

I - B 119

繰返し荷重下での鋼製橋脚アンカー部の終局挙動に関する研究

トピー工業
首都高速道路公団正員 藤原 英之
正員 半野 久光首都高速道路公団
名古屋工業大学正員 田嶋 仁志
正員 後藤 芳顕

1. はじめに 鋼製橋脚の地震時の終局挙動については、一般的に橋脚躯体は基部構造に剛結された仮定のもとに検討がなされる。しかしながら橋脚躯体が耐震補強をされる場合など、アンカー部の強度・剛性の相対的な低下が懸念される。また、鋼とコンクリートの接合部であるアンカー部は、それぞれの材料特性の違いから地震時の繰返し荷重に対して複雑な劣化挙動を示すことが予想される。本研究では、実構造の約 1/3 縮尺の大型供試体を用いた載荷実験をおこない、繰返し載荷条件下でのアンカー部の終局挙動を明らかにすることを目的とする。

2. 実験概要 実験設備および供試体は同時に実施した単調載荷実験¹⁾と同一とする。載荷方法は、死荷重を想定した鉛直荷重 $V=1330\text{kN}$ を一定に保持した状態で、道路橋示方書²⁾に準拠した RC 複鉄筋断面計算による引張側縁端アンカーボルトが降伏ひずみとなる水平荷重載荷位置での水平変位量（以下、基準降伏変位 δ_y ）を基準とした両振りの繰返し水平変位を与える。水平変位 δ は図-1 のように、 δ_y の $\pm 0.5, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm n$ 倍をピークとした各 1 サイクルの履歴とする。

3. 実験結果と考察

(1) 基部モーメント-相対回転角関係

基部モーメント M と相対回転角 θ の履歴ループを図-2 に示す。

また、図-2 の履歴ループの包絡線を単調載荷実験結果および RC 複鉄筋断面計算結果と比較して図-3 に示す。なお、RC 複鉄筋断面計算は基準降伏変位を算定した道路橋示方書に準拠したモデルと、文献¹⁾に示したアンカーボルト鋼材の降伏後剛性をバイリニア曲線で簡易的に表し、RC 複鉄筋仮定断面を下ベースプレートと上アンカービームの中間面としたモデルで比較している。図-2, 3 より、繰返し載荷実験での最大基部モーメントは $\delta=15\delta_y$ 時の $M=5870\text{kNm}$ で、単調載荷時の最大基部モーメントに比べて約 20% の低下であった。履歴ループは、 δ の増加に伴いアンカーボルトの塑性変形によりスリップ型の復元力特性を示す。包絡線形状

では、 $\theta=0.03\text{rad}$ ($\delta=10\delta_y$) 程度までの範囲では単調載荷実験結果にほぼ一致するが、それ以降は単調載荷実験結果と比較して剛性が低下した。実験は試験機のスโตรーク限界により $\delta=22\delta_y$ で終了しているが、最大基部モーメントを示す $\delta=15\delta_y$ 以降も実験終了まで大きな荷重の低下は見られなかった。今回の実験結果と RC 複鉄筋断面計算結果との比較では、文献¹⁾による算定値が実験での最大基部モーメント範囲まで全般的に包絡線形状と良く一致している。道路橋示方書に準拠した RC 複鉄筋断面計算結果の最大基部モーメントは繰返し載荷実験結果

