

コンクリート荷卸し時に即時強度判定を取り入れた コンクリートの品質管理について

日本橋梁建設土木施工管理技士会

日本車輛製造株式会社

神頭峰磯[○]

杉田謙一

田島貴裕

1. はじめに

コンクリートの圧縮強度は、水和反応の進展に応じて強度が発現するため、打込み前の荷卸し時に採取した供試体によって、強度発現性や強度のバラツキを後日確認している。供試体による圧縮強度の確認は、材齢7日や28日の品質管理の他に、型枠の脱型やPCケーブルの緊張時期など、様々な工程管理にも利用されている。コンクリートの圧縮強度が打込み前に判定できれば、圧縮強度のバラツキが大きいコンクリートでも、確実に設計強度が得られる構造物を建設できる。また、工程に必要な圧縮強度が得られる材齢が判れば、工程見直しにより、工程短縮を行うこともできる。

本稿では、コンクリートの荷卸し時の品質管理に、圧縮強度の即時判定を加えて、鋼コンクリート合成床版に打込むコンクリートの品質管理の強化を行った事例を報告する。

工事概要

- (1) 工事名：国道181号（岸本バイパス）橋梁上部工事（交付金）
- (2) 発注者：鳥取県
- (3) 工事場所：鳥取県西伯郡伯耆町吉定
- (4) 工期：平成26年12月25日～平成28年10月31日

2. 現場における問題点

コンクリートの圧縮強度を打込み作業に支障なく判定するためには、コンクリートが、プラント工場から出荷し、荷卸し検査が完了するまでのおおよそ45分程度に行う必要がある。そのため、この短時間に圧縮強度を推定できる技術として、マイクロ波促進養生法¹⁾の採用を検討した。

マイクロ波促進養生法は、図-1に示すように、フレッシュコンクリートを特殊な樹脂型枠に詰め込み、電子レンジにより、マイクロ波を照射する加熱養生（以下、促進養生）を行う。促進養生により、水和反応を促進してコンクリートを硬化させた促進養生供試体を作製する。この促進養生供試体の圧縮強度（以下、促進強度）と、同一コンクリートから作製した各材齢の標準養生供試体の圧縮強度は、相関関係にあり、図-2に示すような相関関係図を利用して任意材齢の圧縮強度の推定を行う技術である。



図-1 促進養生供試体の作製手順

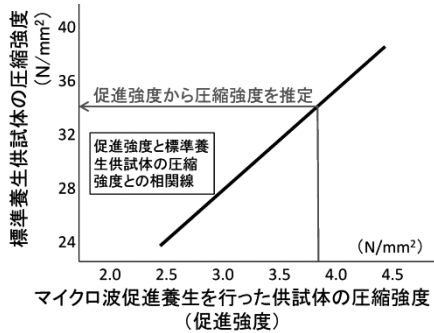


図-2 標準養生供試体と促進供試体の相関関係図

このマイクロ波促進養生法をコンクリートの即時強度判定技術として、現場への適用を検討したところ、次の課題を解決する必要があった。

- ・マイクロ波促進養生法の実効性の確認
- ・使用材料の変化による技術の適用性の確認
- ・圧縮強度推定までの必要時間

3. 工夫・改善点と適用結果

(1) マイクロ波促進養生法の実効性

促進強度は、電子レンジでコンクリートを高温で加熱して強制的に水和反応を進展させるため、得られる圧縮強度は小さくなる。そのため、促進強度と標準養生供試体の圧縮強度との相関関係が成立し、圧縮強度の推定が確実に可能であることを実験により確認した。

実験は、呼び名が30-8-20Nで、水セメント比が50%の配合のコンクリートと、水セメント比を±10%変化させた配合により、促進養生を行い、促進強度とセメント水比の関係を図-4に示す。なお、型枠は、電子レンジで1800Wの出力により10分弱加熱することから、図-3に示すような耐熱性の特殊樹脂を採用し、供試体の寸法が75mmの立方体となるようなサイズとした。促進強度とセメント水比との関係を図-4に示す。促進強度は、セメント水比の低い順に、2.4N/mm²、3.3N/mm²、3.7N/mm²と材齢28日の圧縮強度（以下、材齢28日強度）の1/10程度であった。しかし、促進強度とセメント水比の相関係数は、0.944であり、一般的なコンクリートと同様に、セメント水比に比例していることから、水和反応の進展に応じた強

