

斜角を有する合成桁の力学特性の解明に関する研究

建設構造研究室 藤本昌樹
指導教官 長井正嗣
岩崎英治

1. 研究の背景及び目的

近年、公共事業における建設コスト縮減要請を受けて、各機関での対応が活発に行われている状況にある。橋梁においても、主に日本道路公団を中心として、従来の橋構造を大幅にシンプル化した新しい構造の採用、また鋼とコンクリートのそれぞれの長を生かした複合(合成、混合)構造の採用が活発となり、コスト縮減が計られている。さて、鋼系橋梁に目を向けると、経済的形式として合成2主I桁橋が提案され、スパン30~60mの範囲で、コンクリート橋に対して競争的なタイプと位置付けられている。しかしながら、スパンが30m以下、または60~70m以上となると、コンクリート(PC)橋梁が経済的と評価されている。このような状況の中、スパン30m以下の競争的鋼系橋梁として、補剛材を一切取り付けない形鋼と合成床版からなるシンプル構造に着目し、その力学特性について検討を行った。この提案構造は、道路橋示方書で設置が義務付けられている主桁間を連結する中間横桁も省略したシンプルな構造である。そのため、本形式の力学特性を検討し、その問題点を明らかにする。

また、本研究ではこの橋構造を斜角桁に適用可能であるかを同定するために、同様の力学特性に関する検討を行った結果を報告する。スパン15,25mモデルを対象に、直橋を含め斜角60°,70°,80°及び中間横桁の有無をパラメータとした解析を行った。

2. 解析方法及びモデル

(1) 計算モデル

本研究では形鋼を用いた合成6主I桁橋を対象とし、モデル化している。図1にスパン15m,25mの単純合成桁モデルの側面を示す。中間横桁は、道路橋示方書(以下道示と呼ぶ)に従い橋軸方向に5,000mm間隔で配置する。また、端部には主桁高と同じ高さを持つ端横桁を配置している。図2に橋の断面を示すが、スパン15m,25mモデルともに主桁の配置は共通である。

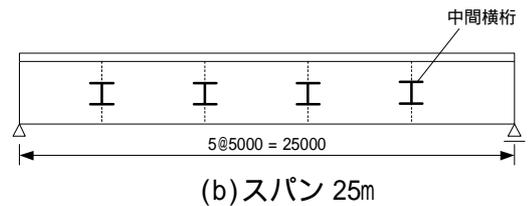
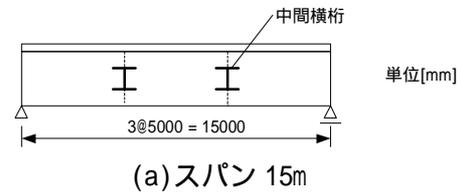


図1 モデル側面

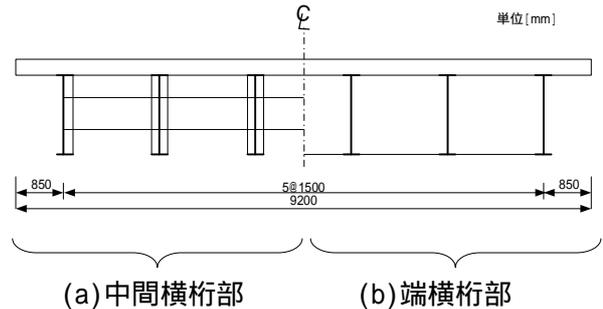


図2 モデル断面

(2) 諸元

計算モデルの主な諸元を以下に示す。

- (a) 床版厚⁴⁾ 200mm
- (b) 材料定数

	弾性係数 [N/mm ²]	ポアソン比
コンクリート床版	28000	0.167
鋼材	200000	0.3

(3) 計算パラメータ

計算パラメータは以下の4つとする。

- (a) スパン 15m, 25m
- (b) 斜角 90° (直橋), 80°, 70°, 60°
- (c) 補剛システム
 - ・ 中間横桁なし(タイプA)
 - ・ 中間横桁あり(タイプB)

