アップリフト作用を受ける孔あき鋼板ジベルの耐疲労性

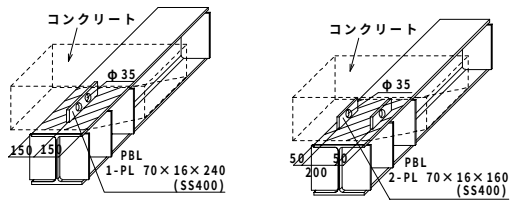
ﾚｰﾙｳｪｲｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ　正会員　保坂鐵矢　　川田工業　正会員○牛島祥貴
日本鉄道建設公団　正会員　光木 香　　川田工業　正会員　橘 吉宏
摂南大学工学部　正会員　平城弘一　　川田工業　正会員　山本成昭

１．はじめに

鉄道橋における複線２主Ｉ桁形式の合成桁のずれ止めには，一般的に馬蹄形ジベルが使用される場合がない．特に中間支点付近においては，床版と鋼桁との間に伝達される水平せん断力が増加するため，多数の馬蹄形ジベルを配置する必要が生じる．そこで近年，桁製作面において省力化が望め，馬蹄形ジベルと同等の水平せん断耐力を有し，高い耐久性を持ち合わせた孔あき鋼板ジベル（以下，PBL とする）が使用される．この PBL に対して，活荷重によって橋軸方向の桁の曲げ変形による水平せん断力に加えて，床版の橋軸直角方向の曲げ変形が横桁取付部で拘束され，PBL には引抜き力も生じる．PBL に働くこの引抜き力の大きさは横桁の剛性が支配的となるが，引抜き力は合成桁として PBL に橋軸方向のせん断力が加わった組み合わせ応力条件下で発生する．しかしながら，これまで PBL のせん断力が作用した状態で繰返し引抜き力が作用する場合の疲労強度についての研究・実験データがないのが現状である．そこで著者らは，アップリフト作用を受ける PBL の耐疲労性を確認するため，複合加力による疲労試験を実施した．本文はこれらの結果について報告する．

２．複合加力疲労試験の概要

PBL を用いた供試体の概念図を**図-1** に示す．PBL のフランジ上配置に対する影響を確かめるため，**図-1(a)**及び**(b)**に示すように１枚配置したケース（直列）と，２枚配置したケース（並列）の２タイプの供試体について疲労試験を行った．破線で示す部分がコンクリート床版に相当する．本試験においては活荷重によるアップリフト作用に着目するため，コンクリート床版下面が引張域となるように，床版の片持ち部の長さ（荷重載荷位置と逆側）を実橋梁のそれより短い 150mm とした．PBL の寸法は文献 1)の押抜きせん断試験による寸法と同等とした． PBL に作用するアップリフトを調べるため，PBL 直下の垂直補剛材にひずみゲージを添付した．さらに，コンクリート床版の変形を計測するため，コンクリートの両端部に変位計を設置した．供試体の設置および載荷状況を**図-2** に示す．載荷方法は列車荷重（M15 荷重を想定）による橋軸直角方向のアップリフト作用を再現するため，載荷荷重範囲Δp が 100～40kN の繰返し変動荷重を作用させた．Δp は疲労試験状況により決定したため，実活荷重に換算すると，例えばΔp が 50kN の場合では，約 2 倍以上の活荷重が作用していることになる．さらに，実橋梁で想定される橋軸方向の桁の曲げ作用を再現するため，50kN の水平一定荷重を作用させた．使用コンクリートの材料特性を**表-1** に示す．鋼部材と鉄筋はそれぞれ SS400・SD295A を使用した．試験条件および疲労試験結果を**表-2** に示す．



(a) 直列　　(b)並列

図-1 供試体概念図

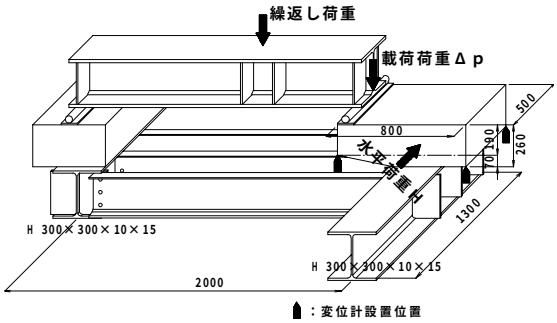


図-2 供試体の設置および載荷状況

表-1 コンクリートの材料特性

圧縮強度 f_c'(N/mm^2)	弾性係数 E(N/mm^2)	引張強度 f_t(N/mm^2)
37.4	2.97×10^4	2.92

表-2 試験条件および疲労試験結果

供試体タイプ		載荷荷重範囲Δp(kN)	破壊回数 (×10^{4}回)	破壊様式
PBL直列	P-S-1*	80	0.1	コンクリート
	P-S-2	55	6	コンクリート
	P-S-3	50	500→	—
	P-S-4	40	500→	—
PBL並列	P-P-1*	100	0.5	コンクリート
	P-P-2	55	500→	—
	P-P-3	50	500→	—

