

圧延鋼板の材料特性と残留応力

広島大学 学生会員 ○Patthamma thongsin 広島大学大学院 正会員 藤井 堅

広島大学 学生会員 石川 晋介

広島大学大学院 フェロー 中村 秀治

1. はじめに

鋼板では圧延製造過程において、冷却条件の違いにより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。この材料特性の変化や残留応力により、強度面での品質低下が懸念される。そこで、本研究では板厚 22mmSM570 材、45mmSM490 材、98mmSM570 材の鋼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。さらに実験から得られた板厚方向の材料特性分布と残留応力分布を有限要素解析に反映させ、実鋼板の力学的挙動と強度を解析的に解明した。

2. 材料特性試験

鋼板の種々の深さ位置から試験片を切り出し引張試験を実施して、板厚方向の材料特性分布を求めた。板厚 45mmSM490 材の応力－ひずみ関係、降伏応力、引張強度をそれぞれ図 - 1、図 - 2 に示す。図 - 1 から板厚中央と表面の耐力が大きく異なることがわかる。図 - 2 から降伏応力、引張強度分布は表面ほど高く、中央ほど低いことがわかる。表面の降伏応力、引張強度は中央の 1.2 倍、1.04 倍である。

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。板厚 22mmSM570 材、98mmSM570 材をそれぞれ図 - 3、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。板厚 98mm では大きな残留応力があるが、板厚が小さくなると、残留応力の値は小さくなる。板厚の小さい 22mm でも残留応力があることが確認された。

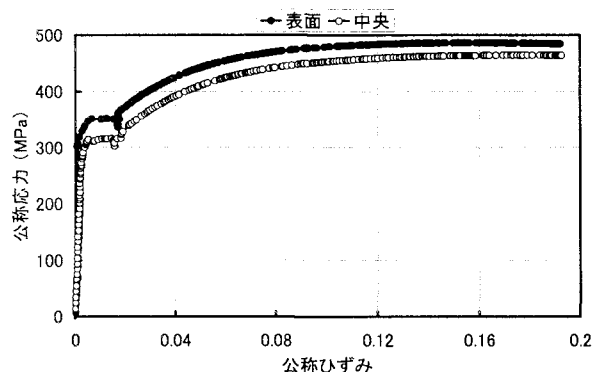


図-1 応力－ひずみ関係

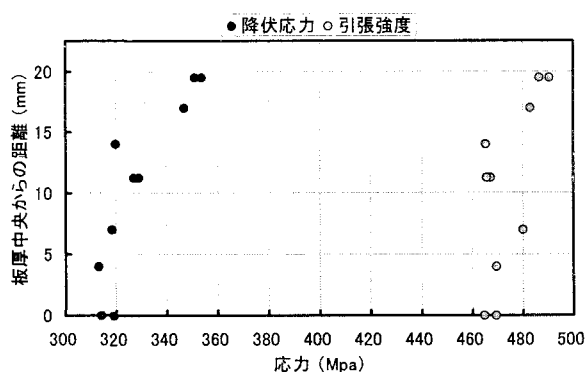


図-2 板厚方向の降伏応力、引張強度分布

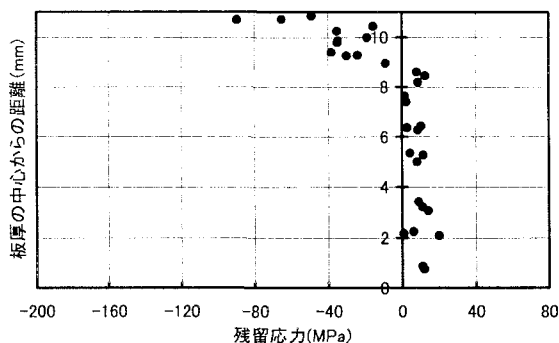


図-3 板厚方向の残留応力分布 (t=22mm)

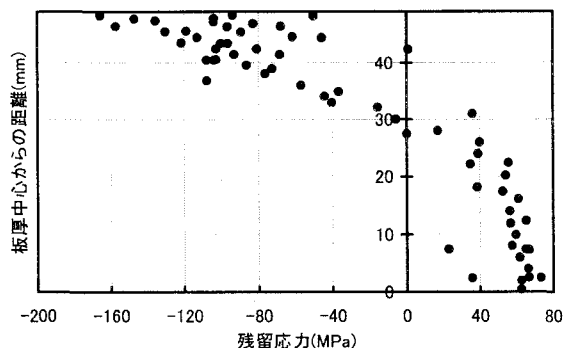


図-4 板厚方向の残留応力分布 (t=98mm)

