

SSW スラブの曲げ載荷実験および耐荷力検討

Ultimate Bending Strength Tests of SuperDyma Wooden Slab

北海道大学工学系技術センター技術部
北海道大学大学院工学研究院
渡辺治建築都市設計事務所
北海道大学大学院工学研究院
北海道大学大学院工学研究院
北海道大学大学院工学研究院

○正会員 近藤健太 (Kenta Kondo)
フェロー 渡辺 昇 (Noboru Watanabe)
正会員 渡辺 治 (Osamu Watanabe)
フェロー 林川俊郎 (Toshiro Hayashikawa)
正会員 松本高志 (Takashi Matsumoto)
正会員 何 興文 (Xingwen He)

1. まえがき

土木・建築の分野において、昨今の社会情勢による物価の高騰を受け、軒並み工事が先送りとなっている現状がある。そういった時代であるからこそ、「性能単価」「耐力単価」を考える必要がある。今日まで、住宅の部材は高性能で安価なものが開発されており、規格化、量産化が進められてきた。土木分野や橋梁などの大きな構造体を作る際にも、低コストかつ性能や耐力に優れた部材を用いることが合理的といえる。このような背景より、渡辺ら²⁾は様々な利点を有する橋梁床版として、木製の床版の上面と下面を鋼板や鉄筋で補強した「SWスラブ」(Steel reinforced Wooden slab)を考案した。この技術は橋梁に応用され、今日までに国内で併せて 7 本のSWスラブ橋、SW桁橋が建設されている。

この技術を橋梁だけでなく建築分野への応用を計り、鋼板部に SuperDyma®を用いた SSW スラブ(SuperDyma Wooden slab)が新たに考案された。

SuperDyma®はめっき層成分が亜鉛を主とし、約 11% のアルミニウム、約 3% のマグネシウムおよび微量のシリコンからなる高耐食性めっき鋼板であり、土木分野においても様々な部材に加工され活用されている。

本論文はSSW スラブのパネル試験体 2 枚について、ひずみ、応力、破壊強度等を把握するために実施した弾性載荷実験および破壊実験結果について報告するものである。

2. 実験概要

2.1 試験体

載荷実験において、SSW スラブのパネル試験体 2 枚を使用した。試験体全体の寸法は幅 910mm、長さ 1,820mm、厚さ 31.2mm である。

試験体は上下面に厚さ 1.6mm の SuperDyma®鋼板(NSDHC-QN,X,K18,SM400)、心材として厚さ 28.0mm の住宅用構造用合板(ラージ)を、それぞれアイカ工業製のエポキシ樹脂接着剤によって工場接着させたサンドイッチ構造を有している。

これらのパネル試験体下面の適切な位置に一軸ひずみゲージを長軸方向に貼付けた。また上面の載荷点、支点位置にダイヤルゲージを設置し、試験体のひずみおよび変位を計測する。