供試体タイプのPはPBL，Sは直列，Pは並列を示す．
*:参考文献2)の疲労試験データ

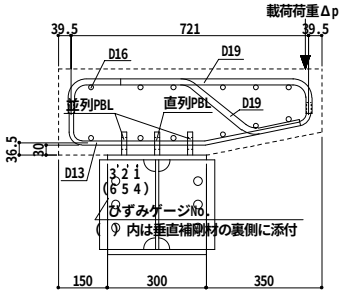


図-3 PBL とひずみゲージの位置関係

キーワード：合成構造，ずれ止め，アップリフト，孔あき鋼板ジベル(PBL)，疲労，複合加力
連絡先：〒550-0014 大阪市西区北堀江 1-22-19 川田工業株式会社　TEL 06-6532-4897　FAX 06-6532-4890

３．垂直補剛材のひずみ差と繰返し回数の関係

PBL 直下の垂直補剛材に添付したひずみゲージによる上限荷重と下限荷重のひずみ差，と繰返し回数の関係(例：P-S-2,P-P-2)を**図-4** に示す． 500×10^{4}回においても未破壊である並列の場合が，6×10^{4}回にてコンクリートが疲労破壊した直列の場合に比べて，垂直補剛材のひずみ差が大きい理由は，PBL の配置位置とひずみゲージ位置との関係が要因であると考えられる．垂直補剛材のひずみゲージ添付位置とPBL との位置関係を**図-3** に示す．**図-4** より並列配置は直列配置と比べて耐疲労性が高いことが分かる．

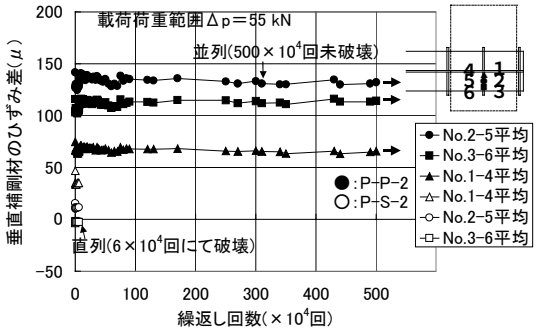


図-4 垂直補剛材のひずみ差と繰返し回数の関係（例：P-S-2，P-P-2）

４．コンクリートの変位差と繰返し回数の関係

コンクリートの両端部に設置した変位計による上限荷重と下限荷重の変位差，と繰返し回数の関係(例：P-S-2,P-P-2)を**図-5** に示す．直列の場合における沈み込み側の変位差は約 1mm であり，一方，並列の場合におけるそれは約 0.6mm である．この結果より，直列の場合は並列の場合に比べて 70%程コンクリートの変形量が大きく，早期にコンクリートが疲労破壊を起したと考えられる．**図-4** と同様に**図-5** より並列配置は直列配置と比べて耐疲労性が高いことが分かる．P-S-2 の破壊状況を**写真-1** に示す．