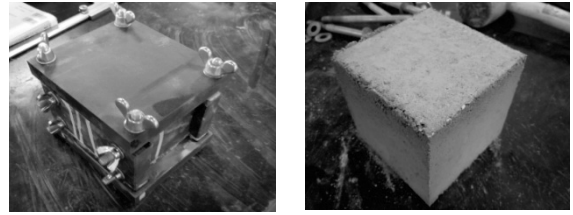


図-3 型枠（左）と促進養生供試体（右）

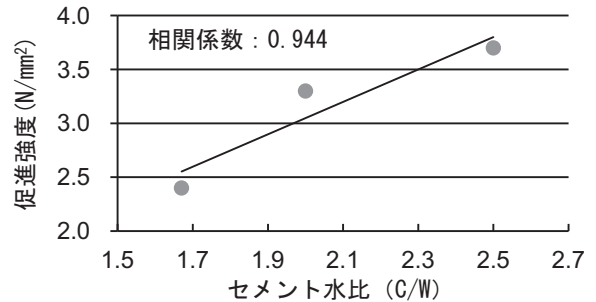


図-4 促進強度とセメント水比との関係

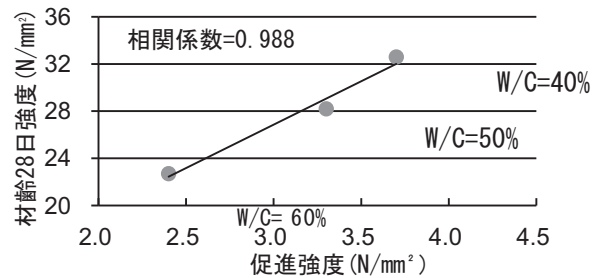


図-5 材齢28日強度と促進強度との関係

度発現が得られていると考えられる。図-5は、同じコンクリートで標準養生を行った材齢28日強度と促進強度の関係を示した図である。促進強度と材齢28日強度は、相関係数が0.988と高い相関性を示し、促進強度から標準養生供試体の圧縮強度が推定できることを確認できた。

(2) 使用材料の変化による技術の適用性

コンクリートの材料は、骨材が地産地消であり、セメントの種類が異なる場合や混和材の追加などもあるため、コンクリート材料の一品一様性はない。そのため、本技術が多種多様なコンクリートに対して適用できることを実験により確認した。

実験水準を表-1に示す。呼び強度30の普通ポルトランドセメントを使用した配合を基本として、骨材の種類を変更した場合、混和材として膨張材を20kg/m³使用した場合、セメントを高炉セメントB種に変えた場合として、材齢28日強度と促

表-1 実験水準

	セメント	混和材	細骨材
基準配合	普通	なし	山砂 A、砕砂 A
配合 1	普通	なし	山砂 B、高炉スラグ
配合 2	普通	膨張材	山砂 A、砕砂 A
配合 3	高炉 B 種	なし	山砂 A、砕砂 A

表-2 実験結果

	変更種別	相関係数
基準配合	—	0.999
配合 1	骨材変更	0.985
配合 2	膨張材追加	0.853
配合 3	セメント種類変更	0.991

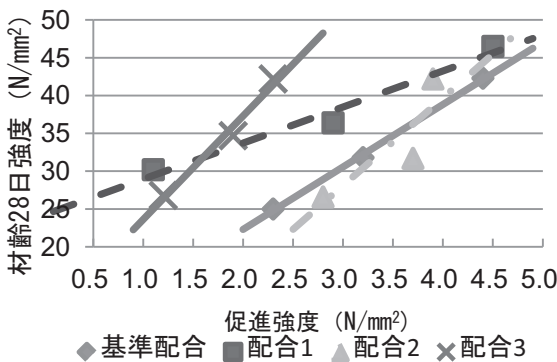


図-6 条件変更による相関関係図

進強度との相関性を確認した。

実験結果を表-2、図-6に示す。何れの場合においても材齢28日強度と促進強度は、高い相関性を有しており、様々な種類のコンクリートにマイクロ波促進養生法が適用できることを確認できた。

(3) 時間工程の確認

マイクロ波促進養生法は、様々な工程を経て促進強度を得るため、輸送中の短時間に履行可能であるか、各工程の作業時間を把握する必要がある。そのため、本手法による各作業時間の確認を行った。

促進強度を得るまでの各作業時間を表-3に示す。1回の作業で、供試体は2個作製して、同時に電子レンジで加熱する。促進強度の計測までに二人で作業を行えば、1サイクル23分程度で完了する。圧縮強度の推定精度を上げるために、2サイクル行っても、45分程度で作業が完了することを確認した。

表-3 促進強度計測までの作業時間

	作業内容	作業時間	累計
①	コンクリート詰込み	5分	5分
②	電子レンジ加熱	10分	15分
③	脱枠・採寸	4分	19分
④	圧縮強度試験(促進強度)	4分	23分

(4) 現場への適用

マイクロ波促進養生法が工事に適用できることを確認できたため、本工事の鋼コンクリート合成床版に対して、コンクリートの硬化性状を打込み前に確認し、設計基準強度(30N/mm²)以下のコンクリートを排除する目的で、材齢28日強度を打込み前に判定して施工した。また、促進強度の計測はプラント工場で実施するため、出荷前に採取したコンクリートのフレッシュ性状の確認を行い、荷卸し時と比較することで、輸送時の品質変動の管理も同時に行う計画とした。なお、圧縮強度の推定は、材齢7日、14日も行い、他の材齢における本手法の適用性の確認も行った。また、圧縮強度の推定は、1日の打込み量に対し、コンクリート運搬の初回、中間、最終の出荷に対して行う計画とした。

