

第 5 章 再利用方法の提案

第 3 章で行った既設橋梁の再利用事例に対する分析結果を踏まえ、さらに文献調査を行って、既設橋梁を再利用する場合の改造方法及び、新設橋梁を将来再利用する場合再利用しやすいようにあらかじめ検討しておくべき事項について検討する。再利用しやすい構造が場合により経済性や施工性あるいは耐荷力の点で最適設計とならない場合もありうるが、ここでは再利用を必要としている技術者にアイデアを提供することを目的に検討を進めるものとする。

5 - 1 既設橋梁の再利用時の改造検討

既設橋梁の再利用事例に対する分析結果及び文献調査の結果から、既設橋梁を再利用する場合の改造方法を検討する。検討項目としては、疲労に着目した健全度評価、支間長の改造、桁高の改造、主桁間隔の改造などについて検討する。

5 - 1 - 1 健全度評価

既設橋梁を再利用する場合、まず検討しなければならないのは現況の健全度の問題があげられる。鋼橋の場合は疲労亀裂、塗装の劣化、腐食による断面欠損などの問題があるが、ここでは特に繰り返し応力を受けた部材の疲労に関する問題を取り上げ、その評価の方法を記述するものとする。その他の損傷（塗装の劣化や腐食による断面欠損などの問題）に関する健全度評価については、以下に示す参考文献④に詳しく記述されているので参考になろう。

ここで取り上げる疲労の問題とその評価方法については、「鋼構造物の疲労設計指針・同解説」（日本鋼構造協会 平成 5 年 4 月 以下 J S S C 疲労設計指針と呼ぶ）に準拠する。以下に健全度評価に関する参考文献を記す。

< 参考文献 >

- ① 「鋼構造物の疲労設計指針・同解説」（日本鋼構造協会 平成 5 年 4 月）

- ② 「鋼構造物の寿命に関する調査」（日本鋼構造協会 平成3年8月）
- ③ 「鋼橋の疲労」（大倉一郎著 平成6年6月）
- ④ 「橋梁詳細調査要領（案）」（東京都建設局 平成元年3月）

< J S S C 疲労設計指針について >

一般に材料にあるレベルの応力 S を繰り返し作用させると、ある回数 N で破壊する。この S と N の関係を図示したものが $S-N$ 線図で、材料ごとに固有のものになる。 S が大きい範囲では S と N の対数は反比例の関係となるが、 S があるレベル以下になると N が増大しても材料は破壊しない。これが疲労限界である。一般に疲労限界に対する繰り返し回数は 2×10^6 回程度となっており、疲労設計上の基本的な繰り返し回数となっている。また応力 S は応力振幅と呼ばれ、応力の大きさそのものよりも、その変動する振幅（応力の差： J S S C 疲労設計指針では応力範囲と呼ぶ）が問題となる。これを測定する方法にはいくつかあるが、レインフロー法が代表的である。

J S S C 疲労設計指針では、この応力振幅と繰り返し回数のデータが得られれば疲労に対して現在安全であるか、あるいは今後ある年数供用する場合、現在の交通量と同程度の交通量で推移したと仮定したとき、安全に供用できるか等について評価が可能である。従って、 J S S C 疲労設計指針を適用するに先立ち、現地でレインフロー法による応力頻度測定を実施し、活荷重による応力振幅とその発生する回数をカウントする必要がある。この測定にはヒストグラムレコーダーが使用される。また測定する応力振幅の大きさは、発生が予想される最大応力振幅を ± 32 （1～64）のスライスに分割して決めるものとする。レインフロー法及びヒストグラムレコーダーに関する資料は、巻末資料参照のこと。

なお参考資料④では、測定日数に応じて母平均からのずれを考慮して補正係数を設定している。

表 5 - 1 補正係数

測定日数	7日	14日	30日
補正係数	1.20	1.15	1.10

図 5 - 1 に J S S C 疲労設計指針の適用手順をフローで示す。

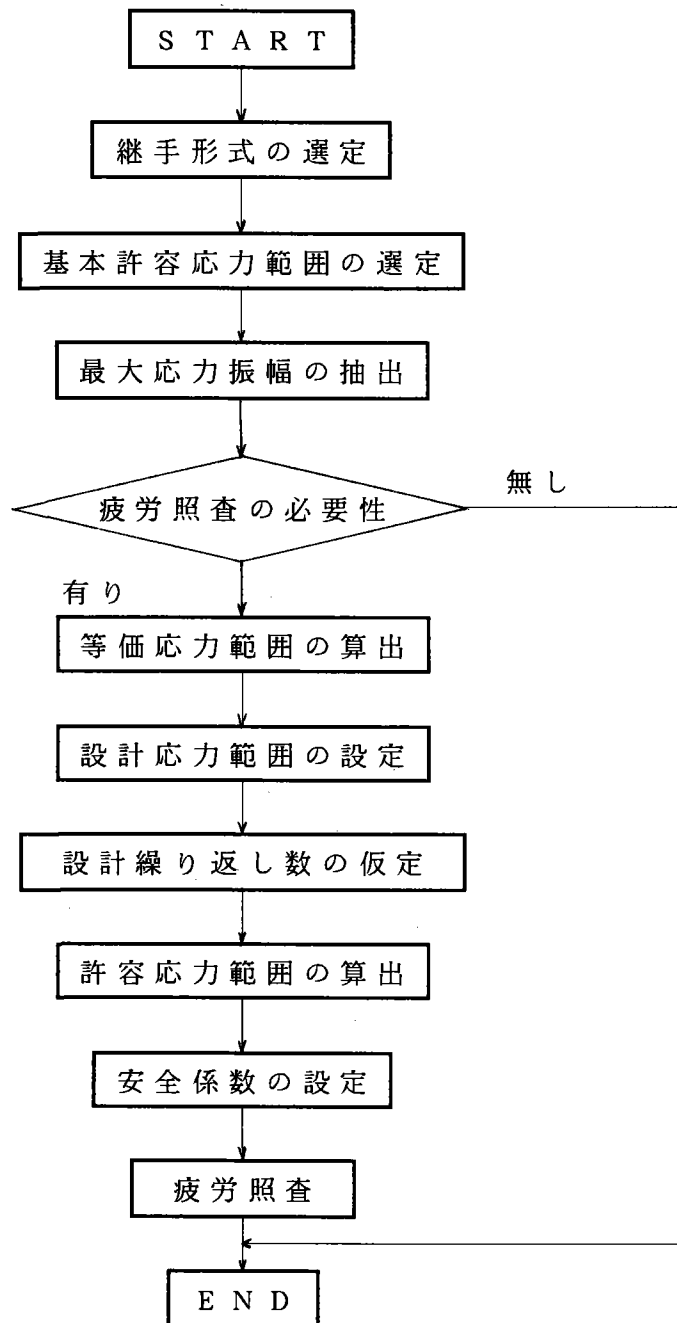


図 5 - 1 疲労設計フロー

以後このフローに従って解説する。

(1) 継手形式の選定

疲労寿命は、継手形式及び継手に生じる応力範囲の大きさに依存するため、まず照査対象とする箇所の継手形式を選定する。表5-2～表5-8により該当する継手形式を選定し、強度等級を決定する。強度等級はA～H、S、K1～K5に分類される。

表5-2 継手形式（非溶接継手）

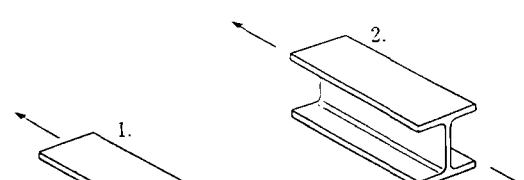
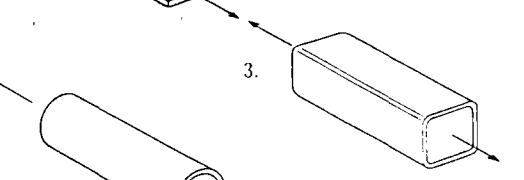
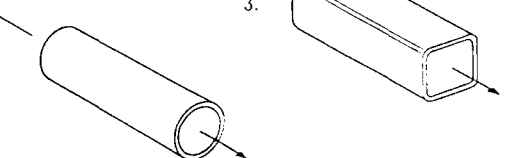
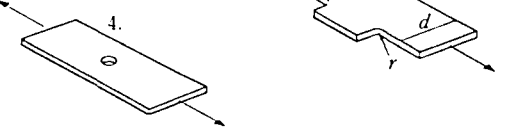

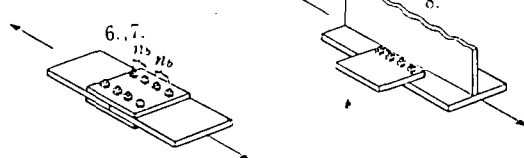
(a) 非溶接継手		強度等級 (σ_f)	備 考
1. 帯板	(1) 表面および端面、機械仕上げ(あらかさ50s以下)	A (190)	
	(2) 黒皮付き、ガス切断線(あらかさ100s以下)	B (155)	
	(3) 黒皮付き、ガス切断線(著しい条痕は除去)	C (125)	
2. 形鋼	(1) 黒皮付き	B (155)	
	(2) 黒皮付き、ガス切断線(あらかさ100s以下)	B (155)	
	(3) 黒皮付き、ガス切断線(著しい条痕は除去)	C (125)	
3. シームレス管		B (155)	
4. 円孔を有する母材(純断面応力、実断面応力)		C (125)	
5. フィレット付きの切抜きガセットを有する母材	(1) $1/5 \leq r/d$ 切断面のあらかさ50s以下	B (155)	
	(2) $1/10 \leq r/d < 1/5$ 切断面のあらかさ50s以下	C (125)	
	(3) $1/5 \leq r/d$ 切断面のあらかさ100s以下	C (125)	
	(4) $1/10 \leq r/d < 1/5$ 切断面のあらかさ100s以下	D (100)	
6. 高力ボルト摩擦接合継手の母材(総断面応力)	(1) $1 \leq n_b \leq 4$	B (155)	
	(2) $5 \leq n_b \leq 15$	C (125)	
	(3) $16 \leq n_b$	D (100)	
7. 高力ボルト支圧接合継手の母材 ($n_b \leq 4$, 純断面応力)		B (155)	n_b : 応力方向のボルト本数 ※(4, 6, 7, 8) 孔を押し抜きせん断で加工した場合には強度等級を1ランク下げる。
8. 検査対象方向の応力を伝えない高力ボルト締め孔を有する母材(純断面応力)		B (155)	

表 5 - 3 継手形式 (横突合せ溶接継手)

(b) 横突合せ溶接継手

継手の種類	強度等級 ($\Delta\sigma_f$)	備考	
1. 余盛削除した継手	B (155)		
2. 止端仕上げした継手	C (125)		
3. 非仕上げ継手	(1) 両面溶接		D (100)
	(2) 良好な形状の裏波を有する片面溶接		D (100)
	(3) 裏当て金付き片面溶接	F (65)	
	(4) 裏面の形状を確かめることのできない片面溶接	F (65)	

※ 完全溶込み溶接で、溶接部が健全であることを前提とする。
 ※ 継手部にテーパが付く場合には、その勾配を1/5以下とする。
 ※ 深さ0.5 mm以上のアンダーカットは除去する。
 ※ (1., 2.)仕上げはアンダーカットが残らないように行う。仕上げの方向は応力の方向と平行とする。

表 5 - 4 継手形式 (縦方向溶接継手)

(c) 縦方向溶接継手

継手の種類	強度等級 ($\Delta\sigma_f$)	備考	
1. 完全溶込み溶接継手 (溶接部が健全であることを前提とする)	1: 余盛削除	B (155)	
	2: 非仕上げ	C (125)	
2. 部分溶込み溶接継手	D (100)		
3. すみ肉溶接継手	D (100)		
4. 裏当て金付き溶接継手	E (80)		
5. 断続する溶接継手	E (80)		
6. スクラップを含む溶接継手	G (50)		
7. 切抜きガセットのフィレット部に接する溶接	1: $1/5 \leq r/d$	D (100)	
	2: $1/10 \leq r/d < 1/5$	E (80)	

