

— 85 —

モデル型枠において、片側ウェブ上方から投入したコンクリートが振動締固めを行うことなく、下フランジを材料分離なく完全に充填できる流動性を有していること。中空モデル型枠は、鋼材や内型枠が、より厳しい障害となると思われる断面方向の流動を想定して、図-2に示す形状とした。

b) 経時変化 製造工程において、練上がりから打込み終了までの所要時間を考慮し、上記のワーカビリティを20分間保持できる品質であること。

2.2 ワーカビリティの管理

ワーカビリティの判定方法は、前出の中空モデル型枠による充填試験を基本とするが、より簡便な方法としてスランプフロー試験を用い、両試験の相関関係を求めることよりスランプフロー試験の管理目標値を設定しワーカビリティの管理を行った。以下に管理項目を示す。

- (1) スランプフロー値 : 変形が停止した時のスランプフローの最大径
- (2) 60cmフロー時間 : スランプフローが直径60cmになるまでの所要時間
- (3) スランプフロー時間 : 変形が停止するまでの所要時間
- (4) 目視による材料分離状況の観察

2.3 基本配合

基本配合を表-1に、スランプフロー試験の管理目標値を表-2に、使用材料を表-3に示す。

表-1 基本配合

粗骨材の 最大寸法 Gmax (mm)	水結合 材 率 W/P (%)	細骨 材率 S/a (%)	単 位 量 (kg/m³)								
			水 W	結 合 材 P		細骨材 S	粗骨材 G	混 和 剤			
				セメント C	フライアッシュ F			高性能 減水剤	AE 減水剤	AE剤	分離 低減剤
20	32.5	48.0	175	438	100	762	841	8.07	0.81	0.043	1.25

表-2 スランプフロー試験
管理目標値

スランプフロー値	65 ± 5 cm
60cmフロー時間	20 ± 5 秒
スランプフロー時間	90 秒以内
目 視	分離のないこと

表-3 使用材料一覧表

使用材料	仕様
セメント	早強ポルトランドセメント 比重 3.13
細骨材	鬼怒川産川砂 比重 2.60 F.M. 2.83
粗骨材	鬼怒川産砕石 比重 2.65 F.M. 6.78
フライアッシュ	最大粒径 20μ 比重 2.41 比表面積 6420 cm²/g
高性能減水剤	ナフタリン系
AE減水剤	リグニンスルホン酸化合物
AE剤	変性アルキルカルボン酸化合物
分離低減剤	高分子多糖類ポリマー

3. プレテンション桁の製造

3.1 プレテンション桁の形状および寸法

試験に用いたプレテンション桁は、桁高が低いことが特徴的な高強度ホロー桁である。形状および寸法を図-3に示す。

3.2 試験製造フロー

試験製造のフロー図を図-4に示し、以下にその要点を述べる。

- (1) 計量 材料は自動計量であるが、フライアッシュと分離低減剤は別に計量を行い、人力でミキサーへ投入した。水の投入については、過剰であると材料分離やコンクリート強度に悪影響を与えるので、最初に投入する水量を、骨材の表面水の変動を考慮して所定の8割とし、練混ぜ

