

第6章

国土交通省建設技術開発助成制度

「非接触全視野計測法によるコンクリート構造物の
マルチスケール診断法の開発」

評価結果

6.1 建設技術開発助成制度（政策課題解決型）評価結果

平成 20 年度国土交通省建設技術開発助成制度に採択された課題「光学的非接触全視野計測法によるコンクリート構造物のマルチスケール診断法の開発」で評価を受けた。評価結果関係資料を資料 6-1 に評価委員会発表関係資料を資料 6-2 に掲載する。

付録資料

ページ

資料 6-1	評価結果関係資料	6-3
資料 6-2	評価委員会発表関係資料	6-5

(終了時評価)【No. 】←原課での記入は不要

研究開発課題名	建設技術研究開発助成制度採択課題: 光学的非接触全視野計測法によるコンクリート構造物のマルチスケール診断法の開発(長崎大学工学部 松田浩)	担当課 (担当課長名)	大臣官房技術調査課 (課長: 横山 晴生)
研究開発の概要	コンクリート構造物の健全度診断のための光学的手法によるロバスト性の高い計測・解析システムを開発する。【研究期間:平成20~21年度 研究費総額:約28百万円】		
研究開発の目的	(1)光学的非接触全視野ひずみ計測装置の開発および屋外現場計測への適用性の検討 (2)応力解放法によるPC桁の現有応力測定法への適用 (3)3D計測とFE解析と常時微動計測によるモニタリング法の開発と実証試験		
必要性、効率性、有効性等の観点からの評価	<p>【目標の達成度】</p> <p>建設現場の悪環境での計測においても計測可能な、デジタル画像関連法に基づくロバスト性の高い、変形・ひずみ・応力の実用的全視野計測装置を試作開発するとともに、全視野計測装置と応力解放法を併用してPC桁の現有応力測定法への適用性を検討した。さらに、3D計測とFE解析と常時微動計測による新しい構造物のモニタリング法を開発し、実証実験を実施するとともに、維持管理への応用性について検討した。</p> <p>【成果】</p> <p>(1)ラインセンサタイプおよびテレセントリックレンズタイプの全視野計測装置と高精度ひずみ解析プログラムを開発するとともに、フィールド実証試験を行い現場適用性を確認した。</p> <p>(2)PC桁の現有応力状態を把握するために、コア・スリット応力解放法と光学的非接触全視野ひずみ計測装置を用いて、有効性と有用性について検討した。</p> <p>(3)レーザドップラ速度計を併用して、3D計測からFE解析までの一連のシステムを開発するとともに、維持管理のためのデジタルデータベースを試作構築した。</p> <p>【本研究開発の実施方法・体制の妥当性】</p> <p>本研究開発は、産官学の研究者・技術者による体制で実施した。</p> <p>【上記を踏まえた本研究開発の妥当性】</p> <p>本研究で開発した装置やシステムは、実務面で使用され始めていることから、本研究開発は妥当であったものと判断している。</p>		
外部評価の結果	<p>具体的なテーマ設定に応じた研究グループ構成がされていることから、研究実施方法・体制の妥当性は適切であったと評価できる。また、全体的に統合化、体系化されていないが、個々研究の完成度が高いことから、概ね目標を達成できたものと評価できる。</p> <p>構造物の内部や、障害構造物が前にある場合の損傷点検など、光学技術を用いたRC構造物の診断法の開発に実用化レベルで成功しているため、さらに拡張が望まれる。また、装置の更なる体系化・コンパクト化が望まれる。</p> <p><外部評価委員会委員一覧> (平成23年2月1日、建設技術研究開発助成制度評価委員会)</p> <p>委員長 神田 順 東京大学大学院新領域創成科学研究科教授</p> <p>副委員長 林 良嗣 名古屋大学大学院環境学研究科教授</p> <p>委員 北田 俊行 大阪市立大学名誉教授</p> <p>久保 猛志 金沢工業大学環境建築学部教授</p> <p>新宮 清志 日本大学理工学部教授</p> <p>田中 仁 東北大学大学院工学研究科教授</p> <p>津野 洋 京都大学大学院工学研究科教授</p> <p>二羽 淳一郎 東京工業大学大学院理工学研究科教授</p> <p>松藤 泰典 北九州市立大学国際環境工学部教授</p> <p>道奥 康治 神戸大学大学院工学研究科教授</p>		

平成21年度終了課題の終了時評価結果について

	<p>光学的非接触全視野計測法によるコンクリート構造物のマルチスケール診断法の開発</p> <p>長崎大学工学部 松田 浩</p>
研究実施方法・体制の妥当性	①. 適切であった
	2. 概ね適切であった
	3. やや適切でなかった
	4. 適切でなかった
目標の達成度	1. 目標を十分達成した
	②. 概ね目標を達成できた
	3. あまり目標を達成出来なかった
	4. 目標を達成できなかった
主なコメント (※)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 原理的には、特許の出願等も多くあり、技術の優先権を主張できると期待される。コストが課題であろう。 ▪ 既にこの研究によってやられている構造物の内部や障害構造物が前にある場合の損傷点検が可能とある。さらに拡張して欲しい。 ▪ 構造物の種類に応じた実用展開の対応上の工夫がありうるのではないか。 ▪ 構造物の様々な変形を画像計測によって求める要素技術の集合体。 ▪ 個別技術に対する研究は非常に素晴らしいが、“マルチスケール診断法”として体系化に至る点については、やや物足りないように思われる。

