

特集 「品質の向上をめざして」

土木構造物を対象としたコンクリートの品質確保に向けた技術開発

桜井 邦昭 川西 貴士
石田 知子 近松 竜一

Technical Development for Highly Reliable Quality of Structural Concrete used in Civil Concrete Structures

Kuniaki Sakurai Takashi Kawanishi
Tomoko Ishida Ryuichi Chikamatsu

Abstract

To construct durable concrete structures, appropriate quality control during each of the following construction steps is required: Production, Transportation, Placing, Compaction, and Curing. This paper discusses the past technical development on highly reliable quality of structural concrete that is used in civil concrete structures. Further, it introduces recent research and development techniques: 1) A method for measuring and a technique for controlling water content per unit volume of fresh concrete, 2) An evaluation system of concrete construction plan, and 3) A quick method for assessing thermal cracks in concrete wall structures.

概 要

耐久的なコンクリート構造物を構築するには、コンクリートの製造、運搬、打込み、締固め、養生などのそれぞれの施工段階で適切に品質管理を行う必要がある。本報では、土木用コンクリート構造物の品質を確保するための既往の技術開発の動向を整理するとともに、最近の技術開発事例として、フレッシュコンクリートの単位水量の測定および管理技術、コンクリート工事の施工計画照査システム、および温度ひび割れの簡易評価システムについて概説する。

1. はじめに

供用期間を通じて所要の性能を有する耐久的なコンクリート構造物を構築するためには、適切な材料を用いて所要の品質を有するコンクリートの配合設計を行い、コンクリートの製造から、運搬、打込み、締固め、養生などのそれぞれの工種毎に適切に品質管理を実施し、構造体コンクリートの品質を確保する必要がある。

土木構造物の場合は、その立地や気象などの環境条件が多様であり、水中施工や逆打ちなど施工条件が特殊な場合も多い。当社では、これまでにコンクリート構造物の品質を確保するために各種の技術開発を実施してきた。水中でも材料分離しない特性や締固め不要の自己充てん性、逆打ちの一体性など、特殊な機能性をコンクリートに付与したり、打継ぎ処理や養生をはじめ各工種に対して施工方法の改善を行ってきた。これらの成果は、現場の実務に取り込まれ、コンクリート施工に対する信頼性の向上に寄与している。

本報では、主に土木構造物を対象としてコンクリートの品質確保に向けた既往の技術開発の動向を整理するとともに、最近の技術開発の概要について紹介する。

2. 品質確保のための既往の技術開発

これまで発刊された技術研究所報¹⁾をもとに、土木構造物を対象としたコンクリートの材料および施工分野の技術開発の動向を整理した結果をTable 1に示す。

これらの技術開発は、大まかに3つのカテゴリーに分類することができる。

1つ目は、機能性を付加した新しいコンクリート材料の技術開発である。水中不分離性コンクリート(アクアコンクリートTM)、地下連続壁用コンクリート、逆打ち用コンクリート(コンテックスコンクリートTM)、高流動コンクリート(ニューロクリートTM)など、特殊な施工条件においても所要の品質を確保するために新材料を用いた配合設計や施工技術が確立され、実用化されている。

2つ目は、コンクリート構造物の品質向上を目的とした施工技術の開発である。土木構造物はその大半がマスコンクリートであり、施工時にセメントの水和熱に起因した温度ひび割れが生じやすい。この温度ひび割れの対策として、コンクリート材料の低発熱化および低収縮化、液体窒素によるプレクーリング、などの各種技術が開発されている。また、構造物の耐久性向上や施工の合理化の観点からは

Table 1 土木構造物を対象としたコンクリート材料および施工分野の技術開発の動向

Transition of Technical Development with Concrete Material and Construction on Civil Concrete Structure

分類	開発技術	年, 所報No.						
		10	20	30	40	50	60	70
材料	流動化コンクリート							
	高強度軽量コンクリート							
	水中不分離性コンクリート							
	地下連続壁コンクリート							
	高流動コンクリート							
	再生骨材コンクリート							
	耐火セグメント用コンクリート							
施工	高韌性コンクリート							
	プレバッドコンクリート工法							
	ひび割れ制御技術							
	液体窒素によるプレクーリング工法							
	透水性型枠工法							
	PCAフォーム工法							
	グリーンフェイス工法							
計画・評価	高信頼性コンクリート製造システム							
	コンクリートの耐久性予測技術							
	温度応力解析技術							
	充てん感知システム							
	単位水量測定技術							
	施工計画照査システム							
	温度ひび割れ簡易評価システム							

透水性を付与した特殊な型枠や高い耐久性を有する埋設タイプの型枠, などの各種の型枠工法も開発されている。

3つ目は, 施工計画や温度ひび割れに対する事前照査やコンクリート材料の品質管理や施工管理, さらに耐久性の予測を目的とした技術開発である。

以上に示したように, 時代の要請に応じて, 特殊なコンクリートやその施工法の技術開発が行なわれ, 本州四国連絡橋をはじめとする各種の大型プロジェクトにもその成果が活用されている。

