

# 東京港臨海大橋(仮称)上部工の設計概要

1. 東京港臨海大橋(仮称)全体一般図 .....	1
2. 荷重抵抗係数設計法(LRFD)の導入 .....	2
(1) LRFDの概要	
(2) LRFD導入の基本方針	
(3) LRFDの導入効果	
(4) 安全係数の設定	
3. BHS鋼材 .....	9
(1) 検討概要	
(2) BHS鋼材の概要	
(3) BHS鋼材の材料特性	
(4) BHS鋼材の設計強度の設定	
(5) BHS鋼材の導入効果	
4. パワーポイント資料 .....	16

平成 19 年 11 月 19 日

1. 東京港臨海大橋(仮称) 橋梁全体一般図

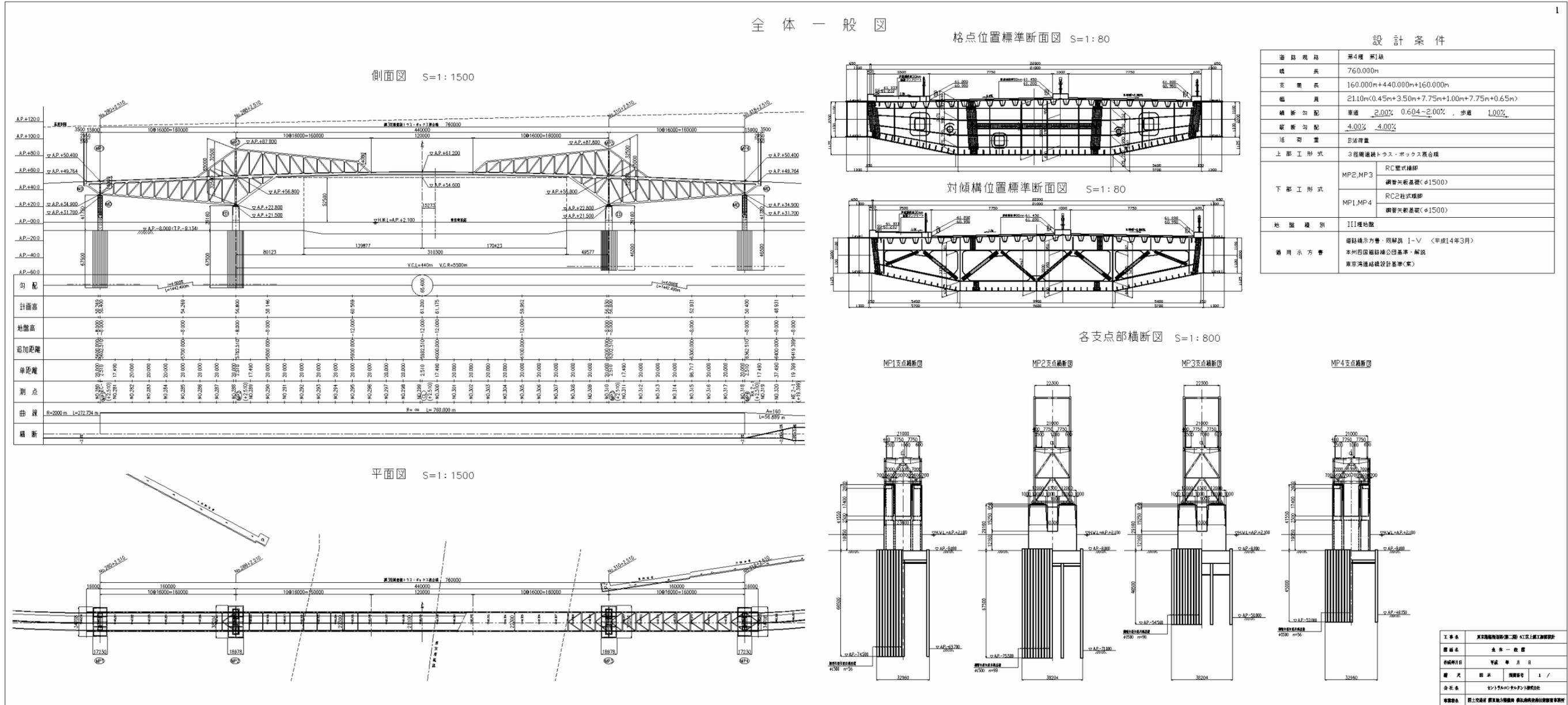


図-1.1 東京港臨海大橋(仮称) 橋梁全体一般図

## 2. 荷重抵抗係数設計法(LRFD)の導入

### (1) LRFDの概要

荷重抵抗係数設計法 (Load and Resistance Factor Design: LRFD) は、いわゆる限界状態設計法の一つである。限界状態設計法は、次の3種類の限界状態に対して、荷重に対する安全係数(荷重係数)、耐力に対する安全係数(抵抗係数)、構造物の重要度、社会的な影響度に対する係数(構造物係数)を用いて安全性を照査するものである。

