

逆丁型鋼桁に小型工型鋼をとりつけた格子床版合成桁について

大阪大学工学部 前田幸雄

(株)神戸製鋼所 駿河敏一

〃 〇山田 紘

まえがき

格子床版とは小型の工型鋼を並列し、それらを適当な横方向部材で連結して構成される格子状の骨組にコンクリートを充てんして造られる床版である。これは一名 I-B-GRATE 床版と称し、すでに研究発表も数回されており、東名高速道路その他多くの実施例もある。

本床版の長所としては、1. 床版厚を薄くできるので死荷重が小さい。 2. 鋼格子のユニッ

トは工場製作されるので鉄筋コンクリート床版に比べ施工精度が良い。 3. 現場で型枠組み込み、配筋の工程がないので工期を短縮できる。 4. 同一曲げモーメントで設計された鉄筋コンクリート床版に比べ、終局耐荷力は 20~40% も大きい。等があげられる。

鋼桁とその上にある鉄筋コンクリート床版とを適当なずり止め (Shear Connector) によって結合する合成桁構造は非合成構造に比べ経済的であり、広く普及していることは衆知のとおりである。しかし、経済的な構造形式である従来方式の合成桁にもむだがないわけではない。一般的に言って、活荷重合成桁では鋼重の 10~20% にふよぶ上フランジは合成前のためと床版をとりつけるためとずり止めをとりつけるためにあるようなもので、合成後に残ってはあまり役にたっていない。この点に着目した上フランジのない合成桁が 1960 年頃アメリカで一橋施工されている。それは径間 61.3m + 3 @ 9.1m + 36m の小スパン 5 径間連続橋梁で、図 2 のようにスタッドをウェブに直角に溶接した後、曲げ上げ、鉄筋コンクリート床版中に埋めこんでいる。この橋梁の工事報告¹⁾によると、AASHTO の基準に従って設計された鋼重の約半分であったと述べられている。又、Texas 大学でも実験^{2) 3)}が行われており、丁型断面は H 型断面に比べて効果的な断面であると結論している。しかし、現実の中スパン橋梁では、合成前死荷重によるウェブ上縁の応力超過、座屈の問題があるし、スタッドをウェブに溶接するときの問題が生じてくる。そこで、我々は上フランジのない逆丁型鋼桁のウェブに前記 I-B-GRATE の格子状骨組

のみを直接とりつけたアレバ鋼桁 (写真 1) に床版コンクリートを充てんして造られる合成桁、すなわち、丁型鋼桁と I-b-Grate 床版を結合させてなる合成桁 (以下、KTI 合成

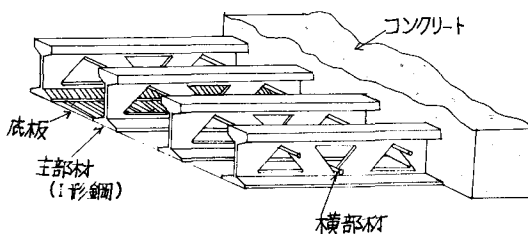


図 1 格子床版の構造

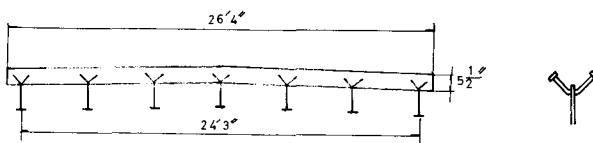


図 2 文献(1)の橋梁

成桁と呼ぶ)を開発しようとしているので、ここにその模型実験についての報告とKTI合成桁の実橋への考察、従来の合成桁との比較設計の結果について述べる。

実験目的

KTI合成桁の基礎資料を得るために、まがね作用の実験を行い、おれ止めとしての小型工型鋼(格子床版主部材)の挙動、合成効果、終局耐力等を調査した。

供試体

図4～5に示す供試体を2体用い、小型工型鋼とウェブは図3のように、支点側両面隅肉溶接し、載荷方法は200ton 油圧試験機で2点荷重(荷重点間距離1.1m)とした。コンクリートで $\sigma_{28}=28.9\text{kg/cm}^2$ 、スランプ10cmである。床版厚は小型工型鋼の高さ10.4cmにかぶり3cmを加えた13.4cmである。桁の鋼材はSM50Aである。