(※) 個別研究開発課題評価書に反映しなかった評価委員によるコメントを掲載。

平成23年 第1回建設技術研究開発助成制度評価委員会
 平成23年2月1日（火） 経済産業省別館10階1038会議室（同10階控室1036会議室）

【説明10分、質疑5分】 ※発表の15分前に控室までお越し下さい

時間	課題名	代表研究者		代理発表者
		名和 豊春	代表研究者	
13:30～13:45	表面改質材による既設コンクリート構造物の延命補修システムの構築	名和 豊春	北海道大学大学院工学研究院	
13:50～14:05	都市域に分布する宅地谷埋め盛土地盤の耐震性評価法の高度化	釜井 俊孝	京都大学防災研究所 斜面災害研究センター	
14:10～14:25	中小建築物の良質ストック化と環境負荷低減を目指す建築・外皮システムの開発	鈴木 大隆	北海道立北方建築総合研究所 環境科学部	
14:30～14:45	既存構造物の撤去・補強を核としたWPC構造住宅ストック高度利用促進技術の開発	小泉 雅生	首都大学東京大学院 都市環境科学研究所	
15:00～15:15	新しい形態を有する超々高層建築物の耐風設計手法に関する研究	田村 幸雄	東京工芸大学工学部	
15:20～15:35	ASRの迅速判定およびハイブリッド陽極システムによるコンクリート膨張抑制手法の開発	上田 隆雄	徳島大学大学院 ソリオテクノサイエンス研究部	
15:40～15:55	光学的非接触全視野計測法によるコンクリート構造物のマルチスケール診断法の開発	松田 浩	長崎大学工学部	
16:00～16:15	都市空間における雪氷災害に伴う費用軽減を目指したリスクマネジメントシステムの構築	吉野 博	東北大学大学院工学研究科	持田 灯
16:30～16:45	東京ベイエリアにおける水と緑のネットワーク形成に関する研究	石川 幹子	東京大学大学院工学系研究科	
16:50～17:05	コンクリート構造物長寿命化に資する品質保証／性能照査統合システムの開発	石田 哲也	東京大学大学院工学系研究科	
17:10～17:25	鉄筋コンクリート建築物の補修後の性能解析技術の開発と最適補修戦略の策定	野口 貴文	東京大学大学院工学系研究科	
17:30～17:45	被災した構造物の安全・簡易・迅速復旧工法の開発	加藤 佳孝	東京大学生産技術研究所	

建設技術研究開発助成制度

3. 政策課題解決型技術開発公募
 [テーマ2] 社会資本の戦略的維持管理に関する技術開発
 ① 構造物の健全度評価・劣化診断評価手法に関する技術開発

光学的非接触全視野計測法による コンクリート構造物のマルチスケール診断法の開発

研究実施体制

松田 浩	長崎大学 (研究代表者)
伊藤 幸広	佐賀大学
森田 千尋	長崎大学
出水 享	長崎大学
佐川 廣貴	九州大学
合田 寛壽	九州工業大学
一宮 天	大分高等
内野 正和	福岡県工業技術センター
岡本 卓哉	計測リサーチコンサルタント
宮本 則幸	計測リサーチコンサルタント
高橋 洋一	計測リサーチコンサルタント
肥田 研一	株式会社 K&T こんざるとん
川村 淳一	日本コンクリート工業 (株)
原田 精司	西松建設 (株)
山根 真一	日本工務 (株)

産学官テーマ推進委員会

九州工業大学名誉教授	出光 隆 氏
国土交通省九州地方整備局 九州技術事務所長	岩屋 信一郎 氏
(財) 鉄道総合研究所 鉄道 力学研究所・主任研究員	上半 文昭 氏
(社) 日本建設機械会協会 施工技術総合研究所・部長	谷倉 泉 氏
西日本高速道路株式会社 保安全サービスマネジメント部長	福永 靖男 氏

光学的手法による非接触全視野計測

スベック干渉計 (ESPU) 3D形状計測装置 3Dデジタル画像相関法 レザラフ干渉計測装置

張力壁の3D計測 RC壁のひび割れ進展の可視化 両置一置位曲線

最大ひびきみ(×10⁻³) 実位分布

薄肉円筒シエルの産品実験

光学的全視野計測の適用分野とその特長

光学的全視野計測
人間の観察力、従来のセンサ技術・非破壊検査技術以上の優れた計測技術として採用される可能性が高い

- ① 非接触な計測が可能 (安全・安価)
 - … 足場、センサの取付け、信号線配線などが不要
- ② 多量の情報を短時間で取得 (省力化)
 - … 点の情報だけでなく、面の情報を短時間で取得
- ③ 対象物の状態を可視化情報で把握 (高密度情報)
 - … 局所計測では困難な状態の分布がわかる

光学的計測技術に求められる建設分野での計測の特長

1. 高精度 ⇒ 非接触(100mの距離)で0.1mmの精度 (=10⁻⁶)
2. 高耐久性 ⇒ 厳しい暴露環境下(雷、風、雨、日射、振動)
3. 安定性 ⇒ 温度変化(-10℃~60℃)に影響されない
4. 応用性 ⇒ 現場の計測条件、環境は多種多様 (現場は工場ではない)
5. 経済性 ⇒ 多品種・少量生産でもローコスト

本研究開発の概要

(1) 光学的全視野ひずみ計測装置の開発
屋外現場計測への適用性の検討

デジタル画像相関法 3Dステレオ計測
 既往技術 産学官テーマ推進委員会
 デジタル写真計測 レザラフ速度計

(2) 応力解放法によるPC桁の
 現有応力測定 (3) 振動モニタリング
 デジタルデータベース

統合化・総合化

コンクリート構造物のマルチスケール診断法の開発

(1) 光学的全視野ひずみ計測装置の開発および屋外現場計測への適用性の検討

デジタル画像相関法
変形前後のデジタル画像の輝度値分布を利用して、画像全域にわたって変位分布が得られる手法

全視野ひずみ計測装置
多点観測カメラ ファインセンサタイプ フォトガイド レール 電動装置 多点距離 検出用 温度応用 スイッチ

開発目標
① ラインセンサ型全視野ひずみ計測装置
② テレセントリックレンズ型全視野ひずみ計測装置
③ 高精度ひずみ解析プログラム
④ マルチロゼット解析法

歪計測(歪ゲージとの比較)

