

(55) 高流動コンクリートのPC製品への適用

ドーピー建設工業(株) 正会員 ○山崎 通人
 ドーピー建設工業(株) 正会員 竹本 伸一
 ドーピー建設工業(株) 正会員 石原 英祐
 日本セメント(株)中央研究所 藤原 浩巳

1. はじめに

近年の社会経済状況の変化は、建設業界における労働者の高齢化や労働力の不足といった問題を生じさせている。こうした状況の中、コンクリート構造物の信頼性の向上、施工の省力化・合理化を目指した締固め不要の「高流動コンクリート」の開発が進められている。

プレストレストコンクリート(以下PCと略)工場製品は、鉄筋コンクリート(以下RCと略)工場製品に比べて、PC鋼材・鉄筋・シースが型枠内に過密に配置されやすく、コンクリートの充填が困難なものとなっている。また、コンクリートの強度および弾性係数もRC製品に比べ、より高い数値が要求される。本研究では、これら性能上の特徴を持つPC製品の高流動コンクリートへの適用について検討を行った。

高流動コンクリートにおいて充填性を高めるためには、コンクリート中の粗骨材の容積率である粗骨材体積濃度(以下 X_v と略)を低くする必要があり¹⁾。しかし、高い弾性係数を得るためには、 X_v を高くする必要がありと考えられる。今回の実験では、これらのバランスに配慮し、PC工場製品への適用を検討した。また、並行して表面気泡の低減方法についての検討も行った。

実験は、PC工場製品として一般にプレテンションホロー桁と呼ばれているスラブ橋桁(実験-1)と防災構造物に使用されているスノーシェッド桁およびスノーシェルター桁(実験-2)について行った。表面気泡の低減方法については、実験-2で行った。

2. 実験-1プレテンションホロー桁への適用

2.1 実験概要

実験に使用したホロー桁の断面を図-1に示す。使用しているPC鋼材・鉄筋は、SWPR7B 1S15.2およびD10である。このコンクリートの要求性状は、プレストレス導入時圧縮強度 34.3 N/m^2 (350 kgf/cm^2)、弾性係数 $2.70 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ ($2.75 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$)以上である。表-1に詳細を示す。

打設するコンクリートの配合は、次の試験項目の結果より決定した。(1)充填性、(2)圧縮強度および弾性係数(JISA1108に準ずる)、(3)スランプフロー(JISA1101に準ずる)。

充填性の試験には図-2に示す間隙通過試験器を使用した。この間隙幅を図-1に示すホロー桁の中空部下縁の最大鉄筋かぶりより40mmに設定し、 X_v を0.32、0.34、0.36の水準となるようにコンクリートを製造した。

試験は、各配合のコンクリートを装置の上端まで充填しゲートを開き通過時間を測定した。

これらの試験より、硬化性状および間隙通過性を満足する配合を選定し、実際のホロー桁に打設し充填性の確認を行った。充填性の確認は図-1に示した位置よりコンクリートを打ち込み、動きが止まった時点で

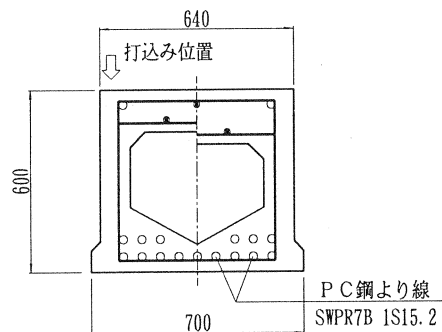


図-1 ホロー桁

表-1 高流動コンクリートの要求性状

項目	要求性状
スランプフロー	650±50 mm
分離指標値	10%以下
間隙通過性	42mmの間隙を通過
圧縮強度(蒸気養生後)	34.3 N/m ² 以上
圧縮強度(水中養生28日)	49.1 N/m ² 以上
ヤング係数(蒸気養生後)	2.70×10 ⁴ N/m ² 以上

の左右縦ウェブのコンクリート表面高さの差より判断した。

2. 2 実験結果

コンクリートの配合および実験結果を表-2に示す。図-3は、各Xvにおける結果を図化したものである。全てのXvで要求性状を十分に満足した。間隙通過実験においては、Xv=0.36で閉塞状態を起こした以外は、