2000年以降では, コンクリートの品質管理の技術, コンクリート構造物の信頼性を向上させる技術開発に重点が置かれている。

次章以降では, 上記の『品質確保』のための取組みとして, 最近の技術開発の事例を取り上げ, これらの概要について紹介する。

3. フレッシュコンクリートの単位水量測定法 および高精度な水量の計量管理技術

コンクリート中に含まれる水の量は, 強度や耐久性を左右する重要な要因であり, コンクリートの品質を確保するためには, 特に重点的に管理する必要がある。2003年4月に発生した生コンへの加水問題を契機として, 同年10月に国土交通省から「レディーミクストコンクリートの品質確保について」の通達が出され, 荷卸し時にフレッシュコンクリートの単位水量を検査するようになり, 今日では官庁工事はもとより数多くの現場で単位水量の検査が行われている。

一方で, 品質の変動が少ないコンクリートを製造するには単位水量を正確に計量することが重要である。そのため



Photo 1 単位水量測定装置の外観
Measurement Device of Unit Water Content

には, 骨材に含まれる表面水の量を正確に把握し, その結果をリアルタイムに現場配合へ反映させる必要がある。

本章では, これらコンクリートの単位水量管理に関する技術として, 高精度エアメータによるフレッシュコンクリートの単位水量測定法, および水浸式骨材計量システムによる水量管理技術について概説する。

3.1 高精度エアメータによるフレッシュコンクリートの単位水量測定法^{2), 3)}

フレッシュコンクリートの単位水量の測定方法として, 10種類程度の方法が実用化されている。

具体的には, コンクリートに用いる各材料の配合比をもとに質量や容積の差を利用して水量を算定する方法, コンクリート中の水を蒸発させて測定する方法, コンクリートに試薬を添加し, 水溶液の濃度変化をもとに水量を算定す

る方法、および中性子線、静電容量など水量の多少と関連がある評価指標をもとに間接的に水量を算定する方法、などがある。

これらの方法は、対象試料の種類や量、測定時間、精度などが異なるため、それぞれの方法の特徴を十分に理解して使用する必要がある。

高精度エアメータを用いた単位水量の測定方法（以下、エアメータ法と呼称）は、コンクリートの空気量測定と併行して単位水量を測定する方法である。測定に要する時間は約5分と短く、約±5kg/m³の精度で単位水量を測定できる。官庁工事を対象に約25%のシェアがある⁴⁾。

エアメータ法では、コンクリートの単位容積質量の設定値と実測値の差を利用して単位水量を求める。コンクリートの各材料の計量値が、設定値（示方配合に示される値）と異なる場合、単位容積質量が変化する。ただし、単位容積質量は空気量の多少によっても変化するの、高精度エアメータを用いて空気量を測定し、その影響を補正して単位水量を算定する。これにより、一般には「エアメータ法」と称されている。

単位水量測定装置の構成をPhoto 1に示す。この装置は、高精度エアメータ、台はかりおよび空気量と単位容積質量を演算する演算ユニットから構成されている。

測定データは、演算ユニットに送信され、ディスプレイに表示される。高精度エアメータは、最小分解能が0.1kPaの圧力計を内蔵しており、理論上は±0.05%の精度で空気量を測定できる。

各材料を正確に計量して練り混ぜた2種類のコンクリートを対象に、この装置を用いた場合の単位水量の測定精度について実験的に検証した。コンクリートの配合をTable 2、単位水量の測定結果をFig. 1に示す。

単位水量の平均値は、いずれのコンクリートの場合も計画値とほぼ一致している。これらの測定値は、装置の器械誤差やコンクリート試料のサンプリング誤差も含んでいるが、高い精度で単位水量を測定できることがわかる。

以上のように、エアメータ法は、空気量試験に併行して迅速に単位水量を測定できる実用的な方法であり、品質確保の観点からは、荷卸し検査時の単位水量の標準的な測定方法としての適用が推奨される。

3.2 水浸式骨材計量による正確な水量管理技術

コンクリートの配合設計において、骨材の単位量は表面乾燥飽水状態として取り扱われる。しかし、実際の製造では、骨材は湿潤状態のまま計量し、骨材に含まれる表面水の量を練混ぜ水の計量値から差し引いて計量する方法が用いられている。

この骨材の表面水は、貯蔵ビンに積み上げられた上下で異なったり、供給のロット毎に変動したりする。そこで、この骨材の表面水が変化しても水と骨材を正確に計量できる方法として、「水浸式骨材計量システム」を開発した^{5)~7)}。この水浸式骨材計量システムの基本原理および現場プラントへの適用事例について以下に紹介する。

Table 2 コンクリートの示方配合
Mix Proportion of Concrete

種類	W/C (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)						設定単位容積質量 (kg/m ³)	
			W	C	LS	S	G	WR		SP
普通	55.0	43.0	187	340	-	747	1000	0.85	-	2279
高流動	33.0	47.0	175	530	50	726	836	-	5.51	2324

