

ではない。

5) $R_g = 124.7\Omega = 120\Omega + 4.7\Omega$ で前者は歪計の抵抗, 後者は歪計と測定装置との間の導線の抵抗である。 R_g をこのようにわけて考えて(2)式を導くと, 分母の R_g は導線を含めた歪計の抵抗, 分子の R_g は歪計のみの抵抗となる。従つて計算式のようになるわけである。 $R_g = 120\Omega$, $R_1 = 120\Omega$, $R_2 = R_3 = 100\Omega$ ($R_3/R_2 = 1$) とするのが最も好ましいが, 導線の抵抗のために R_g が小数点以下を含むような値となつて, 止むを得ず本文に述べたようにしたのである。

6) 荷重 5 英噸までなら分流器を入れなくてもよい。しかしそれ以上になるとスケール・アウトするので最初より分流器を入れておいた。

7) a), c) の実験では当然歪計 2 個を表裏に貼付けるべきであるが, 歪計の個数の都合で片側のみとした。勿論これは正しくない。Huggenberger 歪計の歪が SR-4 歪計の約半分であるのは, 取付けの正しくないこと, 1 個しか用いなかつたためであると思われる。

8) Kurt Fink, Der Dehnungsmessstreifen-Ein neuer meszfühler für statische und dynamische

Beanspruchungen von festen Körpern, V. D. I. Bd. 92, Nr.4, 1950. 抵抗線歪計は英米特に米国で進んでおり, ドイツはそれに及ばないようである。また次の文献もある。

A. G. Keenan and R. L. McIntosh, A Strain-Sensitive Resistance Wire Manometer, Review of Scientific Instruments Vol. 19(1948), No.5 p. 336 (昭 25.11.16)

(編集部より)

電気抵抗を利用する Strain Gage に就いては滞米中の谷藤正三氏より報告がありましたが前文と重複する処が多いので掲載しません。唯参考文献だけ附記致します。

参考文献:

“Experimental Stress Analysis” 1943~1947

Dobie & Isaac: “Electric Resistances

Strain Gages” English University Press

1948, C, Tinling & Co, Ltd, Liverpool

& Presoct.

木コンクリート集成T桁橋に関する実験

正員 加藤 誠 平*
和 田 祐 三**

AN EXPERIMENTAL STUDY ON THE COMPOSITE WOOD-CONCRETE T-BEAM BRIDGE

(JSCE March 1951)

Seihei Kato, C.E. Member, Yuzo Wada,

Synopsis Some results of the experiments to examine the strength and mechanical properties of the composite wood-concrete T-beam bridges are reported in this article. It was proved by the experiments that, (1) the strength and the flexural rigidity of the composite wood-concrete T-beam bridges are considerably higher than those of the ordinary wooden beam-bridges, (2) the theoretical formulas are practically applicable for the design of the composite beams, and (3) therefore, adequately designed composite wood-concrete T-beams composed of good materials might be safely applied for minor roadbridges if they were carefully erected.

1. 緒言

木造桁橋(道路橋)の強度及び耐久力を増大する目的で「木コンクリート集成桁」¹⁾を応用した工法は高橋敏五郎氏の考案で, 同氏は 1940 年普通ポートランド・セメントとエゾマツを使用した木コンクリート集成桁に関する実験結果を報告し²⁾, 此の種の桁の使用

を推奨しているが, 事実は北海道に於て架設された同氏の設計による「木コンクリート橋」は架設後 10 年を経た今日でも強度及び耐久力の点に於て優秀な成績を示している由である。最近伊福部宗夫氏も同種の桁に

