

報告番号 ※ 第 乙 2671 号

主論文の要旨

題名 不完全合成桁の挙動に関する研究

氏名 有住康則

主論文の要旨

報告番号	※ 甲 第 号 乙	氏 名	有 住 康 則
<p>土木および建築の分野において、コンクリートと鋼材を合成した構造物が広く用いられている。合成構造はそれぞれの材料の特性を生かし短所をそれぞれで相補う形式の構造系であり、コンクリート構造と比較すると、軽量化が可能であり、部材に靱性を持たせることができ大型構造物にも適用できるなどの利点を有しており、一方、鋼構造と比較すると振動、騒音および火災対策上優れている。しかし、合成構造の適用範囲は広く、多くの問題点も残されている。合成構造の主な問題点としては、(1) 合成構造のより詳細な解明（コンクリートと鋼材の接合面にずれが生じた場合の力の伝達機構、合成桁における圧縮フランジの固定度の問題、接合面の付着および摩擦等の影響解明）、(2) 荷重係数設計法あるいは限界状態設計法等設計法の確立（材料強度、初期不整および疲労等に関するデータの蓄積、耐震構造安定問題）、(3) コンクリートにひび割れが生じた場合の合成構造の有効性と挙動解明（コンクリート中の鉄筋の有効性および鉄筋量）、(4) 柱—梁、柱—スラブ等の合成部材の接合部の挙動解明、(5) ねじれを受ける合成部材の挙動解明、(6) 合成箱桁橋および曲線合成桁の挙動解明、(7) 合成床版、合成柱および合成壁の挙動解明および設計法の確立、(8) ずれ止めの統一された試験法の確立、（押し抜き試験、引き抜き試験および薄板に溶植されたずれ止めの試験法の確立）等がある。</p> <p>本論文は、それらの問題点の内、コンクリートスラブと鋼桁の接合面にずれの生じる不完全合成桁、連続合成桁の負の曲げモーメント区間にずれ止めを配置しない断続合成桁および曲線合成桁について、それらの力学的挙動に関する諸問題を理論的および実験的に調べ、合成桁設計のための基礎的資料を得ることを目的としており、本論文は8章から構成されている。</p> <p>第1章では合成構造の諸問題について述べるとともに、本論文の目的を示し、不完全合成桁、断続合成桁および曲線合成桁に関する既往の研究の展望を行うことにより、本研究の位置づけを示してある。また、本論文の内容と構成について示している。</p> <p>第2章ではコンクリートスラブと鋼桁の接合面のずれを考慮した不完全合成桁の新しい有限要素解析モデルを示し、その要素を用いた連続合成桁の解析手法およびコンクリート、鋼材およびずれ止めの各材料非線形を考慮した解析手法について述べている。ここで示した新しい合成桁モデルとは、コンクリートスラブと鋼桁を軸力と曲げを受けるはり要素で、ずれ止めは接合面に作用する水平せん断力のみ抵抗するばね要素でモデル化したものである。なお、コンクリートスラブ要素と鋼桁要素の橋軸方向変位は、要素内において複雑に変化する軸力をより正確に表現するために三次式で仮定し解析を行っている。一方、連続合成桁の解析では、負の曲げモーメント区間におけるコンクリートスラブのひび割れの影響を等価な力に置き換え、反復計算により解析を行っている。また、合成桁の弾塑性解析では、コンクリートおよび鋼材の応力—ひずみ関係およびずれ止めの力—ずれ関係を簡単な仮定で表し、その影響を初期ひずみの項として取り扱い反復初期ひずみ法により計算を行っている。そして、本</p>			

主 論 文 の 要 旨

報告番号	※ 甲 第 乙 号	氏 名	有 住 康 則
<p>解析結果と他で行われた実験結果および数値解析結果との比較検討を行うことにより、本解析法が連続合成桁の解析および合成桁の材料非線形問題の解析に有効な解析法であることを示してある。</p> <p>第3章では不完全合成桁の接合面のずれを考慮した有効幅を定義し、単純T形ばり、無限並列ばり、張り出し部がないπ形ばり（対称および逆対称荷重載荷）に等分布荷重および集中荷重が作用した場合について応力関数を用いた有効幅に関する解式を誘導し、それぞれの場合の支間中央点の有効幅比を示してある。ここで得られた主な結論をまとめると次のとおりである。</p> <p>1) 不完全合成桁では、コンクリートスラブと鋼桁の間に配置されたずれ止めの変形によるずれが生じ、コンクリートスラブに作用する力が緩和され、コンクリートスラブに作用する応力が減少することがすでに知られているが、接合面のずれは不完全合成桁の有効幅に大きな影響を与える。</p> <p>2) ここで示した有効幅には、不完全合成桁を構成する材料の特性、桁の形状とコンクリートスラブと鋼桁の断面比の影響が含まれているが、断面の諸因子の有効幅に及ぼす影響は、等分布荷重が載荷された場合は小さく、集中荷重が載荷された場合は多少大きい。</p> <p>3) ここで提案した有効幅を用い初等ばり理論によって計算された応力と道路橋示方書の規定有効幅を用いて計算した応力を比較すると、道路橋示方書の規定有効幅を用いて計算した応力の方が鋼桁下フランジで多少大きく、上フランジでかなり小さくなる。</p> <p>第4章では連続合成桁の負の曲げを受ける区間にずれ止めを配置せず非合成とした断続合成桁の負の曲げを受ける区間の静的および疲労性状について述べてある。ここでは、断続合成桁およびずれ止めを連続的に配置した合成桁について、負の曲げのみを受ける実験モデルを作製し静的および疲労試験を行い、荷重変形性状、ずれ性状、橋軸方向鉄筋の応力分布、ひび割れ性状および曲げ耐荷力について調べてある。得られた主な結論は次のとおりである。</p> <p>1) 荷重とたわみの関係より、ずれ止めを連続的に配置した桁と断続合成桁の桁の剛性を比較すると、断続合成桁の方が桁剛性は低い。また、荷重とたわみの関係は繰返し回数が増加とともに理論値に近くなる。一方、繰返し回数の増大とともに残留たわみがひび割れの増加とともに大きくなる。</p> <p>2) 断続合成桁の橋軸方向鉄筋は有効に作用している。AASHTOの示方書では橋軸方向鉄筋は応力計算において無視しているが、鉄筋は有効に作用しており応力計算に含めても差し支えないものと考えられる。</p> <p>3) 荷重とひび割れ幅は比例的関係にある。設計荷重載荷時の最大ひび割れ幅は繰返し回数が増大してもほぼ一定であり、ずれ止めの配置法の違いによる顕著な差は見られない。また、道路橋示方書のプレストレスしない連続合成桁に規定されている鉄筋量（コンクリートスラブ断面積の2%、周長率0.045cm/cm²以上）を用いると設計荷重載荷時の最大ひび割れ幅は</p>			

