

ハチ接続された壁部材の接続部破壊性状に関する実験的検討

東日本旅客鉄道（株）正会員 ○鈴木 裕隆
東日本旅客鉄道（株）正会員 渡部 太一郎
東日本旅客鉄道（株）正会員 津吉 毅

1. はじめに

駅部等に建設された壁式橋脚では、壁直角方向に隣接する別の壁式構造物（建築壁など）がある場合が少なくない。このような構造物を耐震補強する場合、それぞれ個々に補強するのが一般的であるが、これらを構造的に安定した一体構造化することができれば、耐震性を大幅に向上させることができる。一体構造化を実現するためには、両壁を接続することが現実的であるが、今回、その接続方法として、両壁にアンカージベル鉄筋を差込み、その鉄筋を巻き込む形でコンクリートを打込み、ハチ部を構築し接続する方法（ハチ接続工法）を考案した（図-1）。このハチ部に求められる性能としては、主に、両壁部材を接続するハチ部の各軸方向に発生するせん断力を確実に伝えること、及び、壁部材がハチ部を境に互いに面外回転し、片側のハチ部が圧縮側、その逆側のハチ部が引張側となる場合に破壊しないことの2つが考えられるが、本稿では、後者について実験的検討を行った結果を報告する。

2. 試験概要

試験体の概要を図-2に示す。試験体は、隣接した壁式構造物（躯体部、フーチング部）がハチ部で接続されている構造を模擬した。また、フーチング部、躯体部、ハチ部の順でそれぞれ別々にコンクリートの打込みを行い、それぞれの部位がジベル鉄筋のみで接続されている状況を模擬した。ハチ部の破壊性状を確認することを目的に、躯体部及びフーチング部については十分な鉄筋を配置し、試験時に破壊させないようにした。配置するジベル鉄筋は躯体部及びフーチング部それぞれに30φ（φ：鉄筋径）の定着長をとり、ハチ部内は重ね継手（重ね継手長：30φ）とした。試験体のタイプを表-1に示す。配置するジベル鉄筋の量及び配

