

I - B118

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研究

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

1. はじめに 阪神淡路大震災において、鋼製橋脚のアンカー部にも多くの損傷事例が見られた。よって鋼製橋脚アンカー部の終局耐力を精度良く判定することは、鋼製橋脚の耐震設計において非常に重要になってきている。こうした背景から、本研究では実構造の縮尺率約 1/3 の大型供試体を用いた載荷実験を実施し、アンカー部の終局挙動を明らかにする。つぎにここで得られたアンカー部の終局挙動を適切に表現できる解析手法についての検討をおこなう。

2. 実験概要 実験は図-1に示すように大型の2軸載荷試験機を使用し、死荷重を想定した鉛直荷重を一定に保持した状態で、脚柱頭部に一方向に漸増する水平変位を付与する。供試体は震度法設計における杭方式アンカーフレームを有する矩形断面脚柱（剛体）とフーチングコンクリートで構成する。供試体アンカーフレーム設計荷重は、既設橋脚の調査結果に基づき、杭方式アンカーフレームの計算法によるアンカーボルトの作用圧縮軸力に着目し、鉛直荷重による作用軸力が降伏軸力の15%となるように設定する。供試体設計条件を表-1に、また構成部材の材料仕様を表-2に示す。なお、フーチングコンクリートについては、早期にフーチング自体が損傷するのを避けるため、アンカー部との相対的な強度を実構造に比較して高めている。供試体図面を図-2に示す。

3. アンカー部のモデル化 道路橋示方書¹⁾では、アンカー部の耐力算定モデルのひとつとして、鉄筋コンクリート断面計算

（杭方式を対象としているので複鉄筋断面を適用する。以下、RC 複鉄筋断面モデル）が提示され、一般的に広く用いられている。また、後藤らの研究報告²⁾では円形断面橋脚アンカー部の耐力実験結果に基づき、Component Method による解析が単調載荷時の挙動を精度良く再現できることが確認されている。そこで本研究では上述の RC 複鉄筋断面モデルと Component Method の適用性を検討する。さらに、RC 複鉄筋断面モデルでは道路橋示方書に準拠したモデルに加え、アンカーボルト鋼材およびコンクリートの材料構成則をより正確に表現し、RC 複鉄筋仮定断面をベースプレート下と上アンカービームの中間面としたモデルを設定する。

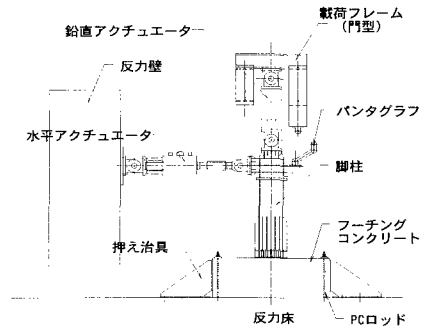


図-1 実験概要図

表-1 供試体設計条件

	設計条件
アンカーフレーム	鉛直荷重 $V=1330\text{kN}$ 基部モーメント $M=2030\text{kNm}$ 許容応力の割増し=1.7 (鋼材)
フーチングコンクリート	作用モーメント $M=2200\text{kNm}$ 配筋筋は最小鉄筋量の 1/4 許容応力の割増し=1.7 (鋼材) =1.5 (コンクリート)
コンクリートせん断補強	必要せん断強度 $N=3730\text{kN}$ 許容応力の割増し=1.7 (鋼材) =1.5 (コンクリート)

表-2 主要材料仕様

	設計仕様	材料試験結果
アンカーボルト	S35CN $\sigma_{sy}=305\text{MPa}$	$\sigma_{sy}=365.2\text{MPa}$ $\sigma_{max}=574.3\text{MPa}$
フーチングコンクリート	$\sigma_{ck}=24\text{MPa}$	$\sigma_{ck}=29.3\text{MPa}$
橋脚基部後打コンクリート	$\sigma_{ck}=24\text{MPa}$	$\sigma_{ck}=45.1\text{MPa}$

