

FRPを用いた橋梁用伸縮装置の静的耐荷性能

宮地エンジニアリング株式会社 正会員 ○久保圭吾
九州大学大学院 正会員 山口浩平
西日本高速道路株式会社 今村壮宏

西日本高速道路株式会社 正会員 福永靖雄
九州大学大学院 フェロー 日野伸一
宮地エンジニアリング株式会社 桑山豊六

1. 目的

橋梁の伸縮装置は、気温の変化による橋梁の伸縮などの変形を吸収し、自動車や人が支障なく通行できるためのものであるが、構成材料である鋼材やゴムの腐食劣化により、伸縮装置はもとより、漏水などによる橋桁端部の損傷を誘発し、短期間で補修や取替えを余儀なくされている。この補修、取替えは、路面で施工する必要がある交通規制を伴うことから、伸縮装置の長寿命化が求められている。そこで本研究では、軽量で耐食性に優れ、様々な形状に成形できる特徴があるFRP材を適用した伸縮装置を開発した。ここでは、本伸縮装置の基礎的な耐荷力を確認するために実施した静的載荷試験¹⁾およびFRP製孔あきジベルの引抜き試験について報告する。

2. 静的耐荷力試験

FRP伸縮装置は、図-1に概要を示すように、型枠兼用の歯形部とリブ部を一体成形した構造としており、このFRPリブの孔をジベルとしてコンクリートとの一体化を図っている。ここでは、本伸縮装置の静的耐荷力、破壊メカニズムなど確認するため、実物大供試体による載荷試験を実施した。試験体は、本伸縮装置で対応する最大伸縮量である100mm(±50mm)のものをを用い、歯形部に着目した試験とするため床版部に箱抜きを設けず伸縮装置と一体でコンクリートを打設した。図-2に試験体図を、表-1に材料特性を示す。荷重は、輪荷重の接地面積200mm×500mmが歯形突出部に等分布で作用するものとし、単調増加で載荷した。

図-3に荷重と歯形部先端の変位の関係を、突出部のコンクリートの有効幅を250mmとした場合の計算値と共に示す。これより、160kN付近で一時的な荷重の減少が見られるが、これはコンクリート上面に曲げひび割れが生じた影響であり、概ね計算値と一致している。また、その後も荷重とたわみの関係は線形的に増加しており、FRPとコンクリートの合成断面として計算したFRP破断荷重と同程度の665kNで試験を終了した。なお、このときの破壊形態は、コンクリートを撤去した写真-1に示す状況から、FRP中央リブ上部の破断であり、計算上の仮定と一致している。さらに、図-4に示す中央のFRPリブの600kN載荷時の主ひずみ分布においてもFRP上部に引張力が作用していることから、コンクリートにひび割れが生じた後もFRPとコンクリートの合成断面で荷重に抵抗することがわかった。

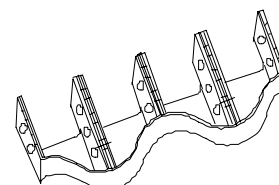


図-1 構造概要

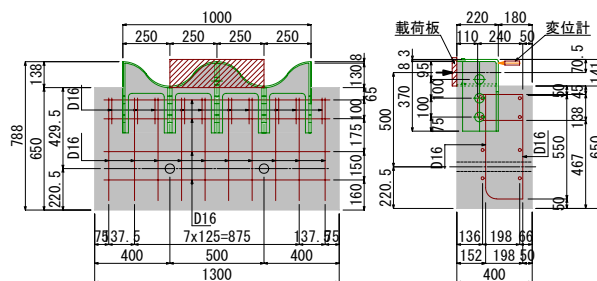


図-2 試験体図

表-1 材料特性

種類	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 (kN/mm ²)
GFRP	—	106	10.0
コンクリート	40.9	3.12	28.6

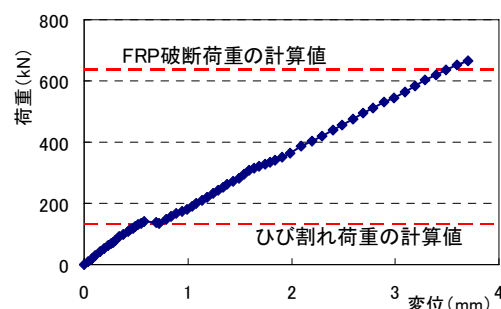


図-3 荷重-変位関係



写真-1 FRP破断状況



図-4 主ひずみ分布

キーワード FRP, 孔あきジベル, 伸縮装置, 耐荷力, 静的載荷試験

連絡先 〒103-0006 東京都中央区日本橋富沢町9-19 宮地エンジニアリング(株) TEL 03-3636-2064

3. FRP 孔あきジベル引抜き試験

FRP 伸縮装置では、コンクリートとの定着に FRP 製の孔あきジベルを用いている。このため、このジベルのずれ止め性能を確認するため、引抜き試験を実施した。供試体は、図-5 に示すように FRP 製孔あきジベルをコンクリートに埋め込んだ構造とし、種類は、表-2 に示すように、伸縮量に応じて設計した板厚でコンクリート強度を 2 種類変えたタイプで各タイプ 3 体用意した。なお、ずれ止めの設計値は、FRP による設計式がないことから、複合構造標準示方書の孔あき鋼板ジベルの設計式を準用して、孔部のコンクリートのせん断破壊と GFRP 板母材の引張破壊の二つの破壊モードで求めた。また、荷重は、FRP 板に治具を取り付けて油圧ジャッキで引抜く方法とし、同一タイプの 1 体は繰返し荷重、2 体は単調増加とした。