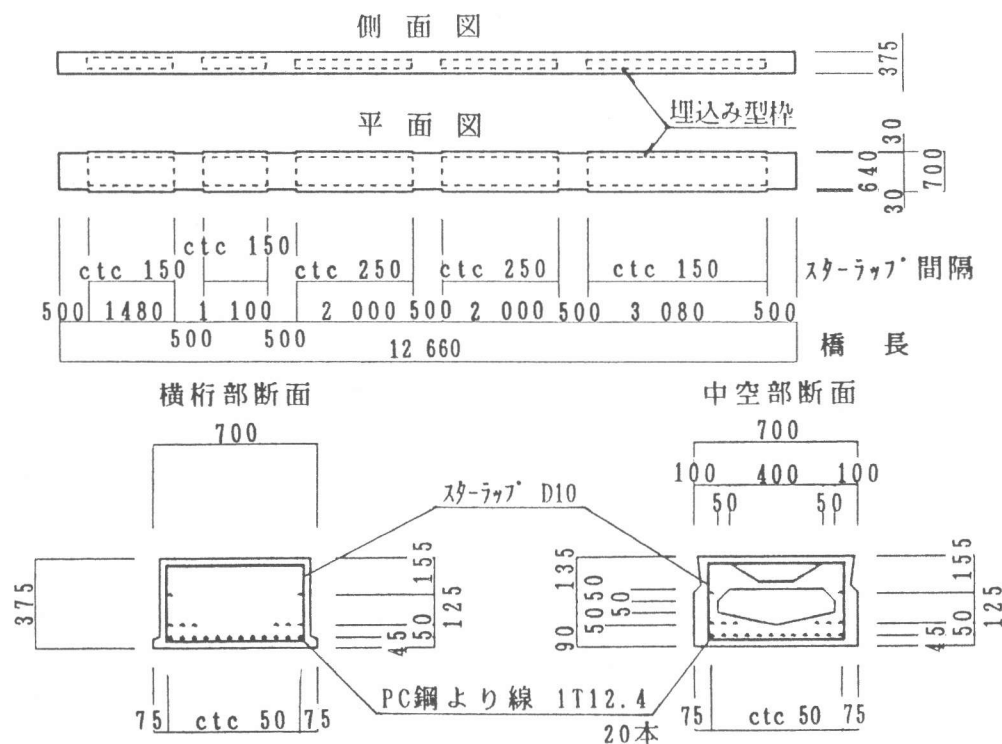


図-3 プレテンション桁の形状および寸法 (mm)

状態を確認しながらの加水調整とした。

(2) 練混ぜ 練混ぜは二軸強制練りミキサー (1 m³練り) を用い、0.68m³ づつ4バッチ行った。練混ぜ状態の確認は目視で行い、水量調整後更に90秒間練混ぜを行ってアジテータ車に排出した。アジテータ車で30秒の高速攪拌をした後、スランプフロー試験を行いその結果を基に次バッチの水量調整を順次行った。アジテータ車で前バッチまでと混合し、トータル4バッチでスランプフロー試験の管理目標値が達成できるように調整した。

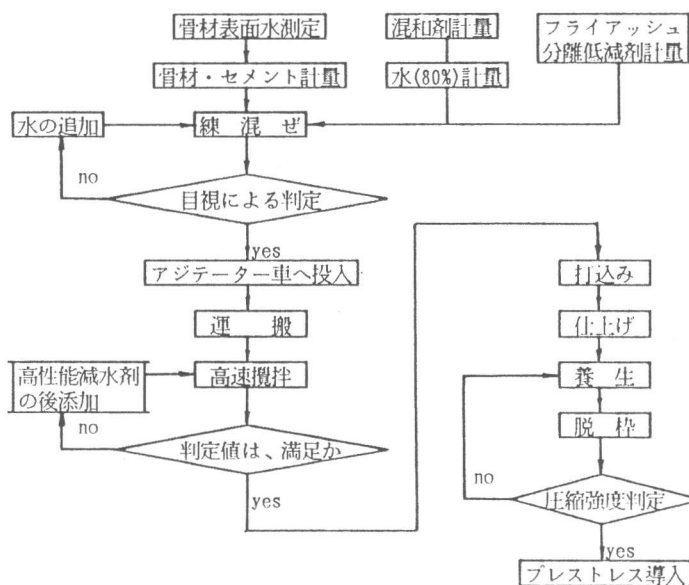


図-4 試験製造フロー

(3) 運搬 運搬には、振動による材料分離の抑止、運搬効率、高性能減水剤の後添加調整および連続打込みを考慮してアジテータ車を使用した。

(4) 打込み コンクリートの打込みは、アジテータ車より桁型枠へ直接行った。落下高さは約40cmである。打込み場所は、コンクリートの流動状態により調整し図-6に示す5カ所となった。なお、打込みにあたり締固め作業は、一切行わなかった。