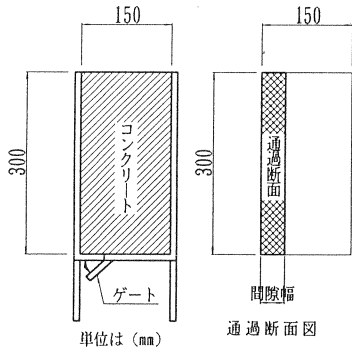


図-2 間隙通過試験器

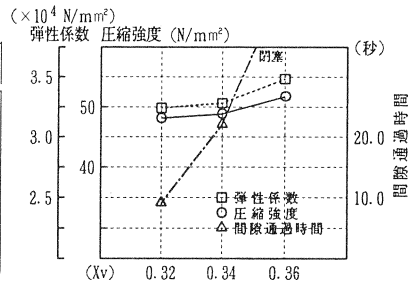


図-3 実験-1 結果グラフ

全ての条件を満足することができた。従ってホロー桁タイプには、Xvを0.34以下とする必要があると判断された。そこでNo1の配合 (Xv=0.32) を使用して実際に打設したところ、左右縦ウェブのコンクリート表面高さの差は5cm程度と十分な充填性が確認された。

表-2 実験-1の配合設計および実験結果

NO.	Xv	単位量 (kg/m³)						SLF (mm)	t (秒)	圧縮強度 (N/mm²)	弾性係数 (N/mm²)
		セメント	水	粗骨材	細骨材	HF	NSP				
1	0.32	462	187	845	845	7.0	13.9	660	9.0	48.1	3.24×10^4
2	0.34	450	182	820	898	6.0	13.5	660	22.0	48.8	3.28×10^4
3	0.36	434	176	794	950	6.0	13.0	630	閉塞	51.7	3.48×10^4

セメント：早強ポルトランドセメント
粗骨材：大井川産砂利
NSP：ナフタリン系高性能減水剤
SLF：スランプフロー

細骨材：大井川産川砂：天竜川産川砂 = 1 : 1
HF：アクリル系増粘剤
t：間隙通過時間

3. 実験-2-1 スノーシェッド桁およびスノーシェルター桁への適用

3. 1 実験概要

実験に使用したスノーシェッド桁の断面を図-4に、スノーシェルター桁の全体を図-5に示す。使用しているP C鋼材・鉄筋は、シェッド桁の場合SWPR7A IS12.4およびD10・D13、シェルター桁の場合SWPR19 IS19.3およびD10・D13・D16である。このコンクリートの要求性状は、プレストレス導入時圧縮強度34.3 N/mm² (350 kgf/cm²)、弾性係数 2.70×10^4 N/mm² (2.75×10^5 kgf/cm²) 以上である。表-3に詳細の要求性状を示す。

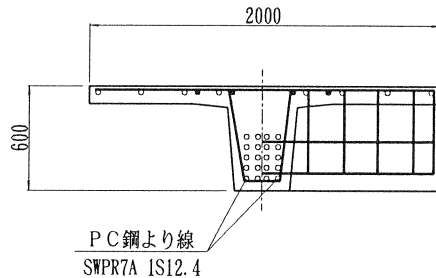


図-4 スノーシェッド桁

表-3 高流動コンクリートの要求性状

項目	要求性状
スランプフロー	600±50 mm
分離指標値	10%以下
間隙通過性	37mmの間隙を通過
圧縮強度 (蒸気養生後)	34.3 N/mm²以上
圧縮強度 (水中養生28日)	58.8 N/mm²以上
ヤング係数 (蒸気養生後)	2.70×10^4 N/mm²以上

試験項目は、実験-1と同様とする。しかし、充填性の試験は、図-6に示すボックス試験器を使用した。試験器中央下部には、最過密部分での配筋条件を参考に、鉄筋 (φ=13mm) 3本を配置 (純間隔37mm) した。ボックス試験は、左室上部端までコンクリートを充填後、ゲートを開いてコンクリートがゲート前の鉄筋の間をすり抜け、右室に流れ込み動きが制止した状態での左右のコンクリート高さの差 (ヘッド差) を測定した。コンクリートの配合においてXvを0.28、0.30、0.32、0.34として行った。