- ・ 強度限界状態(終局限界状態)
- ・ 使用限界状態
- ・ 疲労限界状態

疲労限界状態は、強度限界と同様に破壊に関する限界状態であるが、照査内容が一般の荷重作用とは異なるため、別途の限界状態として定義づけられている。

上記の安全係数を用い、**図-2.1**に示すように荷重作用と抵抗力(耐力)との関係の不等号が成り立つように部材断面を設計することになる。

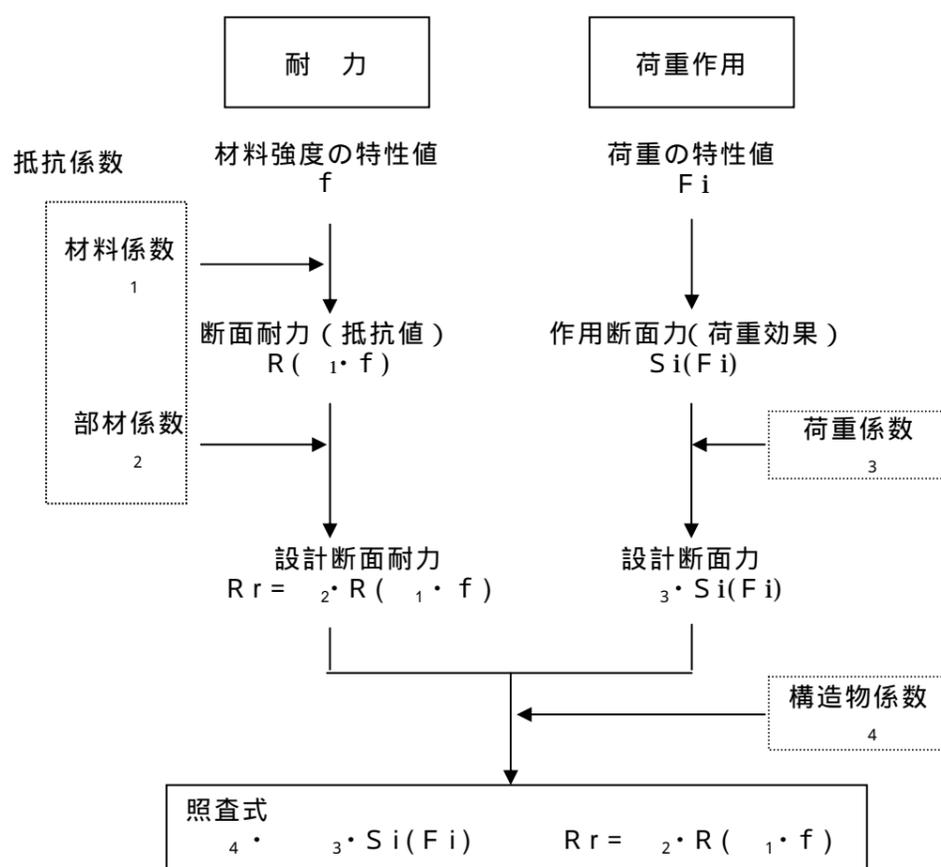


図-2.1 LRFDによる安全性照査の概念図

(2) L R F D 導入の基本方針

現行の道路橋示方書(以下,道示という)における許容応力度設計法は,様々な特性をもつ荷重作用に対して一律の安全率(降伏点に対して 1.7 など)を確保した設計となっている.上部構造においては,ほとんどの部材が常時の荷重作用,すなわち,死荷重と活荷重が作用するケースで断面決定されるが,ほぼ固定荷重と見なせる死荷重と大きい変動が考えられる活荷重とでは安全率の設定は個別になされるべきである.特に,全荷重作用に対する死荷重作用の比率が大きくなる長大橋では一律の安全率とすることは不合理である.

いま,死荷重の変動が全くないものとして,活荷重の変動に対してのみ安全率を確保することとした場合,活荷重作用に対して部材の耐荷力(降伏,座屈など)がどれだけの余裕を有しているかを活荷重耐荷倍率として表すと図-2.2 のとおりである.許容応力度設計法の場合は,全荷重作用(D+L)に対する死荷重作用(D)の占める割合(D/(D+L))が小さいときに 1.7 となり,大きいときには が比例的に大きくなる.すなわち,過大な余裕を持った断面が構成されることになる.安全側であるので問題はないといえるが,変動荷重である活荷重に対する安全性が部材ごとに異なることになるのは合理的でない.

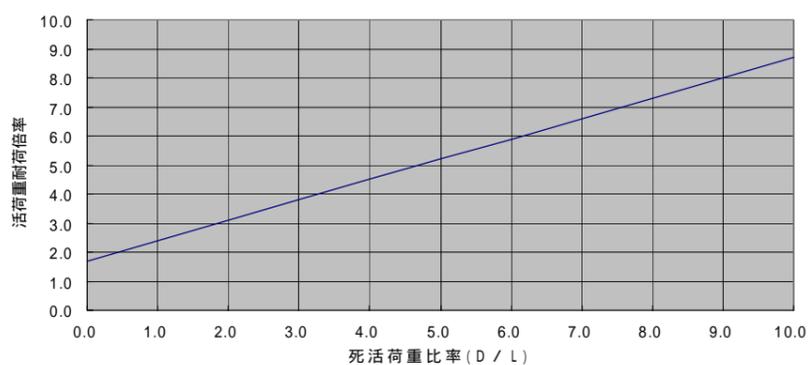


図-2.2 許容応力度設計法における活荷重耐荷倍率

許容応力度設計法での安全率 1.7 は活荷重などの変動荷重に対してそれだけの余裕があれば良いとしたものではなく,死荷重などの固定荷重も含めた荷重作用に対して経験的に定められたものであるが,相反力部材のように死荷重作用がほとんどなく,活荷重作用によってのみ応力が発生する部材では,活荷重に対する安全率は 1.7 に近いものになる.現行の道路橋示方書では,トラス部材や連続桁の中間支点付近における相反力部材では活荷重作用を 30% 増しした設計としているが,この場合には,活荷重作用に対する耐荷力の余裕を定量的に把握することはできない.

