

鋼小片を用いたシャルピー衝撃試験に関する研究

芝浦工業大学 学生員 ○及川 光晴 芝浦工業大学 正会員 穴見 健吾
大阪大学大学院 正会員 小野 潔

1. 目的

近年、鋼橋の損傷事例が多く報告されており¹⁾、今後、損傷橋梁を維持・再生して供用していくことが非常に重要である。その実現には、損傷原因の把握、補修・補強法を含めた維持管理計画を策定することが必要となる。その検討のために、機械的性質や化学成分等の鋼材に関する基礎的な情報が必要となる場合が多い。しかしながら、特に経年橋梁では、それら情報が残っていない、そもそも鋼材規格としての要求値が存在しない等により、必要な情報が得られない場合もある。そのような場合、鋼橋の一部を切り出して試験片等を製作することがあるが、試験片等製作のために健全な部材を切り出す範囲は最小限とすることが望ましい。ところで、き裂進展防止を目的としてストップホール工法が多く用いられる。その際に得られるストップホールのコアを用いて試験片の作成が可能であれば、非常に効率的である。そこで、本稿ではストップホールのコア程度の鋼小片を用いたシャルピー衝撃試験について検討を行った。

2. 対象とした鋼材とその機械的性質

本稿では、経年橋梁に用いられた鋼材に関する検討も主眼の一つとしているため、昭和初期に日本の橋梁メーカーで製作されたプレートガーダー橋のウェブから切り出した鋼材（以下、「古材」という）、現在の SM490 材の 2 種類の鋼材を対象に検討を行った。この 2 種類の鋼材の引張試験結果を表-2.1 に、化学成分分析結果を表-2.2 に示す。また、各表には 1952 年 (JIS 制定時) および 2008 年 (現行) の JIS に規定される SS400(SS41) および SM400(SM41)の要求値を示す。表-2.1 および表-2.2 より、JIS-2008 の S に関する規定以外、古材は制定当時だけでなく現行の JIS の SS400 および SM400A の規定を満足していることがわかる。

3. 鋼小片を用いたシャルピー衝撃試験

本稿では、 $\phi 24.5\text{mm}$ もしくは $\phi 26.5\text{mm}$ のストップホールを対象として検討を行った。この場合、 $\phi 20\text{mm}$ 程度のコアが残ると想定して試験体製作のためのコアを形成すると、図-3.1 に示すように 1 辺が 13mm の正方形の鋼小片を取り出すことが可能である。そして、取り出した鋼小片の側面に鋼材を接合して、図-3.2 に示すように、溶接の設計上の中心間距離 B をパラメータとして、幅 7.5mm のサブサイズのシャルピー衝撃試験片（以下、単に「試験片」という）を製作

表-2.1 化学成分分析結果

	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)
古材	0.18	0.01	0.46	0.031	0.038
SS41(JIS-1952)	—	—	—	≤ 0.080 (※注1)	≤ 0.060
SM41(JIS-1952)	—	—	—	≤ 0.040	≤ 0.050
SS400(JIS-2008)	—	—	—	≤ 0.050	≤ 0.050
SM400A(JIS-2008)	≤ 0.23	—	$\geq 2.5 \times C$	≤ 0.035	≤ 0.035
SM490	0.17	0.27	1.20	0.017	0.004

表-2.2 引張試験結果

	試験片の長手方向と鋼材の方向との関係	降伏応力度		引張強さ σ_B (MPa)	破断伸び δ (%)	絞り率 ϕ (%)
		上降伏 σ_{yH} (MPa)	下降伏 σ_{yL} (MPa)			
古材	長手	289	265	428	40.7	45.5
	長手直角	283	262	424	40.3	46.7
SS41(JIS-1952)		≥ 23	—	41~50	≥ 20	—
SM41(JIS-1952)		≥ 23	—	41~50	≥ 21	—
SS400(JIS-2008)		≥ 245	—	400~510	≥ 17	—
SM400A(JIS-2008)		≥ 245	—	400~510	≥ 18	—
SM490	ロール	399	378	531	37.2	58.1

※「SS41(JIS-1952)」の応力度の単位は「kg/mm²」である。
※「SS41(JIS-1952)」の「破断伸び」は鋼材の厚さが9mm以上の値である。
※「SS400(JIS-2008)」は鋼材の厚さが16mm以下の値である。
※「SM400(JIS-2008)」は鋼材の厚さが5mmを越え16mm以下の値である。

表-3.1 試験片の種類

試験片	材料		B	B-6
	切欠き部	つかみ部	(mm)	(mm)
1-a	古材	SM490	EBW無し	
1-b			13	7
1-c			4	-2
2-a	SM490	SM490	EBW無し	
2-b			13	7
2-c			4	-2

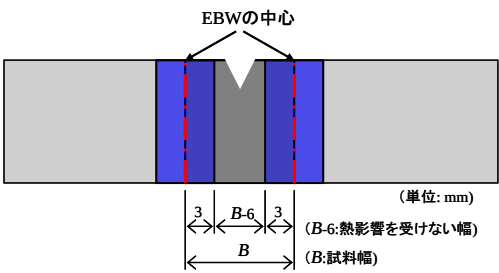
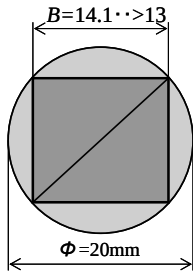


図-3.1 コアと鋼小片 図-3.2 EBWで製作した試験片

キーワード：シャルピー衝撃試験，EBW，経年鋼材，熱影響
連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学土木工学科 TEL 03-5859-8532