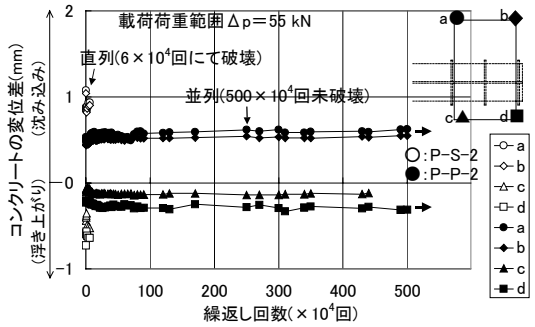


図-5 コンクリートの変位差と繰返し回数の関係（例：P-S-2，P-P-2）

５．載荷荷重範囲と疲労寿命の関係および考察

本実験から得られた載荷荷重範囲と疲労寿命の関係を**図-6** に示す．さらに，文献 3)のスタッドジベルの疲労試験結果も直接比較するために併記した．**図-6** より並列配置は直列配置に比べて耐疲労性に優れていることが分かる．本実験における PBL の破壊様式はコンクリートの疲労破壊であるため，載荷荷重範囲と疲労寿命の関係の傾きは緩くなる（直列：1/10.7）．一方，スタッドジベルはスタッド溶接部の疲労破壊であるためその傾きは急となり（1/4.71），アップリフト作用を受けるスタッドジベルの 200×10^{4}回疲労強度は JSSC 疲労設計指針の S 等級(せん断応力を受けるスタッドジベルの溶接継手)のそれより約 20%低下する．このように，PBL とスタッドジベルでは破壊様式が異なる．PBL の場合は，貫通鉄筋のかぶり量（貫通鉄筋と床版下面の距離）に配慮すること，PBL 周りのコンクリートの靭性を上げる構造とすること等，貫通鉄筋の下側コンクリートの疲労破壊を起さないような構造ディテールを採用することが必要である．

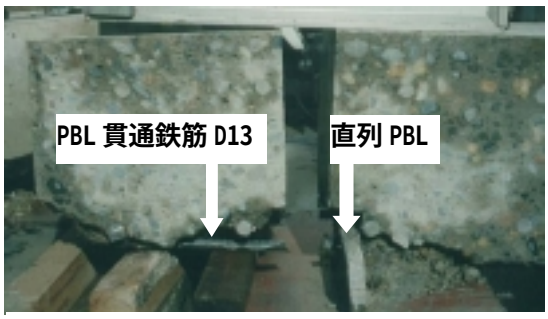


写真-1 破壊状況（例：P-S-2）

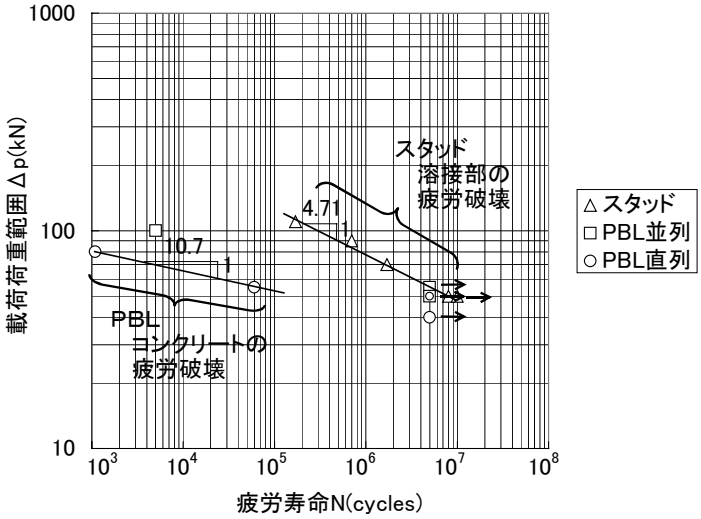


図-6 載荷荷重範囲と疲労寿命の関係

６．おわりに

FEM 解析により，ジベルにはせん断力に加え引抜き力が生じていることを確認している [4]．今回，疲労試験結果から，PBL の引抜き力に対する耐疲労性を確認することができ，本報告が疲労設計を行う上での一資料となるものと思われる．

謝辞：本実験を行うにあたり多大な御助力を頂いた摂南大学大学院の久保田善之氏に感謝の意を表します．

参考文献 1) 保坂鐵矢，光木香，平城弘一，牛島祥貴，橘吉宏，渡辺滉：孔あき鋼板ジベルのせん断特性に関する実験的研究，構造工学論文集 Vol.46A，2000.3　2) 保坂鐵矢，光木香，平城弘一，牛島祥貴，橘吉宏：アップリフト作用を受けるずれ止めの疲労挙動について，土木学会第 56 回年次学術講演会，2001.10　3) 保坂鐵矢，光木香，平城弘一，山本成昭，橘吉宏，牛島祥貴，久保田善之：引抜き力を受ける頭付きスタッドの疲労強度，土木学会第 56 回年次学術講演会，2002.9　4) 保坂鐵矢，堀地紀行，辻角学，橘吉宏，依田照彦：鉄道橋への複線２主Ｉ断面合成桁橋の適用関する解析的検討，土木学会第 53 回年次学術講演会，1998.10