(d)荷重

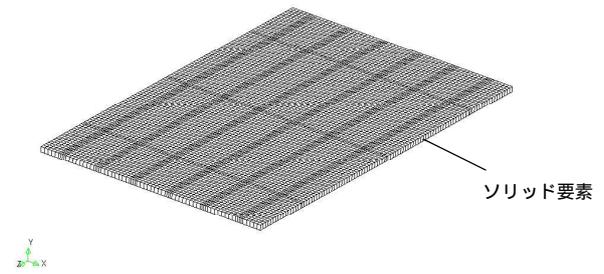
- ・ T 荷重 - 2 台載荷, 3 台載荷
- ・ L 荷重 - 対称載荷, 偏載載荷

(4)境界条件

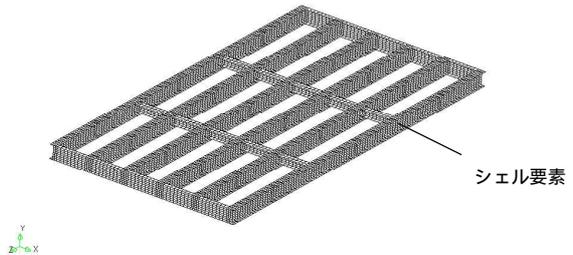
本研究では計算モデルの両端支点を単純支持とする。また,配力筋方向の床版作用による曲げモーメントを算出する際には,橋軸方向すべてにおいて主桁下端を鉛直支持する。

(5)FEM モデル

解析には汎用 FEM 解析プログラム DIANA を用いる。ここで,床版は 8 節点ソリッド要素,鋼桁は 4 節点シェル要素でそれぞれモデル化している。図 3 にスパン 15m・直橋での要素分割例を示す。



(a)床版の要素分割



(b)鋼桁の要素分割

図 3 要素分割状況(スパン 15m,直橋)

4. 解析結果

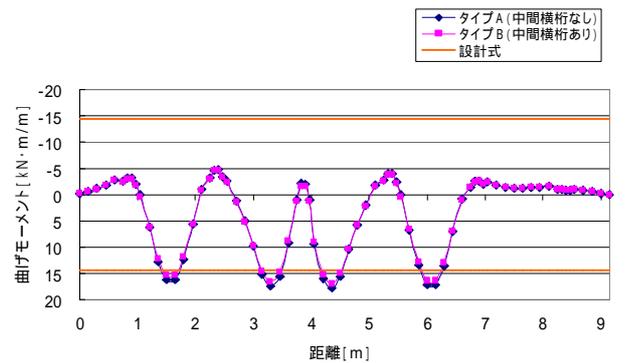
ここではスパン 15m の結果のみについて説明する。スパン 25m モデルも同様の挙動を示し,結果の差異が小さいことからここでは省略する。

(1)中間横桁有無による影響

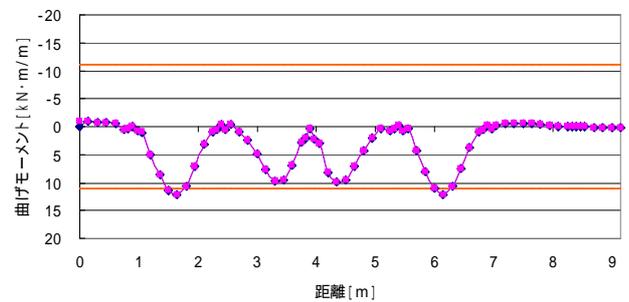
本節では直橋を例に,中間横桁の有無が床版曲げモーメントに与える影響について述べる(斜角 80° ~ 60° の結果も同一の挙動を示すため省略)。

