

3. 2 海外規定の調査WG

3. 2. 1 WG活動の目的と内容

近年、自由貿易促進の国際的動向から、産業の様々な分野でグローバル・スタンダードの波が押し寄せてきている。土木の分野も例外ではなく、WTOのTBT協定（貿易の技術的障害に関する協定）においてISO（国際標準化機構）などの国際標準を尊重することが義務付けられた。これと同時に設計基準の性能規定化の方向付けもなされ、ISOの規格であるISO2394（構造物の信頼性に関する一般原則）はすでに性能規定化に進んでいるとのことである。すなわち、貿易の障壁を除くという観点からWTOに加盟した国々の政府が調達する公共工事に関する技術基準は性能を基本とすべきことがうたわれている。

我が国でも建築基準法が1998年6月に性能規定化の方向を打ち出し、土木の各種基準類も性能規定化に取り組み始め、道路橋示方書も改訂に向けた動きが本格化してきている。

このような状況から、海外の設計基準における性能規定化の動向を探ることは重要であると考えられる。特に、欧州を中心に作成されているユーロコード（Eurocodes、欧州構造規定）は、ウィーン協定により将来ISOの国際規格となる可能性が高く、今後各国の基準に対して多大な影響力を持つと言われている¹⁾。

そこで、本WGでは海外の規定の性能規定化への取り組みを調べる目的で、ISO²⁾とユーロコード³⁾を対象に調査分析を行い、道路橋示方書⁴⁾との比較を行った。

以下に、調査に用いた資料を示す。

1) 依田照彦：構造物の設計基準の国際化について、土木構造・材料論文集、第14号、1998.12.

2) Eurocode 4 : Design of composite steel and concrete structures

Part2 : Bridges Second draft : July 1996.

(ユーロコード4：鋼コンクリート合成構造物の設計 第2編・橋梁、1996年版)

3) ISO10721-1 : Steel structures

Part1 : Materials and design First edition 1997-02-01

(鋼構造物：材料および設計)

4) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編 II 鋼橋編、平成8年12月。

なお、上記2)と3)については、「(社)日本橋梁建設協会 国際委員会・海外対応WG」にて翻訳した資料を使用したことを、ここに付記する。

3. 2. 2 Eurocode 4の調査

(1) Eurocodes の構成

ヨーロッパ共同体委員会で作成されている Eurocodes は、次の 9 つで構成されている。

- ・ EN1991 : Eurocode 1 「構造物への荷重作用と設計の基本」
- ・ EN1992 : Eurocode 2 「コンクリート構造物の設計」
- ・ EN1993 : Eurocode 3 「鋼構造物の設計」
- ・ EN1994 : Eurocode 4 「鋼・コンクリート合成構造物の設計」
- ・ EN1995 : Eurocode 5 「木製構造物の設計」
- ・ EN1996 : Eurocode 6 「石製構造物の設計」
- ・ EN1997 : Eurocode 7 「構造物基礎の設計」
- ・ EN1998 : Eurocode 8 「構造物の耐震設計」
- ・ EN1999 : Eurocode 9 「アルミ合金構造物の設計」

上記の Eurocodes の中で、本 WG では Eurocode 4 の Part 2 を調査対象とした。

(2) Eurocode 4 の概要と構成

1) 概要

EN1994 は建築と土木の合成構造および合成部材の設計に適用するものであり、その中で EN1994-2 は合成橋梁を設計する際の基本となる事項について述べたものである。

なお、構造物で考慮すべき荷重値については ENV1991 「構造物への荷重作用と設計の基本」を、耐震設計については ENV1998 「構造物の耐震設計」を、また、施工については本編 9 章および ENV1992 「コンクリート構造物の設計」および ENV1993 「鋼構造物の設計」を参照することとなっている。

2) 構成

Eurocode 4 part2 の目次構成と記述概要は、以下の通りである。

1. 一般

－ENV1994 の適用範囲や原則と適用規定の区別等について

2. 設計の基本

－構造物の基本的要求事項や限界状態の種類と定義、荷重の種類や組み合わせについて

3. 材料

－コンクリート、鉄筋、鋼材の特性について

4. 終局限界状態

－終局限界状態での梁の断面特性や梁断面の分類、梁の断面抵抗について

5. 使用限界状態

－使用限界状態の分類分けや応力の限界値、変形、振動について

6. ずれ止め
 - －ずれ止めの設計の基本や終局，使用限界状態の定義，疲労の照査方法，縦方向せん断力に対する照査，設計耐力について
 7. 波形鋼板を用いた合成床版および合成板
 - －適用範囲や全体荷重・局所荷重に対する設計方法，ずれ止めの設計方法について
 8. プレキャストコンクリート床版
 - －床版の設計，解析，詳細構造について
 9. 施工
 - －施工順序や安全性，施工精度や品質管理について
 10. 試験結果に基づく設計
 - －ずれ止め試験の試験装置や試験方法，試験結果の評価方法について
- 付録A 参考書類
- 付録B 水平方向ねりじ座屈
- 付録H H形鋼埋め込み床版
- 付録L 合成床版におけるテンションスティフニング効果

(3) 調査結果

Eurocode 4 Part. 2に記載されている条文の内容を「性能規定」，「仕様規定」，「検証方法」に分類整理し，道路橋示方書と比較した結果を，次頁以降に示す。

表－1 (a) Eurocode 4 の調査結果（その1）

<p>タイトル</p>	<p>2. 設計の基本 2. 1 基本的条件</p>
<p>性能規定</p>	<p>①構造物は以下のように設計あるいは建設されなければならない。 -ある程度の余裕を見込んで安全性および経済性に着目し、その構造物が果たさなければいけない機能を全うさせる。 -固有の信頼性を有し、あらゆる荷重あるいは施工中に発生する問題に耐え、使用性と補修コストに見合う十分な耐久性を有する。 ②構造物は、通常の状態でない爆発、衝撃および人的損失など、本来の原因とは不釣り合いの原因によっても致命的損害を受けないよう設計されなければならない。 起こりうる損害は、以下のふさわしい選択によって制限され、避けるべきである。 -構造物を維持するために危険を避け、排除し、減少させること。 -考慮される危険についてあまり注意を要しない構造形式を選ぶこと。 -個々の要素が偶発的に無くなっても十分に使用できる構造形式と設計を選ぶこと -構造物を一体化させること。</p>
<p>仕様規定</p>	
<p>検証方法</p>	
<p>道路橋示方書</p>	<p>I 共通編 1.6設計の基本 構造物の設計・施工を行うにあたっては、構造物の安全性、使用目的との適合性、施工および維持管理の容易さ、経済性、環境との調和を考慮しなければならない。 設計計算にあたっては、構造物の強度・変形・安定などを検討し、適当な安全度を確保するものとする。</p>
<p>備考</p>	

表－1 (b) Eurocode 4 の調査結果 (その2)

<p>タイトル</p>	<p>2. 設計の基本 2.2.1.1 限界状態 終局限界状態</p>
<p>性能規定</p>	<p>終局限界状態とは、構造物が破壊したり、人々を危険にさらすような構造的な欠陥がある状態。</p>
<p>仕様規定</p>	<p>静的平衡、全体変位およびたわみの限界状態は以下のように照査される。 $Ed, dst \leq Ed, stb$ Ed, dst、Ed, stbはそれぞれ、不安定作用および安定作用の設計効果である。</p>
<p>検証方法</p>	
<p>道路橋示方書</p>	<p>設計計算にあたっては、構造物の強度・変形・安定などを検討し、適切な安全度を確保するものとする (道示 I 1.6) 部材の設計にあたっては、共通編2.2に規定する荷重の組合せによって生じる応力度が、2章および構造形式によって各章に規定する許容応力度以下であることを照査するものとする。 (道示 II 1.3)</p>
<p>備考</p>	