1) 単に「木コンクリート桁」と稱せられているが集成桁の一種と考ふるべきものであるのでこの名稱を用いた

2) 高橋敏五郎:「木コンクリート橋」道路, 昭15.第2巻2號

3) 伊福部宗夫:「木コンクリート橋設計に関する考察」道路, 昭23.2號

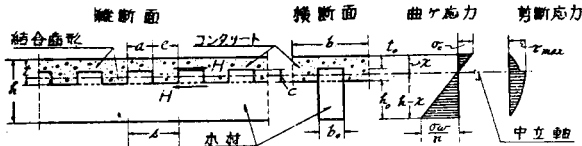
4) 福田武雄:木構造學, 昭.24. pp.167~175

* 東京大学助教授, 農学部森林利用学教室

** 同大学院学生, 同上

関する研究を發表しているが³⁾、福田武雄博士は一般的に「木コンクリート桁」の理論を解明し、鉄筋コンクリート桁の設計に用いられる公式と類似の諸公式を与えている⁴⁾。木コンクリート集成桁の理論は1) 応力は常に比例限界以下で、応力歪の比例法則に従う、2) 桁の任意の断面は常に平面を保つ、3) コンクリートと木材の弾性係数比は常に一定である、4) コンクリートは引張に耐えない、という仮定に立脚するものであつて、著者等が実験に用いた図-1に示す如き桁

図-1 木コンクリート集成桁



については次の諸式が誘導される。

(1) 中立軸の位置：桁の有効断面の中立軸に関する1次モーメントの総和が0に等しいという条件は次式で与えられる。

$$A_c(x-t_0/2) - nA_w(h-x-h_0/2) = 0$$

ただし $A_c \equiv t_0 b$: コンクリートの有効断面積

$A_w \equiv h_0 b_0$: 木材の有効断面積

h : 桁の全高

t_0 : コンクリートスラブの有効深

h_0 : 木材ウェブの有効深

b : コンクリートスラブの幅

b_0 : 木材ウェブの幅

x : スラブの上縁から中立軸までの垂直距離

$n = E_c/E_w$: 弾性係数比

E_c : コンクリートの弾性係数

E_w : 木材の弾性係数

上式より中立軸の位置は

$$x = (A_c t_0 + n A_w h) / (2 A_c + n A_w) \dots\dots\dots(1)$$

(2) 断面の2次モーメント：中立軸に関する有効断面2次モーメントを I を用いて示せば

$$I = b[x^3 - (x-t_0)^3] / 3 + n b_0 [(h-x)^3 - (h-x-h_0)^3] / 3 \dots\dots\dots(2)$$

(3) 縁維応力：外力による曲げモーメントを M 、コンクリート及び木材の縁維応力を夫々 σ_c, σ_w とすれば $\sigma_c = Mx/I, \sigma_w = n\sigma_c(1-k)/k$ 、但し $k = x/h$ …(3)

(4) 最大剪断応力：外力による剪力を S 、中立軸より下部の有効断面の中立軸に関する1次モーメントを G とすれば、近似的に $I/G \approx 2h/3$ であつて、最大剪断応力は

$$\tau_{max} = SG/Ib_0 \approx 3S/2t_0h \dots\dots\dots(4)$$

(5) 結合歯型部の応力：1組の歯型の基底 s の長さの間で水平剪断応力が等分布するものと仮定し、 s の距離の間に働く水平剪断応力の総和を H とすれば

$$H = \tau_{max} b_0 s$$

よつてコンクリート歯型及び木材歯型の水平剪断応力は

$$\tau_c = H/be, \tau_w = H/b_0a \dots\dots\dots(5)$$

若しこれらの諸式が実際によく適合するならば、これにより桁各部の寸法を算定し得るから、橋梁の適切な設計を容易に行うことが出来る。著者等はこの点を確認し、尙又木コンクリート集成桁の諸性質をいくらかでも明かにし度い為に若干の実験を行つた。種々御指導を賜つた東京大学名誉教授山口昇博士同教授国分