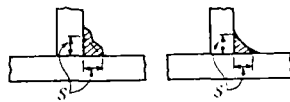
※ (1., 2), 2., 3.) 棒継ぎにより生じたビード表面の著しい凸凹は除去する。
 ※ (2., 3.)内在する欠陥(ブローホールなどの丸味を帯びたもの)の幅が1.5 mm, 高さが4 mmを超えないことが確かめられた場合には、強度等級をCとすることができる。

表 5 - 5 継手形式 (十字溶接継手)

(d) 十字溶接継手

継手の種類		強度等級 ($\Delta\sigma_r$)	備考
荷重非伝達型	1. 滑らかな止端を有するすみ肉溶接継手	D (100)	
	2. 止端仕上げたすみ肉溶接継手	D (100)	
	3. 非仕上げのすみ肉溶接継手	E (80)	
	4. 溶接の始終点を含むすみ肉溶接継手	E (80)	
	5. 中空断面部材をすみ肉溶接した継手	(1) $d_0 \leq 100$ mm F (65) (2) $d_0 > 100$ mm G (50)	
荷重伝達型	6. 完全溶込み溶接	(1) 滑らかな止端を有する継手	D (100)
		(2) 止端仕上げた継手	D (100)
		(3) 非仕上げの継手	E (80)
		(4) 中空断面部材(片面溶接)	F (65)
伝達型	7. 止端破壊	(1) 滑らかな止端を有する継手	E (80)
		(2) 止端仕上げた継手	E (80)
		(3) 非仕上げの継手	F (65)
		(4) 溶接の始終点を含む継手	F (65)
8. ルート破壊 (のど断面)	II (40)		
伝達型	9. 中空断面部材 (片面溶接)	(1) 止端破壊	II (40)
		(2) ルート破壊 (のど断面)	II (40)

※ (2., 6.2), 7. (2)) 仕上げはアンダーカットが残らないように行う。グラインダーで仕上げる場合には仕上げの方向を応力の方向と平行にする。
 ※ (1., 6. (1), 7. (1)) アンダーカットは除去する。
 ※ (3., 4., 5., 6. (3x4), 7. (3x4), 9. (1)) 深さ 0.5 mm 以上のアンダーカットは除去する。
 ※ (8., 9. (2)) のど断面積は (のど厚) × (溶接長) より求める。



のど厚は $s/\sqrt{2}$ より求める。開先をとり、部分溶込みすみ肉溶接とした場合ののど厚は $(s - \text{開先深さ})/\sqrt{2}$ とする。
 ※ (8., 9. (2)) 溶接の脚長(あるいはサイズ) s が板厚の 0.4 未満の継手については適用範囲外とする。

表 5 - 6 継手形式 (ガセット溶接継手)

(e) ガセット溶接継手 (付加板を溶接した継手を含む)

継手の種類		強度等級 ($\Delta\sigma_f$)	備考	
面外ガセット	1. ガセットをすみ肉あるいは開先溶接した継手 ($l \leq 100$ mm)	(1) 止端仕上げ	E (80)	
		(2) 非仕上げ	F (65)	
	2. フィレットを有するガセットを開先溶接した継手 (フィレット部仕上げ)	E (80)		
	3. ガセットをすみ肉溶接した継手 ($l > 100$ mm)	G (50)		
ト	4. ガセットを開先溶接した継手 ($l > 100$ mm)	(1) 止端仕上げ	F (65)	
		(2) 非仕上げ	G (50)	
面内ガセット	5. フィレットを有するガセットを開先溶接した継手 (フィレット部仕上げ)	(1) $1/3 \leq r/d$	D (100)	
		(2) $1/5 \leq r/d < 1/3$	E (80)	
		(3) $1/10 \leq r/d < 1/5$	F (65)	
ッ	6. ガセットを開先溶接した継手	(1) 止端仕上げ	G (50)	
		(2) 非仕上げ	H (40)	
7. 重ねガセット継手の母材		H (40)		

※ (1.(1), 2., 4.(1), 5., 6.(1)) 仕上げはアンダーカットが残らないように行う。グラインダーで仕上げる場合には仕上げの方向を応力の方向と平行とする。
 ※ (1.(2), 3., 4.(2), 6.(2), 7.) 深さ 0.5 mm 以上のアンダーカットは除去する。

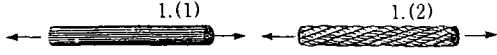
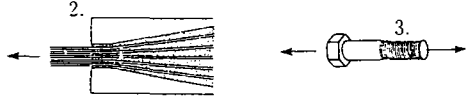
表 5 - 7 継手形式 (その他の溶接継手)

(f) その他の溶接継手

継手の種類		強度等級 ($\Delta\sigma_f$)	備考	
1. カバープレートをすみ肉溶接で取り付けた継手 ($l \leq 300$ mm)	(1) 止端仕上げ	E (80)		
	(2) 非仕上げ	F (65)		
2. カバープレートをすみ肉溶接で取り付けた継手 ($l > 300$ mm)	(1) 溶接部仕上げ	D (100)		
	(2) 非仕上げ	G (50)		
3. スタッドを溶接した継手	(1) 主板断面	E (80)		
	(2) スタッド断面	S (80)		
4. 重ね継手	(1) 主板断面	H (40)		※ (1.(1), 2.(1)) 仕上げはアンダーカットが残らないように行う。グラインダーで仕上げる場合には仕上げの方向を応力の方向と平行とする。 ※ (1.(2), 2.(2)) 深さ 0.5 mm 以上のアンダーカットは除去する。 ※ (2.(1)) 脚長 s_h, s_b は $s_h \geq 0.8 t_c, s_b \geq 2 s_h$ とする。
	(2) 添接板断面	H (40)		
	(3) 前面すみ肉溶接のと断面	H (40)		
	(4) 側面すみ肉溶接のと断面	S (80)		

表 5 - 8 継手形式 (ケーブル及び高力ボルト)

(g) ケーブルおよび高力ボルト

継手の種類	強度等級 (σ_f)	備考
1. ケーブル本体	(1) 平行線 K 1 (270) (2) ロープ K 2 (200)	
2. ケーブル定着部	(1) 平行線新定着法 K 1 (270) (2) 平行線亜鉛鋳込み K 2 (200) (3) ロープ亜鉛鋳込み K 3 (150)	
3. 高力ボルト	(1) 転造 K 4 (65) (2) 切削 K 5 (50)	<p>※ (2.(1)) 新定着法とはケーブル本体と同程度の疲労強度を有する定着部構造とする工法である。</p>

(2) 基本許容応力範囲の選定

継手形式によって強度等級が決まると、それに対する 2×10^6 回基本許容応力範囲 $\Delta\sigma_f$ と2種類の応力範囲の打ち切り限界（一定振幅応力 $\Delta\sigma_{ce}$ 及び変動振幅応力 $\Delta\sigma_{ve}$ ）が与えられる。これらは表5-9及び図5-2によって与えられる。

ここで、

$\Delta\sigma_f$: 2×10^6 回基本許容応力範囲

2×10^6 回の応力繰り返し数に対応する基本許容応力範囲。

$\Delta\sigma_{ce}$: 一定振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界

一定振幅応力下での疲労限度に対応するものであり、作用する変動振幅応力のすべての応力範囲成分がこの値以下であれば、疲労照査を行う必要のない応力範囲の限界値。

$\Delta\sigma_{ve}$: 変動振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界

この値以下の応力範囲成分は、疲労損傷に寄与しないと考えてよい応力範囲の限界値。

であり、いずれもMPa（1MPa=10.2kgf/cm²）単位で与えられる。

表5-9 基本許容応力範囲

表4.1 基本許容応力範囲（直応力を受ける継手） $m=3$

強度等級 名称	2×10 ⁶ 回基本許容 応力範囲 Δσ _f (MPa)	応力範囲の打ち切り限界 (MPa)	
		一定振幅応力 Δσ _{ce} (N)*	変動振幅応力 Δσ _{ve} (N)*
A	190	190 (2.0×10 ⁶)	88 (2.0×10 ⁷)
B	155	155 (2.0×10 ⁶)	72 (2.0×10 ⁷)
C	125	115 (2.6×10 ⁶)	53 (2.6×10 ⁷)
D	100	84 (3.4×10 ⁶)	39 (3.4×10 ⁷)
E	80	62 (4.4×10 ⁶)	29 (4.4×10 ⁷)
F	65	46 (5.6×10 ⁶)	21 (5.6×10 ⁷)
G	50	32 (7.7×10 ⁶)	15 (7.7×10 ⁷)
H	40	23 (1.0×10 ⁷)	11 (1.0×10 ⁸)

表4.2 基本許容応力範囲

（直応力を受けるケーブルおよび高力ボルト） $m=5$

強度等級 名称	2×10 ⁶ 回基本許容 応力範囲 Δσ _f (MPa)	応力範囲の打ち切り限界 (MPa)	
		一定振幅応力 Δσ _{ce} (N)*	変動振幅応力 Δσ _{ve} (N)*
K1	270	270 (2.0×10 ⁶)	170 (2.0×10 ⁷)
K2	200	200 (2.0×10 ⁶)	126 (2.0×10 ⁷)
K3	150	148 (2.1×10 ⁶)	68 (1.0×10 ⁸)
K4	65	46 (1.1×10 ⁷)	21 (5.7×10 ⁸)
K5	50	32 (1.9×10 ⁷)	15 (8.2×10 ⁸)

表4.3 基本許容応力範囲（せん断応力を受ける継手） $m=5$

強度等級 名称	2×10 ⁶ 回基本許容 応力範囲 Δτ _f (MPa)	応力範囲の打ち切り限界 (MPa)	
		一定振幅応力 Δτ _{ce} (N)*	変動振幅応力 Δτ _{ve} (N)*
S	80	67 (5.0×10 ⁶)	42 (5.0×10 ⁷)

* ()内Nの値は、同欄に示す応力範囲の値に対する応力繰り返し数のおおよその値であり、参考値にすぎない。

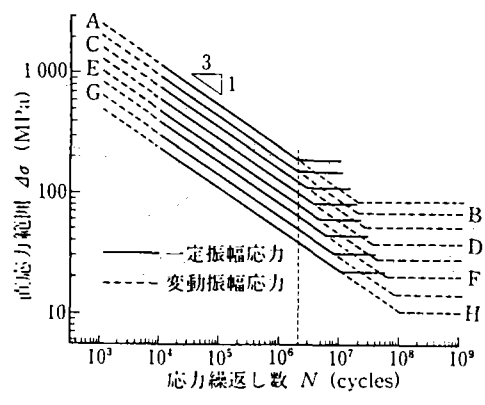


図 4.1 疲労設計曲線 (直応力を受ける継手)

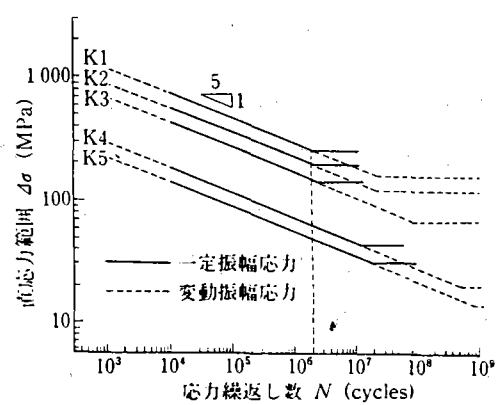


図 4.2 疲労設計曲線 (直応力を受けるケーブルおよび高力ボルト)

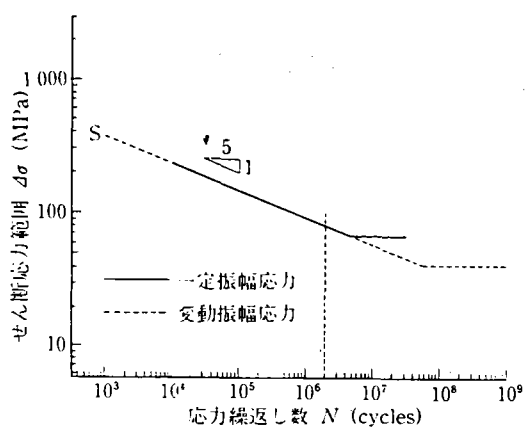


図 4.3 疲労設計曲線 (せん断応力を受ける継手)

