

連続合成桁の架設系および完成系の極限強度特性

大阪大学工学部 学生員○小池 洋平 大阪大学工学部 フェロー 西村 宣男
 日本鋼管(株) 正員 加藤 久人 大日本コンサルタント(株) 正員 堀田 毅
 大阪大学工学部 正員 小野 潔

1. まえがき 近年の建設コスト縮減と合理化、省力化の要求が相まって、これまでの桁橋の構造形態を改めて見直し、新しい合成構造の研究・開発が行われるようになった。その中で、合理的で経済的な設計が可能な橋梁形式として、少数主桁連続合成 I 断面桁橋が注目されている¹⁾。従来、非合成桁も合成桁として挙動することが知られていたが、合成桁を非合成桁として扱うことが、安全側の設計とされていた。しかし、最近では、橋梁の構成要素を合理的に評価し、使用するという考え方に移行しつつあり、より安全で合理的な設計方法が求められている。また、合成桁の建設が長い間忌避されていたこともあり、弾性特性から非弾性特性及び終局強度特性まで含めた力学的特性はまだ十分に解明されているとは言い難い現状である^{2),3)}。そこで、桁橋の一層の合理化に貢献するため、架設系の合成前構造及び完成系の合成構造に対して、少補剛の観点から、主桁腹板に着目し、弾塑性有限変位解析により正曲げ強度、正曲げ・せん断強度、負曲げ・せん断強度それぞれの極限強度特性について考察する。

2. 解析モデル 解析モデルは、骨組と立体ブロックの結合モデル⁴⁾により構成される。解析ソフトの要素ライブラリを表-1に示す。合成桁をモデル化する際の立体ブロックは、正曲げ領域では、図-1に示すように、主桁を8節点シェル要素、コンクリート床版を20節点ソリッド要素でモデル化する。負曲げ領域では、引張側のコンクリートは抵抗せず床版鉄筋のみ抵抗できるものとしモデル化を行う。但し、コンクリートの拘束効果を考慮し、鉄筋位置を保持し、上フランジの橋軸直角方向変位及びねじれ角を拘束するものとする。スタッドは、鋼桁とコンクリート床版の界面に長さを持たないせん断バネ要素⁵⁾でモデル化することにした。なお、合成桁の場合、骨組要素では鋼とコンクリートは完全合成していると仮定し、コンクリートの板厚を鋼・コンクリートのヤング係数比で除した換算板厚でモデル化することとした。

表-1 要素ライブラリ

適用箇所	部材	要素ライブラリ	節点自由度
全体解析		骨組要素	7
	鋼	8節点アイソパラメトリックシェル要素	5 or 6
局部解析	コンクリート	20節点アイソパラメトリックソリッド要素	3
	鉄筋	立体トラス要素	3
	スタッド	せん断バネ要素	

3. 解析条件 対象とする橋梁は、支間長 45m, 63m(横桁間隔9m一定)の単純及び3径間連続合成桁2主桁橋であり、総幅員 11.2m, 床版支間 6.0m で PC 床版を採用している。鋼主桁の高さは 3m で一定としている。荷重は、架設系においては合成前死荷重、完成系においては更に、合成後死荷重及び活荷重を考える。合成前荷重として、鋼桁、硬化前の床版及びハンチ重量を載荷し、合成後死荷重として、車道舗装、地覆・緑石・中央分離帯、左右高欄の重量を全橋長に載荷した。活荷重は L 荷重(B 活荷重)とし、道路橋示方書⁶⁾12.1.3に示されている等分布荷重 p_1, p_2 に対して、偏心載荷をさせた。また橋軸方向の活荷重載荷は、実設計と同様に、影響線載荷させた。初期不整については、全体座屈と局部座屈の2つの座屈現象を取り扱えるように、全体座屈モードおよび局部座屈モードに対応した初期たわみをそれぞれ骨組要素および立体ブロックに与えた。また残留応力はフランジ・ウェブに矩形分布として考慮した。これらは、平均値相当の初期不整を与えるように各数値を決定した。解析ケースは、正曲げ強度特性、正曲げ・せん断強度特性、負曲げ・せん断強度特性を検討することを目的として決定した。図-2に完成系の解析ケースを示す。