実験結果と考察

1. おれ止め

今回の試験体でおれ、残留おれを調べたところ、図6のようになった。図6で破線はスタッドジベル($\phi 19 \times 10$)の押振試験の荷重-おれ曲線⁶⁾、一点線は刷ジベル(支圧面 90×45)の押振試験の荷重-おれ曲線⁶⁾である。図5

写真-1

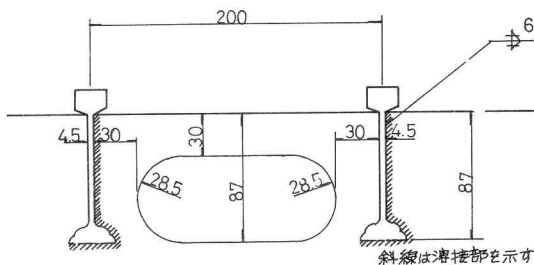
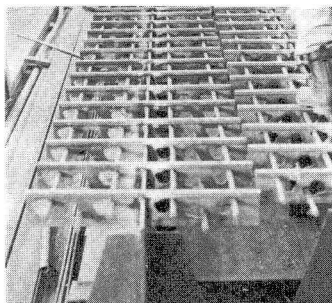
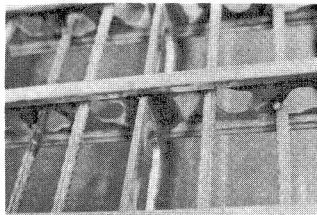
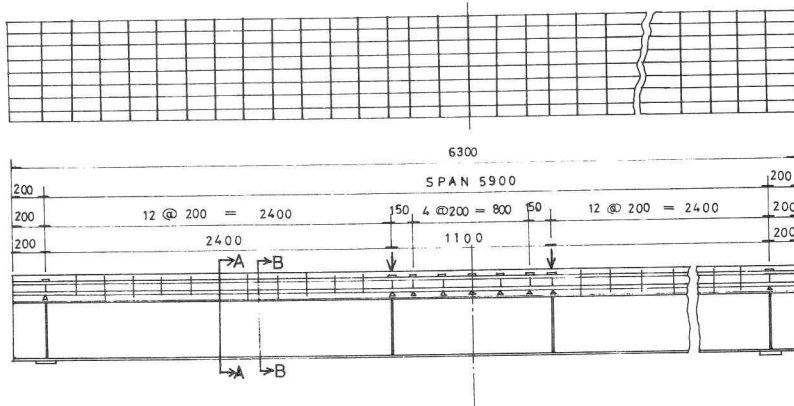


図3 ハンチ穴と溶接法 (単位 mm)

図4 供試体と載荷方法 (単位 mm)



り、明らかに荷重-ずれ線、荷重-ずれ線は直線性を示している。ずれ止めとしての小型工型鋼（格子床版主部材）は変形（ずれ）が支配的要素とばかりい剛ジベルに属する。

2. 合成効果

1) 弾塑性域の計算

仮定 i) 断面は平面保持の法則に従おう。 ii) コンクリートの引張強度は無視する。 iii) コンクリートの応力-ひずみ曲線は関数法⁶⁾（最大応力 = 28.9 MPa、最大応力時のひずみ = 2600×10^{-6} ） iv) 変形は微小と考え、曲げの曲率はたねみの2回微分で近似できるとする。

以上、4つの仮定を用いて、合成断面の応力状態をコンピューターにより、釣合条件式

$$\int \sigma dA = 0$$

から、try and error法で中立軸を求めることにより決定した。各応力状態時の荷重は次式の抵抗曲げモーメントから算出した。

$$M = \int \sigma y dA$$

荷重とたねみの関係は次式により求めた。

$$\frac{d^2 \delta}{dx^2} = -\frac{1}{\rho} \quad \rho: \text{曲率半径}$$

たねみ、ひずみ曲線（図7～8）、たねみ曲線（図10～11）とも弾性限界付近で μ （ヤング係数比）= 7による計算値と関数法による計算値が不連続になっているが当然なことである。

