

## 限界状態設計法による 3 径間連続合成桁橋の一照査事例

大阪工業大学大学院 学生員 ○吉村直樹\* 大阪工業大学短期大学部 フェロー会員 梶川靖治\*  
片山ストラテック㈱ 正会員 大山 理\*\* ㈱総合技術コンサルタント 正会員 泰平詠二\*\*\*

### 1. はじめに

わが国での橋梁構造物の設計法は、許容応力度設計法から限界状態設計法への移行期であり、土木学会 鋼・コンクリート合成構造連合小委員会から合成構造物を対象とした限界状態設計法に基づく複合構造物の性能照査指針(案)<sup>1)</sup>が刊行された。しかし、本指針(案)は、土木構造物全般を対象としているため、橋梁の荷重に対する部分安全係数などが明確に示されておらず、実務に適用するには難があるのが現状である。一方、ドイツでは、構造物の設計に関わる欧州規準(Eurocode)とドイツ国内適用文書(NAD)とを併せた実用的な設計規準である DIN 技術報告 104<sup>2)</sup>が公布され、昨年 5 月より実務に供されている。そこで、筆者らは、このような背景のもと、限界状態設計法の照査内容ならびにその手順を理解するために、現行道路橋示方書(以下、道示という)の許容応力度設計法により設計された 3 径間連続合成桁橋を対象に、DIN 技術報告 104 を適用して種々の照査を実施した。本文では、その結果について報告する。

### 2. DIN 技術報告 104 の特徴<sup>2)</sup>

DIN 技術報告 104 の主な特徴などは以下のとおりである。

- ①設計に用いる主な荷重係数および材料係数の値を表-1 と表-2 にそれぞれ示す。
- ②終局限界状態における正曲げあるいは負曲げモーメントに対する断面耐荷力を算出する際、横断面をそれぞれの断面性能に従って 4 つのクラスに分類する必要がある。図-1 は耐荷性状による分類であり、図-2 は負曲げモーメントに対する横断面のクラス分けが圧縮フランジの幅厚比との関係で模式的に示されており、終局時の断面応力状態と断面力算定理論とが関係づけられている。
- ③使用限界状態の照査を行う場合、プレストレスしない連続合成桁橋の中間支点領域では、ひび割れ間のコンクリートの引張剛性すなわちテンションステイフニング効果を設計に導入している。この効果は曲げ剛性の増大につながり、設計上有利な結果を与えることになる。
- ④DIN 技術報告 104 には設計計算例が添付されており、その詳細については参考文献 3)を参照されたい。

表-1 荷重係数

| 荷重の種類  | 荷重係数 |      |
|--------|------|------|
|        | 終局   | 使用   |
| 合成前死荷重 | 1.35 | 1.00 |
| 合成後死荷重 | 1.35 | 1.00 |
| 活荷重    | 1.50 | 1.00 |
| クリープ   | 1.35 | 1.00 |
| 乾燥収縮   | 1.00 | 1.00 |
| 温度     | 1.20 | 1.00 |

表-2 材料係数

| 材料の種類  | 材料係数 |
|--------|------|
| 鋼材     | 1.00 |
| コンクリート | 1.50 |
| 鉄筋     | 1.15 |