図 4 は T 荷重 2 組載荷時の床版曲げモーメントを示している。これより,タイプ A とタイプ B の差異は小さく,中間横桁有無による影響を受けないことがわかる。また,(a)の主鉄筋方向の最大値は 17.893kN・m/m であり,道示に定める設計値(14.406 kN・m/m)より 20%強大きい値が得られた。一方,(b)の配力筋方向での最大値は 12.193kN・m/m で,設計値(10.948 kN・m/m)に対し 11%程度大きい値を得る。3 組載荷についても同様の挙動となったため,ここでは省略する。

図 5 は L 荷重対称載荷時の床版曲げモーメントを示している。(a)より,タイプ A とタイプ B の差異は大きく,中間横桁有無による影響を大きく受けることがわかる。しかし,その最大値はタイプ A の 11.780kN・m/m であり,設計値(14.406 kN・m/m)以下となることから,安全側であると言える。また,(b)に示す配力筋方向の曲げモーメントはほぼゼロとなり,道示に定める分布荷重下での配力筋方向曲げモーメントを無視できることと対応している。偏載載荷についても同様の挙動となったため,ここでは省略する。

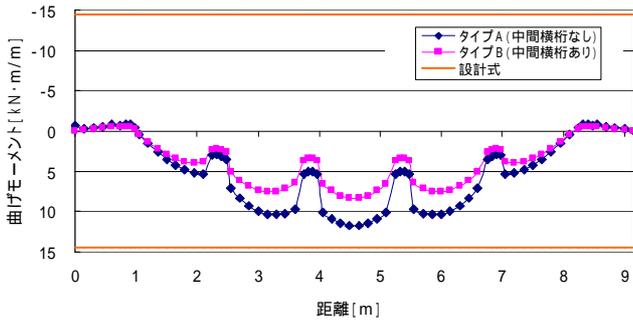


(a)主鉄筋方向

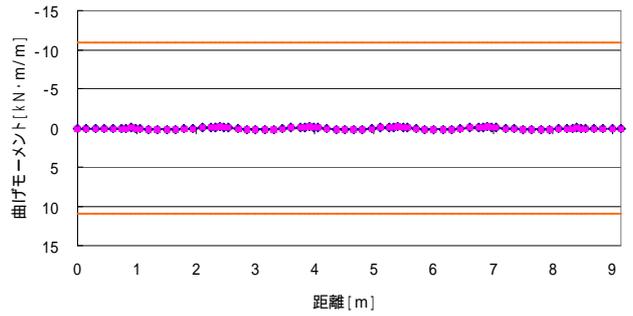


(b)配力筋方向

図 4 T 荷重における床版曲げモーメント



(a)主鉄筋方向



(b)配力筋方向

図5 L荷重における床版曲げモーメント

(2)設計値の取り扱いに関する注意事項

前節の結果より、T荷重における床版曲げモーメントが道示の設計値を上回ることが明らかになった。これは、図6(b)に示すような主桁間の相対変位による影響が加わるためである。これについては(a)に示すように、桁端部を単純支持したものと、主桁下部を橋軸方向すべてにおいて鉛直支持したものの差分を取ることによって抽出できる。本来、道示の設計値と比較すべき値は(b)の影響を考慮しない値である。