*LS:石灰石微粉末, WR:AE減水剤(標準型), SP:高性能AE減水剤

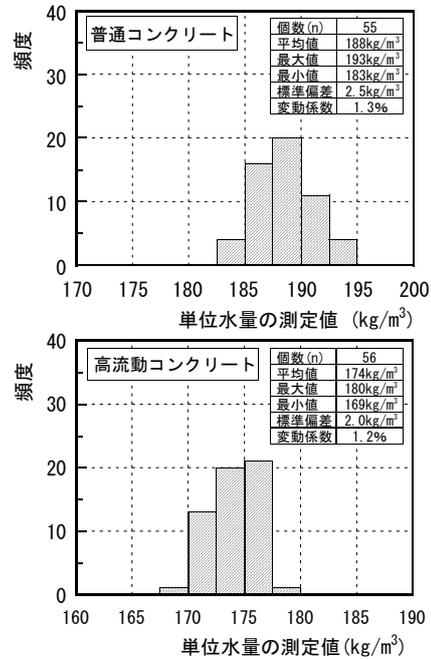


Fig. 1 単位水量の測定結果
Measurement Results of Unit Water Content

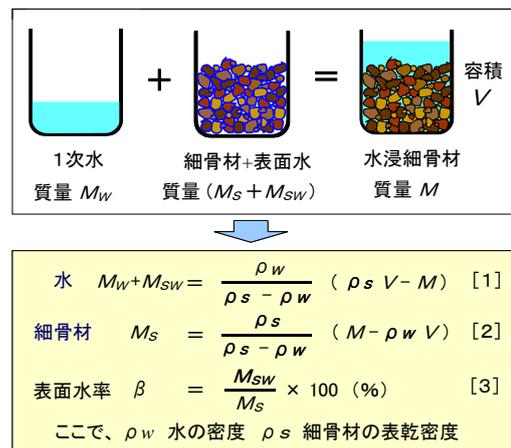


Fig. 2 水浸式骨材計量の概念と算定式
Concept of Immersion Batching of Fine Aggregate

水浸式骨材計量は、骨材を完全に水に浸して飽和含水状態で容積と質量を計量し、両者の密度差を利用してそれぞれの質量を算出する方法である。JIS A 1111「細骨材の表面水率試験方法」と同じ原理にもとづくもので、併せて骨材の表面水率を算出できる。水浸式計量を細骨材に適用した場合の概念と算定式をFig. 2に示す。

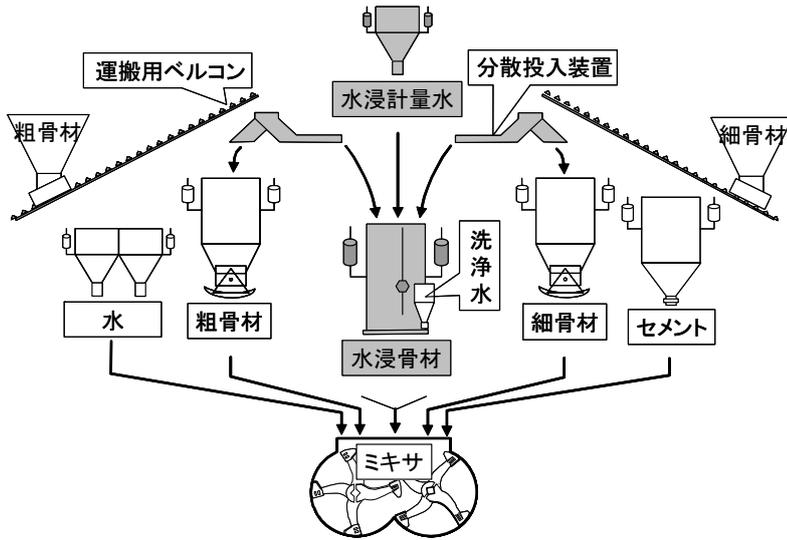


Fig.3 トンネル吹付けコンクリート用水浸式骨材計量設備
Immersion Batching System for Shotcrete
on Tunnel Site

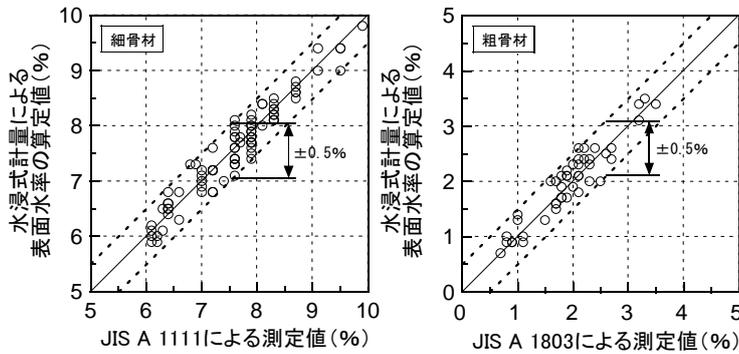


Fig.4 骨材の表面水率算定結果
Measuring Results of Surface Moisture of Aggregate

水浸式骨材計量システムは、これまでに2件のダム工事および3件の山岳トンネル工事の現場バッチャープラントに適用している。これらのうち、本報では山岳トンネルの吹付けコンクリートの製造プラントへの適用事例を紹介する⁸⁾。