マルチロゼット解析法

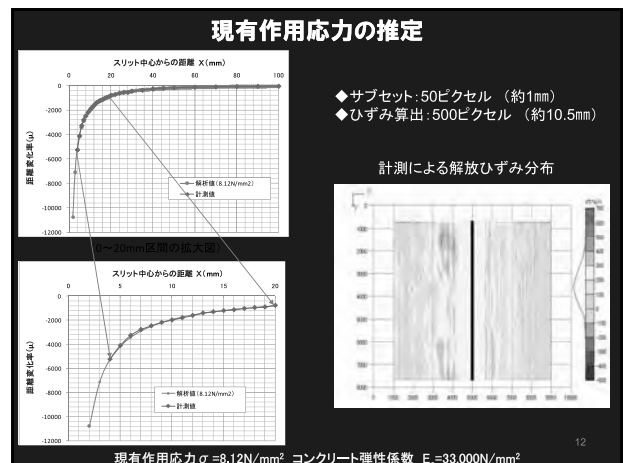
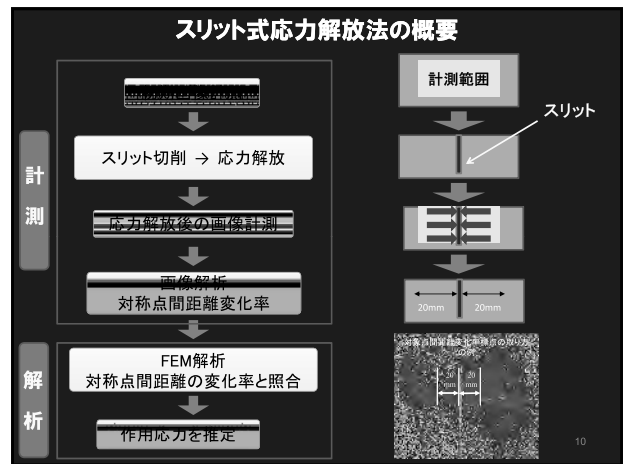
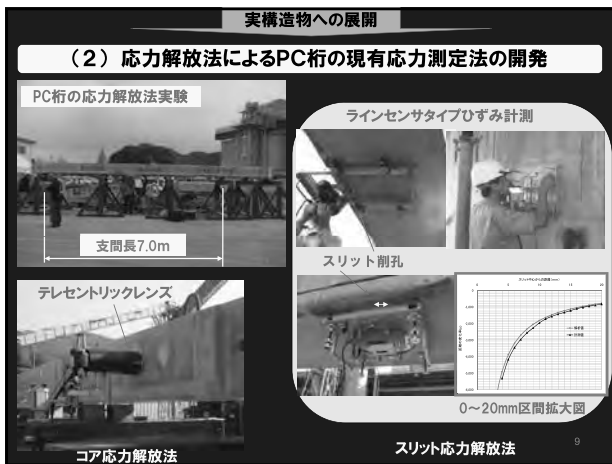
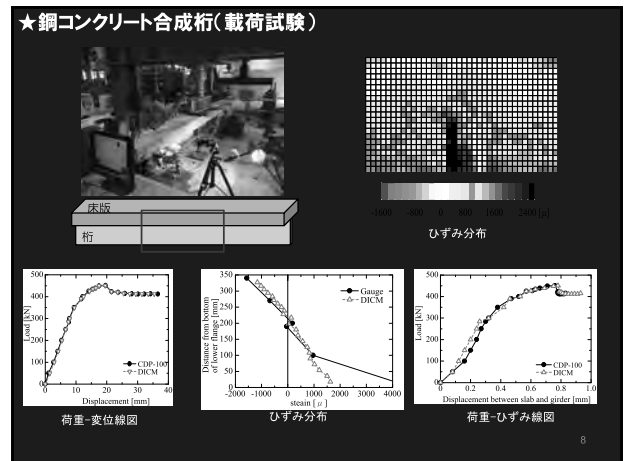
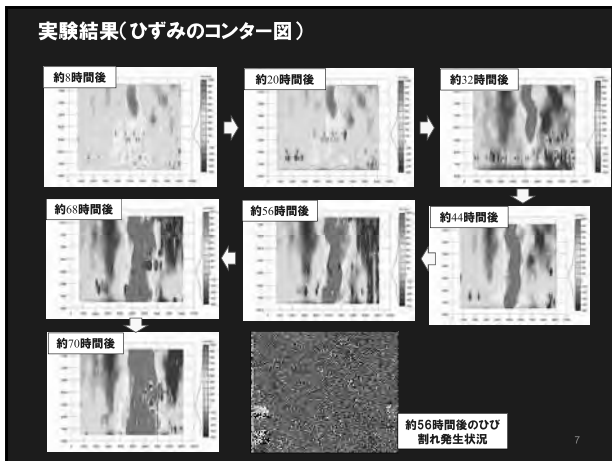
テレセントリックレンズタイプ

