。

2.3 産業廃棄物処理施設(写真-2, 図-3)

生コンクリートの残量物、練混ぜミキサーの洗浄水または工場内の汚水(生活雑排水は別処理)を処理する設備であり、汚泥水と砂利・砂に分別し、さらに汚泥水を強制脱水することで、スラッジ・ケーキと上澄み水に分離する。分離したスラッジ・ケーキは、産業廃棄物処理業者へ委託処理し、脱水した水は、希硫酸により中和処理し、回収水として場内各所および練混ぜミキサーの洗浄水に利用している。また、分別した砂利・砂は場内のヤードに路床材として再利用し、環境への配慮にも努めている。



* Seiichi TOMITA

PC建協 製品規格部会 委員
川田建設(株) 東京支店 那須工場
品質管理課長

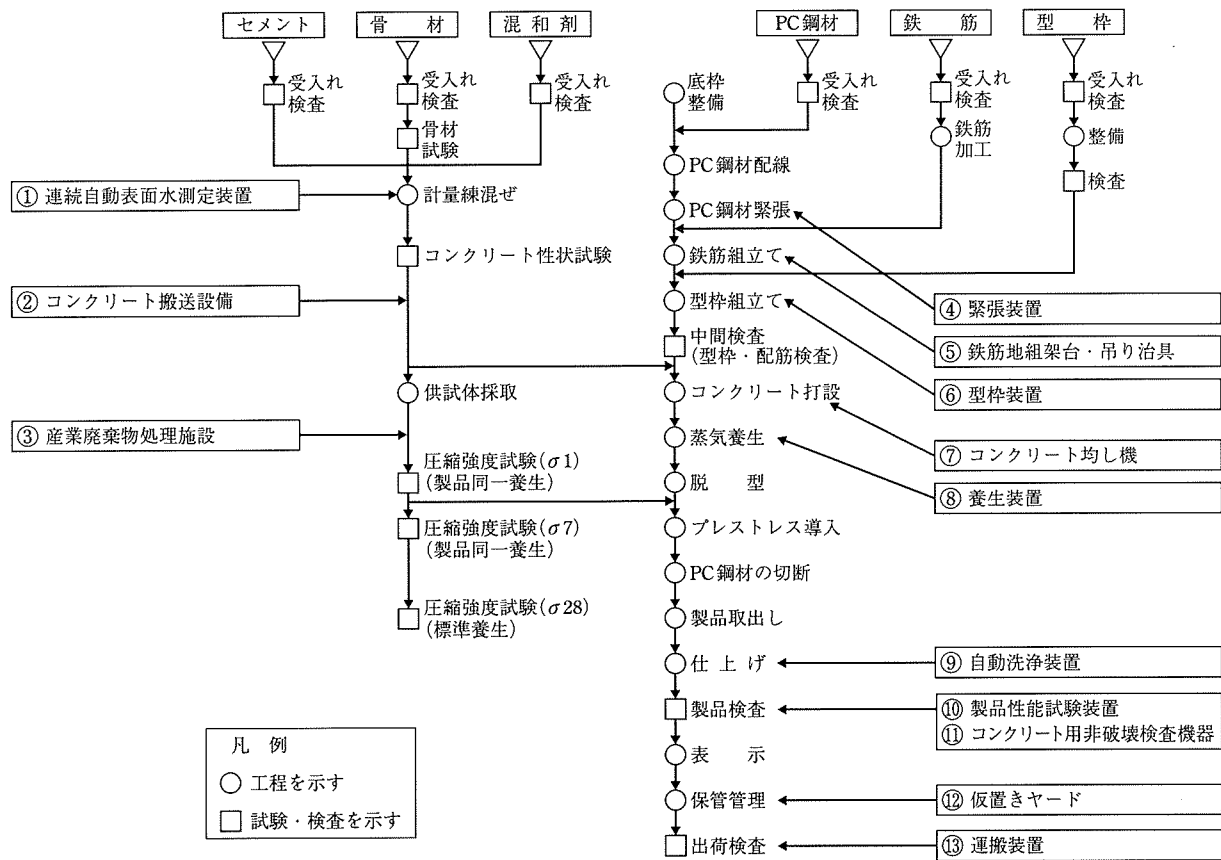


図-1 プレキャストPC床版製造工程



写真-1 コンクリート性状管理用パソコン

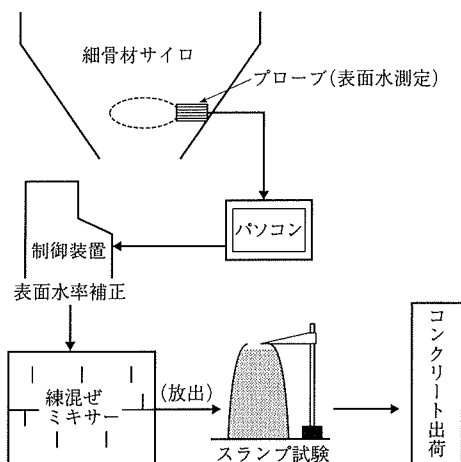


