

406 強度的不均質をもつ材の動的負荷における破壊遷移挙動

大阪大学(現日立造船) ○沼野正慎
住友金属工業 有持和茂 誉田登
大阪大学大学院工学研究科 豊田政男

Fracture Performance of Steels with Mechanical Heterogeneous Under Dynamic Loading

By M. Numano, K. Arimochi, N. Konda, M. Toyoda

1. 緒言

阪神・淡路大震災では多くの鉄骨構造物に被害が確認され、その中には従来静的条件下では考えられないような構造部材の脆性破壊が見られた。このような背景から、強度や破壊特性は従来の静的条件下だけでなく歪速度の速い動的条件下での特性も考慮して設計する必要があると考えられる。特に阪神・淡路大震災では、脆性的な破壊は柱梁仕口部やその近傍で多く見られたので、脆性破壊防止のためには、柱梁仕口部に存在する形状不連続や材質不連続の破壊特性に及ぼす動的負荷の影響を把握することが重要である。

本研究では、動的負荷が作用した場合の材質不連続部の強度、破壊特性について把握することを目的とし、強度的不均質を軟質部を含む継手でモデル化した丸棒試験片の静的・動的引張り試験を行った。

2. 実験及び結果

Fig. 1に示す軟質部を含む丸棒試験片をSHY685Nに3種類の厚さのSM490Bを拡散接合(800℃で30分保持後炉冷)によって作製した。SM490Bの厚さについて、相対厚さ X を(SM490Bの厚さ/試験片の直径)で定義する。また、拡散接合による熱処理を受けたSHY685NをMat.H、SM490BをMat.Sと称し、その化学組成をTable 1に、機械的性質をTable 2に示す。負荷速度を0.1、1、10、100(mm/s)で、試験温度を室温、-10、-25、-40、-60、-80℃として引張り試験を行った。計測は荷重、負荷速度、ひずみ速度について行い、一部の試験片に関しては破断位置での温度上昇も測定した。

Fig. 2に示すように、相対厚さの減少、試験温度の低下、負荷速度の増加に伴い引張り強度は上昇した。また、破断位置は全て軟質部中央であった。相対厚さが小さくなるにつれて引張り強度が上昇するのは強度差から生じる塑性拘束が強くなるからである。塑性拘束が最も大きい相対厚さ0.15の試験片では、Fig. 3に示すように静的負荷で低温になると脆性破面を呈するものがあつたが、同じ試験温度で行った動的引張り試験では脆性破面を呈さず、ひずみ速度が速くなると靱性が低下するという従来の傾向とは異なる結果となつた。また、Fig. 4に示すように-40℃の場合の方が-80℃の場合よりも低い負荷速度で脆性破面から延性破面に移行した。室温、100(mm/s)で行った場合の試験時の公称応力、軟質部中央の温度の移り変わりを示したFig. 5より、変形の大きな低強度部で最高荷重時に約50℃、破断時に約150℃以上の温度上昇の生じることが確かめられた。

これらの結果より、強度的不均質をもつ材の破壊遷移挙動は、破断位置での温度上昇を考慮すれば、試験温度、破断位置での温度上昇、ひずみ速度によってFig. 3、Fig. 4に示す脆性破面率の結果をもとにFig. 6のように定性的な整理ができると考えられる。なお、図中の曲線は軟質部材の機械的特性を等価に扱えるひずみ速度と試験温度の関係である。

3. 結言

本研究から、強度的不均質をもつ材に動的負荷が作用した場合、静的負荷が作用する場合よりも破断延性が良いことがわかり、その要因は、動的負荷で軟質部が塑性変形する過程が断熱的で、塑性仕事による発熱が十分発散されないために生じる温度上昇であることが実験的に確認された。以上より、動的負荷時の破断位置での温度上昇は重要な支配因子で、強度的不均質をもつ材の動的負荷における破壊遷移挙動は試験温度、温度上昇、ひずみ速度により整理できると考えられる。

Table 1 Chemical composition of steels used

	Chemical compositions (mass %)															Ceq (%)	Pcm (%)
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Al	Cu	Nb	B	V	N (ppm)	Ti		
Mat. S	0.14	0.36	1.41	0.010	0.003	0.19	-	-	-	0.28	-	-	0.036	-	-	0.40	0.24
Mat. H	0.10	0.97	0.97	0.007	0.001	1.21	0.46	0.45	-	-	-	0.001	0.04	-	0.005	0.45	0.31

Table 2 Mechanical properties of steels used

	Mechanical properties					
	YS (MPa)	TS (MPa)	YR (%)	UEL (%)	EL (%)	RA (%)
Mat. S	294	513	57.3	17.6	35.5	72.1
Mat. H	380	583.8	65.1	13.7	29.3	70.5

