繰り返し載荷条件を変えたアンカーボルト接合部の耐荷性能に関する基礎的研究

愛知工業大学　学生会員　○近藤駿光　愛知工業大学　正会員　鈴木森晶
愛知工業大学　正会員　宗本　理　愛知工業大学　正会員　嶋口儀之

1. 序論

複合構造の接合部では，あと施工アンカーが落下防止装置をはじめ，様々な構造物に使用されている．近年では，笹子トンネルの天井板落下事故のようにボルト接合部の破壊により重大な事故につながる可能性があり，今後ボルト接合部を適切に維持管理していく方法を検討する必要がある．現在，アンカーボルトの鉄筋形状の違いや付着の有無に着目した引き抜き試験に関する研究は数多く実施されてきたが，地震波を想定した繰り返し載荷によるあと施工アンカーボルト接合部の残存耐荷性能に関する研究はあまり行われていない．そこで本研究では，モルタルにあと施工により埋め込んだアンカーボルトを対象とし，載荷条件が耐荷性能に与える影響について検討を行う．具体的には，ボルトの抜出し量と載荷速度の変化がボルト接合部の耐荷力や破壊性状に与える影響について検討をする．

写真-1 ボルト接合部被災例

2. 実験概要

2.1 供試体概要

図-1 にアンカーボルト接合部の設計荷重に関するグラフを示す．本研究で用いた実験供試体は，幅，奥行きともに 500mm，高さ 300mm のモルタルブロックに全長 400mm のアンカーボルトを 200mm 埋め込んだ．アンカーボルトは D29 とし，材質は SD345 を使用した．今回埋め込み深さの設定として図-1 より埋め込み深さ 200mm の場合，約 100kN から 150kN あたりで付着破壊やコーン破壊，またはこの破壊性状が同時に発生する複合破壊が発生する可能性があることがわかっているため，埋め込み深さを複合破壊が発生する可能性のある 200mm とした．D10 の補強鉄筋をかぶり 50mm の位置に配置した．ひずみゲージの貼り付け部分として，埋め込み深さ 200mm，140mm，80mm とした．また，治具とアンカーボルトを連結させるためにモルタルから突出しているアンカーボルト部分の上端部から 100mm を掘削加工している．

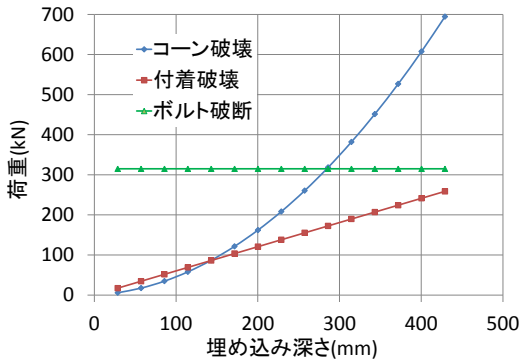

図-1 ボルト接合部の設計荷重

2.2 試験ケース

試験ケースを表-1 に示す．試験ケースとして載荷速度が 0.2Hz，2Hz，ボルトの抜出し量を 5mm，10mm の合計 4 ケースと静的引抜き試験のみの 1 ケースを含めた 5 ケースに対し，各 3 体ずつ，計 15 体の試験を行う．今回の試験では繰り返し載荷回数は固定せず，目的とする抜出し量までボルトが抜け出すまで荷重制御（最大 100kN）で載荷を行った．

2.3 試験方法

載荷試験概要を図-2 に示す．上記の載荷ケースで繰り返し載荷を行った後，静的引抜き試験を行う．実験には 4830 形制御装置 SHIMADZU サーボパルサを使用する．その際供試体上面部を固定する治具と試験機底面，アンカーボルトを固定する治具と試験機をそれぞれボルトで固定し，試験機を鉛直方向に動かすことでアンカーボルトを引抜く．

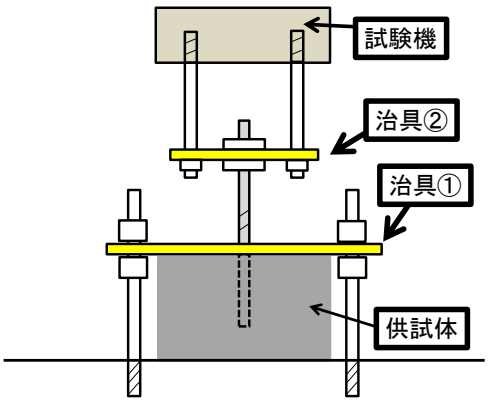

図-2 載荷試験概要図

表-1 試験ケース

		ボルト抜出し量(mm)	
		5.0	10.0
載荷周波数（Hz）	0.2	3体 (DT0.2_5)	3体 (DT0.2_10)
	2.0	3体 (DT2_5)	3体 (DT2_10)

