

合成桁の負の曲げモーメントにおける残留回転角に関する解析

近畿大学理工学部 正員 谷平 勉

阪神高速道路公団 正員○川上 順子

1. まえがき 最近米国AASHTOにおいて、より経済的な連続橋の設計を行うための設計法であるオートストレス設計法（ASD法）が規定された。この設計法は、連続合成桁の中間支点部の負の曲げモーメントが弾性域を超過し一部塑性化することを許容し、支間モーメントに再分配するというものである。またその際に生じるたわみを予めキャンバーにより調節する。本研究は、ASD法において重要な概念である、中間支点部のモーメントー残留回転角関係をわが国の道路橋設計示方書に従い設計された合成桁について解析的に求め、実験値との差異を検討するものである。

2. 解析方法 桁断面を高さ幅方向に分割し、要素毎の材料の応力歪関係より中立軸を試行錯誤で探るという数値計算を用いた。この時に理想化された材料であるという条件で解析を行うと、残留回転角が実験値より小さくなる事が予想される。そこで本研究では材料の特性としての鋼桁の残留応力、圧縮フランジの局部座屈の影響を考慮して解析を行い、実験値との差異を検討した。Fig. 1にこの計算手順をフローチャートに示す。

3. 解析結果と考察 Fig. 2に実験値、解析値、AASHTOに規定されている値のモーメント比-残留回転角関係を示す。図の横軸は残留回転角を、縦軸は載荷モーメントを全塑性モーメントで除した値を示している。実験値は道示に基づき設計された3主桁2径間連続梁の中桁中間支点をはさむ4.5mのみを実験桁として作成、実験を行うことにより得られたものである。Test Girder 1は、フランジの表面に縞状の突起を有する鋼桁を用い、コンクリート床版との合成度を高めた実験桁で、Test Girder 2は、縞突起のない鋼桁を用いたものである。Analysis 1は本実験に用いた断面を解析したものである。Analysis 2は、米国Turner-Fairbank連邦高速道路局研究センターにおける実験に用いられたプレストレストコンクリート合成桁を解析したものである。図中に α 、 β とあるのはこの解析に用いたパラメーターである。 α は鋼桁の残留応力 σ_r が降伏応力 σ_y に対してどの程度の割合で存在するかを示す係数（ $\sigma_r = \alpha \times \sigma_y$ ）である。 β は下フランジの局部座屈の影響を考慮するために下フランジの降伏応力にかけられる減少係数である。解析結果は、まず β を等しくし、残留応力の有無によって解析を行ったもの（図中、点線と実線）の比較を行う。図に示されているように弾塑性域において生じる残留回転角がかなり異なる。このことより残留応力の存在により残留回転角が大きくなる事がわかる。次に残留応力が存在しないとした時の、局部座屈の影響を考慮した場合と

