

SW橋用各種接着剤のせん断試験について

On shearing tests of various adhesives for use in SW-bridge.

北海道大学大学院工学研究科 ○ 名誉員 渡辺 昇 (Noboru Watanabe)
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー 林川 俊郎 (Toshiro Hayashikawa)
 (株)シビル設計コンサルタント 正員 渡辺 治 (Osamu Watanabe)

1. SW橋とは

表-1

材 料	比重	強度 (kg/cm ²)	比強度 (kg/cm ²)
スギ	0.35	引張強度 900	2570
		圧縮強度 350	1000
鋼 鉄	7.85	引張強度 5000	641
アルミニウム	2.7	引張強度 1050	390
花崗岩	2.7	引張強度 92	34
		圧縮強度 1370	508
大理石	2.2	引張強度 24	11
		圧縮強度 563	256
コンクリート	2.4	引張強度 31	13
		圧縮強度 400	167
注：比強度 = $\frac{\text{強度}}{\text{比重}}$			

材料の強さには、表-1にみられるように、「比強度」という概念がある。「比強度」とは、強度(kg/cm²)を比重で割った値で、この値が大きいのは「軽くて強い材料」であり、この値が小さいのは「重くて脆い材料」である。この表-1によれば、木材は非常に「軽くて強く」、コンクリートは非常に「重くて脆い」のである。例えば、プロ野球で使っているバットは、木製であってコンクリート製ではない。

重くて脆いコンクリートで橋を作る場合には、コンクリートの中に大量の鉄筋を埋め込んで補強しなければならない。そこで、軽くて強い木材の中に鉄筋や鋼板を、接着剤を使って、埋め込んで橋を作れば、コンクリート橋よりも優れた橋を作ることができる。これが「SW橋」である。SW橋は、Steel stiffened Wooden bridge (鋼材で補強した木橋)のことであり、木材と鋼材の接着には、主としてエポキシ樹脂系接着剤を用いる。

SW橋には、「SWスラブ橋」と「SW桁橋」の2形式がある。

2. SWスラブ橋と接着剤

SWスラブ橋は、図-1に示すように、杉などの間伐材の角材を1層あるいは2層に接着して、木スラブ (木床版)を作り、その上下を、鉛直リブ鋼板のついた上鋼板および下鋼板によって、接着剤を使って、サンドイッチのように挟んで補強した「鋼材で補強した木スラブ橋」である。

図-1 SWスラブ橋の横断面図 寸法単位: mm

(国土交通省木曽川上流河川事務所発注の「国営公園北派川1号橋・2号橋」)

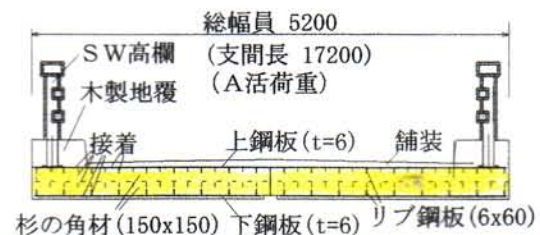


写真-1 木スラブとリブつき鋼板の工場接着



写真-2 「国営公園北派川橋」の完成

3. SW桁橋と接着剤

SW桁橋は、図-2に示すように、木材あるいは木集成材で作った木主桁の下フランジ部にリブつき下鋼板を接着し、上フランジ部に縦リブつき鋼床版を接着連結した「鋼材で補強した木桁橋」である。すなわち、木主桁の上下を鋼材によって、接着剤を使って、サンドイッチのように挟むのが特徴である。

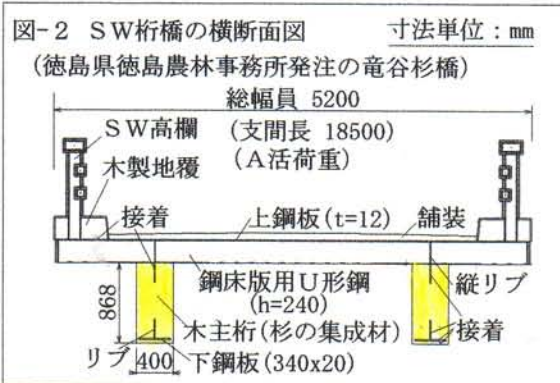


写真-4 鋼床版の落とし込み現場接着

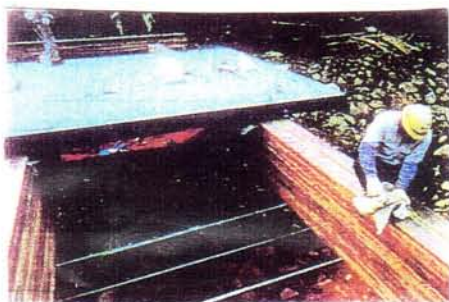


写真-3 上フランジ溝に接着剤流し込み



写真-5 「竜谷杉橋」の載荷実験(20トントラック2台)

