薄肉閉断面ゲート

捩り構造の優越性

曲げ構造との比較

ＴｅｒａＭａｔｓｕ

目　　次

１．はじめに

振り構造の優越性を明確にする為に振り構造の特徴を曲げ構造と比較する。薄肉閉断面構造ゲートを例題として比較する。

薄肉閉断面の振り構造は閉断面積の自乗で荷重に抵抗するので、部材の二次モーメントで抵抗する曲げ構造に比較して圧倒的に有利であり、この差は径間が増すに従い拡大する。

比較結果は桁構造や軸力構造を含めた広い範囲の構造様式に適用できる。

2．構造的諸量の考察

2．1　構造的諸量

弾性構造物の挙動を示す変位、変形、内力、及び応力の関係は式(1)～(3)で表される。

応力＝形状係数×変形量×ばね常数　　　　　　　　・・・・・・(1)

変形量＝内力÷断面剛性＝内力÷（断面係数×ばね常数）　　・・・・・・(2)

変位量＝変形量×形状係数　　　　　　　　　　　　・・・・・・(3)

式(1)と式(3)の形状係数は断面形状により決まる係数であるがその中味は異なる。

2．2　応力関係諸量の中味

式(1)を構成する構造的諸量（応力関係）の中味を表－２－１に示す。

表－２－１　応力関係諸量の中味

応力	形状係数	変形量	ばね常数
σb(曲げ)	x 、 y	$\ddot{x}$ 、 $\ddot{y}$	E
τb(曲げ)	$\frac{q_{wx}}{t}$ 、 $\frac{q_{wy}}{t}$	$\dddot{x}$ 、 $\dddot{y}$	E
τs(単純捩り)	$\frac{q_s}{t}$	$\dot{\theta}$	G
σz(曲げ捩り)	ψ	$\ddot{\theta}$	E
τw(曲げ捩り)	$\frac{q_w}{t}$	$\dddot{\theta}$	E

2．3　変形量関係諸量の中味

式(2)を構成する構造的諸量（変形量関係）の中味を表－２－２に示す。

表－２－２　変形量関係諸量の中味

変形量	内力	断面剛性	
		断面係数	ばね常数
$\ddot{x}$ 、 $\ddot{y}$	m_{by} 、 m_{bx}	I_y 、 I_x	E
$\dddot{x}$ 、 $\dddot{y}$	Q_x 、 Q_y	I_y 、 I_x	E
$\dot{\theta}$	T_s	J_t	G
$\ddot{\theta}$	(?)	$(J_t \times C_{bd})^{0.5}$	$(G \times E)^{0.5}$
$\dddot{\theta}$	T_w	C_{bd}	E