まず、圧縮強度を打込み当日に推定する資料として、打込むコンクリートの各材齢の圧縮強度と促進強度の相関関係図を試験練りの時に作成した。コンクリートは、呼び名が30-10-20Nであり、混和材として低添加型膨張材を20kg/m³使用した。試験練りに使用したコンクリートの配合を表-4に、各材齢の圧縮強度と促進強度の相関関係を図-7に示す。なお、図-7の相関関係図は、促進養生供試体を4体使用して作成した。図-7では、各材齢の圧縮強度に対して0.8以上の高い相関性が得られたため、打込み当日に、このグラフが使用できると判断した。

表-4 試験練りの配合表

配合名	W/C+Ex (%)	s/a (%)	W	C	Ex
			(kg/m ³)		
-5%	45.0	47.0	164	344	20
基本	50.0	47.9	164	308	20
+5%	55.0	48.6	164	278	20

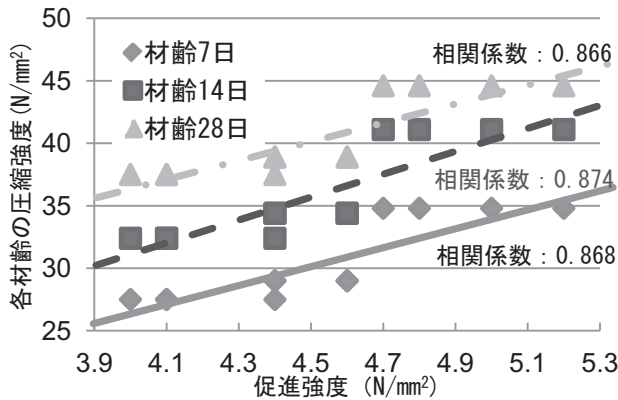


図-7 打込み時に使用した相関関係図

打込み当日は、コンクリートの運搬中に図-7を使用して、プラント工場において、各材齢の圧縮強度を打込み前に推定し、コンクリートの硬化性状を確認した後に打込みを行った。促進強度から推定した圧縮強度と後日確認した標準養生供試体の圧縮強度の比較の一例を表-5に示す。材齢28日強度は設計基準強度を上回っており、現場で打込み当日に採取した供試体との誤差は、各材齢において、概ね5%程度と良好な精度を確保できていることを確認できた。また、輸送時の品質変動の管理例を表-6に示す。早朝の打込みからの経時の環境変化に対して、フレッシュコンクリートの品質変動が、著しく大きくならないように管理を行うことができた。

表-5 圧縮強度推定結果の例

材齢 (日)	促進強度 (N/mm ²)	推定強度 (N/mm ²)	標準養生供試体強度 (N/mm ²)	誤差 (%)
7	4.3	28.7	29.9	4.0
14		33.9	35.9	5.6
28		38.6	40.1	3.7

表-6 輸送時の品質管理の例

		スランプ (cm)	空気量 (%)	C. T. (°C)
規格値		10±2.5	4.5±1.5	5~35
1台目	出荷時	9.5	3.2	19.0
	荷卸し時	10.5	4.2	20.0
	変動値	+1.0	+1.0	+1.0
15台目	出荷時	12.0	4.0	21.0
	荷卸し時	10.5	4.4	25.0
	変動値	-1.5	+0.4	+4.0

また、プラント工場が保有するコンクリートの配合強度算出式を用いた場合の材齢28日強度と、本手法による促進強度からの推定との比較を行うために、荷卸し時にエアメータ法により、単位水量の推定を行った。表-7に示すように、単位水量から圧縮強度を求める場合は、10~15%の誤差が発生しており、マイクロ波促進養生法による圧縮強度推定の精度が上回ることを確認できた。

表-7 配合強度算出式から求めた強度の精度

	単位水量 (kg/m ³)	算出強度 (N/mm ²)	標準養生供試体強度 (N/mm ²)	誤差 (%)
①	166.8	34.0	40.1	15.2
②	166.1	34.2	38.3	10.7

以上により、マイクロ波促進養生法を本工事に適用することにより、打込み前に材齢7日、14日、28日の圧縮強度を推定した。本手法により、これまで荷卸し時には確認できなかったコンクリートの硬化性状を打込み前に定量評価して確認することができた。また、輸送時の品質変動も同時に管理できたため、本工事のコンクリートの品質管理の強化に繋がり、鋼コンクリート合成床版の品質向上の一躍を担えた。

4. おわりに

本工事において、マイクロ波促進養生を利用することにより、打込み前の任意材齢の圧縮強度を精度良く確認できることが判った。今回は、打込み時の圧縮強度の確認に留まったが、今後は、若材齢時に本手法を適用し、脱型強度管理や橋面上への重量物載荷時期などの検討に使用することで、工程短縮や供試体作製の大幅削減などのコスト削減に繋げていきたい。本手法がコンクリート工事の品質向上の一助になれば幸いである。

参考文献

- 1) 伊藤幸広, 辻正哲: マイクロ波加熱養生によるコンクリート強度の即時判定に関する研究, 土木学会論文集, No. 514/V-27, pp19-28, 1995. 5