

PCM 吹付け工法による無筋コンクリート部材の曲げ補強効果

九州大学大学院 学生会員 ○繁戸 趙文
九州大学大学院 正会員 山口 浩平

九州大学大学院 フェロー会員 日野 伸一

1. 目的

戦前の土木構造物の中には無筋コンクリート部材も多く見られ、それらの多くはコンクリートの劣化など大規模地震時には倒壊に至ることも懸念されており耐震補強が急務となっている。一方、既設 RC 橋脚の耐震補強の1つである PCM 吹付け工法は、既設コンクリートの外側に鉄筋を接触配置し、高強度ポリマーセメントモルタル (PCM) を吹付けることで鉄筋保護と既設コンクリートの一体挙動を図るもので、薄肉での施工と工期の短縮が可能といった特徴があり、迅速な耐震補強が求められている老朽化した構造物の補強には適している¹⁾。しかし、今回対象としている無筋コンクリート部材は、コンクリートが極端に低強度であること、コンクリートにコールドジョイントが多数存在すること、部分的な補強しかできないことなどの条件があり、このような部材の PCM 吹付け工法による補強効果は確認されていない。そこで本研究では、コンクリートが極端に低強度である場合、コンクリートにコールドジョイントが多数存在する場合、部分的な補強しかできない場合の PCM 吹付け工法による無筋コンクリート部材の曲げ補強効果を確認するため、載荷試験および FEM 解析を行い、実構造物へ適用を検討した。

2. 概要

対象部材の曲げ補強効果を確認するため、コールドジョイントの有無や補強区間をパラメータとした単純はりの載荷試験および FEM 解析を行った。コンクリートの圧縮強度に関しては実構造物と同程度の強度で試験を行った。表-1 に各材料特性値、表-2 に試験体種類を示す。ケース⑥は基準試験体、ケース⑦、⑧はコールドジョイントを有する試験体、ケース⑨、⑩は部分補強された試験体とし、各ケースにつき3体とした。また、各試験体のコールドジョイント間は芯材と呼ばれる鉄筋のみで連続させた。図-1 に試験体図 (ケース⑦)、図-2 に試験体図 (ケース⑩)、写真-1 に試験状況を示す。解析モデルは3次元モデル、要素寸法は 50×50×50mm、コンクリートと PCM および載荷板は8節点ソリッド要素、鉄筋には埋め込み鉄筋要素、コールドジョイント部には圧縮側はそのまま伝え、引張側はほとんど伝えないようなインターフェイス要素を用いた。支承にはトラス要素を用い、載荷板、支承ともに剛体と定義した。荷重条件は強制変位とし、境界条件は支点部両方の節点に鉛直方向変位成分を拘束し、支点部片方

写真-1 試験状況



表-2 各試験体種類

ケース	補強箇所	コールドジョイント
⑥	全断面	なし
⑦	全断面	1箇所
⑧	全断面	3箇所
⑨	下流側のみ	なし
⑩	下流側のみ	3箇所

表-1 各材料特性値

	圧縮強度 (N/mm ²)	弾性係数 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
コンクリート	14.9	1.9×10^4	1.94
PCM	64.5	2.7×10^4	4.12



図-1 試験体図 (ケース⑦)

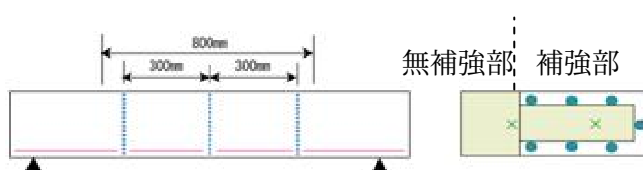


図-2 試験体図 (ケース⑩)

キーワード：PCM 吹付け工法 FEM 解析 補強区間 コールドジョイント

連絡先：〒819-0395 福岡市西区元岡 744 Tel: 092-802-3392

の節点に水平方向変位成分を拘束した。ひび割れモデルには分布ひび割れモデルを用いた。材料構成則に関しては、各強度試験から得られた強度を用いてコンクリート標準示方書に基づいて定式化した。

