

東京大学 正員 奥村 敏恵
住友建設 正員 佐々木 貴一
川崎製鉄 〇正員 佐藤 政勝

1 ま え が き

構造物の安全性および経済的な設計法の見地から、従来の許容応力度設計法に対して、確率論的手法を導入した荷重係数設計法に関心が高まり、既にAASHOの鋼道路桁橋荷重係数設計法、ACIの鉄筋コンクリート部材の終局強度設計法、CEB-FIPの限界状態設計法において荷重係数設計法が提案されている。

この設計法の導入に際しては構造物に作用する荷重および終局耐力、崩壊機構、疲労限度などの終局限界状態の力学的な挙動が把握されなければならない。

合成桁の終局耐力に関する理論的および実験的研究が、Viest, Chapmanなどにより行われ、終局耐力の算定式がBS¹⁾, AASHO²⁾に提案されている。しかしながら、これ等の理論的研究はNew markあるいはHoishenの弾性合成桁理論を塑性域まで拡張したものであり載荷荷重、スタッドジベル間隔および桁断面形状に制約があり一般性に欠ける面がある。本研究では、鋼およびコンクリートの応力とひずみの関係をより实际的に仮定し、スタッドジベルの変形の影響をコンクリートの弾性係数の低減で置き換えた完全合成桁として有限要素法を適用し弾塑性解析を行い、この解析結果と1, 2および3主桁合成桁橋の破壊実験結果からスタッドジベルを用いた合成桁の終局耐力について考察している。

2 理 論 解 析

次のような仮定を用いて、合成桁橋をモデル化する。なお、塑性域における応力とひずみの関係および計算手順は文献3), 4)に従って行っている。

合成桁のモデル化に関するもの

a)合成桁橋の構成する平板は平面応力状態にあるものとする。b)各要素内の変位分布を座標の一次関数で表示される三角形要素とする。c)各平板は隣接する平板と面外方向に回転自由なピンで結合されているとする。

塑性に関するもの

d)降伏の判定はMisesの降伏条件を用いる。e)塑性ひずみ増分と応力の関係はReussの式を用いる。f)塑性域においても要素内の変形は微小とする。

スタッドジベルを用いた合成桁に関するもの

g)スタッドジベルの変形による合成桁の剛度の低下および応力分布はコンクリートの弾性係数を低減した完全合成桁のそれと類似するものとする。h)コンクリートの引張応力は無視する。i)鋼材およびコンクリートの応力とひずみの関係はFig. 1およびFig. 2に示す関係を用いる。

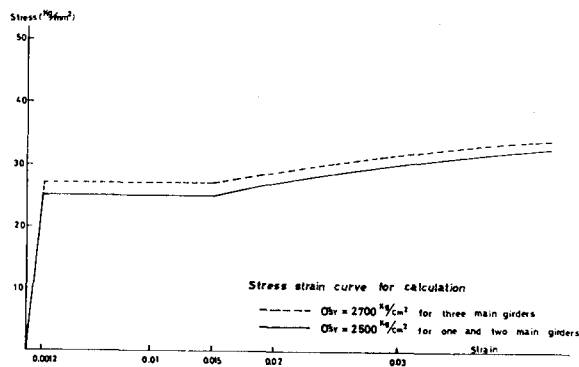


Fig. 1 Stress-strain curves of steel

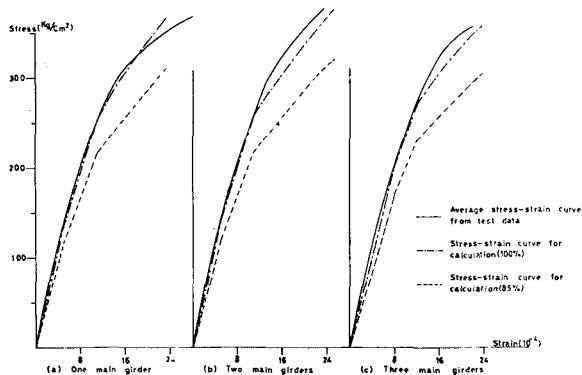


Fig. 2 Stress-strain curves of concrete

3 合成桁橋の実験⁵⁾

試験桁は径間 14.0m の 1 主桁、径間 15.0m の 2 主桁および径間 8.0m の 3 主桁合成桁である。鋼およびコンクリートの材料試験結果を Fig. 1 および Fig. 2 に示す。

4 終局耐力に関する考案

実験値と計算値の対比は紙面の都合上ここでは割愛するが当日はスライドで説明する予定にしております。その一例として、3 主桁合成桁の鋼桁部の塑性域の広がりについて解析結果を Fig. 3 に示す。

¹⁾ BS, ²⁾ AASHO の規定では、コンクリート応力分布を矩形に、更に、その最大圧縮強度を 4 週設計基準強度の 85% と仮定し、鋼桁が完全降伏する時の耐荷力を終局耐力としている。この低減率 15% は床版の応力分布を矩形と仮定した係数で、Whitney により提案され ACI の規定でも採用されている (Fig. 4 型 I)。

Fig. 5 に径間中央のたわみについて、材料試験から求めたコンクリートの弾性係数を用いた計算値と仮定 ϵ に従ってその弾性係数を 85% とした計算値および実験値を示す。この図の横線は BS, AASHO に従った耐荷力と著者らが今回提案したスタッドジベルの変形による低減も含めて、低減係数 $\beta = 0.72$ (0.85×0.85) を採用した場合の耐荷力を示す。これらの計算値と実験値を対比したもの table 1 に示す。