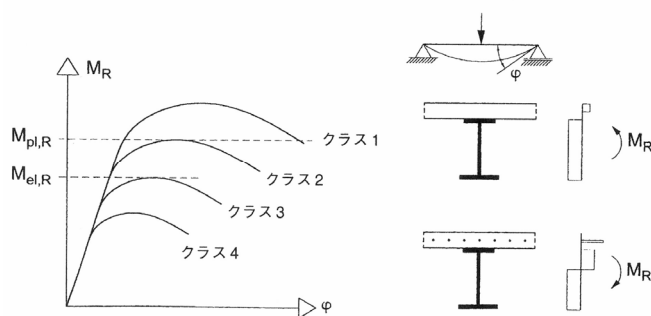


図-1 耐荷性状の相違による合成桁横断面のクラス分け

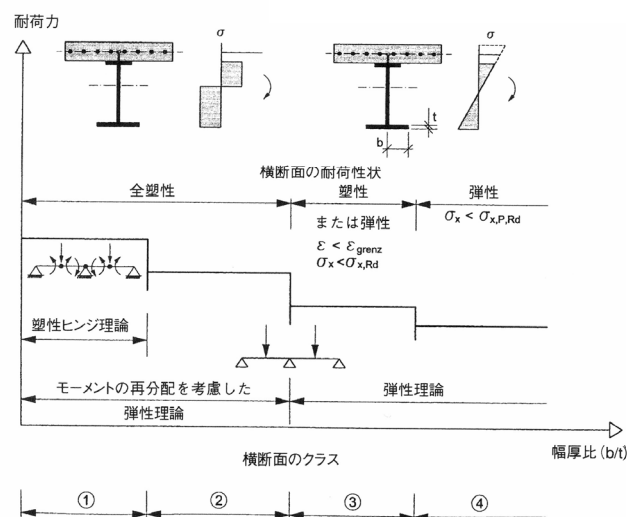


図-2 負曲げモーメントに対する耐荷性状および断面力算定法

### 3. 設計対象橋梁の概要

本設計で対象とした橋梁は、1 スパン 48.9m、桁高 2.7m の 3 径間連続合成 2 主 I 桁橋であり、その概要および断面構成を図-3 に示す。照査対象とする断面形状・寸法は、現行道示に準拠して許容応力度設計法により決定されたものである。なお、中間支点部においてプレストレスの導入は行われていない。

**Key words :** 限界状態設計法, 許容応力度設計法, 連続合成桁橋, 安全係数

- \* 〒535-8585 大阪府大阪市旭区大宮 5 丁目 16 番 1 号 TEL : (06)6954-4109, FAX : (06)6957-2131  
 \*\* 〒551-0021 大阪府大阪市大正区南恩加島 6 丁目 2 番 21 号 TEL : (06)6552-1235, FAX : (06)6551-5648  
 \*\*\* 〒533-0033 大阪府大阪市東淀川区東中島 3 丁目 5 番 9 号 TEL : (06)6325-2925, FAX : (06)6324-3794

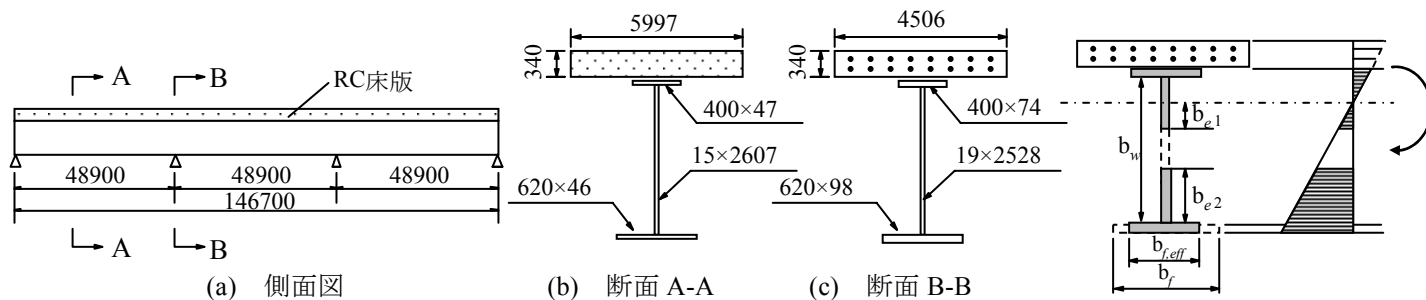


図-3 対象橋梁の形状・寸法 [寸法単位：mm]

図-4 クラス4の照査断面

#### 4. 検討結果

##### (1) 終局限界状態

まず、正曲げモーメントの最大位置である断面 A-A は、鋼桁圧縮フランジと RC 床版とが合成されていることにより全塑性応力状態となり得る

断面であるとしてクラス 1 と判定された。また、負曲げモーメントの最大位置である断面 B-B は、図-2 における弾性状態のクラス 4 と判定され、終局耐荷力ではなく最大曲げ応力度に着目して照査されることになり、その時の断面性能は圧縮フランジとウェブの局部座屈の影響を考慮に入れて評価する必要がある。

