デジタル画像相関法を用いた鉄筋埋設式 PCM 巻立て補強された RC 部材のひび割れ性状

長崎大学　学生会員　田村　拓登・島田　有二朗
長崎大学　非会員　堤　寛士
長崎大学　正会員　山口　浩平

1.　はじめに

1.1　研究背景

近年，日本では RC 部材の耐震補強が数多く施工されている．しかし，特に薄肉モルタルや溝切埋設鉄筋による補強部が薄い補強工法では，補強部のひび割れ性状や，その破壊メカニズムに関しては不明な点も多く，その解明が望まれている[1)]．

1.2　研究目的

RC 補強部の破壊挙動は，いまだに解明されていない部分が多い．特にひずみゲージを用いたひずみ性状の解明は，コンクリートのひび割れによりひずみゲージが破損するなど正確に計測することは困難である．

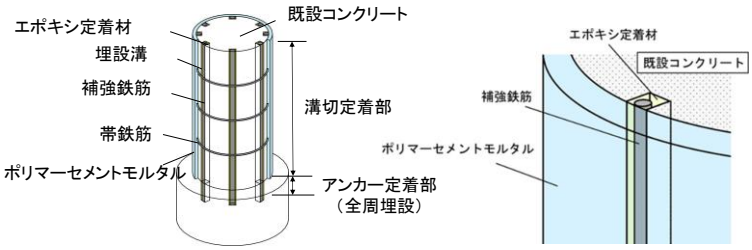
一方，近年研究が進みその精度が保証されるものとなったデジタル画像相関法（以下 DICM）を用いれば，作業コスト，測定時の制約等に対応することができる．また，ひずみコンターにより，ひずみの集中やひび割れ発生を検知できる．そこで，鉄筋埋設式の PCM 巻立て補強された供試体を使用し， DICM を用いて RC 補強部のひずみ分布や変位等を解析しそのひび割れ性状を検討する．

2.　適用工法の概要

図 1 に鉄筋埋設式 PCM 巻立て補強工法の概略図を示す．図 1(a)のように，この工法では，コンクリート打設の際に溝切を設け，コンクリートが固まった後にエポキシ樹脂により補強鉄筋を埋設し定着させ，PCM をその上から塗布する．図 1(b)に示す補強部の拡大図のように補強鉄筋が既設コンクリートの中に配置されるため，鉄筋分の増厚がない．このことにより，従来の RC 巻立て工法と比較して，巻立て厚を薄くしながらも所要の耐震性能を満足することができる．そこで，本実験では，図 1(b)のように，薄肉モルタルと埋設鉄筋の混在する供試体のひび割れ性状を検討することを目的とする．

3.　試験概要

図 2 に本研究で用いる供試体を示す．図 2(a)のように，基部は H 型の形をしており，基部上面から柱高さ 1000mm の位置まで本補強工法により補強されている．

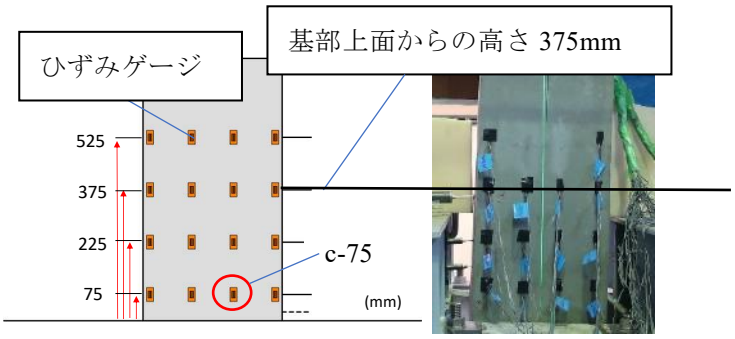


(a)　全体図　　(b)　拡大図

図 1　鉄筋埋設式 PCM 巻立て補強工法の概略図

(a)　北西面　　(b)　西面　　(c)　東面

図 2　供試体



（a）貼付位置　　（b）貼付状況

図 3　ひずみゲージ貼付位置

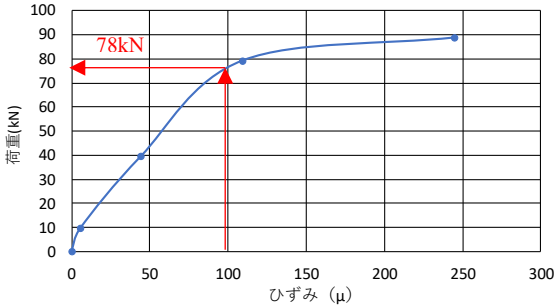


図 4　荷重 - ひずみ包絡線（c-75）

図 2(b)，(c)に西面，東面の様子を示す．正負交番繰返載荷試験を実施し，西面にはひずみゲージを貼付し，表面のひび割れ観察とひずみゲージでひずみの計測を，東面では DICM 計測を行う．それにより，DICM によるひび割れ検知と，ひび割れ観察の結果を比較するとともに，ひび割れ性状の検討を行う．

4.　結果および考察

今回は，負載荷に着目する．図 3 にひずみゲージ貼付位置を示す．また，図 3 における c-75 の位置での荷重 - ひずみ包絡線を図 4 に示す．ひずみゲージでの計測では，ひび割れの発生が予測される 100μ を超えたのは図 4 より 78kN 載荷時である．90kN 以上の荷重域ではコンクリートのひび割れにより，ひずみゲージでひずみ計測はできなかった．