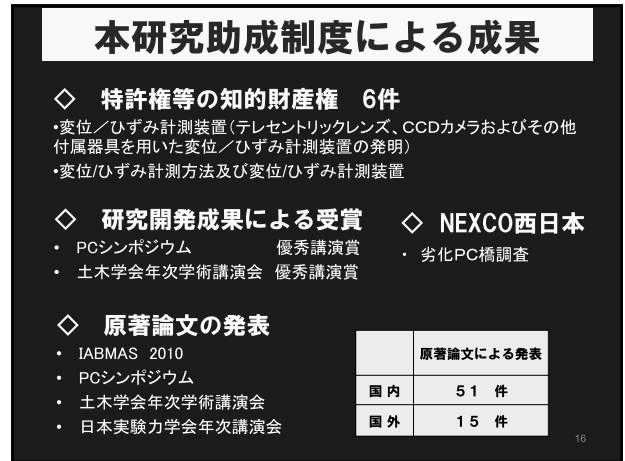
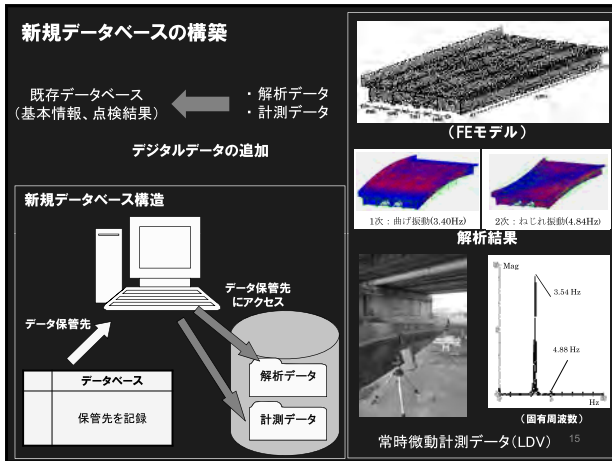
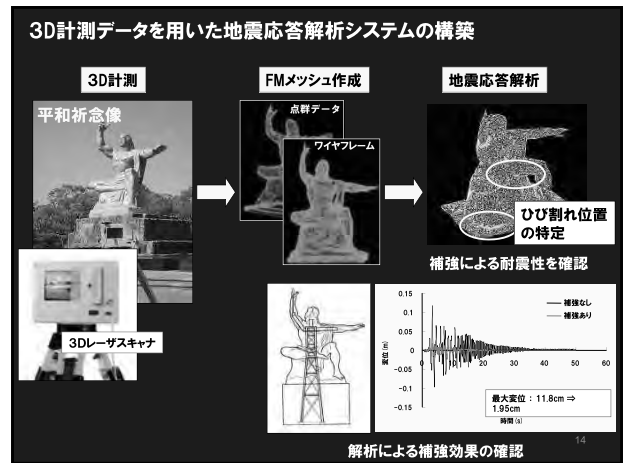
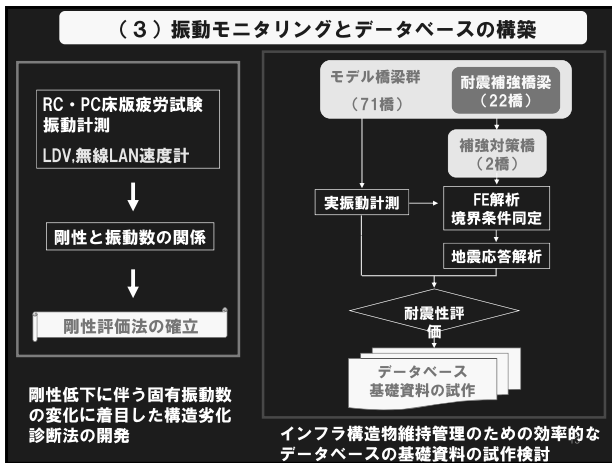
鉄筋腐食モニタリング

腐食ひび割れ発生前のコンクリート表面ひずみ分布測定
→ 鉄筋腐食のモニタリング (自然電位法との比較)

3%塩水 銅板

一電食条件—
電流: 0.2~0.5A
電圧: 12V
電流密度: 25~63mA/cm²
通電時間: ひび割れ発生まで





研究成果実用化等の状況

課 題 名：光学的非接触全視野計測法によるコンクリート構造物のマルチスケール診断法の開発

研究代表者：松田浩（長崎大学）

国の競争的資金においては研究開発成果を社会に還元させることを目的としており、特に建設技術研究開発助成制度においては、より国民生活に密接に関わる技術開発に対して補助を行うことから、研究開発成果の普及・活用状況について以下の調査項目に全てご回答頂きますよう宜しくお願い致します。

■研究開発成果としての事業化、製品化など実用化状況・普及状況（予定を含む）

①下記の内から実用化の状況を記載してください。

a

①(a) 実用化した b. 試行的に実用化した c. 実用化の目処がある d. 実用化の目処は立っていない

②上記回答について、具体的な状況をご記入下さい。

- ・実用化した場合 (a, b) は、事業化、製品化などの状況及び普及状況について。
- ・実用化の目処がある場合 (c) は、具体の時期及び実用化される状況について。
- ・実用化の目処が立っていない場合 (d) は、その理由又は研究により判明した事等について。

(1) 光学的全視野ひずみ計測装置

- ①ラインセンサタイプ全視野（全方向）ひずみ計測装置および解析プログラム
②テレセントリックレンズ装着カメラによる変位／ひずみの全視野計測装置および解析プログラム

本研究開発で試作開発した計測装置を多くの実証実験に適用し、その有効性と有用性は十分に確認された。ハードウェアおよび計測結果の評価方法等のソフトウェアの使用性の向上を行い、製品化する予定としている。

(2) 応力解放法を用いたPC桁の現有応力測定法

コア応力解放法とスリット応力解放法を提案し、その有効性を確認するとともに、デジタル画像相関法とマルチロゼット解析を組み合わせたPC桁の現有応力測定システムを開発した。実PC桁を用いて本計測手法の実用性を試験的に確認した。NEXCO 西日本の劣化PC橋調査業務を KRC、KTC、佐賀大学が受注

し応力解放法を実施した（実用化）。今後、PC橋梁の健全度評価手法の一つとして普及を行っていく予定としている。

- （3）遠距離実振動計測によるモニタリング法とデジタルデータベースの構築
- ①実験室内においてレーザドップラ速度計（LDV）による振動計測を行い、部材の損傷が固有振動数に与える影響を確認した。また、LDVを用いて実橋梁の振動計測を行い、無線LAN速度計との比較からLDVが悪環境下においても高精度の計測が可能であることを確認した。
 - ②三次元計測→FEメッシュ作成→レーザドップラ速度計（LDV）を用いた遠距離実振動計測→境界条件同定のフローを基本とした構造物のモニタリング手法を開発し、実橋梁に適用し、有効性と有用性を確認した。
 - ③長期モニタリングによる劣化の推定、補修・補強工事による効果の確認を目的として、固有振動数計測結果を従来のデータ管理システムと組み合わせることにより維持管理を目的としたデータベースの試作構築した。
今後、本研究で開発した手法を、実橋梁の維持管理のためのデータベース構築するためにデータを蓄積していく予定である。

