

第 I 部門 コンクリートを柱基部のみに充填した合成橋脚柱の設計法

大阪市立大学工学部 正 員 中井 博 大阪市立大学工学部 正 員 中西克佳
大阪市立大学大学院 学生員 藤田晶子 大阪市立大学工学部 学生員○端本勝介

1. まえがき 本研究は、下端部にコンクリートを部分的に充填した実橋脚の試設計を行い、各種の安全性を限界状態設計法にもとづいて検討するものである。その際、文献 1) で導びかれたコンクリートを部分的に充填した合成橋脚柱の鋼断面と合成断面との境界面に生じるせん断遅れ現象を、考慮に入れた。

2. 合成柱の設計法

コンクリートを部分的に充填した合成橋脚柱の各種限界状態に対する安全性の照査式を表 -1 に示す。

表 -1 各種限界状態に対する安全性の照査式

各種限界状態に対する照査式		鋼断面部	合成断面部 ²⁾
使用限界状態の照査式		$\left(\nu \frac{\sigma_m}{\sigma_v}\right) + \left(\nu \frac{\tau_m}{\tau_v}\right) \leq 1.0 \quad \cdots(1)$	$\left(\nu_1 \frac{\sigma}{\sigma_v}\right) + \left(\nu_1 \frac{\tau}{\tau_v}\right) \leq 1.0 \quad \cdots(2)$
終局限界状態	鋼板の局部座屈	$\nu \frac{\sigma_m}{\sigma_v} \leq 1.0 \quad \cdots(3)$	$\nu \frac{\sigma_m}{\sigma_v} \leq 1.0 \quad \cdots(4)$
	鋼板の全体座屈	$\nu \frac{\sigma}{\sigma_v} \leq 1.0 \quad \cdots(5)$	$(1 + \beta) \left(\frac{P}{P_v}\right) - \beta \frac{P}{P_v} + \frac{M}{M_v} \leq 1.0 \quad \cdots(6)$
	せん断耐荷力	$\nu \frac{S}{S_m} \leq 1.0 \quad \cdots(7)$	

ここに、 M_v : 圧縮力が作用しない合成橋脚柱の終局曲げモーメント、 P_v : 軸方向力のみが作用するときの合成橋脚柱の終局軸方向力、 S : 鋼断面に作用するせん断力、 S_m : 鋼断面のせん断耐荷力、 β : 荷重分担率より求まるパラメータ、 ν : 安全率、 ν_1 : 安全率を 1.1 で除した値、 σ : 鋼断面に作用する垂直応力度、 σ_m : 初等梁理論による圧縮応力度、 $\sigma_{m,1}$: 局部座屈強度、 $\sigma_{c,v}$: 充填コンクリートの硬化前、および硬化後断面に作用する軸方向力、 y 軸まわりの曲げモーメント、ならびに z 軸まわりの曲げモーメントによる鋼板の圧縮応力度、 $\sigma_{m,1}$: せん断遅れを考慮した最大垂直応力度、 σ_v : 板パネルの終局強度、 $\sigma_{v,1}$: 補剛板の終局強度、 σ_v : 鋼材の降伏点、 τ : 鋼断面に作用する垂直応力度、 $\tau_{m,1}$: 最大せん断応力、 τ_v : 鋼の降伏応力度、および $\tau_{v,1}$: 鋼の降伏せん断応力度、である。

3. 対象橋脚、および着目断面^{2), 3)} 照査の対象とする実橋脚の詳細を図 -1 に、また橋脚の断面諸寸法を表 -2 に示す。

表 -2 断面諸寸法

形式		(単位: cm)		
項目	断面位置	断面①~④		
		断面①	断面②	断面④
フランジ	h	150.8	151.4	151.4
	t _f	1.6	2.8	3.0
	a	50.0	50.0	50.0
	t _w	1.9	1.9	1.9
	r _{ms}	20.0	20.0	20.0
ウェブ	h	248.4	247.2	247.0
	t _w	1.6	2.8	2.8
	a	50.0	50.0	50.0
	t _f	1.9	1.9	1.9
	r _{ms}	20.0	20.0	20.0

