

8. 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に関する研究

齊藤 創太

1. 目的

近年、老朽化したダムを対象としてダムピアの耐震補強が検討されている。本研究で対象としたダム(図-1)のピアは、構造用鉄筋が配筋されておらず、大規模地震時(レベル2地震)には倒壊に至ることも懸念されている。対象ダムを耐震補強するには、既設コンクリートのはつり量の低減、非出水期間内での施工といった条件があるため、薄肉かつ短期間で施工が可能なポリマーセメントモルタル(PCM)吹付け工法が採用された。しかし、本工法を適用するにあたって、既設部のピアの高さ方向にコールドジョイントが多数存在すること、ピアの上流部は補強できないことなどが課題として浮上した。そこで本研究では、母材コンクリートにコールドジョイントがある場合および下流側のみの補強を想定した部分補強の場合のPCM吹付け工法による曲げ補強効果を確認するため、载荷試験およびFEM解析を行い、実構造物へ適用を検討することを目的とした。

2. 内容

2.1 概要

対象部材の曲げ補強効果を確認するため、表-1のように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载荷試験およびFEM解析を行った。図-2に対象断面、図-3に拡大図、図-4に試験体断面図、図-5に試験体側面図を示す。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。解析モデルは3次元モデル、要素寸法は $50 \times 50 \times 50 \text{mm}$ 、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。コンクリート圧縮側には強度試験の結果を用い、引張側は既往研究により提案されている引張軟化曲線モデル式を用いた。



補強対象のダムピア

図-1 対象ダム

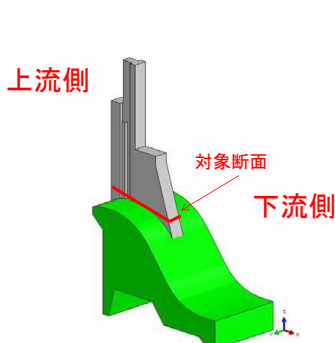


図-2 ピア対象断面

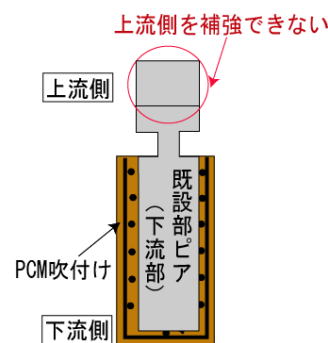
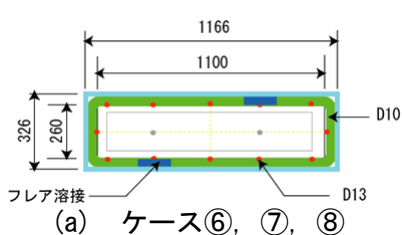
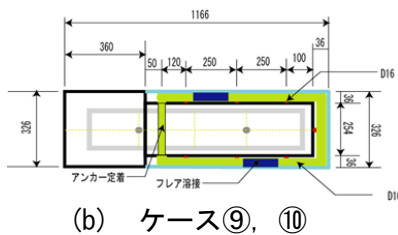


図-3 対象断面拡大図



(a) ケース⑥, ⑦, ⑧



(b) ケース⑨, ⑩

図-4 試験体断面図

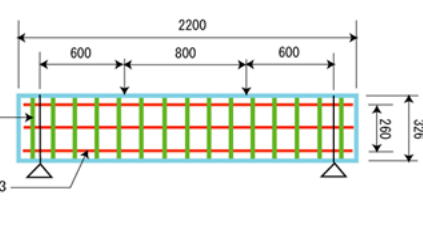


図-5 試験体側面図

表-1 試験体種類および結果

ケース	補強箇所	コールドジョイント	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	全断面	なし	258	356	354	338	477	446
⑦	全断面	1箇所	258	297	327	338	456	400
⑧	全断面	3箇所	258	271	276	338	449	369
⑨	下流側のみ	なし	243	264	307	316	425	387
⑩	下流側のみ	3箇所	243	230	266	316	410	331

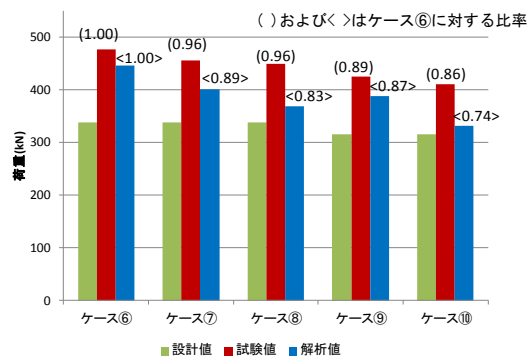
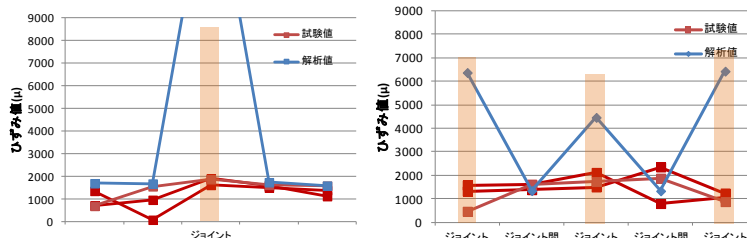


図-6 最大荷重



(a) ケース⑦

(b) ケース⑧

図-7 補強引張筋ひずみ分布(ケース⑦, ⑧)

2.2 結果および考察

試験結果および解析結果を表-1, 図-6 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. 最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-6 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-7 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.

また, ケース⑩の降伏荷重において試験値 230kN の設計値 243kN に対する比が 0.95 となり, 若干危険側に評価される結果となった. 安全側評価となるように補強筋量を増やしたケース⑩' について新たに FEM 解析により検討を行ったところ, 解析上 6%鉄筋量を増量すれば 5%の荷重増加が見込めるといいう結果が得られた. この結果より, 実構造物に適用する際, 現行の RC はりの曲げ補強の設計法により算出した鉄筋量に 6%の増量を行うと, 安全側に評価できると考えられる.

3. 結論

- (1) 最大荷重において試験値と解析値を比較すると, 全てのケースにおいて試験値が上回っている. 基準試験体であるケース⑥の試験値と解析値の比は 1.08 であるのに対して, コールドジョイントを有し, 部分補強であるケース⑩の比は 1.23 と大きく, レベル 2 地震時の照査で最も重要な最大荷重は安全側評価となり, 設計上想定される曲げ補強効果が得られた.
- (2) 解析により実構造物への適用を検討する際には, 解析では試験に比べコールドジョイントの影響を強く受ける傾向があること, 設計法により算出した鉄筋量に 6%増量を行うと安全側に評価できることの 2 点を考慮する必要がある.