(5) 仕上げ 適正な仕上げ時期および作業性を確認するため、20分毎に金ゴテ仕上げ、ホウキ

目仕上げを試験的に行った。

(6) 養生 今回試験製造では製造工程の制約により、図-1 に示す養生前に24時間の前養生を行った。

3.3 製造時における測定結果および考察

(1) ワーカビリチーの調整 主要な時点でのスランプフロー試験結果を表-4 に示す。練混ぜ終了時(4 バッチ混合時)においては、スランプフロー値は表-2 に示す管理目標値を満足したが、60cmフロー時間は管理目標値をオーバーした。これは練混ぜ状態の判定が目視であり、水の過投入を恐れた為と考えられる。運搬時間は10分を要し、アバット到着時のスランプフロー値は 3cm、60cmフロー時間は30秒のワーカビリチーの低下を生じた。実験室レベルにおける20分後のワーカビリチーの低下は、スランプフロー値で約4cm、60cmフロー時間で7秒程度であったが、試験製造では4 バッチ分一括運搬とした為、1 バッチ目の練混ぜ終了時より運搬終了時点まで45分を要し、その為に60cmフロー時間が大幅に低下したと思われる。ワーカビリチー保持の目標時間は、製造方法を考慮して再度検討する必要があると考えられる。アバット到着時に、60cmフロー時間が管理目標値を満足しなかったため、高性能減水剤を 1700 cc (P*0.12 %) 後添加し、アジテータ車で高速攪拌を90秒行った結果ワーカビリチーは表-4 に示すように改善された。60cmフロー時間は管理目標値を満足しなかったが、図-2 の中空モデル型枠による充填試験は良好であった。

表-4 スランプフロー試験結果

アジテーター 内バッチ	スランプフロー値 (cm)	60cmフロー 時間(sec)	スランプフロー 時間(sec)
1	71.0	17	72
1+2	60.0	56	56
1+2+3	57.5	--	65
1+2+3+4	63.0	37	63
アバット到着時	60.0	67	67
調整後	65.5	27	57

(2) コンクリート打込み 最初の打込み位置におけるコンクリートの流動状態を図-5 に、各打込み位置における流動状態を図-6 に示す。図-5 に示す打込み直後の流動速度は約80cm/minであったが、速度は流動勾配が小さくなる程遅くなった。今回のプレテンション桁は、桁高が375mmと低く、また桁長が長い(桁高スパン比 1/32) ので1カ所からの流動範囲には限界があり、図-6

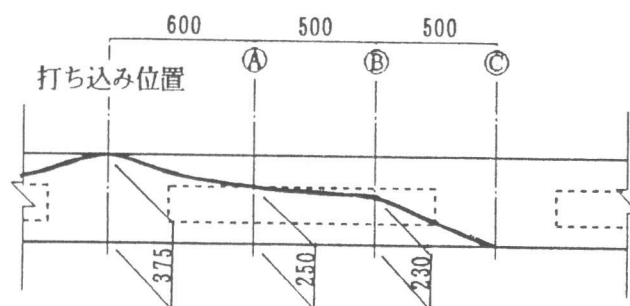


図-5 コンクリート打込み直後の流動状態 (mm)

に示す5カ所から打込みを行った。打込み終了までの所要時間は、練混ぜ開始より約90分、打込み開始より26分であったが目視では、流動性の低下はほとんど見

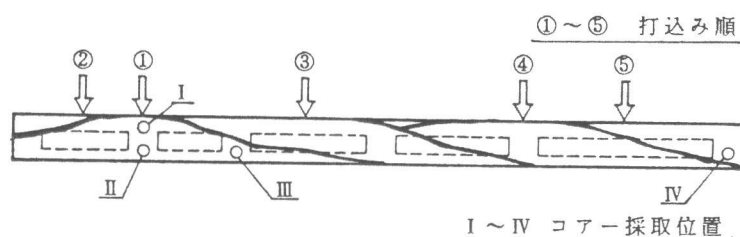


図-6 コンクリート打込み位置および流動状態 (縦:横 = 2:1)