表－1 (c) Eurocode 4 の調査結果 (その3)

<p>タイトル</p>	<p>2. 設計の基本 2.2.1.1 限界状態 使用限界状態</p>
<p>性能規定</p>	<p>使用限界状態とは、使用性の限界に相当し、これを越えると使用基準をもはや満たさない状態。</p>
<p>仕様規定</p>	<p>以下のように定義される。 $E_d \leq C_d \text{ あるいは } E_d \leq R_d$ C_d : 見かけの特性値。あるいは、考慮される作用の設計効果に関連した材料の設計上の特性値。 E_d : 1つの組合せを基に決められた作用効果の設計値。</p>
<p>検証方法</p>	
<p>道路橋示方書</p>	<p>設計計算にあたっては、構造物の強度・変形・安定などを検討し、適切な安全度を確保するものとする (道示 I 1.6) 部材の設計にあたっては、共通編2.2に規定する荷重の組合せによって生じる応力度が、2章および構造形式によって各章に規定する許容応力度以下であることを照査するものとする。 (道示 II 1.3)</p>
<p>備考</p>	

表－1 (d) Eurocode 4 の調査結果 (その4)

<p>タイトル</p>	<p>3. 材料 3.5結合材</p>
<p>性能規定</p>	<p>結合材はその用途により適切に選ばれる。</p>
<p>仕様規定</p>	<p>1. ずれ止め ①ずれ止めの機械的特性は、以下の条件に従う。 -終局引張強度f_uおよび最小降伏強度f_yの比は少なくとも1.2である。 -$5.65\sqrt{A_0}$にとった標点距離の伸び率は少なくとも12%である。 ②溶接カーを含めたスタッドの寸法はENISO14555に従わなければならない。 2. ずれ止め以外の結合材についてはENV1993-1, 3.3を適用する。</p>
<p>検証方法</p>	
<p>道路橋示方書</p>	<p>I 共通編 3 使用材料 3.1鋼材 解説8)その他 合成桁に用いるスタッドは、JIS B 1198に規定されるもののうち軸径19mmおよび22mmのものを標準とする。 (II 鋼橋編 9.5.9スタッドにも同様の規定あり)</p>
<p>備考</p>	

表-1 (e) Eurocode 4 の調査結果 (その5)

<p>タイトル</p>	<p>4. 終局限界状態 鋼圧縮フランジの最大幅厚比</p>
<p>性能規定</p>	<p>ある程度の余裕を見込んで安全性及び経済性に着目し、その構造物の機能を全うする。あらゆる荷重や施工中の問題に耐え、使用性と補修コストに見合う十分な耐力を有する。爆発、衝撃、人的過失などによっても致命的損害を受けないように設計すること。</p> <p>圧縮フランジは、次の4つのクラスの各性能を満足しなければならない</p> <p>クラス1. 塑性解析に必要な回転能をもつ塑性ヒンジを構成できる断面</p> <p>クラス2. 塑性抵抗モーメントの発達は可能だが、回転能に限界がある断面</p> <p>クラス3. 塑性抵抗モーメントの発達が、局部座屈によって妨げられやすい断面</p> <p>クラス4. 局部座屈に対して、明らかに余裕をみておく必要のある断面</p>
<p>仕様規定</p>	<p>SS400クラスの場合</p> <p>クラス1: $b/t < 9$</p> <p>クラス2: $b/t < 10$</p> <p>クラス3: $b/t < 14$</p>
<p>検証方法</p>	
<p>道路橋示方書</p>	<p>SS400の場合</p> <p>許容応力度</p> <p>$b/t < 13.1$ 1400</p> <p>$b/t < 16$ $240000(t/b)^2$</p>
<p>備考</p>	

表-1 (f) Eurocode 4 の調査結果 (その6)

<p>タイトル</p>	<p>4. 終局限界状態 鋼ウェブの最大幅厚比</p>															
<p>性能規定</p>	<p>ある程度の余裕を見込んで安全性及び経済性に着目し、その構造物の機能を全うする。あらゆる荷重や施工中の問題に耐え、使用性と補修コストに見合う十分な耐力を有する。爆発、衝撃、人的過失などによっても致命的損害を受けないように設計すること。</p> <p>鋼ウェブは、次の4つのクラスの各性能を満足しなければならない</p> <p>クラス1. 塑性解析に必要な回転能をもつ塑性ヒンジを構成できる断面 クラス2. 塑性抵抗モーメントの発達が可能だが、回転能に限界がある断面 クラス3. 塑性抵抗モーメントの発達が、局部座屈によって妨げられやすい断面 クラス4. 局部座屈に対して、明らかに余裕をみておく必要のある断面</p>															
<p>仕様規定</p>	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">SS400クラスの場合</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">曲げを受ける場合</td> <td style="text-align: center;">圧縮を受ける場合</td> </tr> <tr> <td>クラス1</td> <td style="text-align: center;">$b/t < 72$</td> <td style="text-align: center;">$b/t < 33$</td> </tr> <tr> <td>クラス2</td> <td style="text-align: center;">$b/t < 83$</td> <td style="text-align: center;">$b/t < 38$</td> </tr> <tr> <td>クラス3</td> <td style="text-align: center;">$b/t < 124$</td> <td style="text-align: center;">$b/t < 42$</td> </tr> </table>	SS400クラスの場合				曲げを受ける場合	圧縮を受ける場合	クラス1	$b/t < 72$	$b/t < 33$	クラス2	$b/t < 83$	$b/t < 38$	クラス3	$b/t < 124$	$b/t < 42$
SS400クラスの場合																
	曲げを受ける場合	圧縮を受ける場合														
クラス1	$b/t < 72$	$b/t < 33$														
クラス2	$b/t < 83$	$b/t < 38$														
クラス3	$b/t < 124$	$b/t < 42$														
<p>検証方法</p>																
<p>道路橋示方書</p>	<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">SS400の場合</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">曲げを受ける場合</td> <td style="text-align: center;">圧縮を受ける場合</td> </tr> <tr> <td>H.STFなし</td> <td style="text-align: center;">$b/t < 152$</td> <td style="text-align: center;">$b/t < 39.6f : 1400$</td> </tr> <tr> <td>1段</td> <td style="text-align: center;">$b/t < 256$</td> <td style="text-align: center;">$b/t < 80f : 2200000(tf/b)^2$</td> </tr> <tr> <td>2段</td> <td style="text-align: center;">$b/t < 310$</td> <td></td> </tr> </table>	SS400の場合				曲げを受ける場合	圧縮を受ける場合	H.STFなし	$b/t < 152$	$b/t < 39.6f : 1400$	1段	$b/t < 256$	$b/t < 80f : 2200000(tf/b)^2$	2段	$b/t < 310$	
SS400の場合																
	曲げを受ける場合	圧縮を受ける場合														
H.STFなし	$b/t < 152$	$b/t < 39.6f : 1400$														
1段	$b/t < 256$	$b/t < 80f : 2200000(tf/b)^2$														
2段	$b/t < 310$															
<p>備考</p>																

表-1 (g) Eurocode 4 の調査結果 (その7)

