(32) A L C パネルに鋼板を接着した 軽量サンドイッチ構造床版

岡 日出夫¹・五十嵐 信哉²・山田 聖志³・北東 宏郎⁴

¹正会員 株式会社竹中工務店 技術研究所(〒270-1395 千葉県印西市大塚1-5-1) E-mail: oka.hideo@takenaka.co.jp

²正会員 株式会社竹中工務店 エンジニアリング本部(〒136-0075 東京都江東区新砂1-1-1) E-mail: igarashi.shinya@takenaka.co.jp

³正会員 豊橋技術科学大学・教授 工学部建設工学系(〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1) E-mail: yamada@tutrp.tut.ac.jp

⁴正会員 豊橋技術科学大学 工学研究科建設工学専攻(〒441-8580 愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1) E-mail: h063634@edu.imc.tut.ac.jp

建築構造物の軽量化を図る上で, 躯体重量の多くを占めている床版部材の軽量化が最も効果的な方策の ーつと考えられる.本報では, 軽量性と高剛性の両立の観点からサンドイッチ構造に着目すると共に, プ ロトタイプの試験体として, ALCパネル(軽量気泡コンクリートパネル)の上下両面に鋼板を接着した軽 量サンドイッチ構造床版を試作した.基本的な構造特性を把握するため, 鋼板を片面(下面)のみに接着 した試験体,及び, 鋼板のない一般のALCパネルと併せて曲げ実験を行い, 面外剛性, 破壊性状等を観察 した.また,サンドイッチ構造梁に対する曲げ理論,並びに,既往研究におけるせん断強度推定式等との 対比を通して,実験結果の考察を行った.

Key Words : slab, sandwich panel, autoclaved lightweight aerated concrete (ALC), steel skin, adhesive bonding

1. はじめに

建築構造物の軽量化は,構造部材のスリム化,地震荷 重減少に伴う耐震安全性の向上,並びに,生産時におけ る資材の運搬・揚重負荷の軽減等,構造設計と施工の合 理化に直結する多くのメリットがある.一般的なビル建 築の場合,躯体重量の約半分程度が床版部材によって占 められていることから,床版の軽量化を狙いとした開発 も数多く行われている.例えば軽量コンクリートを用い る方法¹¹や,床版内部に空洞(ボイド)を設ける方法²¹等 が代表的なものである.しかしながら,コンクリートを 主原料とする既往の開発例では,軽量コンクリートを用 いたとしても軽量化には限界があると言える.

これに対し著者らは, さらなる軽量化を比較的容易に 実現する方策として,比重が1.0を大きく下回る軽量材 料の適用,並びに,軽量性と高剛性の両立の観点からサ ンドイッチ構造に着目した研究を行っている^{3~5}.軽量 サンドイッチ構造床版としては,海外の土木橋梁分野で ポリウレタン (PU) エラストマー (ポリマー樹脂)を2 枚の鋼板間に注入したPUサンドイッチ鋼板⁶等が見受け られるが,事例としては少数である.

本報では,建築用の軽量床版であることを鑑み,耐火 性を有し,JIS製品として既に広く普及しているALCパ ネル(軽量気泡コンクリートパネル)をコア材とする, サンドイッチ構造を検討対象とする.プロトタイプの試 験体として,ALCパネルの上下両面に鋼板をエポキシ 樹脂系接着剤で接着したサンドイッチ構造床版を試作し た.基本構造特性,特にサンドイッチ構造の面外剛性に 関する優位性を確認するため,鋼板を片面(下面)のみ に接着した試験体,及び,鋼板のない一般のALCパネ ルと併せて曲げ実験を行った.

なお,ALC部材の曲げ,及び,せん断強度特性につ いては,既に松村の研究^{7,8}で詳述されている.本報で は,主にALCの圧縮強度,及び,部材のせん断強度に 関する同研究の提案式に対し,実験との整合性,サンド イッチ構造床版への適用性について考察を行った.

(1) サンドイッチ構造床版試験体

プロトタイプ試験体として,床用のALCパネルの上下 両面に鋼板を接着した,サンドイッチ構造床版を採用し た(以降,SAS試験体と呼ぶ).ALCパネルは標準サイ ズの長さ3,000×幅600×厚さ150mmであり,内部には補強 鉄筋(上面3-7,下面5-7)が配されている.表面材 は幅580mm,厚さ1.2mmの鋼板(SS400相当)であり,鋼 板とALCパネルはエポキシ樹脂系の接着剤により接着接 合した.なお,鋼板の接着前に,ALCパネルの表面には プライマー処理を施している.

構造特性の比較を行うため,ALCパネルの片面(下面)のみに鋼板を接着した試験体(以降,AS試験体), 並びに,鋼板のない一般のALCパネル(以降,A試験体)についても検討の対象とした.

ALCパネル試験体の概要を図-2.1に,試験体一覧を表-2.1にそれぞれ示す.なお,鋼板を接着してから加力実 験を行うまでの養生期間は十分設けたが(接着剤は常温 で約1日で硬化),表-2.1中に示す通り,AS試験体とSAS 試験体の各1体目と2体目では,実験工程の関係で養生期 間に差を有している.

(2) 材料の機械的性質

床版試験体を構成する各材料の機械的性質について, 以下に述べる.

a) ALCの圧縮特性

ALCパネル試験体と製造時期が同じロットに対するサ ンプル試験結果を表-2.2(a)に示す.密度,圧縮強度は, JIS A 5416の基準値(圧縮強度: 3.0N/mm²以上,密度: 450を超え550kg/m³未満)を満たしている.弾性係数につ いては,設計で通常用いられる1,750N/mm²より約10%大 きく,鋼材との弾性係数比は100程度である.

