軸方向に繰り返し荷重を受けるあと施工アンカーの実験的研究

東日本旅客鉄道（株）　正会員　○門　真太郎
東日本旅客鉄道（株）　正会員　田附　伸一
東日本旅客鉄道（株）　フェロー　岩田　道敏

１．はじめに

あと施工アンカー工法は，鉄筋コンクリート構造物の補強や改修の際に多く用いられる工法である．しかしながら，部材が疲労の影響を受ける場合には，あと施工アンカー工法による構造物の継足しは行われていない．

この理由としては，あと施工アンカー工法を用いた鉄筋に対する疲労の影響が明らかになっていないことが挙げられる．既往の研究[1]では，コンクリート圧縮強度，アンカーの径及び定着長をパラメータとしたあと施工アンカーの引張試験を実施し，あと施工アンカーの静的な特性の検討が行われているが，疲労に関する知見は見当たらない．よって，本研究では，あと施工アンカーの疲労特性を確認するため，あと施工アンカーを施工した梁部材に対して，応力振幅をパラメータとして疲労実験を実施した．本稿では，それらの結果について報告する．

２．試験体諸元及び実験方法

図 1 に示す梁試験体を用いて，疲労実験を実施した．試験体の諸元を**表 1** に示す．試験体は，橋梁のスラブ拡張を想定したものである．試験体の左半分を打込みし，コンクリートの強度が出た後にアンカーを施工し，右半分を打込みし製作した．**表 2** には材料強度及び耐力を示す．耐力は引張鉄筋が 4 本の区間の値を示している．耐力比が 1 以下となり，せん断破壊先行型の構造となっているが，この区間にはせん断力は発生しないため，曲げ破壊で壊れる設計になっている．アンカーに貼り付けるひずみゲージは，①から④の鉄筋に先施工側とあと施工側それぞれ中心線から 30mm の位置に 1 枚ずつ貼り付け，合計 8 箇所で鉄筋のひずみの計測を行った．

接着剤は，無機系セメント系アンカーの中で注入式のモルタル系アンカーを用いた．アンカー孔は，ボイドによる箱抜きで行っている．孔径は 26mm とし，定

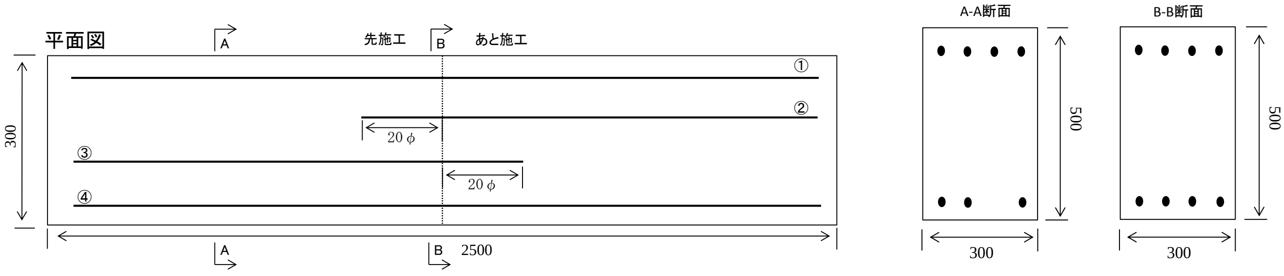

図 1　試験体概要図

表 1　試験体諸元

試験体	断面寸法 (mm)	長さ（mm）	圧縮鉄筋（SD345）	せん断スパン（mm）	引張鉄筋 (SD345)	削孔径（mm）	定着長
No.1	300×500	2500	D10×4	750	D16×4	26	20 φ (=320mm)
No.2	300×500	2500	D10×4	750	D16×4	26	20 φ (=320mm)

表 2　材料強度及び耐力

試験体	コンクリート圧縮強度		引張鉄筋		曲げ耐力時の設計せん断力 V_{mu}（kN）	設計せん断耐力 V_{yd}（kN）	耐力比
	先施工（N/mm^2）	あと施工（N/mm^2）	降伏強度（N/mm^2）	降伏ひずみ（μ）			
No.1	24.6	22.4	365	1883	202	198	0.98
No.2	22.4	22.1	365	1883	202	198	0.98

キーワード　あと施工アンカー，鉄筋コンクリート構造物，疲労試験，応力振幅
連絡先　〒980-8580　宮城県仙台市青葉区五橋一丁目　東北工事事務所　工事管理室　TEL:022-266-3713