正胤博士及び御教示にあずかつた高橋敏五郎氏に深く感謝する。

2. 予備実験

A. 材料 実験に使用した材料の諸性質は表-1~4の通りである。

表-1 木 材

樹 種	秋田産 スギ Cryptomeria Japonica D. Don ⁵⁾		
平均年輪幅	2.5~4.0mm		
比 重	気乾 0.43~0.52 絶乾 0.38~0.46		
機械的性質 (含水率 13~15%)	破壊強度	圧 縮	280~305kg/cm ²
		引 張	190~300 "
		曲 げ	370~450 "
		剪 断	50~80 "
弾性係数(引張)		4.7~9.1×10 ⁴ kg/cm ²	

表-2 セ メ ン ト

種 類	秩父シリカセメント ⁶⁾	
比 重	2.91	
強 度 (J. E. S. 標準モルタル試験材令 28日)	圧 縮	197~220 平均 212kg/cm ²
	曲 げ	46.8~56.2 平均 507 "

表-3 砂 利

種 類	比 重	最大径	組 成	
			粒 度	重量比率
荒川産天然砂利	2.63	20mm	5~10mm	45%
			10~15	45
			15~20	10
			計	100%

5) スギを使用したのは本邦に於て最も普通な構築用材であること及び各種機械的性質が木材中大體中よりのものであることによる。マツ、ツガ等についても目下試験準備を進めている。

6) シリカセメントの強度はポルトランドセメントのそれと殆んど變らぬ。材料入手の都合上これを用いた。

B. コンクリートの配合 強度,ウォーカーピリチー, コンシステンシー, 塑性等の諸点から優良なコンクリートを得るために水セメント重量比を40~70%, 砂利砂重量比を 1.40~1.60% に変化して J.E.S. 標準強度試験及びスラブ試験を行い, その結果及び一般の標準配合を参考して表-5 に示す配合比及び仕様を決定し, 実験には総てこのコンクリートを使用した。

C. 予備実験の結果 上記の材料を用いて各種の予備実験を行った結果を要約すれば次の通りである。

(1) 接合面の剪断試験による木材(荒削面)とコンクリートの平面接着強度は平均 2kg/cm²であった。従つてこの程度の接着力は桁の設計々算には無視する

表-4 砂

種類	比重	組成	
		粒度	重量比率
荒川産 天然砂	2.65	<0.15mm	2.1%
		0.15~0.30	9.5
		0.30~0.60	20.3
		0.60~1.20	36.2
		1.20~2.50	25.7
		2.50~5.00	6.0
		計	100.0%

表-5 コンクリート

水セメント重量比 W/C×100	砂利砂重量比 G/S	コンクリート 1m ³ につき				圧縮破壊強度 (28日)	スラブ
		セメント	水	砂	砂利		
53	1.40	373kg	201kg	679kg	951kg	200kg/cm ²	8~11cm

方がよい。

(2) 木材とコンクリートの結合を補強する目的で結合歯型部に用いた釘の効果は不明である。釘を用いた場合接合面の剪断試験による破壊強度は増大するが, 釘の曲りが相当大きく, 又釘に接する木材部が圧潰するために木材とコンクリートの間に相当大きな変位を生じた。従つて桁の設計々算には釘の補強力は無視すべきである。

(3) 砂利の最大寸法 15mm の場合コンクリート・スラブの厚さは 4cm 以上あれば差支えないようであった。

(4) 径間桁深比が8以下になると曲げ試験(中央1点集中荷重, 以下同じ)による破壊強度が急激に減少する傾向が見られた。従つて8以上の径間桁深比を採るべきである。

(5) 曲げ試験に於て木材ウェブに弾性剛度の低いものを用いるとコンクリート・スラブの下縁に不規則な龜裂が生じたが, 弾性剛度の高いウェブを用いると曲げ応力による破壊はコンクリート部にも木材部にも生じないで, 桁両端の木材歯型基部に水平剪断破壊を生じた。

(6) 中立軸の位置を種々変えて曲げ試験を行った結果, 前記公式に於て $n = E_c/E_w = 0.5$ として算出した理論上の中立軸の位置がコンクリート・スラブの下縁と略一致してウェブ内にあるものが破壊強度が最大であった。