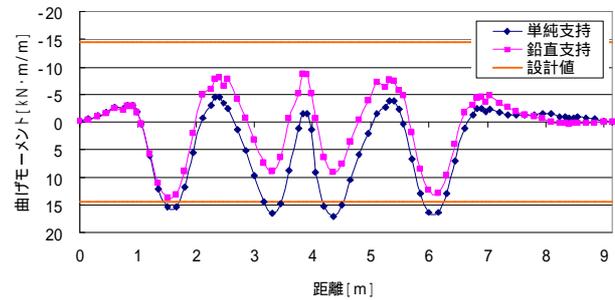
(3)全斜角モデルを対称にした解析結果

本節では、全斜角を対象にした床版曲げモーメントの比較を行う。ここではタイプAについてのみ記述するが、タイプBも同一の挙動を示すため省略する。

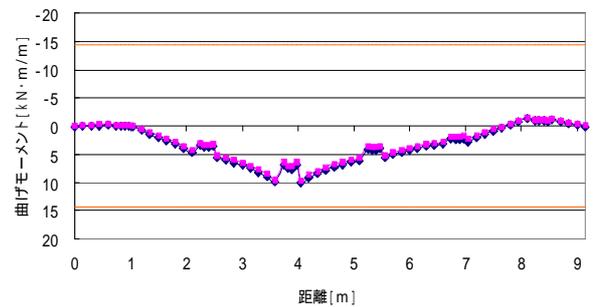
図7はT荷重2組・3組載荷時の床版曲げモーメントを全斜角について比較した図である。これより、斜角が90°から60°と厳しくなるに従って床版曲げモーメントは増加する傾向が見られる。その変化率は最大5%程度である(図9(a)参照)。

図8はL荷重の対称・偏載載荷時の結果である。斜角に伴う床版曲げモーメントの増加量はT荷重よりも大きい。その変化率は偏載載荷時で最大23%となる(図9(b)参照)。しかし、その最

大値は斜角60°での13.377 kN・m/mであり、設計値(14.406 kN・m/m)以下となることから、安全側であると言える。

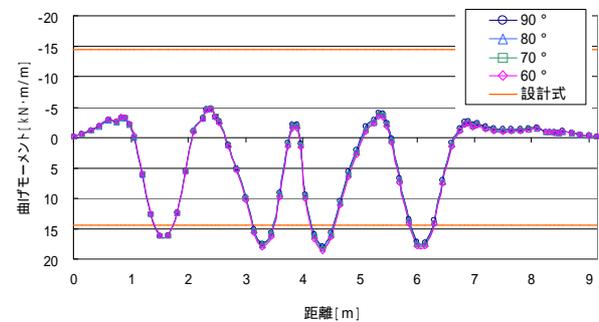


(a)支持条件の違いによる曲げモーメント

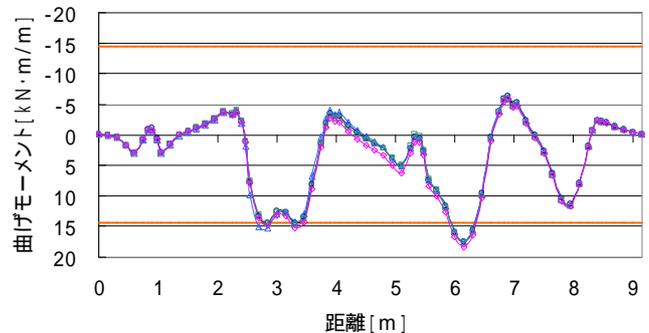


(b)相対変位による曲げモーメント

図6 主桁間の相対変位による影響

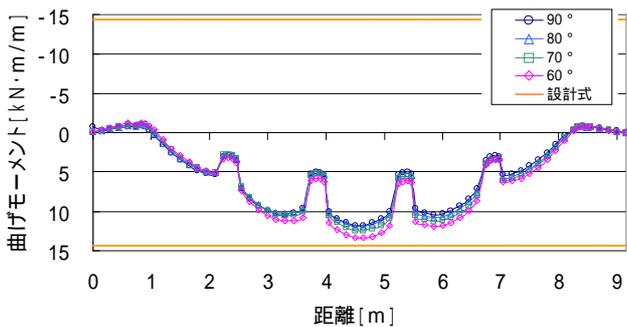


(a)2組載荷

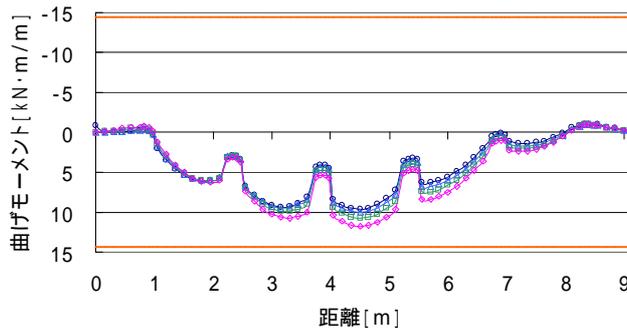


(b)3組載荷

図7 全斜角における比較(T荷重)