<p>タイトル</p>	<p>4. 終局限界状態 鋼ウェブの最大幅厚比</p>												
<p>性能規定</p>	<p>ある程度の余裕を見込んで安全性及び経済性に着目し、その構造物の機能を全うする。あらゆる荷重や施工中の問題に耐え、使用性と補修コストに見合う十分な耐力を有する。爆発、衝撃、人的過失などによっても致命的損害を受けないように設計すること。</p> <p>鋼ウェブは、次の4つのクラスの各性能を満足しなければならない</p> <p>クラス1. 塑性解析に必要な回転能をもつ塑性ヒンジを構成できる断面 クラス2. 塑性抵抗モーメントの発達が可能だが、回転能に限界がある断面 クラス3. 塑性抵抗モーメントの発達が、局部座屈によって妨げられやすい断面 クラス4. 局部座屈に対して、明らかに余裕をみておく必要のある断面</p>												
<p>仕様規定</p>	<p>SS400クラスの場合</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">曲げを受ける場合</td> <td style="text-align: center;">圧縮を受ける場合</td> </tr> <tr> <td>クラス1</td> <td style="text-align: center;">$b/t < 72$</td> <td style="text-align: center;">$b/t < 33$</td> </tr> <tr> <td>クラス2</td> <td style="text-align: center;">$b/t < 83$</td> <td style="text-align: center;">$b/t < 38$</td> </tr> <tr> <td>クラス3</td> <td style="text-align: center;">$b/t < 124$</td> <td style="text-align: center;">$b/t < 42$</td> </tr> </table>		曲げを受ける場合	圧縮を受ける場合	クラス1	$b/t < 72$	$b/t < 33$	クラス2	$b/t < 83$	$b/t < 38$	クラス3	$b/t < 124$	$b/t < 42$
	曲げを受ける場合	圧縮を受ける場合											
クラス1	$b/t < 72$	$b/t < 33$											
クラス2	$b/t < 83$	$b/t < 38$											
クラス3	$b/t < 124$	$b/t < 42$											
<p>検証方法</p>													
<p>道路橋示方書</p>	<p>SS400の場合</p> <table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">曲げを受ける場合</td> <td style="text-align: center;">圧縮を受ける場合</td> </tr> <tr> <td>H.STFなし</td> <td style="text-align: center;">$b/t < 152$</td> <td style="text-align: center;">$b/t < 39.6f : 1400$</td> </tr> <tr> <td>1段</td> <td style="text-align: center;">$b/t < 256$</td> <td style="text-align: center;">$b/t < 80f : 2200000(tf/b)^2$</td> </tr> <tr> <td>2段</td> <td style="text-align: center;">$b/t < 310$</td> <td></td> </tr> </table>		曲げを受ける場合	圧縮を受ける場合	H.STFなし	$b/t < 152$	$b/t < 39.6f : 1400$	1段	$b/t < 256$	$b/t < 80f : 2200000(tf/b)^2$	2段	$b/t < 310$	
	曲げを受ける場合	圧縮を受ける場合											
H.STFなし	$b/t < 152$	$b/t < 39.6f : 1400$											
1段	$b/t < 256$	$b/t < 80f : 2200000(tf/b)^2$											
2段	$b/t < 310$												
<p>備考</p>													

表-1 (h) Eurocode 4 の調査結果 (その8)

<p>タイトル</p>	<p>5. 使用限界状態 5. 1. 2 構造物の分類</p>																														
<p>性能規定</p>	<p>橋梁または部材は下表に従い各設計カテゴリに分類される。</p> <p style="text-align: center;">表5-1 設計基準の分類項目</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">分類</th> <th colspan="4">各照査事項に対する組合せ</th> </tr> <tr> <th>デコンプレッション</th> <th>ひび割れ幅</th> <th>応力</th> <th>変形・振動</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>頻繁に起こらない</td> <td>-----</td> <td>プレストレスト</td> <td rowspan="5">5. 4. 1 を参照</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>頻繁に起こる</td> <td>頻繁に起こらない</td> <td>断面の</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>半永久</td> <td>頻繁に起こる</td> <td>特性は</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>-----</td> <td>頻繁に起こる</td> <td>5. 2を</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>-----</td> <td>半永久</td> <td>参照</td> </tr> </tbody> </table>	分類	各照査事項に対する組合せ				デコンプレッション	ひび割れ幅	応力	変形・振動	A	頻繁に起こらない	-----	プレストレスト	5. 4. 1 を参照	B	頻繁に起こる	頻繁に起こらない	断面の	C	半永久	頻繁に起こる	特性は	D	-----	頻繁に起こる	5. 2を	E	-----	半永久	参照
分類	各照査事項に対する組合せ																														
	デコンプレッション	ひび割れ幅	応力	変形・振動																											
A	頻繁に起こらない	-----	プレストレスト	5. 4. 1 を参照																											
B	頻繁に起こる	頻繁に起こらない	断面の																												
C	半永久	頻繁に起こる	特性は																												
D	-----	頻繁に起こる	5. 2を																												
E	-----	半永久	参照																												
<p>仕様規定</p>																															
<p>検証方法</p>																															
<p>道路橋示方書</p>																															
<p>備考</p>																															

表-1 (i) Eurocode 4 の調査結果 (その9)

<p>タイトル</p>	<p>5. 使用限界状態 5. 2 応力の限界値</p>
<p>性能規定</p>	<p>作用荷重下におけるコンクリート中の圧縮応力に限界値を設けることにより、過度なクリープや微細なひび割れを避けるものとする。</p>
<p>仕様規定</p>	<p>①プレストレス導入途中のコンクリートの最大圧縮応力は $0.6 f_c(t)$ に制限されるものとする。 ②普通鉄筋の引張応力は $0.8 f_{yk}$ を超えてはならない。 ③緊張材の応力は $0.65 f_{pk}$ を超えてはならない。 ④構造用鋼材の応力は $1.0 f_y$ を超えてはならない。 ⑤構造用鋼材のせん断応力は $f_y/\sqrt{3}$ を超えてはならない。</p> <p style="text-align: right;">等</p>
<p>検証方法</p>	<p>①建設中の厳密な強度管理とプレストレス損失のチェックが必要である。 ②鋼断面のせん断応力と軸応力との相互作用はENV1993-2に従い計算されるものとする。</p> <p style="text-align: right;">等</p>
<p>道路橋示方書</p>	
<p>備考</p>	

表-1(j) Eurocode 4 の調査結果 (その10)

<p>タイトル</p>	<p>5. 使用限界状態 5. 3 ひびわれとデコンプレッション制御 5. 3. 1 一般</p>
<p>性能規定</p>	<p>ひびわれはレベルに応じて限界値を設けるものとする。 そのレベルとは構造物の耐久性および固有の機能性を損なうことのないレベルである。 設計ひびわれ幅の限界値は顧客の同意を得るものとする。</p>
<p>仕様規定</p>	<p>設計ひびわれ幅の限界値は耐久性の観点から、以下の値とする。 ①鉄筋コンクリートに関しては0.3mm。 ②コンクリートスラブ内で緊張材によりプレストレスを与えた合成桁橋に関しては0.2mm。 ③橋軸直角方向に軸方向鉄筋があり、緊張材によりプレストレスが与えられている場合には、ひびわれ幅は橋軸方向において0.2mmに制限される。</p>
<p>検証方法</p>	<p>設計ひびわれ幅の限界値は要求された機能と構造物の本質的な限界ひびわれを考慮に入れて決定される。</p>
<p>道路橋示方書</p>	
<p>備考</p>	

等

表－1 (k) Eurocode 4 の調査結果 (その11)

