

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 20 日現在

機関番号：55503

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24360173

研究課題名(和文) データベースを活用したコンクリート構造物のひび割れ抑制システムの高度化と展開

研究課題名(英文) The enhancement and deployment of a concrete structure of a crack control system utilized the database

研究代表者

田村 隆弘 (Tamura, Takahiro)

徳山工業高等専門学校・土木建築工学科・教授

研究者番号：60171899

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：コンクリート構造物の耐久性向上を目的として、コンクリート構造物の初期品質を確保する仕組みを構築した。コンクリートの初期ひび割れを抑制するための研究は、温度ひび割れや乾燥収縮ひび割れを対象として行った。温度ひび割れについては、実構造物におけるコンクリート工事記録のデータベースや温度応力解析によって予測する手法の確立を図った。一方で、コンクリート表層品質の評価技術に関する研究も行った。本研究で開発した技術は、東日本大震災で被災した構造物の復興のために活用するに至っている。

研究成果の概要(英文)：The method of securing the initial quality of a concrete structure for the purpose of reservation of the durability of a concrete structure was established. The research for control the initial crack of concrete was carried out for the temperature crack and the drying shrinkage crack. Prediction of occurrence of the temperature crack was established using the temperature stress analysis and the database of concrete construction record in a real structure. The technology developed by this research is utilized for revival of concrete structure which was destroyed by the East Japan great earthquake.

研究分野：工学

キーワード：コンクリート ひび割れ ひび割れ対策 温度応力解析 データベース 耐久性 維持管理 乾燥収縮

### 1. 研究開始当初の背景

災害の多い我が国において、欧州に見られるような数世紀に渡る歴史的な文化活動や豊かな市民生活を支える社会基盤を築くには、構造物の「耐久性確保」は、「耐荷力確保」と同等に扱うべき重要な課題である。勿論、我が国のコンクリート工学の発展に伴い「耐久性」に関する研究も進み、中性化や塩害による劣化予測の解析的研究やコンクリートの収縮によるひび割れ問題に対する対策技術も進んでいる。また、そうした取り組みの成果が土木学会コンクリート示方書や日本建築学会の指針に盛り込まれたりもする。しかしながら、構造物の建設現場では、今なお有害なひび割れへの対応やその対策技術の選定に苦慮している。その理由としては、数値解析技術が全ての状況を精度良く表現できる状況ではないこと、開発された対策技術の効果が正確に把握できていないことなどが挙げられる。

研究代表者は、山口県において新設構造物で発生する「有害ひび割れ」に苦慮している現場に出会い、この問題を解決する方法として、実構造物のコンクリート工事に関する情報をデータベースとして整理し、それらの情報に基づいて構造物の初期品質を確保する仕組み「ひび割れ抑制対策システム」を、県と共同で開発した。この仕組みの導入により山口県の工事では設計者、施工者、そして発注者が協力して、有害なひび割れの発生を低減することに成功している。また、共同研究者には、養生方法とコンクリートの品質に着目した研究を行う者や、コンクリート構造物の表層品質と耐久性に着目し、その実用的な評価方法についての研究を進める者が含まれる。その他にも、学会においてマスコンクリートの温度応力解析ソフトの開発や、ひび割れ発生確率のマッピングを行う解析ソフトの開発など、構造物の初期品質の予測に関連する解析ソフトの精度向上に取り組んでいる者もいる。

本研究は、そうした耐久性に関心をもつ研究者が、連携してコンクリート構造物の初期品質を確保するために、施工記録や検査記録などの情報をデータベース化し、活用する仕組みの構築を目指した。