図-2 自動表面水測定から出荷までのフロー図

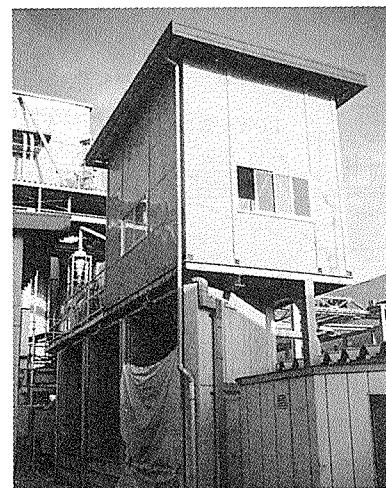


写真-2 産業廃棄物処理施設(トロンメル)

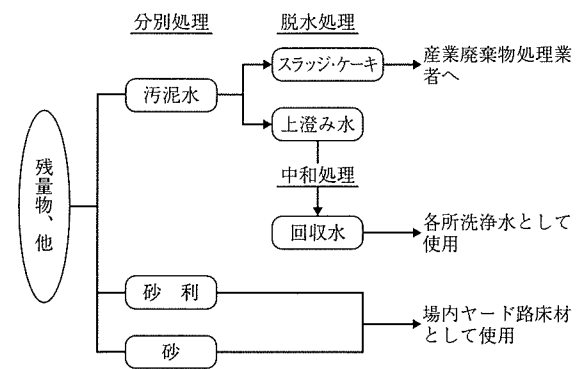


図-3 産業廃棄物処理フロー図

2.4 緊張装置（反力台，均等緊張，同時緊張，写真 - 3，図 - 4）

プレテンション方式によりコンクリートにプレストレスを与えるPC床版などの製品を製造するには、PC鋼材を緊張して定着するための反力台（アバット）とPC鋼材配線後の個々のたわみを均等にするための均等緊張ジャッキおよび所定の緊張力まで緊張するための同時緊張ジャッキが必要となる。反力台には大きな水平力が作用するため、コンクリート地中梁により水平力に耐え得る構造とする。同時緊張は、コンピュータを使用した自動緊張管理装置で行い、緊張計算および緊張管理グラフ作成の簡略化が図られる。