<p>タイトル</p>	<p>5. 使用限界状態 5. 3 ひびわれとデコンプレション制御 5. 3. 2 最小鉄筋量</p>
<p>性能規定</p>	<p>最小鉄筋量は耐久性と外観上の理由により決定される。</p>
<p>仕様規定</p>	<p>(1) 緊張材によりプレストレスしない橋梁の最小鉄筋量 $\rho_s > 0.9 \cdot k_c \cdot k \cdot f_{ctnt} / \sigma_s$ ここに、ρ_s : 引張域のコンクリートに対する鉄筋の断面積比 $k_c = 1 / (1 + h_c / 2z_o) + 0.3 < 1.0$ h_c : コンクリートスラブ厚 z_o : 無筋コンクリートと無筋合成断面の図心距離 $k = 0.8$ f_{ctnt} : コンクリートの引張強度の平均値 σ_s : 最小鉄筋断面での鋼材応力 (2) 緊張材によりプレストレスした橋梁の最小鉄筋量 上式の最小鉄筋比ρ_sを下式に置き換える。 $\rho_{sp} = \rho_s + \xi_1 \cdot \rho_p$ ここに、ρ_p : 引張域のコンクリートに対する緊張材の断面積比 ξ_1 : 付着強度の調整比</p>
<p>検証方法</p>	<p>規定されていない。</p>
<p>道路橋示方書</p>	<p>9. 2. 3 引張応力を受ける版の鉄筋量および配筋 引張応力を受ける版の最小鉄筋量は以下の規定による。 1) コンクリート断面を有効とする場合 $A_s = T / \sigma_{sa}$ ここに、A_s : 橋軸方向鉄筋断面積 T : 版に作用する全引張力 2) コンクリート断面を無視する場合 <ul style="list-style-type: none"> ・最小鉄筋量はコンクリート断面積の2%とする。 ・周長率は$0.045 \text{ cm} / \text{cm}^2$以上とする。 周長率 : 鉄筋の周長の総和とコンクリートの断面積との比</p>
<p>備考</p>	

表－１（Ⅰ）Eurocode ４ の調査結果（その１２）

<p>タイトル</p>	<p>５．使用限界状態 ５．４ 変形（たわみ）</p>
<p>性能規定</p>	<p>①変形により構造物からの排水性，使用性，構造物の有効性において不利な影響を与えない。 ②交通荷重下における変形の限界値は，その作用に関連する組合せに加えて顧客との意見を一致させるべきである。 ③架設中の変形は以下の様に管理すべきである。 ・コンクリートが打設期間中および硬化中に損傷を受けないこと ・長期間において必要とされる幾何形状を満足すること</p>
<p>仕様規定</p>	<p>明確に示されていない。</p>
<p>検証方法</p>	<p>鋼材および合成部材の変形は弾性解析を用いて計算する。</p>
<p>道路橋示方書</p>	
<p>備考</p>	

表-1 (m) Eurocode 4 の調査結果 (その13)

<p>タイトル</p>	<p>6章 ずれ止め 6.3 ずれ止めの設計耐力</p>
<p>性能規定</p>	<p>ずれ止めは、コンクリートと鋼の分離を防ぐ役割を果たす。</p>
<p>仕様規定</p>	<p>自動溶接された頭付きスタッドの設計せん断耐力は、以下のように決定される。</p> $P_{Rd} = 0.8 f_u (\pi d^2 / 4) / \gamma_v \quad \text{あるいは}$ $P_{Rd} = 0.29 \alpha d^2 \sqrt{f_{ck} E_{cm}} / \gamma_v \quad \text{のうち小さい方の値。}$ <p>ここに、</p> <p>d : スタッドのシャンクの直径 f_u : 材料の終局引張強度 f_{ck} : コンクリートの特性試験強度 E_{cm} : コンクリートの割線弾性係数 γ_v : 部分安全係数 1.25 h : スタッドの全高 $\alpha = 0.2 [(h/d) + 1]$ for $3 \leq h/d \leq 4$ $\alpha = 1$ for $h/d \geq 4$</p>
<p>検証方法</p>	
<p>道路橋示方書</p>	<p>許容せん断力</p> $Q_s = 30d^2 \sqrt{\sigma_{ck}} \quad (H/d \geq 5.5)$ $Q_s = 5.5dH \sqrt{\sigma_{ck}} \quad (H/d \geq 5.5)$ <p>ここに、</p> <p>Q_s : スタッドの許容せん断力 (kgf/本) d : スタッドの軸径 (cm) H : スタッドの全高で、15cm 程度を標準とする (cm) σ_{ck} : 設計基準強度 (kgf/cm²)</p>
<p>備考</p>	

表-1 (n) Eurocode 4 の調査結果 (その14)

<p>タイトル</p>	<p>6. ずれ止め 6. 4 ずれ止めの詳細 6. 4. 1. 5 ずれ止めの間隔</p>
<p>性能規定</p>	<p>ずれ止めは、コンクリートと鋼の分離を防ぐ役割を果たす。</p>
<p>仕様規定</p>	<p>頭付きスタッドずれ止めは、規定されている間隔以上でグループ配置してよいが、以下のことに十分考慮して設計する。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 縦断方向せん断の不等流 2. 床版と鋼部材の間の、すべりと鉛直分離の可能性の大きさ 3. 鋼フランジの座屈 4. スタッドジベルの規定に従わないグループ内の間隔に起因する個々のずれ止めの耐力の低減 5. ずれ止めからの集中力に対する床版の局部耐力
<p>検証方法</p>	
<p>道路橋示方書</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. ずれ止めの最大間隔 版のコンクリート厚の3倍とし、60cmをこえないものとする 2. ずれ止めの最小間隔 橋軸方向：5d または 10cm 橋軸直角方向：d+3.0cm 3. スタッドの幹とフランジ縁との最小純間隔：2.5cm
<p>備考</p>	

表-1 (o) Eurocode 4 の調査結果 (その15)

<p>タイトル</p>	<p>6. ずれ止め 6. 4 ずれ止めの詳細 6. 4. 2 スタッドジベル</p>
<p>性能規定</p>	<p>ずれ止めは、コンクリートと鋼の分離を防ぐ役割を果たす。</p>
<p>仕様規定</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. スタッドの全高は $3d$ 以上。 d はスタッドの軸径。 2. 分離力に抵抗するためのつなぎ材を取り付ける。 3. せん断力方向のスタッドの中心間隔は $5d$ 以上。 4. せん断力を横断する方向の間隔は、鋼フランジに対して 30° 以上傾けられた側面を持つハッチの中では $4d$ 以上、そうでない場合は $2.5d$ 以上。 5. スタッドを直接ウェブ上に取り付けるときを除いて、溶接スタッドの直径は、フランジ厚あるいは、溶接される板厚の 2.5 倍以下。
<p>検証方法</p>	
<p>道路橋示方書</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. ずれ止めの最大間隔 版のコンクリート厚の 3 倍とし、60cm をこえないものとする 2. ずれ止めの最小間隔 橋軸方向：$5d$ または 10cm 橋軸直角方向：$d+3.0\text{cm}$ 3. スタッドの幹とフランジ縁との最小純間隔：2.5cm
<p>備考</p>	

表－1 (p) Eurocode 4 の調査結果 (その16)

<p>タイトル</p>	<p>9章 施工 9.1 一般 9.2 施工順序</p>
<p>性能規定</p>	<p>・EN v の設計基準を満たし、さらに安全水準の達成すべき施工工法の最低基準を明記するものである。</p>
<p>仕様規定</p>	<p>・施工順序は、設計に適したものでなければならない。この適合性を保証するために必要な全ての情報は最終図面計算書に記述する必要がある。 ・適切であれば、それぞれの施工段階において基準となる測定に関する指示も図面に含むべきである。 ・コンクリート打設の順序は、完成したコンクリートが別の部分のコンクリート打設作業による鋼桁のたわみによって悪影響を受けないように決められるべきである。</p>
<p>検証方法</p>	
<p>道路橋示方書</p>	<p>道示Ⅲ 17章 施工 17.2 施工一般 施工は、設計で意図された構造物の安定性・耐久性などが確保されるように行わなければならない。 17.3 施工計画 施工にあたっては、あらかじめ品質管理および工程管理などを含めた施工計画について検討しなければならない。</p>
<p>備考</p>	

3. 2. 3 ISO10721-1 の調査

(1) ISO10721-1 の概要と構成

1) 概要

ISO10721-1 は鋼構造物の設計を行う上での基本となる事項について述べたものである。鋼構造物には橋梁や沿岸構造物、民間構造物が含まれている。ただし、信頼性の評価は各国の基準で規定しなければならないことになっている。また、設計における安全性を確保するために、鋼構造物の製作においては 10721-2「製作および架設」に従わなければならないことになっている。

