

溶接材料の機械的性質の現状

鉄道・運輸機構 正会員 南 邦明
大阪市立大学大学院 正会員 山口隆司

1. はじめに

著者の1人は、以前に橋梁製作で使用される鋼材の機械的性質の現状調査を行った^{1),2)}。一方、溶接材料（以下、溶材）については、溶接施工試験等で把握できる機械的性質もあるが、統計的に整理され公開されているものは存在しない。

本報告は、溶材の機械的性質を明確にすることを目的とし、溶材のミルシートから引張強度、降伏強度、衝撃値を調べた。また、降伏比も算出した。これらの結果と鋼材の機械的性質^{1),2)}およびJIS規格値との比較も行った。

2. 調査概要

調査は、土木学会鋼構造委員会「鋼構造物の連結に関する検討小委員会」に参加の橋梁製作会社および鉄道・運輸機構の工事会社で使用した溶材を対象とした。調査対象は、炭酸ガス溶接のリット[®]ワイヤ（以下、リット[®]）およびフラックス入りワイヤ（以下、フラックス）とし、SM490Y,SMA490W,SM570およびSMA570Wで使用する溶材とした。調査した溶材数量の詳細は、調査結果の表-1で示すが、合わせて638枚のミルシートを調査した。

3. 降伏強度の調査結果

表-1には、溶材の全調査結果を示し、鋼材調査の集計結果^{1),2)}も示した。また、図-1には降伏強度の調査結果を頻度分布で示した。490材では、平均値はJIS鋼材規格値(365N/mm^2 : $t \leq 16\text{mm}$)に対し、26～37%強度が高かった。材料別では、リット[®]よりフラックスの方が高い傾向が示された。また、SM用リット[®]を除けば、多くの溶材で570材のJIS鋼材規格値(460N/mm^2 : $t \leq 16\text{mm}$)を満足した。鋼材と比較すると、いずれの溶材においても、鋼材より降伏強度は高く、特にフラックスでは鋼材より15%高かった。一方、570材は490材と逆に、リット[®]の方が降伏強度は高く、さらに、490材で最も降伏強度が低かったSM用リット[®]が570材では最も高かった。また、平均値は、JIS鋼材規格値より14～26%高い強度を有していた。ただし、鋼材と比較すれば、SM用リット[®]を除いて溶材の方が降伏強度は低く、特にSMA用フラックスでは、鋼材より10%低い結果であった。

4. 引張強度の調査結果

図-2に引張強度の調査結果を頻度分布で示した。490材では、平均値はJIS鋼材規格値(490N/mm^2)に対し、10～19%高かった。材料別では、SM用はリット[®]よりフラックスの方が引張強度は高いが、SMA用ではその逆にリット[®]の方が高かった。鋼材と比較すると、SM用リット[®]を除けば、鋼材より溶材の方が引張強度は高く、SMA用の溶材では、鋼材より約7%高かった。また、SMA用の多くの溶材で570材のJIS鋼材規格値(570N/mm^2)を満足した。一方、570材は、降伏強度の傾向と同様に、490材と逆にリット[®]の方が引張強度は高く、SM用リット[®]が570材では最も高かった。平均値では、JIS鋼材規格値より6～15%高い値を有していた。ただし、鋼材と比較すると、平均値では、SM用リット[®]のみ2%溶材の方が引張強度は高かったが、それ以外は4～8%鋼材の方が高かった。一般的に、溶材の方が鋼材より高い引張強度を有していると思われるが、鋼材規格値に対し溶材は高い強度ではあるが、570材では、溶材の方が鋼材より強度は低い場合が多い現状が示された。

5. 降伏比(降伏強度/引張強度)

490材において、降伏比の平均値は0.83～0.88であった。リット[®]とフラックスを比較すると、SM用,SMA用ともに、若干であるがリット[®]の方が降伏比は低かった。また、SM用とSMA用を比較すると、リット[®]とフラックスともにSMA用の方が降伏比は低かった。次に、鋼材と比較すると、溶材の降伏比は鋼材より高く、特に、SM用フラックスではその差異が0.1と大きかった。この理由として、先に述べたように、降伏強度および引張強度(SMA用リット[®]を除く)ともに鋼材より溶材の方が高く、特に降伏強度の差異が大きかったことによる影響と考えられる。一方、570材では、鋼材と溶材の違いは少なく、リット[®]およびフラックスともに、SM用では鋼材、SMA用では溶材の降伏比が低くなる結果が示された。また、降伏比の平均値は0.86～0.89であった。一般に、鋼材の降伏比は、強度が高くなれば降伏比も高くなる²⁾が、溶材では490材と570材を比較しても大きな違いは見られなかった(SM用リット[®]を除く)。この強度上昇による降伏比の影響が溶材で生じなかったのは、490材の降伏比が高くなった影響と考えられる。

