

PC工場製品における施工管理

藤田 照幸*1・入江 利行*2

1. はじめに

わが国における最初のプレキャストプレストレストコンクリート工場製品は昭和26年に製作されたプレテンション方式スラブ橋である。以来、約半世紀を経過する間に、全国におけるプレキャストプレストレストコンクリート工場は約100カ所まで増加し、各種橋梁をはじめ土木・建築製品の安定した供給を行ってきた。プレキャストプレストレストコンクリート製品は管理された製造設備・材料・製造工程で製造されるため、品質、耐久性に優れている。さらに、現場での省力化、工期短縮、また構造的にも騒音、振動が少ないなどの利点が注目され、現在各分野で盛んに使用されている。このようなプレストレストコンクリート技術の急速な進歩や、高性能化、高機能化、大型化などの多様化が進む中で、製品の高品質・高耐久性の要求は近年ますます高まっている。顧客に高品質なプレキャストプレストレストコンクリート製品を提供するには、品質管理の原点に戻り、基本を着実に実行することが重要である。そこで、本稿では、プレキャストプレストレストコンクリート工場における品質管理を通して製品の施工管理について述べるものとする。

2. プレキャストプレストレストコンクリート製品の特徴

プレキャストプレストレストコンクリート製品（以下、PC製品）は、所定の管理水準を満足した工場において、継続的に製造されている。

PC製品は、現場施工のものに比較して、一般に次のような特徴がある。

- ① PC製品は、十分に管理された製造工程の中、熟練した作業員により生産されるので、コンクリート品質のばらつきが非常に小さく、高品質である。
- ② 高品質のコンクリートを用いてかぶりを小さくすることができるため、部材断面の減少が図られる。表-1に、「コンクリート標準示方書」の最小かぶりを示す。
- ③ 工場内で、製造した製品を用いた載荷試験が実施できるので、製品の品質が直接確認できる。
- ④ 工場において十分な養生を行い、所定の強度に達した後、施工現場に搬入されるので、現場における養生が不要となり工期の大幅な短縮ができる。

表-1 工場製品の最小かぶり

(単位: mm)

工場製品の分類		外気に露出される場合、土や水に直接ふれる場合、その他耐久性について考慮する必要がある場合		外気に露出されない場合、場所打ちコンクリートに埋め込まれる場合、特に耐久性についての考慮を必要としない場合	
区分	締固め方法				
取換えが困難なもの	振動締固め	20		10	
	遠心力締固め	15		10	
取換えが比較的容易なもの	振動締固め	12		8	
	遠心力締固め	9		8	

注) 酸、その他の有害物を含む水や外気に接する場合およびすりへりの恐れのある場合には、かぶりをここに示した値より大きくするか、適切な対策をとらなければならない。
出典: 文献²⁾ p.206より

表-2 関連 JIS 規格「構造別製品群規格」

規格No.	制定年	名 称
JIS A 5371	2000	プレキャスト無筋コンクリート製品
JIS A 5372	2000	プレキャスト鉄筋コンクリート製品
JIS A 5373	2000	プレキャストプレストレストコンクリート製品

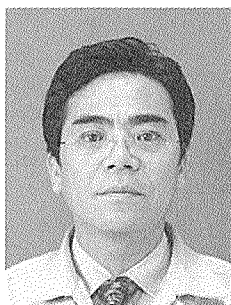
表-3 関連 JIS 規格「基本規格」

規格No.	制定年	名 称
JIS A 5361	2000	プレキャストコンクリート製品 -種類、製品の呼び方及び表示の通則
JIS A 5362	2001 (予定)	プレキャストコンクリート製品 -要求性能とその照査方法
JIS A 5363	2001 (予定)	プレキャストコンクリート製品 -性能試験方法通則
JIS A 5364	2000	プレキャストコンクリート製品 -材料及び製造方法の通則
JIS A 5365	2000	プレキャストコンクリート製品 -検査方法通則



*1 Teruyuki FUJITA

(株)富士ビー・エス
関東工場 工場長



*2 Toshiyuki IRIE

(株)富士ビー・エス
関東工場 品質保証課 課長

- ⑤ 型枠や支保工などの仮設工事の一部を省くことができ、現場での建設作業の機械化が容易となる。
 - ⑥ 工場内で製造されるため、作業が天候に左右されることがなく、正確な生産工程で製造することができる。
 - ⑦ JISによって標準化されているものが多く、入手しやすくかつ使いやすくなっている(表-2, 3)。
- このような特徴を最大限に引き出し、高品質と信頼性を