なお、本編は通常の腐食環境や耐疲労性を有した構造物を対象としており、耐震設計については記述していない。また、合成構造や鋼構造物の耐火性に関する記述については、別の基準を参照することとなっている。

2) 構成

ISO10721-1 の目次構成と記述概要は、以下の通りである。

1. 範囲

—適用範囲や原則について

2. 関連基準

3. 定義と各種記号

4. 設計文書

—設計計算の内容や試験方法について

5. 設計基本原則

—構造物の一般的要求事項や終局・使用限界状態の定義，照査方法について

6. 基礎的変数

—荷重や材料，幾何学的パラメーター，抵抗値について

7. 構造解析

—構造解析方法や挙動，弾塑性解析方法について

8. 終局限界状態

—終局限界状態での部材抵抗や断面の区分，各種座屈，継手の一般要求事項，ボルト継手，溶接継手について

9. 使用限界状態

—使用限界状態で考慮すべき要素について

10. 疲労

—疲労評価手法や疲労照査荷重，分類構造に対する疲労強度について

(2) 調査結果

ISO10721-1 に記載されている条文の内容を「性能規定」，「仕様規定」，「検証方法」に分類整理し，道路橋示方書と比較した結果を，次頁以降に示す。

表-2(a) ISO10721-1の調査結果(その1)

<p>タイトル</p>	<p>8章 終局限界状態 8.1 部材設計 8.1.1 総則</p>
<p>性能規定</p>	<p>・各部材の抵抗力は関連する設計作用の影響より大きくなければならない。</p>
<p>仕様規定</p>	<p>・次の各々またはその組合せに関して、部材断面をその長さ方向の最も危険となる位置で検討しなければならない。 ー軸引張 ー軸圧縮 ー両軸周りの曲げ ーせん断またはねじり</p>
<p>検証方法</p>	<p>・各部材の抵抗力は、構造解析から求めた部材力とモーメントに対して照査する。</p>
<p>道路橋示方書</p>	<p>道示Ⅱ 3章 部材に関する一般事項 3.1 総則 3.1.1 一般 部材の各部はなるべく簡単にし、製作、運搬、架設、検査、塗装、排水、維持管理などに便利のように設計しなければならない。</p>
<p>備考</p>	

表-2(b) ISO10721-1の調査結果(その2)

<p>タイトル</p>	<p>8.1.2 断面の抵抗力</p>
<p>性能規定</p>	<p>・各部材の抵抗力は関連する設計作用の影響より大きくなければならない。</p>
<p>仕様規定</p>	<p>・断面強度は、分類体系を基本にして決定される。 クラス1および2の場合、断面の抵抗力は全塑性強度である。 クラス3および4の場合、断面の抵抗力は全塑性強度に達する前に局部座屈が発生する場合がある。</p>
<p>検証方法</p>	<p>・各部材の抵抗力は、構造解析から求めた部材力とモーメントに対して照査する。</p>
<p>道路橋示方書</p>	<p>道示Ⅱ 2章 許容応力度 2.2 鋼材の許容応力度 2.2.1 構造用鋼材の許容応力度 (記述省略)</p>
<p>備考</p>	<p>・クラス分けは添付 8.3を参照。</p>

表-2(c) ISO10721-1の調査結果(その3)

<p>タイトル</p>	<p>8.2 各部材の抵抗力 8.2.1 部材強度</p>
<p>性能規定</p>	<p>・各部材の抵抗力は関連する設計作用の影響より大きくなければならない。</p>
<p>仕様規定</p>	<p>・クラス1, 2の場合、構造部材の抵抗力は断面の全強に基づく。この強度は、引張、圧縮、曲げなどに関して、その与えられる作用の下での降伏を伴う。 軸方向引張耐力は、下式の小さな方による。 $N_{yd} = A_g \cdot f_y \cdot (1/\gamma_{ry}) \text{ 又は } N_{ud} = A_n \cdot f_u \cdot (1/\gamma_{ru})$軸方向圧縮耐力は、下式による。 $N_{rd} = N_r / \gamma_r = A_f y / \gamma_r$せん断耐力は、下式による。 $V = (\tau_r / \gamma_r) A_w$・クラス4の場合、局部座屈の影響は十分に考慮される必要がある。</p>
<p>検証方法</p>	<p>・各部材の抵抗力は、構造解析から求めた部材力とモーメントに対して照査する。</p>
<p>道路橋示方書</p>	<p>道示Ⅱ 2章 許容応力度 2.2 鋼材の許容応力度 2.2.1 構造用鋼材の許容応力度 (記述省略)</p>
<p>備考</p>	

表-2(d) ISO10721-1の調査結果(その4)

<p>タイトル</p>	<p>8.3 断面の分類 8.3.3 圧縮、曲げを受ける部材の最大幅厚比</p>
<p>性能規定</p>	<p>・各部材の抵抗力は関連する設計作用の影響より大きくなければならない。</p>
<p>仕様規定</p>	<p>・クラス1、2、3の場合、断面の推奨幅厚比を表A.8.3.3に示す。 ・クラス4の場合、部材抵抗はA.8.6(板の座屈)に示す方法によって決定できる。</p>
<p>検証方法</p>	
<p>道路橋示方書</p>	<p>道示Ⅱ 3章 部材に関する一般事項 3.2 圧縮応力を受ける板および補剛材 3.2.1 圧縮応力を受ける両縁支持板 3.2.2 圧縮応力を受ける自由突出板 3.2.3 圧縮応力を受ける補剛板 (記述省略)</p>
<p>備考</p>	

表一2(e) ISO10721-1の調査結果(その5)

<p>タイトル</p>	<p>8.4 曲げ座屈 8.4.5 モーメントを受ける圧縮部材</p>
<p>性能規定</p>	<p>-各部材の抵抗力は関連する設計作用の影響より大きくなければならない。</p>
<p>仕様規定</p>	<p>-相互作用式を用いて照査する。</p>
<p>検証方法</p>	<p>-クラス1の断面部材以外で、曲げと軸圧縮を受ける部材は、合成応力照査式を用いて照査することができる。</p> <p>a)断面抵抗 $N/N_{cy} + M_y/M_{dy} + M_z/M_{dz} \leq 1.0$</p> <p>b)部材全体の抵抗 $N/N_{cz} + \beta_y M_y / (M_{dy}(1-N/NE_y)) + \beta_z M_z / (M_{dz}(1-N/NE_z)) \leq 1.0$ $M_z=0$のとき以外は、$N_c=N_{cy}$とする。</p> <p>c)横倒れ座屈 $N/N_{cz} + \beta_y M_y / (M_{Ld}(1-N/NE_y)) + \beta_z M_z / (M_{dz}(1-N/NE_z)) \leq 1.0$ $\beta_y / (1-N/NE_y) \geq 1.0$ のとき</p> <p>(クラス1の断面部材においても合成応力照査式あり、記述省略)</p>
<p>道路橋示方書</p>	<p>道示Ⅱ 3章 部材に関する一般事項 3.3 軸方向力と曲げモーメントを受ける部材</p> <p>(1)軸方向力が引張の場合 $\sigma_t + \sigma_{bty} + \sigma_{btz} \leq \sigma_{ta}$ $-\sigma_t / \sigma_{ta} + \sigma_{bcy} / \sigma_{bagy} + \sigma_{bcz} / \sigma_{bao} \leq 1$ $-\sigma_t + \sigma_{bcy} + \sigma_{bcz} \leq \sigma_{cal}$</p> <p>(2)軸方向力が圧縮の場合 $\sigma_c / \sigma_{caz} + \sigma_{bcy} / (\sigma_{bagy}(1-\sigma_c / \sigma_{eay})) + \sigma_{bcz} / (\sigma_{bao}(1-\sigma_c / \sigma_{eaz})) \leq 1$ $\sigma_c + \sigma_{bcy} / (1-\sigma_c / \sigma_{eay}) + \sigma_{bcz} / (1-\sigma_c / \sigma_{eaz}) \leq \sigma_{cal}$</p>
<p>備考</p>	