6. 衝撃値の調査結果

図-3に衝撃値の調査結果を頻度分布で示した。なお、鋼材ミルシート調査では、試験片3個の個々のデータを集計した結果¹⁾であるが、溶材のミルシートは3試験片データを掲載している場合が少なく、3個の平均値のみ示されているミルシートが多かった。このため、溶材は3個の平均値のデータを集計することとした。

キーワード：溶接材料，引張強度，降伏強度，シャルピー衝撃値，降伏比

連絡先：〒231-8315 横浜市中区本町6-50-1 TEL 045-222-9082 FAX 045-222-9102

表-1 調査結果の集計

種 別		数量	降伏強度				引張強度				降伏比				シャルピー衝撃値			
			Min	Max	Ave.	Std.	Min	Max	Ave.	Std.	Min	Max	Ave.	Std.	Min	Max	Ave.	Std.
			(N/mm ²)				Dev.	(N/mm ²)			Dev.				Dev.	(J)		
溶接材料	SM490Y用ソリッド	105	406	519	458.6	36.72	505	592	538.6	24.50	0.790	0.926	0.850	0.0364	94	178	127.2	24.39
	SMA490W用ソリッド	32	421	558	483.3	34.31	529	626	581.5	21.90	0.760	0.891	0.830	0.0306	68	124	95.7	16.64
	SM490Y用フラックス	197	432	598	500.8	34.58	506	639	570.3	24.70	0.777	0.942	0.878	0.0339	47	139	79.2	16.56
	SMA490Wフラックス	97	455	610	500.3	19.79	535	665	577.9	16.56	0.843	0.918	0.866	0.0138	48	101	58.5	9.91
	SM570用ソリッド	47	538	659	579.0	34.33	617	696	656.5	23.86	0.834	0.968	0.882	0.0344	82	135	111.0	14.64
	SMA570W用ソリッド	19	495	622	542.8	41.66	586	702	629.3	35.95	0.821	0.904	0.862	0.0255	64	133	108.2	23.13
	SM570用フラックス	107	514	627	549.1	27.52	592	670	619.6	16.38	0.849	0.974	0.886	0.0289	50	137	76.8	17.36
1,2) 鋼材	SMA570W用フラックス	34	495	637	525.4	35.22	580	688	604.6	27.74	0.850	0.926	0.868	0.0185	47	87	56.7	6.53
	SM490Y	245	365	523	424.3	29.17	508	609	552.9	15.97	0.676	0.870	0.767	0.0427	107	408	241.1	49.93
	SMA490W	215	355	532	433.2	32.91	499	598	543.9	21.77	0.651	0.914	0.796	0.0480	106	395	276.7	56.02
	SM570	170	476	664	557.0	44.74	589	709	646.1	27.00	0.798	0.981	0.861	0.0430	127	469	279.9	49.31
	SMA570W	141	462	687	587.9	46.04	582	715	659.5	29.91	0.753	0.979	0.889	0.0423	155	366	269.3	40.92

