

I-32

チャンネル材のシステム強度について

○ 東北大学工学部 学生員 久保 拓也
 東北大学工学部 正 員 倉西 茂
 東北大学工学部 正 員 中沢 正利

1. まえがき

これまで、チャンネル材等の一軸対称断面が主要部材として用いられることは希であった。これは、部材断面のせん断中心への荷重が困難で部材にねじれが生じるため、複数本の部材で構成される骨組システムとして用いた際、そのシステム全体の強度（以後、システム強度と称する）は接合される部材相互の拘束度合によって大きく影響を受け、I形等の二軸対称断面に比べ強度的に不利だと考えられていたからである。しかし、チャンネル材は他部材との接合が容易な断面形状を有しており、またフランジが片側にしか突出していないために、景観上視覚的にもすっきりしたものとなる。これまで行なわれたチャンネル断面部材に関する研究は、単一部材についての強度解析に限られており¹⁾²⁾。実際の部材相互の接合条件を考慮した解析は行なわれていない。そこで、本研究ではチャンネル材の利点を積極的に利用し、また設計における形状の自由度を広げるために、複数本のチャンネル材をシステムとして用いた場合の、実際の接合条件を考慮した解析を行うことによってその強度特性を把握する。

解析については、立体骨組弾塑性有限要素法を用いた。ここでは、部材の幾何学的非線形性および材料非線形性を考慮している。立体骨組要素は、それを考慮した一節点7自由度としている。また降伏条件は、von Misesの降伏条件に従い、応力-ひずみ関係は、弾性域ではHookeの法則に従い、塑性域ではPlandtl-Reussの流れ則に従う。材料は、完全弾塑性体とした。

2. 解析モデル

解析対象としては、ss400材を想定し、図1に示した骨組構造（モデルA）の梁、柱にチャンネル材を用いたものとする。部材の接合部は、梁と柱それぞれのウェブどうしを背中あわせに、剛な状態で接合したものとした。また部材相互の連続性を保つために、ここでは立体骨組要素の節点変位と等価節点力は、梁柱それぞれのウェブ上で定義している。初期不整としては残留応力を考慮し、図2に示すようにモデル化し与えた。荷重は等分布荷重とし、梁のフランジのウェブ中心上に作用するものとした。境界条件としては、梁の両端で単純支持とそり固定の2つの場合とする。解析に用いた断面諸元を以下に示す。これは形鋼断面を想定したものである。

$$I_y = 7.417 \times 10^{-5} (\text{m}^4) \quad I_z = 4.188 \times 10^{-6} (\text{m}^4)$$

$$J = 3.351 \times 10^{-7} (\text{m}^4) \quad A = 5.574 \times 10^{-3} (\text{m}^2)$$

$$I \omega = 6.043 \times 10^{-8} (\text{m}^6)$$

ここで I_y 、 I_z はそれぞれ y 軸、 z 軸回りの断面二次モーメント

J : ねじれ定数 A : 断面積 $I \omega$: そりねじれ定数

3. 解析結果

ここでは、梁のパラメータとして断面の全塑性モーメント M_p を梁の弾性横ねじれ座屈式³⁾ から得られる弾性横ねじれ座屈モーメント M_E で割った、その平方根をとっている。ここで

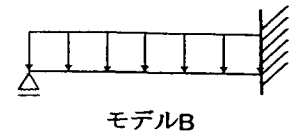
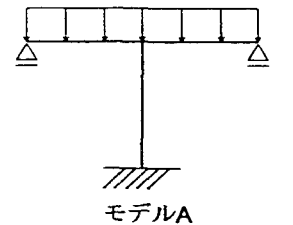


図1

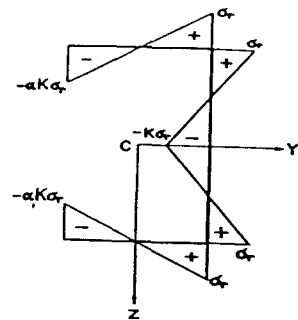


図2

$$M_E = \frac{\pi}{L} \sqrt{\frac{I}{8} E I_x G J \left(1 + \frac{\pi^2 E I_{\omega}}{G J L^2}\right)}, \gamma = 1 - \frac{I_x}{I_y} \quad (1)$$