2) 応力、ひずみ

弾性域では実験値と計算値に大きな差はないが、弾塑性域にはいると、図7～8、図13を見れば分かるように荷重が70tonをこえると実験値の方がかなり安全側にでている。図12は水平方向せん断応力を実験より求めたもので、実線は完全合成桁としての計算値、点線は鋼桁のみでせん断力を受けるとした場合の計算値である。

3) たねみ

図10～11より、弾性域ではたねみの実験値は曲げとせん断力を考慮した計算値とほとんど一致している。弾塑性域にはいると、応力、ひずみと同じく荷重が70tonをこえると実験値の方がかなり安全側にでている。

3. 崩壊荷重

崩壊荷重の実験値と計算値を表1に示す。この計算値は図14のようにして計算し、計算にはコンクリートの圧縮試験、鋼材の引張試験の結果、次の値を用いた。

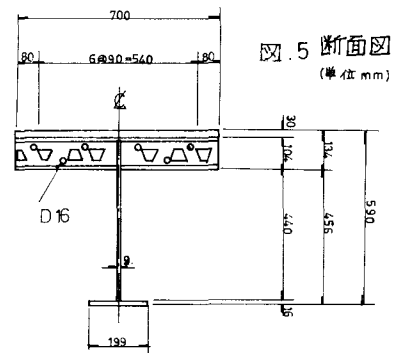


図.5 断面図
(単位 mm)

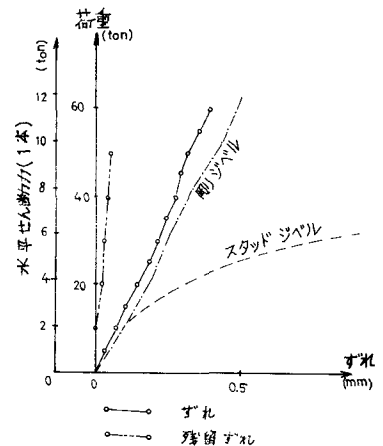


図.6 荷重-ずれ曲線

$$\sigma_{28} = 28.9 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_y = 3600 \text{ " (ウエグ)}$$

$$\sigma_y = 3300 \text{ " (下フレンジ)}$$

表1によれば、KTI合成術の実験値は計算値に比べ、かなり高い値を示している。鉄筋コンクリート床版を有する合成桁で、同じ計算方法での計算値と実験値と比較するため、文献(7)による値を表1の右に示した。文献(7)による供試体は、図5のように本実験の供試体とよ

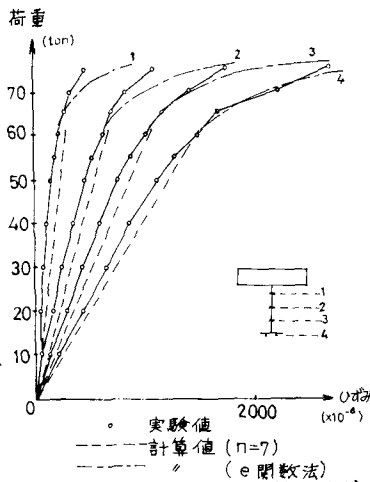


図7 荷重-ひずみ曲線(支間中央)

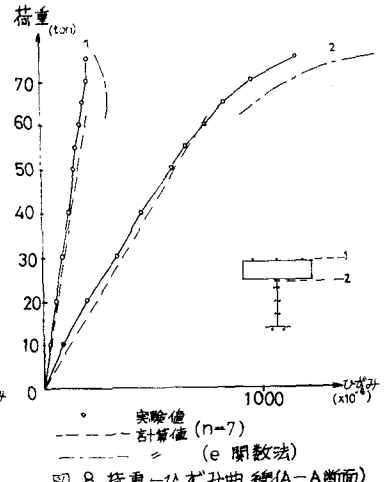


図8 荷重-ひずみ曲線(A-A断面)