図-1 に試験体寸法および 4 パターン(A1、A2、B1、B2)のダイヤルゲージ、ひずみゲージの設置位置を示す。

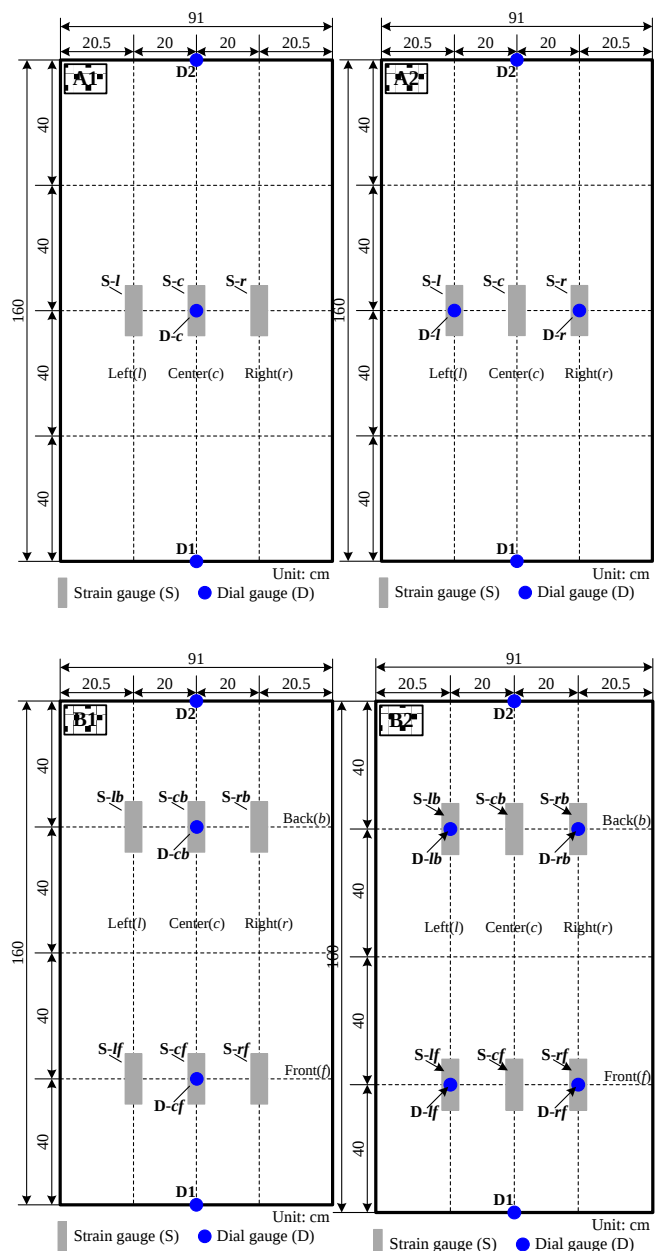


図-1 試験体寸法と計測センサーの配置図

各々のゲージについて、その位置によって以下のように図中通りの名前を付けることとする。(S:Strain gauge, D:Dial gauge, f:Front, b:Back, l: Left, c:Center, r:Right)

また、D1 と D2 のダイヤルゲージは支点位置の沈下量を測るために設置した。D1 と D2 を除き、各ケースにおけるダイヤルゲージの位置は、載荷板の位置となっている。すなわち、A1: 1点載荷、A2・B1: 2点載荷、B2: 4点載荷である。

2.2 実験方法

実験は、図-2 に示す 300t 載荷制御装置を使用し、試験体はそれぞれ両短辺側の単純支持を境界条件とし、支間長 1,600mm となるように設置した。本実験装置の載荷荷重は 0tonf から実験開始とし、ダイヤルゲージ、ひずみゲージで 0.1tonf 荷重を加えるごとにそれぞれ変位とひずみの計測、記録を行った。弾性実験では荷重値が 0.5tonf に至った場合そこで実験終了とし、破壊実験では終局状態まで達した場合を実験終了とした。また破壊実験については A2、B2 の載荷パターンでのみ行った。



図-2 300t 載荷制御装置

2.3 SSW パネル試験体の曲げ耐力概算

SSW パネルを単純支持の合成梁として近似し、中央点載荷する場合の耐力および挙動を概算する。ここでは、サンドイッチ構造において表面材に比べ心材のヤング係数が小さく、その曲げ剛性を無視している。

・SSW パネル寸法(mm):

全体: L 1820×W 910×T 31.2

表面材: L 1820×W 910×T 1.6

心材: L 1820×W 910×T 28.0

・SuperDyma®諸元(安全率を確保するために SM400 を用いることとした。)

ヤング係数Es: 2.0E+05 N/mm² (200GPa)

降伏応力S: 235N/mm²

断面 2 次モーメント: $I_s=W*T^3/12=310.61\text{mm}^4$

$I_h=W*T*h^2=318922.24\text{mm}^4$

(h=14.8mm:表面板中心線から中立軸までの距離)

・合成梁の諸元:

断面 2 次モーメント: $I=2*(I_s+I_h)=638465.7\text{mm}^4$

曲げ剛性: $EI=2*E_s*(I_s+I_h)=1.27693\text{E}+11\text{N*mm}^2$

スパン長(支間距離): l=1600 mm

縁端距離:y=15.6 mm

中点曲げモーメント: $M=P*l/4=400*P$

・降伏荷重の計算:

