

2. ガラス繊維補強材を用いた橋梁伸縮装置の開発

石本 昌大

1. 目的

伸縮装置とは橋梁の路面上の桁端部に設置され、気温変化による橋梁の伸縮、地震時および車両通行に伴う橋梁の変形を吸収し、自動車や人が支障なく通行できるためのものである。伸縮装置は構成材料であるゴムや鋼材の劣化による漏水などにより、装置自身はもとより、橋桁端部の著しい損傷劣化を誘発し、補修サイクルは15年内程度と橋梁の寿命に比べて非常に短い。また、伸縮装置の補修は、交通規制渋滞を招くため迅速な施工が求められている。

そこで本研究では、伸縮装置としてGFRP（ガラス繊維強化ポリマー）の適用を検討した。GFRPは軽量で耐食性に優れ、また様々な形状に製作できる特徴がある。本年度はGFRP製の伸縮装置の性能を確認するため、GFRP製PBLのずれ止め性能および伸縮装置の破壊メカニズムや構造詳細を検討した。

2. 内容

2.1 伸縮装置模擬試験体の静的载荷試験

(1) 試験概要

図-1にGFRP製伸縮装置の構造、図-2に試験体概略図を示す。試験体は、実際の伸縮装置を模擬した孔あき鋼板ジベル（PBL）付き構造である。伸縮装置に最も厳しい輪荷重載荷状態を想定して、桁端試験体を片持ち支持した静的単調载荷を実施した。検討項目は、耐荷力、破壊メカニズムなどである。

試験体の歯形部の突出長は、最小遊間量20mm、設計伸縮量100mm、余裕量10mmの計130mmとした。

歯形部とは伸縮装置の突合せ部である。道路橋示方書に準じて輪荷重100kN、接地面積200×500mmとし、遊間部を除く歯形部に等分布に作用する場合を想定した。試験体の設計荷重92.9kNは、輪荷重の荷重載荷面積での単位荷重を算出し、それを歯形部の面積と掛け合わせることで算出した。

PBLのずれ止めの設計は、複合構造標準示方書に準じて鋼製PBLとコンクリートの設計式を用いた。PBLのずれ破壊よりも、PBLを曲げ補強材と見なした合成断面と仮定した場合の曲げによるPBLの引張破壊が先行するように設計した。設計上の引張破壊荷重は491kNである。なお、PBL1枚当たりの必要孔数は設計上1.4個であり、歯形部の凸部は3個、凹部は2個ずつ設けた。突合せ部である先端以外の孔（凹部の2箇所）には貫通鉄筋を挿入した。

(2) 試験結果

図-3は歯形部先端の荷重-変位関係を示す。最大荷重は設計荷重の7.34倍と大幅に上回っている。同図より、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（135kN）が生じたためである。

図-4は、5枚のうち中央のPBLの600kN時の主ひずみ分布を示す。同図より、全面に亘ってせん断と上部の引張力の作用が確認できる。

写真-1は、試験終了後の試験体上面のひび割れ状況

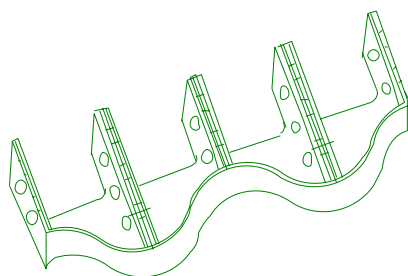
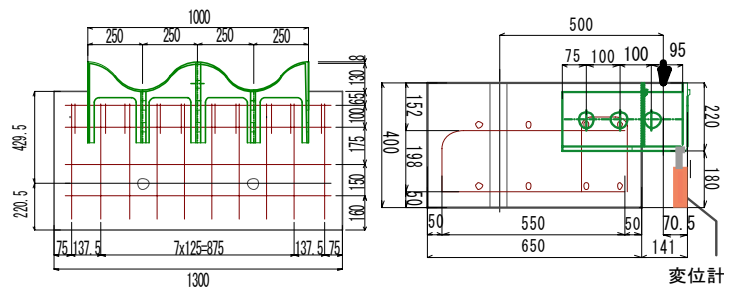


図-1 GFRP製伸縮装置の構造



(a) 上面図 (b) 側面図
図-2 試験体概略図（模擬試験体）

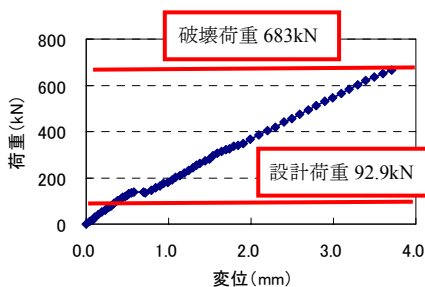


図-3 荷重-変位関係

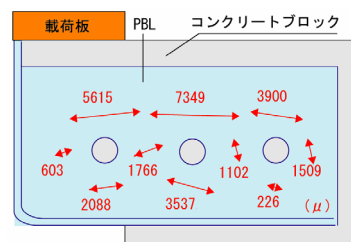


図-4 主ひずみ分布



写真-1 ひび割れ状況

況を示す。コンクリートブロック上面に示す3箇所に大きなひび割れがあり、①図-4の先端の孔、②載荷板の端（歯形部とコンクリートブロックの境界部）、③図-4の中央の孔が位置するコンクリート上面である。いずれも曲げによるひび割れである。試験後に、PBLの破壊状況を確認するためにコンクリートをはつたが、中央PBLには先端の孔からコンクリート上面近傍まで貫通した亀裂（PBLの引張破断）が確認された。最大荷重は683kNと設計上の引張破壊荷重を上回る結果であり、これは突合せ部先端の波形上のGFRP板も力に抵抗したためである。