られなかった。コンクリートの流動状況は、中空モデル型枠でのウェブから下フランジ方向への流動より桁の長手方向への流動が主であった。これは、鋼材や内型枠等の拘束の小さい方向へ流動したものであり、流動方向を考慮して打込み計画をたてる必要がある。コンクリートの打込みに携わったのは二人(アジテータ車からの荷卸およびスコップによる均し)であり締固め作業が

ない分、少人数で行えた。また振動機を用いない事より、従来の打込み時より20～30 dB 程度、騒音は小さくなった。

(3) 表面仕上げ 仕上げ状況を表-5 に示す。打込み終了後60～80分経過しある程度表面が硬化した後に、少量の水を散布すると、仕上げ作業は 100分程度まで可能であった。しかし仕上げ状態の良否は、初期の均し状態が大きく影響するので、初期段階における十分な均し作業が必要である。

表-5 仕上げ状況一覧表

経過時間 (分)	金ゴテ仕上げ		ホウキ目仕上げ	
	散水なし	散水あり	散水なし	散水あり
0	木ゴテにより表面の均しを行ったが、粘性が強くモルタルがコテに付着して平坦に均すのは、かなり難しい。			
20	モルタルがコテに付着し仕上げは難しい		同 左	
40	表面は乾燥し膜状になる。全体はブヨブヨしており大きな窪みは均せるが、ブリージングがなく仕上げはできない。		うすく付く程度。強く押さえても全体に沈みホウキ目はうすくしか残らない。	
60	表面から5 mm程度 ゲル状に硬化する。金 ゴテをかけると表面の み動きシワができる。	表面がすべりモルタ ル面の仕上げは可能だ が、窪み等の修正は不 可能。	40分と同程度	できるが、溝は浅く 従来の1/2程度。金 ゴテ仕上げの良否に影 響される。
80	固くて不可能。	60分時と同程度。	固くて不可能。	60分時と同程度。
100	同 上	同 上	同 上	80分時と同程度だ が、若干付き難い。

(4) プレストレスの導入 プレストレス導入時のコンクリートの管理供試体による強度試験結果を表-6 に示す。P C 桁の、断面図心に対する鋼材図心の偏心により生ずるそり量を測定する事により、充填状況について確認を行った。その結果、計算そり量31mmに対し測定値は28mmであり、過大な変形、局所的な変形、ひび割れの発生等もなく、コンクリートの充填についても異常無いと判断された。

表-6 強度試験結果
(プレ導入時)

	(kgf/cm ²)
圧縮強度	540
弾性係数	3.06*10 ⁵
引張強度	24.2
曲げ強度	57.8

(5) 製品の外観 側面、低面について目視とハンマーの打撃による充填状態の確認をしたが、ともに充填不良箇所はなく、また打継ぎ(図-6 参照)による空気の巻込みや、打継ぎ跡も全く見られなかった。しかし、従来のコンクリート桁に比較すると気泡が多く発生しており、気泡の径は、側面で 0.5～ 4.0 mm、低面で 0.5～ 2.0 mm 程度であった。

4. プレテンション桁の載荷試験

外観からは判断できない内部の欠陥(充填不良部、鋼材との付着不良等)の有無の確認および締固め不要コンクリートを用いたプレテンション桁の性能確認のため載荷試験を行った。載荷試験は JIS A 5316-1991 に準じ図-7 に示す方法で載荷した。