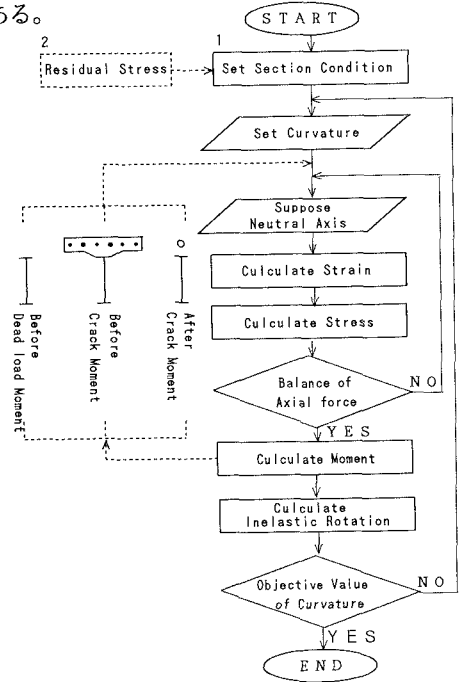


Fig.1 Flow Chart

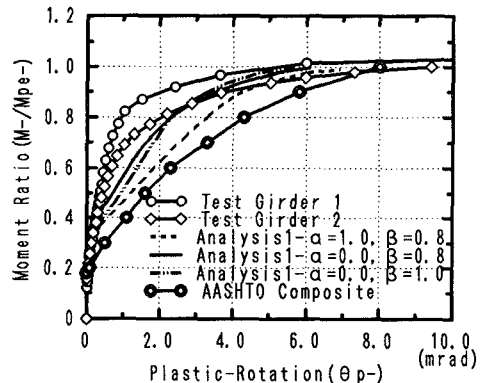


Fig.2 Moment Ratio-Plastic Rotation

考慮しない場合(図中、実線と二点破線)の比較を行う。終局近くに若干、局部座屈の影響を考慮した時の方が生じる残留回転角が大きい。当初は、桁に残留応力が無く、下フランジも降伏応力まで耐えるとしたときの残留回転角の解析値は、実験値よりも小さくなると予想した。そして合成桁の耐荷力に影響を及ぼす因子として残留応力と局部座屈に着目し、これを解析に盛り込む事により実験値に近づけようというのがねらいであった。しかし解析結果は終局近くでは比較的近い値をもつものの、弾性限界を越える辺りの残留回転角は実験値よりも大きくなった。これを弾塑性域における材料の強度の評価に問題があるものと考えた。そこで材料特性のうちコンクリートの引張強度に着目し解析を行った。Fig. 3に、 $\alpha=0.5$ 、 $\beta=0.8$ に固定し、コンクリートの引張強度を変化させた場合の解析結果を示す。図中の γ は最初に断面条件を設定した時のコンクリートの引張強度の何倍の強度を設定するかを示す係数である。Analysis1の三本の曲線を比較すると終局では生じる残留回転角は殆ど同様であるが、モーメント比0.4付近から終局近くまでは、コンクリート強度を上げる毎に生じる残留回転角は小さくなっている。これよりコンクリートの引張強度が解析結果にかなり影響を及ぼす事が分かる。Analysis2は、断面の形状が今回の解析に用いた断面と異なるが $\gamma=3.0$ の時の曲線とよく似ている。これは、Analysis2は、プレストレストコンクリート合成桁を解析したものであるので、Analysis1のコンクリート強度の強い時と曲線の形が似たものと考えられる。Fig. 4にこれらの曲線と実験結果を比較したものを示す。最初のコンクリートの引張強度の設定では実験値とかなり曲線の形が異なるが、コンクリートの引張強度を2倍、3倍に設定する事により実験値とかなりよく似た曲線を得た。これより本解析の弾塑性域における材料の強度の評価のうち、コンクリートの強度が実際より少なく見積もられていると考える事ができる。本解析では、コンクリート床版がひび割れを起こした後はコンクリートの強度を0として解析を行っている。しかし実際はコンクリートがひび割れを起こした後も、ひび割れとひび割れの間の部分では、ある程度、強度を維持しながら合成作用に寄与していると考えられる。従って今後の課題として、床版コンクリートのRC部材としての強度低下の過程のメカニズムを定式化し、今回行った解析に盛り込むことでより実験値に近づけることができると考えられる。

4. まとめ モーメント比-残留回転角関係は、合成桁の種々の条件の違いにより、かなり曲線の形が異なることが分かった。しかしAASHTOのGuide Specification¹⁾では、一つの曲線をもって任意の断面に対して基準としているように受け取れる。そこで今後、この設計法の概念を取り入れる場合、種々の条件の断面に対する曲線を基準として設ける必要があると考えられる。この際に、合成桁のモーメント-残留回転角関係が定式化されていれば、実験を行うことなく曲線が得られる。このことより、本研究の連続合成桁のモーメント-残留回転角関係を求める解析は、今後オートストレス設計を導入する場合にも役立つ結果が見出せたものと思われる。

<参考文献> 1)Guide Specification for Alternate Load-Factor Design Procedures for Steel Beam Bridges Using Braced Compact Sections; American Association of State Highway and Transportation Officials, Draft copy, 1985

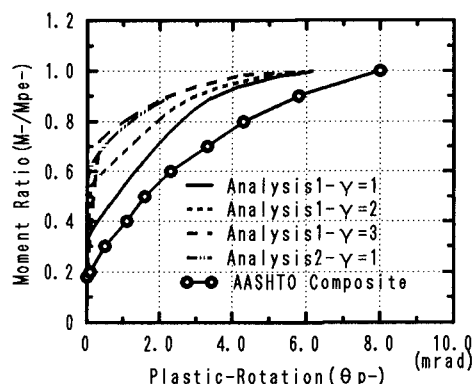


Fig. 3 Moment Ratio-Plastic Rotation

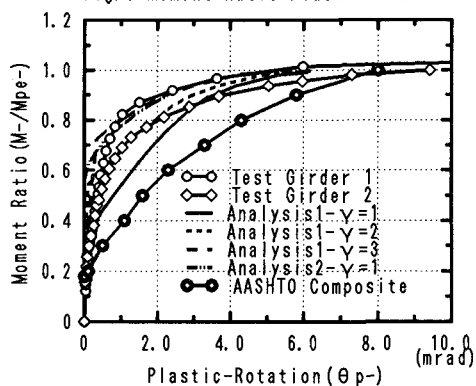


Fig. 4 Moment Ratio-Plastic Rotation