実機プラントの各種計量設備の構成をFig.3に示す。水浸計量する骨材は、貯蔵ビンから骨材をベルトコンベアで引き出し計量器に投入する途中で分取装置によりサンプリングし、振動フィーダを介して水浸計量器に投入する。水浸計量器は、細骨材と粗骨材の兼用である。

水浸用計量水を投入後、細骨材、粗骨材の順に投入し、水と骨材の混合物の質量と体積を累加で計量する。なお、水浸計量器以外は、一般的な吹付けコンクリート用の製造設備である。

水浸計量により算定した表面水率の結果をFig.4に示す。細骨材の表面水率は約6~10%、粗骨材の場合には約0.5~3%の範囲を推移しているが、水浸式計量による算定値とJISによる測定値の相違は±0.5%以内であった。

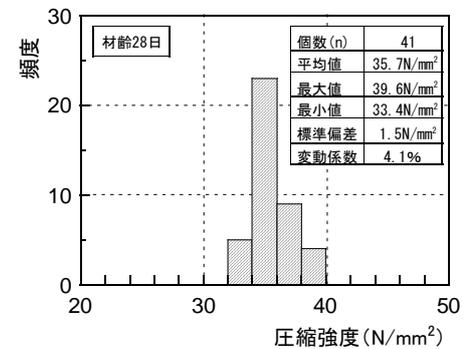
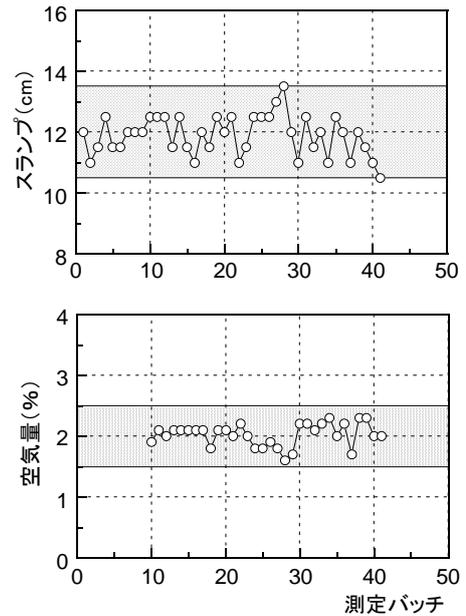


Fig.5 水浸式骨材計量システムを用いて製造したコンクリートの品質
Quality of Concrete produced by Immersion Batching System

本装置における水浸用骨材の量は細骨材、粗骨材ともにそれぞれ25kgで、計量する全骨材の3%程度であるが、貯蔵ビンから骨材をベルトコンベア上に薄層に引き出し、さらに計量器に投入する段階で縮分することで、少量でも代表的な試料をサンプリングできることが示されている。

水浸式計量を適用して製造したベースコンクリートの品質試験結果の一例をFig.5に示す。

コンクリートのスランプは目標値12cmに対して±1.5cm、空気量は目標値2%に対して±0.5%の変動であった。

また、圧縮強度も変動係数は4%程度とばらつきが小さい。圧縮強度の変動係数は通常10%程度であるが、細骨材および粗骨材の一部を水浸式で計量し、表面水量をバッチ毎に補正することにより、品質の安定化が図られている。

このシステムは、コンクリートの品質を左右する重要な要因である水量を正確に計量できるシステムであり、今後もダムやトンネル工事などの現場プラントで製造する際のコンクリートの品質安定化技術として、実用展開を図る予定である。