実際のシェッド桁およびシェルター桁へのコンクリート打込みは、全てのXvの配合について行い充填性の確認を目視により行った。

3. 2 実験結果および考察

配合および実験結果を表-4、および図-7に示す。コンクリートの圧縮強度およびスランプフローは、ほぼ満足した結果が得られた。ボックス試験値では、Xv=0.30以上において閉塞した。弾性係数については、粗骨材体積率を上げたにも関わらずほとんど変化がなかったが、おおむね要求性状を満足した。本実験で弾性係数が思うような値を示さなかった原因としては、使用した粗骨材の吸水率が通常の粗骨材に比べ大きかったためと思われる。

これら全ての配合条件のコンクリートを実際のスノーシェッド桁およびスノーシェルター桁に打設した結果、全ての配合で高い充填性が確認されボックス試験とは異なる結果となった。これはボックス試験においては図-8に示すように配筋方向に向かって、コンクリートが直角に流動し鉄筋間を通過しようとするのに対し、実際の桁では、図-9に示すように斜めに流動する。この場合、空隙部における粗骨材の動きの自由度が大きいためボックス試験器では閉塞した条件でも充填されたものと考えられる²⁾。従って、今後実構造物で充填性を評価する場合、打込み方法によるコンクリート中の粗骨材の自由度についても考慮する必要があると考えられる。

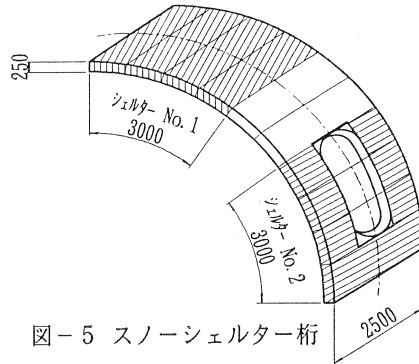


図-5 スノーシェルター桁

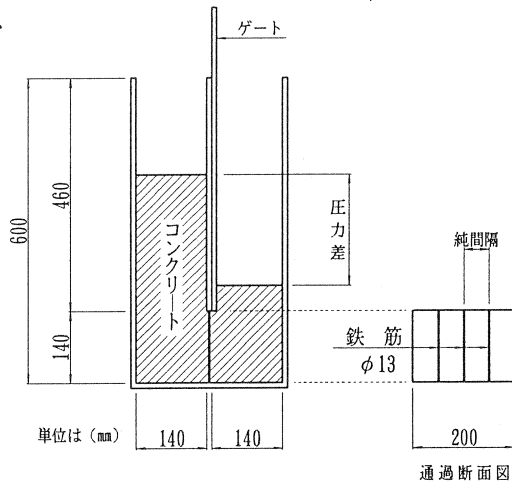


図-6 ボックス試験器

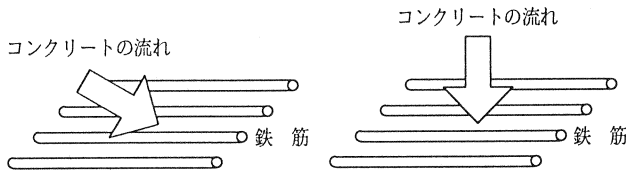


図-9 実構造物の場合

図-8 ボックス試験の場合

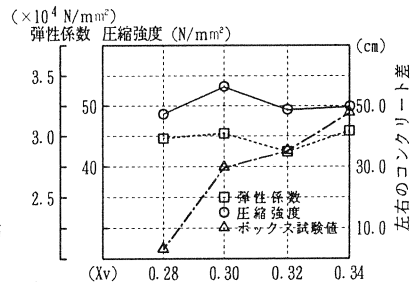


図-7 実験-2 結果グラフ

表-4 実験-2の配合設計および実験結果

NO.	Xv	単位量 (kg/m ³)						SLF (mm)	Δd (cm)	圧縮強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)
		セメント	水	粗骨材	細骨材	HF	NSP				
1	0.28	500	195	935	756	4.5	15.0	650	3.0	48.6	2.98×10 ⁴
2	0.30	500	185	908	810	4.5	15.0	622	29.5	53.1	3.02×10 ⁴
3	0.32	492	182	860	873	4.0	9.76	587	35.0	49.3	2.87×10 ⁴
4	0.34	456	175	854	928	3.0	9.12	630	47.5	49.8	3.04×10 ⁴

