

2 方向繰り返し荷重を受ける矩形断面鋼製橋脚の終局挙動に及ぼすアンカー部の影響

岐阜工業高等専門学校 正会員○水野 剛規

名古屋工業大学 フェロー会員 後藤 芳顕

1. はじめに : アンカー部は補修が困難であるため, レベル2 地震動においてもその損傷が軽微であるように橋脚躯体より大きな耐力を持つように設計することが現行の道路橋示方書で規定されている. したがって, 橋梁全体系の解析モデルにおいて, 橋脚基部はフーチングへ剛結されたものとして扱われ, アンカー部の挙動が全体系へ与える影響は無視できると考えられている. しかしながら, 耐震補強資料¹⁾により既設橋脚躯体が補強された場合,

表-1 鋼製橋脚躯体とアンカー部の耐力(M_u)

	無充填鋼製橋脚 躯体基部	アンカー部
現行設計法 (H14年 道示V)	許容ひずみ ϵ_u に達したときの M_u ($\epsilon_u/\epsilon_y=20\sim 25R_F$)	杭方式: 複鉄筋モデル RC方式: 単鉄筋モデル アンカーボルト降伏, コンクリート許容ひずみ0.002 に達した耐力のうち小さい方を M_u
兵庫県南部地震以前で「耐震補強に関する参考資料」により耐震補強(H9年)	$M_u=1.4M_y$ (角補強)	杭方式: 複鉄筋モデル RC方式: 単鉄筋モデル アンカーボルト許容ひずみ0.03, コンクリート許容ひずみ0.0035 に達した耐力のうち小さい方を M_u (根巻きコンクリート断面は見込まない場合の耐力の1.2倍まで)

表-1 に示すようにアンカー部には現行の示方書に比べより大きな損傷が許容されるため, レベル2 地震動下ではアンカー部が損傷し, 橋脚基部の固定度が低下する可能性がある. さらに, 現行の設計では設計地震動の1 方向入力に対して照査されているが, 実際には2 方向地震動が連成して作用するので固定度に影響を与えるような損傷が生じることも考えられる. ここでは, ①現行の方法で設計された構造(現行設計モデル)と②耐震補強資料¹⁾に基づき橋脚躯体が補強された兵庫県南部地震以前に建設された構造(耐震補強モデル)を対象として, 水平2 方向繰り返し荷重下において, アンカー部が鋼製橋脚の終局挙動に与える影響を検討する.

2. 解析モデル : 解析の対象は, 図-1 に示す無充填矩形断面鋼製橋脚で, アンカー部は杭方式, RC方式, 基礎は場所打ち杭基礎とする. 兵庫県南部地震以前の構造に対しては, 耐震補強資料¹⁾に従って, 橋脚躯体をボルト接合による角補強材で耐震補強を行った. 図-2 に示すように2 方向繰り返し荷重は漸増ダイヤモンド型とする. 以下に各部のモデル化を示す.

(鋼製橋脚) : 局部座屈や局部変形が無視できない基部から上へ2 パネルと1つのダイアフラムを4 節点厚肉シェル要素(S4R)で離散化し, これより上部を載荷点までを3 次元チモシェンコはり要素(B31)でモデル化する. 次に, 角補強材については, 図-3 に示されるように4 節点厚肉シェル要素(S4R)で離散化し, パネルのシェル要素と結合する. 鋼材の構成則には3 曲面モデルを用いる. 本モデル化の妥当性は土木研究所²⁾で行われた角補強をした正方形断面鋼製橋脚供試体 No28 の実験を解析して検証している.

(アンカー部) : 3 次元履歴モデルとして提案された Component method³⁾により杭方式, RC方式アンカー部をモデル化する. 構成則として, アンカーボルトは3 曲面モデル, フーチングコンクリートは3 次間数モデルを用いる.

