

合成 I 桁の負曲げ，曲げせん断相関強度に関する実験的研究

長岡技術科学大学	学生会員	林 裕也，和久井穰
長岡技術科学大学	正会員	長井正嗣，宮下 剛，岩崎英治
(株)東京鐵骨橋梁	正会員	田中慶治，細見直史，平山繁幸
埼玉大学	正会員	奥井義昭
高速道路総合技術研究所	正会員	稲葉尚文

1. はじめに

近年，建設コスト縮減の観点から，シンプルな横補剛システムをもつ 2 主 I 桁または少数 I 桁橋が採用され，スパン 40～60m の領域で最も競争的な形式として認識されている．また，鋼や合成構造の設計のための性能照査限界状態設計法の構築が学会を中心に積極的に行われている¹⁾．床版の拘束効果でウェブ厚を厚くすることなく，降伏強度に比して大きな(1.4～1.6 倍)塑性強度が得られる合成桁では，更なる経済性達成の観点からも，限界状態設計法の導入は欠かせないと言える．合成桁の限界状態設計法を構築する上で，部材の曲げ，せん断及び曲げとせん断の相関強度を明らかにしておくことが重要な課題の一つとなる．

連続合成桁の中間支点部では，コンクリート床版に負曲げモーメントが生じ，引張力が作用して，ひび割れが発生する．そのため，通常，終局状態での中間支点位置の強度照査では，[鋼桁 + 鉄筋]断面が用いられる．しかし，実際にはひび割れたコンクリートが存在しているため，コンクリートが終局強度に対してどの程度影響を及ぼすかは不明であり，かつ終局状態でのコンクリートの寄与に関する検討は今まで見られていない．

次に，合成桁に曲げとせん断の双方が作用する場合，相関作用によって曲げ強度の低下が懸念される．相関強度照査方法として，学会では，4 乗相関則の適用が記載されているが，一方で，最近の AASHTO では，この相関強度照査を不要としている．さらに，それを裏付ける論文も公表されている²⁾．今回対象としている負曲げの場合，曲げ強度として[鋼桁+鉄筋]断面で検討可能であれば，4 乗相関則に近い値が得られるはずである．

以上より，本研究では，ひび割れ状態にあるコンクリート床版が合成桁の負曲げ強度に及ぼす効果に着目し，計算で予測した強度が得られるかについて実験的検討から考察を加える．あわせて，曲げとせん断の相関強度照査の必要性について考察を加える．

2. 実験概要

本研究では，図-1 に示す断面を有する，曲げとせん断の比率を変化させた試験体 3 体(Case-1～3)を対象に検討を行った．Case1,2 は 3 点載荷モデルで，Case-1 では荷重が大きくなることから，荷重載荷点で 2 本の鉛直補剛材を配置している．結果的に，100mm と短い区間であるが，中央で等曲げ区間を有する．Case-3 は桁中央に 1,000mm の等曲げ区間を含む 4 点載荷モデルで，各ケースにおいて作用する曲げとせん断の比率を変化させている．表-1 に各ケースのスパンおよび材料強度を示す

3. 実験結果

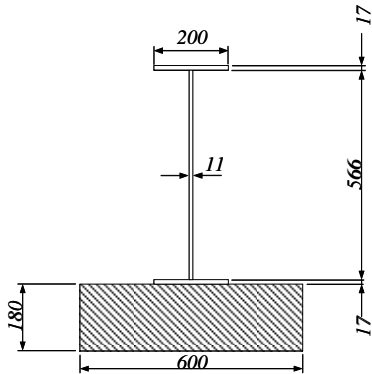
図-2 に荷重-変位関係，表-2 に塑性モーメントの計算値と実験値の比較を示す．図中には，桁の降伏モーメント，塑性モーメントに対応する載荷荷重(P_y , P_p)を示す．全ケースにおける実験値と計算値の差異は-2～4%程度であり，両者は非常に一致を示していると言える．