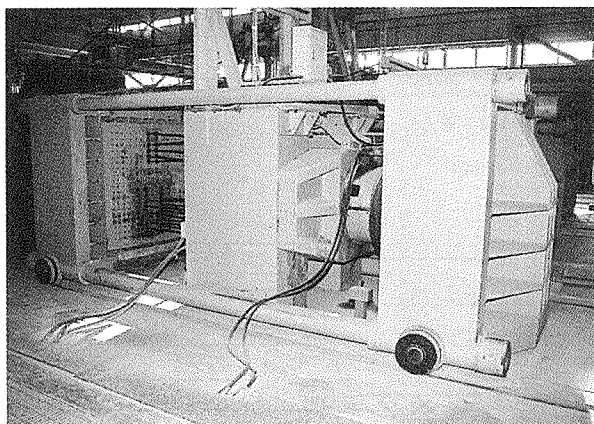


写真-3 緊張装置

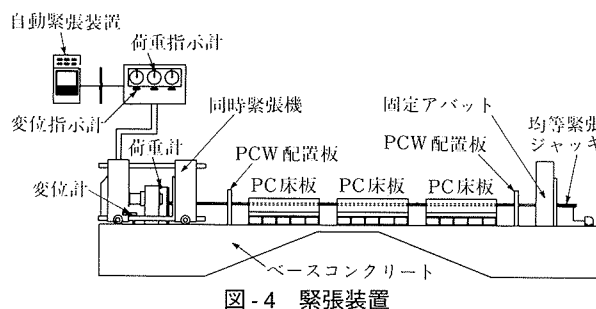


図-4 緊張装置

2.5 鉄筋地組架台，鉄筋吊り治具（写真 - 4，5）

PC床版の橋軸方向の継手は、ループ鉄筋継手を採用しており、標準設計ではループ鉄筋にD19mmを使用し、150mmの間隔で配置している。そのため、鉄筋組立て寸法精度の確保および組立ての省力化を図り、PC床版鉄筋組立て専用の鉄筋地組架台を製作し使用している。この鉄筋地組架台を使用することにより±5mmの精度での鉄筋組立てが可能となり、組立てに要する労務工数削減も可能となる。

組立て完了後の鉄筋は、移動時に鉄筋の変形や鉄筋ピッチのずれが生じないように、専用の鉄筋吊り治具を用いてクレーンにより底枠上へのセットを行う。

2.6 型枠装置（図 - 5）

型枠設備は、標準として鋼製と規定している。現在、工場製品のその多くが鋼製型枠を用いて成形されるが、特殊な形状で2回～3回程程度の転用には木製型枠も使用されている。いずれの場合でも形状を正確に設定することができ、所定の寸法精度を確保できる型枠でなければならない。ま

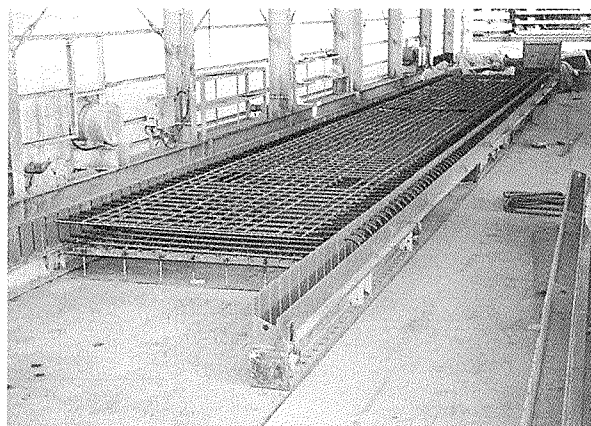


写真-4 鉄筋地組架台



写真-5 鉄筋吊り治具

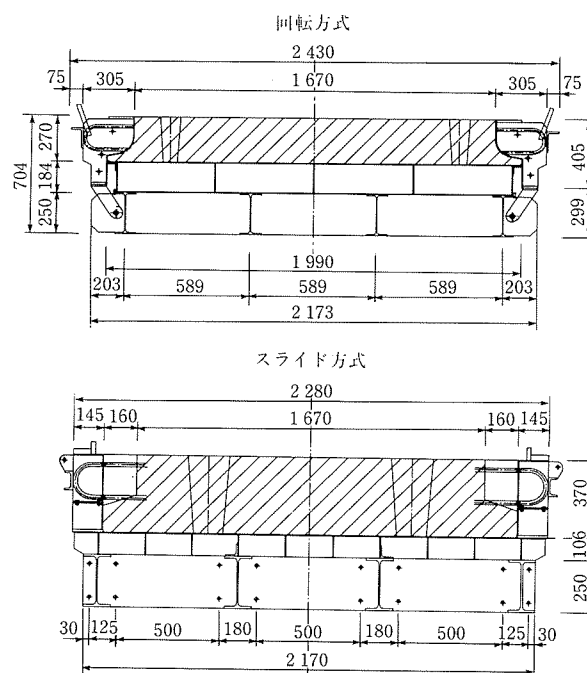


図-5 PC床版型枠装置

た、型枠表面は反復使用に対して十分な耐久性を有するもので、防錆に対しても十分な配慮がなされていなければならない。工場製品の品質を損なわず、なおかつ製作コストを大きく左右させる重要設備として真っ先に挙げられるのが、この型枠設備である。型枠の質が製品そのものの品質