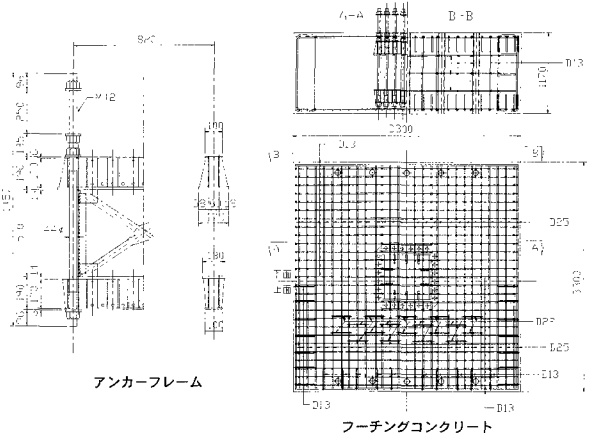


図-2 アンカーフレーム供試体

キーワード：鋼製橋脚アンカー部、耐震設計、終局挙動

連絡先：東京都千代田区霞ヶ関 1-4-1 日土地ビル 6F TEL 03(3539)9462 FAX 03(3502)2411

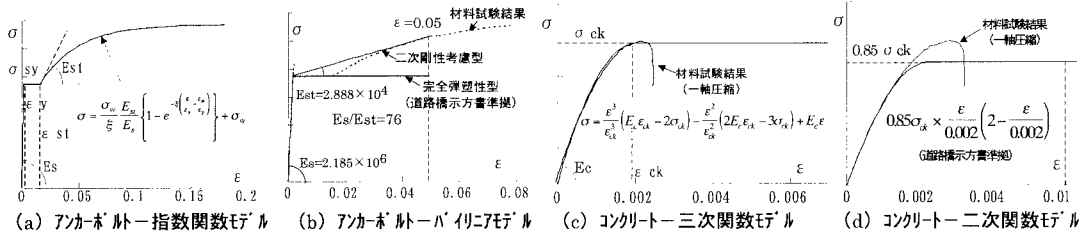


図-3 材料構成則

表-3 適用モデルと材料構成則

	アンカーボルト	コンクリート	断面形状
Component Method	指数関数	三次関数	下ベ-スプレート断面
RC 複鉄筋モデル① (三次・指数関数型)	指数関数	三次関数	下ベ-スプレートと 上アンカーボルトの間
RC 複鉄筋モデル② (簡易型)	バイリニア (二次剛性考慮)	二次関数	下ベ-スプレートと 上アンカーボルトの間
RC 複鉄筋モデル③ (道路橋示方書準拠型)	バイリニア (完全弾塑性)	二次関数	下ベ-スプレート断面

なお、コンクリートの圧縮抵抗面積は、下ベースプレートから仮定断面位置まで 45° で拡大するものとした。適用する材料構成則を図-3 に、解析モデルと適用する材料構成則の関係を表-3 に示す。

4. 実験結果および計算結果との比較

実験結果および各解析結果の基部モーメント M —相対回転角 θ 関係を図-4 に示す。実験結果では、 $M=3500\text{kNm}$ 程度まではほぼ線形弾性的な挙動を示し、その後徐々に剛性が低下した。最大基部モーメントは $\theta=0.115\text{rad}$ 時の $M=7066\text{kNm}$ で、その直後に引張側縁端アンカーボルト（1 本）の破断により急激に荷重が低下した。解析結果の比較では、Component Method は円形断面橋脚での報告と同様に、大変位範囲まで実挙動と良く一致した結果を示している。RC 複鉄筋断面モデルは、実験での線形弾性的な挙動範囲ではいずれのモデルも実験結果に良く一致した。Component Method と同じ材料構成則を設定したモデル①は、 $M=5200\text{kNm}$ 程度まで実験結果に良く一致し、大変位範囲においても 10%程度基部モーメントを小さく算定するが全般的には挙動特性を良く再現している。材料構成則を簡易化したモデル②では、モデル①の結果に大きく相違することなく、簡易なモデルでありながらも比較した範囲においては実験結果にも良く一致する。道路橋示方書に準拠したモデル③は、計算上コンクリートの圧縮ひずみ 0.35% 以降の基部モーメントの増加がないため、それ以降の挙動を再現することはないが、実験結果に比較して安全側の評価を与える結果となる。図-5 にはアンカーボルト配列別にアンカーボルトの軸ひずみ分布状況を基部モーメントで整理して示す。 M — θ 関係で弾性線形挙動を示す $M=3000\text{kNm}$ 時では、アンカーボルトとコンクリートの付着作用により、アンカーボルトのひずみは RC 複鉄筋断面モデルと同様の直線分布を示す。その後アンカーボルトの塑性化と付着作用の減少により直線性は失われ、Component Method に一致する傾向を示す。RC 複鉄筋断面モデルについても比較した範囲においては簡易なモデルでありながらも実験結果に比較的一致している。

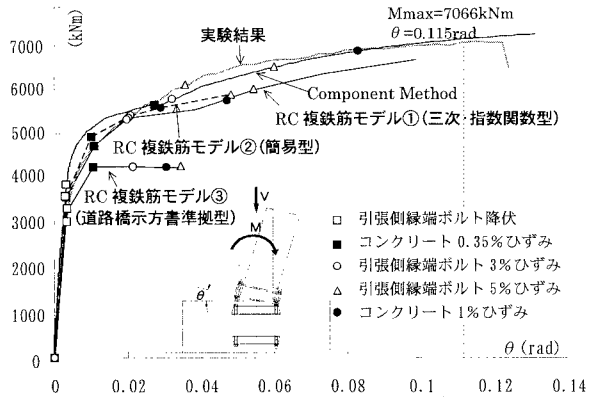
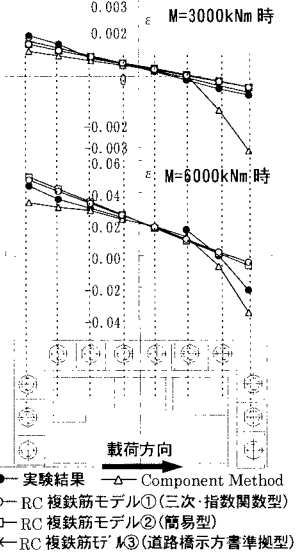


図-5 にはアンカーボルト配列別にアンカーボルトの軸ひずみ分布状況を基部モーメントで整理して示す。 M — θ 関係で弾性線形挙動を示す $M=3000\text{kNm}$ 時では、アンカーボルトとコンクリートの付着作用により、アンカーボルトのひずみは RC 複鉄筋断面モデルと同様の直線分布を示す。その後アンカーボルトの塑性化と付着作用の減少により直線性は失われ、Component Method に一致する傾向を示す。RC 複鉄筋断面モデルについても比較した範囲においては簡易なモデルでありながらも実験結果に比較的一致している。



謝辞：本研究にあつて、「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)日本道路協会：道路橋示方書・同解説Ⅴ耐震設計編，1996.12；2)後藤芳顕，上條崇，藤原英之，小畑誠：鋼製橋脚定着部の終局挙動とそのモデル化に関する考察，構造工学論文集，Vol.42A，1996.3