

大成建設株式会社 正員 川崎 宏二
大成建設株式会社 正員 初崎 俊夫
東北大学工学部 正員 三浦 尚

コンクリート容器を極低温（LNG温度）で使用する場合、その中の補強鋼材も -162°C まで冷却される。したがって、この時の鉄筋の力学特性が問題になるが、特に耐震構造を考える時の動的荷重に対する挙動を知る必要がある。

先の「液化天然ガス用貯槽保安委員会」で実施した動的引張試験は -120°C までで、 -162°C に対するデータがない。そこで当社では、 -162°C での鉄筋の動的引張における破断挙動を明らかにするために、熱間圧延された普通鉄筋ならびに制御圧延された低温用鉄筋について、常温からLNG温度までの間で静的および動的引張試験を行った。動的引張試験における引張速度は地震時に構造物が受ける動的荷重に対するもので、上記委員会の実験を参考にした。そのほか、コンクリートにひび割れが発生する時には更に速い衝撃的なひずみ速度となることが指摘されていることから、より高速の引張試験も実施した。また、実構造物では鉄筋を曲げ加工することがあるため、冷間加工の影響についても検討した。

供試鉄筋の化学成分および力学的性質は表-1.2に示すとおりである。実施した試験内容をまとめて表-3に示す。なお、試験は土木研究センターに委託し、建設省土木研究所の大型疲労試験を利用して実施した。

試験結果を図-1～4に示す。これから以下のことが明らかになった。

- i) 鉄筋の種類 静的および動的引張の如何を問わず、降伏点および引張強さは低温になるにつれて増大する。
- ii) 静的および動的引張の差異は応力ひずみ曲線にあらわれる。静的引張全ておよび温度 -70°C 以上の普通鉄筋の動的引張に関しては、降伏点に達した後伸びにつれて引張が更に大きくなってから破断するが、それ以外の動的引張の場合は降伏点に達した後ひずみは増大するが引張強さは降伏点以下を示したまま破断する。
- iii) 静的引張の場合、普通鉄筋の破断伸びは常温から -162°C で約10%低下するが、低温用鉄筋ではほとんど低下しない。
- iv) 破断紋りは温度の低下とともに減少する傾向があるが、静的および動的引張とも -162°C において、普通鉄筋ではほぼ40%以上、低温用鉄筋ではほぼ60%以上を示した。しかし、冷間加工した普通鉄筋の動的引張において -162°C で他に比して特別小さな値を示すものがみられた。

表-1 供試鉄筋の化学成分（Wt，%）

化学成分 供試鉄筋	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Sn	Nb	Mo	V	Se/Al
普通鉄筋 (SD35-D25)	0.23	0.19	1.03	0.037	0.025	0.25	0.10	0.18	0.03	0.019	-	-	-
低温用鉄筋 (SD35相当-D25)	0.05	0.30	1.95	0.017	0.009	0.02	0.04	0.06	-	0.069	0.30	-	0.040

表-2 供試鉄筋の機械的性質（常温）

供試体	降伏点 σ_y (kg/mm^2)	引張強さ σ_u (kg/mm^2)	伸び(4D) (%)
普通鉄筋	40	58	34
低温用鉄筋	50	60	34

表-3 試験内容一覧

	設定ひずみ速度($1/\text{sec}$)	鉄筋の種類	冷間加工の有無	試験温度		
				R. T.	-70°C	-162°C
静的引張	0.017	普通鉄筋	無	○	○	○
		低温用鉄筋	無	○	○	○
動的引張	5.77	普通鉄筋	無	○	○	○
			有		○	○
		低温用鉄筋	無	○	○	○
			有		○	○
	20.0	普通鉄筋	無	○		○
		低温用鉄筋	無	○		○
			有			○

※チェック等の影響により実際のひずみ速度は設定ひずみ速度より小さいと考えられる。

以上の結果から、本試験で実施した程度のひずみ速度では低温下における鉄筋の挙動は特に“動的”という条件で付加される危険性はない。ただ、普通鉄筋で冷間加工を行った試験体の中に -162°C で脆性破断したものがみられ、曲げ加工に対する危険性が皆無でないことが示唆される。

したがって、極端な曲げ加工をしない部分には、供試鉄筋と同等以上の性能を有する普通鉄筋を使用しても問題ないが、歪17%程度の冷間曲げ加工部分には、低温用鉄筋を使用することが望ましい。