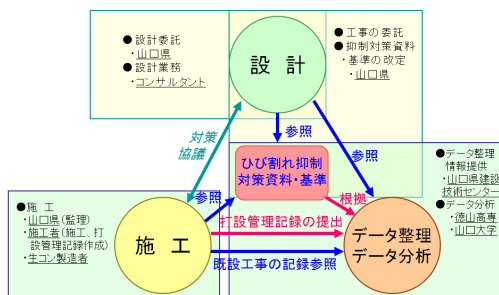


図1 山口県のひび割れ抑制システムの構成イメージ

### 2. 研究の目的

コンクリート構造物の初期品質を向上するためには、現場情報に基づいた研究開発と施工者、発注者、研究者の連携が重要である。本研究は、過去の(工事記録の)実績を整理したデータベースを活用した学術的な研究により、コンクリート構造物の初期品質を確保する仕組み(システム)を構築する。既に山口県では、過去のコンクリート打設管理記録を整理したデータベースや学術的な研究を基に、構造物の初期品質を確保するための仕組みを構築し成果を得ている。本研究では、全国各地から集まった研究者が、得意とする分野でこうしたデータベースシステムの高度化のための研究を行い、高度化したシステムの普及に向けた取り組み(システムのプロトタイプの開発)を行うことで、構造物の初期品質が向上し、長寿命化がより進むことを目指した。

### 3. 研究の方法

「打設管理記録のデータベースを活用した構造物の品質確保の仕組みを構築し、全国に普及させる」といった研究目標を達成するために、3年間の研究期間の内、最初の2年間は「データベースシステムの高度化」に取り組み、2年目の後半から3年目には、全国へ展開するためのこのシステムのプロトタイプの開発に取り組んだ。具体的には、このデータベースを分析して作り上げる「ひび割れ抑制対策資料」はこの仕組みの大黒柱であることから、平成24年と平成25年は、この資料の高度化を進める取り組みとして、以下に示す(1)~(6)の研究を行った。大別して、実構造物や施工の実態分析、室内検証実験、そして数値解析がある。最終年度である平成26年には、このシステムのプロトタイプを構築し、全国各地でこの仕組みの普及を試みた。  
<研究テーマ>

- (1) 蓄積した工事記録情報の分析によるひび割れ抑制対策資料の高度化
- (2) 大型試験体を用いた収縮試験による各種ひび割れ抑制対策の効果の検証
- (3) ひび割れ幅の簡易算定式の誘導
- (4) コンクリート表層品質の評価方法に関する研究
- (5) 初期品質に対する養生効果の再評価
- (6) 有限要素法によるひび割れ及びひび割れ幅の予測手法の精度向上に向けた研究
- (7) 維持管理データベースを活用した構造物の耐久性向上に関する研究

### 4. 研究成果

以下、研究テーマごとに研究成果の概要を報告する。最終的には、コンクリート構造物の耐久性向上を目的として、コンクリート構造物の初期品質を確保する仕組みを構築し、各地でその普及活動を行った。

(1) 蓄積した工事記録情報の分析によるひび割れ抑制対策資料の高度化

コンクリート構造物の初期欠陥の代表とされるコンクリートの初期ひび割れを抑制するための研究は、温度ひび割れや乾燥収縮ひび割れを対象として行った。特に温度ひび割れについては、主に山口県の実構造物におけるコンクリート工事記録のデータベースや温度応力解析によって予測する手法の確立を図った。雑誌論文、 、 、 参照

(2) 大型試験体を用いた収縮試験による各種ひび割れ抑制対策の効果の検証

乾燥収縮ひび割れについては、大型乾燥収縮ひび割れ試験装置を開発し、実構造物に近い状態での乾燥収縮ひび割れを再現して、ひび割れ幅やひび割れ間隔を調査することで実験式の誘導を試みた。雑誌論文 参照



写真1 大型供試体を用いた乾燥収縮試験

(3) ひび割れ幅の簡易算定式の誘導

現在、ひび割れ幅の予測は簡易な予測式が無い場合、数値解析に依るところが大きい。本研究では、コンクリート工事記録のデータベースを活用して、簡易にひび割れ幅を予測する手法の開発を試みた。結果的にある程度の精度で算出できるものの、データの数が少ないため、現段階では精度にばらつきが生じた。雑誌論文 参照

