極厚板の材料特性と残留応力

広島大学　学　○石川 晋介　広島大学大学院　学　中茂 泰則
広島大学大学院　正　藤井　堅　（株）東京鐵骨橋梁　山田 浩二

１．はじめに

極厚板は，製造過程において板表面と内部で冷却速度に差が生じることに起因して，板厚方向に材料特性が変化し，また板厚方向に残留応力分布が発生することが予想される．本研究では板厚 98 ㎜の SM570 の極厚板を用いて板厚方向の材料特性分布と残留応力分布を実験的に明らかにした．また，その結果を考慮して FEM 解析を行い，それらが極厚板の強度に及ぼす影響を明らかにした．現在，JIS[1)]では板厚の 1/4 の位置の耐力(以下，JIS 規定による強度と記す)を代表値としているが，この適用性についても検討した．

２．材料特性試験

極厚板から板厚方向にいくつかの試験片を採取し，引張試験を行って板厚方向の材料特性分布を求めた．図-1 に応力－ひずみ関係を示す．図から板厚中央と表面から採取した試験片では，耐力が大きく異なることがわかる．図-2 に，降伏応力，引張強度の板厚方向分布を示す．降伏応力分布を，JIS 規定による強度(480MPa)と比較すると表面では 40%ほど大きく(680MPa)，板厚中央では，約５%小さい(450MPa)．また，図-3 に一様伸び分布を示すが，これは降伏応力とは逆に中央で最大となる分布が得られた．

３．残留応力測定試験

逐次除去法により板厚方向の残留応力分布を求めた．結果を，図-4 に示す．分布は，表面では圧縮，板厚中央付近では引張の放物線的な分布形状である．表面における最大の圧縮残留応力は，300MPa であり，中央は最大で 80MPa の引張応力であった．

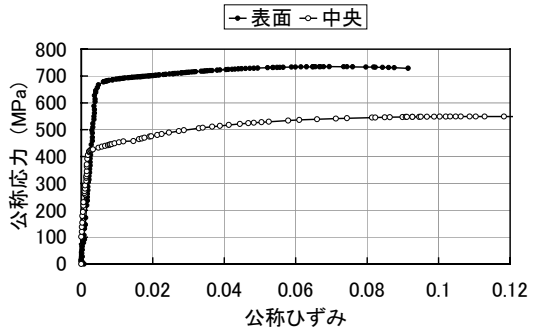

図-1 応力－ひずみ関係

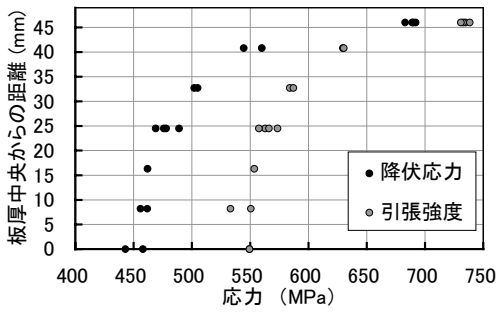

図-2 板厚方向の降伏応力，引張強度分布

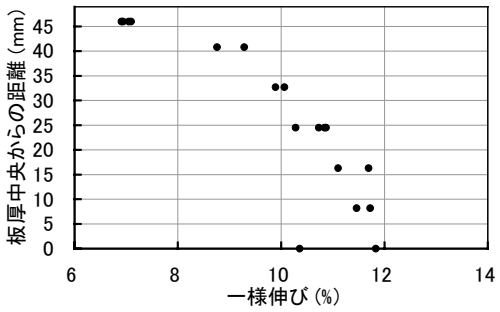

図-3 板厚方向の一様伸び分布

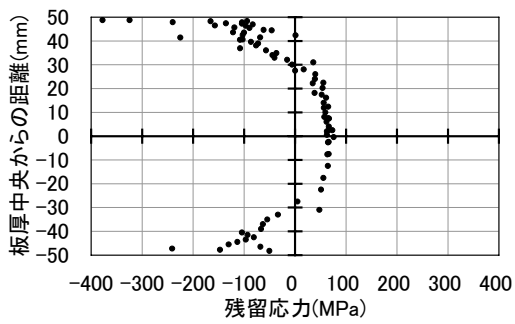

図-4 板厚方向の残留応力分布

キーワード　極厚板，材料特性，残留応力，耐荷力
連絡先　〒739-8527　東広島市鏡山１－４－１，Phone & Fax. 0824-24-7790

４．極厚板の弾塑性有限要素解析

解析モデルは図-5 のような正方形板で対称性を考慮して影付きの部分を解析に用いた．要素分割は 20×20 の 400 要素であり，境界条件は荷重により異なる．荷重は，図-5 に示す一辺に引張，圧縮では等分布の強制変位を，曲げでは等分布の強制たわみ角を与えた．また，圧縮強度解析では，幅厚比 R を 0.5，0.7，1.3 の 3 種について解析を行った．板厚方向の降伏応力分布と残留応力の変化は，板要素を板厚方向にいくつかに分割して，各層ごとにその変化を考慮している．解析条件を表-1 に示す．