これらの矛盾点に対してLRFDでは、荷重作用ごとに所要の安全率を与えることで合理的な安全性の確保が可能となり、適切な荷重係数の設定によって余剰な耐荷力を有する部材断面を縮小することができる。また、一方では $(D / (D + L))$ が小さい部材の安全性を、許容応力度設計法によった場合よりも高めることもできる。その結果として、構造物全体としての安全性を高めつつ全体鋼重としては軽減できるものである。

また、国際的な動向としても許容応力度設計法からLRFDをはじめとする限界状態設計法への移行がほとんどの国で進められていることに意を向け、特に死荷重作用の大きい長大トラス橋においてLRFDの合理性が顕著に現れることから、本橋の設計手法としてLRFDを基本とした。

### (3) LRFDの導入効果

LRFDでは、さまざまな特性を持つ荷重に対して個々に安全係数(荷重係数)を設定しており、また、一方では材料あるいは部材耐力などの抵抗力の側にも安全係数(抵抗係数)を設定し、安全性の確保の内訳といったものを明確に表現したものとなっている。

設計手法としての合理性という観点からは次のことが挙げられる。

安全率を荷重効果と抵抗値それぞれに細分化して設定していることから、安全性確保の理念を設計者あるいは管理者自身が明確に認識できる。

各要素に対する安全率が、将来的に確率統計データの蓄積等により修正する際の対応が明確に問題なく実施することが可能である。

特性の異なる荷重効果に対して、それぞれに適正な安全性を確保することができる。結果的に経済設計となる。

#### (4) 安全係数の設定

##### 1) 荷重係数

上部工設計へのLRFD導入にあたって、その効果が顕著に現れる死荷重および活荷重（主荷重）が作用する常時のケースに対して独自の荷重係数を設定した。

「死荷重 + 活荷重」の荷重組合せケースに対する荷重係数は次のとおり設定した。

##### ・ 死荷重係数

基本的に「土木学会指針」の値 1.0 に従うが、将来の荷重増（オーバーレイなど）を考慮し若干の余裕をとり 1.05 とする。

死荷重は、支間長の増大に伴って増加要因と減少要因が相殺され変動幅が小さくなることは明らかであり、この設定は余裕を持った設定といえる。

##### ・ 活荷重係数(L 荷重)

「土木学会指針」の値 1.7 を採用する。この値は 20m ~ 120m の支間長を対象に検討されたものであり、長大支間の橋梁では活荷重が満載となる確率が低下するため、活荷重係数を低減できる可能性が考えられる。しかし、道路橋示方書に規定される B 活荷重は、80m 以上の支間長において荷重強度が低減されており、支間長の増大による活荷重満載の頻度の低下を既に考慮している。したがって、B 活荷重を設計荷重とする場合には、さらに低減することを行わずに活荷重係数を 1.7 としても特に安全側に過ぎるということはないと判断する。

##### ・ 活荷重係数(T 荷重)

「土木学会指針」の値 3.1 は T-20 荷重に対する検討結果であるので、T-25 に換算した値  $3.10 \times 20/25 = 2.5$  を採用値とする。

なお、明石海峡大橋における活荷重に関する検討(昭和 62 年度)では、車両の軸重の経年変化はほとんどなく、当時の実測データは将来予測としても妥当と判断されている。

## 2) 抵抗係数

- ・ 材料係数

「土木学会指針」における係数値 0.92 を準用する。

- ・ 部材係数

「土木学会指針」における係数値 0.957 を準用する。

- ・ 構造物係数

「土木学会指針」では重要度係数として 1.00 ~ 1.20 が示されているが、基本的な係数として 1.00 で問題はないと判断する。

## 3) 荷重の組合せ

次ページに荷重組合せに対する安全係数の設定値を示す。常時以外の荷重組合せに対しては、道路橋示方書と同様の安全性が確保できるように、調整係数： $\gamma_c$ を用いて調整する。

なお、レベル2地震時については、道路橋示方書においても降伏強度以下にすることとしているため、抵抗係数、調整係数ともに 1.00 とした。

表-2.1 荷重抵抗係数設計法（LRF D）における安全係数

	荷重係数 $\gamma_s$				抵抗係数 $\gamma_r$		構造物係数 $\gamma_0$	参考 (全体安全率)		
	死荷重	活荷重 ( ) 内はT荷重	温度変化	風荷重	地震の影響	その他 考慮すべき 特殊荷重		材料係数	部材係数	本設計における値 ( ) 内はT荷重
1 常時 (死荷重+活荷重)	1.05	1.70 (2.50)	—	—	—	1.00	0.92	0.957	死荷重に対し 1.193 活荷重に対し 1.931 (2.839)	1.700
2 温度変化時 (死荷重+活荷重+温度変化)	1.00	0.90(1.60)	1.00	—	—	1.00	0.92	0.957	死荷重その他に対し 1.136 活荷重に対し 1.022 (1.817)	1.70/1.15 =1.478
3 風荷重時 (死荷重+風荷重)	1.00	—	—	1.00	—	1.00	0.92	0.957	1.136	1.70/1.25 =1.360
4 地震時 (L1) (死荷重+地震の影響)	1.00	—	—	—	1.00	1.00	0.92	0.957	1.136	1.70/1.50 =1.133
5 衝突時 (死荷重+活荷重+衝突荷重)	1.00	0.90(1.60)	—	—	—	1.00	0.92	0.957	死荷重その他に対し 1.136 活荷重に対し 1.022 (1.817)	1.70/1.70 =1.000
6 架設時 (架設条件に応じて設定)	(架設条件に応じて設定)							$\gamma_s / (\gamma_r \times \gamma_0)$		(1.70/増幅率)