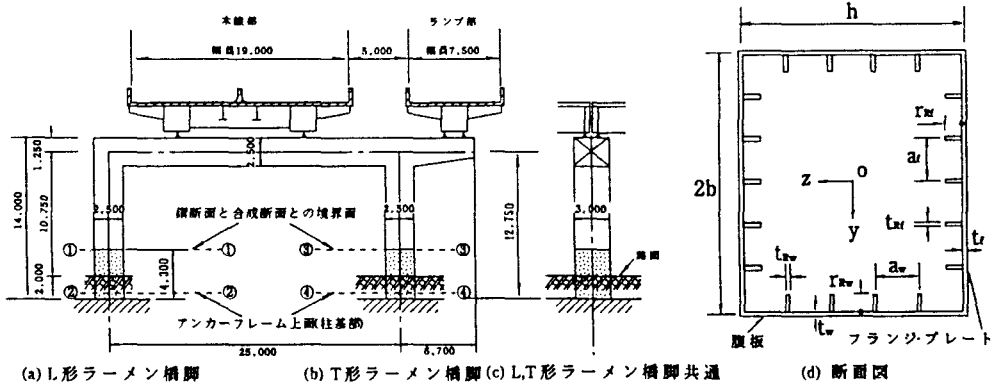


図 -1 実橋脚の詳細 (寸法単位: mm)

Hiroshi NAKAI, Katsuyoshi NAKANISHI, Akiko FUJITA and Katsusuke HASHIMOTO

4. 鋼断面と合成断面との境界面のせん断遅れを考慮した設計

表-1に示した各種限界状態に対する照査式を用い、試設計した橋脚の断面諸寸法を表-3に、それらの照査結果を表-4に示す。試設計の結果、鋼断面部と合成断面部との断面諸寸法を同一にしたとき、L形、およびT形ラーメン橋脚のフランジ・プレートと腹板との板厚を、鋼断面と合成断面との境界面のせん断遅れを考慮しない場合よりも、それぞれ4mm、および2mm増厚すれば、断面は、安全側に納まった。

5. 合理的な合成断面部分の設計

ここでは、コンクリートの充填効果を考慮した合成断面部の合理的な試設計を行った。なお、断面の試設計は、①基本断面寸法が実橋脚と同じで、板厚を薄くした場合と、②断面寸法を変更した場合との2つの場合について行った。

まず、板厚を薄くした場合の橋脚柱の合成断面部の断面諸寸法を表-5に、また同断面の各種限界状態に対する安全性の照査結果を表-6に示す。試設計の結果、L形ラーメン橋脚、およびT形ラーメン橋脚とも、使用鋼材の許容最小板厚である6mmまで板厚を薄くすることができた。

つぎに、図-2に示すように、断面寸法を縮小した合成断面部の断面

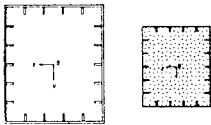


図-2 断面寸法を変更した場合の橋脚断面図

諸寸法を表-7に、また同断面の各種限界状態に対する安全性の照査結果を表-8に示す。試設計の結果、L形ラーメン橋脚、およびT形ラーメン橋脚とも、300cmであったフランジ・プレート幅を210cmまで、また250cmであった腹板の高さを175cmまで小さくすることができた。この結果、鋼の総断面積、および充填コンクリートの断面積は、実橋の約40%~50%になった。

6. 結論 本研究によって得られた結論をまとめると、以下のとおりである。表-7 試設計後の断面諸寸法

- 1) 鋼断面と合成断面との境界面のせん断遅れを考慮した試設計を行った結果、鋼断面部、および合成断面部の断面諸寸法を同じにしたとき、鋼断面と合成断面とのせん断遅れを考慮しない場合よりも、L形、およびT形ラーメン橋脚のフランジ・プレートと腹板の板厚を、それぞれ4mm、および2mm増厚すれば、断面は、安全側に納まった。
- 2) 合理的な合成断面部分の試設計を行った結果、対象とした橋脚は、合成断面として設計すると、現在よりも断面を小さく、かつ経済的に設計することがわかった。