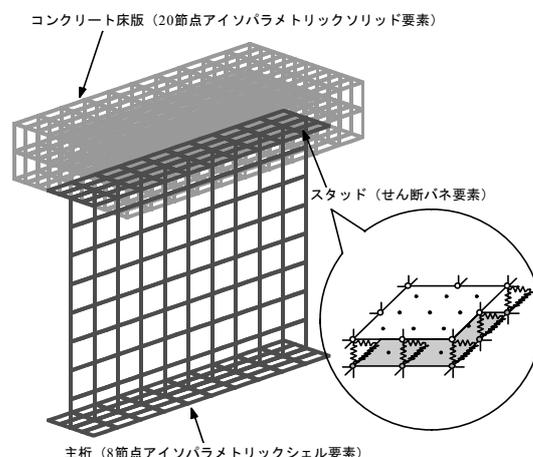


図-1 立体ブロック要素分割例

連続合成桁, 架設系, 完成系, 極限強度

〒565 吹田市山田丘 2-1, phone 06-879-7598, fax 06-879-7601

それぞれの解析において立体ブロックは、
表-2 に示す位置に配置し、局所的な変形を考慮することとした。また、解析パラメータとして、上記に示す支間長及び水平補剛材の有無及びアスペクト比を考えた。

表-2 立体ブロックの配置

解析ケース	立体ブロックの配置
(a) 正曲げ強度解析	単純桁の正曲げモーメントが卓越する支間中央部
(b) 正曲げ・せん断強度解析	単純桁のせん断力が卓越する端支点近傍
(c) 負曲げ・せん断強度解析	連続桁のせん断力、負曲げモーメントが卓越する中間支点近傍

4. 解析結果 (a)正曲げ強度 図-3 に支間長 63m のモデルのアスペクト比と安全率の関係を示す。現行の道路橋示方書⁶⁾によるとアスペクト比の規定は 1.5 以下であるが、支間中央部ではせん断力が小さいという観点から、3.0 まで大きくしたモデルについても解析を行った。アスペクト比を 3.0 まで大きくしても、大きな極限強度の低下はなく、安全率を確保できることが分かる。崩壊形式は、架設系では全体横ねじれ座屈、完成系では不安定現象は生

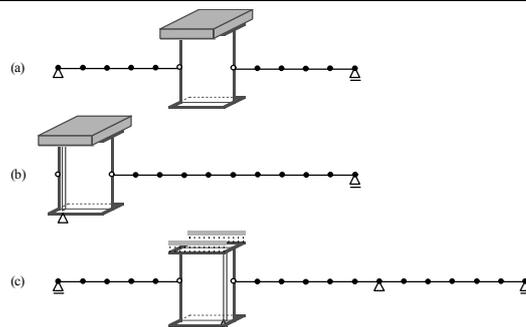
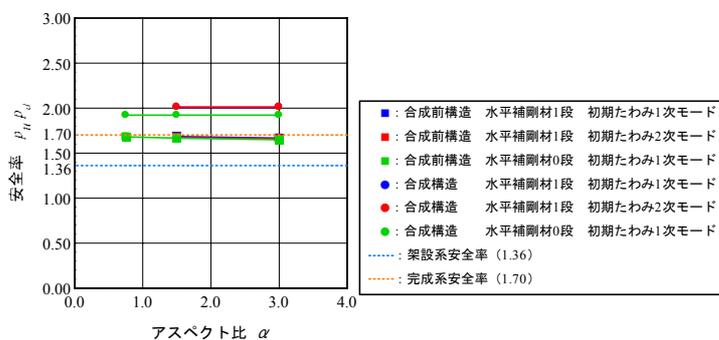
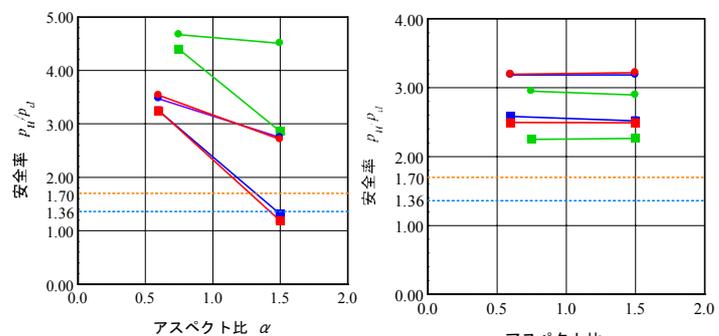