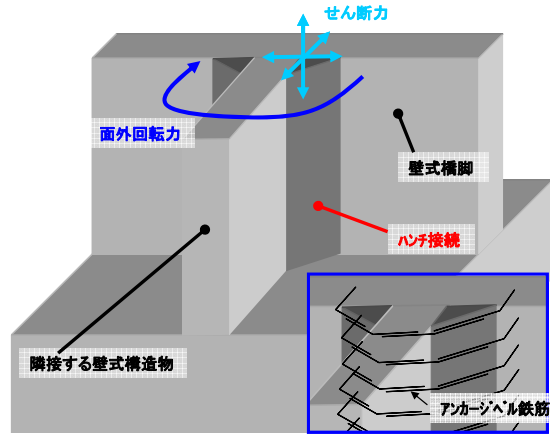


図-1 ハチ接続工法の概要

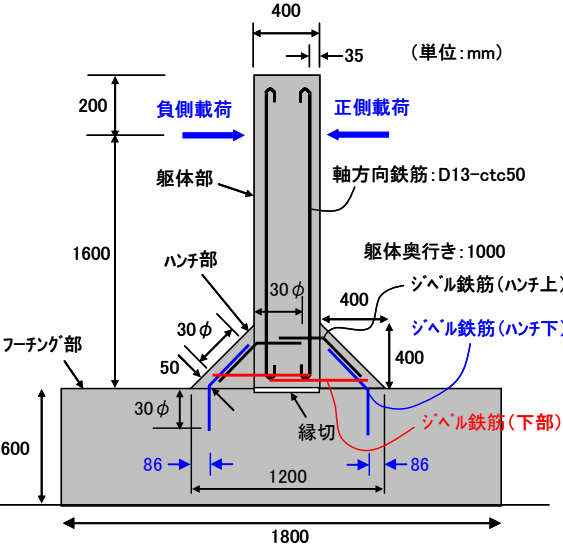


図-2 試験体概要

表-1 試験体概要及び実験値と計算値の比較

Type	f_c			f_{sy}	ジベル鉄筋			正側		負側		正側		負側		正側		負側	
								P_{yexp}	P_{uexp}	P_{yexp}	P_{uexp}	$\frac{P_{yexp}}{P_{ycal1}}$	$\frac{P_{uexp}}{P_{ual1}}$	$\frac{P_{yexp}}{P_{ycal1}}$	$\frac{P_{uexp}}{P_{ual1}}$	$\frac{P_{yexp}}{P_{ycal2}}$	$\frac{P_{uexp}}{P_{ual2}}$	$\frac{P_{yexp}}{P_{ycal2}}$	$\frac{P_{uexp}}{P_{ual2}}$
	フーチング*	躯体	ハチ		ハチ上	ハチ下	下部												
1	44.4	23.2	25.9	352	D13-ctc200 (6本)	D13-ctc200 (6本)	—	90	120	-91	-122	0.71	0.86	0.72	0.87	1.57	1.98	1.58	2.02
2	42.4	23.9	26.9	356	D10-ctc250 (4本)	D10-ctc250 (4本)	—	49	64	-41	-71	1.01	1.20	0.83	1.33	2.23	2.81	1.84	3.13
3	49.1	20.6	23.9	352	D13-ctc100 (12本)	D13-ctc200 (6本)	—	100	178	-104	-168	0.79	1.28	0.82	1.20	0.90	1.52	0.93	1.43
4	45.9	25.3	20.8	352	D13-ctc200 (6本)	D13-ctc200 (6本)	D13-ctc200 (6本)	131	170	-119	-156	1.04	1.22	0.95	1.12	2.30	2.86	2.09	2.61

※ f_c :コンクリート強度, f_{sy} (N/mm²):鋼材強度 (N/mm²)
 P_{yexp} :降伏荷重(実験値) (kN), P_{ucexp} :最大強度(実験値) (kN)
 P_{yexp}/P_{ycal1} :降伏荷重(実験値)/計算値(全断面考慮), P_{ucexp}/P_{ucal1} :最大荷重(実験値)/計算値(全断面考慮)
 P_{yexp}/P_{ycal2} :降伏荷重(実験値)/計算値(斜め断面), P_{ucexp}/P_{ucal2} :最大荷重(実験値)/計算値(斜め断面)
全断面考慮: 断面 A-A(写真-1), 断面高さ h=1200mm,幅 b_w=1000mm,引張鉄筋=ジベル鉄筋(縁端からの距離 86mm)
斜め断面: 断面 B-B(写真-1), 断面高さ h=509mm,幅 b_w=1000mm,引張鉄筋=ジベル鉄筋(縁端からの距離 0mm)

置位置を主パラメータとし、4体製作した。

荷重は正負交番荷重とした。正側に荷重しハチ部に配置したジベル鉄筋が降伏した時点で負側へ荷重した。正側と負側の降伏時変位の平均値を $1\delta y$ と設定し、その後、 $2\delta y \sim 10\delta y$ までは $1\delta y$ 刻み、 $12\delta y \sim 20\delta y$ までは $2\delta y$ 刻み、それ以降は $24\delta y$, $28\delta y$, $32\delta y$, $40\delta y$, $48\delta y$ とし、荷重が降伏荷重の半分程度以下まで低下するまで荷重を行った。

3. 破壊性状

試験の状況を写真-1～3に、荷重と変位(包絡線)の関係を図-3に示す。荷重初期から圧縮側のハチ部と躯体部の間にひび割れ(せん断ずれ)が発生し、引張側はハチ部と躯体部との間付近に位置するジベル鉄筋が降伏する挙動を示した(写真-1参照)。その後、躯体基部の圧縮側コンクリートの損傷に伴い荷重が減少し始めたが、変位の増加に対し、ハチ部と躯体部との間付近に位置するジベル鉄筋の伸び量が増加することで、最終的にジベル鉄筋が破断するまで荷重の低下する割合は緩やかであった。Type4については、基部に配置したジベル鉄筋の効果により、Type1～3と比較して、Type1～3で発生したハチ部と躯体部との間のひび割れ(縁切れ)が抑制されることで、圧縮側のハチ部も圧縮コンクリートとしてある程度抵抗することにより最大荷重が増加した。その反面、荷重の低下が早くなる傾向が見られた。写真-3にType4の試験終了後の状況を示す。

実験値と計算値の比較を表-1に示す。計算は鉄道構造物等設計標準¹⁾を用いて行い、ハチ部底面が全断面有効(写真-1断面A-A参照)とした場合(Cal1)、及び、実験の結果から想定される抵抗断面(写真-2断面B-B参照)を有効とした場合(Cal2)の2ケースについて行った。なお、計算にあたっては、検討断面に対し鉄筋が傾斜していることを考慮し、鋼材の強度を角度補正($1/\sqrt{2}$)した。