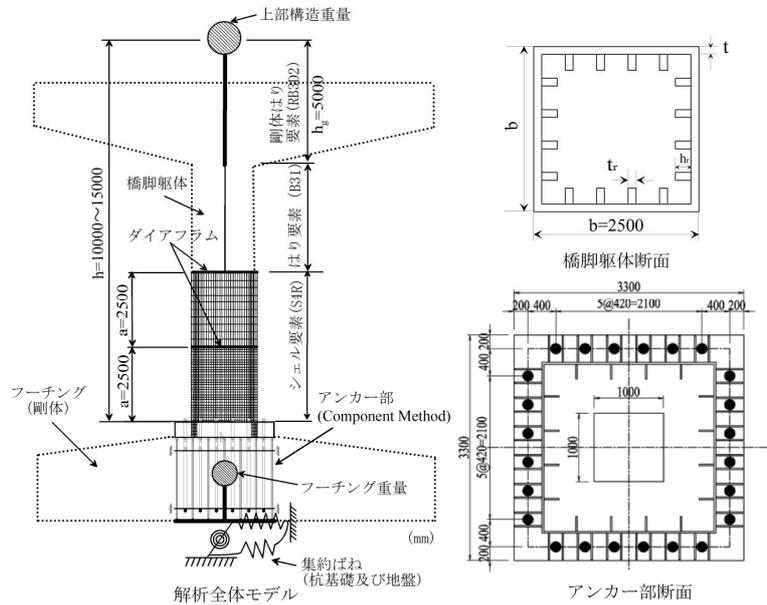


図-1 解析モデル

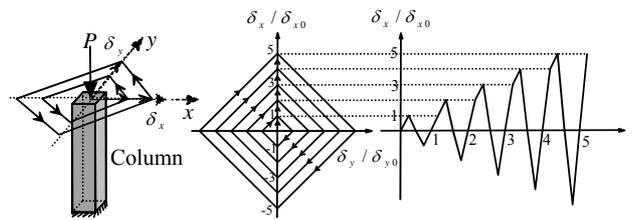


図-2 漸増ダイヤモンド型繰り返し荷重

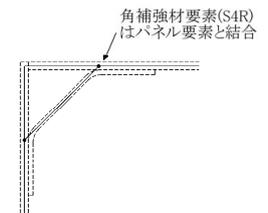


図-3 角補強材

キーワード : 鋼製橋脚, アンカー部, 3 曲面モデル, Component method

連絡先 : 〒501-0495 岐阜県本巣市上真桑 2236-2 岐阜工業高等専門学校

(杭基礎)：上下部構造を一体化して行う構造解析に一般的に用いられる弾性の集約ばねによりモデル化を行う。

3. アンカー一部の損傷度の検証：2方向繰り返し解析によりアンカー一部の損傷度は、全体構造(鋼製橋脚躯体+アンカー一部+杭基礎)に対するアンカー一部の吸収エネルギー比率 $A_{E,anchor}/A_{E,all}$ により表す。吸収エネルギーの計算は弾性エネルギーを含む近似的な方法で算定されているが、弾性エネルギーは十分小さいので問題は生じない。図-4に①現行設計モデルと②耐震補強モデルについて、アンカー一部の2方向载荷各振幅ステップにおける吸収エネルギー比率を杭方式及びRC方式についてそれぞれ示す。ここで、解析したモデルは全て $R_R, \gamma/\gamma^*, \gamma/\gamma_{req}, \bar{\lambda}, M_{u,anchor}/M_{u,pier}$ で分類している。 $M_{u,anchor}$ は Component method により算出したアンカー部の耐力(アンカーボルトひずみ 5%あるいはフォーチングコンクリートひずみ 1%のうち小さい値)、 $M_{u,pier}$ は Pushover 解析による鋼製橋脚躯体の最大基部モーメントを示している。

(現行設計モデル)：図-4(a)(b)の杭方式、RC方式いずれも、アンカー一部の吸収エネルギー比率はかなり小さく、損傷は鋼製橋脚躯体で主に発生し、アンカー部にはほとんど生じないことがわかる。よって、2方向入力に対しても十分な固定度を有していると言える。

(耐震補強モデル)：図-4(c)の杭方式では、 $M_{u,anchor}/M_{u,pier} = 1.5$ 程度を境にして鋼製橋脚躯体とアンカー一部の損傷度に逆転が生じている。 $M_{u,anchor}/M_{u,pier} \leq 1.5$ では主にアンカー部に損傷が生じる傾向を示す。一方で、図-4(d)のRC方式では、全ケースにおいて、アンカー一部の吸収エネルギー比率が大きい。最終ステップにおいては、ほとんどのケースで 80~90%程度の比率を占めており、アンカー部に損傷が集中し橋脚基部の固定度が低下するといえる。

杭方式ではRC方式に比べ、アンカー部の損傷度は小さいが、これは、杭方式では震度法照査においてフォーチングコンクリートの支圧の影響が無視されて設計されるため、RC方式に比べ耐力に余裕が生じているからである。