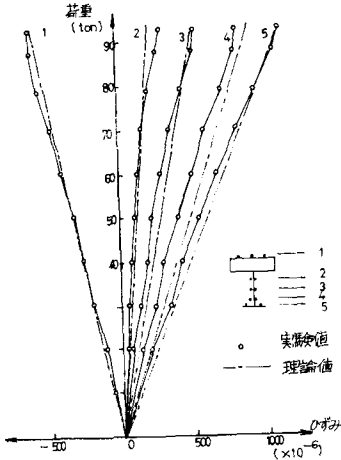


図9 荷重-ひずみ曲線(A-A断面)

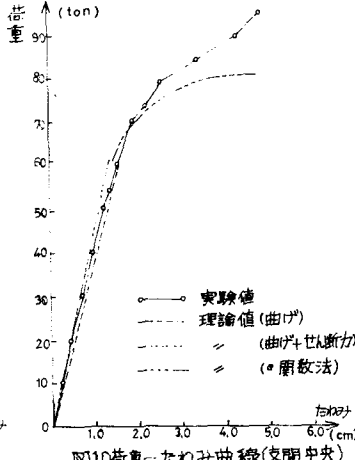


図10 荷重-たわみ曲線(支間中央)

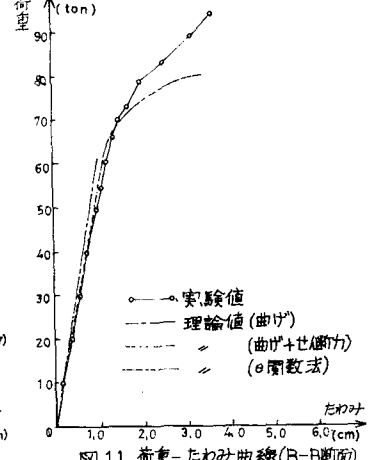


図11 荷重-たわみ曲線(B-B断面)

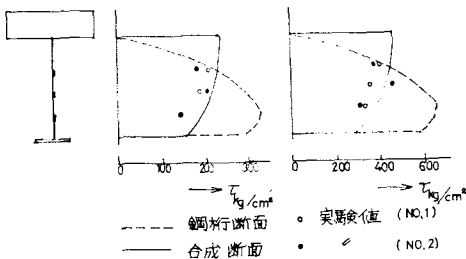
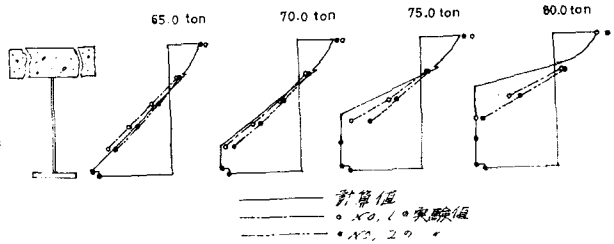


図12 セン断応力分布図

図13 弾塑性域の応力分布



く似ているが崩壊荷重の実験値と計算値の比はほとんど等しい。K T I G 合成桁の実験値と計算値のちがいの理由としては、

1) 合成桁崩壊時には、鋼桁は必ずみ硬化域には入っている部分がある。

2) 床版中のコンクリートは小型工型鋼(格子床版主部材)にかこまれているため、自由な変形が拘束されてあり、このため圧壊現象がみられると思われる。

なお、合成桁崩壊時には鋼桁の座屈現象はまったく見られず、写真2のごとく完全な曲げ破壊であった。

4. 結 論

1) 静的には、小型工型鋼(格子床版主部材)はすれ止めとして十分使用でき、剛ジベルに属する。合成桁がコンクリートの圧壊による曲げ破壊したことより、小型工型鋼は終局時まですれ止めとしての機能をはたした。