(4) コンクリート表層品質の評価方法に関する研究

コンクリート表層品質の評価技術に関する研究では、細田らが開発した表面吸水試験装置によってコンクリート構造物の表層品質を評価した。また、埋込みセンサーを用いたコンクリートの表面吸水試験における水分移動の分析も行い、耐久性に寄与するコンクリート表層の性能について解析した。

また、細田らが開発した目視評価法によるコンクリート構造物の表層品質の評価法も本研究で確立するに至った。雑誌論文、 、 、 参照



写真2 表面吸水試験装置

(5) 初期品質に対する養生効果の再評価

凍結融解作用と凍結防止剤の影響を同時に受ける実構造物に表面含浸材を適用し、その効果を検証するためのモニタリングを行った。また、青森県内で過去4年以内に建設されたコンクリート構造物を対象に表層品質を評価した。学会発表、 参照

(6) 有限要素法によるひび割れ及びひび割れ幅の予測手法の精度向上に向けた研究

温度応力解析では、ひび割れ予測の精度向上を中心に、3次元ひび割れ解析ソフトの精度向上や効率的な逆解析手法の提案、物性値・環境条件データベースの整備などを行った。また、アメダス等の気象観測データを統計処理することにより、精度の良い外気温や外気湿度の設定方法について提案を行った。また、現場で簡易に活用できるひび割れ解析手法として、従来の簡易計算法であるCP法の機能向上や精度向上を図るとともに、数値計算によらない新たな簡易計算手法として、知識情報処理技術(Neural Network等)を活用したひび割れ予測手法の開発を行った。雑誌論文、 、 学会発表 参照

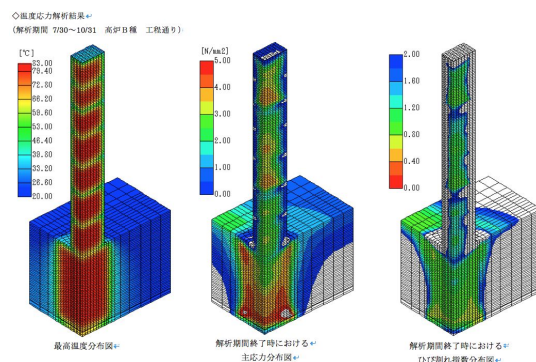


図2 温度応力解析の例

(7) 維持管理データベースを活用した構造物の耐久性向上に関する研究

維持管理におけるデータベースの活用に関する研究では、東北地方および福島県内の橋梁点検データと震災緊急点検データを分析し、耐震性と耐久性の相互評価を行うとともに、山形県温海地区において架替え後 15

年が経過した暮坪橋の健全度評価を行い、測定結果をデータベース化した。雑誌論文、学会発表、参照

さらに、コンクリート構造物の初期品質を確保するための研究として、建設マネジメントや人材育成の観点からも研究を行った。雑誌論文、図書参照

本研究の最終目標であるひび割れ抑制システムの全国展開については、中国5県において講習会を実施し、また、群馬県への展開に関する検討と実践を行った。さらに、ひび割れ抑制対策として、膨張材使用における簡易性能評価手法の検討も行っている。学会発表、参照

現在では、本研究で開発した技術は東日本大震災で被災した構造物の復興のために活用するに至っている。横浜国大の細田は、東北復興道路におけるコンクリート構造物の品質確保を実践し、新設構造物の品質確保のために、目視評価法と施工状況把握チェックシートを活用するシステムを始動した。また、田老第六トンネルにおいて、目視評価法、表面吸水試験などを用いて品質を検証した。