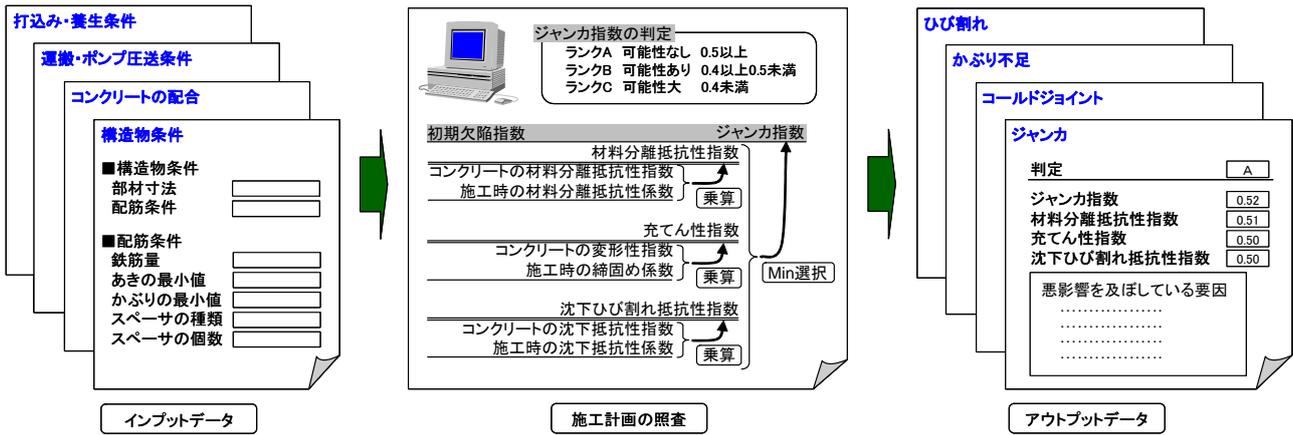


Fig. 6 コンクリート工事の施工計画照査システムのフロー
Flow Diagram of Evaluation for Concrete Construction Planning

4. コンクリート工事の施工計画照査システム

(社)日本土木工業協会の調査によれば、コンクリートの打込みにおける初期欠陥のうち、ジャンカ、コールドジョイント、かぶり不足、およびひび割れが全体の約65%を占めている⁹⁾。

これらの初期欠陥は、適切な措置を講じれば直ちに構造物の機能性の低下に結びつくものではないが、補修による経済的な損失だけでなく、施工そのものに対する信頼性を低下させる憂慮すべき問題である。

これらの初期欠陥が生じる要因として、耐震対策で鉄筋や鋼材が密に配置され充てんが難しくなっていること、大量のコンクリートを急速に打ち込むなど従来の施工実績より厳しい条件で施工する機会が増えていること、さらに現場技術者の経験不足による施工管理能力が不足していること、などが考えられる。

初期欠陥の発生要因としては、直接的にはコンクリート打込み時の突発的な事故や機械類の故障が挙げられるが、間接的には適切でない施工方法で実施した場合や、事前に想定されるリスクに関する対策が不十分な場合、など施工計画の段階で既に初期欠陥の発生要因が内在していることも多い。

昔から「段取り八分」といわれるように、施工がうまくいくかどうかは計画の良否にかかっている。初期欠陥を未然に防ぐには、規準類に従って施工計画を立案するだけでなく、その計画を体系的に照査する必要がある。

そこで、長年の実績に培われた経験則にもとづく施工のノウハウを集積し、施工計画から初期欠陥の発生危険度を予測し、その予測結果にもとづいて計画を修正できる「施工ナビゲーションシステム」(以下、施工ナビと呼称する)を開発した¹⁰⁾。本章では、施工ナビの概要とこれを用いた施工計画の照査事例について以下に示す。

4.1 施工ナビゲーションシステムの概要

施工ナビは、施工計画時の各種施工項目の入力値をもとに初期欠陥の発生危険度を予測し、その施工計画の良否を照査するシステムである。

初期欠陥として、ジャンカ、コールドジョイント、かぶり不足およびひび割れを照査する。

施工ナビによる施工計画の照査フローをFig. 6に示す。

入力データとして、構造物の条件、コンクリートの配合、運搬、ポンプ圧送、打込みおよび養生の諸条件を入力する。これらのデータをもとに初期欠陥の発生危険度をA～Cの3段階で評価する。

A判定は初期欠陥が生じる可能性がほとんどない場合、B判定は初期欠陥の可能性があり、計画を見直すことが望ましい場合、C判定は既往の実績によれば初期欠陥が生じる可能性が大きい場合である。

初期欠陥は、通常は単独の要因ではなく、様々な施工要因が複合的に作用して発生する場合が多い。そこで、本システムでは、入力データを相互に関連付け、初期欠陥の発生危険度を照査している。

例えば、ジャンカが発生する原因として、1)材料分離により特定の箇所粗骨材だけが集積する場合、2)締固めが十分でない場合、および3)ブリーディングなどによりコンクリートが沈降し、セパレータや鉄筋の下端に空隙が生じる場合、などが考えられる。

そのため、これらの発生要因別に、1)材料分離抵抗性指数、2)充てん性指数、および3)沈下ひび割れ抵抗性指数を算定し、これらの指数をもとにして、最終的にジャンカの発生危険度を評価している。

4.2 システムによる施工計画の照査事例

壁状構造物にコンクリートを打ち込んだ場合に、ジャンカの発生について照査した事例を示す。

コンクリートの打設計画の概要をTable 3に示す。また、コンクリート施工の概要図をFig. 7に示す。厚さ0.8m、高さ6mの壁を、ポンプ車1台で打ち込み、棒状バイブレータ2台により締め固める計画とした。

ケース1は、土木学会のコンクリート標準示方書施工編の施工標準に示されている標準的な施工方法を想定した場合である。このケース1を基準として、コンクリートの自由落下高さを大きくした場合(ケース2)、打込み速度を大きくした場合(ケース3)、およびスランブを大きくした場合(ケース4)の計4ケースについて照査した。