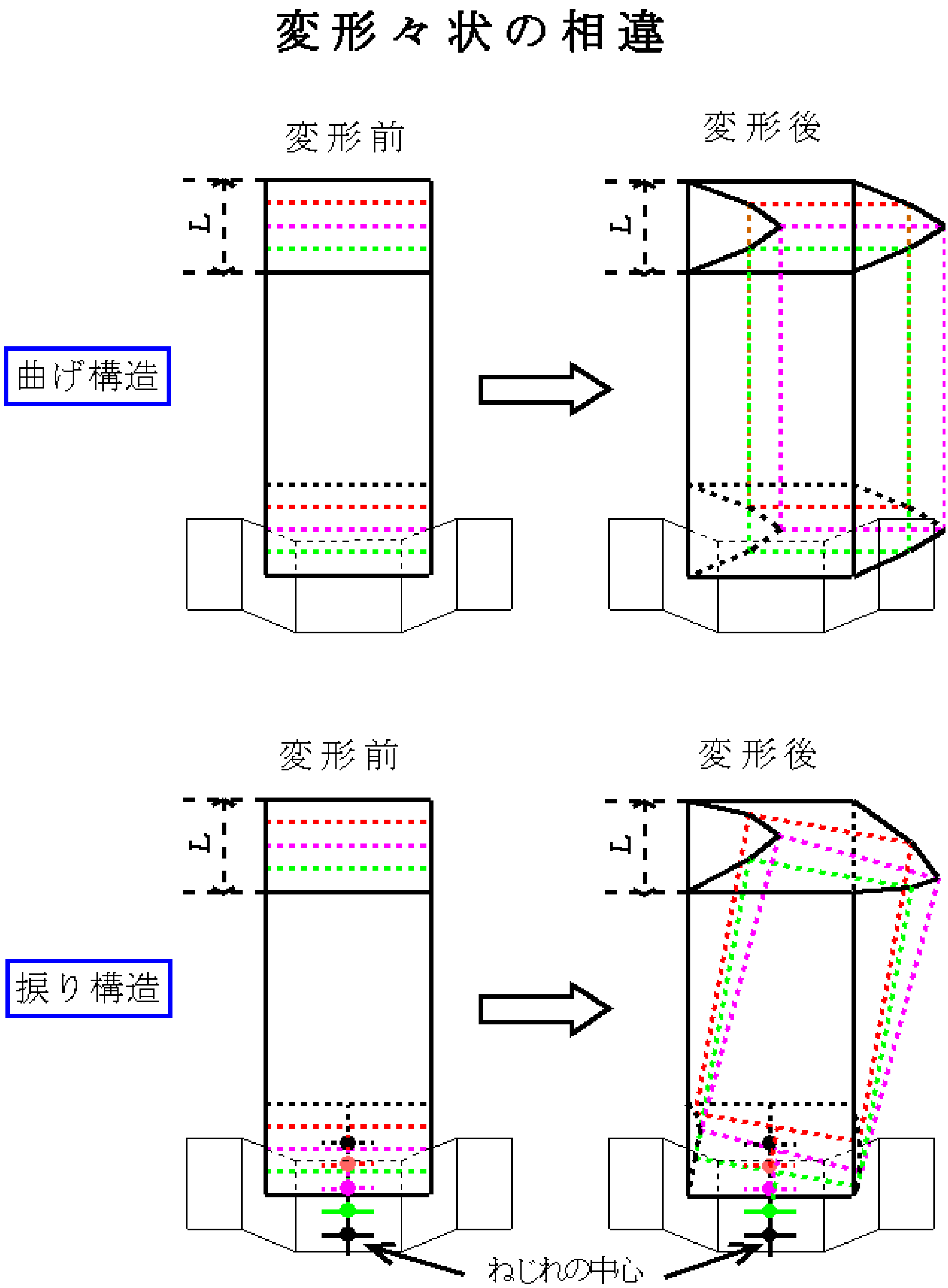
２．４　変位量関係諸量の中味

式(3)を構成する構造的諸量（変位量関係）の中味を表－２－３に示す。

表－２－３　変位量関係諸量の中味

変位		変形	形状係数
方向	記号		
X方向変位	x	x	1
Y方向変位	y	y	1
X方向変位	u	θ	$-(y-L_{py})$
Y方向変位	v	θ	$x-L_{px}$
反り変位	w	$\dot{\theta}$	Ψ

３．曲げ構造と振り構造



図－３－１　曲げ構造と振り構造

図－３－１は曲げ構造と捩り構造の変形的特徴を示す。Ｌは支持端間の距離 径間長）を示す。曲げ構造の変形的特徴を断面の平行移動とするならば捩り構造の変形的相違は断面の面内捩れと表現できる。捩れ中心は断面の移動拘束点である。即ち、拘束点の有無により曲げ構造と捩り構造に分かれるが、断面が閉じている場合の両者の構造特性は著しく異なる。曲げ構造が部材の断面二次モーメントで荷重に抵抗するのに対し、捩り構造が閉断面々積の自乗で抵抗する。また、荷重の伝達経路が大きく異なる。曲げ構造では、荷重は剪断抵抗で径間端末に伝達されるのに対し、捩り構造断面の荷重は断面内の拘束点に伝達されて、径間端末には作用荷重と拘束点反力で形成される捩りモーメントが伝達される。曲げ構造は３次元構造であるが、捩り構造は２．５次元構造と考えることもできる。この様な構造上の相違から捩り構造は様々な優越点を持ち、この優越性は径間長が増すに従い顕著になる。