と言っても過言ではなく、従来からのくさび式の固定方法から現在ではスライド、もしくは回転式へと日々工程改善され、より一層の品質向上と作業性の向上に努めている。

2.7 コンクリート均し機 (写真 - 6)

コンクリートの表面仕上げは、外観を美しくする以外に構造物の耐久性、水密性を増すための重要な作業である。コンクリート打設面の平坦性確保・打設時間の短縮によるプラスチックひび割れ防止・均し作業の省力化を考慮し、PC床版製作専用のコンクリート均し機を製作し使用している工場もある。この機械は、発電器を搭載し4輪駆動で型枠上を走行でき、打設時のコンクリート投入量を均一化し、打設面を平坦にする。この均し機を使用することにより、作業の効率化、品質の安定化を図っている。

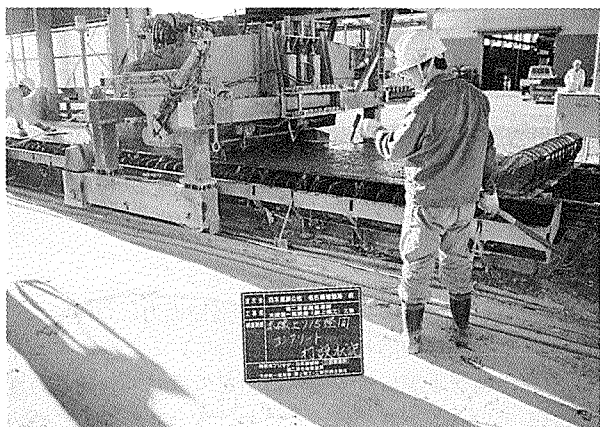


写真-6 コンクリート均し機

2.8 養生装置 (ボイラー、養生シート)

PC工場では、コンクリートの硬化促進のため常圧蒸気養生方法を採用している。この養生方法はボイラーで発生させた蒸気により、型枠内のコンクリートを常圧状態で加温加湿することで、コンクリート強度の発現を早めさせる方法である。ボイラーは小型で高出力な多管式貫流ボイラーを使用しており、養生温度の管理にはコンピュータを使用し、養生シート内に設置した温度感知センサーおよび蒸気量を制御する電磁弁により自動制御で行っている (図 - 6)。

養生シートにはシート内温度の放熱を極力抑えるため、保温性能がよく丈夫で軽量の材質の材料を使用している。

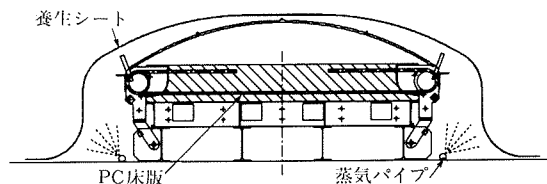


図-6 蒸気養生状況

2.9 自動洗浄装置 (写真 - 7)

コンクリートの新旧打継目は、適切なレイトランス処理を施す必要があるため、型枠の表面に凝結遅延剤を塗布し、型枠脱型後に高圧洗浄機にて表面の目荒らし処理を行っている。凝結遅延剤は、経時変化により効力に差異が生じ、

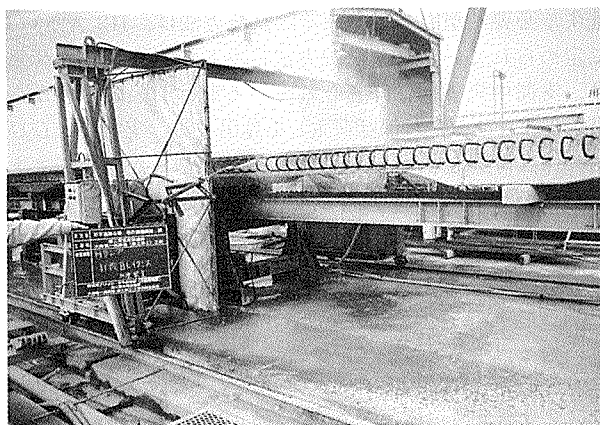


写真-7 自動洗浄装置

品質に影響を及ぼす。また人的作業のため、処理した面は個人差により品質にばらつきが生じる。これらの諸問題を解決するため、製品仕上げ場に軌条を設け、そのレール上を洗浄機が自動で移動しながら処理する方法を採用している工場もある。これにより、均一なレイトランス処理が可能となり、品質向上と省力化が図られている。