セメント : 早強ポルトランドセメント

粗骨材 : 深川市首江産砕石(表乾比重 : 2.70, 吸水率 : 2.00%)

NSP : ナフタリン系高性能減水剤

SLF : スランプフロー

細骨材 : 厚真産丘砂(表乾比重 : 2.70, 吸水率 : 1.48%)

HF : アクリル系増粘剤

Δd : ボックス試験値

4. 実験-2-2 表面気泡低減実験

4. 1 実験概要

表面気泡試験のために型枠に以下の処理を施した。シュッドおよびシェルター桁の型枠内面を洗剤で洗った後、型枠内面をアセトンで拭き取った。その後、以下の組み合わせにより型枠の処理を行った。①油性剥離剤を塗布する、②油性剥離剤を塗布し、その上にセメント粉を吹きかける。③水性剥離剤を塗布する、④水性剥離剤を塗布し、ペーストを吹き付ける。表面気泡試験は、各桁の型枠面に対して20×20cmのエリヤを4箇所設定し、直径2mm以上の気泡をOHPシートに写し取り画像解析装置を用い気泡個数・気泡面積率を測定した。

4. 2 実験結果

表面気泡実験の実験結果を表-5に示す。シュッド桁の気泡測定面は垂直なため発生する表面気泡が少ないが、粉体吹き付けによる低減効果は認められる。シェルター桁の面は構造上表面気泡が発生しやすいが、ペーストの吹き付けによる低減効果は認められる。これらより粉体・ペーストの吹き付けによる表面気泡低減の効果は認められたが、完全な表面気泡の除去には至らなかった。また、油性剥離剤を用いた粉体吹き付けによる表面気泡試験を追加実験した。その結果を表-6に示す。この結果からも効果は認められるが、やはり完全に表面気泡を除去するには至らなかった。

5. まとめ

本実験では、PC鋼材・鉄筋等による型枠内が過密

配置になりやすく、高圧縮強度および高弾性係数のコンクリートが望まれているPC工場製品に対して、高流動コンクリートの適用について検討を行った。その結果以下のことがわかった。

- ①コンクリート打設後8時間の蒸気養生後の圧縮強度および弾性係数については、ほとんど問題なく要求性状を満足した。
- ②流動性および充填性についても満足いく結果が得られた。
- ③表面気泡低減方法は、効果が認められるが完全に気泡を除去するには至らなかった。

以上の結果を判断して、PC工場製品に高流動コンクリートを用いても十分製品として問題がないことが確認された。しかし、表面気泡低減方法については、微震動等他の方法の検討が必要であると考えられる。

今後は、工場製品の最適な粗骨材体積濃度をこれからの実験により解析し、工場の省力化と合理化およびコストダウンによる製品の低価格化を実現したいと考えている。また、現場打ちPC製品における高流動コンクリートの実用化についても進めて行くつもりである。

表-5 表面気泡測定結果

試験体	離型剤種類	処理法	表面気泡率 (%)
シュッド桁 No.1	油性	無処理	1.43
シュッド桁 No.2	油性	粉体吹き付け	0.17
シェルター桁 No.1	水性	無処理	6.89
		ペースト吹き付け	1.69
シェルター桁 No.2	水性	無処理	1.43
		ペースト吹き付け	1.38

表-6 表面気泡測定結果

試験体	離型剤種類	処理法	表面気泡率 (%)
シュッド桁 No.1	油性	無処理	0.36
シェルター桁 No.1	油性	無処理	7.04
		粉体吹き付け	5.07
シェルター桁 No.2	油性	無処理	6.91
		粉体吹き付け	3.83

参考文献

- 1) 藤原浩巳他：高流動コンクリートの充填性に関する基礎研究、コンクリート工学年次論文報告集 Vol. 14, No. 1, pp27~32, 1992. 6
- 2) 藤原浩巳他：高流動コンクリートの間隙通過性に関する研究、コンクリート工学年次論文報告集 Vol. 15, 1995. 6