2) K T I G 合成桁は従来の合成桁以上の合成効果を期待できる。

しかも、たのみなとも実験値と計算値を比較すると、弾性域ではよくあっているが、弾塑性域にはいると実験値はかたまり安全側となる。

3) 終局耐荷力は計算値を平均値で27.2%上まわった。

実橋への適用

1. アレハブ桁の製作

主桁ウェブと小型鋼のとりにつけに関しては、桁高の高い場合は製作上のとりあつかいがめんどうであるから、別案として適当な厚さの15~20mm巾の帯鋼を小型工型鋼にとりつけ、帯鋼と主桁ウェブとを突きあわせ溶接してアレハブ桁とするこも考えられる。この場合は1)

帯鋼の板厚を適当に選べること。2) 製作、加工上のとりあつかいが容易なこと。3) 溶接加工による熱影響、ひずみ等の問題がコンクリート中に埋めこまれる部分で解決できる。等の利点があるが、反面、ウェブと帯鋼との溶接に製作工数増加の問題がある。

2. 床版の構成

1) 床版の形成

本工法における床版はアレハブ桁を所定の位置に架設し、横組みした後、図16に示すようにアレハブ桁の床版主部材①にとりつけた床版連結用支持材(後述)によって中間床版主部材②を支持、間接連結し、コンクリートを打設して連続床版を形成する。この場合の連結部は床版曲げモーメントの

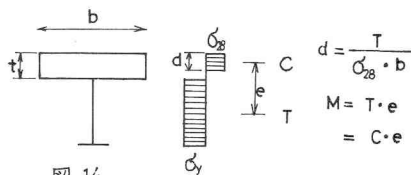


図 14

表 1 破壊荷重

供試体	K T I G 合成桁	文献(7)	
実測値	96 ton	109 ton	77.6 ton
計算値	80.6 ton	76 ton	
実験値 計算値	1,191	1,353	1,02
			1,00

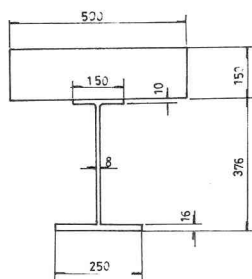
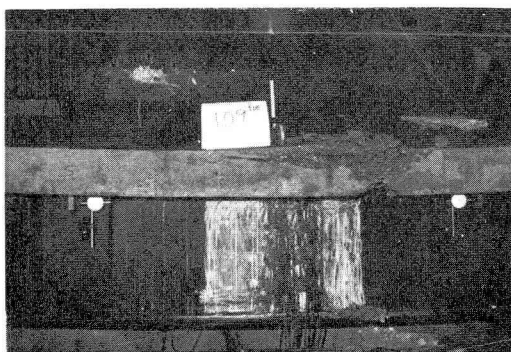


図15 文献(7)の供試体

写真. 2



変曲点付近とし、鉄筋等で補強することも考慮される。

2) 小型工型鋼の断面変化

従来の格子床版では、床版の主部材である小型工型鋼は1つの橋梁につき同一断面にならざるをえなかったが、本工法ではより合理的な断面形状を選択できる。すなわち、本工法では床版の負のモーメントをうけもつ主部材と正の曲げモーメントをうけもつ主部材を別々に設計施工するので、主桁にとりつけて負のモーメントに対する主部材は上フランジの断面を大きくし、床版中間部のそれは下フランジを大きくすることもできる。

3) 床版連結用支持材

床版連結用支持材とは、図16のようにプレハブ桁間の中間床版主部材を支持し、床版の連続性を確保しようというもので、プレハブ桁の工型鋼底部にとりつける部材で工型鋼間にはめこむものである。

3. 架設工法

架設工法としては、下記の種々の方法が考えられるので、工事工程、製作、輸送、および架橋の条件に応じ最も適した架設工法を選定し、相当の設計施工を行なうべきであると考えらる。下記のA-Typeは、合成前死荷重をプレハブ鋼桁の格子骨組、および仮設枕にも負担させ、床版コンクリートはすべて現場施工とするものである。B-Typeは、合成前死荷重の全部または一部をあらかじめ施工する一次床版コンクリート（図17）にも負担させるもので、床版コンクリートの施工は一次、二次の2段階となる。