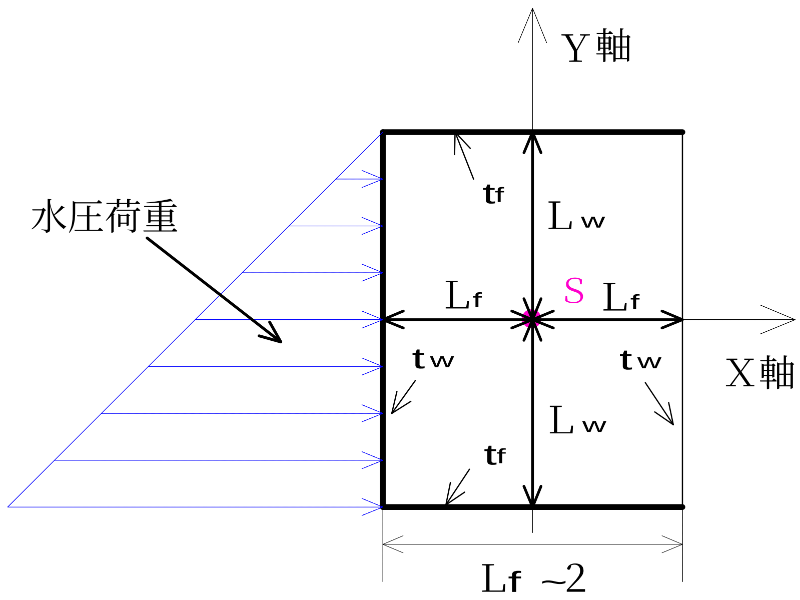
表－３－１　曲げ構造と捩り構造の主役断面係数

応力／変位		構造的挙動の主役		変形量	断面係数
		曲げ構造	捩り構造		
応力	σb(曲げ)	○	—	$\ddot{x}$、$\ddot{y}$	Iy 、 Ix
	τb(曲げ)	—	—	$\dddot{x}$、$\dddot{y}$	Iy 、 Ix
	τs(単純捩り)	—	○	$\dot{\theta}$	Jt
	σz(曲げ捩り)	—	—	$\ddot{\theta}$	$(Jt \times Cbd)^{0.5}$
	τw(曲げ捩り)	—	—	$\dddot{\theta}$	Cbd
変位	x、y(曲げ変位)	○	—	x、y	Iy 、 Ix
	u、v(捩り変位)	—	○	θ	Jt(備考1)
	w(反り変位)	—	—	$\dot{\theta}$	Jt

備考1：1)単純捩りの断面剛性である。
2)単純捩りと曲げ捩りの θ 値は自由端で等しい。
3)曲げ捩りの断面剛性はJt×(Jt÷Cbd)0．5である(参考)。

表－３－１は曲げ構造と捩り構造の主役断面係数を示している。応力と変位のそれぞれについて、曲げ構造と捩り構造の構造的挙動の主役を○で示し、前項の分析結果に従って変形量を介して応力と変位を断面係数と関連付けた。即ち、曲げ構造の主役はＩｘとＩｙ、捩り構造はＪｔである。

４．捩り構造の優越性



図－４－１　箱形薄肉閉断面

図－４－１に示すような箱形薄肉閉断面に三角水圧荷重が作用する例について考える。図－３－１で示した構造系の内力と抵抗する断面係数を数式で表す。曲げ構造の断面係数に主役は断面二次係数であり対応する内力は曲げモーメントであり、捩り構造の断面係数の主役は捩り断面係数であり対応する内力は捩りモーメントである。

【曲げ構造】

断面係数＝ I_y

$$= 4L_w \times t_w \times L_f{}^2 + 4t_f \times L_f{}^3 \div 3 = a_w \times L_f{}^2 + a_f \times L_f{}^2 \div 3 \quad \cdots\cdots(4)$$

但し、a_w 及び a_f：箱型のウエッブ及びフランジ相当部材の断面積

断面内力＝ $M_x = 4L_w{}^2 \div 2 \times L^2 \div 8 = (L_w{}^2 \times L)L \div 4$　　……(5)

【捩り構造】

断面係数＝ $J_t = 4A^2 \div (4L_f/t_f + 4L_w/t_w) = A^2 \div (L_f/t_f + L_w/t_w)$　……(6)

但し、A：薄肉閉断面の断面積

断面内力＝８ $L_w{}^3$÷６× L ÷２＝($L_w{}^2$× L)L_w÷１．５ ……(7)

式(4)が曲げ構造のウエッブ相当部材の断面積とフランジ相当部材の断面積の３分の１が断面二次モーメント I_y として有効に作用しているのに対し、式(6)は薄肉閉断面の薄肉で囲まれた面積の自乗が捩り断面係数 J_t として有効に作用していることを示している。

式(5)が曲げ構造の曲げモーメントを表し、式(7)が捩り構造の捩りモーメントを表す。両式の相違は($L_w{}^2$× L)に掛かる径間長 L と断面半高さ L_w の差であり、径間長が長くなればなるほど断面高さが相対的に低くなって、捩り構造の優越性が高まることを示している。

５．おわりに

薄肉閉断面構造について次の結論を得た。

①**曲げ構造は部材の断面二次モーメントで荷重に抵抗する。**

②**捩り構造は薄肉で囲まれる面積の自乗で荷重に抵抗する。**

③**捩り構造の優越性は径間長が増すに従い顕著になる。**

④**上記の結論はｾｸﾀｰ形式等、その他の形式にも適用できる。**