キーワード：鋼製橋脚アンカー部、繰返し載荷、終局挙動

連絡先：愛知県豊橋市明海町 1 TEL 0532(25)1111 FAX 0532(25)9557

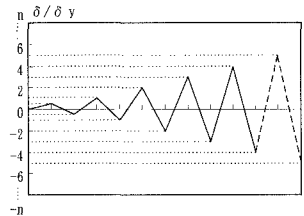


図-1 繰返し載荷実験載荷ステップ

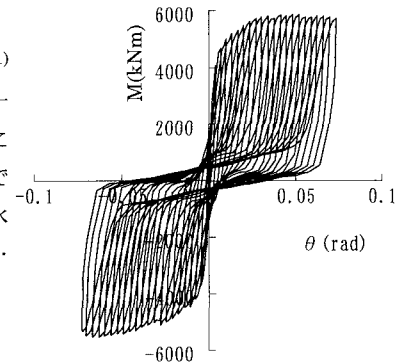


図-2 基部モーメント-相対回転角曲線

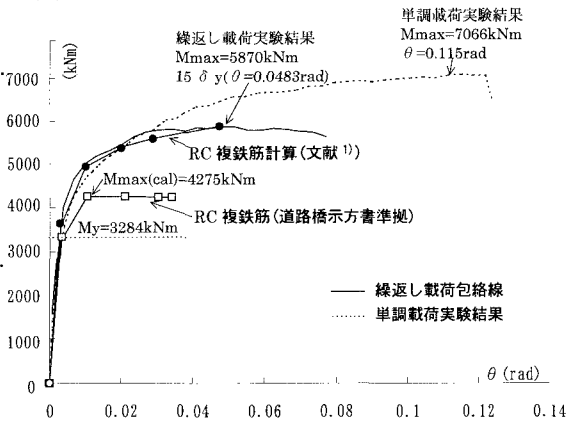


図-3 基部モーメント-相対回転角曲線

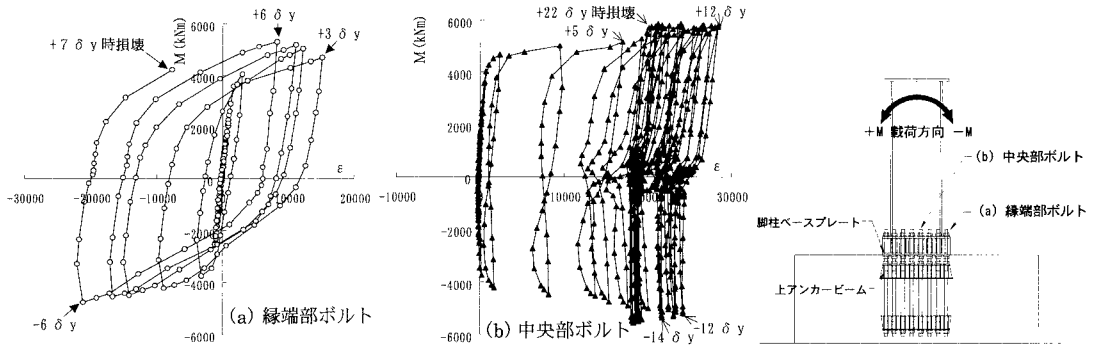


図-4 アンカーボルトのひずみ履歴

の約70%となった。

(2) 繰返し載荷時の劣化挙動の考察

単調載荷条件下と比較して繰返し載荷条件下での耐力低下が起る原因として、アンカーボルトの残留変形と変位の繰返しによるベース下コンクリートの圧壊等の劣化の影響が考えられる。図-4は載荷方向で脚柱縁端部と脚柱中央部に位置するアンカーボルトの脚柱ベースプレートと上アンカービーム間のひずみ履歴と基部モーメントの関係を示す。また図-5に $\delta=200\text{mm}$ ($20\delta y$) 時の脚柱基部の状況を単調載荷実験時と繰返し載荷実験時と比較して示す。図-4 (a) に示す縁端部のアンカーボルトは、基部モーメントの正曲げ時には引張り力が、負曲げ時には圧縮力が常に作用するため、ひずみ履歴は紡錘型のループを示す。また、変位の繰返しに伴い圧縮ひずみ側にシフトする傾向を示す。しかし図-4 (b) の脚柱中央部アンカーボルトでは、 $\delta=\pm 5\delta y$ 程度までは各ループのピーク時に伸びひずみが進展するのに対して、 $\delta=\pm 12\delta y$ 以降の基部モーメント負曲げ領域ではひずみの進展がない。これは、正曲げ時に発生するアンカーボルトの伸びが除荷後も残留することにより同サイクルの負曲げ時には図-5に示すように遊びが生じ、結果的に中央部のアンカーボルトが基部モーメントに対して無抵抗となっていることを表す。一方、図-5では単調、繰返しのいずれの載荷条件下においても圧縮力が作用する側（図左側）のベースプレートがフーチングコンクリート内に沈み込む様子が観察できる。ただし、ベースプレート下コンクリートの圧縮-解放が繰り返されることによりコンクリートの劣化が進展する繰返し載荷条件下では、図-6のベースプレート縁端の鉛直変位量の関係に示すように、単調載荷時に比べて沈下量が多い。上述したアンカー部構成部材の複雑な劣化挙動を追跡する定量的な解析手法は繁雑となることから、文献3)ではアンカー部全体のマクロ的挙動に着目した定式化を提案している。本実験においても同手法による定式化を現在検討中である。

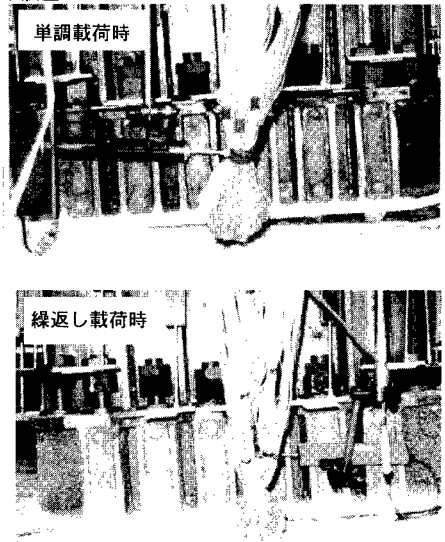


図-5 アンカーボルト変形状況 ($\delta=200\text{mm}$ 時)

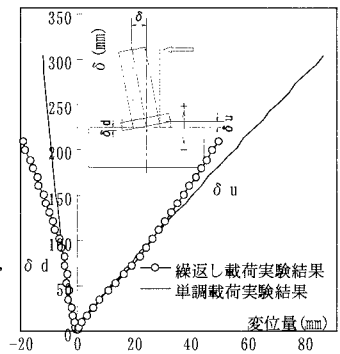


図-6 ベースプレート鉛直変位量

謝辞：本研究にあって、「首都高速道路の橋梁に関する調査研究委員会（藤野陽三委員長）」の各委員のみなさまのご指導を頂くとともに、岐阜工業高等専門学校宮下敏先生にご協力頂きましたことに深く謝意を表します。

＜参考文献＞ 1) 半野久光, 田嶋仁志, 藤原英之, 後藤芳顕：単調載荷条件下での鋼製橋脚アンカー部の終局挙動に関する考察, 土木学会第53回年次講演会, 1998.9（投稿中）；2) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編, 1996.12；3) 後藤芳顕, 宮下敏, 藤原英之, 上條崇：繰返し荷重を受ける鋼製橋脚アンカー部の挙動とモデル化, 土木学会論文集No. 563, 1997.4