図-1 降伏点と温度との関係

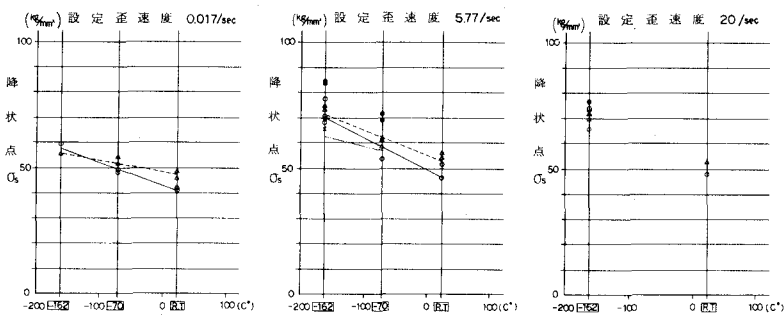
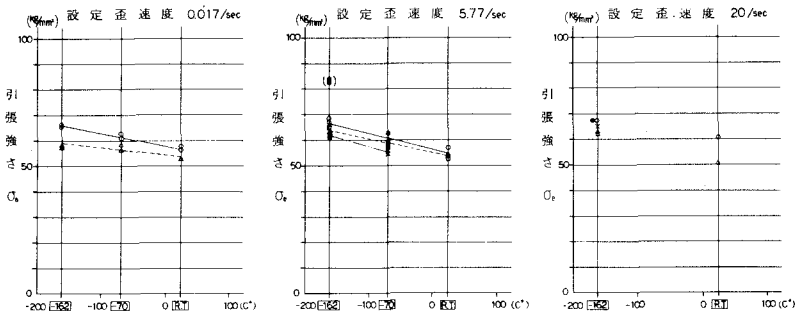


図-2 引張強さと温度との関係



普通鉄筋 冷間加工 無 A -○- (最小2乗法による回帰直線)
 低温鉄筋 " 無 Ls -△-
 " 有 A' -○-
 " 有 Ls -x-
 □ 実験温度

図-3 伸びと温度との関係

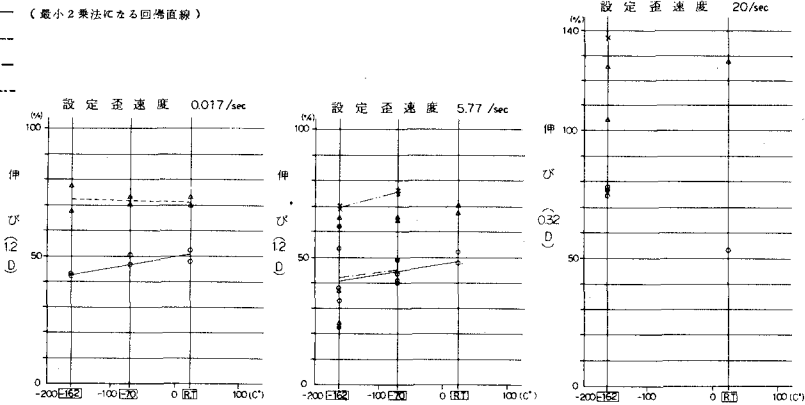
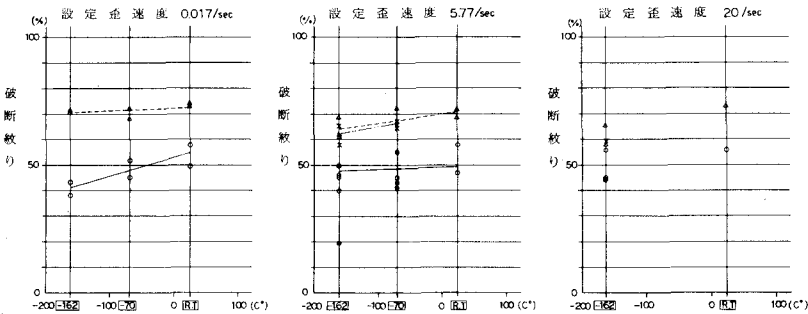


図-4 破断紋りと温度との関係



最後に実験に協力していただいた財団法人土木研究センター、株式会社伊藤製鉄所、住友金属工業株式会社に感謝の意を表します。