2. 2PBL 引抜载荷試験

(1) 試験概要

FRP伸縮装置の桁端の定着はPBLによるずれ止め機能を想定するため、PBL引抜試験を実施した。

図-5に、試験体概略図を示す。コンクリートブロックに埋め込まれたGFRP製PBLに治具を取り付け、PBLを引抜く試験方法である。表-1は、試験体種類を示す。各タイプ3体用意し、1体は繰返し載荷、2体は単調増加で載荷した。試験体は、伸縮量に応じて板厚を変化させ、コンクリート強度は2種類とした。想定される破壊モードは、PBLのせん断破壊とGFRP板母材の引張破壊の二つである。なお、PBLのずれ止めの設計は、複合構造標準示方書に準じて鋼製PBLとコンクリートの設計式を用いた。

(2) 試験結果

図-6は、PBLのコンクリートブロック上面での荷重-引抜量関係を示すが、PBLが引き抜けて最大荷重に至る。図-7は、type3-1のPBLの孔の真横（図-5(a)の18）と直下（同16）に貼付したひずみゲージの値であるが、60kN付近でPBLとコンクリートの表面付着力がなくなり、また120kN付近でPBLがずれ止めとして抵抗し始めた。

写真-2は、type2-1のPBLの破断状況を示す。孔中央から引張方向に対して垂直な亀裂によるPBLの破断が確認された。また、孔の近傍のコンクリートは健全でありいわゆるずれ破壊の形跡はなく、全

タイプ同様の破壊状況であった。しかしながら、全てのタイプの最大荷重は180~210kNであり、PBLの引張破壊荷重よりも小さい。これは、孔付近の応力集中のためであると考えられる。

3. 結論

- ・設計輪荷重に対するひび割れ安全性は確保された。また、最大荷重は設計荷重の7倍と大幅に上回り、静的耐力は十分確保された。
- ・ひび割れ、破壊荷重など、FRPを構造部材として設計可能である。
- ・鋼製PBLに対するずれ止め設計を準用して、コンクリートへの定着耐力は確保できた。
- ・FRPはヤング係数が小さく、PBL孔断面の母材の引張破壊が先行して破壊した。
- ・FRP製PBLのずれ止め設計式の適用については検討が必要である。

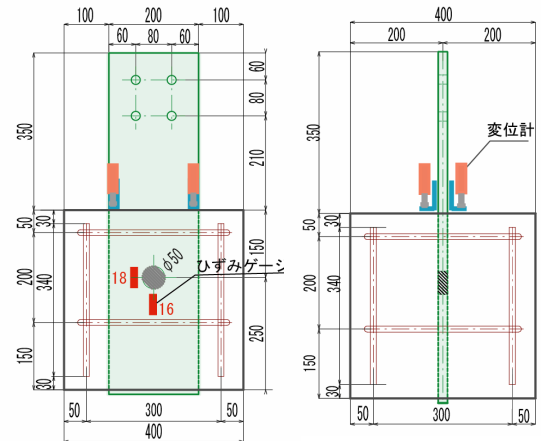


図-5 試験体概略図 (PBL引抜試験体)

表-1 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	200	200
					64.3	307	200	
2	50	16	128	64.3	268	307	210	197
					181	307	181	
3	80	18	117	44.6	187	316	180	190
					64.3	316	191	
4	80	18	117	64.3	287	316	180	190
					180	316	180	
5	100	20	96.0	44.6	199	288	190	190
					64.3	305	288	
6	100	20	96.0	64.3	305	288	190	195
					200	288	200	

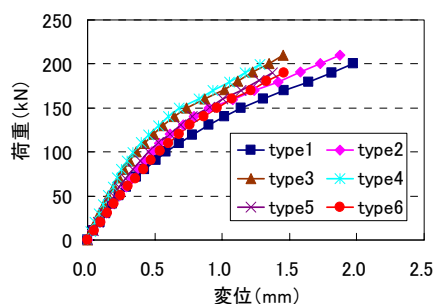


図-6 荷重-変位関係

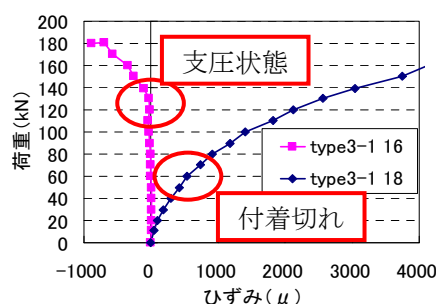


図-7 荷重-ひずみ関係

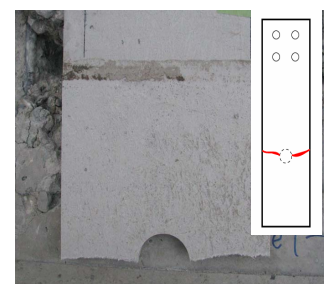


写真-2 FRPの破断状況