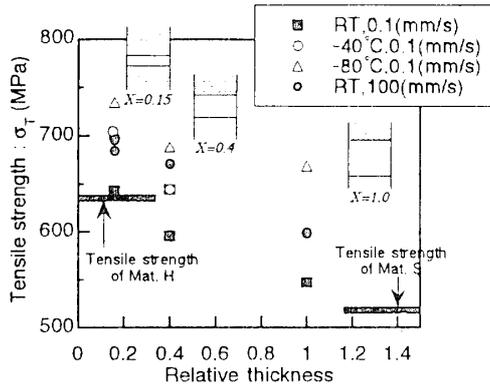


Fig. 2 Effect of temperature and loading rate on relation between tensile strength and relative thickness

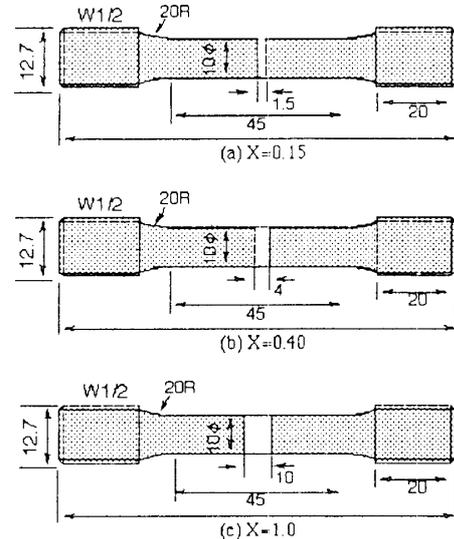


Fig. 1 Configuration of round bar tensile specimen

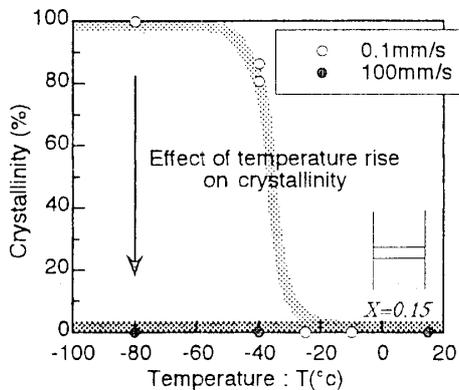


Fig. 3 Relation between temperature and crystallinity

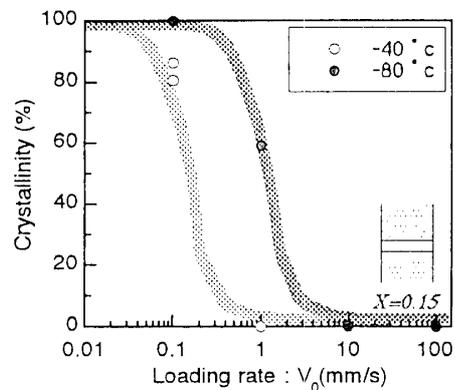


Fig. 4 Relation between loading rate and crystallinity

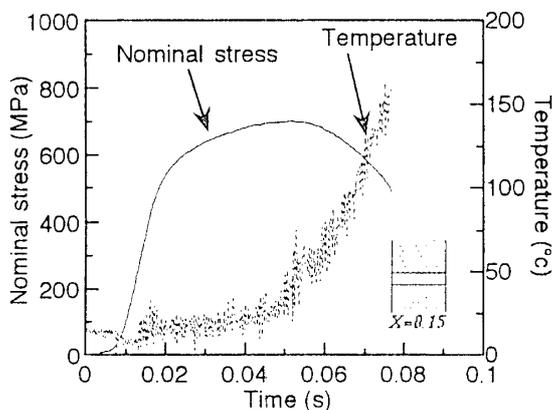


Fig. 5 Temperature rise under dynamic loading

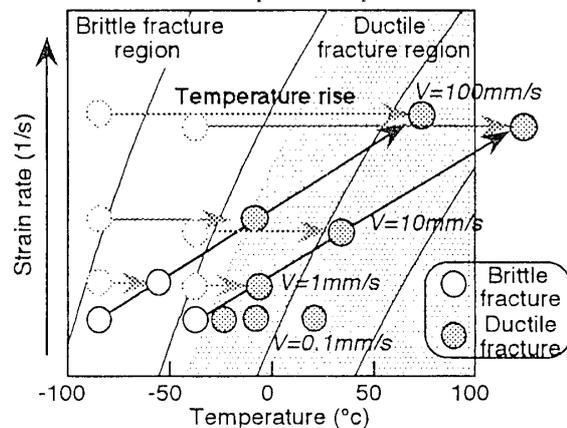


Fig. 6 Schematic view of effect of temperature rise on fracture performance