ジャンカ発生危険度の判定結果をTable 4に示す。ケース1はA判定で、示方書に示されている標準的な施工方法を遵守すればジャンカが発生する可能性は小さい。一方、自由落下高さを大きくしたケース2はB判定で、材料分離抵抗性指数が小さく、鉄筋やセパレータにコンクリートが衝突し材料分離が生じる危険性が大きい。打込み速度を3倍に増大させたケース3は、充てん性指数が小さく、コンクリートの締固めが不足する懸念がある。ケース4は、充てん性指数はケース3より大きい、材料分離抵抗性指数が小さく、スランブを大きくすることで材料分離が生じやすくなることが反映されている。

また、打込み速度を増大させたケース3および4では、沈下ひび割れ抵抗性指数が0.4以下で、ブリーディングによる沈降ひび割れが生じやすいことが評価されている。

以上のように、ジャンカは、材料分離や変形性の低下など、施工方法により様々な発生要因が考えられるが、本システムによればこれらの影響を適切に評価できると考えられる。先人の経験に裏打ちされた確実な施工を実現できるよう、施工計画のチェックや若年技術者の施工管理の教育ツールとして、引き続き活用していく予定である。

5. 温度ひび割れの簡易評価システム

土木構造物は、大半がマスコンクリート構造物であり、施工時にセメントの水和熱に起因した温度ひび割れの発生が懸念される場合が多い。

最近では、構造物の耐久性を確保する観点から、施工前にはもとより入札の技術提案時にも温度ひび割れ発生について検討する事例が増加している。

一般に、温度ひび割れの発生に対する照査は、CP法や有限要素法にもとづく温度応力解析により行う。これらの解析は、経時的なコンクリートの力学的特性の変化を考慮することができ、ひび割れの発生を精度良く予測できる。一方で、これらの温度応力解析は、1)専用ソフトによる解析モデルの作成と施工条件の入力、2)高性能コンピュータによる解析、3)解析結果の逐次整理、などの作業に専門的な知識と時間を要し、解析費用も多くなる。

そこで、温度応力解析によらずに温度ひび割れの発生を簡便に照査できる「温度ひび割れ簡易評価システム」(以下、本システムと呼称する)を開発した¹¹⁾。

本章では、本システムの概要について示す。

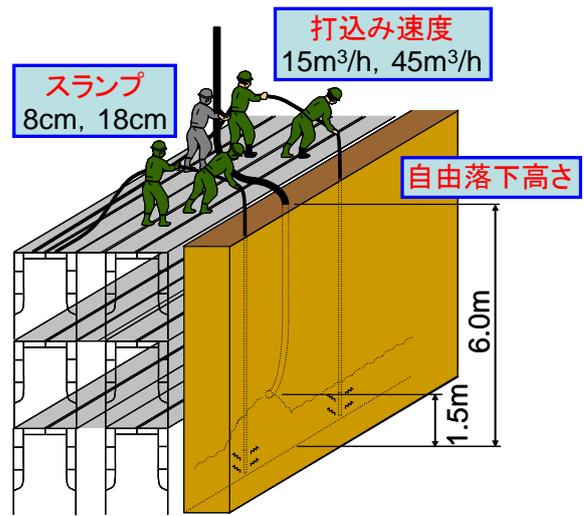


Fig.7 コンクリートの打込みのイメージ図
Image of Concrete Placing for Wall

Table 3 コンクリートの打設計画の概要
Summary of Concrete Construction Plan

構造物条件	部材の種類	壁状構造物
	部材寸法	厚さ0.8m×長さ30m×高さ6m
	鉄筋量 (kg/m ³)	200
	鉄筋の最小あき (cm)	10
コンクリートの配合	呼び強度 (N/mm ²)	24
	水セメント比 (%)	52.0
	単位水量 (kg/m ³)	160
	単位セメント量 (kg/m ³)	308
環境条件	打込み時期	夏期
ポンプ圧送	ポンプ車の台数 (台)	1
	圧送方法	ブーム+フレキシブルホース
	配管径 (inch)	5
打込み条件	バイブレータ本数 (本)	2
	打込み要員 (人)	4
	打込み量 (m ³)	144

Table 4 各施工ケースとジャンカ発生危険度
Judgments of Honey-Comb Risk on each Construction case

施工ケース		ケース1	ケース2	ケース3	ケース4
施工配合条件	自由落下高さ(m)	1.5	6.0	1.5	
	打込み速度(m ³ /h)		15		45
	スランブ(cm)		8		18
照査結果	材料分離抵抗性指数	0.52	0.48	0.52	0.42
	充てん性指数	0.51	0.51	0.48	0.52
	沈下ひび割れ抵抗性指数	0.50	0.50	0.38	0.37
	ジャンカ指数	0.50	0.48	0.38	0.37
ジャンカ発生危険度の判定		A	B	C	C