解析結果では， JIS 規定による強度を用いた場合と比較すると，実際の極厚板(CASE4)の最高荷重は，図-6~8 に示すようにすべての荷重において大きく，特に，曲げ耐力に対しては顕著である．これは，JIS 規定による強度に比べ実際の極厚板は，表面付近の降伏応力がかなり大きいことに起因する．初期降伏に関しては，引張の場合，図-6 からわかるように，JIS 規定による強度を用いた場合に比べ，早い段階で降伏することがわかる．

表-1 解析条件

	降伏応力分布	残留応力
CASE 1	一定	無
CASE 2	分布考慮	無
CASE 3	一定	分布考慮
CASE 4(実際の極厚板モデル)	分布考慮	分布考慮

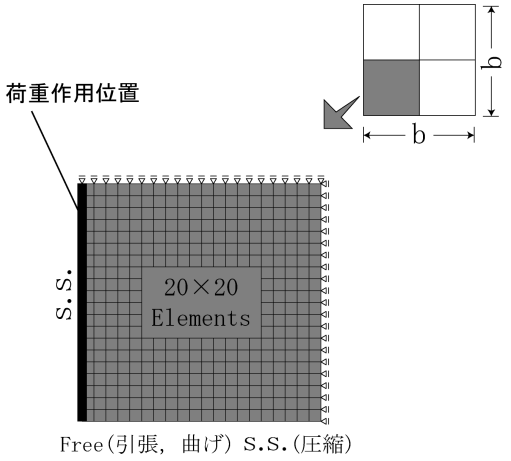

図-5 解析モデル

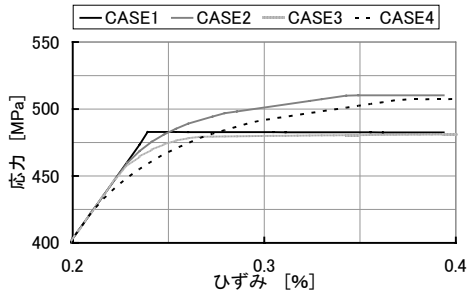

図-6 引張強度解析結果

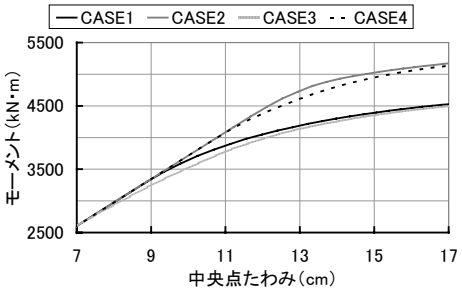

図-7 曲げ強度解析結果

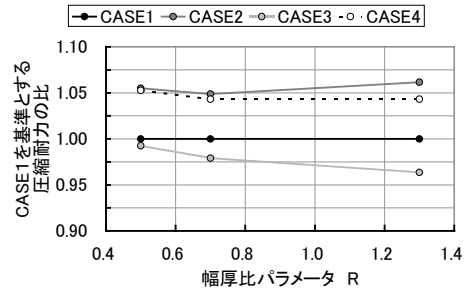

図-8 圧縮強度解析結果の幅厚比による圧縮耐力変化

５．あとがき

本研究では，極厚板の板厚方向の材料特性分布と残留応力分布を実験的に解明した．その結果，板厚中央付近では軟鋼，表面では高張力鋼のような性質であることがわかった．残留応力は，板表面では圧縮，中央では引張の放物線的な分布形状であった．また，それらを考慮して耐荷力解析を行い，極厚板の力学的挙動を調べた．その結果，現在の JIS による強度評価法を用いると，強度的には実際よりも低めに評価していることがわかった．しかし，引張の場合には，より早い段階で初期降伏することに注意する必要があることがわかった．終わりに，本研究を進めるにあたり（株）東京鐵骨橋梁の田中雅人氏には，多大なご協力を賜りました．記して心より感謝の意を表します．

参考文献

(1)日本規格協会：JIS ハンドブック 1-2 鉄鋼Ⅱ，大日本印刷株式会社，1998. (2)日本道路協会：道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説，丸善，1996.12. (3)米谷茂：残留応力の発生と対策，養賢堂，1975.