図 5 に-150kN，-180kN，-210kN，-240kN，-2δy 載荷時のひずみ分布(DICM)をそれぞれ示す．基部上面からの高さ 375mm 付近の変化を見ていくと，-150kN 載荷時には値は小さいもののひずみの集中領域が確認され，また-180kN 載荷時には 500μ を超えるひずみ集中となっている．これが-210kN 載荷時にはひずみが 500μ を超える領域が拡大しており，-240kN 載荷時にはひび割れ発生が予測されるひずみ集中となっている．同様に，基部上面からの高さ 225mm 付近，575mm 付近でもひずみ集中が確認され，ひび割れ発生の予測ができるものと考えられる．

また，図 6 に目視で確認されたひび割れを左右反転させたものを示す．目視での柱部のひび割れ観察では，-240kN 載荷時に初めてひび割れが発見された．このひび割れの位置は，基部上面からの高さが 375mm 付近であり，前述の DICM で検知されたひずみ集中と同位置であった．よって，DICM で検知したひずみ集中が実際に生じたひび割れに対応していることがわかる．このひび割れは，DICM のひずみコンターでは-210kN 載荷時の時点でひび割れ発生を予測できる．

しかし，基部上面からの高さが 525mm および 225mm の位置において目視での観察ではひび割れが見つからなかったが，DICM を用いることにより，低荷重領域でのひび割れ発生を予測できることを示唆している．

5.　結論

試験結果より，DICM のひずみコンターを用いれば，目視でのひび割れ観察よりも早い段階でひび割れの発生を予測できる．また，ひび割れ発生前後でのひずみの集中の変化を検知できる．また，DICM はひずみゲージのようにコンクリートのひび割れ等による破損の影響を受けないため，ひずみゲージでは計測できない荷重においても，ひび割れの進展をひび割れ位置およびひずみ集中の観点から検知できる．

今後，Mark や FEM を用いてひび割れ性状の解析を行い，ひび割れ発生荷重及ひび割れ位置の再検討を行う．

参考文献

1)　石村昌也，日野 伸一,彌永裕之,小沼 恵太郎：補強鉄筋埋設方式 PCM 巻立て補強工法（AT-P 工法）における鉄筋定着長に関する実験的研究，日本コンクリート工学会年次論文集，Vol.39，No.2，pp. 445-450，2017

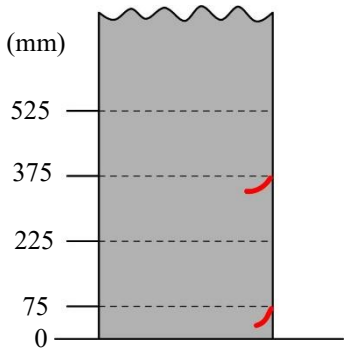
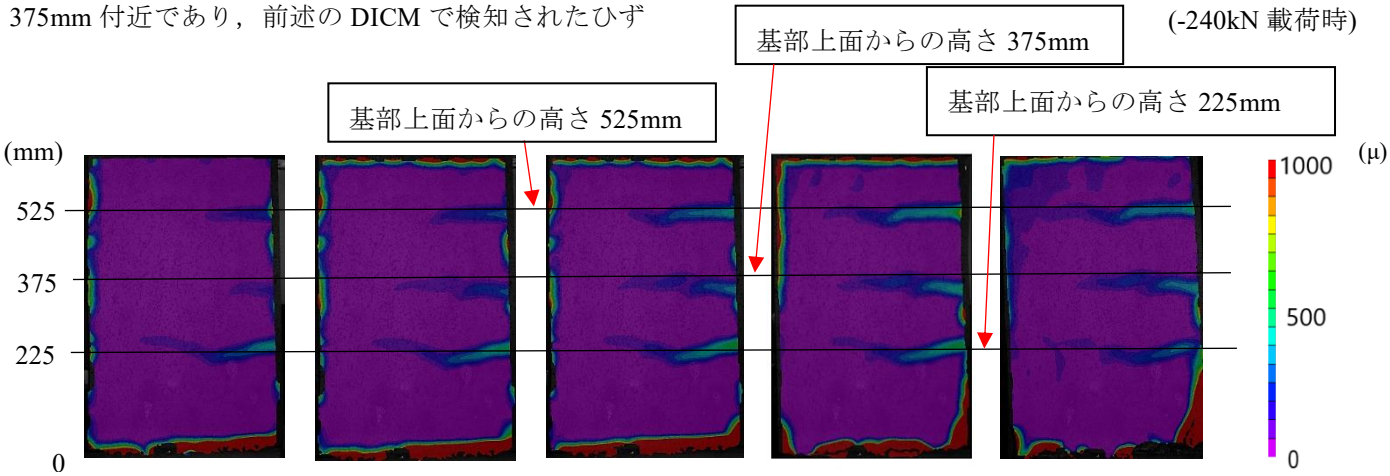


図 6　ひび割れ分布図
(-240kN 載荷時)



(a) -150kN 載荷時　(b) -180kN 載荷時　(c) -210kN 載荷時　(d)-240kN 載荷時　(e)-2δy 載荷時

図 5　ひずみ分布図(DICM)