図3は、梁と柱に示した同じ断面の部材を用いたとき、梁の細長比パラメータを0.5の一定とし、柱の細長比を変化させたときの柱の細長比とシステム強度の関係を示したものである。また比較のために、梁と柱の接合部で固定支持とした図1におけるモデルB（モデルAにおける梁のL/2の長さの梁で接合部を固定支持としたもの）における本数値解も同図に示した。図3からわかるように、柱の細長比が小さくなるに従いシステム強度は、そり固定、単純支持とともにモデルBの強度に漸近する。また柱の細長比が変化し、柱の屈服強度が増加しているにもかかわらず、システム強度に影響しない柱の細長比の範囲があることがわかる。

図4、図5は、それぞれ梁の両端で単純支持、そり固定のときの作用荷重と接合部でのねじれ角の関係を示したものである。この図からシステム強度が増加する範囲においては、柱の細長比が小さくなるにつれて、柱のねじれ拘束が大きくなり、梁と柱の接合部におけるねじれ角は、同じ作用荷重においては小さくなることがわかる。しかし、システム強度に影響しない細長比の範囲では、柱の屈服強度が増加しているにもかかわらず、接合部における荷重-ねじれ変形関係は、ほとんど変化がみられず、柱の梁のねじれ拘束には全く影響していない、このためにこの柱の細長比の範囲においては梁の崩壊によって、システム全体が崩壊に至っていることがわかる。またそのときの梁の両端でそり固定支持のときの、荷重-柱の中央点のX軸回りのたわみ角の関係を図6に示した。図6から柱の変形形状は、柱の細長比によって大きく変化することがわかる。またその変形形状はシステムの強度が柱の細長比に影響を受けない範囲を境回として大きく変化することがわかる。

3. あとがき

チャンネル材を複数本で構成されるシステムとして用いるときには、部材相互の拘束度合によって柱の変形形状は大きく変化する。また柱に強度的に余裕をもたせることによって梁と柱の接合部では、梁のねじれを充分に拘束することができると考えられる。

参考文献
1) 久保田 克寿, 倉西 茂: チャンネル断面の強度について, 土木学会第40回年次学術講演集 第1部, pp121-122 1985年
2) 須藤 , 倉西 茂, 中沢 正利, チャンネル材の強度と設計に関する研究, 土木学会第46回年次学術講演概要集 第1部, pp224, 225

3) 土木学会・鋼構造委員会: 座屈設計ガイドライン, p110, 土木学会, 1987

梁の細長比 0.5

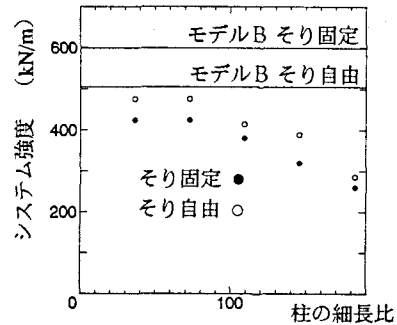


図3 システム強度-柱の細長比関係

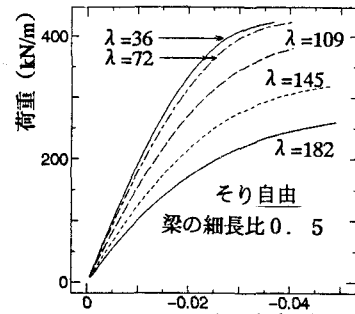


図4 荷重-接合部でのねじれ角

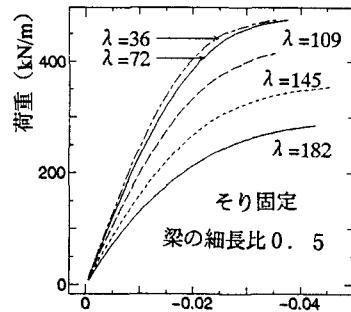


図5 荷重-接合部でのねじれ角

梁の細長比 0.5 そり拘束

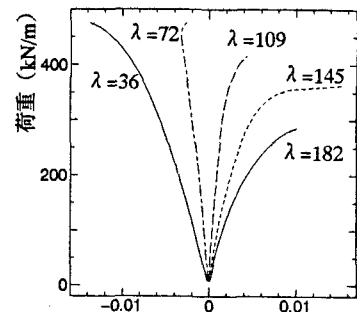


図6 荷重-柱の中央点のたわみ角関係