Cal1については、Type1で最大荷重 P_{uexp} が計算値 P_{ucal1} を下回った。これは、今回の形状では躯体が損傷し、破壊性状が全断面有効とはならなかったことが一因と考えられる。Cal2については、すべての試験体で最大荷重 P_{uexp} が計算値 P_{ucal2} を上回ったことから、安全側に評価できているものと考えられる。しかし、降伏荷重については、Type3で降伏荷重 P_{yexp} が計算値 P_{ycal2} をやや下回った。これは、鉄筋の配置上、荷重初期においては、ジベル鉄筋の曲げ加工部が伸ばされる状況になり、引張材としての効果がやや低減したことによるものと推定される。

4. まとめ

- (1) 今回、アンカージベル鉄筋を2つの壁部材に差込み、ハチ構造を追加することにより両壁部材を構造的に接続するハチ接続工法について、ハチ部の面外回転による破壊性状に関する実験的検討を行った。圧縮側のハチ部と躯体部の間にせん断ずれが初期から発生し、躯体基部が圧縮、引張側ハチ部と躯体部との間のジベル鉄筋が引張となるような耐荷機構を示した。また、ジベル鉄筋の量を増やすことで、接続部の耐力(最大荷重)は向上し、最大荷重後も、ジベル鉄筋が破断するまでは急激な荷重低下は起らない破壊性状を示した。
- (2) 面外方向に回転する場合の接続部の耐力(最大荷重)は、破壊性状をもとに想定した破壊断面をもとに計算することにより安全側に評価できる。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物，2004.4

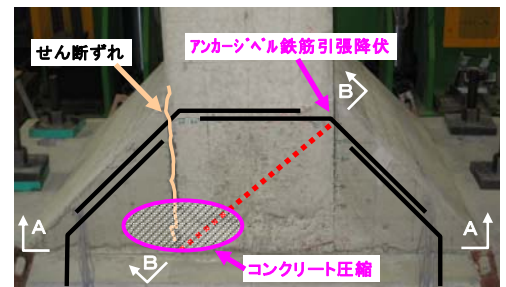


写真-1 Type1 $10\delta y$ ($\delta=2.3\text{mm}$)時の状況
〔荷重方向：正側(左←右)〕

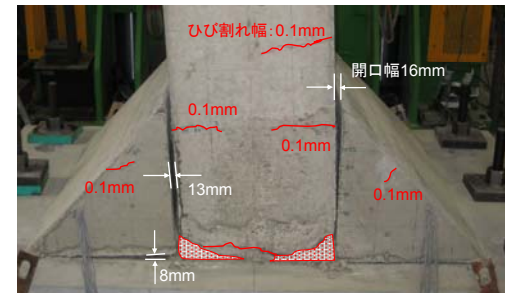


写真-2 Type1 $28\delta y$ ($\delta=64.4\text{mm}$)時の状況
〔荷重方向：正側(左←右)〕



写真-3 Type4 試験終了後の状況

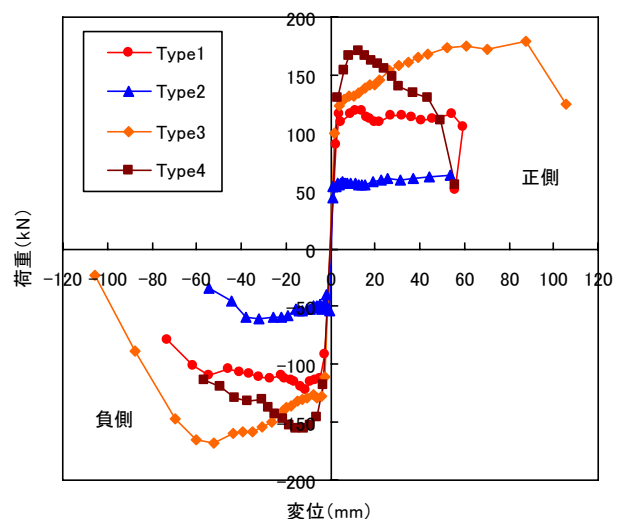


図-3 荷重と変位の関係