4. せん断試験の目的

SW橋においては、木材同士あるいは木材と鋼材とを接着剤を使って接着する。すなわち、接着剤が主役を演じる。わが国においても、多くのメーカーが多種多様の接着剤を作って販売している。そこで、今回、4種類の接着剤を取り寄せて、表-2に示すように、各種せん断試験を行い、その適合性を検証した。

表-2

せん断試験の種類		A	B	C	D
接着剤の種類					
1	ショーボンド FC	試験体No. A1 黒皮つき鋼板 P=1.5 t 黒皮が剥がれた	試験体No. B1 磨かない杉材 P=20.0 t 杉材がせん断	試験体No. C1 黒皮つき鋼板 P=10.5 t 黒皮が剥がれた	試験体No. D1 黒皮を磨いた鋼板 P=59.8 t 接着剤がせん断
2	ショーボンド #101	試験体No. A2 黒皮つき鋼板 P=1.0 t 黒皮が剥がれた	試験体No. B2 磨かない杉材 P=9.5 t 杉材がせん断	試験体No. C2 黒皮つき鋼板 P=21.8 t 黒皮が剥がれた	試験体No. D2 黒皮を磨いた鋼板 P=41.0 t 接着剤がせん断
3	オーシカダイ TE-205	試験体No. A3 黒皮つき鋼板 P=3.6 t 黒皮が剥がれた	試験体No. B3 磨かない杉材 P=19.0 t 杉材がせん断	試験体No. C3 黒皮つき鋼板 P=19.8 t 黒皮が剥がれた	試験体No. D3 黒皮を磨いた鋼板 P=38.2 t 接着剤がせん断
4	テアノール DF-40	試験体No. A4 黒皮つき鋼板 P=0.2 t 接着剤が剥がれた	試験体No. B4 磨かない杉材 P=5.0 t 杉材がせん断	試験体No. C4 黒皮つき鋼板 P=0.1 t 接着剤が剥がれた	試験体No. D4 黒皮を磨いた鋼板 P=8.7 t 接着剤がせん断

5. せん断試験の写真

(接着剤はショーボンドFC)



写真-6 試験体No. A1 黒皮つき鋼板 P=1.5t 黒皮が鋼板表面より剥がれた



写真-7 試験体No. B1 磨かない杉材 P=20.0t 木材がせん断



写真-8 試験体No. C1 黒皮つき鋼板 P=10.5t 黒皮が鋼板表面より剥がれた



写真-9 試験体No. D1 黒皮を磨いた鋼板 P=59.8t 接着剤自身がせん断

4. セン断試験のまとめ

(1) ショーボンドFC

- 1) 試験体No. A1の結果、鋼板と杉材の接着には、鋼材表面をよく研磨して黒皮をなくしてから、この接着剤を使うこと。
- 2) 試験体No. B1の結果、杉材同士の接着には、この接着剤を使ってよい。
- 3) 試験体No. C1の結果、鋼材同士の接着には、鋼材表面をよく研磨して黒皮をなくしてから、この接着剤を使うこと。
- 4) 試験体No. D1の結果、この接着剤自身のせん断強度は、 $(59800\text{kg})/(600\text{cm}^2)=100\text{kg}/\text{cm}^2$ であった。

(2) ショーボンド#101

- 1) 試験体No. A2の結果、鋼板と杉材の接着には、鋼材表面をよく研磨して黒皮をなくしてから、この接着剤を使うこと。
- 2) 試験体No. B2の結果、杉材同士の接着には、この接着剤を使ってよい。
- 3) 試験体No. C2の結果、鋼材同士の接着には、鋼材表面をよく研磨して黒皮をなくしてから、この接着剤を使うこと。
- 4) 試験体No. D2の結果、この接着剤自身のせん断強度は、 $(41000\text{kg})/(600\text{cm}^2)=68\text{kg}/\text{cm}^2$ であった。