図 5 - 2 疲労設計曲線

(3) 最大応力振幅の抽出及び疲労照査の必要性の判定

応力頻度測定の結果より最大応力振幅を抽出し、一定振幅に対する応力範囲の打ち切り限界 $\Delta\sigma_{ce}$ との比較を行う。もし、最大応力振幅が $\Delta\sigma_{ce}$ 以下であれば、照査を行うまでもなく疲労に対しては安全であるといえる。図5-3に測定例を示す。これは強度等級がDの場合の測定例である。

強度等級 = D

$$\Delta\sigma_f = 100\text{MPa} = 1020\text{kgf/cm}^2$$

$$\Delta\sigma_{ce} = 84\text{MPa} = 857\text{kgf/cm}^2$$

$$\Delta\sigma_{ve} = 39\text{MPa} = 398\text{kgf/cm}^2$$

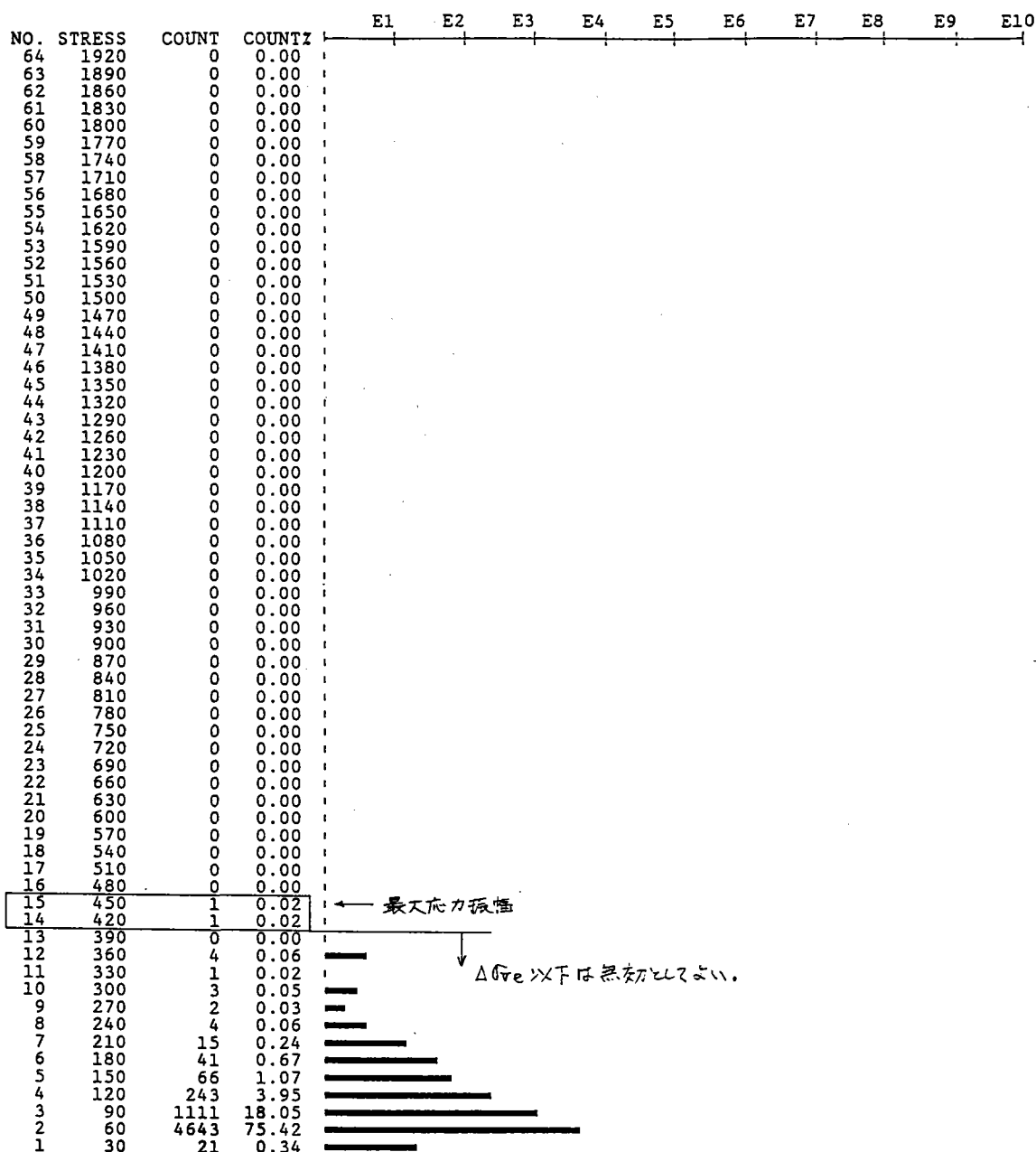


図5-3 応力頻度測定例 (その1)

この結果から最大応力振幅は450kgf/cm²であり、頻度は1回カウントされている。これは $\Delta\sigma_{ce}$ を下回っている。よってこの場合疲労に対して安全であり、疲労照査の必要はない。

最大応力振幅 = $450 \times 1.2 = 540 \text{ kgf/cm}^2 < \Delta\sigma_{ce} = 857 \text{ kgf/cm}^2 \dots\dots \text{OK}$
 ここで、本測定例は1週間測定であったので、補正係数として1.2を乗じている。

また図5-4に別の測定例を示す。これは強度等級がEの場合の測定例である。測定期間は4週間である。

強度等級 = E

$\Delta\sigma_f = 80 \text{ MPa} = 816 \text{ kgf/cm}^2$

$\Delta\sigma_{ce} = 62 \text{ MPa} = 632 \text{ kgf/cm}^2$

$\Delta\sigma_{ve} = 29 \text{ MPa} = 296 \text{ kgf/cm}^2$

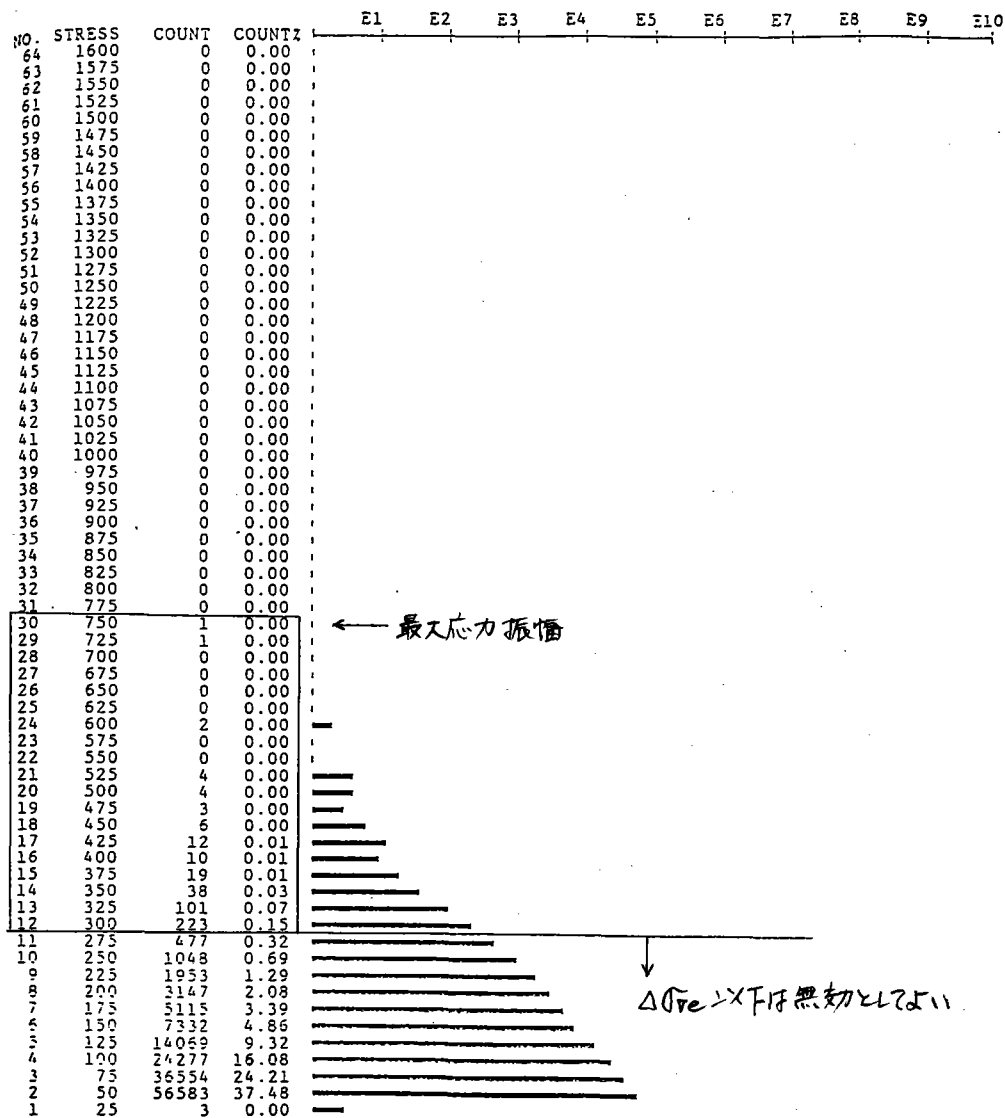


図5-4 応力頻度測定例 (その2)

この結果から最大応力振幅は750kgf/cm²であり、頻度は1回カウントされている。これは $\Delta\sigma_{ce}$ を上回っている。よってこの場合疲労に対して安全とは言えず、疲労照査の必要がある。

最大応力振幅 = 750kgf/cm² > $\Delta\sigma_{ce}$ = 632kgf/cm².....O U T

この場合、(4) ~ (9) の要領で疲労照査を進める。

(4) 等価応力範囲の算出

等価応力範囲 $\Delta \sigma_e$ とは、変動振幅応力と同じ繰返し数で等価な疲労被害を与える一定振幅の応力範囲である。等価応力範囲 $\Delta \sigma_e$ は以下の式で求める。

$$\Delta \sigma_e = \sqrt[m]{\sum \Delta \sigma_i^m \cdot n_i / \sum n_i}$$

$$\Delta \tau_e = \sqrt[m]{\sum \Delta \tau_i^m \cdot n_i / \sum n_i}$$

ここで $\Delta \sigma_e$ では $m = 3, 5$ $\Delta \tau_e$ では $m = 5$ であり、表 5-9 に定義されている。また $\Delta \sigma_i$ や $\Delta \tau_i$ はヒストグラムレコーダーで測定された測定値であり、 n_i は $\Delta \sigma_i$ や $\Delta \tau_i$ の頻度である。ただし変動振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界 $\Delta \sigma_{ve}$ 以下の応力範囲については、 $n_i = 0$ として無視する。

図 5-4 に示した例で等価応力範囲 $\Delta \sigma_e$ を求める。強度等級が E であるため $m = 3$ となる。計算過程を表 5-10 に示す。

表 5-10 等価応力範囲の集計表

$\Delta \sigma_i$	$\Delta \sigma_i^3$	n_i	$\Delta \sigma_i^3 \cdot n_i$
750	421875000	1	421875000
725	381078125	1	381078125
600	216000000	2	432000000
525	144703125	4	578812500
500	125000000	4	500000000
475	107171875	3	321515625
450	91125000	6	546750000
425	76765625	12	921187500
400	64000000	10	640000000
375	52734375	19	1001953125
350	42875000	38	1629250000
325	34328125	101	3467140625
300	27000000	223	6021000000
Σ		424	16862562500

$$\Delta \sigma_e = \sqrt[3]{\sum \Delta \sigma_i^3 \cdot n_i / \sum n_i}$$

$$= \sqrt[3]{16862562500 / 424} = 341 \text{ kgf/cm}^2$$

(5) 設計応力範囲の設定

設計応力範囲 $\Delta \sigma_d$ 、 $\Delta \tau_d$ は等価応力範囲 $\Delta \sigma_e$ 、 $\Delta \tau_e$ と同一とする。
図 5-4 の例では $\Delta \sigma_d = \Delta \sigma_e = 341 \text{ kgf/cm}^2$

