

鉄筋とポリマーセメントモルタルによって 補強されたダムピアの耐震性能に関する解析的研究

九州大学

学生会員

○山崎 航希

九州電力(株)

非会員

山田 裕之

九州大学

正会員

玉井 宏樹

九州電力(株)

非会員

春口 雅寛

九州大学

フェロー会員

園田 佳巨

1. はじめに

既設 RC 橋脚の補強工法の 1 つに既設部の表面コンクリートをはつり、補強鉄筋を配した上からポリマーセメントモルタル（以下、PCM とする）を吹き付け、既設部と一体化する工法がある。一方、ダムピアとは図-1 に示した重力式ダム等の天端部分に設けられるゲートの開閉を担う塔状の構造物である。ダムピアはゲートの影響で全周補強が困難なため部分的な補強しかできない。部分的な補強に適した耐震補強工法の 1 つとして上記の補強鉄筋と PCM を用いた補強工法が挙げられ、先行事例として宮崎県内のダムにおいて本工法を用いた部分補強が行われた事例がある。しかし、本工法を用いた部分補強については明確な設計基準がない。そこで、本研究では本工法を耐震補強工法として一般化するための基礎検討として既に本工法が適用されたダムピアをモデル化し、地震応答解析を行うことで本工法の補強効果について検討を行った。さらに部分的に適用された場合の補強効果や破壊性状への影響についても分析を行った。



図-1 補強されたダムピア

表-1 材料物性値

	単位	コンクリート	PCM
密度	kg/m ³	2402	2300
静弾性係数	N/mm ²	26,250	27,000
圧縮強度	N/mm ²	20.6	64.5
引張強度	N/mm ²	1.89	4.12
ポアソン比	—	0.2	0.2

2. 解析概要

本研究では本工法の補強効果について確認するため、無補強モデルと全周補強モデルを作成し、比較を行った。全周補強モデルについては無補強モデルをベースとして、実際の工法に基づき、無補強モデルの表面部分のコンクリートの要素を PCM の要素に置き換え、PCM 要素中に補強鉄筋を配置した。また、補強範囲を半分にした部分補強モデルも同様に作成を行い、全周補強モデルと比較することで部分的な補強が補強効果や破壊性状にどのような影響を示すか確認した。無補強モデル、全周補強モデル、部分補強モデルの補強範囲および断面図を図-2 に示す。

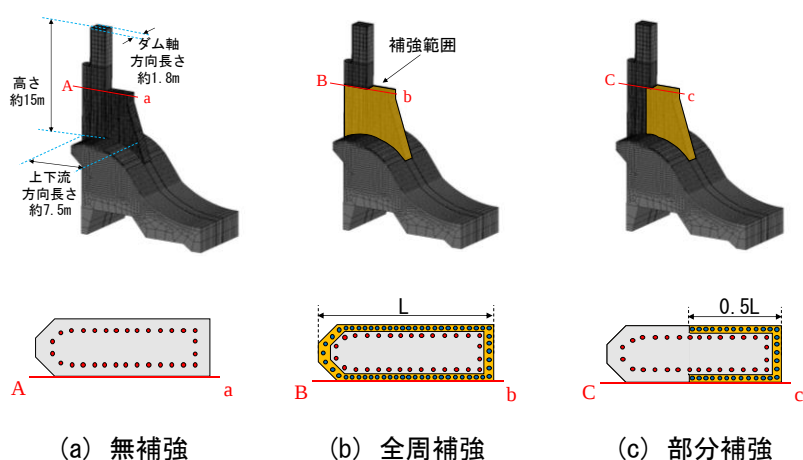


図-2 各モデルのモデル図および断面図

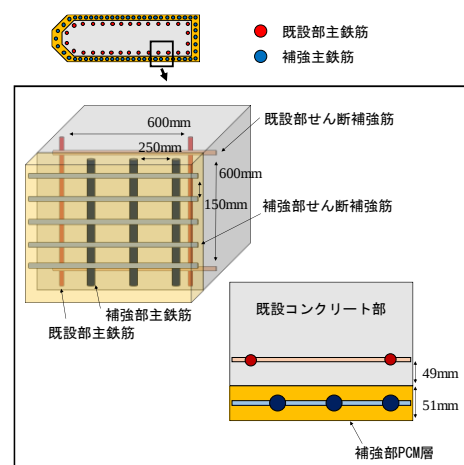


図-3 補強の詳細

キーワード：FEM，地震応答解析，ポリマーセメントモルタル，耐震工法，ダムピア

連絡先：〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 番地ウエスト 2 号館 11 階 1102 号室 TEL:092-802-3370

補強の詳細を図-3 に示す。解析には汎用有限要素解析ソフト MSC.MARC を用いて 3 次元地震応答解析を行った。時間積分法はニューマークベータ法を用いた。用いた加速度は図-4 に示す当該ダムピア地点の検討の際に用いられた地震波形の 0~20 秒間を入力した。この加速度をダムピアの弱軸方向に入力した。コンクリートと PCM の物性値は表-1 の通りである。境界条件については図-5 に示す通りである。開閉装置重量やゲートの接触部分については付加質量を用いてモデル中の対象節点に質量を与えることでモデル化を行った。動水圧についても同様にウエスターガードの式より対象節点に作用する動水圧を算出し、付加質量に換算することでモデル化を行った。