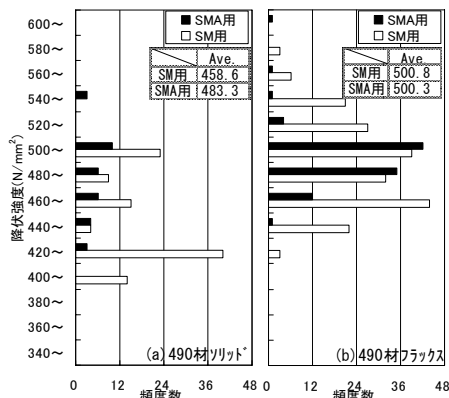


図-1 降伏強度の集計結果

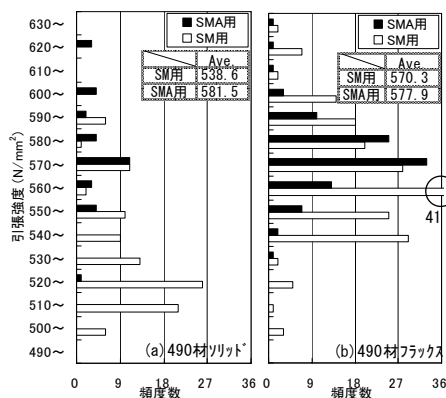


図-2 引張強度の集計結果

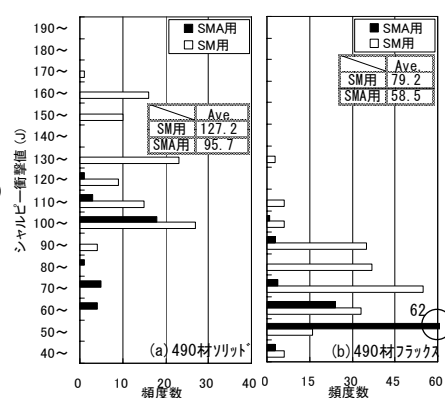
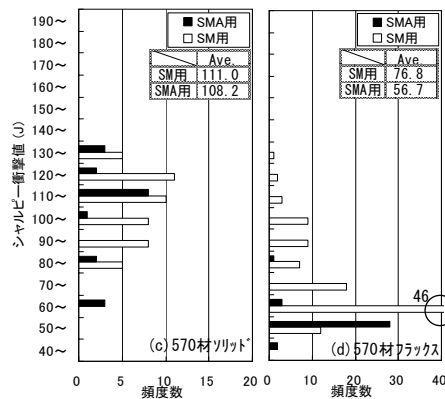
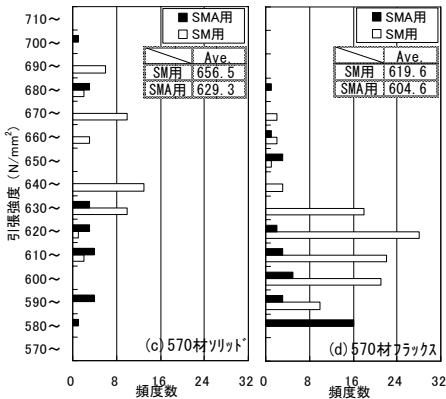
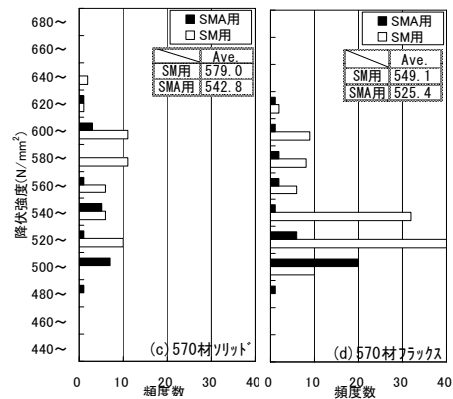


図-3 シャルピー衝撃値の集計結果



490材において、SM用ソリッドを除けば、平均で100Jを超えることはなく、特に、フラックスでは平均値で59J、最小値は47Jと低い値であった。鋼材と比較すると、鋼材は100Jを下回るデータはないが、溶材はその多くが100J以下であり、鋼材との大きな違いが見られた。570材においても、概ねその傾向は490材とほぼ同じであり、衝撃値の平均値は、ソリッドで110J程度、フラックスではSM用で77J、SMA用では57Jと低かった。また、鋼材ではそのほとんどが140Jを超えるが、溶材では140Jを超えるデータはなく、大きな隔たりが見られた。

7. まとめ

引張強度や降伏強度は、JIS 鋼材規格値に対し十分な強度を有しており、特に、490 材の溶材では 26～37%JIS 鋼材規格値より高かった。また、鋼材の調査結果と比較すると、490 材では降伏強度および引張強度ともに、溶材の方が鋼材より高くなる場合が多いが、570 材ではその逆となった。降伏比は、強度に比例して大きくなることはなく、これは 490 材の降伏比が 570 材の鋼材や溶材と同等であったためである。衝撃値については、ソリッドは平均値で 100J 程度であるが、フラックスでは SM 用で 80J 弱、SMA 用で 60J 弱と JIS 鋼材規格値を満足するものの低い衝撃特性であった。また、鋼材は 100J を下回るデータはなく、鋼材と溶材に大きな隔たりが見られた。

なお、本報告は、土木学会鋼構造委員会「鋼構造物の連結に関する検討小委員会：(委員長：山口隆司)」の活動の一環で行ったものである。

(参考文献)

- 1)南邦明,三木千壽:橋梁で使用する鋼材の機械的性質の現状, JSSC 鋼構造論文集, Vol.11, No.42, pp121-132, 2004.6.
- 2)南邦明,三木千壽:橋梁で使用する鋼材の機械的性質と化学成分の関係(その 1:引張強度・降伏強度と化学成分の関係), JSSC 鋼構造論文集, 第 13 巻 49 号, pp83-96, 2006.3.