(6) 設計繰返し数の仮定

ヒストグラムレコーダーによる応力頻度測定結果から、設計繰返し数 n_t を逆算する。 n_t は、変動振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界 $\Delta \sigma_{ve}$ 以下の応力の繰返し数を含まない。

図 5-4 の例で、耐用年数を 100 年と仮定すると表 5-10 より 28 日で 424 回の応力頻度が測定されたことより、100 年間では以下の繰返し数となる。

$$n_t = 100 \text{ 年} \times 365 \text{ 日} / 28 \text{ 日} \times 424 \text{ 回} = 553000 \text{ 回}$$

(7) 許容応力範囲の算出

許容応力範囲 $\Delta \sigma_R$ 、 $\Delta \tau_R$ は以下の式で求める。

$$\Delta \sigma_R = \sqrt[m]{C_\sigma / n_t} \cdot C_R \cdot C_t$$

$$\Delta \tau_R = \sqrt[m]{D_\sigma / n_t}$$

ここで C_σ 、 D_σ は疲労設計曲線を表すための定数であり、以下の式で与えられる。

$$C_\sigma = 2 \times 10^6 \cdot \Delta \sigma f^m$$

$$D_\sigma = 2 \times 10^6 \cdot \Delta \tau f^m$$

また C_R は平均応力の影響を考慮して基本許容応力範囲を補正するための係数である。 C_t は板厚の影響を考慮して基本許容応力範囲を補正するための係数である。

図 5-4 の例では $m = 3$ となり

$$C_\sigma = 2 \times 10^6 \cdot 816^3 = 1.0867 \times 10^{15}$$

ここで $C_R = 1.0$ 、 $C_t = 1.0$ とすると

$$\Delta \sigma_R = \sqrt[3]{1.0867 \times 10^{15} / 553000} \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 1253 \text{ kgf/cm}^2$$

(8) 安全係数の設定

安全係数は以下の部分安全係数からなる。

① 冗長度係数 γ_b

対象とする継手あるいは部材に疲労損傷が生じたときに、それが構造物全体の強度あるいは機能に及ぼす影響を考慮した係数。対象とする部材あるいは継手部の疲労損傷が構造物全体の崩壊を引き起こす場合には1.10、また構造物の強度あるいは機能に影響を及ぼす場合には、その程度により1.00～1.10とする。対象とする部材や継手部に疲労損傷が生じても、構造物の強度上及び機能上特に問題が生じない場合には0.80とする。

② 重要度係数 γ_w

構造物の重要度、すなわち構造物が疲労限界状態に達したときの社会的影響を考慮した係数である。構造物の重要度により0.80～1.10とする。

③ 検査係数 γ_i

構造物の供用中の定期検査により疲労限界状態に至る前に損傷を発見する可能性を考慮した係数である。維持管理のための検査が定期的に行われる場合には、その程度に応じ0.90～1.00、検査ができない場合には1.10とする。

これらの係数の上限は1.25、下限は0.80とする。

(9) 疲労照査

疲労照査は以下の式により行う。

$$(\gamma_b \cdot \gamma_w \cdot \gamma_i) \Delta \sigma_d \leq \Delta \sigma_R$$

$$(\gamma_b \cdot \gamma_w \cdot \gamma_i) \Delta \tau_d \leq \Delta \tau_R$$

図5-4の例で $\gamma_b=1.1$ 、 $\gamma_w=1.1$ 、 $\gamma_i=1.1$ とした場合

$$(1.1 \cdot 1.1 \cdot 1.1) 341 = 454 \text{ kgf/cm}^2 \leq \Delta \sigma_R = 1253 \text{ kgf/cm}^2 \cdots \text{OK}$$

……式5-1

以上の結果から図5-4の例では、今後とも測定結果から推定した交通量で変化しないものと仮定すると（応力頻度測定時の応力状態が続くものとする）、疲労については耐用年数100年間安全であると言える。

既設橋梁を再利用する場合、転用前の段階で疲労が問題となる箇所の応力頻度測定を実施し、JSSC疲労設計指針に基づき疲労照査を行えば、その箇所の疲労に対する安全性が照査できる。ただしこの場合、応力頻度測定を実施した時と同一レベルの応力状態が転用後も発生するであろうと想定した場合の結果となる。

式5-1を分析すれば、まだ設計応力範囲は許容応力範囲に対して余裕がある。これは、転用後の応力状態が応力振幅的にも応力頻度的にも、転用前の状態よりきびしくなったとしてもまだ余裕があることを意味する。

以上JSSC疲労設計指針に基づく疲労照査の概要について記述したが、詳細については参考文献を参照されたい。

5 - 1 - 2 支間長の改造

既設橋梁の再利用の中で、支間長を改造して再利用する場合の改造方法について検討する。支間を長くして再利用すると、応力的にきびしくなるので、一般には支間を短くして再利用するが多い。ここでは支間を短く改造する具体的な方法を検討し、各方法の長所・短所を比較して、支間長を変えて再利用を必要としている技術者の検討に資する資料を提供するものである。

ここで、支間長の改造を検討する前に第2章～第3章で収集した事例がどのような改造内容となっているかを表5-11に整理する。

表5-11 事例別改造内容一覧表

整理番号	改 造 内 容		
	支間長	桁高	主桁間隔
C-1	○		
C-2		○	
C-3	○		
C-4			
C-5			
C-6			
C-7			
C-8			○
C-9			○
C-10			
C-11			○
C-12	○		
C-13			○
C-14	○		
C-15	○		
C-16			
C-17			○
C-18			

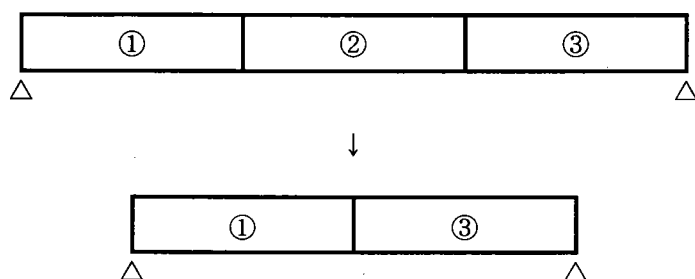
注) 該当項目に○印、無印は該当なし。

表 5 - 11より各改造方法の具体的な内容は、巻末の事例集を参照することにより確認できる。

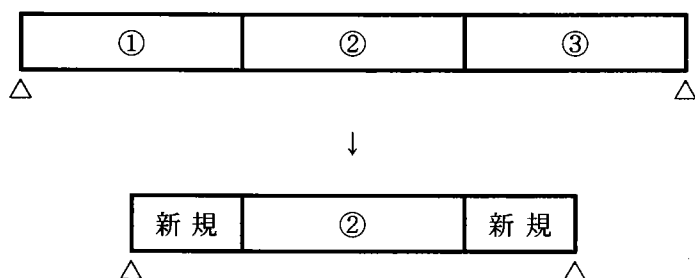
ここでは、これらの事例以外に改造方法を提案するものとする。理解を容易にするため、3部材からなる単純桁をモデルにする。

支間長を改造（短縮）する場合、以下に示すパターンに分類できる。類似の変化パターンはいくつか考えられるが、代表的なパターンは次の6つと考えられる。なお、図中の破線は切断線を示す。

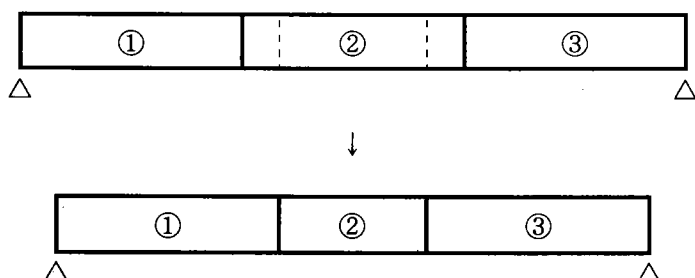
(A) 中央部材を省略して短縮するパターン



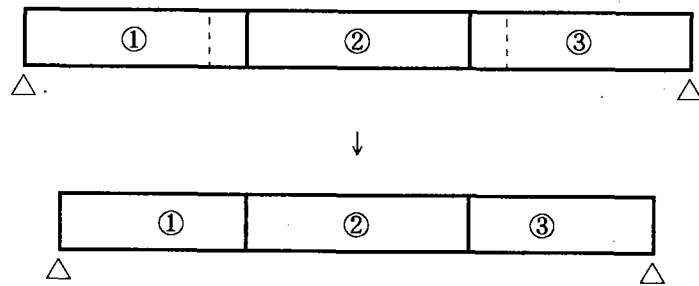
(B) 中央部材の両側に新規部材を接合するパターン



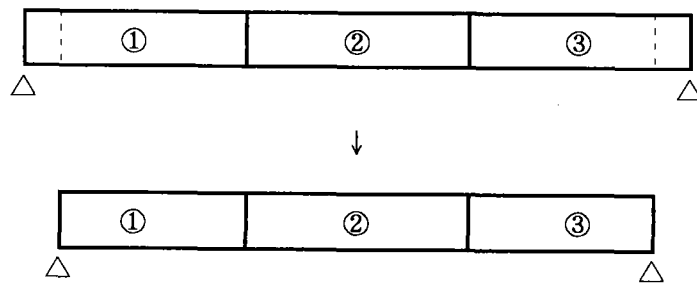
(C) 中央部材の両端を一部撤去して短縮するパターン



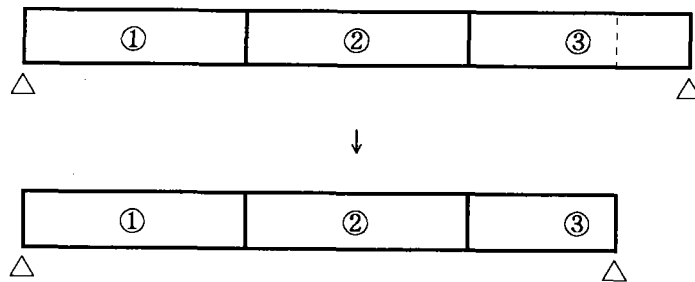
(D) 両端部材の中央側一部を撤去して短縮するパターン



(E) 両端部材の外側一部を撤去して短縮するパターン



(F) 片側の端部材の外側一部を撤去して短縮するパターン



これら6つの改造パターンの長所・短所を表5-12に示す。

表 5 - 12 各種支間長改造方法の長短比較表

パターン	長 所	短 所
A	<ul style="list-style-type: none"> ・ 加工量が極めて少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 再利用できる支間が限定される。
B	<ul style="list-style-type: none"> ・ 桁高の変更に対応できる。 ・ 支承の形式変更にも対応できる。 ・ 耐震設計に対応できる。 ・ 最大断面部材の活用により応力的に有利である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 新規製作部材が多く、再利用率が低くなる。
C	<ul style="list-style-type: none"> ・ 改造が中央部材に限定できる。 ・ 支点部の改造が不要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 最大断面部材の活用度が低い。 ・ 継手の新設が必要となる。
D	<ul style="list-style-type: none"> ・ 最大断面部材の活用により応力的に有利である。 ・ 支点部の改造が不要である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 加工部材数が多くなる。 ・ 継手の新設が必要となる。
E	<ul style="list-style-type: none"> ・ 継手の新設が不要となる。 ・ 支点位置の自由度が高い。 ・ 新規製作部材が少なく、再利用率が高い。 ・ 桁高の変更に対応できる。 ・ 支承の形式変更にも対応できる。 ・ 耐震設計に対応できる。 ・ 最大断面部材の活用により応力的に有利である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 支点の新設が必要となる。
F	<ul style="list-style-type: none"> ・ 改造が端部材に限定できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 非対称構造となる。