3. 結果および考察

各ケースの荷重変位関係を図-3、試験結果および解析結果を表-3、図-4に示す。試験および解析における降伏荷重は、補強鉄筋のひずみ値が降伏ひずみに最初に達した時点での荷重とした。図-3から各ケースとも補強鉄筋が降伏した荷重200–300kN程度以降に、PCMが圧縮破壊する曲げ圧縮破壊を呈していることがわかる。ジョイントの有無による明確な違いは見られないが、部分補強でジョイント有のケース⑩は、他のケースに比べて低荷重領域から剛性の低下が見られ、最大荷重では14%低下しているが、全体的な挙動はケース⑥とケース⑩に大差はないことがわかる。また、図-4より大荷重において試験値は設計値を上回る結果となった。なお、設計値は断面を全てコンクリートとして算出した。図-4の試験値に着目すると、ケース⑥に対する荷重低下の割合は、ケース⑩において最も著しく、ケース⑦ではあまり低下が見られなかった。この結果より、コールドジョイント1箇所の場合では補強効果に大きな影響はなく、荷重低下は複数のコールドジョイントや部分補強による影響であると考えられる。解析においても同様の傾向を示し、最大荷重においてはコールドジョイントや部分補強の影響を解析により再現できたといえる。

ジョイント部近傍での降伏荷重における補強部引張筋のひずみ分布の一部(ケース⑦、ケース⑧)を図-5に示す。ケース⑦、⑧共に解析においては試験に比べコールドジョイントの影響を顕著に受けていることを示す結果となった。この原因としては、解析時にはコールドジョイント部におけるせん断抵抗を無視しているのに対し、試験時にはコールドジョイント部におけるせん断抵抗が作用しているためと考えられる。

表-3 試験結果

ケース	降伏荷重(kN)			最大荷重(kN)		
	設計値	試験値	解析値	設計値	試験値	解析値
⑥	258	356	354	338	477	446
⑦	258	297	327	338	456	400
⑧	258	271	276	338	449	369
⑨	243	264	307	316	425	387
⑩	243	230	266	316	410	331

4. まとめ

- (1) 部分補強でコールドジョイントがあるような場合、荷重や剛性の低下は見られるが、ひび割れ性状や荷重変位挙動に大きな差は無く、PCM吹付け工法による補強を行えば、連続体のRCはりとして扱うことができる。
- (2) 降伏荷重では一部危険側の評価となったが、最大荷重においては全てのケースで安全側評価となったことから、部分補強でコールドジョイントを有する場合であってもPCM吹付け工法による補強効果は得られる。

参考文献：1)中村智他：PCM吹付け工法による既設RC橋脚の耐震補強に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，vol.29, No.3, 2007

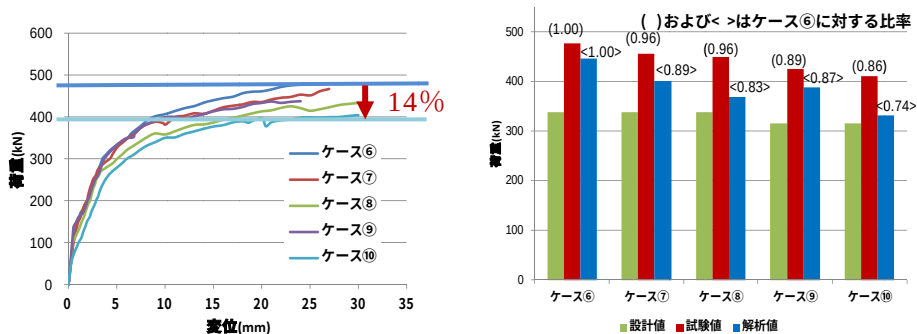


図-3 荷重変位

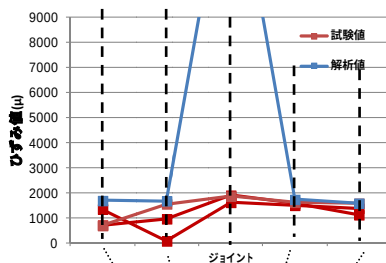


図-4 最大荷重

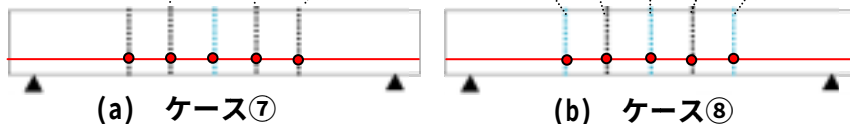


図-5 補強引張筋ひずみ分布(ケース⑦, ⑧)