5.1 温度ひび割れ発生の評価手法の概要

本システムは、Fig. 8に示すように、下端を底版で拘束された壁状構造物を対象としたひび割れを評価できる。

検討手順は次の通りである。まず、打込みに伴うコンクリート部材の温度変化(温度降下量)を算定する。この場合の温度変化は、セメントの種類や単位セメント量、部材厚さおよび養生条件などの影響についても考慮している。

算出された温度変化量をもとにひずみおよび発生応力を求め、ひび割れ指数を算出する。ひび割れ指数は、コンクリートに発生する引張応力に対する引張強度の比で、この値が小さいほどひび割れが発生しやすい。なお、このひび割れ指数の算定には、底版のコンクリートや地盤による拘束の大小や部材厚さ、セメントの水和反応による体積変化(自己収縮ひずみ)の影響についても考慮している。

5.2 温度ひび割れ簡易評価システムの概要

本システムの画面構成をFig. 9に示す。画面左側が入力画面で、1)壁部材の寸法、2)養生方法、3)施工場所・時期などの環境条件、4)コンクリートの配合条件、および5)地盤条件を入力する。画面右側が温度ひび割れの照査結果で、温度降下量やひび割れ指数が表示される。

様々な形状の壁部材を対象に、本システムに基づいて算定した最小ひび割れ指数と温度応力解析(CP法)による最小ひび割れ指数の解析値とを比較した。その結果、両者の差は±0.1以内で、温度ひび割れの発生を精度良く予測できる結果が示されている(Fig.10参照)。

本システムによれば、専門的な知識がなくても簡便に温

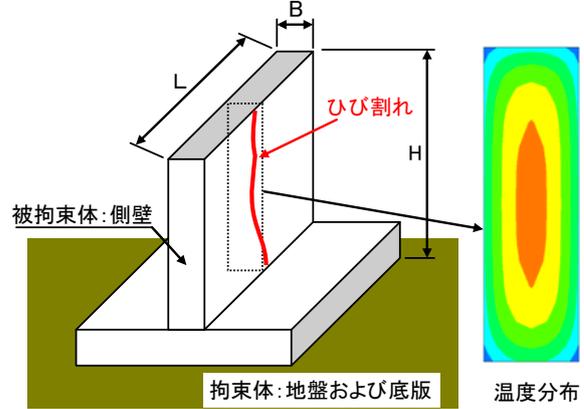


Fig. 8 簡易評価システムの対象構造物の概要
The Outline of object Structure for the Brief Assessment System