(7) 結合歯型の寸法については, 歯の底部の長さ

$s = a + e$ が大きなもの程, 又歯の高さ e が大きなもの程, 曲げ試験による撓みが大きく現われた。 $a : e = 1.0 \sim 1.6$ の範囲ではコンクリート歯型が水平剪断破壊を生ずることがなかつた。 e の小さなものは歯型の側面が木材, コンクリート共に圧潰した。 $s = 13\text{cm}$, $a : e = 1.0 \sim 1.6$, $e = 1.5 \sim 2.0\text{cm}$ のとき, $b = b_0$ の矩形桁ではコンクリート歯型の基部隅角に先づ斜の龜裂が生じた。同じ歯型を有する $b = 2b_0 \sim 3b_0$ のT桁(理論上の中立軸はコンクリート・スラブの下縁附近)では先づ桁両端の木材歯型に水平剪断破壊が生じ, 次で直ちに木材ウェブ下縁の縁維応力による破壊とコンクリート・スラブ下面の不規則な龜裂とが殆んど同時に現われた。この場合コンクリート・スラブ圧縮側の破壊は認められなかつたが, 大体に於てバランスのとれた破壊過程の如く認められた。

(8) 桁の作製の際気乾材(含水率14~22%)を用いたものは木材がコンクリート中の水分を吸収して強度を減少させた。木材を7日間以上水中に浸漬して含水率を50%以上を高めたものを使用した場合にはコンクリート打設による木材部の含水率変化が殆んど認められずセメント糊の水分に影響を与えなかつた。

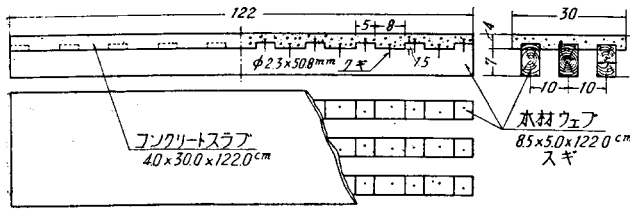
(9) 桁は水中養生を行ったものも, 室内で蓆を蔽い時々散水して養生したものも強度には差異が認められなかつた。

3. 橋梁模型実験

上記の予備実験の結果を勘案して図-2 に示すような「木コンクリート集成T桁橋」の模型を作製して曲げ破壊試験を行った。模型は有効径間105cm, 集成T

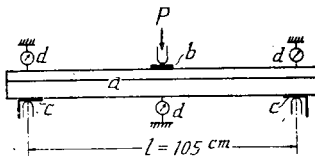
7) 前掲伊福部宗夫氏論文参照

図一 試験に用いた模型



桁3本、コンクリート・スラブを連続させて普通の鉄筋コンクリートT桁と同様の形にしたもので、材料は2. A.B. に記したものと同じく、コンクリート打設後20日間水中養生した。試験機械は東京大学農学部森林利用学実験室備付のアムスラー型 30t 試験機を用い、荷重は図一3 に示すような中央集中荷重、負荷速度は