表-2.1 に示すように、LRF Dによる設計では、現行の道示の安全率に対して、地震時はほぼ同等の全体安全率（約1.13）を確保していることとなるが、風時においては1.360から1.136に低下することとなる。ただし、道示における風荷重は、100年再現期待値の風速をもとに設定されており、レベル1地震と同等の確率で発生する荷重値である。また、道示の風荷重時の許容応力度は、一定レベル以上の横方向剛性を確保することを考慮して規定されているものであるが、本橋は鋼床版桁構造により十分な横方向剛性を有しているため、地震時と同様の荷重係数の設定で問題はないと判断する。  
 (本橋で設定している風荷重の条件は、東京管区気象台および横浜地方気象台の観測結果をもとに、再現期間100年の再現期待値から基本風速44m/secとしている。)

表-2.2 (参考) AASHTOおよび土木学会鋼構造物設計指針における安全係数一覧

項目		AASHTO LRFDD基準	土木学会 鋼構造物設計指針	(参考) 本橋における提案値		
荷重係数	死荷重	橋面以外 1.25 橋面荷重等 1.50	1.00	1.05		
	活荷重	L荷重 1.75	1.70	1.70		
		T荷重	—	3.10	2.50	
	風荷重	1.40	1.00	1.00		
安全係数	地震荷重	1.00	1.00	1.00		
	温度変化の影響	1.20	1.00	1.00		
	構造解析係数	—	1.00	1.00		
	抵抗係数	曲げに対し	1.00	材料係数 $\gamma_m$ 部材係数 $\gamma_b$ (代表値) $\gamma_m=0.92$ $\gamma_b=0.957$	材料係数 $\gamma_m$ 部材係数 $\gamma_b$ (代表値) $\gamma_m=0.92$ $\gamma_b=0.957$	
		せん断に対し	1.00			
		軸圧縮力に対し	0.90			
		軸引張力に対し	0.80			
	構造物係数	破壊形態に関する係数	純断面の破断	1.00~1.20	1.00	
			総断面の降伏			延性あり 1.05 延性なし 0.95 その他 1.00
			崩壊に至る			
重要度に関する係数		崩壊に至らない	0.95	—	—	
		その他				
		重要と見なすもの 安全率を低減可				1.05 0.95以上
使用限界状態 (活荷重たわみの照査)	—	—	—	—		
疲労限界状態	0.75L	—	—	—		
				鋼道路橋の疲労設計指針 (日本道路協会) に準拠		

### 3. BHS鋼材

#### (1) 検討概要

橋梁用鋼材は、一般に溶接構造用鋼材として次のものが用いられている。このうち、SM570材以上の鋼強度の鋼材は溶接時に予熱を与える必要があるなど、低材質のものに比べ部材製作費が高いため、高強度鋼材の採用により鋼重が軽減されても直接それが経済性の向上につながらない。

材質	降伏点(N/mm <sup>2</sup> )
SM400	235
SM490Y	355
SM570	450
HT690	590
HT780	690

これらの従来鋼材に対し、近年、溶接施工性を向上させた高性能鋼材（BHS鋼材）の研究開発が進み、高強度でも製作費を抑えることができ、かつ、溶接品質も向上された鋼材が実用化の段階に至っていることから、本橋への適用を目的として、BHS鋼材の化学的、機械的性質を調査・確認し、材料係数、許容応力度、従来鋼材との使用区分等の設計条件を設定する。

#### (2) BHS鋼材の概要

本橋を従来鋼材で設計した場合、約75%のSM490Yクラス以下の鋼材と、約10%のSM570材、および、約15%のHT材（HT690、HT780）が使用されることになる。これらの鋼材のうち、SM570材以上の高張力鋼については溶接施工性に課題があり、予熱管理等の十分な溶接施工管理が要求され、製作コストも高価となる。

BHS鋼材は、表-3.1、表-3.2に示すように、炭素量を大幅に低下させ $P_{CM}$ 値等を減少させることにより、SM570材相当の強度を有しつつ、予熱温度の低下や溶接施工性を改善している。

鋼材規格は、「降伏点 500N/mm<sup>2</sup>および降伏点 700N/mm<sup>2</sup>溶接構造用圧延鋼材：(社)日本鉄鋼連盟製品規定 2005年3月」に規定されている。

表-3.1 化学成分

単位 mass%

分類	種類の記号	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	V	Mo	B	N
普通鋼	BHS500	0.11	0.55	1.60	0.020	0.006	-	-	-	-	-	-	0.006
	SM570 (参考)	0.18	0.55	1.60	0.035	0.035	-	-	-	-	-	-	-
耐候性鋼	BHS500 W	0.11	0.50	1.60	0.020	0.006	0.30 ~ 0.50	0.45 ~ 0.75	0.05 ~ 0.30	-	-	-	0.006
	SMA570 W (参考)	0.18	0.15 ~ 0.65	1.40	0.035	0.035	0.30 ~ 0.50	0.45 ~ 0.75	0.05 ~ 0.30	-	-	-	-
	HPS485 W (米国)	0.11	0.30 ~0.50	1.1 ~1.35	0.020	0.006	0.25 ~ 0.40	0.45 ~ 0.70	0.25 ~ 0.40	0.04 ~ 0.08	0.02 ~ 0.08	-	0.015

HPS485W は、米国規格の高性能鋼材を表す。

表-3.2 溶接割れ感受性組成 ( P<sub>CM</sub> mass% ) の上限値

板厚(mm)	(参考) SM570, SMA570W(道示)	BHS500,BHS500W
t 25	0.26%	0.20%
25<t 50	0.27%	0.20%
50<t 100	0.29%	( 0.20% )

$$P_{CM}(\text{mass}\%) = C + Si/30 + Mn/20 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + V/10 + 5B$$