維持・向上させていくためには、日常的確な品質管理が重要である。

PC製品メーカーの工場は、それぞれ製造設備、生産量など規模の相違が大きく、また、製品の種類も多いため、施工管理について一律に見ることは難しい。そのため、本稿では、PC製品のJIS表示認定工場における品質管理について述べることにする。

表-4 骨材の品質

項 目	種 類	砂	砂 利	高炉スラグ 細骨材	フェロニッケル スラグ細骨材	砂 利	砕 石	高炉スラグ粗骨材	
								L	N
絶乾密度		2.5以上	2.5以上	2.5以上	2.7以上	2.5以上	2.5以上	2.2以上	2.4以上
吸 水 率 (%)		3.5以下	3.0以下	3.5以下	3.0以下	3.0以下	3.0以下	6.0以下	4.0以下
微粒分量 (%)		3.0以下	7.0以下	—	7.0以下	1.0以下	1.0以下	—	—
単位容積質量 (kg/l)		—	—	1.45以上	1.50以上	—	—	1.25以上	1.35以上
実 績 率 (%)		—	—	—	—	—	—	—	—
粒形判定実績率 (%)		—	53以上	—	—	—	55以上	—	—
粘土塊量 (%)		1.0以下	—	—	—	0.25以下	—	—	—
砂の有機不純物 (%)		淡いこと	—	—	—	—	—	—	—
砂の塩化物 (%)		0.02以下	—	—	—	—	—	—	—
密度1.95に浮くもの (%)		0.5以下	—	—	—	0.5以下	—	—	—
軟 石 量 (%)		—	—	—	—	5.0以下	—	—	—
安 定 性 (%)		10以下	10以下	—	—	12以下	12以下	—	—
すり減り減量 (%)		—	—	—	—	35以下	40以下	—	—
アルカリシリカ骨材反応*		無害のこと	無害のこと	—	無害のこと	無害のこと	無害のこと	—	—

*：無害でない判定されたものを使用する場合は、アルカリシリカ骨材反応の抑制対策を講ずること

表-5 細骨材の検査項目および頻度

項 目	試験・検査方法	頻 度
外観(粒形, 泥, 異物)	目 視	入荷のつど
絶乾密度	JIS A 1109の方法	1回/月以上 産地の変更があった場合 品質の変動を認めた場合
吸 水 率	JIS A 1109の方法	
粒 度	JIS A 1102の方法	
粘度塊量	JIS A 1137に準じた方法	
微粒分量試験で失われるもの	JIS A 1103の方法	
塩化物(塩化物イオン量)	JSCE-C 502またはJSCE-C 503の方法	1回/月以上 海砂の場合および海砂を他の細骨材と混合して使用する場合は1回/週
有機不純物	JIS A 1105の方法	1回/年以上 産地の変更があった場合 品質の変動を認めた場合
石炭, 亜炭等で密度1.95の液体に浮くもの	JIS A 5308の附属書2の方法	
安 定 性	JIS A 1122の方法	
アルカリシリカ反応性	JIS A 1145の方法およびJIS A 1146の方法	1回/6ヵ月以上 産地の変更があった場合 品質の変動を認めた場合

表-6 粗骨材の検査項目および頻度

項 目	試験・検査方法	頻 度
外観(粒形, 泥, 異物)	目 視	入荷のつど
絶乾密度	JIS A 1109の方法	1回/月以上 産地の変更があった場合 品質の変動を認めた場合
吸 水 率	JIS A 1109の方法	
粒 度	JIS A 1102の方法	
粘度塊量	JIS A 1137に準じた方法	
微粒分量試験で失われるもの	JIS A 1103の方法	
有機不純物	JIS A 1105の方法	1回/年以上 産地の変更があった場合 品質の変動を認めた場合
石炭, 亜炭等で密度1.95の液体に浮くもの	JIS A 5308の附属書2の方法	
安 定 性	JIS A 1122の方法	
すり減り減量	JIS A 1121の方法	
軟らかい石片	JIS A 1126の方法	
アルカリシリカ反応性	JIS A 1145の方法およびJIS A 1146の方法	1回/6ヵ月以上 産地の変更があった場合 品質の変動を認めた場合