3. 実験結果

3.1 ボルト抜出し量による比較

載荷速度2Hzでのボルトの抜出し量を変えた荷重-変位関係を図-3 に示す．荷重-変位関係からどの供試体でも約 3，4m に到達したときに最大荷重を迎えていることがわかる．表-3 の実験結果から最大荷重について，DT2_5 では約 29%，DT2_10 では約 49%の低下がみられ，DT0.2_5 で約 36%，DT0.2_10 では約 54%低下した．最大荷重時での初期剛性を比較すると，DT2_5 で約 22%，DT2_10 では約 57%，DT0.2_5 で約 48%，DT0.2_10 では約 63%となりそれぞれ低下した．この事から，ひずみ効果速度が初期剛性の低下に影響していると思われる．

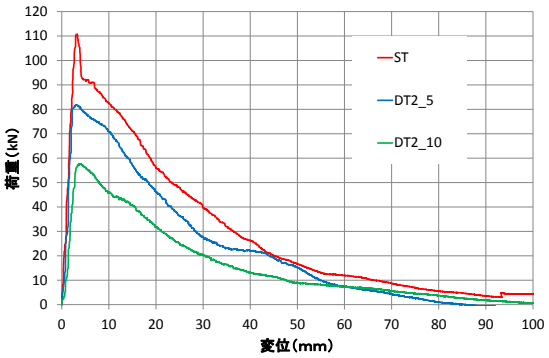

図-3 抜出し量の変化

3.2 載荷速度での比較

抜出し量 10㎜ で載荷速度を変化させた荷重-変位関係を図-4 に示す．結果から，載荷速度別でのグラフの最大荷重を比較すると，約10kNほどの変化がみられた．このため載荷速度がボルトの最大荷重に与える影響は少ないと思われる．初期剛性は，載荷速度2Hz で抜出し量5㎜では約22%，10㎜ で約 57%，載荷速度 0.2Hz の抜出し量 5㎜ で約 48%，10㎜ で約63%とそれぞれ低下した．抜出し量5㎜では初期剛性に違いがみられるのに対し，10㎜ のケースでは，初期剛性の変化はほとんどみられなかった．理由として抜出し量10㎜のケースでは，繰り返し載荷の段階でコーン破壊性状が形成されてしまい，最大荷重に与える影響が少ないと考えられる．

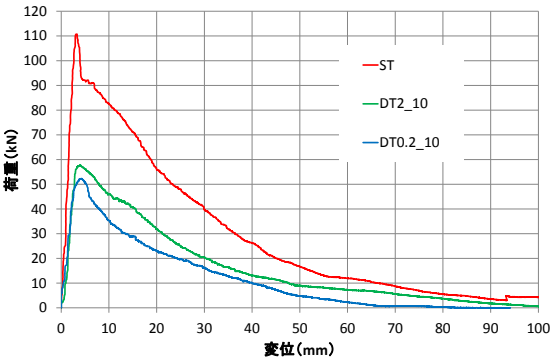

図-4 載荷速度の変化

表-2 各ケース実験結果

	最大荷重(kN)	最大荷重時変位(mm)	初期剛性(kN/mm²)
ST	110.8	3.28	33.7
DT2_5	81.8	3.10	26.4
DT2_10	57.7	4.23	14.6
DT0.2_5	74.2	4.22	17.6
DT0.2_10	52.3	4.23	12.4

3.3 静的引抜き試験による破壊性状

損傷を与えた静的引抜き試験 DT2_10，DT0.2_10 の破壊性状を写真-2 に示す．写真を比較すると，載荷により損傷を与えたケースのコーン破壊面積は載荷速度を遅くすることで，面積が減少することがわかった．これは，繰り返し載荷を行うことでモルタル自身に発生したクラックが載荷速度を遅くすることで大きくなり，ボルト接合部に発生するコーン破壊につながると思われる．

(a) 繰り返し載荷(DT2_10)

(b) 繰り返し載荷(DT0.2_10)

写真-2 静的引抜き試験による破壊性状

4. 結論

1) 抜出し量がボルト接合部の最大荷重に与える影響については，載荷速度にかかわらず，抜出し量 5㎜ のケースで約30%，10㎜ のケースでは約 50%の耐力の低下が確認された．

2) 載荷速度は増減にかかわらず，耐力の低下に影響を及ぼさないが，初期剛性に対して，載荷速度が遅いほど初期剛性の低下が大きくなることが確認された．

3) 載荷により損傷を与えたケースのコーン破壊面積は載荷速度を遅くすることで，面積が減少することがわかった．

謝辞

本研究は，平成28年度科学研究費補助金・若手研究(B)(研究代表者：宗本理，課題番号 16K18142)の助成を受けて行いました．ここに記して，深く感謝の意を表します．

参考文献

1) 園田佳巨，佐藤紘志，あと施工アンカーボルトの動的引抜き破壊特性に関する実験的考察，第 4 回構造物の衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集，pp. 129-134，1998.6