

図-6 アンカー部の基部回転角とモーメントの関係

ボルト接合による角補強材<sup>1)</sup>を設置したしたもので主に厚肉シェル要素でモデル化する。アンカー部のモデル化はその精度が確認されている Component method<sup>3)</sup>を用いる。RC方式のモデルでは上ベースプレート上面でのアンカーボルトのナットの接触・離間挙動を接触ばね要素により表現するが、今回の補強モデルでは離間が生じないので剛結する。アンカー部を除く各部のモデル化は図-4に示す通りであるが詳細は文献(4)に示す。解析は、材料構成則として3曲面モデルを導入したABAQUSによる複合非線形静的解析を前提とする。2方向繰り返し載荷パターンは図-5に示す漸増ダイヤモンド型とする。

**4. アンカー部の補強効果：**補強の効果を確認するため、アンカーボルト径φ110のモデルにおけるアンカー部の基部曲げモーメントと相対回転角の関係について補強前後の比較を図-6に示す。ここで曲げモーメントは現行の道路橋示方書により求められるアンカー部設計耐力 $M_{u,anchor}$ により、また、基部回転角は同示方書に規定される橋脚躯体頂部の許容残留水平変位( $h/100$ )から求められる $\theta_{ra} = 1/100$  (rad)により基準化している。図-6(a)から Pushover 解析による一方向載荷については、過去の実験結果<sup>2)</sup>に較べて補強効果は大きくないが、それでも基部曲げモーメントは補強により5%程度は増加している。一方、図-6(b)と図-6(c)を比較すると2方向繰り返し載荷での補強の効果は顕著である。すなわち、補強前にくらべ補強ケースでは Pushover 解析による $M-\theta$  関係に対する履歴曲線の包絡線の曲げモーメントの低下が少ない。さらに、エネルギー吸収能も非常に向上している。これはアンカーボルト上端ナットが上ベースプレートに固定されることにより、アンカーボルトに塑性伸び生じたときでもナットに浮き上がりが発生しないので、荷重反転時の引張力がアンカーボルトに確実に伝達されるからである。

**5. 耐力モーメント比と固定度：**鋼製橋脚のフーチングへの固定度は耐力モーメント比 $M_{u,anchor} / M_{u,pier}$ により支配されることは周知の事実である。ここで、 $M_{u,anchor}$ は現行示方書によるアンカー部の設計耐力、 $M_{u,pier}$ は橋脚躯体基部耐力で、図-4のモデルにおいて基部を固定とした条件での Pushover 解析により求める。以上の指標を用いて、図-4に示す鋼製橋脚構造系について異なる断面諸元、高さ、死荷重を有する15種類のモデルを設定し、耐力モーメント比(補強前)とダイヤモンド載荷でのアンカー部の相対合回転角 $\theta_2 (= \sqrt{\theta_x^2 + \theta_y^2})$ の変化の関係を補強前後について示したものが図-7である。図-7より補強によって全てのモデルについて相対合回転角を低減でき、橋脚躯体のフーチングへの固定度を高め得ることがわかる。特に補強前の耐力モーメント比が0.78以上のモデルでは補強後、相対合回転角は全載荷サイクルを通して1以下となり、アンカー部の損傷度を十分小さくできる。

**6. あとがき：**RC方式アンカー部の簡単な補強法を提案した。これによれば、アンカー部の耐力向上、繰り返し載荷における耐力の劣化抑制、エネルギー吸収能の向上が可能となる。とくに、劣化抑制とエネルギー吸収能の向上が顕著である。このような効果は耐力モーメント比が0.78以上の場合に大きい。

**【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)後藤芳顕ら：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，pp.987-998，1996. 3)後藤芳顕ら：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. 4)水野剛規ら：2方向繰り返し載荷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，土木学会年次学術講演会講演概要集第1部 Vol.65，pp.77-78，2010.

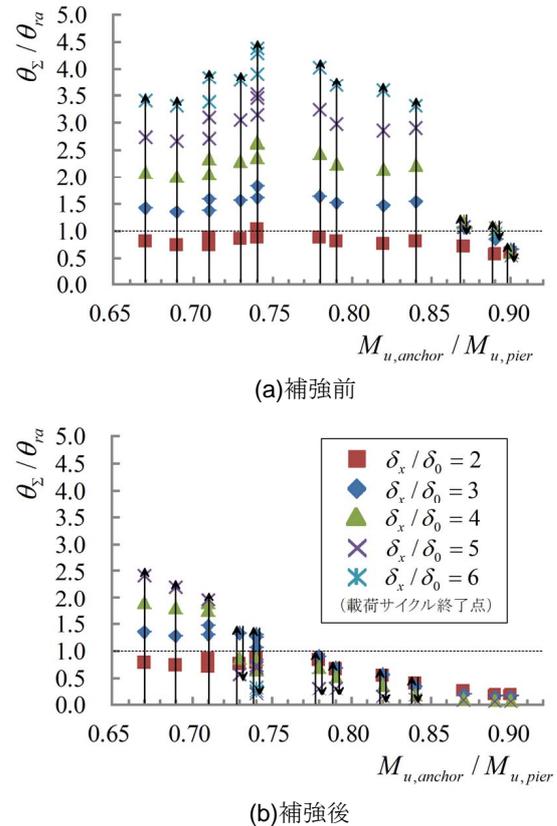


図-7 アンカー部の相対合回転角と耐力モーメント比