表-2(f) ISO10721-1の調査結果(その6)

<p>タイトル</p>	<p>8. 終局限界状態 8.6 板の座屈 A8.6.2.3 腹板の最小板厚</p>
<p>性能規定</p>	<p>構造や構造部材は、適度の信頼を有して、設計され、維持管理されなければならない。(5.1目的と一般要求事項) 一生じうる挙動に耐えられるように 一通常の使用に十分対応するように 一十分な耐久性を持つように</p> <p>終局限界状態に対して、構造物は十分な抵抗力・強度・安定性を 得るように設計されなければならない。(5.3.3部材抵抗力)</p>
<p>仕様規定</p>	<p>腹板の最小板厚は、次式により求められる。</p> $\frac{tw}{h} \geq 2.4 \frac{fy}{E}$
<p>検証方法</p>	
<p>道路橋示方書</p>	<p>プレートガ-ダ-の最小腹板厚 (8.4腹板)</p> $SS400 : \frac{b}{152}, SM490 : \frac{b}{130}$ $SM490Y : \frac{b}{123}, SM570 : \frac{b}{110}$
<p>備考</p>	

表-2(g) ISO10721-1の調査結果(その7)

<p>タイトル</p>	<p>8. 終局限界状態 8.6 板の座屈 A8.6.5.2横方向補剛材</p>
<p>性能規定</p>	<p>構造や構造部材は、適度の信頼を有して、設計され、維持管理されなければならない。(5.1目的と一般要求事項)</p> <p>—生じうる挙動に耐えられるように —通常の使用に十分対応するように —十分な耐久性を持つように</p> <p>終局限界状態に対して、構造物は十分な抵抗力・強度・安定性を得るように設計されなければならない。(5.3.3部材抵抗力)</p>
<p>仕様規定</p>	<p>横方向補剛材の断面2次モーメントと断面積の推奨要求値</p> $I_s = at_w^3 \left[2.5 \left(\frac{h}{a} \right)^2 - 2 \right] \geq 0.5at_w^2$ $A_s = 0.5at_w \left(1 - \frac{\alpha}{\sqrt{1 + \alpha^2}} \right) C_1 \psi \varphi$
<p>検証方法</p>	
<p>道路橋示方書</p>	
<p>備考</p>	

表-2(h) ISO10721-1の調査結果(その8)

<p>タイトル</p>	<p>8. 終局限界状態 8.6 板の座屈 A8.6.5.3 縦方向補剛材</p>
<p>性能規定</p>	<p>構造や構造部材は、適度の信頼を有して、設計され、維持管理されなければならない。(5.1目的と一般要求事項) 一生じうる挙動に耐えられるように 一通常の使用に十分対応するように 一十分な耐久性を持つように</p> <p>終局限界状態に対して、構造物は十分な抵抗力・強度・安定性を 得るように設計されなければならない。(5.3.3部材抵抗力)</p>
<p>仕様規定</p>	<p>隣接パネルを剛性支持する縦方向補剛材の断面2次モーメントに 対する要求値</p> $I_s \geq 0.1 h t_w^3 C_1$ <p>ここで、</p> $C_1 = 8 + 60 \frac{A_s}{h t_w}$
<p>検証方法</p>	
<p>道路橋示方書</p>	<p>3.2.4補剛材</p> $I_l \geq \frac{b t^3}{11} \gamma_{lreq}$
<p>備考</p>	

表-2(i) ISO10721-1の調査結果(その9)

<p>タイトル</p>	<p>8. 終局限界状態 8.6 板の座屈 8.6.5.4</p>
<p>性能規定</p>	<p>構造や構造部材は、適度の信頼を有して、設計され、維持管理されなければならない。(5.1目的と一般要求事項) 一生じうる挙動に耐えられるように 一通常の使用に十分対応するように 一十分な耐久性を持つように</p> <p>終局限界状態に対して、構造物は十分な抵抗力・強度・安定性を 得るように設計されなければならない。(5.3.3部材抵抗力)</p>
<p>仕様規定</p>	<p>支点上補剛材は全反力に対して照査する。その座屈長は、$0.75h$とする。 ここでhはウェブプレートの高さあるいはフランジ間距離である。</p>
<p>検証方法</p>	
<p>道路橋示方書</p>	<p>8.7.1荷重集中点の補剛材 (2)2)許容応力の算出に用いる断面二次半径は腹板中心について求めるものとし、有効座屈長はけた高の$1/2$とする。</p>
<p>備考</p>	

表-2(j) ISO10721-1 の調査結果 (その10)

<p>タイトル</p>	<p>8.7 連結、一般要求条項 8.8 ボルト連結</p>
<p>性能規定</p>	<p>1. 全ての連結材は、構造が設計力に抵抗できる設計強度を保有しなければならない。 2. 連結材の構造特性は、構造解析と設計の仮定が再現されるものでなければならない。</p>
<p>仕様規定</p>	<p>1. ボルトピッチは、孔の公称直径の3倍とすることが望ましいが、2.5 孔径未満であってはならない。 2. 作用方向に直角方向の最小縁端距離は、孔の公称直径の1.5倍以上。適正な強度計算がなされる場合は、1.2倍まで減じることができる。 3. 作用方向の最小縁端距離は、孔直径の1.2倍以上。 4. 最大縁端距離または最大材端距離は、外部連結部の板厚の12倍または150mmのうち小さい方とするか、あるいは局部座屈または腐食の所要条件で定められた内容に従う。 5. ボルト孔の呼び直径 呼びボルト直径 +2mm 以下 (27mm 未満) 呼びボルト直径 +3mm 以下 (27mm 以上) 6. 16mm 以上のボルトには拡大孔又は、長孔を使用することができる。</p>
<p>検証方法</p>	
<p>道路橋示方書</p>	<p>原則として母体の全強の75%以上の強度をもつように設計する。 4.3.9 ボルトの最大中心間隔 4.3.10 縁端距離</p>
<p>備考</p>	

表-2(k) ISO10721-1の調査結果(その11)

<p>タイトル</p>	<p>8.9溶接継手 一般的事項(1)</p>
<p>性能規定</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・連結部は、各種締結材で力を伝達するように設計する。 ・すべての連結部は、設計力に抵抗できる強度を保有しなければならない。
<p>仕様規定</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・溶接構造用鋼の適合性は、各国溶接基準を参照して決定 ・特に炭素当量値(IIW式で算出)で制御が必要な場合有り ・板厚方向に引張応力の生じる重ね溶接部は硫黄レベルの制御も必要 ・部材表面に垂直な重ね継手で引張り応力が働く場合はラメラティアに注意 ・板厚は4mm以上を使用
<p>検証方法</p>	
<p>道路橋示方書</p>	<p>1.6鋼種の選定 板厚方向に主として引張り力を受ける場合は、鋼材の板厚方向の特性に配慮</p> <p>3.1.6鋼材の最小板厚 8mm(1形鋼とみぞ形鋼の腹部で7.5mm、閉断面縦リブ6mm)以上</p>
<p>備考</p>	

表-2(i) ISO10721-1の調査結果(その12)

