

繊維グリッド補強した既設構造の隅角部の応力状態に関する基礎検討

九州大学大学院
九州大学大学院
九州大学大学院

学生会員
正会員
フェロー会員

○

古賀 智史
玉井 宏樹
園田 佳巨

1. 緒言

既設コンクリート構造物の補強工法の一つに、既設部の表面に炭素繊維グリッド（以下、CFRP グリッド）を設置し、ポリマーセメントモルタル（以下、PCM）を吹き付けて一体化する方法があり、既にボックスカルバートや橋梁に適用されている。高強度かつ軽量で耐腐食性があるといった材料自体の利点がある一方で、隅角部の施工は難しい場合がある。また、導水路トンネルなどは、覆工コンクリート側壁部とインバート端部の境界において内水圧作用時に応力が集中することがわかっており、隅角部の構造特性によるグリッド補強の効果は未解明であると言える。以上を踏まえて、本研究では、構造特性の異なる隅角部に対して、CFRP グリッド補強、または、一方向をガラス繊維としたハイブリッドグリッド（以下、HBG）補強した場合の耐荷性能や応力状態について FEM 解析による基礎検討を実施した。

2. 解析概要

2.1 解析モデル、解析ケース

解析対象は、一般的な無筋導水路の最小サイズのもの参照し、高さ 1,800mm、幅 1,800mm、奥行き 1,000mm、覆工コンクリートの厚みを 300mm とした。解決ケースを表-1 に示す。隅角部の角度は 90 度に設定し、補強に用いる FRP グリッドは、断面積 4.4mm² の規格（以下、CG4）のものを縦×横：50×50mm 間隔で配置したものとした。覆工コンクリート側壁部とインバート部は、一体構造、接触面 90 度、接触面 45 度の 3 ケースを設定した。接触面が 90 度のものについては、HBG の場合についても解析を実施した。図-1 に解析モデルの隅角部拡大図を図-2 に解析モデルの寸法と境界条件を示す。CFRP、HBG と PCM は節点を共有し、これらと覆工コンクリート間は完全付着によってモデル化している。拘束条件は、コンクリートの側壁部底面を垂直方向拘束、イン

バート部底面を全方向拘束とした。荷重方法は、図-2(b) に示すように、コンクリート側壁部の上端から 300mm の範囲に強制変位を作用させた。

表-1 解析ケース

解析ケース	グリッド仕様	隅角部の処置
Case A	CG4	一体構造
Case B	CG4	90 度方向接触
Case C	CG4	45 度方向接触
Case D	HBG4	90 度方向接触