(3) B H S 鋼材の材料特性

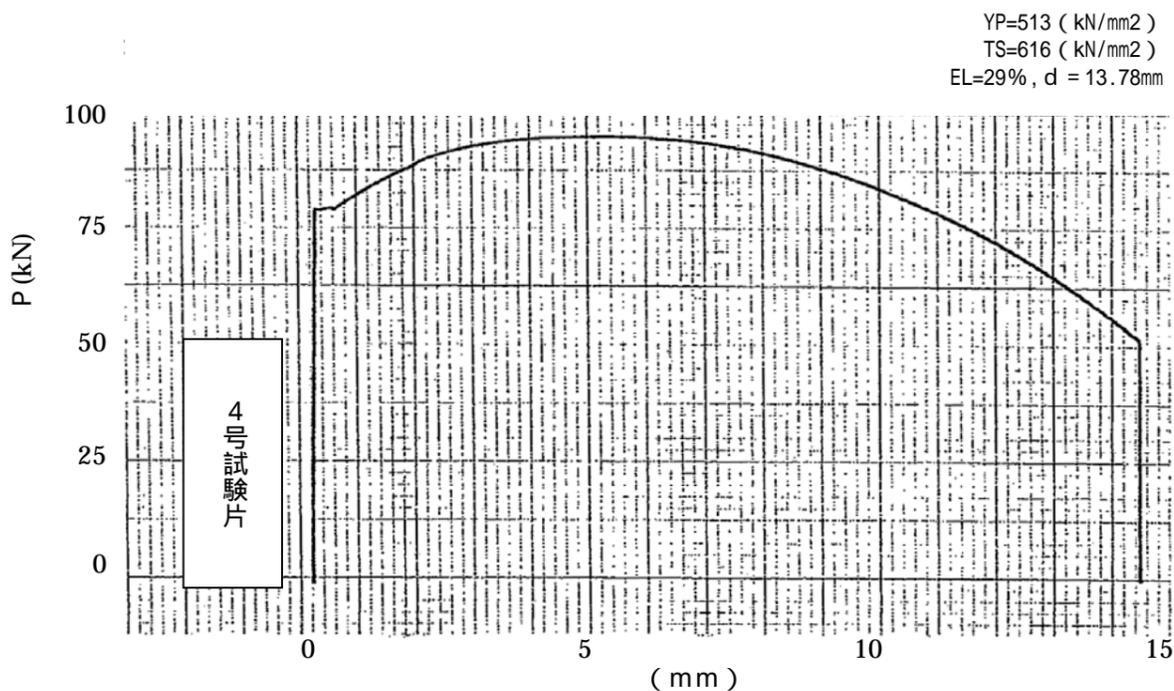
1) 機械的性質

表-3.3 に B H S 鋼材の強度特性を従来鋼材と併せて示す。また、図-3.1 に B H S 500 鋼材の応力ひずみ曲線を示す。B H S 鋼材は、米国で既に実用化されている H P S 鋼材とほぼ同様の材質であり、降伏点を H P S 材よりさらに高めた鋼材である。なお、規格としての規定はないが、B H S 鋼材の機械的性質は圧延方向による差異がほとんどなく、また、板厚方向の耐ラメアテア性も高い。

表-3.3 降伏点又は耐力、引張強さ及び伸び

種類の記号	鋼板の厚さ mm	降伏点又は耐力 N/mm <sup>2</sup>	引張強さ N/mm <sup>2</sup>	伸び		
				鋼板の厚さ mm	試験片	%
SM570 SM570W	t 16	460 以上	570 ~ 720	16 以下	5 号	19 以上
	16 < t 40	450 以上		16 を越えるもの	5 号	26 以上
	40 < t 75	430 以上		20 を越えるもの	4 号	20 以上
	75 < t 100	420 以上				
BHS500 BHS500W	6 t 100	500 以上	570 ~ 720	16 以下	5 号	19 以上
				16 を越えるもの	5 号	26 以上
				20 を越えるもの	4 号	20 以上
HPS485W	6 t 100	485 以上	585 ~ 760	t 100	GL=50mm	19 以上

HPS485W は、米国規格の高性能鋼材を表す。



(鉄鋼連盟資料)

図-3.1 B H S 鋼材の応力ひずみ曲線

2) 適用板厚

板厚による構造部材の鋼種選定は表-3.4 を標準とするが、経済性、軽量化、剛性確保の各要素を勘案し、鋼種ごとの上限板厚を表-3.5 のとおり定め、その範囲でできるだけ低強度の鋼種を優先して使用することとした。ただし、座屈強度で板厚が決定される圧縮部材等では、高強度の鋼種の使用によりかえって不経済となる場合があるため、表-2.2.7.6 の上限板厚に関わらず、適切な鋼種及び板厚を比較検討し使用することとした。

表-3.4 板厚による鋼種選定標準

鋼種		板厚 (mm)							
		6	8	16	25	32	40	50	75
構造用鋼 (一般非溶接)	SS400								●
	溶接構造用鋼								
溶接構造用鋼	SM400A				●				
	SM400B					●			
	SM400C								●
	SM490YA		●						
溶接構造用鋼	SM490YB					●			
	SM520C								●
	BHS500								●

表-3.5 鋼材の上限板厚の原則

鋼種	上限板厚(mm)
SS400, SM400	22
SM490Y, SM520	38
BHS500	50

上限板厚のうち、SM400 については、表-3.6 に示す既往事例を参考に 22mm とする。SM490Y、SM520 については、38mm を上限とした事例が多いが 38mm 上限としたのでは、BHS500 の使用範囲が狭くなり BHS 鋼材導入のメリットが薄れてしまうため、SM400 材と同じ 22mm を上限とする（港大橋と同様）。BHS 鋼材の最大板厚については、鋼材の品質上は最大 100mm までの製造が可能であるが、極厚板では溶接熱量の増加による溶接ひずみの増加や溶接品質の低下、および、隅肉溶接や板継ぎ溶接における溶接サイズの増加による施工性の低下等の問題があるため、ここではトラス橋における実績等を考慮し最大板厚 50mm を基本とした。