4. 鋼板の引張強度解析

解析モデルは、図-5 に示すように、板厚 22mm では 550 要素の 11 層モデル、板厚 45mm では 450 要素の 9 層モデルである。なお、使用した要素は 8 節点立体要素である。解析モデルの各層には実験から得られた応力-ひずみ曲線、残留応力分布を与え解析した。解析モデルの片端の X 方向変位を止め、他端に X 方向に等分布引張強制変位を与えた。板厚 22mm の解析と実験の応力-ひずみ曲線の比較を図-6 に示す。図中、RS は残留応力を意味する。板厚 45mm 解析の応力-ひずみ曲線を図-7 に示す。なお、図には JIS で定められている厚板の耐力決定法、すなわち板厚の 1/4 の深さ位置の材料特性試験結果をあわせて示し、全体 FEM とは、材料特性試験結果と残留応力を考慮した板全体としての有限要素解析結果である。

図-6 から解析値では降伏棚が明確に現れていないものの、実験値とよく一致していることがわかる。また残留応力があってもなくても応力-ひずみ曲線に影響がないことがわかる。図-7 から全体 FEM の強度が JIS 規格より大きく、JIS 規定によって得られる降伏耐力を適用すると、実際では強度的に安全側を見積もっていることがわかった。

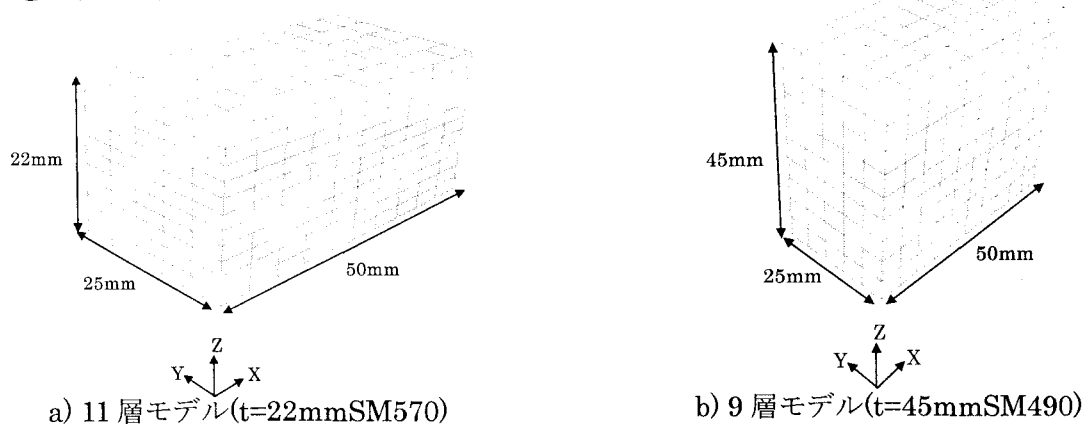


図-5 解析モデル

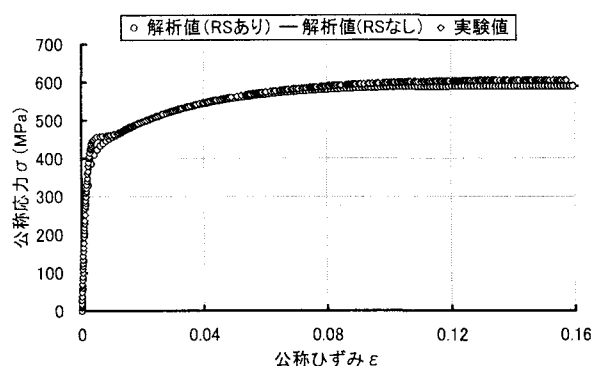


図-6 応力-ひずみ曲線(t=22mmSM570)

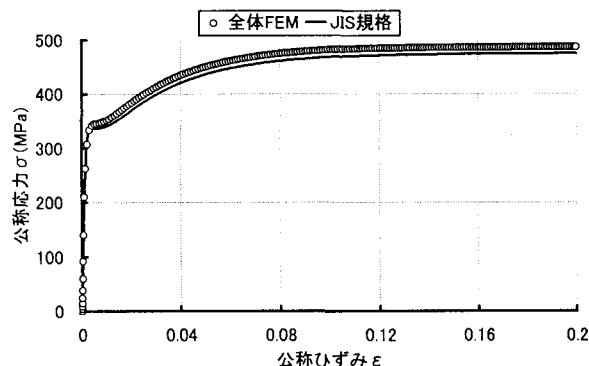


図-7 応力-ひずみ曲線(t=45mmSM490)

5. 結論

本研究では、鋼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、強度は表面ほど高く、中央ほど低いことがわかった。残留応力は板表面では圧縮、中央付近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有限要素解析を行った。その結果、有限要素解析による実鋼板の引張試験を解析的に行い、鋼板全体としての力学的挙動を解析的に推定できることを示し、引張を受ける場合、製造過程で発生する残留応力の影響は無視できることを示した。また現行の JIS 規定によって得られる降伏耐力を適用すると、実際では強度的に安全側を見積もっていることがわかった。

参考文献：石川晋介，藤井堅：極厚板の材料特性と残留応力，土木学会第 58 回年次学術講演会 pp.1183-1184 (2003.9)