4.1 試験結果および考察

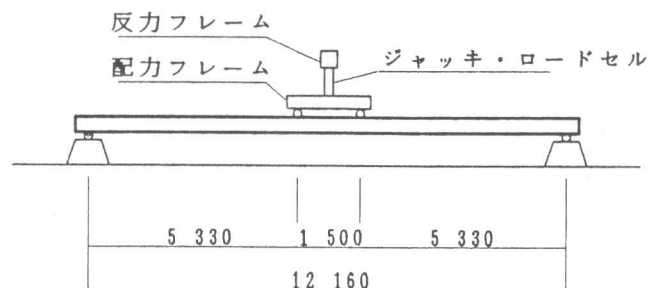


図-7 載荷試験方法 (mm)

コンクリートの管理供試体による強度試験結果を表-7に、載荷試験結果を表-8に示す。表-8に示す様に、ひびわれ発生荷重は計算値と試験値がよく一致し、更にひびわれ再開荷重は計算値に対し試験値のほうが大きいので、ひびわれの確認が目視であることを考慮しても設計有効プレストレス量が確保されていると判断された。またひびわれは、最初スターラップ配置間隔に発生し、その後そのひびわれ間にも発生して最終的にひびわれ発生間隔は10 cm程度となり、鋼材との付着性状についても良好であると判断された。破壊は、中央断面においての曲げ圧縮破壊であった。以上よりプレテンション桁としての性能が確認された。 載荷試験後、図-6に示すⅠ～Ⅳの位置においてコンクリートコアを採取したところ、切断面には気泡はあまり見られなかった。また強度試験を行った結果を表-9に示すが、強度のバラツキは小さかった。中央断面付近において、内型枠下面の充填状態を観察したところ、径が5～15 mm、深さ2～3 mm程度の気泡が多く見られた。

表-7 強度試験結果
(試験時)

	(kgf/cm ²)
圧縮強度	952
弾性係数	3.68*10 ⁵
引張強度	40.2
曲げ強度	74.1

表-8 載荷試験結果 (ton)

載荷荷重	計算値	試験値
ひびわれ発生	12.0 *1	12.0
ひびわれ再開	7.5	9.0
破 壊	24.2	28.1

*1 コンクリート強度は、曲げ強度使用
* 設計有効プレストレス量 $f'_{ce}=190.3\text{kgf/cm}^2$

5. まとめ

本実験の結果をまとめると以下ようになる。

- 今回は試験製造であり、練混ぜ状態を目視で判定したり、混和材料の人力による投入等あったが、全般的には従来の製造設備での製造の可能性が確認された。
- 打込みに関しては、実際の製造工程においても省力化および騒音の低下による労働環境の改善が確認できた。更に打込み方法については、締固め不要コンクリートの特性を生かしたより効率的な方法について、検討の余地があると考えられる。
- 製品の表面には気泡が多く見られたが、コンクリート切断面には無かったことより、型枠剥離剤の影響が考えられ、外観上今後の検討が必要である。
- 内型枠下面等、空気の抜け難い所に気泡は残ったが、それが断面欠損となるようなことはなく、載荷試験によりプレテンション桁としての性能が確認された。

表-9 強度試験結果
(採取コア)

		(kgf/cm ²)
採取位置	圧縮強度	弾性係数 $\times 10^5$
Ⅰ	956	3.73
Ⅱ	960	3.78
Ⅲ	984	3.90
Ⅳ	972	3.68

[参考文献]

- 岡村 甫、國島 正彦、小沢 一雅、前川 宏一：ハイパフォーマンスコンクリートへの挑戦、土木施工、Vol. 30, No. 10, pp. 27-33, 1989
- 小沢 一雅、前川 宏一、岡村 甫：ハイパフォーマンスコンクリートの開発、コンクリート工学年次論文報告集、11-1, pp. 699-704, 1989
- 新藤 竹文、松岡 康訓、S. Tangtermsirikul、坂本 淳：超流動コンクリートの基礎物性に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集、13-1, pp. 179-184, 1991
- 三浦 信一、牧野 英久、小野 義徳、小沢 一雅：二成分系のハイパフォーマンスコンクリートの実物大模型による施工性の検討、コンクリート工学年次論文報告集、13-1, pp. 869-874, 1991