Case-1～3 の相関強度表示を図-3 に示す．図中には，各国における相関強度曲線を記入している．これより，Case-1 は，終局状態で， $([M/M_{ult}]:[Q/Q_{ult}]) = (0.99:1.03)$ となり，塑性モーメントよりわずかに小さい終局モーメントとなったが，相関曲線では，正方形の枠の外に相関強度は位置した．また，Case-2,3 とともに，正方形の枠外にプロットされている．以上より，相関強度は無視できる可能性が示唆できたと考えられるが，

試験に用いた断面はコンパクト断面であることから、今後、ノンコンパクト断面について、更なる検討が必要といえる。その場合、荷重履歴が関係することから、実験についても、一旦、鋼桁断面としての初期応力(前死荷重)を導入し、その後、配筋、床版打設を行い載荷することになりやっかいである。そのため、FEA による計算が必要と考える。

4. まとめ

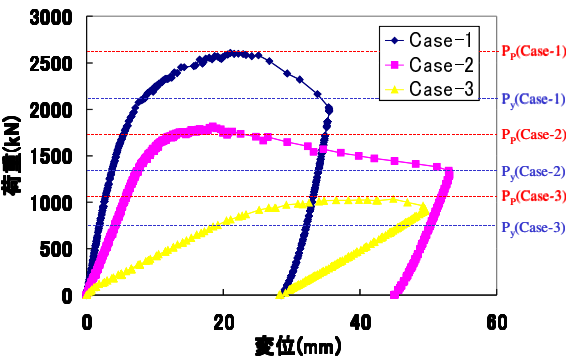
- 以上の検討結果を要約すると以下のことが言える。
- 1) 負曲げ作用を受ける桁について、コンクリートを無視した[鋼桁+鉄筋]断面で終局強度を計算したが、計算値を実験値は良い一致を示し、コンクリート床版を無視した終局曲げ強度評価でよいと言える。
 - 2) 曲げとせん断の相関強度特性に関して、相関による強度の低下は認められなかった。本実験では、コンパクト断面の結果に限定されることから、今後の更なる検討が欠かせない。しかし、文献2)でも同様の結果が得られていること、既に AASHTO では照査を除外していることを考え合わせると、照査を無視できる可能性について方向性を示せたと考える。



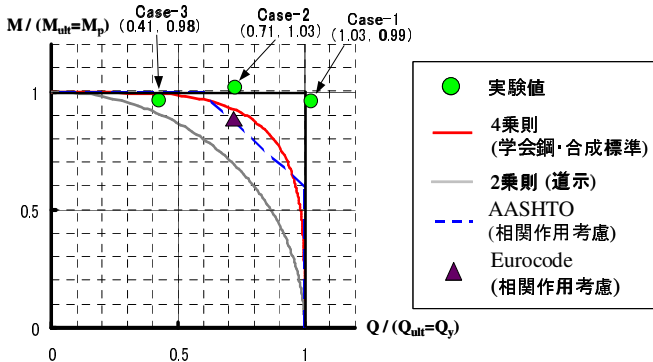
図－1 試験体の断面形状

表－1 試験体のスパンおよび材料強度

模型桁	支間 (mm)	材料強度(MPa)			
		U.Flг.	Web	L.Flг.	RB
Case-1	2,000	354	354	354	363
Case-2	3,000				
Case-3	6,000				



図－2 荷重－変位曲線



図－3 相関強度関係

表－2 終局強度の比較

実験桁	実験値(終局強度)		計算値			無次元化耐力 M_u/M_p
	荷重 P_u (kN)	M_u (kN・m)	全塑性 M_p (kN・m)	降伏 M_y (kN・m)	せん断 Q_u (kN)	
Case-1	2607	1304	1313	1045	1272	0.99
Case-2	1815	1361				1.04
Case-3	1034	1293				0.98

参考文献

1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，Ⅰ 共通編，Ⅱ 鋼橋編，丸善，2003。
2) A.Aziznamini et al.: Shear capacity of hybrid plate girders, *Jour. of Bridge Eng.*, ASCE, September/October, pp.535-543, 2007。