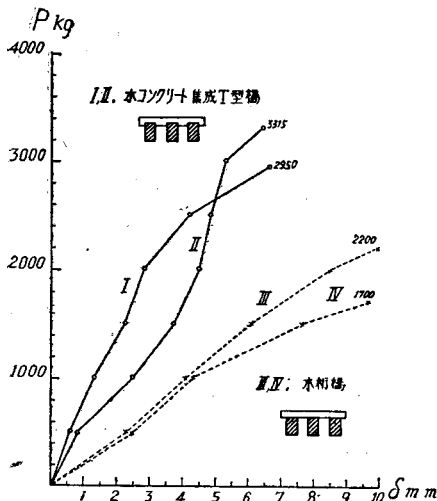
図一3 試験法



- P: 中央集中荷重(動力学荷重)
- a: 橋梁模型
- b, c: 表面圧潰防止用鉄板
- d: ダイアルゲージ
- l: 有効径間

5~10kg/sec である。撓みの測定は径間中央に於ける変位 δ_1 と両支点に於ける δ_2, δ_3 を桁に取付けたダイアルゲージで読み、径間中央の撓みを $\delta = \delta_1 - (\delta_2 + \delta_3)/2$ により算出した。尙木コンクリートT桁橋と普通の木桁橋とを比較するために上記の模型と同一寸法の木桁橋模型を用いて同様の曲げ試験を行った。この木橋模型はスラブに相当する部分に厚板を用い、これが曲げ

図一4 模型による曲げ試験結果(荷重-たわみ曲線)



モーメントに対して抵抗を生ぜぬ程度に桁に釘付けしたものである。試験の結果得られた荷重撓み曲線は図一4 に示す通りであつて、次の事柄が明らかとなつた。

(1) 木コンクリート集成桁橋の曲げ破壊強度は同一寸法の木桁橋のそのの $1 \frac{1}{2}$ 倍以上であつた。

(2) 木コンクリート集成T桁橋の撓みは同一寸法の木桁橋のそれよりも遙かに少い。径間中央に於ける桁の最大撓みが有効径間の $1/300$ 、即ち $\delta = 3.5 \text{ mm}$ を与える集中荷重の大きさを集成桁の場合 P_c 、木桁の場合 P_w とすれば、 $P_c : P_w = 1 \frac{3}{4} \sim 2 \frac{2}{3} : 1$ であつた。

(3) 木コンクリート集成桁に関する理論式は実用上適用して差支えない。例えば(1)(2)式に於て $n = 0.5$ とし、 $t_0 = 2.5 \text{ cm}$ 、 $b = 10 \text{ cm}$ 、 $b_0 = 5 \text{ cm}$ 、 $h = 11 \text{ cm}$ 、 $h_0 = 7 \text{ cm}$ の数値を入れれば $x = 3.8 \text{ cm}$ 、 $I = 206.69 \text{ cm}^4$ となる。この値を(3)式に代入しコンクリート及び木材の許容応力を夫々 $\sigma_{ca} = 50 \text{ kg/cm}^2$ 、 $\sigma_{wa} = 60 \text{ kg/cm}^2$ にとれば集成桁1本に対する許容曲げモーメント及び木材縁維応力の理論値は $M = 2720 \text{ kgcm}$ 、 $\sigma_w = 47 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_{wa}$ となり、 $l = 105 \text{ cm}$ の径間の中央に於ける許容集中荷重の理論値は $Q_1 = 4M/l = (4 \times 2720)/105 = 104 \text{ kg}$ となる。然るに集成桁1本に対する実際の曲げ破壊荷重は $Q_2 = 2950/3 = 983 \text{ kg}$ であるから、 $Q_2 : Q_1 = 9.4$ 即ちこの集成桁の安全率は9.4であつて、計算に用いた許容応力の安全率よりも遙かに大きい。即ち理論式により設計された集成桁は静力学的荷重に対しては十分安全である。

4. 結語

上記の結果から直ちに一般的に結論することは早計であるが、(1)木コンクリート集成T桁橋の耐荷力及び曲げ剛性は同一寸法の木桁橋のそれよりも相当大きく、(2)木コンクリート集成T桁の理論式は実用上設計に用い得る、(3)適当な設計により優良な材料を用いて注意深く構築した木コンクリート集成T桁橋は十分実用に供し得るといふことが云えるであろう。尙此の種の桁は木材部がコンクリート・スラブによつて保護されるから橋梁として普通の木桁橋よりも当然耐久力が大きい筈である⁸⁾。従つて経済の見地からも此の種の道路橋の採用を有利とする場合が少なくないであろう。

(昭25. 11. 20)

8) 著者等は目下耐久試験及び衝撃試験を準備中である。