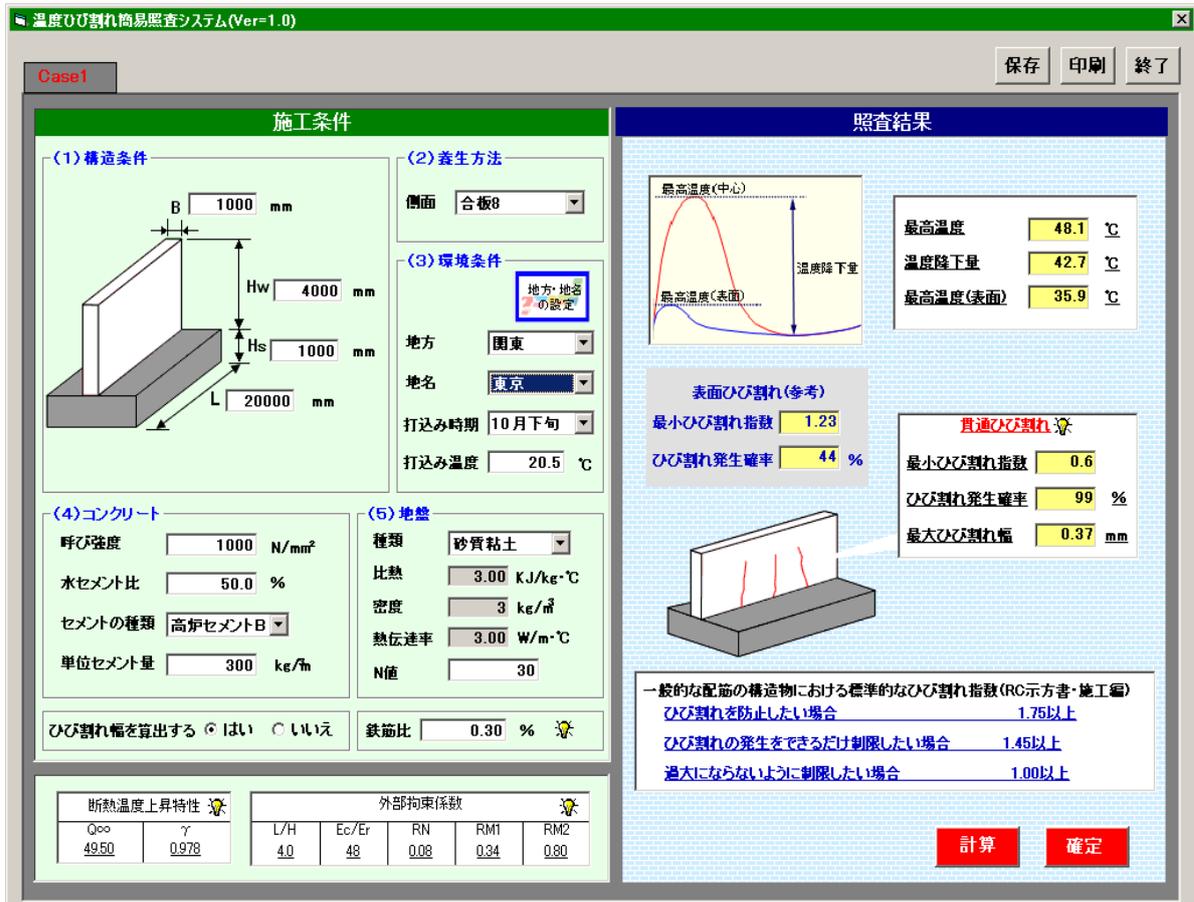


Fig. 9 温度ひび割れ簡易評価システム
Display Organization of the Brief Assessment System of Thermal Crack

度ひび割れの発生を評価できるため、現場における温度ひび割れの概略検討ツールとして活用し、より詳細な検討が必要と判断される場合には有限要素法による温度応力解析を行うことで効率的に温度ひび割れを照査できると考えられる。

6. おわりに

性能照査を前提とした構造物の施工では、施工者の裁量により施工の自由度が高まる反面、構造物の品質に対する施工側の責任も大きくなり、品質の確保が技術の要になると考えられる。今後とも引き続き、現場からのニーズを踏まえ、コンクリート構造物の品質保証を見据えた技術開発に取り組んでいきたいと考えている。

参考文献

- 1) 大林組技術研究所報総目次, No.1 ~No.60
- 2) 中村博之, 十河茂幸: エアメータを利用したフレッシュコンクリートの単位水量推定方法, 大林組技術研究所報, No.63, pp.13-18, 2001.7
- 3) 近松竜一ほか: エアメータを利用したフレッシュコンクリートの単位水量推定方法(その2) - 単位水量迅速測定装置の開発と算定精度の検証 -, 大林組技術研究所報, No.65, pp.27-32, 2002.7
- 4) 吉兼亨, 鈴木一雄, 辻本一志: 生コンクリート工場における単位水量管理の実態, コンクリート工学, Vol.42, No.12, pp.9-14, 2004.12
- 5) 近松竜一, 十河茂幸: 高信頼性コンクリート製造システムの開発(その1) - 水浸方式による細骨材の新計量方法の提案 -, 大林組技術研究所報, No.61, pp.57-64, 2000.7
- 6) 近松竜一, 十河茂幸: 高信頼性コンクリート製造システムの開発(その2) - 水浸細骨材計量方式を用いたコンクリート製造システムの実用化検証 -, 大林組技術研究所報, No.63, pp.19-26, 2001.7
- 7) 近松竜一, 十河茂幸: 高信頼性コンクリート製造システムの開発(その3) - ダム用パッチャープラントにおける品質安定性の検証 -, 大林組技術研究所報, No.67, 2003.1
- 8) 近松竜一, 入矢桂史郎, 十河茂幸: 水浸式計量を用いたトンネル吹付け用ベースコンクリート製造システムの開発, コンクリート工学年次論文集, Vol.28, No.1, pp.1307-1312, 2006.7
- 9) 社団法人 日本土木工業協会: コンクリートの充てん不良防止のための施策, p.2-3, 2008.2
- 10) 近松竜一ほか: コンクリート工場の施工ナビゲーションシステムの開発 - 初期欠陥発生危険度を用いたコンクリート施工計画の照査 -, 大林組技術研究所報, No.69, 2005.12
- 11) 石田知子, 近松竜一, 入矢桂史郎: 壁状構造物における温度ひび割れの簡易評価手法の提案, 大林組技術研究所報, No.71, 2007.12

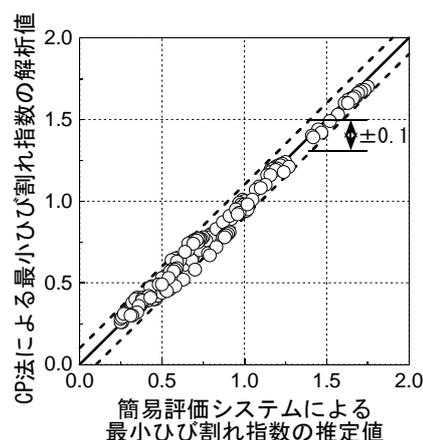


Fig. 10 最小ひび割れ指数の推定値と解析値との比較
Comparison between Presumption Value and Analytical Value of Minimum Crack Index