3. PC製品製造の品質管理

品質管理の項目として、「使用材料の管理」「製造工程の管理」「製品の管理」「設備の管理」「外注管理」「苦情処理」などがあるが、製品の種類、製造方法、製造設備等により各工場の管理は異なっている。ここでは一般的な「使用材料」「製造工程」「製品」の品質管理での主なものについて述べる。

3.1 使用材料の管理

コンクリート使用材料のうち、セメントは、JIS R 5210に規定されているセメントを使用し、品質管理および検査は、セメント製造工場が発行する試験成績表によって、JIS R 5210に適合していること、およびばらつきを確認する方法が一般的に行われている。

PC製品では、早期の強度発現の観点から、一般に早強ポ

ルトランドセメントが使用されており、受入れ時のセメントの種類、新鮮度の確認が重要である。

骨材の品質管理は、コンクリートの品質の変動に多大の影響を与えるためとくに重要である。

骨材の品質は表-4、検査項目および頻度は表-5、6に示すように管理している。

3.2 製造工程の管理

PC製品における製造工程には、鉄筋加工・組立て、型枠組立て、PC鋼材の緊張、コンクリート製造、打込み、締固め、表面仕上げ、蒸気養生、脱型、仕上げ、表示、製品貯蔵、出荷などがあり、以下に製造工程の管理の中で主なものについて述べる。製造工程の例として図-1に、橋桁製造工程表を示す。