参考文献

- 1) 中井 博・中西克佳・藤田晶子・端本勝介：コンクリートを部分的に充填した合成柱のせん断遅れと橋脚の設計への応用，構造工學論文集，Vol.41A，土木学会，1994年
- 2) 阪神高速道路公団：合成柱（充てん方式）を有する鋼製橋脚の設計・施工指針（案），1989年3月
- 3) 阪神高速道路公団：鋼製橋脚標準設計計算書，1979年9月

表-3 試設計後の断面諸寸法

		(単位:cm)	
形式	断面位置	L形ラーメン橋脚	T形ラーメン橋脚
		断面①~②	断面③~④
フランジ・プレート	b	151.0	151.1
	t _f	2.0	3.0
	a _f	50.0	50.0
	t _w	1.9	1.9
腹板	r _w	20.0	20.0
	h	248.0	247.9
	t _w	2.0	3.0
	a _w	50.0	50.0
板	t _a	1.9	1.9
	r _a	20.0	20.0

表-4 試設計後の安全性の照査結果

形式	断面位置	L形ラーメン橋脚				T形ラーメン橋脚			
		断面①	断面②	断面③	断面④	断面⑤	断面⑥	断面⑦	断面⑧
使用限界状態の照査	鋼内	0.935	0.343	0.002	0.002	0.995	0.655	0.010	0.010
	鋼外								
	鋼内	0.569	0.368	0.048	0.053	0.577	0.474	0.106	0.116
	鋼外								
終局限界状態の照査	鋼内	0.453	0.339	0.120	0.129	0.471	0.471	0.262	0.257
	鋼外								
	鋼内	0.227	0.059	0.253	0.066	0.147	0.084	0.149	0.085
	鋼外								

表-5 試設計後の断面諸寸法

		(単位:cm)	
形式	断面位置	L形ラーメン橋脚	T形ラーメン橋脚
		断面①~②	断面③~④
フランジ・プレート	b	150.3	150.3
	t _f	0.6	0.6
	a _f	50.0	50.0
	t _w	1.9	1.9
腹板	r _w	20.0	20.0
	h	249.4	249.4
	t _w	0.6	0.6
	a _w	50.0	50.0
板	t _a	1.9	1.9
	r _a	20.0	20.0

表-6 試設計後の安全性の照査結果

形式	断面位置	L形ラーメン橋脚	T形ラーメン橋脚
		断面②	断面④
使用限界状態の照査	鋼内	0.003	0.002
	鋼外	0.009	0.009
	鋼内	0.055	0.056
	鋼外	0.107	0.113
終局限界状態の照査	鋼内	0.616	0.403
	鋼外	0.759	0.780
	鋼内	0.773	0.208
	鋼外	0.739	0.430

表-7 試設計後の断面諸寸法

		(単位:cm)	
形式	断面位置	L形ラーメン橋脚	T形ラーメン橋脚
		断面①~②	断面③~④
フランジ・プレート	b	105.5	105.8
	t _f	1.0	1.5
	a _f	35.0	35.0
	t _w	1.4	1.4
腹板	r _w	14.0	14.0
	h	174.0	173.5
	t _w	1.0	1.5
	a _w	35.0	35.0
板	t _a	1.4	1.4
	r _a	14.0	14.0

表-8 試設計後の安全性の照査結果

形式	断面位置	L形ラーメン橋脚	T形ラーメン橋脚
		断面②	断面④
使用限界状態の照査	鋼内	0.016	0.013
	鋼外	0.049	0.056
	鋼内	0.144	0.144
	鋼外	0.273	0.307
終局限界状態の照査	鋼内	0.973	0.648
	鋼外	0.974	0.962
	鋼内	0.657	0.178
	鋼外	0.425	0.245