表 5 - 12 に示した長所・短所を踏まえ、A ~ F の各改造パターンを◎, ○, △, × の記号で評価し、表 5 - 13 にまとめる。

表 5 - 13 各改造パターン別得失評価表

比較項目	パターン						備考
	A	B	C	D	E	F	
主桁の加工量	◎	×	○	△	△	○	◎：少ない
支承部の加工量	◎	△	◎	◎	×	○	◎：少ない
適用支間の自由度	×	◎	△	△	○	○	◎：高い
支承部の構造高	×	◎	×	×	○	△	◎：変更可
支承構造の変更	×	◎	×	×	○	△	◎：変更可
最大断面部材の活用度	×	◎	△	◎	◎	○	◎：高い
継手の新設	◎	○	△	△	◎	◎	◎：不要
新橋の再利用率	◎	×	○	○	△	△	◎：高い

支間長を改造して再利用する場合、個々の再利用ケースにおいて最も重要と思われる項目に主眼を置き、その項目で優れた特長を持つ改造パターンを選定するのに、表 5 - 13 は大いに参考となろう。◎の数の多さから判断して、支間長の改造にはパターン A、B が優れていると言えそうである。

5 - 1 - 3 桁高の改造

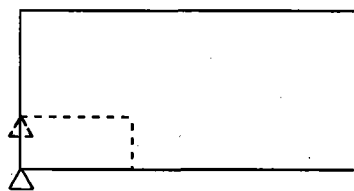
既設橋梁の再利用の中で、桁高を改造して再利用する場合の改造方法について検討する。桁高は低くして再利用する場合と高くして再利用する場合が考えられ、それぞれの具体的な方法を検討し、各方法の長所・短所を比較して、桁高を変えて再利用を必要としている技術者の検討に資する資料を提供するものである。

(1) 桁高を低くして再利用する場合

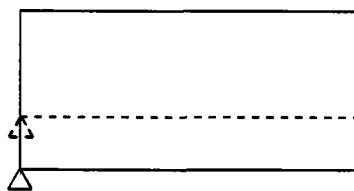
桁高を低くする方法として、以下に示す3つのパターンに分類できる。なお、図中の破線は切断線を示す。

<改造パターン>

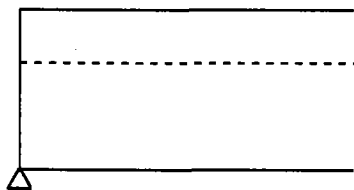
A 端部切欠き



B 下側全長切欠き



C 上側全長切欠き



これら3つの改造パターンの長所・短所を表5-14に示す。

表5-14 桁高を低く改造する方法の長短比較表

パターン	長 所	短 所
<p>A</p> <p>端部 切欠き</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 加工量が少なく、再利用率が高い。 ・ 現場継手はそのまま使用可能。 ・ 対傾構、横構は端部のみ取り替え。 ・ 加工に伴う変形が少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 桁下空間が制限される。 ・ 床版撤去時の上フランジの損傷の影響が大きい。 ・ 景観上好ましくない。
<p>B</p> <p>下側全長 切欠き</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 桁高の設定が自由にできる。 ・ 桁下空間の制限に影響を受けない。 ・ 景観に優れる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 加工量が多く再利用率が低い。 ・ 加工に伴う変形が大きい。 ・ 現場継手の新設が必要となる。 ・ 床版撤去時の上フランジの損傷の影響が大きい。
<p>C</p> <p>上側全長 切欠き</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 桁高の設定が自由にできる。 ・ 桁下空間の制限に影響を受けない。 ・ 合成、非合成の変更が可能。 ・ 下横構はそのまま使用可能。 ・ 床版撤去時の上フランジの損傷の影響が小さい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 加工量が多く再利用率が低い。 ・ 加工に伴う変形が大きい。 ・ 現場継手の新設が必要となる。

表5-14に示した長所・短所を踏まえ、A～Cの各改造パターンを◎、○、△、×の記号で評価し、表5-15にまとめる。

表5-15 各改造パターン別得失評価表

比較項目	パターン			備考
	A	B	C	
主桁の加工量	◎	×	×	◎：少ない
対傾構・横構への影響	◎	×	△	◎：少ない
桁下空間の制限	△	○	○	◎：受けない
加工に伴う変形の程度	◎	×	×	◎：小さい
合成・非合成の変更	△	△	○	◎：容易
添接板の再利用	○	△	△	◎：可能
垂直補剛材の端部処理	○	×	△	◎：不要
丁寧な床版解体施工	△	△	○	◎：不要
桁高設定の自由度	△	○	○	◎：高い
支承選択の自由度	○	○	△	◎：高い
景観性（H/Lのバランス）	△	○	○	◎：良好

桁高を低くして再利用する場合は、表5-15から桁下空間さえ許せば、Aのパターン（端部切欠き）が最も優れていると言える。ただし、下部工の高さを調整することが可能であれば、切欠きを行わずに再利用することはない。

(2) 桁高を高くして再利用する場合

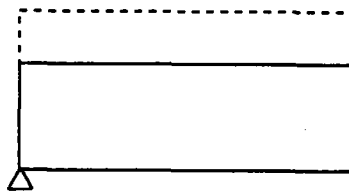
桁高を高くする場合は、上側に部材を追加する場合と下側に追加する場合とが考えられる。どちらに追加するかはそれぞれ長所・短所があるので、それぞれの得失を比較して決定する必要がある。ここではまず桁高を高くする方向によってどのような特徴があるかを整理し、次に桁高を高くする方法をパターン化し得失を比較するものとする。なお検討に当たっては、太鼓橋のような桁高が変化するタイプは除外し、一定桁高の単純桁を基本とする。

1) 桁高を高くする方向

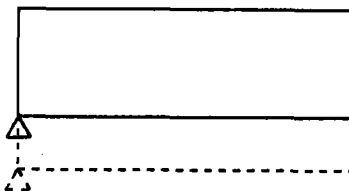
桁高を高くする方向として、以下に示す2つのパターンに分類できる。なお、図中の破線は追加部材を示す。

< 改造方向 >

A 上側に追加



B 下側に追加



これら2つの改造方向の長所・短所を表5-16に示す。

表5-16 桁高を高く改造する方向の長短比較表

方向	長 所	短 所
<p>A</p> <p>上側に追加</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ ソールプレートが再利用できる場合がある。 ・ 主桁上フランジの首振りによる対傾構取付け部の疲労きれつの発生が緩和される。 ・ 床版形式の変更が容易。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 追加した主桁が圧縮側となるため対傾構の追加が必要となる。
<p>B</p> <p>下側に追加</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 追加した主桁が引張側となるため対傾構の追加は不要となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ソールプレートは必ず撤去しなければならない。 ・ 床版形式の変更が困難である。

表 5 - 16 に示した長所・短所を踏まえ、A ~ B の改造方向を◎、○、△、× の記号で評価し、表 5 - 17 にまとめる。

表 5 - 17 改造方向別得失評価表

比較項目	パターン		備考
	A	B	
ソールプレートの再利用	△	×	◎：可能
対傾構の追加	×	○	◎：不要
疲労きれつの緩和	○	△	◎：可能
床版形式の変更	○	×	◎：可能

桁高を高くして再利用する場合は、表 5 - 17 から上側に追加する方が優れていると言える。既設橋梁の補強を現場で施工する場合は、下側に追加する方法に限定されるが、再利用の場合は一旦工場へ持ち帰って改造するため、上側に追加する方法が効果的であることに注意しなければならない。

しかし、一般には桁高を高くして再利用する場合は少ないと考えられ、桁高の改造としては前述の端部切欠きの場合がほとんどを占めると考えて良いと思われる。

2) 桁高を高くする方法

桁高を高くする方法としては、追加部材の形状や接合方法によって以下に示す5つのパターンに分類できる。ここでは、上側に追加する場合で検討する。

<改造パターン>

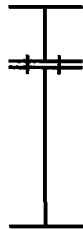
A T断面溶接



B H断面溶接



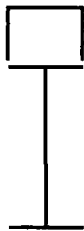
C H断面HTB締め



D フランジ切断 & T断面溶接



E 箱断面溶接



これら5つの改造方法の長所・短所を表5-18に示す。

表 5 - 18 桁高を高く改造する方法の長短比較表

パターン	長 所	短 所
<p>A</p> <p>T断面 溶接</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ フランジの板厚変化に対応可能。 ・ 加工量が少ない。 ・ フランジ幅の変化に影響されない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ ジベル等の障害物を撤去する必要がある。 ・ 景観上好ましくない。
<p>B</p> <p>H断面 溶接</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ H形鋼が使用できる場合は加工量が少ない。 ・ フランジ幅の変化に影響されない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ フランジの板厚変化に対応困難。 ・ 加工量が多い。 ・ ジベル等の障害物を撤去する必要がある。 ・ 景観上好ましくない。
<p>C</p> <p>H断面 HTB締め</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 熱影響による変形がない。 ・ フランジ幅の変化に影響されない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ フランジの板厚変化に対してフィラープレートが必要となる。 ・ ジベル等の障害物を撤去する必要がある。 ・ 景観上特に好ましくない。
<p>D</p> <p>フランジ切 断,T断面 溶接</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ フランジの板厚、幅、ジベル等の影響が少ない。 ・ 景観に優れる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 加工量が多い。 ・ 垂直補剛材を連続する必要がある。 ・ 溶接による変形が大きい。
<p>E</p> <p>箱断面 溶接</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ フランジの板厚変化に対応可能。 ・ ジベル等の障害物の撤去が不要。(輸送可能な支間長の場合のみ適用が望ましい。) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 加工量が多い。 ・ 追加部材の添接が困難である。 ・ フランジ幅の変化の影響を受ける。 ・ 床版型枠の施工が困難。 ・ 景観上好ましくない。

表5-18に示した長所・短所を踏まえ、A～Eの改造方法を◎、○、△、×の記号で評価し、表5-19にまとめる。

表5-19 改造方法別得失評価表

比較項目	パターン					備考
	A	B	C	D	E	
主桁に対する加工量	◎	○	△	×	△	◎：少ない
加工に伴う変形の程度	△	○	◎	×	○	◎：小さい
垂直補剛材の連続性の確保	◎	○	○	△	×	◎：容易
フランジ幅の変化への対応	◎	○	○	◎	×	◎：容易
桁高設定の自由度	◎	△	△	◎	○	◎：高い
太鼓橋への適用	◎	×	×	◎	△	◎：容易
フランジの板厚変化への対応	○	×	×	◎	△	◎：容易
景観性	○	○	×	◎	△	◎：良好

桁高を高く改造する方法としては、表5-19よりAのパターン（T断面溶接）が最も優れていると言える。Dのパターン（フランジ切断&T断面溶接）も◎の数は多いが、主桁に対する加工量と加工に伴う変形が大きすぎる点で総合評価は芳しくないと言える。

（注）
建設省土木研究所では、溶接の場合に熱影響、疲労亀裂、施工の確実性、品質等の点で不利となることが多いことを考慮し、できるだけ高力ボルト接合を採用するように推奨している。しかし溶接接合（B）と高力ボルト接合（C）を比較してもあまり差がないことや、再利用の場合一旦工場に持ち帰り十分な品質管理下で加工されることを考えれば、本報告でAのパターン（T断面溶接）を推奨することは妥当なものと思われる。

(注) : 「第4回鋼構造物の補修・補強技術報告会論文集」(平成6年7月
(社)日本鋼構造協会)参照

5 - 1 - 4 主桁間隔の改造

既設橋梁の再利用の中で、主桁間隔を改造して再利用する場合の改造方法について検討する。主桁間隔の改造は、幅員、主桁間隔、主桁本数の組み合わせによって多数の検討ケースが考えられるため、今回は以下に示す3つのケースに限定して検討し、各方法の長所・短所を比較して、主桁間隔を変えて再利用を必要としている技術者の検討に資する資料を提供するものである。

ケース1は幅員を拡大して再利用するケースで、ケース2は幅員を縮小して再利用するケースである。ケース1及びケース2は幅員、主桁間隔、主桁本数の組み合わせによって考えられる種々の検討ケースである。また、ケース3は主桁本数を変更する場合、変更する位置によってどのような特徴があるかを検討するケースである。