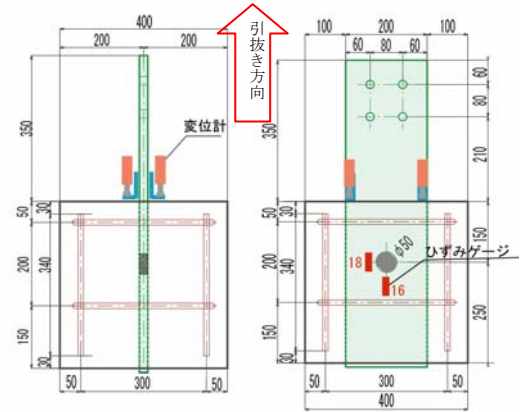
図-6 に、コンクリート上面での荷重と FRP の引抜き量の関係を、図-7 に type3-1 の孔の真横 (図-5 (b) の 18) と直下 (同 16) に貼付したひずみゲージの荷重とひずみの関係を示す。これらより、いずれの供試体も引抜き量が 120kN 付近で変曲点を有し、最大荷重が 200kN 程度となっており、タイプによる有意な差は見られない。また、孔の横(18)のひずみが 30kN 付近で線形性が失われていることから、この頃から FRP とコンクリートの付着切れが生じ始め、120kN 付近で孔の直下(16)の圧縮ひずみが増加し始めていることからこの段階で FRP とコンクリートの表面付着力がなくなり、FRP 孔が支圧状態となり、ずれ止めとして抵抗し始めたと推察できる。写真-2 は、type2-1 の試験終了後にコンクリートを撤去した状況を示しており、FRP の孔中央から引張方向に対して垂直な亀裂による破断が確認された。ただし、孔の近傍のコンクリートは健全であり、コンクリートのせん断破壊によるずれの形跡はなく、全供試体とも同様の破壊状況であった。しかしながら、表-2 に示す各供試体の最大荷重は 180~210kN であり、母材の PBL の引張破壊荷重よりも小さい値となっている。これは、FRP の孔付近の応力集中のためであると考えられ、コンクリートの設計せん断破壊荷重を上回る最大荷重となった供試体もあったことから、孔あき鋼板ジベルの設計式は適用できないことがわかった。

4. まとめ

静的荷重試験により、適切にコンクリートの有効幅を考慮すれば、FRP とコンクリートの合成断面として設計可能であることがわかった。また、FRP の孔あきジベルの引抜き試験より、FRP の孔付近の応力集中による影響で、FRP の破断強度が低下し、孔あき鋼板ジベルの設計式を準用できないことがわかった。

参考文献

- 1) 石本昌大, 山口浩平, 日野伸一, 今村壮宏, 久保圭吾: GFRP 製伸縮装置の開発および耐荷性能, 平成22年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp. 13-14, 2011



(a) 正面図 (b) 側面図
図-5 試験体概略図 (PBL 引抜き試験体)

表-2 試験体種類

type	伸縮量 (mm)	板厚 (mm)	GFRP引張強度 (N/mm ²)	コンクリート強度 (N/mm ²)	設計値 (kN)		最大荷重 (実験値) (kN)	最大荷重 平均値 (kN)
					せん断破壊	母材の引張破壊		
1	50	16	128	44.6	174	307	201	200
2				64.3	268	307	200	
3	80	18	117	44.6	187	316	210	197
4				64.3	287	316	181	
5	100	20	96.0	44.6	199	288	181	190
6				64.3	305	288	191	
							180	190
							190	
							200	190
							200	
							190	195
							200	

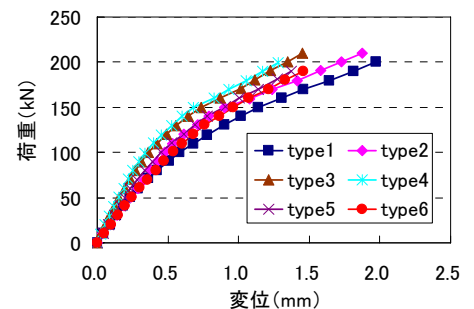


図-6 荷重-引抜き量関係

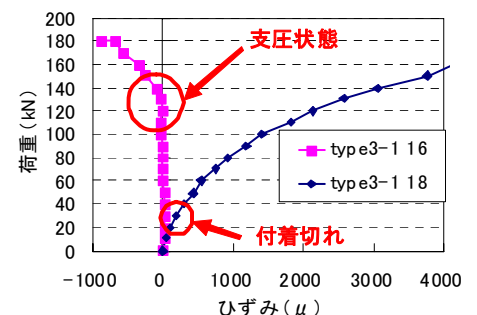


図-7 荷重-ひずみ関係



写真-2 FRP の破断状況