2.10 製品性能試験装置 (図 - 7)

最近の動向として、橋桁と同様にPC床版についても実製品の曲げ強さ試験を行い (写真 - 8)、製品の曲げ性能を立

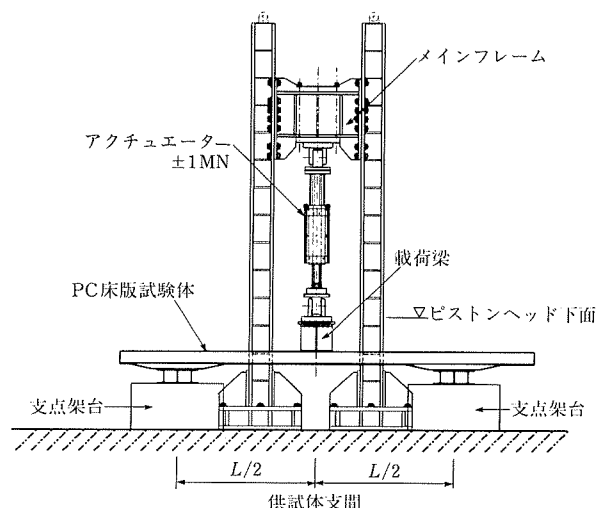


図-7 PC床版載荷試験装置

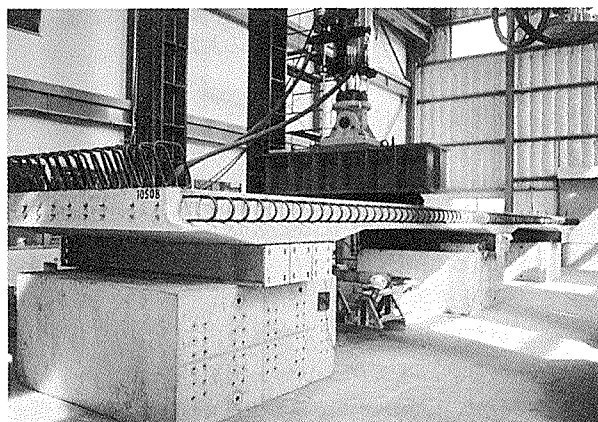


写真-8 製品曲げ強さ試験状況

証する必要性が高まっている。試験方法は、JIS A 5373 で定められている載荷試験方法に準じて行う。載荷荷重は、支間中央下縁に許容されている曲げ引張応力度から試験荷重（ひび割れ保証荷重）を算出する。実製品にひび割れ保証荷重を載荷し、PC床版にひび割れがないことを確認することにより、耐ひび割れ抵抗性を立証している。また、載荷試験中の挙動を調査するため、変位計、ひずみゲージを設置し、PC床版の曲げ性状についても考察している。

2.11 コンクリート用非破壊検査機器

近年、とくに使用する頻度が高くなった試験機であり、コンクリート構造物としての、製品の圧縮強度をテスト・ハンマーで推定する。さらに、コンクリート圧縮強度の推定をテスト・ハンマーだけでなく、超音波の伝播速度と併用し、圧縮強度推定の精度を上げる方法も行っている。また、製品の鉄筋かぶりを鉄筋探査機で測定し、製品保証の一環として報告を要求されるようになってきている（写真 - 9、図 - 8）。



写真 - 9 電磁誘導法による鉄筋探査装置

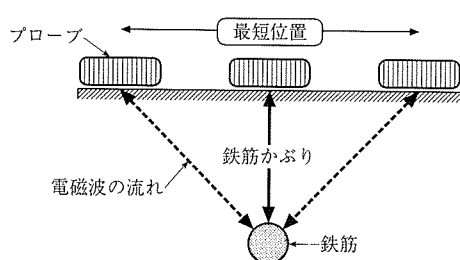


図 - 8 鉄筋かぶりの測定

2.12 仮置きヤード

PC 床版は、部材厚が薄く、長さ方向は 20 m を超える製品もあり、扁平の形状であることが特徴である。この特徴ある形状から懸念されることは、曲げ応力度およびせん断応力度が幾何学的に発生する「ねじれ」による損傷である。現場架設する際、それぞれ鋼桁支点部において、偏りがないようにレベル高さを計画どおりに調整され敷設される。現場ではミリ単位で計画高さを慎重に確認しているが、「ねじれ」による床版品質性能低下を懸念していることも要因の一つである。工場においても、現