図-2 完成系の解析ケース

じず、面内降伏により崩壊に至っている。(b)正曲げ・せん断強度 図-3 より、アスペクト比を設計値から 1.5 まで大きくすると、安全率は大きく低下し、架設系では安全率を確保できないケースがある。崩壊形式の一例を図-4 に示す。全てのケースにおいて、図-4 に示すように、ウェブのせん断座屈が生じ、端支点部近傍パネルに大きな斜張力場を形成して崩壊に至っている。(c)負曲げ・せん断強度 図-3 より、アスペクト比を設計値から 1.5 まで大きくしても、大きな極限強度の低下はなく、安全率を確保できることが分かる。崩壊形式の一例を図-5 に示す。アスペクト比が 1.5 のモデルでは、図-5 に示すように、ウェブにせん断変形も見られるが、全てのケースにおいて、負曲げモーメント及び支点反力の圧縮による中間支点近傍のウェブの局部座屈により崩壊に至っている。



支間長63m 正曲げ強度



支間長63m 正曲げ・せん断強度

支間長63m 負曲げ・せん断強度

図-3 アスペクト比と安全率の関係

5. まとめ 正曲げ・せん断強度はアスペクト比の影響が大きく、安全率を確保できないモデルもあるが、正曲げ強度及び負曲げ・せん断強度はアスペクト比の影響が小さく、少補剛設計が可能であると考えられる。特に、支間中央部ではアスペクト比を 3.0 とすることで、横桁間に垂直補剛材を設けない設計も可能であると言える。

【参考文献】 1) 田村陽司, 川尻克利, 大垣賀津雄, 作川孝一: PC 床版連続合成 2 主桁橋「千鳥の沢川橋」の設計, 橋梁と基礎, Vol.132, No.9, 1998.9 2) 園田恵一郎: 土木分野における複合構造の最近の動向と研究動向, 1997.1 3) 亀井正博, 祝賢治, 平城弘一, 上田多門: 限界状態設計法に基づく鋼・コンクリート合成桁の設計指針(草案)について, 第3回合成構造の活用に関するシンポジウム講演論文集, 1995.11. 4) 西村宣男: 鋼橋の立体的力学特性を考慮した設計の合理化に関する研究, 大阪大学学位論文, 1985.12. 5) 中島章典, 池川真也, 山田俊行, 阿部英彦: ずれ止めの非線形挙動を考慮した不完全合成桁の弾塑性解析, 土木学会論文集, No537, 1996.4 6) (社)日本道路橋協会: 道路橋示方書・同解説, 1973.

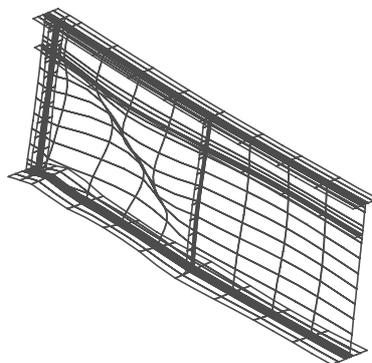


図-4 極限状態における変形 (正曲げ・せん断強度)

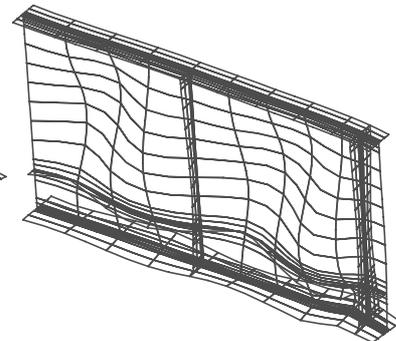


図-5 極限状態における変形 (負曲げ・せん断強度)