主 論 文 の 要 旨

報告番号	※甲第 乙	号	氏名	有 住 康 則
<p>0.2mm以下であった。</p> <p>4) 終局耐力は、断続合成桁において横倒れ座屈が生じないならば、断続合成桁とずれ止めを連続的に配置した桁では差はほとんど見られなかった。また、繰返し載荷による耐力の低下は見られない。</p> <p>第5章では断続合成桁の断続部分の桁剛性および応力に関する簡易計算法について示してある。連続合成桁の中間支点付近の曲げモーメント分布(対称荷重載荷の場合)は、曲げモーメントが零となる点の内側区間をスパンとした単純合成桁に集中荷重が作用した場合の曲げモーメント分布と類似した結果を与えるので、ここでは、断続合成桁の負の曲げモーメント区間を合成片持ばりの自由端に集中荷重を作用させて理想化しつり合い式を誘導し、完全合成桁と比較しながら断続合成桁の断続区間のたわみおよび応力の計算法について示してある。本計算法を用いて負の曲げを受ける断続合成桁の挙動を調べた結果得られた主な結論は次のようである。</p> <p>1) 負の曲げモーメント区間全域を非合成とした断続合成桁のコンクリートスラブ重心軸に作用する応力は、剛なずれ止めを連続的に配置した完全合成桁の最大値の$\frac{1}{2}$となる。</p> <p>2) 断続合成桁ではスラブの応力が低下する割には鋼桁下フランジの応力はあまり増加しない。</p> <p>3) 負の曲げを受ける区間の一部を合成した部分断続合成桁は、負の曲げを受ける区間全域を非合成とした断続合成桁と比較すると桁の剛性が増加し、他方、スラブの応力はそれほど増加せず有効な構造系であると考えられる。</p> <p>第6章では不完全曲線単純合成桁の有限帯板法を用いた三次元的解析のための定式化について示してある。ここでは、コンクリートスラブと鋼桁をそれぞれ曲線帯板要素で、接合面に配置されたずれ止めを橋軸および半径方向の二次元のばね要素でモデル化し解析を行っている。本解析法は、有限帯板法を用いているため、断面内のみで要素分割を行えばよく、また、つり合い方程式は級数の各項で独立しており、少ない未知数で曲線合成桁の三次元的解析を行うことができる。また、ずれ止めは橋軸方向にわたって一定の剛性を持つものと仮定するが、断面内では種々のずれ止めの配置が可能であり、曲線合成桁の挙動解析に適していると考えられる。</p> <p>第7章では箱桁断面を有する曲線合成桁の弾性挙動について示してある。箱桁断面を有し単純支持された曲線合成桁3体について静的載荷試験を行い、さらに、第6章で示した有限帯板法による解析法を用い実験モデルについて数値解析を行い、実験結果と解析結果を比較検討しながら箱桁断面を有する曲線合成桁の弾性挙動について考察を加えてある。ここで得られた主な結論は次のようである。</p> <p>1) 曲線合成桁の内側部分に偏心載荷を行うと大きな断面変形が生じ、それにより桁の内側部分に大きな橋軸方向応力が生じる。その影響は曲率半径が小さい場合に顕著に現れる。な</p>				

主論文の要旨

報告番号	※ 第 乙 号	氏名	有 住 康 則
<p>お、曲線合成桁の外側部分に偏心載荷を行った場合はその影響は小さい。</p> <p>2) 曲線合成桁の内側部分に偏心載荷を行った場合、桁の中央部では内側ウェブでせん断力を多く受け持ち、桁端部に近づくに従って外側ウェブでも分担するようになるが、外側部分に偏心載荷を行った場合は桁全長にわたって外側ウェブのみでせん断力を分担する傾向がある。</p> <p>3) ずれ止めに作用する橋軸方向の力はせん断力と同様な分布性状を示した。鋼桁が開断面を有する曲線合成桁のウェブ上のみずれ止めを配置した場合、外側ウェブ上のずれ止めに作用する力は内側ウェブ上のそれと比較すると大きく、その傾向は曲率半径が小さくなるに顕著に現れる。設計においては十分なる配慮が必要である。一方、鋼桁が開断面を有する曲線合成桁の鋼桁上フランジにずれ止めを配置した場合、ずれ止めは有効に作用している。</p> <p>4) 曲線合成桁の桁端部において、ずれ止めの半径方向に大きな力が作用するおそれがあり、ずれ止めの配置法において十分注意する必要がある。</p> <p>第8章は結語であり、各章で得られた結論をもとに本論文の総括を行っている。</p>			