なお、これらの改造は全て工場へ持ち帰って行うものとする。

(1) 幅員を拡大する場合(ケース1)

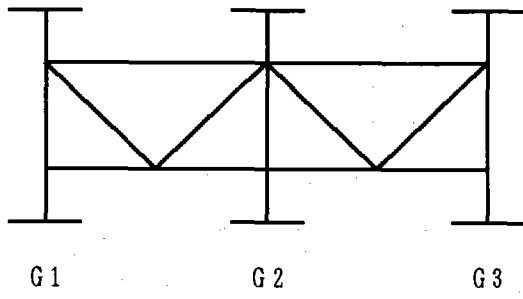
表5-20に示す4つの改造パターンを設定して検討する。ここで、主桁本数を増やす場合は既設主桁の中間に追加するものとする。また、拡大後の幅員はA~Dとも同一と考える。

表5-20 ケース1の改造パターン

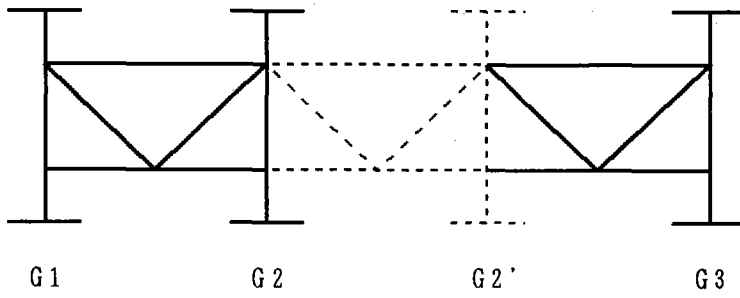
幅員	主桁間隔	主桁本数	パターン
拡大	そのまま	増やす	A
	縮小	増やす	B
	拡大	増やす	C
	拡大	そのまま	D

また、A~Dの改造パターンを次図に示す。なお、図中の破線は新規製作部材を示す。

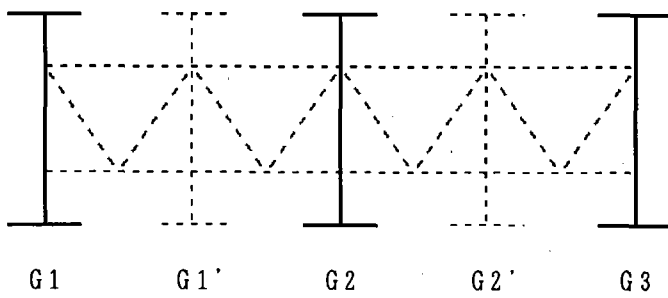
既設桁



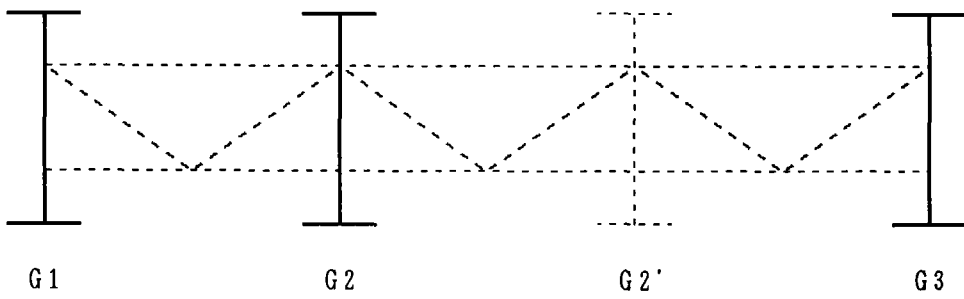
A



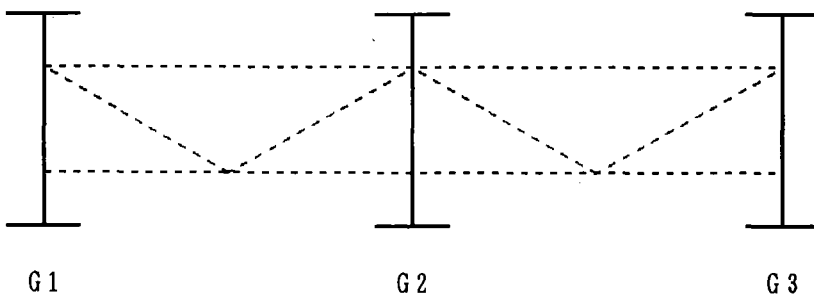
B



C



D



これら4つの改造パターンの長所・短所を表5-21に示す。

表5-21 幅員を拡大して主桁間隔を改造する方法の長短比較表

パターン	長 所	短 所
A	<ul style="list-style-type: none"> 既設部材はほとんど再利用可能。 横桁・対傾構の新規製作部材が少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> 主桁の新規製作が必要。
B	<ul style="list-style-type: none"> 横構部材は加工すれば再利用可能。 幅員設定の自由度が高い。 上部工の耐荷力が増大する。 	<ul style="list-style-type: none"> 主桁の新規製作本数が多くなる。 横桁・対傾構部材は全て新規製作となる。
C	<ul style="list-style-type: none"> 主桁本数の追加が少なくて拡幅が可能である。 幅員設定の自由度が高い。 	<ul style="list-style-type: none"> 主桁の新規製作が必要。 横桁・対傾構・横構部材は全て新規製作となる。 床版厚が厚くなり上部工の死荷重が大きくなる。 支間を小さくして再利用する場合のみ適用可能。
D	<ul style="list-style-type: none"> 主桁の新規製作が不要。 	<ul style="list-style-type: none"> 横桁・対傾構・横構部材は全て新規製作となる。 床版厚が厚くなり上部工の死荷重が大きくなる。 上部工の耐荷力が低下するため、支間を小さくする場合や歩道橋に転用する場合にのみ適用可能。

表5-21に示した長所・短所を踏まえ、A～Dの各改造パターンの得失を◎、○、△、×の記号で評価し、表5-22にまとめる。比較項目は以下の通りとする。

- ・ 既設主桁への加工量……対傾構、横構取付け部がそのまま使えるか。
- ・ 既設の対傾構、横構部材に対する加工量……対傾構、横構部材がそのまま使えるか。
- ・ 新設部材の製作量……全体の新設量の大小。
- ・ 上部工全体の耐荷力……同一支間で再利用する場合の耐荷力の増減。

表5-22 各改造パターン別得失評価表（ケース1）

比較項目	パターン				備考
	A	B	C	D	
既設主桁への加工量	◎	△	△	△	◎：少ない
既設対傾構・横構への加工量	◎	△	×	×	◎：少ない
新規部材の製作量	○	×	△	◎	◎：少ない
上部工の耐荷力	○	◎	△	×	◎：増大

以上の検討結果より、幅員を拡大して主桁間隔を改造する場合は、Aのパターンが最も優れているといえる。ただし、Bのパターンは上部工の耐荷力が増大するため、支間の延長や荷重増などに対応する場合に有効である。また、Dのパターンは上部工の耐荷力が低下するものの、新規部材の製作量が少ないので支間を短縮する場合や小さな荷重に対応するのに有効である。

(2) 幅員を縮小する場合(ケース2)

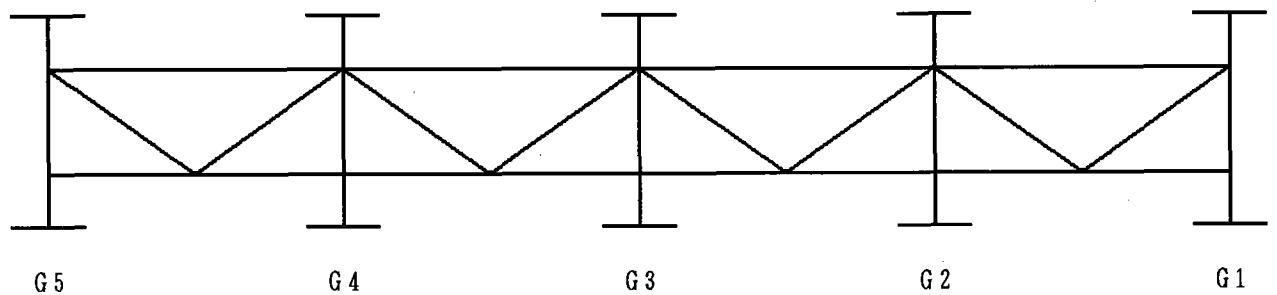
表5-23に示す3つの改造パターンを設定して検討する。ここで、主桁本数を減らす場合は既設主桁の中桁を撤去するものとする。また、縮小後の幅員はA~Cとも同一と考える。

表5-23 ケース2の改造パターン

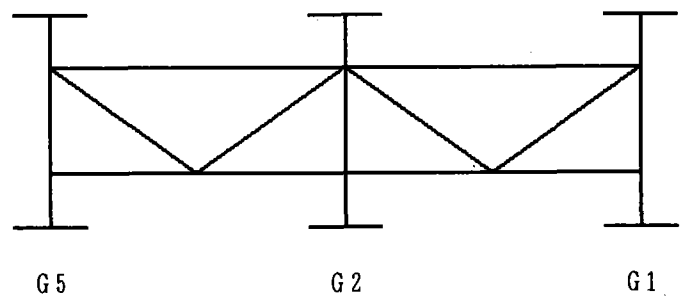
幅員	主桁間隔	主桁本数	パターン
縮小	そのまま	減らす	A
	縮小	そのまま	B
	縮小	減らす	C

また、A~Cの改造パターンを次図に示す。なお、図中の破線は新規製作部材を示す。

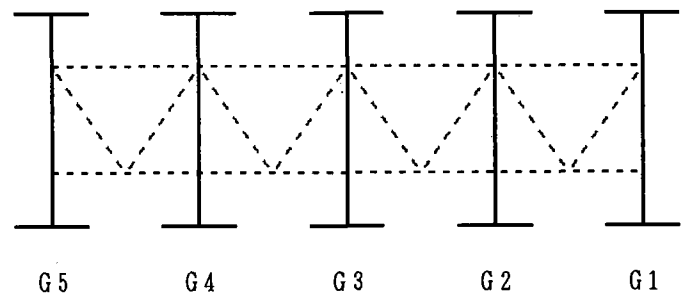
既設桁

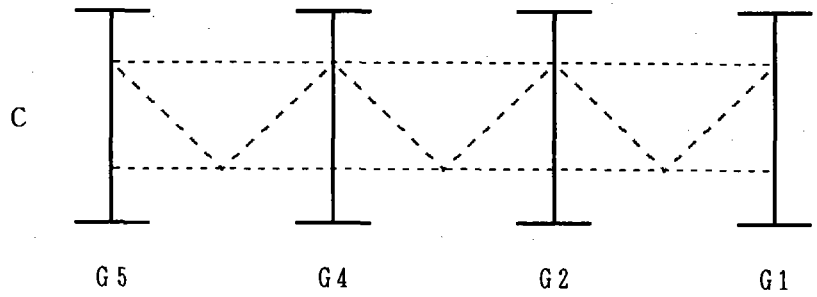


A



B





これら3つの改造パターンの長所・短所を表5-24に示す。

表5-24 幅員を縮小して主桁間隔を改造する方法の長短比較表

パターン	長 所	短 所
A	<ul style="list-style-type: none"> 既設部材はほとんど再利用可能。 	<ul style="list-style-type: none"> 幅員設定の自由度が低い。
B	<ul style="list-style-type: none"> 横構部材は加工すれば再利用可能。 幅員設定の自由度が高い。 上部工の耐荷力が増大する。 	<ul style="list-style-type: none"> 横桁・対傾構部材は全て新規製作となる。
C	<ul style="list-style-type: none"> 横構部材は加工すれば再利用可能。 幅員設定の自由度が高い。 上部工の耐荷力が増大する。 	<ul style="list-style-type: none"> 横桁・対傾構部材は全て新規製作となる。

表 5 - 24 に示した長所・短所を踏まえ、A ~ C の各改造パターンの得失を◎、○、△、×の記号で評価し、表 5 - 25 にまとめる。比較項目は以下の通りとする。