4. あとがき：耐震補強資料¹⁾では既設アンカー部の補強の困難さを踏まえアンカー部に多少の塑性変形が許容されている。その結果、橋脚躯体が耐震補強された場合、RC方式のアンカー部をもつ鋼製橋脚では損傷がアンカー部に集中する傾向にある。この結果、鋼製橋脚基部の固定度は減少し橋脚の挙動はアンカー部に大きく支配される可能性がある。以上より、耐震解析で橋脚躯体基部を剛結とするモデル化の妥当性は十分検証する必要がある。

【参考文献】1)日本道路協会：既設道路橋の耐震補強に関する参考資料,1997. 2)建設省土木研究所,他：道路橋脚の地震時限界状態設計法に関する共同研究報告書(I)-(VIII)および(総括編), 1997~1999. 3)後藤芳顕,他：鋼製橋脚アンカー部の3次元履歴モデル, 土木学会論文 A, Vol.64, No.2, 513-529, 2008.

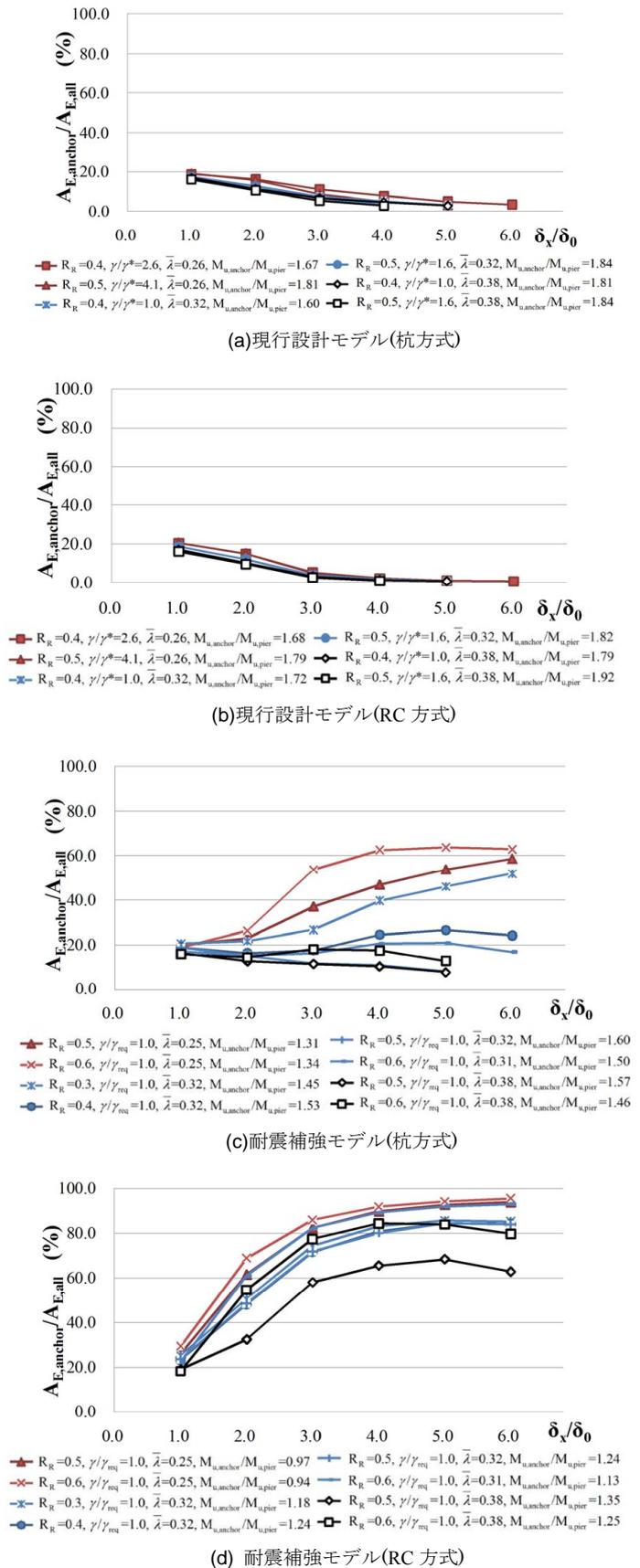


図-4 各ステップのアンカー部の吸収エネルギー比率