$\epsilon=(M/EI)*y$ および $\sigma=E_s*\epsilon$ より $\sigma=E_s*(M/EI)*y$

また、中点たわみ: $d=P*l^3/(48*EI)$

以上より、0.1tonf(980N)刻みでの載荷結果を以下表-1 に示す通りである。

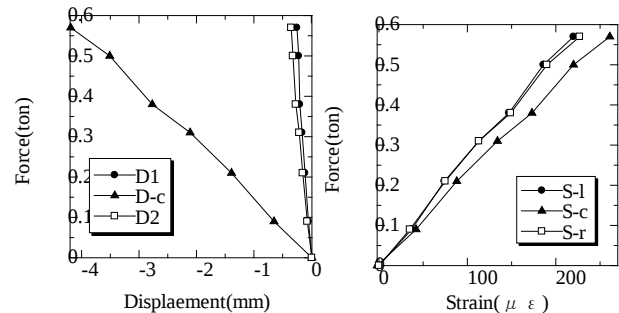
表-1 SSW パネル曲げ耐力概算

F (tonf)	d (mm)	$\mu \epsilon$
0.1	-0.96	54
0.2	-1.93	109
0.3	-2.89	163
0.4	-3.86	218
0.5	-4.82	272

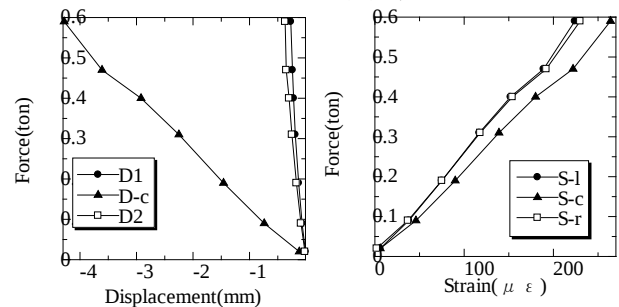
3. 実験結果

3.1 弾性実験結果

上記 4 ケースの弾性載荷実験結果を図-3～図-6 に示す。いずれの実験結果においても線形の弾性変形挙動がみられた。また、A1 の載荷ケースについて、2.3 節の曲げ耐力概算による予測結果と実験結果を比較すると、両者は良く一致していた。これにより、本実験は適切に実施され、実験結果に再現性があることが証明された。