- ・ 既設主桁への加工量……対傾構、横構取付け部がそのまま使えるか。
- ・ 既設の対傾構、横構部材に対する加工量……対傾構、横構部材がそのまま使えるか。
- ・ 新設部材の製作量……全体の新設量の大小。
- ・ 上部工全体の耐荷力……同一支間で再利用する場合の耐荷力の増減。

表 5 - 25 各改造パターン別得失評価表 (ケース 2)

比較項目	パターン			備考
	A	B	C	
既設主桁への加工量	◎	△	△	◎ : 少ない
既設対傾構・横構への加工量	◎	△	△	◎ : 少ない
新規部材の製作量	◎	×	△	◎ : 少ない
上部工の耐荷力	△	◎	○	◎ : 増大

以上の検討結果より、幅員を縮小して主桁間隔を改造する場合は、A のパターンが最も優れているといえる。ただし、B のパターンは上部工の耐荷力が増大するため、支間の延長や荷重増などに対応する場合に有効である。

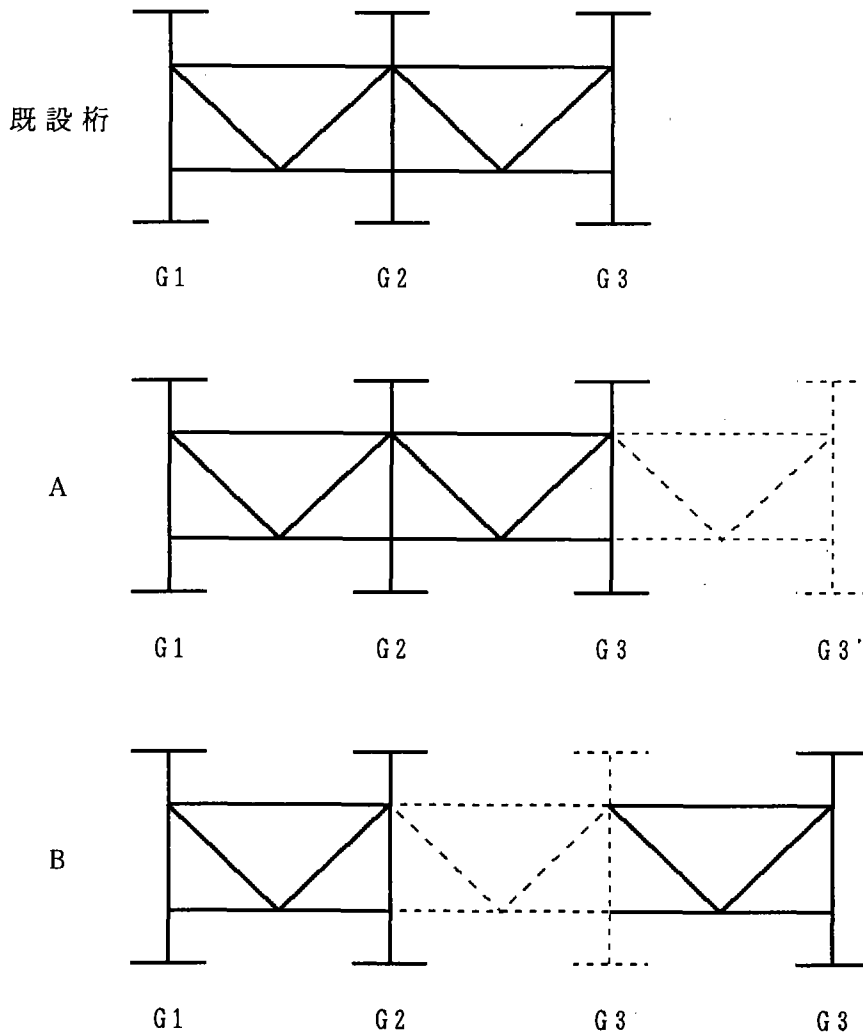
(3) 主桁本数を変更する場合(ケース3)

主桁本数を変更する場合のうち、1本増やす場合に限定して、新設桁を既設桁の外側に追加する場合と、既設桁の中間に追加する場合の2つの改造パターンを設定して検討する。ただし、主桁間隔は変更しないものとする。

表5-26 ケース3の改造パターン

主桁増設位置	パターン
外側	A
中間	B

また、A～Bの改造パターンを次図に示す。なお、図中の破線は新規製作部材を示す。



これら2つの改造パターンの長所・短所を表5-27に示す。

表5-27 主桁本数を改造する位置の長短比較表

パターン	長 所	短 所
A	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現地における拡幅工事に有効である。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 既設の外桁の外側に対傾構・横構等の取り合い部を新設する必要がある。 ・ 既設の外桁の内側の横桁取り合い部をモーメント連結方式に改造する必要がある。 ・ 主桁の対称性が確保できない。
B	<ul style="list-style-type: none"> ・ 既設部材はそのまま再利用可能である。 ・ 主桁の対称性が確保できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現地における拡幅工事には不利である。

表5-27に示した長所・短所を踏まえ、A～Bの各改造パターンの得失を◎、○、△、×の記号で評価し、表5-28にまとめる。比較項目は以下の通りとする。

- ・ 既設主桁への加工量……対傾構、横構取付け部がそのまま使えるか。
- ・ 既設の対傾構、横構部材に対する加工量……対傾構、横構部材がそのまま使えるか。
- ・ 主桁の対称性

表 5 - 28 各改造パターン別得失評価表 (ケース 3)

比較項目	パターン		備考
	A	B	
既設主桁への加工量	△	◎	◎ : 少ない
既設対傾構・横構への加工量	○	◎	◎ : 少ない
主桁の対称性	△	◎	◎ : 良い

以上の検討結果より、主桁本数を改造する位置は、Bのパターンが優れているといえる。

なお、既設橋梁の改造については以下の図書が参考になろう。

「鋼構造物補修・補強・改造の手引き」(財)鉄道総合技術研究所)

5 - 2 新設橋梁の再利用しやすい構造検討

これより新設橋梁について、将来再利用する場合にあらかじめどんな工夫をしておけばよいかを検討する。検討は大きく以下の2つの項目に分けて行う。

① 橋梁計画上の留意事項

橋梁形式や平面線形など、橋梁を計画する上で基本となる事項について検討する。

② 橋梁設計上の留意事項

桁高や支間長や継手構造などのように、橋梁を設計する上で細目となる事項について検討する。

5 - 2 - 1 橋梁計画上の留意事項

橋梁計画上の留意事項として、以下に示す基本的な項目について、将来再利用するのに望ましいと考えられるあり方とその理由について検討する。検討に際しては、第3章再利用事例の分析結果を踏まえて行うものとする。

- ・ 橋梁形式
- ・ 平面線形
- ・ 設計活荷重
- ・ 斜角
- ・ 床版形式
- ・ 縦断勾配
- ・ 主桁高の標準化
- ・ 支間長の標準化
- ・ 添架物

検討結果は、表5 - 29にまとめる。

表5-29 橋梁計画上の留意事項

検討項目	望ましいあり方	理由
橋梁形式	<ul style="list-style-type: none"> ・単純非合成鉄桁 	<ul style="list-style-type: none"> ・再利用事例が多い。 ・再利用率も高い。 ・構造がシンプルであり、改造が容易である。
平面線形	<ul style="list-style-type: none"> ・直線橋 ・曲線を考慮する場合は曲率をできるだけ大きくして、床版で対応する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・再利用事例が多い。
設計活荷重	<ul style="list-style-type: none"> ・B活荷重 	<ul style="list-style-type: none"> ・格上げ、格下げは可能であるが、活荷重のランクが高い程再利用の可能性はアップする。
斜角	<ul style="list-style-type: none"> ・直橋 	<ul style="list-style-type: none"> ・斜角があっても再利用した事例はあるが、直橋であれば再利用の可能性はさらにアップする。
床版形式	<ul style="list-style-type: none"> ・プレキャスト床版 ・RC床版 	<ul style="list-style-type: none"> ・主桁との定着が容易にできるプレキャスト床版の方が転用に際して解体が容易となる。 ・RC床版の場合はグレーチング床版や鋼床版へ打ち替えることにより、死荷重が軽減できるので応力的に有利となり、再利用しやすくなる。
縦断勾配	<ul style="list-style-type: none"> ・なるべく3%以下とする。 ・主桁ブロックの添接部の切り方は、勾配方向に対して直角とする。 ・途中で勾配を変化させない。 ・主桁端部は切り口が鉛直となるように、端部ブロックで角度調整する。よって支点付近には現場継手を設ける。 	<ul style="list-style-type: none"> ・支点付近の端部ブロック以外は製作上勾配を意識しないでフラットな形状に製作できる。
主桁高	<ul style="list-style-type: none"> ・100mmピッチ程度に標準化する。 ・桁高は変化させない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・桁高が標準化された桁を使用していれば、異なる2つの旧橋を横に合体させて新橋を作ることもできる。
支間長	<ul style="list-style-type: none"> ・標準ブロックを用いて1mピッチ程度に標準化する。 ・端数が生じる場合には、端部に調整ブロックを設けて調整する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・支間長が標準化された桁を使用していれば、異なる2つの旧橋を横に合体させて新橋を作ることもできる。
添架物	<ul style="list-style-type: none"> ・景観上許す限り、外側に設ける。 ・横桁の穴あけなどの加工を必要としない位置に設置する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・解体が容易となり、再利用しやすくなる。 ・移設が容易となり、再利用しやすくなる。

5 - 2 - 2 橋梁設計上の留意事項

橋梁設計上の留意事項として、以下に示す細目的な項目について、将来再利用するのに望ましいと考えられるあり方とその理由について検討する。検討に際しては、第3章再利用事例の分析結果を踏まえて行うものとする。

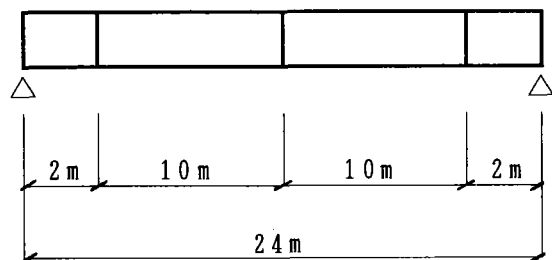
- ・ ハンチ
- ・ 主桁の高さ方向への配置
- ・ 主桁断面の統一化（幅員方向）
- ・ 製作キャンバーの統一化（たわみの誤差は他の方法で調整する）
- ・ 部材長の標準化
- ・ 支間長の調整部材の設定
- ・ 床版の主桁への定着方法
- ・ 現場継手部の工夫について
 溶接 or H T B、上フランジにはボルトキャップ、ガス切断には継手部にワーキングスペース、 etc.
- ・ 耐候性鋼材の使用
- ・ 外桁外側にも垂直補剛材設置
- ・ 主桁の1ブロック1断面化
- ・ 下横構の省略（J Hの方法を参照）