(3) オーシカダイナ TE-205

- 1) 試験体No. A3の結果、鋼板と杉材の接着には、鋼材表面をよく研磨して黒皮をなくしてから、この接着剤を使うこと。
- 2) 試験体No. B3の結果、杉材同士の接着には、この接着剤を使ってよい。
- 3) 試験体No. C3の結果、鋼材同士の接着には、鋼材表面をよく研磨して黒皮をなくしてから、この接着剤を使うこと。
- 4) 試験体No. D3の結果、この接着剤自身のせん断強度は、 $(38200\text{kg})/(600\text{cm}^2)=64\text{kg}/\text{cm}^2$ であった。

(4) テアノール DF-40

- 1) 試験体No. A4の結果、鋼板と杉材の接着には、鋼材表面をよく研磨して黒皮をなくしてから、この接着剤を使うこと。
- 2) 試験体No. B4の結果、杉材同士の接着には、この接着剤を使ってよい。(実際に、集成材の製造にはこの接着剤を使っている)
- 3) 試験体No. C4の結果、鋼材同士の接着には、鋼材表面をよく研磨して黒皮をなくしてから、この接着剤を使うこと。
- 4) 試験体No. D4の結果、この接着剤自身のせん断強度は、 $(8700\text{kg})/(600\text{cm}^2)=15\text{kg}/\text{cm}^2$ であり、せん断強度が非常に小さいので、鋼材同士の接着にはこの接着剤は使えない。

【まとめ】SW橋においては、木材と鋼材の接着面では、必ず、鋼材の表面をきれいに研磨して、黒皮を除去しておかなければならない。

5. あとがき

これまでに、次のような多くのSW橋が竣工した。

- 1) 徳島県徳島農林事務所発注の「竜谷杉橋」
- 2) 山口県美東町発注の「ほうべん橋」
- 3) 北海道室蘭市発注の「八丁平つなぎ橋」
- 4) 北海道帯広土木現業所発注の「園路橋」
- 5) 北海道札幌市発注の「いきいき公園橋」
- 6) 国土交通省木曽川上流河川事務所発注の「国営公園北派川1号橋・2号橋」

SW橋の特徴は次のとおりである。

- 1) SW橋は外観が木橋なので、コンクリート橋や鋼橋に比べ、ぬくもりがあり、人と自然にやさしいので、林道や公園などによい。(写真-2参照)
- 2) SW橋には国産の杉やカラマツなどの間伐材を大量に使うので、わが国の森林行政や木材の地場産業に貢献する。
- 3) SW橋は鋼材で補強された木橋なので、曲げ剛性が大きく、A・B活荷重対応の車道橋が設計できる。(写真-5参照)
- 4) SW橋はコンクリート橋に比べて3分の1の軽さなので、地震に対し有利であり、下部工にかかる地震力が小さいので、それだけ下部工費も安くなる。
- 5) プレテンPC橋は単純桁形式なので、走行性が悪く、地震に不利であるが、SW橋は連続桁形式なので、走行性が良く、地震に対し有利である。
- 6) コンクリート橋は現場製作なので、足場や型枠が必要で、施工に時間がかかり、手抜き施工の心配があるが、SW橋はプレハブ式橋梁なので、工場製作により品質がよく、運搬・架設が容易で、現場工期が短い。例えば、「竜谷杉橋」の現場架設ではトラッククレーンを用いて僅か数時間で終わった。(写真-4参照)
- 7) コンクリートのホロースラブ橋などは床版がコンクリートなので、痛みやすく、維持修繕費がかかるが、SW橋は床版が鋼床版なので、耐荷力が抜群で、維持修繕費が殆どかからず、長年月の寿命が期待できるので、ライフサイクルコストが安い。
- 8) 橋を架け替えるとき、コンクリート橋はリサイクルが難しく産業廃棄物になるが、SW橋は素材が木材と鋼材なので、リサイクルが容易である。

【参考文献】

- 1) 農林水産省新技術等普及マニュアル・平成16年度版・第4章・SW橋梁
- 2) 国土交通省NETIS・登録番号・CB-040031・新技術名称・SW橋