(a)1 回目実験結果



(b)2 回目実験結果

図 3 弾性実験結果 載荷パターン A1

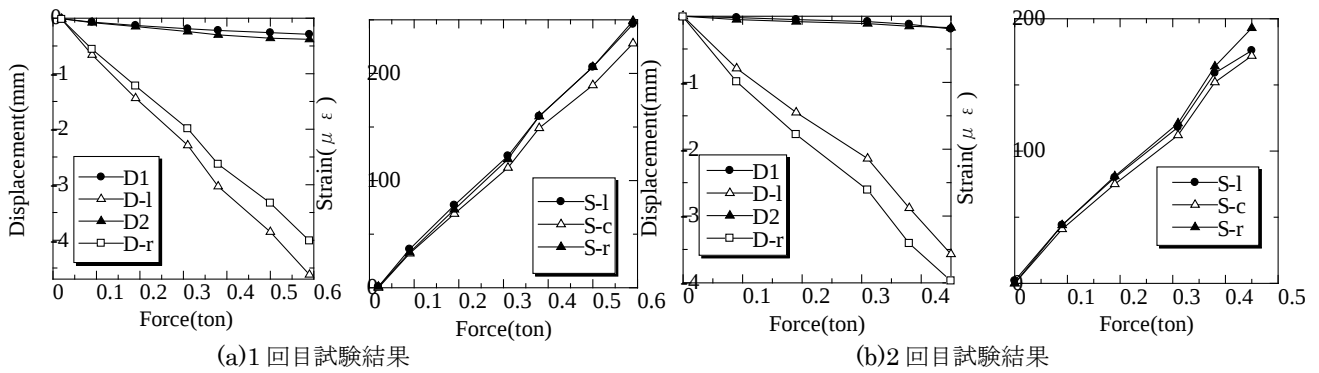


図4 弾性試験結果 荷重パターン A2

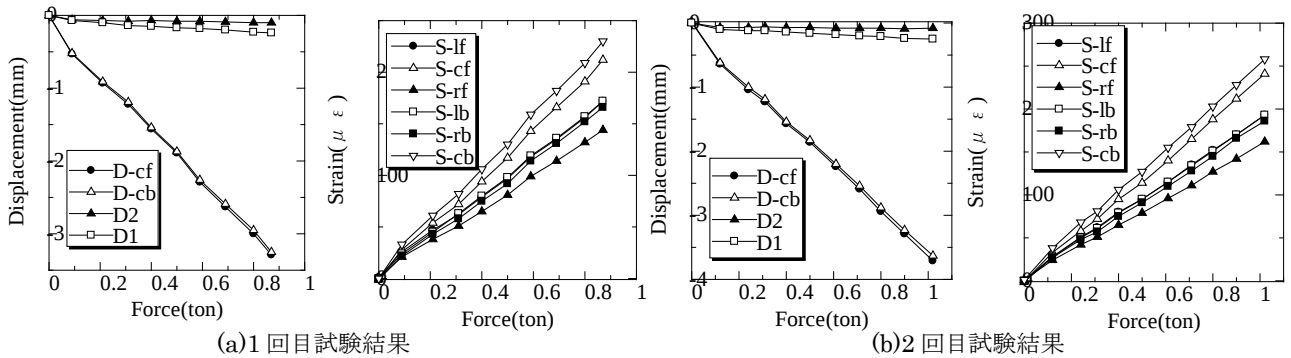


図5 弾性試験結果 荷重パターン B1

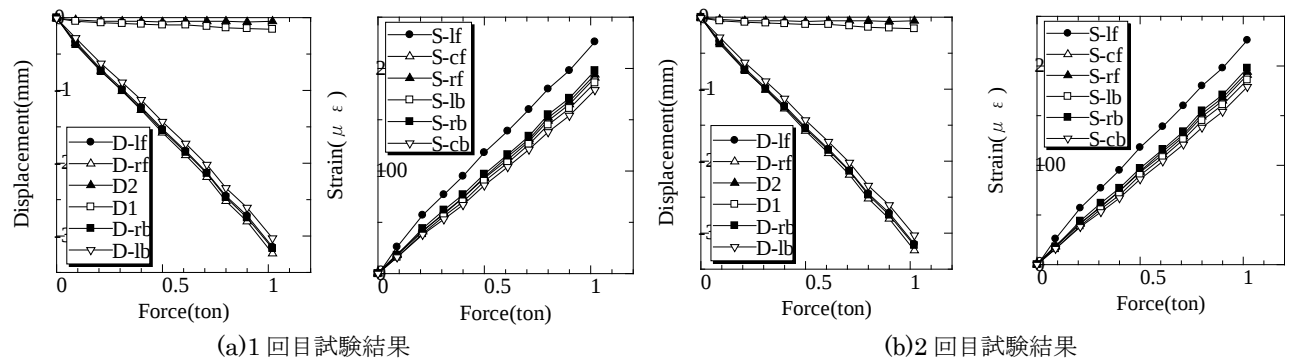


図6 弾性試験結果 荷重パターン B2

3.2 破壊実験結果

A2、B2の2ケースにおける破壊実験結果を図-7に示す。いずれの実験においても、曲げ破壊に至る前に接着面のせん断破壊を起こすという結果となった。破壊形態としては、鋼板と心材との間での接着剥離となっている。

A2 荷重ケースにおいて、0.80tonf まで荷重したところでせん断破壊を起こし、それと同時に荷重値が低下した。その後実験を再開し、同様に 0.1tonf ずつ荷重を加えた。結果として最大荷重 1.30tonf を示したところで心材が曲げ破壊を起こしたため、これをもって実験終了とした。

また同実験時のダイヤルゲージについて、せん断破壊後の実験再開時 0.9tonf まで荷重したところ、荷重板上に設置した2つのダイヤルゲージが計測範囲を超えた。その後の実験結果への影響を考慮し、同一試験体のそれ以降の実験ではそれらのダイヤルゲージを取り外した上で実験を再開した。