(1) 鉄筋加工・組立て

鉄筋加工・組立てにおける管理項目としては、鉄筋の

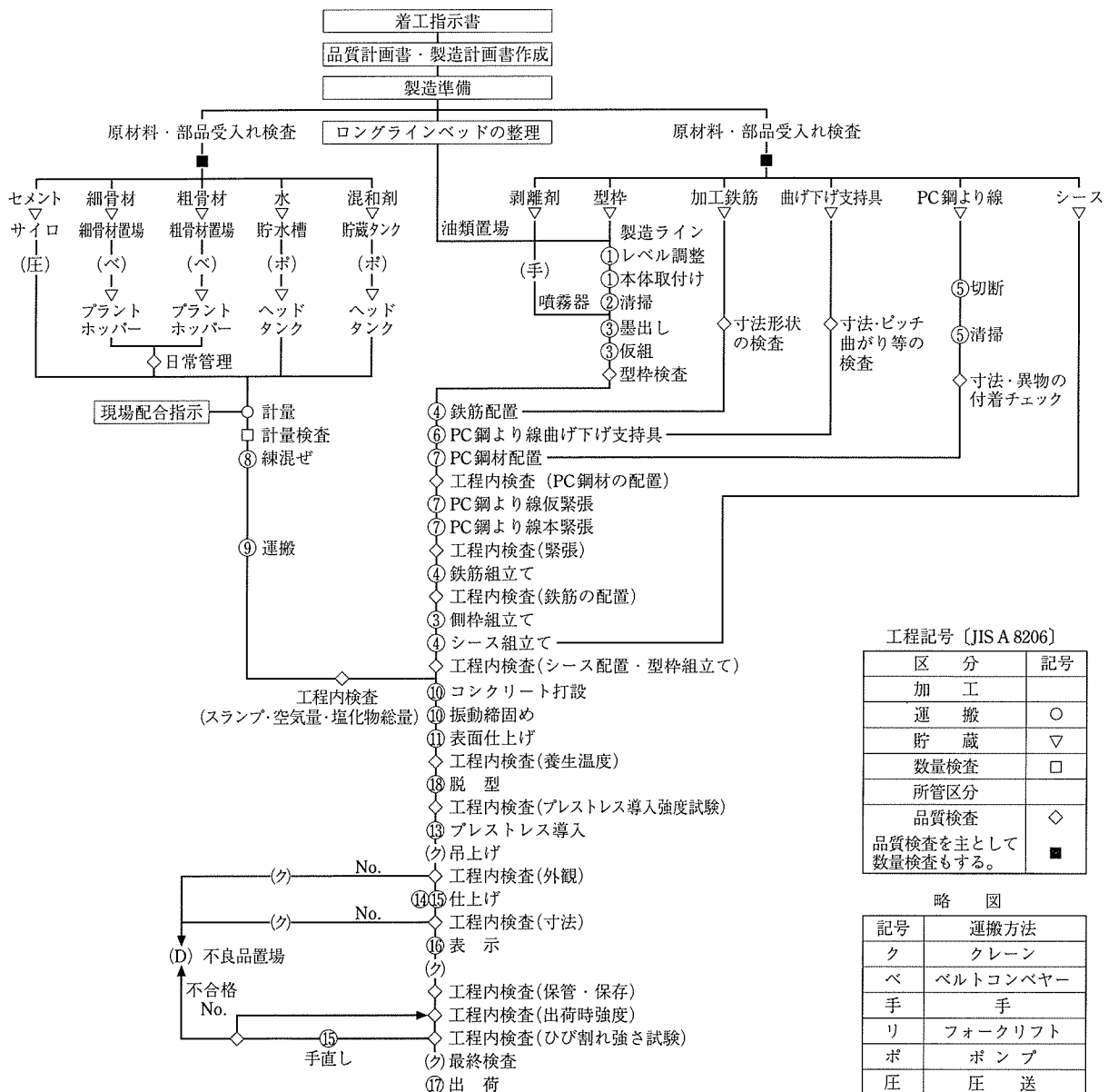


図-1 橋桁製造工程表

表-7 配筋の許容差

		(単位：mm)
項	目	許容差
鉄筋	かぶり	0～+10
	スターラップ間隔	±20
PC鋼材	かぶり	0～+5
	所定間隔	±5

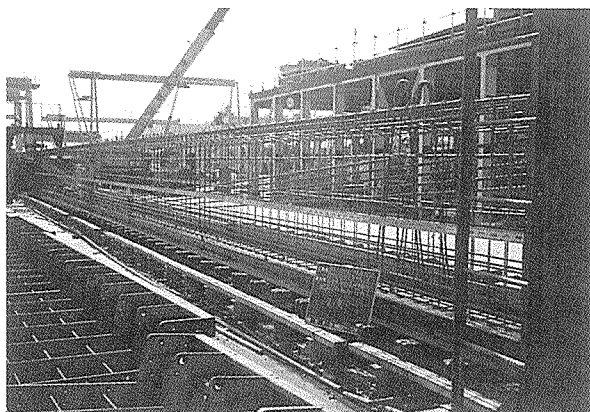


写真-1 鉄筋組立て

径、長さ、折曲げ形状・寸法、本数および間隔、溶接の条件または結束方法、スペーサーの取付け位置などがある。設計図に示された形状および寸法に正しく一致するように、材質を害さない方法で鉄筋の加工を行い、配筋に際しては、鉄筋を正しい位置に固定し(表-7)、コンクリート打込みの際に、動かないように細心の注意が払われている。

(2) 型枠組立て

型枠組立てでは、型枠清掃時のコンクリート付着の有無、離型剤の塗布状態、PC鋼材の位置、鉄筋のかぶり、スペーサーの取付け状態、シース等部品の設置状態、型枠の組立て精度などの確認を行っている。

PC製品の型枠には、鋼製型枠および木製型枠を用いるのが一般的である。型枠には、締固めの工程における強い振動や高い圧力が作用し、蒸気養生において熱応力が生じる。さらに、型枠は長期間繰返し使用されるため、堅固なものであると同時に、組立ておよび取外しが簡単な構造で、形状や寸法の狂いが生じにくいものでなければならない。

鋼材の位置を固定するために使用するスペーサーは、製品の耐久性を損なったり、製品の外観が損なわれないものでなければならない。一般には、製品と同じ品質のコンクリートもしくはモルタル製のスペーサーを用いる。またインサートは、セラミックス製やステンレス製のものを使用する。

(3) PC鋼材の緊張

PC鋼材の緊張は、設計で定められたプレストレスをコンクリート部材に与え、所定の耐荷力を有するプレストレスコンクリートとするための作業であり、PC製品製造工程中最も重要な作業の一つである。種々の要因により変化するため、慎重な管理が行われる。