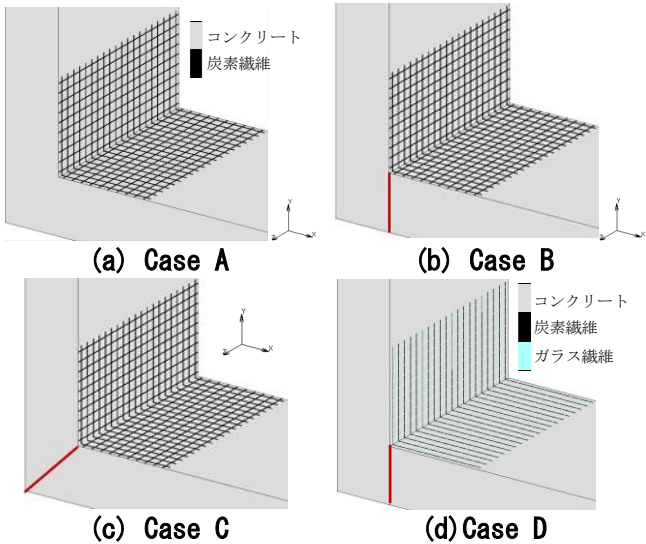


図-1 解析モデル（拡大図）

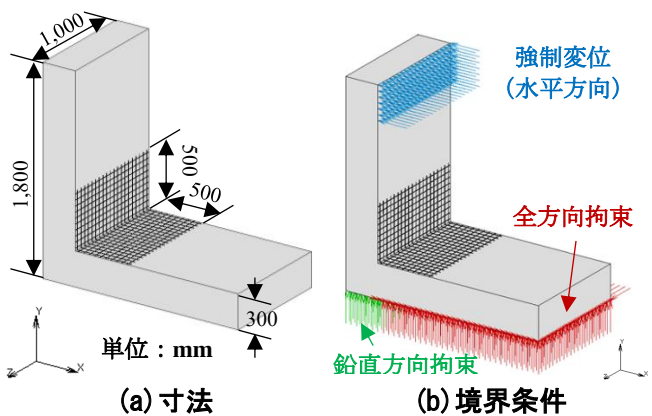


図-2 解析モデル図

キーワード FRP グリッド、有限要素法、導水路、補強・補修

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

2.2 材料特性

コンクリートと PCM の材料特性を表-2 に、炭素繊維、ガラス繊維の材料特性を表-3 に示す。

表-2 コンクリート，PCM の材料特性

	単位	コンクリート	PCM
静弾性係数	N/mm ²	22,000	22,000
圧縮強度	N/mm ²	18	21
引張強度	N/mm ²	1.58	2.1
ポアソン比	—	0.2	0.2

表-3 グリッドの材料特性

	単位	炭素繊維	ガラス繊維
静弾性係数	N/mm ²	100,000	36,000
引張強度	N/mm ²	1,400	740
ポアソン比	—	0.32	0.32

3. 解析結果

解析結果として、荷重-変位関係を図-3 に示す。この結果から、まず、変位の増加に伴い荷重も増加していくが、変位が 1mm となるあたりでどのケースにおいても一度荷重が低減し、その後変位の上昇に伴って荷重も増加傾向にあることが分かる。荷重が低減する要因には、コンクリートにひび割れが生じることが挙げられる。また、その後、荷重が増加する要因にはグリッドが荷重を受け持つためであると言える、図-4 に変位 1mm 時でのひび割れ分布を示す。Case A と B を比較すると、前者は側壁部にひび割れが発生しているが、後者は底板に発生している。これは Case B では、接触の処置によって変位の増加に伴い、コンクリート間に隙間が生じていくのに対し、グリッドと接着している底板が側壁に引っ張られるためである。

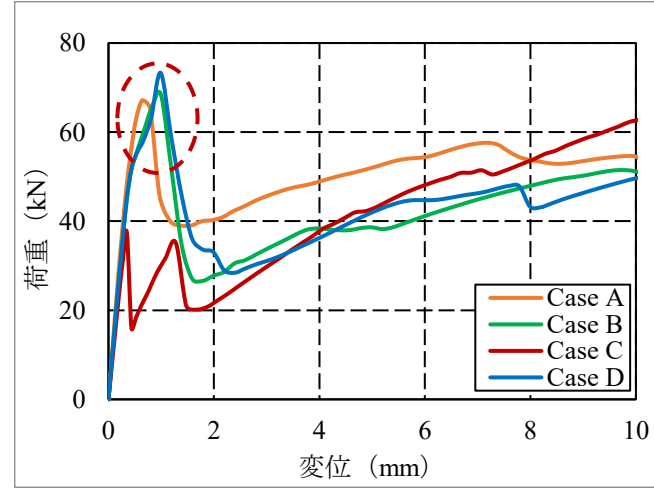


図-3 荷重-変位曲線

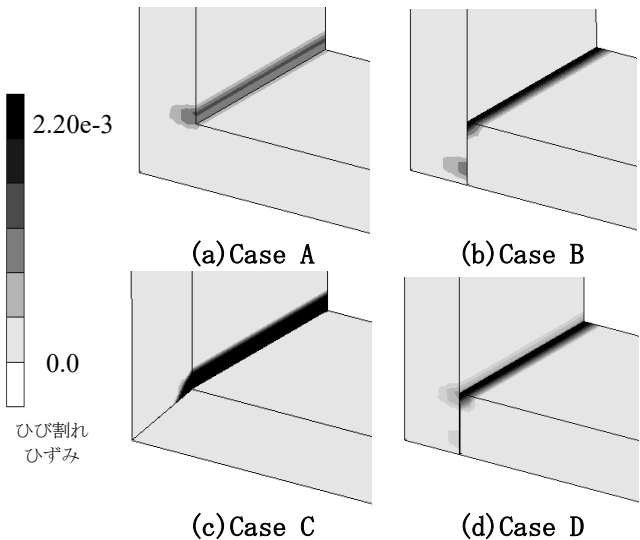


図-4 ひび割れ分布（変位 1mm 時）

4. 結論

導水路隅角部を模したモデルに一方向載荷を行った場合の解析により、以下のことが明らかとなった。

- 1) 荷重変位関係より、載荷方向に対して抵抗しない方向にガラス繊維を配置した場合においても、炭素繊維の場合と比較して大きな差は見られなかった。
- 2) 隅角部が一体構造であればコンクリート部のひび割れは側壁部から進展するが、90 度の接触がある場合は底板から進展するといった違いが生じる。