また B2 荷重パターンにおいて、A2 実験と同様に曲げ

破壊に至る前にせん断破壊を起こす結果となった。1.51tonf まで荷重したところでせん断破壊を起こし、荷重値が低下した。実験再開後、最大荷重 2.67tonf を示した際、荷重制御装置の荷重アームが最大まで荷重したため、これをもって実験終了とした。実験終了後荷重装置を操作し除荷したところ、上下の鋼板が剥離した状態ではあるが心材は弾性を示し元の寸法に戻る傾向を示した。また、A2 荷重パターンと同様、実験中に計測範囲を超えたダイヤルゲージについては実験を中断した上で除外している。

図-8 にそれぞれの荷重パターンにおけるせん断破壊時の試験体の状態を示す。いずれの荷重パターンにおいても荷重板付近にて試験体上側の鋼板の接着剥離が確認できる。また、図-9 に終局状態の試験体の状態を示す。それぞれの実験終了後に試験体を確認したところ、いずれの荷重パターンにおいても試験体下側の鋼板の剥離が確認された。

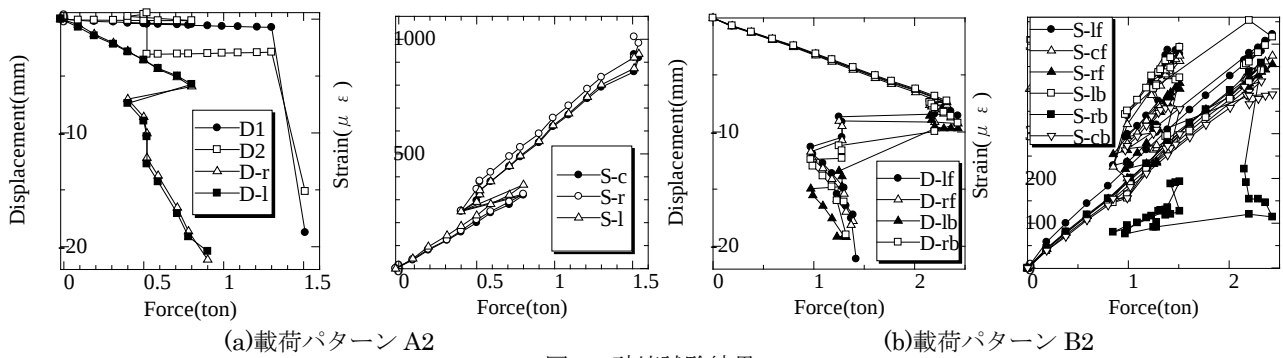


図 7 破壊試験結果



(a) 荷重パターン A2



(b) 荷重パターン B2

図 8 セン断破壊・降伏時の状態



(a) 荷重パターン A2



(b) 荷重パターン B2

図 9 終局状態の状態

4. あとがき

本研究では、SSW スラブのパネル試験体を用い、弾性荷重実験および破壊実験を行った。そしてパネルの材料強度を明らかにした。得られた知見を以下に示す。

- 1) 試験体の SSW スラブの特徴として、鋼材と心材との接着剥離によるせん断破壊を経て曲げ破壊に至ることが荷重実験によって判明した。接着を強固なものにすることにより、耐力力を大幅に高められる可能性がある。そのため、実際の建物に应用する際に接着性能を十分に確保する必要がある。
- 2) 本実験結果から A2 荷重パターンでは 1.30tonf、B2 荷重パターンでは 2.67tonf 以上の材料強度が得られた。建築基準法³⁾によると、室の床の積載荷重について住宅の居室等に必要な積載荷重は 1800N/m²、百貨

店や店舗の売り場の場合は 2900N/m²と定められている。A2、B2 荷重パターンで得られた材料強度を換算すると、それぞれ 7879N/m²、16121N/m²となり、建築物の床材としては十分な強度があるといえる。

参考文献

- 1) 渡辺昇・佐藤浩一・和田隆宏・青木雅人・渡辺治(1998), 鋼補剛木桁(SW 桁)の耐力力について、平成 10 年度土木学会北海道支部年次技術研究発表会(論文報告集)
- 2) 渡辺昇・和田隆宏・青木雅人・渡辺治(1999), 鋼補剛木床版(SW 床版)合成桁の実験的研究、平成 11 年度土木学会北海道支部年次技術研究発表会(論文報告集)
- 3) 国土交通省, 建築構造設計基準の資料, 平成 23 年 7 月 5 日国営整第 221 号, 建築基準法施行令第 85 条第 1 項