■特許権等の知的財産権の出願・取得状況

（特許権、実用新案などの知的財産権の出願・取得状況、ライセンス見込みについて記載して下さい。また、その知的財産の実施件数等について記載願います。）

本研究課題に関する出願状況（本研究間内に限らない）を以下に示す。

- ① 変位／ひずみ計測装置（テレセントリックレンズ、CCDカメラおよびその他付属器具を用いた変位／ひずみ計測装置の発明）、特願 2010 - 050956、出願日：2010.3.8、権利者：佐賀大学、長崎大学
- ② 検査具および検査方法、特願 2010 - 48638、出願日：2010.3.5、権利者：佐賀大学、西松建設
- ③ ひずみ計測方法、ひずみ計測システム、特願 2008-84560、出願日：2008.3.27、権利者：福岡県、KRC、KTC
- ④（外国出願）変位／ひずみ計測方法及び変位／ひずみ計測装置、PCT/JP2006/325488、出願日：2006.12.21、権利者：佐賀大学、長崎大学、ライセンス：外国出願権利を米国コンサルタントに有償譲渡した。
- ⑤ 構造物の応力測定法、特願 2006-131369、出願日：2006.5.10、権利者：KRC、KTC

⑥変位/ひずみ計測方法及び変位/ひずみ計測装置、特願 2005-368334、出願日：2005. 12. 21、権利者：長崎大学、佐賀大学、福岡県、ライセンシー：日本企業と専用実施権を締結する計画あり。

■研究開発成果による受賞、表彰等を幅広く記載

(研究開発成果による学会、協会、大学、企業等による受賞・表彰等について記載して下さい。)

◆ PC シンポジウム 優秀講演賞

出水享，肥田研一，伊藤幸広，松田浩：応力解放法によるPC構造物の現有作用応力の推定方法の開発，第19回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム，pp. 241-246，2010

◆ 土木学会年次学術講演会 優秀講演賞

魚住正春，森田千尋，松田浩，出水享，白濱敏行：耐候性鋼橋梁の腐食環境およびさび外観評価に関する研究，土木学会年次学術講演会，1-059，pp. 117-118，2009. 9

■今後の当該研究の継続性について

(本助成制度の研究開発課題について、研究の継続性についての展望を記載して下さい。)

本研究開発課題の成果は前述の通りである。

本研究成果は、IABMAS2010 において特別セッションをコーディネートして研究発表した。また、2010 年度実験力学学会年次講演会において光学的手法のセッションで本研究成果を発表した。

本研究を継続するために、一般社団法人九州橋梁構造工学研究会（KABSE）の平成 22 年度研究分科会「光学的計測法による維持管理手法の開発に関する研究分科会」を立ち上げ、引続き活動を継続している。また、平成 22 年度実験力学学会年次講演会で本研究課題の成果を発表したところ、実験力学学会の理事会において、土木建築分野の研究分科会を立ち上げるように依頼され、現在、研究分科会設立準備中である。さらに、デジタルデータベースを構築するために、長崎県と協働により、長崎県雲仙グリーンロード橋梁（71 橋）を対象として橋梁調査を実施し、データベースを構築し、有効活用法について検討していく。

■ 研究成果発表等（予定を含む）

	原著論文による 発表	原著論文を除く 紙上発表	その他	合 計	備 考
国 内	5 1 件	2 件	1 件	5 4 件	
国 外	1 5 件	件	件	1 5 件	
合 計	6 6 件	2 件	1 件	6 9 件	

上記の発表について、具体的に下記欄へ記載願います。発表数が多数の場合においては、主要な研究成果発表を記載願います。

① 著論文の発表について

論 文 名 等	時 期	刊 行
<ul style="list-style-type: none"> ◆ 架設環境の異なる耐候性鋼橋梁の劣化環境評価について (I-170) ◆ 光学的手法による溶接変形・ひずみ計測に関する基礎的研究 (I-452) ◆ レーザードップラー速度計による振動計測と構造同定 (I-454) ◆ レーザードップラー速度計を用いた固有振動計測とその実橋への適用 (I-504) ◆ 光学的全視野ひずみ計測装置を用いた薄肉円筒シェルの座屈挙動の評価法に関する研究 (I-621) ◆ 全視野ひずみ計測装置を用いた鉄筋腐食モニタリングに関する基礎的研究 (V-348) ◆ 熱可塑性樹脂を用いた鉄筋の断面形状計測方法に関する基礎的研究 (V-351) ◆ 鋼繊維補強鉄筋コンクリート梁の曲げ・せん断挙動特性に関する実験的研究 (V-531) ◆ 棒型スキャナーによるコンクリート内部微破壊調査事例 (VI-154) 	平成 22 年 9 月	平成 22 年度土木学会年次学術講演会
<ul style="list-style-type: none"> ◆ ラインセンサスキャナタイプ全視野ひずみ計測装置を用いた表面ひずみ計測に関する基礎的研究 	平成 22 年 8 月	平成 22 年度実験力学学会年次講演会