した。本稿では、入熱量の少ない電子ビーム溶接（以下、「EBW」という）を用いて鋼小片を接合した試験片の製作を試みた。EBWは高電圧タイプ電子ビーム加工機を用いて、加速電圧 60kV、ビーム電流 65mA、溶接速度 650mm/min の条件で実施した。本稿で用いた試験片の種類を表-3.1に示す。試験片 1-a, 2-a は通常の、試験片 1-b, 2-b は $B=13\text{mm}$ の、試験片 1-c, 2-c は $B=4\text{mm}$ の試験片である。なお、今までの EBW の経験から、EBW の熱影響範囲は EBW の中心に対して片側で約 3mm（両側で 6mm）とのものであったため、 $B=4\text{mm}$ の試験片 1-c, 2-c は切欠きを含む全域が熱影響を受けると想定したものである。図-3.3 に試験片 2-b, 2-c のマクロ観察結果およびビッカース硬さ試験（試験力 9.80kN）による硬度の測定結果を示す。なお、試験片 1-b, 1-c でも図-3.3 と同様の傾向であった。図-3.3 より、マクロ観察で見られる EBW による熱影響部の硬度が高くなっていることが分かる。そして、切欠きを含む領域で熱影響を受けていない幅について、硬度分布から判断すると、試験片 2-b では 6mm 程度存在しているのに対し、試験片 2-c では全域にわたり熱影響を受けていることがわかる。図-3.4(a) に古材の、図-3.4(b) に SM490 のシャルピー衝撃試験結果（試験温度： -60°C 、 -30°C 、 0°C ）を示す。図-3.4(a) の古材では、シャルピー吸収エネルギーの値自体が小さいために -60°C および -30°C では 3 種類の試験片で大きな差は見られないが、 0°C では試験片 1-c が試験片 1-a, 1-b と比較してシャルピー吸収エネルギーが小さくなっていることがわかる。図-3.4(b) の SM490 では、3 温度とも試験片 2-c が試験片 2-a, 2-b と比較してシャルピー吸収エネルギーが小さく、その差は図-3.4(a) の古材と比較して大きいことがわかる。これは、図-3.3 に示すように、 $B=4\text{mm}$ の試験片 1-a, 2-a では切欠きを含む領域が EBW により熱影響を受けているのが原因であると考ええる。逆に、今回の EBW によれば、EBW の中心間隔を 13mm とした試験片では古材および SM490 とも、EBW はシャルピー吸収エネルギーに影響を与えず、通常の試験片と同様の試験結果が得られたと言える。

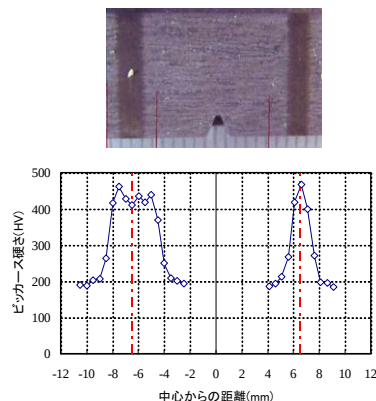
4. まとめ

ストップホールのコアを想定した鋼小片を EBW で接合した試験片を製作し、シャルピー衝撃試験を行った。その結果、昭和初期の古材、現在の SM490 いずれの鋼材においても、試験片の幅を熱影響を受けないように設定することが可能であり、その場合、EBW で接合して製作した試験片では、通常の試験片と同様の試験結果が得られることを示した。

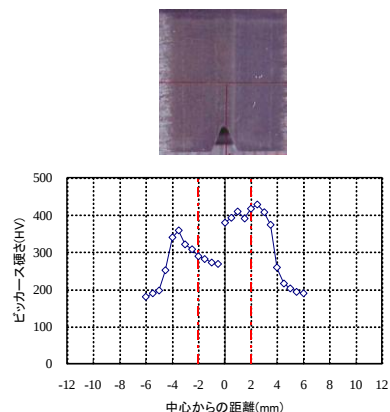
謝辞：本研究は、基盤研究(S)「重度の疲労損傷を受けた鋼橋の機能回復・機能向上を目的とする橋梁再生工学の確立」（研究代表者：東京工業大学 三木千壽教授）の一環として行われました。ここに感謝致します。

参考文献

- 例えば, Miki, C. and Konishi, T.: Retrofit Engineering for Steel Bridge Structures in Japan, A-0673, IABSE SYMPOSIUM, WEIMAR, 2007.

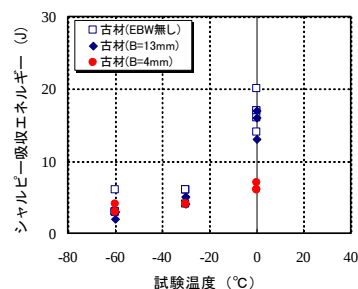


(a) 試験片 2-b ($B=13\text{mm}$)

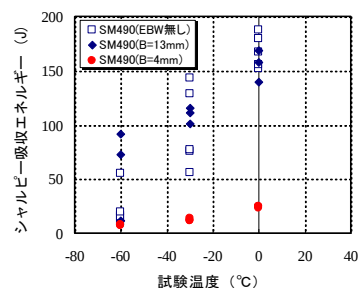


(b) 試験片 2-c ($B=4\text{mm}$)

図-3.3 マクロ観察・硬さ



(a) 古材



(b) SM490

図-3.4 シャルピー吸収エネルギー