3. 解析結果

表-2 に各モデルのピア頂部およびゲート頂部（位置については図-4 参照）における最大変位とピア頂部が最大変位に達した時のピア根本部分における鉄筋の最大主ひずみを示す。また、図-6 に最大変位に達した時のコンクリートの最大主ひずみの分布を示す。コンターの最大値はコンクリートが軟化し、応力を受け持たなくなった段階のひずみ (0.06%) で、図中の赤色の点と番号はそのひずみのラインがどこからどのような順番で発生したかを示している。また、図-7 に各モデルのピア頂部とゲート頂部における時刻歴変位を示す。本解析ではダムピアの弱軸方向のみに加速度を入力しているにもかかわらず、ダムピアの形状やゲートおよび開閉装置の付加質量の影響によって、上下流方向にも変形していることが確認できた。ゆえに、図-6 に示すような複雑なひずみの分布になったと考えられる。特に部分補強モデルにおいて上下流方向の変位を確認したところピア頂部がねじれるような変形をしていることから、補強範囲によっては複雑な変形になり得るということが確認できた。補強効果については表-2 に示すように全周補強、部分補強ともに最大変位、鉄筋のひずみともに抑えることができたが、部分補強モデルでは図-6(c) に示すように補強されていない部分からひずみが進展するなど部分補強による影響が見られた。

4. 結論

全周補強、部分補強によって最大変位、鉄筋のひずみを抑えることができた。ピアの形状や補強範囲による影響で弱軸方向のみに加速度を入力しているにもかかわらず、上下流方向にも変位が生じ、複雑な変形形状になることが確認できた。また、ひずみの進展方向など部分補強による影響が確認できた。

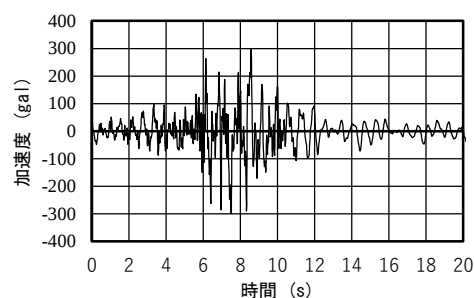


図-4 入力地震波形

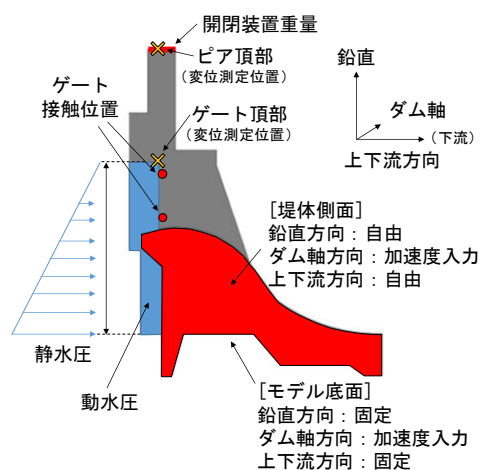
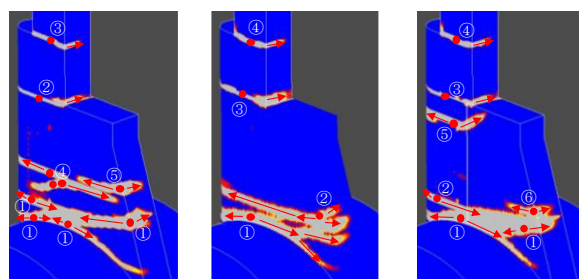


図-5 境界条件と変位の測定位置

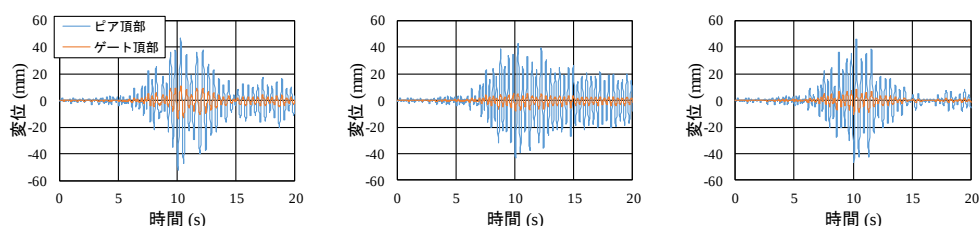
表-2 各モデルの最大変位・ひずみ

	単位	無補強	全周補強	部分補強
ピア頂部の最大変位	mm	52.3	43.4	47.0
ゲート頂部の最大変位	mm	13.6	8.34	10.5
ピア根本部鉄筋の最大主ひずみ	%	0.729	0.261	0.495



(a) 無補強 (b) 全周補強 (c) 部分補強

図-6 コンクリートのひずみの分布



(a) 無補強

(b) 全周補強

(c) 部分補強

図-7 時刻歴変位