<ul style="list-style-type: none"> ◆ 光学的手法と応力解放法によるプレテンション桁の現有応力測定 ◆ デジタル画像相関法を用いた応力解放法の現場適応性の検討 ◆ アルカリシリカ反応を生じるコンクリートの膨張挙動のデジタル画像相関法による計測 		
◆ デジタル画像相関法による鋼繊維補強RCはりのひび割れ計測とせん断補強効果	平成 22 年 7 月	平成 22 年度コンクリート年次大会
<ul style="list-style-type: none"> ◆ Base study on measure of transformation of concrete structures used by Digital Image Correlation Method ◆ 3D profile measurement and buckling simulation on thin-walled cylindrical shells under compression by utilizing 3D-digital Image Correlation Method ◆ Development of approximation process of existing action stress of pre-stressed concrete by stress relief technique ◆ Strain analysis method using multi-rosette analysis by digital image correlation method 	平成 22 年 7 月	IABMAS2010 Proc. of the 5 th International Conference on Bridge Maintenance, Safety and Management
◆ Study on Failure Characteristic of Rock-like Materials with an Open-hole under Uniaxial Compression	平成 22 年 4 月	Strain Journal Strain-International Journal of Experimental Mechanics
◆ Experimental and Analytical Study on Shear Capacity in Steel Fiber and Stirrup RC Beam	平成 22 年 4 月	社団法人土木学会 Journal of Structural Engineering, Vol. 56A
<ul style="list-style-type: none"> ◆ レーザードップラー計による補修効果の定量評価法に関するモデル実験 (V-39) ◆ 一軸方向の応力を受けた電炉鉄筋における強度特性と表面硬度の相関 (V-28) ◆ LDV を用いた長距離固有振動数計測による構造健全度評価に関する基礎的研究, 	平成 22 年 3 月	平成 21 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集

<p>(I-20)</p> <p>◆CFRP 薄肉円筒シェルの座屈挙動の評価方法に関する研究 (I-56)</p> <p>◆接着幅に着目した CFRP 接着補強コンクリート部材のはく離・破壊挙動に関する研究, (V-13)</p> <p>◆鋼繊維補強 RC はりの曲げせん断破壊挙動特性に関する実験的研究 (V-16)</p>		
<p>◆実形状初期不整データを用いた薄肉円筒シェルの座屈解析</p> <p>◆耐候性鋼橋梁の腐食環境調査と三次元写真計測の適用について</p>	平成 21 年 11 月	鋼構造年次論文報告集, 第 17 巻
<p>◆耐候性鋼橋梁の腐食環境およびさび外観評価に関する研究 (1-059)</p> <p>◆LDV を用いた長距離固有振動数計測による構造健全度評価に関する基礎的研究 (1-123)</p> <p>◆ Buckling Analysis of Thin-walled Cylindrical Shell with Random Geometric Imperfection under Compression (1-674)</p> <p>◆鋼繊維補強 RC はりのせん断補強効果に関する実験および解析的研究 (5-596)</p> <p>◆EXPERIMENTAL AND NUMERICAL STUDY ON SHEAR DEFORMATION BEHAVIOR IN STEEL FIBER AND STIRRUPS RC BEAMS (5-598)</p>	平成 21 年 9 月	平成 21 年度土木学会年次学術講演会
<p>◆ Shear strength and deformation prediction in steel fiber reinforced concrete beams without stirrups</p>	平成 21 年 9 月	Proc. of the Fifth ISEC Conference
<p>◆ Shear Design Performance of Beams Reinforced with Steel Fibers and Stirrup</p> <p>◆Buckling of thin-walled cylinder shell specimens with cut-out imperfections</p>	平成 21 年 9 月	Proc. of the 33rd IABSE symposium
<p>◆The Mechanism of ASR's rebar fracture evaluated by distribution chart of Vickers hardness and digital image correlation method</p>	平成 21 年 8 月	Proc. of ConMat' 09, Vol.5, CD-R(S1-3-2)

<p>◆鋼板接着されたRC部材の引張破壊挙動解析</p> <p>◆全視野ひずみ計測を用いた鋼板接着端部の破壊挙動に関する検討</p> <p>◆ Effects of steel fibers on Shear Strength and Deformation Behavior in short SFRC beams without stirrups by Full field optical ESPI and FEM methods</p> <p>◆曲げ戻しを受ける鉄筋の脆性破断に対する感受性の検討</p>	平成 21 年 7 月	コンクリート工学年次論文集, Vol. 31, No. 2
<p>◆デジタル画像相関法を用いたマルチロゼット解析法による円孔周辺のひずみ解析手法の検討</p>	平成 21 年 6 月	実験力学, Vol. 9, No. 2
<p>◆光学的全視野変位計測法を用いた薄肉円筒シェル座屈挙動の可視化 (I-35)</p> <p>◆鋼板接着端部のはく離現象に関する検討 (I-36)</p> <p>◆三次元写真計測および常時微動振動計測による固有振動解析 (I-36)</p> <p>◆耐候性鋼橋梁のさび表面形状の計測法について (I-29)</p> <p>◆鋼繊維補強 RC はりのせん断耐力に関する基礎的研究 (V-31)</p> <p>◆光学的全視野計測法を用いた応力開放法による現有応力算定に関する基礎的研究 (V-47)</p>	平成 21 年 3 月	平成 20 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集
<p>◆光学的全視野計測法による円筒シェルのねじり座屈挙動の解析</p> <p>◆溶接継手の疲労き裂に対する延命対策の検討</p> <p>◆耐候性鋼橋梁の腐食評価および概観評価に関する研究</p>	平成 20 年 11 月	鋼構造年次論文報告集, 第 16 巻
<p>◆Observation of Cracking Development in Steel Fibre RC Beams under Bending and Shear by Optical Full-Field Measurement</p>	平成 20 年 11 月	EASEC, No. 11