PC鋼材に与える緊張力管理には、荷重計の示度ならびに

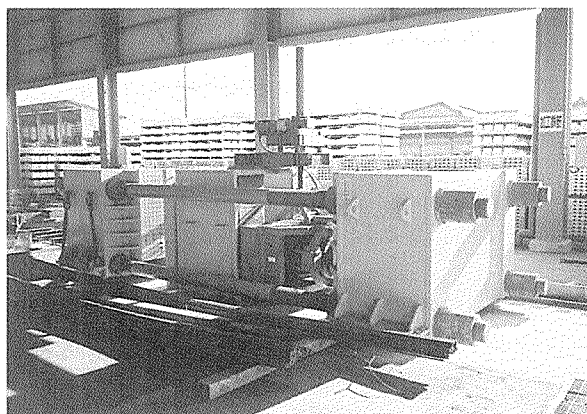


写真-2 緊張装置

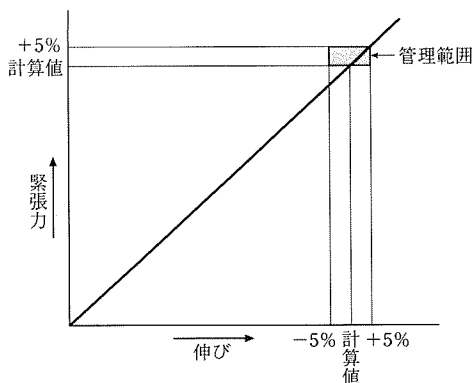


図-2 緊張と伸びの管理図

PC鋼材の伸びを用いる。緊張力と伸びは、計算値と実測値の差が緊張力では+5%、伸びにおいては±5%以内になるよう(図-2の管理範囲)に管理されている。

(4) コンクリート製造

PC製品に用いるコンクリートは、高強度で使用セメント量が多い富配合コンクリートになり、練混ぜ時の抵抗が大きくなるため、各工場とも比較的能力が大きな製造設備を有している。また、コンクリートの品質管理および検査項目は表-8に示すとおりであるが、骨材の表面水変動に伴う流動性や強度の変化が大きくなるため、とくに、骨材の表面水管理には細心の注意が払われている。

セメント、骨材、水、混和材料の計量は、別々の計量器によって質量計量できる構造のものとされており(ただし、水および混和剤溶液は、容積で計量してもよい)、材料の計量誤差は表-9に示した値で規定されている。

(5) 打込み・締固め

コンクリートの打込みは、鋼材、付属物の移動およびコンクリートの材料分離が生じないように留意し、とくに埋込み型枠のある場合は両ウェブに均等に入るよう打込みを行う。

締固めは、フレッシュコンクリートを投入時または投入後、振動機を用いて十分締固めを行うが、材料分離による不具合が生じないようにする。

(6) 蒸気養生

PC製品は、翌日脱型、緊張力導入などのためにコンク

表-8 コンクリートの品質管理および検査

項目	試験・検査方法	時期・回数	判定基準
フレッシュコンクリートの状態	目視		ワーカビリティがよく、品質が均質で安定していること
スランブ	JIS A 1101	圧縮強度試験用供試体採取時、構造体コンクリートの強度検査用供試体採取時および打込み中に品質変化が認められた場合	a. JIS A 5308 の品質規定による。 b. JIS A 5308 によらないレディーミクストコンクリートの場合、特記による。特記のない場合はJIS A 5308に準じる。
空気量	JIS A 1116 JIS A 1118 JIS A 1128		
塩化物イオン量	JIS A 1144		
圧縮強度	JIS A 1108 ただし、養生は製品と同一養生とし、材齢は28日とする。	a. JIS A 5308 による場合、原則として試験回数は、打込み工区ごと・打込み日ごと、かつ150m ³ またはその端数ごとに1回、1検査ロットに3回とする（圧縮強度の1回の試験には3個の供試体を用いる）。 b. JIS A 5308 によらない場合、特記による。特記のない場合は上記a項による。	

注) 製品の品質管理上は製品同一養生による供試体で圧縮強度を管理するが、各工場における配合設計に用いる変動係数等の把握には、標準養生供試体によるデータを必要とする場合がある。

表-9 各材料の許容計量誤差

材料の種類	1回計量分量の計量誤差 (%)
セメント	±1
骨材	±3
水	±1
混和材	±2
混和剤	±3

注) 高炉スラグ微粉末の計量誤差は1回の計量分量に対し、±1%とする。

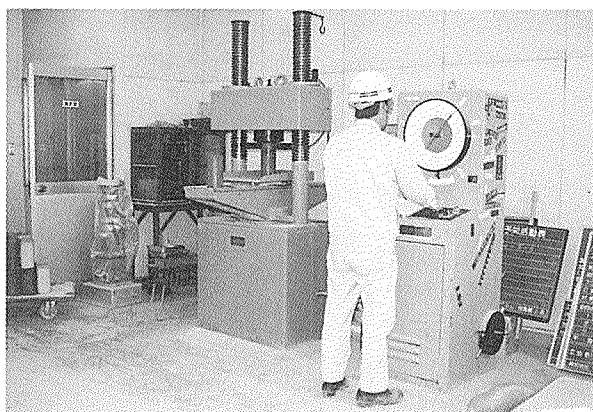


写真-3 圧縮強度試験

表-10 常圧蒸気養生に関する管理

項目	管理値
練混ぜ後、通気するまでの時間	3時間以上（水セメント比が小さくできれば短くてよいが、水セメント比が大きくなれば、時間を延長する必要がある）
温度上昇下降速度	15℃/h 以下
最高温度	65℃