終局耐荷力に対するスタッドジベルの影響は 2~3% 程度であるが、全塑性モーメントの計算に際しては床版のコンクリートの応力分布を矩形とし、最大圧縮強度をスタッドジベルの変形による低減を含めて設計基準強度の 72% を採用した方がより安全側で、実際的であるように思われる (Fig. 4 型 II)。

5 文献

- 1) BS: SIMPLY SUPPORTED BEAM IN BUILDING CP117, Part 1, 1965
- 2) AASHO: STANDARD SPECIFICATIONS FOR HIGHWAY BRIDGES, Tenth Edition, 1969
- 3) 山下清明ほか 2 名: 立体ラーメン隅角部の応力状態
- 第 23 回土木学会学術講演会講演概要集, I-71
- 4) 日本鋼構造協会: 有限要素法による弾塑性問題の解析, ユトリック構造解析法講座, 1968
- 5) 奥村敏恵, 佐藤政勝: 床組と横構の剛度を考慮した合成桁橋の解析, 土木学会論文報告集, No. 222

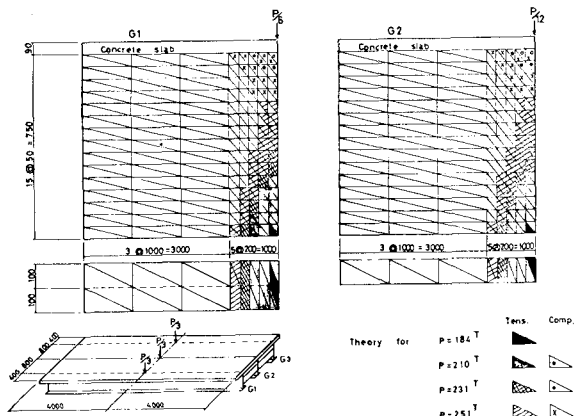


Fig. 3 Plastic regions of three main girders

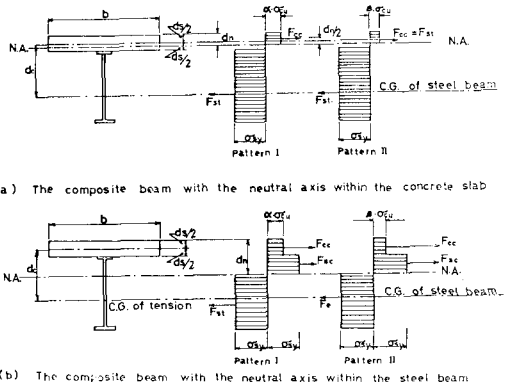


Fig. 4 Stress diagrams for composite beams

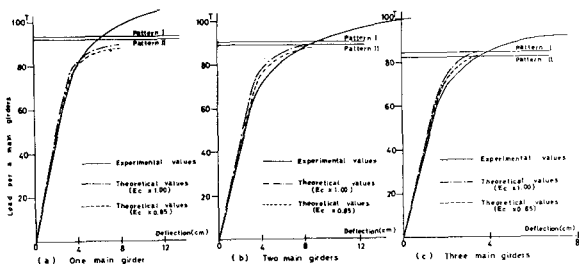


Fig. 5 Load-deflection curves at center

Table 1 Comparison the pattern I with the pattern II per main girder

Composite beam	Case	Pattern I		Pattern II		F.E.M.				Experimental	
		α	$P_1 (1)$	β	$P_1 (1)$	Q_{10}	$P_{1 \max (10)}$	Q_{10}	$P_{1 \max (10)}$	$P_{1 \max (10)}$	$P_{1 \max (10)}$
1 main girder	a	0.85	93.7	0.72	92.3	1.00	89.4	0.85	89.0	90.0	108
2 main girders	a	0.85	90.5	0.72	88.9		89.0		87.5	85.0	99
3 main girders	a	0.85	78.1	0.72	75.9		82.7		80.9		
	b	1.00	80.1	0.85	78.1						
	c	1.00	84.4	0.85	82.4	85.0	83.5	78.0	92		

Composite beam	Case	$P_1 / P_{1 \max}$	$P_1 / P_{1 \max}$	$P_1 / P_{1 \max}$	$P_{1 \max} / P_{1 \max}$	$P_{1 \max} / P_{1 \max}$	$P_{1 \max} / P_{1 \max}$	$P_{1 \max} / P_{1 \max}$	$P_{1 \max} / P_{1 \max}$
		$P_1 / P_{1 \max}$	$P_1 / P_{1 \max}$	$P_1 / P_{1 \max}$	$P_{1 \max} / P_{1 \max}$	$P_{1 \max} / P_{1 \max}$	$P_{1 \max} / P_{1 \max}$	$P_{1 \max} / P_{1 \max}$	$P_{1 \max} / P_{1 \max}$
1 main girder	a	1.02	1.05	1.04	1.00	0.96	0.98	1.17	1.20
2 main girders	a	1.02	1.02	1.02	1.02	0.94	0.96	1.11	1.16
3 main girders	a	1.03	0.94	0.94	1.02				
	b	1.03	0.97	0.97					
	c	1.02	0.99	0.99		1.02	0.92	0.95	1.12

a, b: Without cross frames and lower lateral bracing
c: With cross frames and lower lateral bracing