表-3.6 鋼材の板厚・材種選択の既往事例及び基準

	SM400 材	SM490Y 材	SM570 材	HT690 材	HT780 材
日本道路公団	22mm まで	38mm まで	100mm まで		
東北地方建設局	25mm まで	基本鋼材として使用	少数主桁等厚板部		
港大橋*	22mm まで	22mm まで	50mm まで	50mm まで	50mm まで
大鳴門橋*	22mm まで	38mm まで	50mm まで	50mm まで	

注：\*の橋梁の値は、断面構成図等より推定

(4) BHS 鋼材の設計強度の設定

1) 引張強度

降伏点を終局耐力として設定した。

表 - 3.7 軸方向引張強度・曲げ引張強度 [N/mm<sup>2</sup>]

鋼材 板厚(mm)	鋼 種	SS400 SM400	SM490Y SM520	BHS500
40 以下		235	355	500
40 をこえ 75 以下		215	335	
75 をこえ 100 以下			325	

2) 圧縮強度

座屈強度を道路橋示方書に示される降伏点を基準に無次元化した耐荷力曲線より設定した。

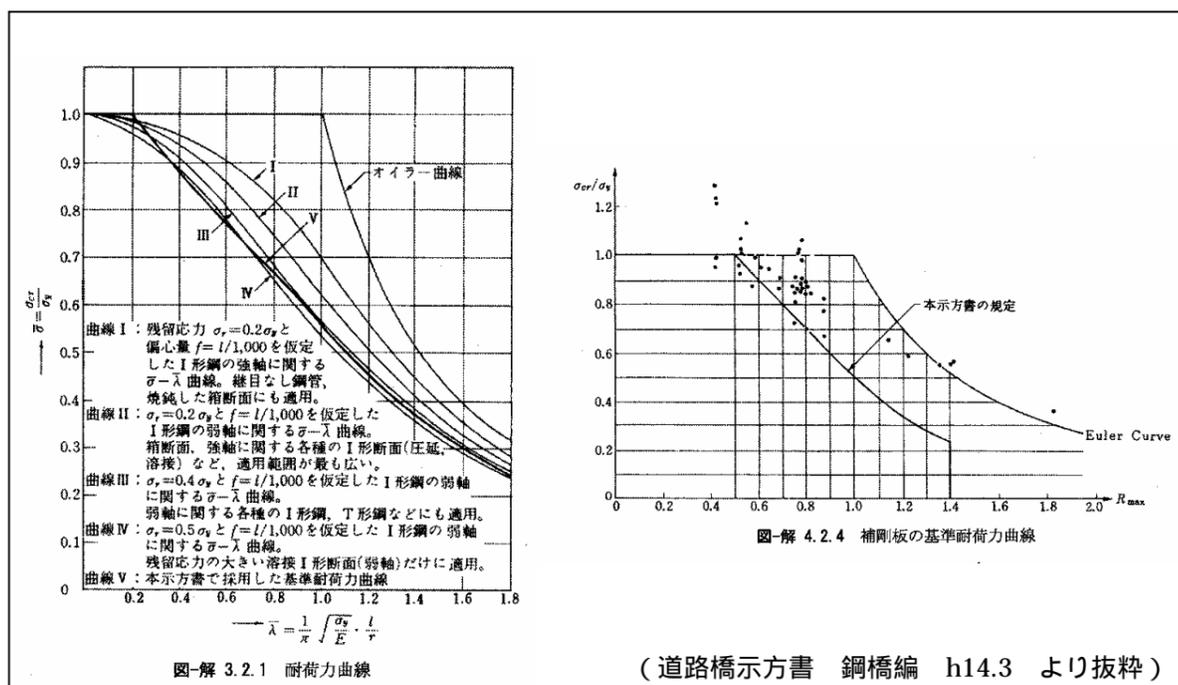


表 - 3.8 局部座屈を考慮しない軸方向圧縮強度 [ N/mm<sup>2</sup> ]

板厚 (mm)	鋼種	SS400 , SM400	SM490Y , SM520	BHS500
40 以下		235: $\ell/r$ 18 235-1.4( $\ell/r$ -18) :18 < $\ell/r$ 92 $\frac{2,000,000}{6,500+(\ell/r)^2}$ :92 < $\ell/r$	355: $\ell/r$ 15 355-2.6( $\ell/r$ -15) :15 < $\ell/r$ 75 $\frac{2,000,000}{4,300+(\ell/r)^2}$ :75 < $\ell/r$	500: $\ell/r$ 13 500-4.3( $\ell/r$ -13): :13 < $\ell/r$ 63 $\frac{2,000,000}{3,100+(\ell/r)^2}$ :63 < $\ell/r$
	40 をこえ 75 以下	215: $\ell/r$ 19 215-1.2( $\ell/r$ -19) :19 < $\ell/r$ 96 $\frac{2,000,000}{7,100+(\ell/r)^2}$ :96 < $\ell/r$	335: $\ell/r$ 15 335-2.4( $\ell/r$ -15) :15 < $\ell/r$ 77 $\frac{2,000,000}{4,600+(\ell/r)^2}$ :77 < $\ell/r$	
75 をこえ 100 以下		325: $\ell/r$ 16 325-2.3( $\ell/r$ -16) :16 < $\ell/r$ 78 $\frac{2,000,000}{4,700+(\ell/r)^2}$ :78 < $\ell/r$		
備考		$\ell$ : 部材の有効座屈長 (cm) $r$ : 部材の総断面の断面二次半径 (cm)		