つぎに、断面 A-A および断面 B-B に対する曲げモーメントの照査結果を表-3 に示す。ただし、表中の設計曲げモーメント  $M_{sd}$  は、許容応力度設計法による断面決定の際に算出した断面力に表-1 の荷重係数を乗じたものである。表-3 より、限界状態設計法を適用することにより、断面 A-A は、照査値 1.0 に対して約 40% 程度の余裕があることがわかった。これは、上述のように断面 A-A が全塑性応力状態まで達する性能を有していたためと考えられる。また、クラス 4 と判定された断面 B-B では、断面 2 次モーメントの計算において、図-4 に示すように局部座屈の影響を圧縮フランジとウェブの有効幅でもって評価する必要がある。その結果、下フランジ下縁の発生応力度は制限値よりも  $40\text{N/mm}^2$  程度小さくなった。

##### (2) 使用限界状態

中間支点上の床版コンクリートのひび割れ幅および側径間部の活荷重たわみに対する照査結果を表-4 に示す。ひび割れ幅および活荷重たわみは、照査値 1.0 以下となり使用性を十分に満足することがわかる。

#### 5. まとめ

現行道示の許容応力度設計法で決定された断面について、DIN 技術報告 104 を適用して限界状態設計法による照査を行った結果、いずれの照査項目についてもかなりの余裕のあることがわかった。これは、今回実施した設計検討では DIN 技術報告 104 に示された安全係数の値や照査方法などを適用したものであり、道示と DIN 技術報告 104 の両者における設計荷重体系の相違などを一切考慮していないことが大きく影響しているものと考えられる。今後わが国の設計法に限界状態設計法を導入するにあたっては、許容応力度設計法との整合性を含め、安全係数を適切に定める必要があるが、少なくとも今回の照査検討により、限界状態設計法を適用することで、より合理的で経済的な設計が行える可能性のあることが見い出された。

なお、本稿は、「鋼・コンクリート複合橋梁(SCHB)研究会(委員長：大阪工業大学 栗田章光教授)」において行った調査研究の成果をとりまとめたものである。

#### 【参考文献】

- 1) 土木学会 鋼・コンクリート合成構造連合小委員会：構造工学シリーズ 11 複合構造物の性能照査指針(案)，丸善(株)，2002 年 10 月。
- 2) G. Hanswille, J. Kina und N. Stranghöner : DIN-Fachbericht 104 Verbundbrücken, Erläuterungen und Anwendungsbeispiele, Februar 2002.
- 3) 栗田章光，奥村 学，坂本純男，大山 理：DIN 技術報告 104 に基づく 3 径間連続合成桁橋の設計例(その 1)(その 2)，pp.33～41, pp.41～46，橋梁と基礎 10, 11，(株)建設図書，2003 年 10 月，11 月。

表-3 終局限界時の照査例

| 照査断面                     | 照査式                                             | 照査結果                                                                                        | 判定 |
|--------------------------|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 正曲げモーメント<br>最大箇所(断面 A-A) | $\frac{M_{sd}}{M_{pl,Rd}} \leq 1.0$             | $\frac{37617}{66149} = 0.57 \leq 1.0$                                                       | OK |
| 負曲げモーメント<br>最大箇所(断面 B-B) | $\frac{M_{sd}}{I_{v,eff}} \times y \leq f_{yd}$ | $\frac{5.11 \times 10^{10}}{2.44 \times 10^{11}} \times 1728 = 362 \leq 409 \text{ N/mm}^2$ | OK |

(注釈：クラス 4 で照査する場合，鋼材の材料係数の値は 1.10 となる)

表-4 使用限界時の照査例

| 照査項目       | 照査式                                | 照査結果                                  | 判定 |
|------------|------------------------------------|---------------------------------------|----|
| ひび割れ幅 [mm] | $\frac{w}{w_a} \leq 1.0$           | $\frac{0.123}{0.173} = 0.71 \leq 1.0$ | OK |
| 活荷重たわみ[mm] | $\frac{\delta}{\delta_a} \leq 1.0$ | $\frac{28.1}{97.8} = 0.29 \leq 1.0$   | OK |