<p>タイトル</p>	<p>8.9溶接継手 一般的事項(2)</p>
<p>性能規定</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・連結部は、各種締結材で力を伝達するように設計する。 ・すべての連結部は、設計力に抵抗できる強度を保有しなければならない。
<p>仕様規定</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・偏心は設計で考慮されていないかぎり回避する ・冷間成型部分の溶接は、脆性破壊の可能性を回避するために適正な方法が取られる。
<p>検証方法</p>	
<p>道路橋示方書</p>	<p>4.1.1なるべく偏心させないように。 15.3.3(9)予熱を規定</p>
<p>備考</p>	

表-2(m) ISO10721-1の調査結果(その13)

<p>タイトル</p>	<p>8.9溶接継手 溶接のタイプ(1)</p>
<p>性能規定</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・連結部は、各種締結材で力を伝達するように設計する。 ・すべての連結部は、設計力に抵抗できる強度を保有しなければならない。
<p>仕様規定</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・グループ、すみ肉、プラグ、スロット溶接が一般的 ・フレアグループは部分溶け込みグループ溶接に分類する。 ・グループ溶接は全長にわたって連続していなければならない。 ・すみ肉溶接は連続、断続のいずれでも良い。部材の角で終わらせず、溶接サイズの2倍長だけ回り込んでフルサイズで連続させて戻す。 ・スロット部分にすみ肉溶接する場合、スロットのコーナーはRとし、全周すみ肉溶接とする。
<p>検証方法</p>	
<p>道路橋示方書</p>	<p>4.2.1.(3)主要部分にはプラグ溶接とスロット溶接を原則として用いない。</p>
<p>備考</p>	

表-2(n) ISO10721-1の調査結果(その14)

<p>タイトル</p>	<p>8.9溶接継手 溶接のタイプ(2)</p>
<p>性能規定</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・連結部は、各種締結材で力を伝達するように設計する。 ・すべての連結部は、設計力に抵抗できる強度を保有しなければならない。
<p>仕様規定</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・グループ溶接とすみ肉溶接はあらゆる組み合わせの力の伝達に使用できる。 単一のすみ肉溶接・部分溶け込み溶接は溶接線の軸回りの曲げは加わると溶接ルート部に引張り力が生じるので使用しない。 すみ肉溶接は融合面が60° ~ 120° の角度をなす接合部に使用できる。 60° 以下の角度も許されるが、その場合は部分溶け込み溶接として計算する。 120° 以上の角度では、すみ肉溶接は計算力の伝達から見て信頼できない。
<p>検証方法</p>	
<p>道路橋示方書</p>	<p>4.2.1(2)では、溶接線に直角な方向に引張り力を受ける継手に部分溶け込み溶接は用いない。</p> <p>4.2.11(2)では60° 未満、または、120° をこえるT継手には、全面溶け込み溶接を用いるのを原則とする。</p>
<p>備考</p>	

表-2(o) ISO10721-1の調査結果(その15)

<p>タイトル</p>	<p>8.9溶接継手 設計上の仮定条件</p>
<p>性能規定</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・連結部は、各種締結材で力を伝達するように設計する。 ・すべての連結部は、設計力に抵抗できる強度を保有しなければならない。
<p>仕様規定</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・溶接継手または溶接部の力は、弾性解析または塑性解析で決定する。 ・溶接部の永手方向の応力分布は均一とみなす。 ・残留応力等は静的作用が加わる溶接部の設計に検討する必要はない。
<p>検証方法</p>	
<p>道路橋示方書</p>	<p>4.1.1一般に 部材と部材の連結の設計は作用力に対して行うとあり、解説に構造解析の語がある。</p> <p>4.1.1一般に 有害な残留応力や二次応力を生じさせない。 溶接を用いるのを原則とする。</p>
<p>備考</p>	

表-2(p) ISO10721-1の調査結果(その16)

タイトル	8.9溶接継手 設計規則
性能規定	<ul style="list-style-type: none"> ・連結部は、各種締結材で力を伝達するように設計する。 ・すべての連結部は、設計力に抵抗できる強度を保有しなければならない。
仕様規定	<ul style="list-style-type: none"> ・母材の強度は当該国の規格で指定された強度で、溶接金属の強度はもっとも弱い母材金属以上。 ・グループ溶接の有効面積は応力の方向に直角な場合も斜めの場合も結合する各部分の幅。 ・完全溶け込みグループの有効喉厚は、接合する薄い側の厚さし、補強の目的で増すことはできない。 部分溶け込みグループの有効喉厚は、関連する国の基準で定義。 部分溶け込みグループの圧縮抵抗は、溶接の接触喉厚面積と母材面積に基づく。
検証方法	
道路橋示方書	<p>15.3.3溶接材料の使用区分</p> <p>4.2.3溶接部の有効厚では、母材の支圧部分の面積まで含める考え方はない。</p>
備考	

表-2(q) ISO10721-1の調査結果(その17)

<p>タイトル</p>	<p>8.9溶接継手 突き合わせ継手とT継手</p>
<p>性能規定</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・連結部は、各種締結材で力を伝達するように設計する。 ・すべての連結部は、設計力に抵抗できる強度を保有しなければならない。
<p>仕様規定</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・異なる厚さまたは幅の板の引張り突き合わせ継手の遷移部の傾斜は1/1より急にしない。ただし、疲労の作用を受ける構造物の場合は1/4より急であってはいけない。 圧縮突き合わせ継手は異なる厚さまたは幅の部材で遷移部を必要としない。 ・部分溶け込みグループ溶接は良好な延性をもつ鋼材、T継手、かど継手に行うことができる。必要に応じてすみ肉溶接で補強できる。
<p>検証方法</p>	
<p>道路橋示方書</p>	<p>4.2.9突き合わせ継手では、1/5以下とする。</p>
<p>備考</p>	

表-2(r) ISO10721-1の調査結果(その18)

<p>タイトル</p>	<p>8.9溶接継手 すみ肉溶接(1)</p>
<p>性能規定</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・連結部は、各種締結材で力を伝達するように設計する。 ・すべての連結部は、設計力に抵抗できる強度を保有しなければならない。
<p>仕様規定</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・すみ肉溶接部の全長にわたって均一な応力分布と想定して良い。 ・有効断面積は最小のルート溶け込みはあってもこれを考慮しない場合は、融合面と溶接表面に囲まれた最大の三角形面積とする。のど厚a寸法は最大内接三角形の高さとする。 ・自動サブマージ溶接および溶け込みの深い溶接棒の場合は、のど厚aは20%増せる。ただし、3mmを越えられない。 ・すみ肉溶接部の有効長は、端部戻りも含めた全長とする。最小すみ肉は、のど厚の6倍、または40mm以上。
<p>検証方法</p>	
<p>道路橋示方書</p>	<p>4.2.2溶接部の有効長と同じ</p> <p>4.2.5すみ肉溶接でまわし溶接を行った場合は、まわし部分は有効長に含めない。最小すみ肉溶接有効長は80mm</p>
<p>備考</p>	

表-2(s) ISO10721-1の調査結果(その19)

<p>タイトル</p>	<p>8.9溶接継手 すみ肉溶接(2)</p>
<p>性能規定</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・連結部は、各種締結材で力を伝達するように設計する。 ・すべての連結部は、設計力に抵抗できる強度を保有しなければならない。
<p>仕様規定</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・最小の厚は3mm ・すみ肉溶接はできるだけ等しい脚長とする。 ・断続すみ肉溶接は計算で出した力を負担するために使用できる。 ・T継手および角継手のグループ溶接のすみ肉溶接は、$t/4$以上で10mm以下。
<p>検証方法</p>	
<p>道路橋示方書</p>	<p>4.2.2すみ肉溶接のサイズは$t_1 > s > \sqrt{2}t_2$、等脚を原則。</p> <p>4.2.1断続溶接については、応力上、防食上、施工上の問題を十分考慮すること。</p>
<p>備考</p>	

表-2(t) ISO10721-1の調査結果(その20)