本研究に関連して、日本コンクリート工学会(JCI)や土木学会(JSCE)でもその意義が認められ、JCIでは、平成23年から平成24年まで「データベースを核としたコンクリート構造物の品質確保に関する研究委員会(委員長:田村隆弘)」が組織され、また、「打設管理記録に基づくコンクリート構造物の品質確保に関する研究委員会(委員長:田村隆弘)」がJCI中国支部に組織され、成果をまとめた。また、JSCEでも、コンクリート委員会3種委員会においても平成26年から平成27年にわたって「コンクリート構造物の品質確保に関する研究小委員会(委員長:田村隆弘)」が組織され、現在、青森から沖縄まで71名の研究者が参加して、熱心に研究を行っている。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計20件)

上田洋、飯土井剛、子田康弘、佐伯竜彦、岩城一郎、鈴木基行、厳しい塩害環境において架替え後15年が経過したPC道路橋の詳細調査および今後の維持管理に関する提案、土木学会論文集、2015、印刷中

細田 暁、復興道路での品質確保と人材育成、コンクリート工学、Vol.53, Vol.1、2015、66,70

細田暁、二宮純、田村隆弘、林和彦、ひび割れ抑制システムによるコンクリート構造物のひび割れ低減と表層品質の向上、土木学会論文集 E2(材料・コンクリート構造)、

Vol.70、2014、336、355

Toshiharu Nakatani and Takahiro Tamura、ANALYTICAL STUDY ON THERMAL CRACK WITH CONCRETE STRUCTURE、The 6th International Conference of Asian Concrete Federation、Vol.1、2014、CD-ROM

田村隆弘、林 宏次朗、中谷俊晴、マスコンクリートの鉄筋によるひび割れ幅の抑制に関する研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.36、2014、1486、1491

田村隆弘、データベースを核としたコンクリート構造物の品質確保に関する研究委員会報告、コンクリート工学、Vol.52, No.4、2014、316、320

田村隆弘、細田 暁、二宮 純、中村秀明、コンクリート構造物の品質確保のためのデータベースの活用、コンクリート工学、Vol.52, No.4、2014、309、315

林 和彦、Usman AKMAL、細田 暁、埋込みセンサーを用いたコンクリートの表面吸水試験における水分移動の分析、コンクリート工学年次論文集、35, Vol.1、2013、1789-1794

細田 暁、坂田 昇、田村隆弘、二宮 純、目視評価を活用した山口県のひび割れ抑制システムによる表層品質向上の分析、コンクリート工学年次論文集、35, Vol.1、2013、1837-1842

細田 暁、目視評価法を活用したコンクリート構造物の品質向上マネジメント、建設物価、1143、2913、10-15

中村秀明、中村明彦、河村 圭、マスコンクリートの温度応力解析のための外気温モデルの精度向上に関する研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.35, No.1、2013、1273-1278

Takahiro Tamura、Research on practical use of a construction database for preventing cracks in a concrete structure、The Third International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies; SMTCC3、Vol.1、2013、CD-ROM

Takahiro Tamura、Study on the Construction Database for Preventing the Cracking of Concrete Structure、New Developments in Structural Engineering and Construction ISEC-7、Vol.1、2013、361-366

栗原勇典、半井健一郎、軽量型枠法を用いた膨張コンクリートの性能評価における自

己収縮の影響、コンクリート工学年次論文集、34(1)、2012、1906-1911

佐藤陽貴、月永洋一、阿波 稔、迫井裕樹、権代由範、非破壊試験によるコンクリート表層部脆弱層の評価に関する研究、シンポジウム：コンクリート構造物の非破壊検査論文集、Vol.4、2012、441-446

細田 暁、田村隆弘、二宮 純、山口県のひび割れ抑制システムによる各プレイヤーの技術力の向上、土木技術、67巻10号、2012、33-38

林 和彦、細田 暁、表面吸水試験によるコンクリート構造物の表層品質の評価方法に関する基礎的研究、土木学会論文集 E2、69巻1号、2013、82-97

大野又稔、細田 暁、山口県の実構造物のデータベースの温度応力解析による分析、コンクリート工学年次論文集、34巻1号、2012、1288-1293

稲津貴和子、田村隆弘、林 宏次郎、大型供試体を用いた一軸拘束試験による収縮ひび割れに関する基礎的研究、コンクリート工学年次論文集、Vol.34、2012、496-501