1) A1-Type

プレハブ鋼桁の床版配筋筋、連結用支持材等の橋軸方向部材が合成前死荷重応力を負担するようにステージングを仮設し床版コンクリートを施工し、合成後ステージングを撤去する。

2) A2-Type

プレハブ鋼桁の格子骨組下面、橋軸方向に合成前死荷重を負担する断面（長間30mの橋梁で、約60㎡）を有する形鋼等を仮設としてつけておき床版コンクリートを施工し、コンクリート硬化後、仮桁を撤去する。

3) B1-Type

図17に示すプレハブ鋼桁G-1とG-2とをあらかじめ現場ヤードに組み立て接合し、一次床版コンクリートを打設、硬化後引き出し、またはクレーン架設して二次床版コンクリートを施工する。

4) B2-Type

プレハブ鋼桁G-1、G-2の添接部には鋼主桁の上フランジ（補強のため）を設けておき、G-1

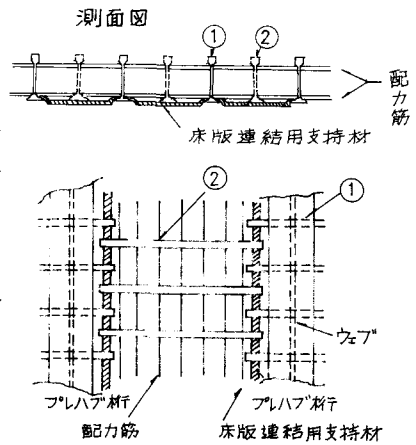
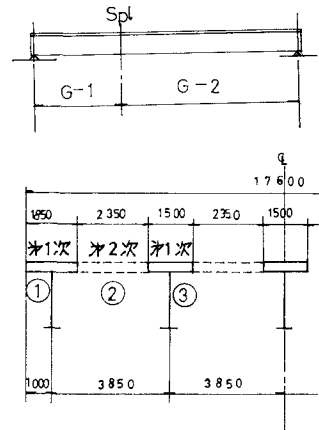


図16 平面図

図17 架設工法



575 kg/m²、格子床版で 499 kg/m² と 16.2% 死荷重が減っている。

表 3 設計荷重時の応力

		コンクリート上系梁	上フランジ上系梁	下フランジ下系梁
K T I G 合成桁	外桁	138 kg/cm ²		1861 kg/cm ²
	中桁	140 "		1891 "
活荷重合成桁	外桁	114 "	1744 kg/cm ²	1895 "
	中桁	90 "	1724 "	1885 "

おとがき

K T I G 合成桁の提案と 2 体の模型実験結果、架設工法案、比較設計について述べた。桁作用の実験結果は良好であり、比較設計では 13.9% 鋼重が減り、経済的であることが分かったので、今後床版の継手部等の実際上の問題点については、床版実験、疲労実験等を継続して問題点を解明しながら研究開発を進めていきたい。

参考文献

- 1) Engineering News-Record: Composite Design Lowers County Bridge Costs, Vol. 172, No. 13, Mar. 26, 1964
- 2) A. A. Toprac, D. G. Eyre: Composite Beams with a Hybrid Tee Steel Section, Journal of the Structural Division, A. S. C. E. 1967
- 3) A. A. Toprac: Strength of Three New Types of Composite Beams, Engineering Journal, A. I. S. C. Vol. 3, No. 2, 1963
- 4) A. A. Toprac: Steel Research for Construction, Bulletin No. 1, A. I. and S. I., 1965
- 5) 梅村 魁: 鉄筋コンクリート下梁の塑性変形および終局強度、日本建築学会論文報告集 42 号 1951
- 6) 赤尾親助: スタッドジベル合成桁に関する研究、学位論文
- 7) 大阪市大、大阪市、松尾橋梁: 新大正橋模型実験報告書 (部分合成桁の静的実験), 1967
- 8) 鋼道路橋示方書改訂分科会: 鋼道路橋示方書 (分科会 1 次案), 昭和 45 年 5 月