表 - 3.9 曲げ圧縮強度 [ N/mm<sup>2</sup> ]

板厚 (mm)	鋼種	SS400 SM400	SM490Y SM520	BHS500
$\frac{A_w}{A_c} \leq 2$	40 以下	235: $\ell/b$ 4.5 235-4.2( $\ell/b$ -4.5) :4.5 < $\ell/b$ 30	355: $\ell/b$ 3.5 355-7.9( $\ell/b$ -3.5) :3.5 < $\ell/b$ 27	500: $\ell/b$ 3.1 500-13.1( $\ell/b$ -3.1) :3.1 < $\ell/b$ 22
	40 をこえ 75 以下	215: $\ell/b$ 5.0 215-3.7( $\ell/b$ -5.0) :5.0 < $\ell/b$ 30	355: $\ell/b$ 4.0 355-7.2( $\ell/b$ -4.0) :4.0 < $\ell/b$ 27	
	75 をこえ 100 以下		325: $\ell/b$ 4.0 325-6.9( $\ell/b$ -4.0) :4.0 < $\ell/b$ 27	
$\frac{A_w}{A_c} > 2$	40 以下	235: $\ell/b$ 9/K 235-2.1(K $\ell/b$ -9) :9/K < $\ell/b$ 30	355: $\ell/b$ 7/K 355-3.9(K $\ell/b$ -7) :7/K < $\ell/b$ 27	500: $\ell/b$ 6.3/K 500-6.6(K $\ell/b$ -6.3) :6.3/K < $\ell/b$ 22
	40 をこえ 75 以下	215: $\ell/b$ 10/K 215-1.9(K $\ell/b$ -10) :10/K < $\ell/b$ 30	355: $\ell/b$ 8/K 355-3.6(K $\ell/b$ -8) :8/K < $\ell/b$ 27	
	75 をこえ 100 以下		325: $\ell/b$ 8/K 325-3.4(K $\ell/b$ -8) :8/K < $\ell/b$ 27	
備考		$A_w$ : 腹板の総断面積 (cm <sup>2</sup> ) $A_c$ : 圧縮フランジの総断面積 (cm <sup>2</sup> ) $\ell$ : 圧縮フランジの固定点間距離 (cm) $b$ : 圧縮フランジ幅 (cm) $K = \sqrt{3 + A_w/2A_c}$		

(5) BHS 鋼材の導入効果

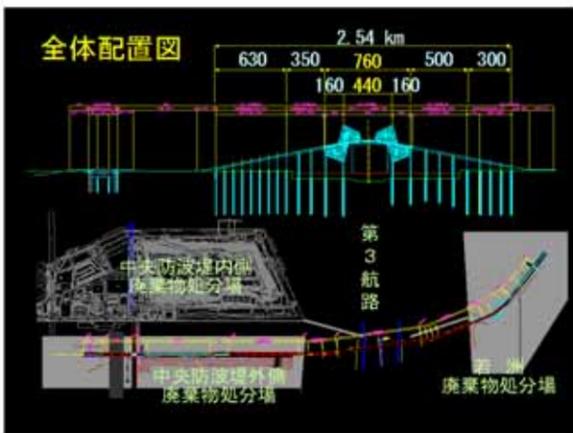
BHS 鋼材の導入検討における試算によるコスト縮減効果を表-3.9 に示す。  
 なお、本表は、導入検討段階においてトラス主構部材を対象として実施した試算結果をまとめたものであり、最終的な詳細設計では BHS 700 は使用していない。

表-3.9 BHS 鋼材導入による効果（主構部材の比較）

	単価 (千円/)	従来鋼材対応		BHS 鋼材対応	
		鋼重 (t)	材料・製作費 (千円)	鋼重 (t)	材料・製作費 (千円)
SM400A	475.5	871	414,160	871	414,161
SM490Y	498.0	3,031	1,509,438	2,309	1,149,882
SM570	606.0	3,013	1,825,878		
HT-670	908.5	1,750	1,589,875		
HT-780	1,004.5	467	469,101		
BHS500	593.5			4,382	2,600,717
BHS700W	730.5			1,276	932,118
合計		9,132	5,808,453	8,838	5,096,878
比率		1.00	<b>1.00</b>	0.97	<b>0.88</b>

(「平成 14 年度東京港臨海道路技術検討委員会資料」より)

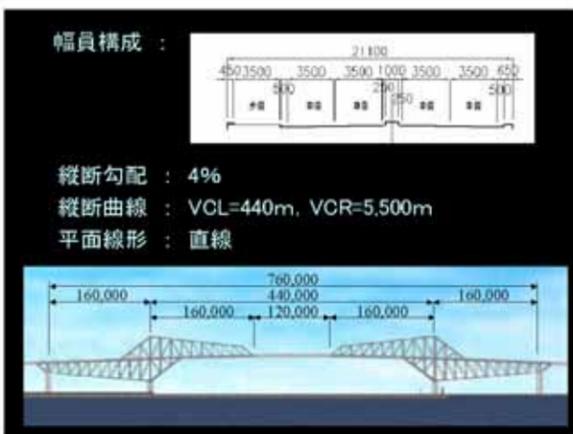
4. パワーポイント資料



道路基本条件

道路規格

- ・臨港道路 (港湾の施設の技術上の基準準拠)
- ・第4種第1級(道路構造令)
- ・設計交通量 35,400台/日(h.22)
- ・大型車混入率 43.4%
- ・設計速度 50km/h



設計コンセプト

構造の合理化(LCC縮減)