田村隆弘 土木構造物の品質確保と性能維持のための IT 活用、コンクリート工学、Vol.9、2012、496-501

〔学会発表〕(計11件)

中谷俊晴、田村隆弘、コンクリート構造物における温度ひび割れの解析的研究、(第66回)土木学会中国支部研究発表会、2014年05月31日、松江工業高等専門学校(島根県、松江市)

白石和稔、松木洋、子田康弘、岩城一郎、地盤条件が東北地方太平洋沖地震による福島県内の橋梁被害に及ぼす影響評価、平成25年度土木学会東北支部技術研究発表会、2014年03月08日、八戸工業大学(青森県、八戸市)

市川達朗、阿波稔、実構造物における目視評価と透気係数に関する一考察、平成25年度土木学会東北支部技術研究発表会、2014年03月08日、八戸工業大学(青森県、八戸市)

畑山佳祐、阿波稔、けい酸塩系表面含浸材によるコンクリートの養生効果、平成25年度土木学会東北支部技術研究発表会、2014年03月08日、八戸工業大学(青森県、八戸市)

市川達朗、阿波稔、建造後80年を経過した実橋梁の耐久性調査、平成25年度土木学会

全国大会、2013年09月06日、日本大学(千葉県、習志野市)

猪股宣紀・渡辺浩平・市川達朗・迫井裕樹  
阿波 稔、表面改質剤を用いたコンクリートの物質移動抵抗性とスケーリング抵抗性、平成24年度土木学会東北支部技術研究発表会、2013/3/9、東北大学(宮城県、仙台市)

川端拓馬・渡辺浩平・迫井裕樹・阿波 稔、部材厚の違いがコンクリートの表層品質に及ぼす影響、平成24年度土木学会東北支部技術研究発表会、2013/3/9、東北大学(宮城県、仙台市)

半井健一郎、コンクリートの収縮が構造物の性能に及ぼす影響、土木学会関東支部群馬会第5回コンクリート研究会、2012/11/29、(群馬県、前橋市)

半井健一郎、山口県におけるコンクリート構造物の品質確保指針2012制定、土木学会関東支部群馬会第4回コンクリート研究会、2012/8/30、(群馬県、前橋市)

Takahiro TAMURA、The Quality Secure System of The Concrete Structure Utilized The Past Construction Data、The 8th International Symposium on Social Management Systems SSMS2012、2012/5/3、Kaohsiung, Taiwan

Akira HOSODA、Tamura, T., etc., Improvement of Covercrete Quality by Crack Control System in Yamaguchi Prefecture in Japan、The 8th International Symposium on Social Management Systems SSMS2012、2012/5/3、Kaohsiung, Taiwan

〔図書〕(計1件)

田村隆弘、細田 暁、岩城一郎、他、日本コンクリート工学会、データベースを核としたコンクリート構造物の品質確保に関する研究委員会報告書・論文集、2013、150

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

田村 隆弘 (TAMURA, Takahiro)  
徳山工業高等専門学校・土木建築工学科・教授、研究者番号：60171899

### (2) 研究分担者

阿波 稔 (ABA, Minoru)  
八戸工業大学・工学(系)研究科(研究院)・教授、研究者番号：10295959

半井 健一郎 (NAKARAI, Kenichirou)  
広島大学・工学(系)研究科(研究院)・

准教授、研究者番号：10359656

中村 秀明 (NAKAMURA, Hideaki)  
山口大学・理工学研究科・教授  
研究者番号：20207905

岩城 一郎 (IWAKI Ichirou)  
日本大学・工学部・教授  
研究者番号：20282113

細田 暁 (HOSODA Akira)  
横浜国立大学・その他の研究科・准教授  
研究者番号：50374153

岸 利治 (KISHI Toshiharu)  
東京大学・生産技術研究所・教授  
研究者番号：90251339