◆Buckling and Post-buckling Phenomena of Cylindrical Shell under Axial Compression and Torsion Loading		
◆ Theoretical Prediction of Shear Strength Evolution in Steel Fibre Reinforced Concrete Beams without Stirrups ◆ Peak Strength Analysis and Failure Process Simulation of Brittle Materials with an Open-hole under Uniaxial Compression	平成 20 年 10 月	Reports of the Faculty of Engineering, Nagasaki University, Vol. 38, No. 71
◆鋼板接着補強コンクリート部材の破壊挙動に関する研究 (I-443) ◆三次元写真計測と実振動計測を利用した構造物の劣化・耐震性評価に関する研究 (I-451) ◆Failure Process Analysis of Brittle Specimen with an Open-Hole under Compression (III-241) ◆せん断補強筋のない鋼繊維補強 RC はりの非線形挙動特性に関する研究 (V-262) ◆ Theoretical Prediction of Shear Capacity in Steel Fibre RC Beam without Stirrups and Verification by Optical ESPI (V-527)	平成 20 年 9 月	平成 20 年度土木学会年次学術講演会
◆Strength and deformation behavior of steel reinforced normal concrete by optical (ESPI) methods ◆鋼板の接着幅が端部ではく離現象に及ぼす影響	平成 20 年 7 月	コンクリート工学年次論文集, Vol. 30, No. 3
◆マルチロゼット解析法を用いたデジタル画像関連法の検討	平成 20 年 7 月	日本実験力学学会講演論文集、No. 8
◆ Visualization of buckling on thin-walled cylindrical shell by digital image correlation method ◆ Vibration study of thin-walled	平成 20 年 6 月	Proc. of 5th International Conference on THIN-WALLED STRUCTURES

specimens using holographic interferometry		
◆歴史的建造物の光学的手法による3D形状・振動計測とその計測データを用いたFE解析による地震応答解析	平成20年5月	建設の施工企画, No. 699

(注：既発表論文について記載し、投稿中の論文については括弧書きで記載のこと。)

②原著論文を除く紙上発表について

(主要雑誌・新聞等)

雑 誌 名 等	時 期	発 行
日経コンストラクション	平成22年8月27日号	日経BP
(土木技術)	(平成23年4月号)	(理工図書)

(注：既に発表された内容について記載し、今後掲載予定については括弧書きで記載のこと。)

③その他

(シンポジウムにおけるパネラーとしての発表や、ポスターセッションなど)

発 表 会 名	時 期
第19回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム、技術展示	平成22年10月21、22日

(注：既に発表した発表会等について記載し、発表予定については括弧書きで記載のこと。)

■その他

(その他の取り組みについて自由記述)

研究概要書

課 題 名：光学的非接触全視野計測法によるコンクリート構造物の
マルチスケール診断法の開発

研究代表者 : 松田 浩
所属機関・職名 : 長崎大学工学部・教授
研究期間 : 平成20年度～平成21年度
補助金交付総額 : 28,210,000 円

1. 研究の概要

本研究では、変形・ひずみ・応力・振動の実用的計測法として、デジタル画像相関法やレーザードップラ速度計等の光学的計測法を用いて、建設現場環境におけるロバスト性の高い計測・解析システムを試作開発するとともに、これらの計測法を用いたコンクリート構造物の健全性診断法を開発し、維持管理技術として応用する。本研究課題では、次の3項目を開発目標として研究開発を遂行する。

- (1) 光学的非接触全視野ひずみ計測装置の開発および屋外現場計測への適用性の検討
- (2) 光学的全視野計測法と応力解放法を併用しPC桁の現有応力測定法への適用
- (3) 3D計測とFE解析と常時微動計測による構造物のモニタリング法の開発と維持管理への応用

2. 研究の目標

- (1) 光学的非接触全視野ひずみ計測装置の開発および屋外現場計測への適用性の検討
ラインセンサ及びテレセントリックレンズタイプの全視野ひずみ計測装置の開発および屋外現場計測への適用性の検討・改良。
- (2) 応力解放法によるPC桁の現有応力測定法への適用
前記(1)での開発装置を用いて、応力解放法によるPC桁の現有応力の測定方法を開発し、検査・診断法への活用法を構築する。
- (3) 3D計測とFE解析と常時微動計測によるモニタリング法の開発と実証試験
①三次元計測、②FEメッシュ作成、③実振動計測、④境界条件同定、⑤静的・動的地震応答解析、⑥耐震性能評価までの一連の計測・解析・評価システムを開発し、インフラ構造物のデジタルデータベースを構築することを目標とする。

3. 自己点検

【目標の達成度】

- ① 目標を十分達成できた
2. 概ね目標を達成できた
3. あまり目標を達成できなかった
4. 目標を達成できなかった

建設現場の悪環境での計測においても計測可能な、デジタル画像相関法に基づくロバスト性の高い、変形・ひずみ・応力の実用的全視野計測装置を試作開発するとともに、全視野計測装置と応力解放法を併用してPC桁の現有応力測定法への適用性を検討した。さらに、3D計測とFE解析と常時微動計測による新しい構造物のモニタリング法を開発し、実証実験を実施するとともに、維持管理への応用性について検討した。

【成果】

- (1) 光学的非接触全視野ひずみ計測装置の開発および屋外現場計測への適用性の検討
ラインセンサタイプおよびテレセントリックレンズタイプの全視野計測装置と高精度ひずみ解析プログラムを開発するとともに、フィールド実証試験を行い現場適用性を確認した。
- (2) 応力解放法によるPC桁の現有応力測定法への適用
PC桁の現有応力状態を把握するために、コア・スリット応力解放法と光学的非接触全視野ひずみ計測装置を用いて、有効性と有用性について検討した。
- (3) 3D計測とFE解析と常時微動計測によるモニタリング法の開発と実証試験
レーザドップラ速度計を併用して、3D計測からFE解析までの一連のシステムを開発するとともに、維持管理のためのデジタルデータベースを試作構築した。