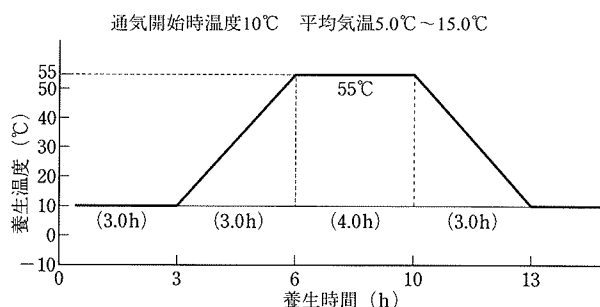


図-3 常圧蒸気養生パターン図

リートの早期強度が必要となるため、促進養生が行われており、一般的には初期の湿度が十分に与えられる常圧蒸気養生が採用されている。

常圧蒸気養生では、前置き時間、温度勾配、最高温度および持続時間などを管理すべき項目としている（表-10）。

常圧蒸気養生のパターンを図-3に示す。

(7) 仕上げ

PC製品の表面仕上げは、外観を美しくする意匠的効果のみならず、耐久性、水密性等の性能を確保するうえで重要である。とくに、PC鋼材は部材端面から出ないように切断し、2mmの切欠きを設け、防水性、付着性および耐アルカリ性を有する材料で保護する。

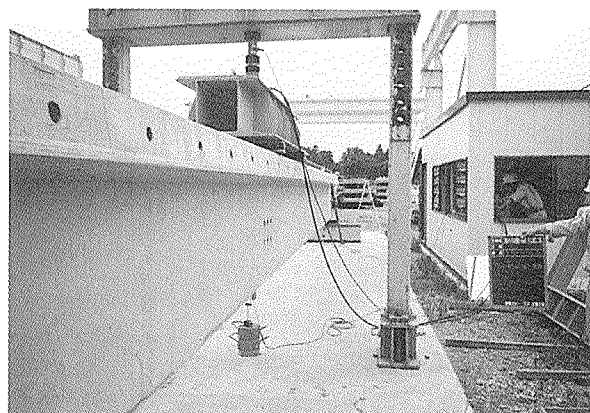


写真-4 載荷試験

表-11 製品寸法の許容差 (JIS A 5373 付属書2)

区分	許容値
けた長 L	L ≤ 10m の場合 ±10 mm
	L > 10m の場合 ±L/1 000 mm*1
断面の外形寸法	±5 mm
橋げたのそり*2	±8 mm*3
横方向の曲がり	10 mm

注) *1: けた長 L は、mm で表す。
*2: スパン中央の値とする。
*3: 一径間に使用する橋げたの本数を一組とし、そのそりの平均値からの許容差とする。

(8) 製品の管理

PC製品が、所要の性能を有していることを確認するために、外観、形状、寸法、圧縮強度、製品の曲げ強度などを管理している。

外観は、美観など主観によるところがあるため、管理にあたっては、限界見本等を活用している。しかしながら、表面気泡、色むらなど受渡し当事者間での見解の相違が生じることもあり、事前の協議が重要である。

写真-4 に載荷試験状況を、表-11 に製品寸法の許容差を示す。

4. おわりに

昨今の社会背景を考慮すると、土木・建築分野におけるコンクリートの耐久性や品質の重要性は、ますます高まる

ことが予想される。今後、設計の性能規定化に伴って、一層多種多様な性能を有する製品を製造することが求められるであろう。だからこそわれわれは、日常の品質管理を地道に行い、更なる品質向上に邁進しPC技術の発展に寄与していかなければならないと考えている。

参 考 文 献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書 施工編（平成11年度版），2000.1
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書 施工編（平成8年度版），1996.3
- 3) 日本コンクリート工学協会：コンクリート技術の要点，'01，2001.9
- 4) 渡辺：二次製品における品質管理の現状，コンクリート工学，Vol.39，No.5，pp.60～63，2001.5
- 5) プレストレスト・コンクリート建設業協会：JIS橋げたによるPC道路橋 設計・製造便覧，1995.4

【2001年10月15日受付】