写真１　載荷状況（No.１）

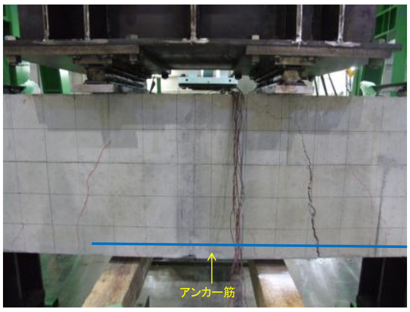

写真２　載荷終了後(No.１)

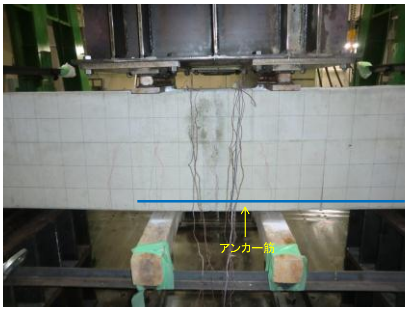

写真３　載荷終了後(No.２)

表３　繰り返し載荷パラメータ

試験体	載荷重 P（kN）	P_{max}/V_{mu}	アンカー筋にかかる応力度 (N/mm^2)
No.1	90-10	0.45	179
No.2	60-10	0.30	112

表４　実験結果

試験体	繰り返し載荷回数（回）	鋼材の疲労寿命の計算値（回）	静的載荷実験の最大荷重 (kN)
No.1	799,200	1,724,721	60
No.2	4,897,808（破壊せず）	86,733,633	136

着長は基本定着長の 20 φ で行った．

載荷方法に関しては，**写真 1** に示すように 1 軸載荷装置のアクチュエータに載荷点間隔が 500mm の載荷吊具を用いて，2 点で載荷した．**表 3** には繰り返し載荷パラメータを示す．載荷周波数は 8Hz である．なお，荷重が 5kN 以下となった時点，または，アクチュエータの変位が初回最大荷重載荷時の変位より 15mm 以上大きくなった時点で繰り返し載荷終了としている．また，疲労実験で部材が破壊しなかった場合は，静的載荷実験を実施した．

３．試験結果及び考察

表 4 に実験結果を示す．なお，参考値として，参考文献 [2)]の鋼材の疲労強度の式から算出した疲労寿命の計算値も記載する．No.1 は載荷回数が 799,200 回で荷重が低下し，繰り返し載荷終了となった．繰り返し載荷終了時の No.1 を**写真 2** に示す．先施工側に比べてコンクリート強度が低かったあと施工側において，引張鉄筋が 4 本から 3 本になる断面から載荷点に向けてひび割れが発生した．破壊の形態としては，繰り返し載荷に伴ってひび割れが進行し，繰り返し載荷が終了する直前にアンカー筋が抜け出し，荷重を負担できなくなり，破壊に至った．また，繰り返し載荷終了直前のアンカー筋のひずみは変動していなかった．

繰り返し載荷終了後の静的載荷実験の最大荷重の結果は 60kN であり，設計せん断力と比較すると約 0.30 倍の値であり，繰り返し載荷の影響により耐力が大きく低下したことが分かる．この理由としては，アンカー筋が抜け出した時点で耐力が低下し，その後の載荷でひび割れがさらに進展したことで，耐力が低下したためである．

No.2 は 4,897,808 回載荷を行ったが，荷重が低下せずに，繰り返し載荷実験を終了した（**写真 3**）．No.1 と同様に，引張鉄筋が 4 本から 3 本になる断面あたりからひび割れは底面から 300mm ほどの高さまで進行しているが，No.1 に比べてひび割れ幅は小さかった．**表 3** に示すように静的載荷実験の最大荷重は 136kN であり，曲げ耐力時の設計せん断力 Vmu に比べて 0.69 倍の値であった．

No.1 は，鉄筋の疲労寿命と比較して低い回数で破壊に至っている．破壊のメカニズムはアンカー筋の疲労ではなく，接着材の付着が疲労により破壊したものと考えられる．そのため，今後はアンカー筋にかかる応力度を低下させるような補強方法及び抜け出しに抵抗する補強方法を検討する必要があると考える．

４．まとめ

本実験で得られた知見を以下に示す．

（i）　あと施工アンカー部材の疲労強度は，荷重振幅に伴う，アンカー体の付着性能で決定される．

参考文献

1) 清水泰：金属拡張系あと施工アンカーの引抜き耐力に関する研究，日本建築学会構造系論文集，Vol.471，pp.131－139，1995.5

2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物設計標準・同解説コンクリート構造物，丸善，2004.4