<p>タイトル</p>	<p>9. 使用限界状態</p>
<p>性能規定</p>	<p>使用限界状態の評価は代表的な作用について行う。 使用限界状態は次の諸要素を考慮しなければならない。 ①構造要素または非構造要素の機能や外観に影響する変形。 ②特に共鳴が発生する場合など、不快感を与える振動、または構造／非構造要素および装置類に悪い影響を与える振動。風的作用または水流にさらされる細長部材の共鳴振動。 ③亀裂など、構造体の耐久度を減じたり、構造または非構造要素の機能や外観に影響を及ぼす局部損傷。 ④耐久度。構造体は予想寿命の間、各種作用に耐えられなければならない。また保守作業計画をたてる。 ⑤その他、特殊機能における全てのの基準。</p>
<p>仕様規定</p>	<p>規定なし</p>
<p>検証方法</p>	<p>計算は通常、弾性範囲内で行う。</p>
<p>道路橋示方書</p>	
<p>備考</p>	

表-2(u) ISO10721-1の調査結果(その21)

<p>タイトル</p>	<p>10. 疲 労 10.2 疲労評価方法 10.2.1 公称応力範囲に基づく疲労評価</p>
<p>性能規定</p>	<p>疲労破損の限界状態に対して構造物を設計する目的は、受入れ可能な確率レベルにおいて、構造物の補修を必要としたり疲労により破損する可能性が無いなど、その性能が設計寿命全体を通して良好であるようにすることである。</p>
<p>仕様規定</p>	<p>設計疲労曲線で定義する変動振幅荷重では、疲労評価は、Palmgren-Miner累積損傷ルールに基づいて行う。 $D = \sum n_i / i N_i < 1$ ここで、n_i：必要な設計寿命期間に起こる応力範囲$\Delta \sigma_i$の繰返し数。 N_i：破損に対する応力範囲$\Delta \sigma_i$の繰返し数で、細目分類に依存。</p>
<p>検証方法</p>	
<p>道路橋示方書</p>	
<p>備考</p>	

表-2(v) ISO10721-1の調査結果(その22)

<p>タイトル</p>	<p>10. 疲 労 10. 3 疲労の荷重</p>
<p>性能規定</p>	<p>疲労の荷重は、該当するISO規格または国の規格に従う。 疲労評価に使用する荷重は、構造体の必要設計寿命において載荷される荷重の中で一般的なものでなければならない。 振幅と繰返し数の両方について、少なくとも95%の信頼水準を得るようにしなければならない。 構造体の動的応答が設計繰返し数域の修正に寄与する場合には、動的効果を検討する必要がある。</p>
<p>仕様規定</p>	<p>規定なし</p>
<p>検証方法</p>	
<p>道路橋示方書</p>	
<p>備考</p>	

表-2(w) ISO10721-1の調査結果(その23)

<p>タイトル</p>	<p>10. 疲 労 10.5 疲労強度</p>
<p>性能規定</p>	<p>疲労破損の限界状態に対して構造物を設計する目的は、受入れ可能な確率レベルにおいて、構造物の補修を必要としたり疲労により破損する可能性が無いなど、その性能が設計寿命全体を通して良好であるようにすることである。</p>
<p>仕様規定</p>	<p>疲労強度曲線（直応力）は、次式で表現される。 $\log N = \log a - m \cdot \log \Delta \sigma_R$ ここで、$\Delta \sigma_R$：疲労強度。 N：応力範囲繰返し数。 m：疲労強度曲線の勾配定数。 $\log a$：S-N曲線の関連部分の傾きに依存する定数。</p>
<p>検証方法</p>	
<p>道路橋示方書</p>	
<p>備考</p>	

表-2(x) ISO10721-1の調査結果(その24)

<p>タイトル</p>	<p>10. 疲 労 10. 7 部分安全係数 10. 7. 1 疲労荷重に対する部分安全係数</p>
<p>性能規定</p>	<p>必要な安全レベルは、適正な疲労荷重係数γ_fおよび疲労強度抵抗係数γ_rを考慮した状態で確認しなければならない。</p>
<p>仕様規定</p>	<p>疲労応答解析内の不確実性を考慮するため、疲労評価手順について、設計応力範囲に部分安全係数γ_fが含まれていなければならない。 係数γ_fは、以下の事項を予測する場合の不確実性が考慮される。 ①加えられた荷重レベル ②これらの荷重の応力と応力範囲への変換 ③設計応力範囲頻度分布からの相当定常振幅応力範囲 ④構造物の設計寿命、および構造物の必要設計寿命内での疲労荷重の発生</p>
<p>検証方法</p>	
<p>道路橋示方書</p>	
<p>備考</p>	

表-2(y) ISO10721-1の調査結果(その25)

<p>タイトル</p>	<p>10. 疲 労 10.7 部分安全係数 10.7.2 疲労強度に対する部分安全係数</p>
<p>性能規定</p>	<p>必要な安全レベルは、適正な疲労荷重係数γ_fおよび疲労強度抵抗係数γ_rを考慮した状態で確認しなければならない。</p>
<p>仕様規定</p>	<p>耐疲労性における不確実性を考慮するために、代表的な疲労強度を部分安全係数γ_rによって除する必要がある。 係数γ_rは、以下の事項の要因効果の不確実性を包含している。 ①詳細のサイズ ②不連続点の寸法，形状，近接 ③溶接による局部応力集中 ④可変溶接プロセスと金属加工効果</p>
<p>検証方法</p>	
<p>道路橋示方書</p>	
<p>備考</p>	

3. 2. 4 まとめと今後の課題

(1) まとめ

以上述べたように、本 WG では海外における規定の性能規定化への動向を調べる目的で、Eurocode 4 Part 2（以下 EC4 と略記）と ISO10721-1（以下 ISO と略記）を対象に、条文の内容を性能規定、仕様規定、検証方法に分類整理を行った。

EC4 および ISO は限界状態設計法を採用しているため、道路橋示方書と（以下道示と略記）の単純な比較はできないが、EC4 および ISO の方が照査式は比較的緩やかな記述になっているように感じられた。

以下に、EC4 および ISO の各々の特徴をまとめる。

1) Eurocode 4 Part 2

- ① ISO10721-1 よりも性能規定化が進んでいる。
- ② 部分係数設計法の書式となっており、安全係数の推奨値が明記されている。
- ③ 圧縮域のフランジと腹板に対し最大幅厚比がクラス分けされており、結果的に梁の断面を 4 種類のクラスに分類している。
- ④ 使用限界状態を、デコンプレッション状態、ひび割れ幅、応力、変形、振動の各照査事項に対して、5 段階に分類している。

2) ISO10721-1

- ① 条文自体は部材設計法の方向性を示す形で抽象的な表現となっている。
- ② しかし、具体的な算出式および照査式が付録に記載されており、設計を行う上で適用しやすい形となっている。
- ③ 部分係数設計法の書式となっているが、安全係数の具体的な数値は明記されていない。
- ④ 終局限界状態に対して、梁の断面を 4 種類のクラスに分類している。

(2) 今後の課題

本調査結果から、今後検討すべき課題として、以下の項目が挙げられる。

- ① 他の海外規定の調査比較
- ② 荷重係数と安全係数の設定方法に関する調査分析 等

今回は EC 4 と ISO のみを対象に調査したが、今後は他の海外の基準、たとえば EC 3（鋼構造）や AASHTO, Caltrans 等についても同様な調査を実施し、道示を含めた各国の規準の違いを調べる必要があると思われる。さらに、部分係数設計法を採用している規準について、荷重係数や安全係数がどのように設定されているのかを調査分析することも重要であると考えられる。

<謝辞>

最後になりましたが、EC 4 と ISO の調査にあたり、「(社)日本橋梁建設協会 国際委員会・海外対応WG」で翻訳した資料を使用させていただきました。

ここに厚く御礼申し上げます。