場同様に製品の保管管理に注意を払っている。その一つに製品搬出まで仮置きされる製品置き場の検討がある。製品段積みによる重量により、ストックヤードの基盤が不等沈下を起こしたり、枕木の破壊によりねじれなどの製品品質に悪影響を与えないように十分配慮している（写真 - 10）。

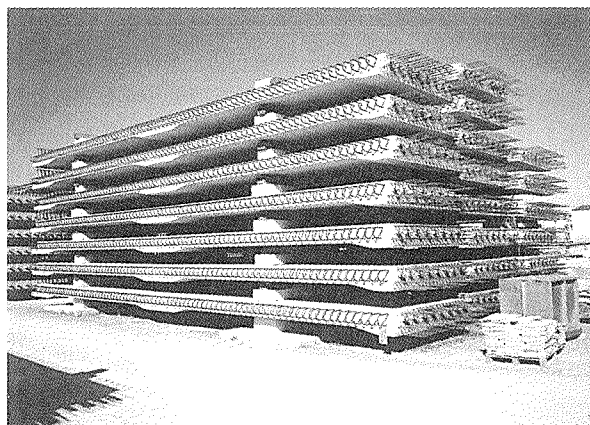


写真 - 10 製品保管状況

2.13 運搬装置

PC 床版は、支点部や支点中央部の各断面力について、それぞれの応力度に順応した設計となっている。床版自重や橋面荷重、活荷重等に対する耐荷力を考慮し、合成応力度を検討しているが、製品輸送時における合成断面力についても設計段階で検討している。しかし、運搬中における車道不陸の衝撃による部材変形や破損等の発生が懸念されるため、製品品質を維持する目的として床版輸送用架台を使用している（図 - 9、写真 - 11）。

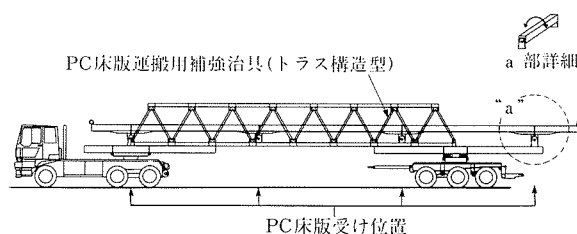


図 - 9 PC床版運搬荷姿図



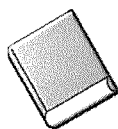
写真 - 11 PC床版運搬状況

3. PC工場の今後の展望

PC工場は、他の製造業に比べ自動化の速度が遅く、いまだに前近代的な労働集約型産業の域を脱していないのが現状である。とは言っても、各社がそれぞれ自社の工場レイアウトを考え、創意工夫を加え、鉄筋加工の自動化、事前組立てによる一括配筋、PC鋼材の挿入機の使用、コンクリート搬送に対する改善、養生方法など、それぞれの製造プロセスに関する改善は着実に実施され成果を上げている。また、PC床版の製造ラインとして、異形版の製作を合

理的に製造するため、PC床版を1枚製造するショートベンチを屋外ヤード内に設置し、作業性、養生効果等を考慮した移動式上屋を設置することも考えられる。製品の搬出は、移動上屋を跨ぐ自走式門型クレーンを設置し、部材の搬出等には上屋を移動することにより作業性の向上が可能となる。PC工場をより合理化するには、現在各社が保有している工場の設備、レイアウト等の違い、また今後予想される製品の多品種少量生産など数々の難問を抱えており、今後の生産状況、社会情勢などを鑑み、今後ともより一層の改善に努めていくことが必要である。

【2001年12月25日受付】



刊行物案内

第 8 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

(平成10年10月)

本書は、平成10年10月に松山で開催された標記シンポジウムの講演論文集です。

頒布価格：10 000円（送料600円）

体 裁：B5判，箱入り