【本研究開発の実施方法・体制の妥当性】

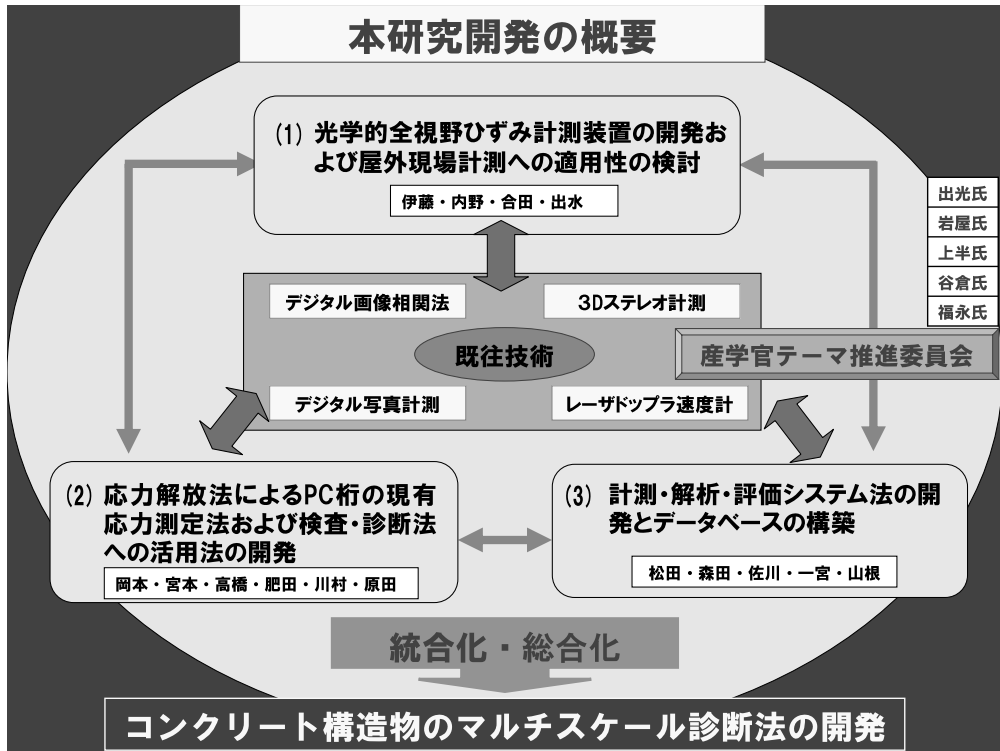
- ① 適切であった
- 2 概ね適切であった
- 3 やや適切でなかった
- 4 適切でなかった

本研究グループは産官学の研究者・技術者で構成されている。主要メンバーは、平成16～18年に、日本コンクリート工学協会九州支部の「コンクリートの硬化・劣化過程の非接触全視野ひずみ計測に関する研究専門委員会」において、種々の光学的計測法についての研究を推進してきた。また、実施される研究成果に対して、実証実験等による成果の有効性の確認及び普及方策の作成を行うことを目的として、産学官テーマ推進委員会を設置し、外部評価を実施した。

<研究の実施体制>

産官学で構成する研究グループ	
松田 浩	長崎大学 (研究代表者)
伊藤 幸広	佐賀大学
森田 千尋	長崎大学
出水 享	長崎大学
佐川 康貴	九州大学
合田 寛基	九州工業大学
一宮 一夫	大分工業高等専門学校
内野 正和	福岡県工業技術センター
岡本 卓慈	(株) 計測リサーチコンサルタント
宮本 則幸	(株) 計測リサーチコンサルタント
高橋 洋一	(株) 計測リサーチコンサルタント
肥田 研一	(株) K&Tこんさるたん
川村 淳一	日本コンクリート工業 (株)
原田 耕司	西松建設 (株)
山根 誠一	日本工営 (株)

産学官テーマ推進委員会	
九州工業大学名誉教授	出光 隆 氏
国土交通省九州地方整備局九州技術事務所長	岩屋 信一郎 氏
(財)鉄道総合研究所 鉄道力学研究部・主任研究員	上半 文昭 氏
(社)日本建設機械会協会 施工技術総合研究所・部長	谷倉 泉 氏
西日本高速道路(株)保全サービス事業部改良グループ長	福永 靖男 氏



【上記を踏まえた、本研究開発の妥当性（実用化の状況を含め）】

産学官テーマ推進委員会の委員には、本研究の推進・実施および評価において貴重なご助言とご指導を賜るとともに、最終回での産学官テーマ推進委員会において高く評価していただいた。また、委員の所属機関内の実験において、本研究で開発した装置を利用させていただくとともに、本研究課題の実証試験の一環としての試験現場を提供していただいた。

本研究で開発した装置やシステムに関しては、実業務で使用され始めていることから優れた研究成果を得たものと確信している。

「研究開発年次計画・経費」

単位：百万円

※ 研究開発期間が3年の場合（1年、2年の場合は列を削除して下さい）

研究開発項目	平成20年度	平成21年度
直接経費	12.39	9.40
(1) 光学的非接触全視野ひずみ計測装置の開発および屋外現場計測への適用性の検討	ラインセンサスキャナおよびテレセントリックレンズタイプ全視野ひずみ計測器の開発および施工・維持管理への適用性検討および開発装置の改良 ← 4.50 →	装置の改良および施工・維持管理への実証実験およびフィールド試験、とりまとめ ← 2.50 →
(2) 応力解放法によるPC桁の現有応力測定法への適用	新設橋梁の竣工時、老朽化橋梁の載荷検査への適用室内試験 ← 3.40 →	PC桁の現有応力測定法の開発、構造物検査・診断法の活用法開発、フィールド試験、とりまとめ ← 4.90 →
(3) 3D計測とFE解析と常時微動計測によるモニタリング法の開発と実証試験	・常時微動測定による振動計測(LDV) ・境界条件同定法開発 ・FE解析による耐震性能評価 ← 4.49 →	・剛性低下による固有振動数変化に注目した診断法の開発 ・構造物劣化診断法の開発 ・デジタルDBの作成 ・とりまとめ ← 2.00 →
間接経費	3.60	2.82
合計（確定額）	15.99	12.22

(注)

- ・ 主な研究開発項目毎に記載して下さい。（線表の下に研究費を記入する）。
- ・ 間接経費は、直接研究費の30%相当で計上することになります。