- ・トラス主構と鋼床版床組の一体化
- ・合理的な設計手法の導入(LRFD)
- ・高性能鋼材(BHS鋼材)の採用
- ・疲労耐久性を向上した鋼床版構造の採用

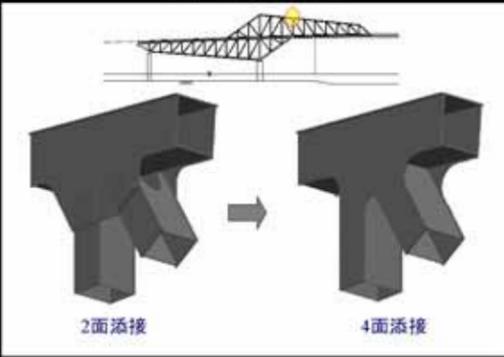
### 上部構造概要



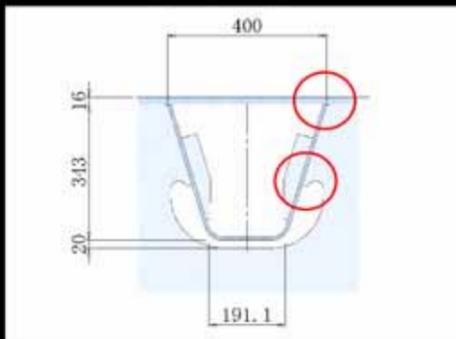
### トラス主構と床組構造の一体化



### トラス格点構造

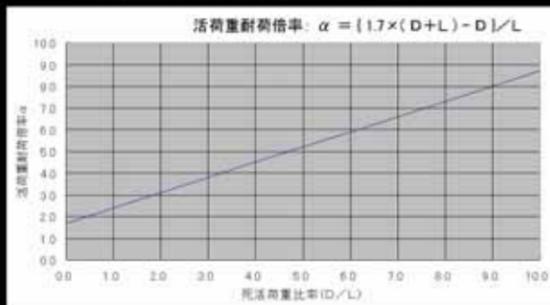


### 鋼床版の構造



### 設計手法

許容応力度法における活荷重耐荷倍率



トラス主構の設計に荷重抵抗係数設計法を導入  
LRFD (Load and Resistance Factor Design)



### LRFD導入の目的

- ・社会的動向(国際化)  
許容応力度法 → 限界状態設計法  
道路橋示方書の改訂時における整合性
- ・安全率の細分化  
安全性確保の理念の明確化  
条件の変化に対応した安全度の把握・信頼性評価
- ・コストの縮減  
長大トラス橋の場合、死荷重の締める割合が大きいため、安全率の合理的な設定により経済効果が大きく望める。

### BHS鋼材

主要鋼材として橋梁用高性能鋼材を使用  
BHS (Bridge High-Performance Steel)

- ・米国では既に同等のHPS485が規格化
- ・SM570材相当の強度(降伏点: 450N/mm<sup>2</sup>⇒500N/mm<sup>2</sup>)
- ・溶接割れ感受性組成P<sub>CM</sub>値を低減(0.26~0.27%⇒0.20%)
- ・高張力鋼の溶接性、加工性を改善
- ・耐ラメラテア特性の向上
- ・溶接品質の向上・製作コストの低減

鋼材規格は「(社)日本鉄鋼連盟製品規定」に規定  
「降伏点500N/mm<sup>2</sup>および降伏点700N/mm<sup>2</sup>溶接構造用圧延鋼材」  
2005年3月

### 化学成分 (mass%)

種類の記号	C	Si	Mn	P	S	N
SM570	≤0.18	≤0.55	≤1.60	≤0.035	≤0.035	—
BHS500	≤0.11	≤0.55	≤1.60	≤0.020	≤0.006	≤0.006

### 機械的性質

種類の記号	厚さ mm	降伏点 N/mm <sup>2</sup>	引張強さ N/mm <sup>2</sup>	伸び		
				鋼板の厚さ mm	試験片	%
SM570	t ≤ 16	460 以上	570	t ≤ 16	5号	19 以上
	16 < t ≤ 40	450 以上	~	16 < t ≤ 20	5号	26 以上
	40 < t ≤ 75	430 以上	720	20 < t	4号	20 以上
BHS500	6 ≤ t ≤ 100	500 以上	570 ~	t ≤ 16	5号	19 以上
			720 ~	16 < t ≤ 20	5号	26 以上
HPS485W	6 ≤ t ≤ 100	485 以上	585 ~	t ≤ 100	GL=50mm	19 以上

### BHS鋼材の加工性(SM490Yとの比較)

試験項目	SM490Y鋼との比較	備考	
切断性能	同等	切断粗さ	
孔明け性能	同等	孔明精度	
切削性能	同等		
組立溶接	同等以上	仮付溶接20mmでも予熱不要	
突合せ溶接	t=20, 30mm	同等	
	t=50mm	作業時間5倍	バス間温度に課題
すみ肉溶接	同等	予熱不要	
ひずみ矯正	同等	プレス、ロー矯正は同等 加熱矯正は未実施	
現場溶接	t=20mm	同等	大入熱施工により可能
	t=30, 50mm	作業時間1.5~2.5倍	バス間温度に課題

### BHS鋼材の設計強度の設定

- ・引張強度  
降伏点を終局耐力として設定
- ・圧縮強度  
座屈強度を道路橋示方書に示される降伏点を基準に無次元化した耐荷力曲線より設定

### 使用鋼材の内訳

	鋼重 (tf)
BHS500	10,251 (50.1%)
SM490Y級	4,119 (20.1%)
SM400級	5,855 (28.6%)
HTB他	235 (1.1%)
合計	20,460 (100.0%)

### 鋼種別 上限板厚の設定値

鋼種	板厚
BHS500	50mm以下
SM490Y級	22mm以下
SM400級	22mm以下