検討結果は、表5 - 30にまとめる。

表5-30 橋梁設計上の留意事項

検 討 項 目	望 ま し い あ り 方	理 由
ハンチ	・主桁は水平に設置し、横断勾配はハンチで調整する。	・主桁配置を変更する場合、入れ替えが自由にできる。
主桁の高さ方向への配置	・水平に配置する。	・主桁配置を変更する場合、入れ替えが自由にできる。
主桁断面の統一化 (幅員方向)	・全主桁同一断面とする。 ・外桁とおし、内桁どうし同一とする。	・主桁配置を変更する場合、入れ替えが自由にできる。
製作キャンバー	・各桁同一とする。 ・支間長を短縮して再利用する場合、たわみの誤差はハンチで吸収するかプレス加工で矯正する。	・再利用の際に主桁配置が自由に變更でき、再利用しやすくなる。
部材長	・10m程度を標準とし、1mピッチ程度に標準化する。 ・支点付近には短い支間調整ブロックを設ける。 ・支点付近に現場継手を設ける。	・標準化を図れば互換性がアップする。再利用率を高めるには、現場での交換が容易となる。また、現場での交換が容易となる。また、現場での交換が容易となる。また、現場での交換が容易となる。
支間長の調整	・支点付近に現場継手を設けることにより、端部に調整部材が設置できる。	・中間部材は全て標準部材の組合せで対応できる。
床版の主桁への定着方法	・ボルト、ナットによる取付け構造とする。	・床版の解体が容易となり、再利用がしやすくなる。 ・床版解体の際、主桁を損傷させないで済む。
現場継手構造	・溶接構造よりも高力ボルト構造を採用する。 ・解体時のガス切断を考慮し、10mm程度のワーキングスペースを設ける。 ・ウエブの添接板は、シアプレートのみ構造とする。 ・上フランジのナットには、ボルトキャップを設ける。	・解体が容易となる。 ・現場で添接板をガス切断することが可能となり、解体効率向上を図る。 ・RC床版撤去後、ボルトが容易に解体できる。
耐候性鋼材の使用	・既設桁に安定錆が発生している場合には再利用可能である。 ・既設桁に安定錆が発生していない場合には、塗装して再利用が可能である。	・景観にこだわらなければ、再利用に伴い再塗装の必要がない。
垂直補剛材	・外桁の外側にも垂直補剛材を設置する。	・主桁配置の變更が容易である。 ・拡幅が容易であり、再利用しやすくなる。
支間方向の断面変化	・1ブロック内は1断面とし板厚やフランジ幅は変化させない。 ・継手部の孔引き応力度で持つように板厚を決め変化させない。	・継手部の板厚の差はフィラープレートのみで吸収できるため、部材の組合せの自由度が高まる。 ・合理化、橋梁の構造とも一致し今後の主流となりうる。 ・第2東名、名神高速道路で採用実績がある。
下横構	・省略する。	・部材数が少なくなれば、再利用率もアップする。 ・主桁間隔を變更しても、再利用率が低下しない。 ・日本道路公団で採用実績がある。

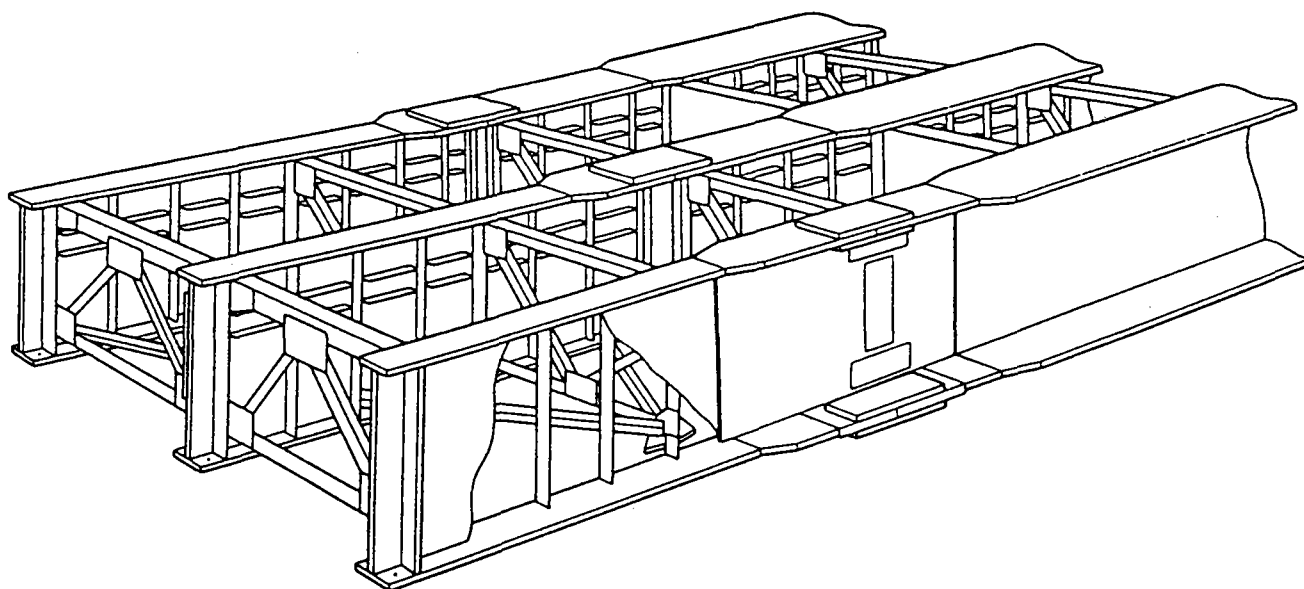
なお支間長の標準化とは、次図の例に示すように中間の標準ブロック（10m）と端部の調整ブロック（2m）の組合せによって行うものである。



（注） 現橋が溶融亜鉛メッキ橋である場合、溶接加工上の問題（メッキ上から溶接すると欠陥が出る）があるので注意する必要がある。

また建設省発行の「鋼道路橋設計ガイドライン（案）」（平成7年10月）における合理化橋梁のイメージ図を、以下に示す。

現在の構造のイメージ



本ガイドラインによる構造のイメージ

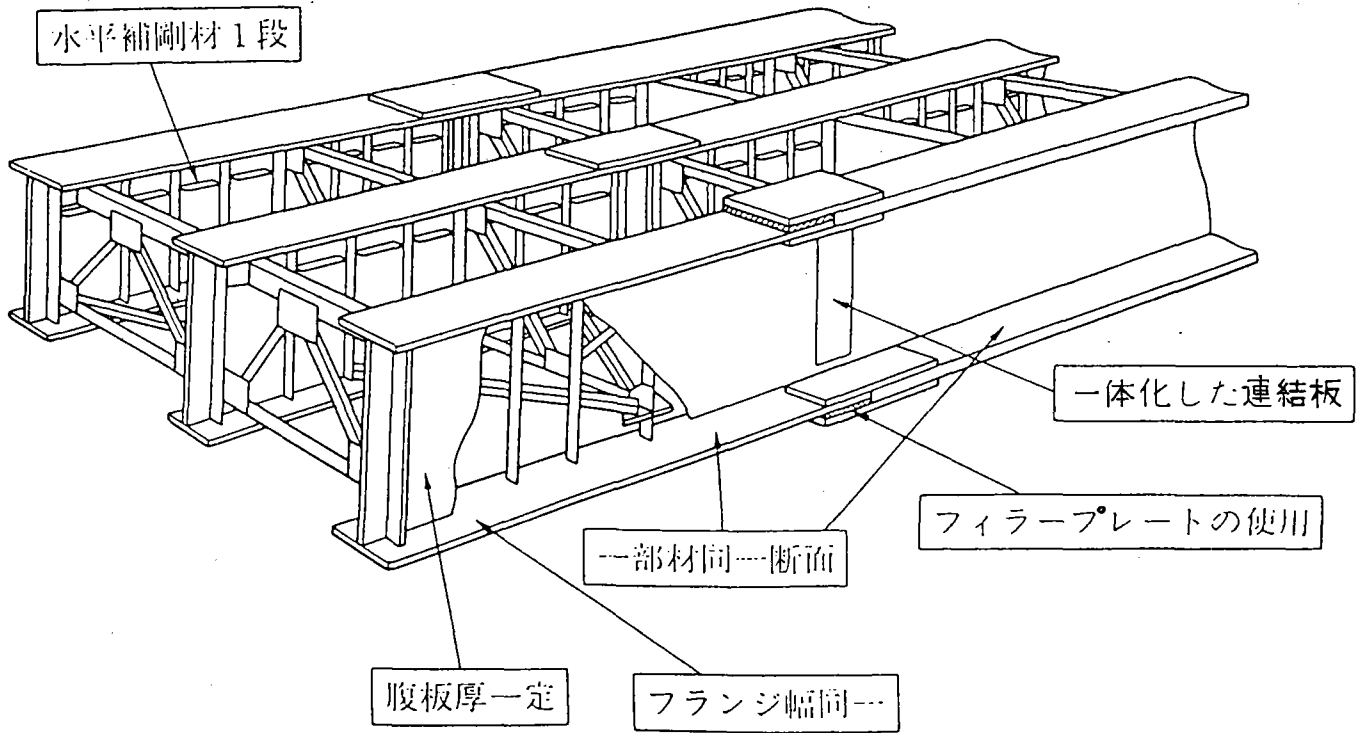


図-解1.1 省力化構造のイメージ

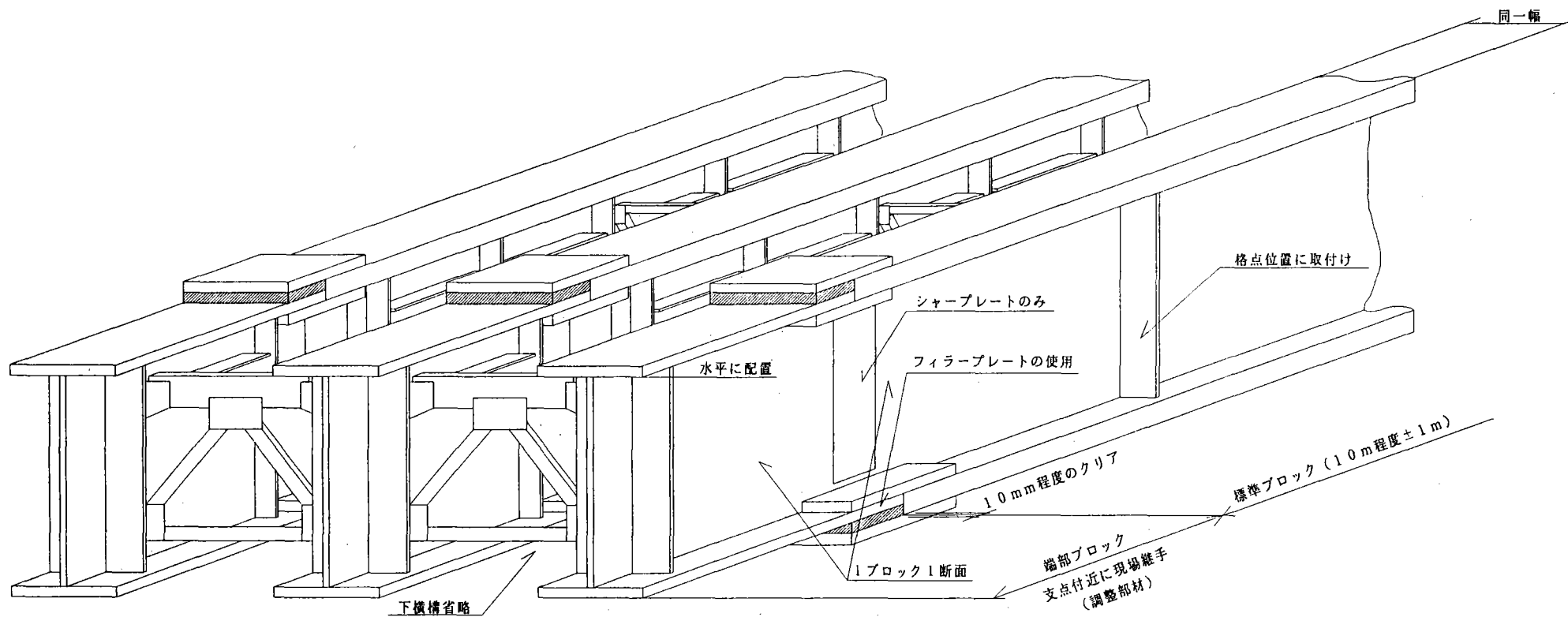
本ガイドライン及び表5-29、表5-30の検討結果から、再利用しやすい新設橋のイメージ図として橋体構造図及び床版構造図を以下に示す。合理化橋梁は、とりもなおさず再利用しやすい新設橋のイメージに合致する。再利用しやすい床版と主桁の取り合い構造は、以下の文献を参照されたい。

< 参考文献 >

- ① 「既存床版工法調査書」(日本橋梁建設協会)
- ② 「橋梁と基礎1992年8月号」((株)建設図書)
- ③ 「横河ブリッジ技報1994年1月号」((株)横河ブリッジ)

再利用しやすい新設橋梁のイメージ図

主桁構造図



床版と主桁の取り付け構造図