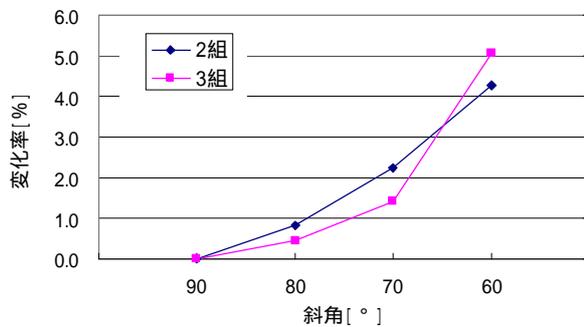


(a) 対称載荷

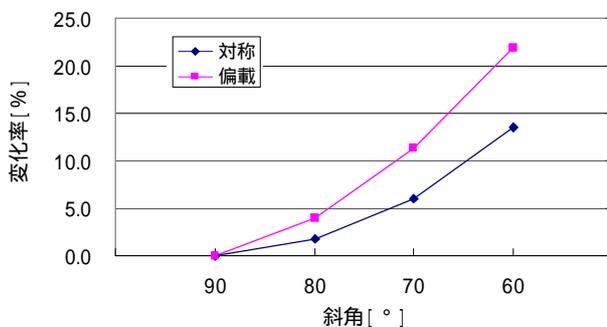


(b) 偏載載荷

図 8 全斜角における比較(L 荷重)



(a) T 荷重作用下での変化率



(b) L 荷重作用下での変化率

図 9 変化率

5. 結論

- (1) T 荷重作用下での床版曲げモーメントは、直橋と共に各斜角桁で、中間横桁の有無による影響を受けない。一方、斜角が $90^\circ \sim 60^\circ$ と厳しくなるにつれて曲げモーメントは増加し、斜角 60° の場合は、直橋に対して 5% 増加する。
- (2) T 荷重の作用により、主桁間の相対変位が生じ、主筋方向曲げモーメントは主桁下部を橋軸方向全長に鉛直支持して求めたモーメントに比べ増加する。その最大値は道路橋示方書の設計式に対して 20% 強大きい値が得られ、設計上注意する必要がある。
- (3) L 荷重作用下での床版曲げモーメントは、中間横桁有無の影響を大きく受ける。また、斜角の変化に伴うモーメントの変化率は 22% 程度で、T 荷重の場合に比べ大きくなる。しかし、絶対最大値は道路橋示方書で得られる値以下であった。
- (4) 斜角の影響による床版曲げモーメントの増加率を、T 荷重、L 荷重に対して与えた。

以上より、補剛材を一切取り付けない形鋼と合成床版からなるシンプル化構造は斜角桁においても適用可能である。

6. 参考文献

- 1) 長井正嗣, 吉田康治, 藤野陽三: シンプルな構造システムを持つ形鋼多主 1 桁橋の立体力学挙動, 構造工学論文集, 土木学会, vol. 43A, pp114 - 1151, 1997
- 2) 石毛立也, 山本晃久, 猪本真, 布施光啓, 池田隆成, 長井正嗣: 斜角を有する鋼 2 主桁橋(姿川橋)の立体挙動に関する解析検討, PC 床版連続合成 2 主桁橋の設計・施工, 川崎重工株式会社 鉄鋼・機器事業部, vol. 3.0, pp57-58, 1999
- 3) 新日本製鐵(株): PANEL-HBB[H 形橋梁のニューモデル], 2003
- 4) (社)日本道路協会: 道路橋示方書・同解説, I 共通編, 鋼橋編, 丸善, 2003
- 5) Frits C. de Witte and Wiltze Pier Nauta 編: DIANA User's Analysis Procedures, TNO DIANA BV, 2003
- 6) Frits C. de Witte and Wiltze Pier Nauta 編: DIANA User's manual Element Library, TNO DIANA BV, 2003