応力 - ひずみ関係をより詳細に調べるため,本報の試 験体と製造ロットは異なるが,改めてALC供試体を採取 し圧縮試験,及び,弾性係数測定試験を行った.圧縮試 験は100×100×100mm,弾性係数測定では100×100× 200mmサイズの供試体を用い,加力はALCの発泡方向に 対して直角方向に行った.試験結果(供試体3体平均) を表-2.2(b)に,また,圧縮応力度-ひずみ関係の例とし て,最大応力度までの範囲を無次元化した弾性係数測定 試験の結果を,図-2.2にそれぞれ示す.

ALCの圧縮強度特性については,松村の研究⁷⁰で多く の実験結果を基に(2.1),(2.2a,b)式が提案されている.図-2.2中には(2.2a)式,並びに,普通コンクリートを対象に 提案されている e 関数表示の(2.3)式も併せて示す.

$${}_{c}\varepsilon_{B} = 1.42 \times 10^{-3} \cdot \sqrt{}_{c}\sigma_{\max}$$
(2.1)



図-2.1 ALCパネル試験体

600 (ALC)

表-2.1 床版試験体一覧

試験体	A-1	A-2	AS-1	AS-2	SAS-1	SAS-2
名	1体目	2体目	1体目	2体目	1体目	2体目
ALC						
鋼板	な	し	片面(下面)	両	面
接着養 生日数	-		7	43	7	43

表-2.2(a) ALCの機械的性質

(サンプル試験結果:ALC製造工場)

圧縮強度	曲げ強度	圧縮弾性係	絶乾密度
(N/mm ²)	(N/mm ²)	数(N/mm ²)	(kg/m ³)
5.4	1.3	1,910	493

表-2.2(b) ALCの機械的性質

(追加試験結果:本報の試験体とは別ロット)

圧縮強度 (N/mm ²)	圧縮弾性係 数(N/mm ²)	ポアソン比	絶乾密度 (kg/m ³)
4.4	1,933	0.21	483



図-2.2 ALCの圧縮応力度 - ひずみ関係の例 (追加試験結果:本報の試験体とは別ロット)

 $_{c}\sigma_{\max}$:最大圧縮応力度(N/mm²), $_{c}\varepsilon_{B}$: $_{c}\sigma_{\max}$ 時の 圧縮ひずみ

$${}_{c}\varepsilon \leq_{c}\varepsilon_{B}: {}_{c}\eta = 1.44 \cdot_{c}\xi_{c} - 0.44 \cdot_{c}\xi_{c}^{3}$$

$${}_{c}\varepsilon_{B} <_{c}\varepsilon \leq \varepsilon_{u}: {}_{c}\eta = 1 - 0.2 \cdot ({}_{c}\xi_{c} - 1)$$
(2.2a,b)

$${}_{c}\eta = 6.75 \cdot \left(e^{-0.812 \cdot {}_{c}\xi_{c}} - e^{-1.218 \cdot {}_{c}\xi_{c}} \right)$$
(2.3)

 $\exists \exists c, \quad _{c}\eta =_{c}\sigma /_{c}\sigma_{\max}, \quad _{c}\xi_{c} =_{c}\varepsilon /_{c}\varepsilon_{B}, \quad ,$

 ${}_{_c}\sigma, {}_{_c}arepsilon$:ALCの圧縮応力度,及び,圧縮ひずみ,

ε_{u} : ALCの圧壊時ひずみ

(2.1)式より求めた_{$c & \mathcal{E}_B$}と実験平均値との差異は1%程度でありよく一致する.図-2.2より,普通コンクリートの(2.3)式に比べると応力 - ひずみ関係が直線的であること,また,ひずみエネルギーでみると実験は(2.2a)式より5%程度小さいが,概ね整合することが分かる. b)補強筋の引張特性

ALCパネル内部の補強筋は,径7mmの丸鋼である. ALCパネルの製造時期と対応する鉄筋ロットのサンプル 試験結果を,表-2.3(a)に示す.

なお,ALCパネルはオートクレーブと呼ばれる高温・ 高圧(180 ・10気圧)の蒸気養生の過程を経るが,そ の際,特に細径の鉄筋は熱的な影響を受けることで応力 - ひずみ関係が変化することが指摘されている⁷⁷.ここ では,本報の試験体とは別ロットになるが,オートクレ ープ養生の影響を確認するため,ALCの打設前,及び, 養生を経て完成したパネル内部のそれぞれから鉄筋を採 取し,改めて引張試験を実施した.試験結果(供試体3 体平均)を表-2.3(b)に,また,応力度-ひずみ関係の一 例を図-2.3に示す.

文献7)の指摘通り,オートクレープ養生前・後では明 らかに特性が変化しており,養生経験後の鉄筋では降伏 棚が明瞭となり,降伏応力度も44%増加している. c)鋼板の引張特性

鋼板は亜鉛めっき後に塗装を施した塗装鋼板であり, 板厚は1.2mmである.引張試験結果(供試体3体平均) を表-2.4に示す.

d) 接着剤の基本特性

ALCパネルと鋼板の接着に用いた接着剤は, 土木・建築分野で一般に用いられる2液混合型のエポキシ樹脂系接着剤である.養生7日後の同接着剤について, JISの試験方法に基づいて行った試験結果を表-2.5に示す.

弾性係数は比較的ALCに近い値であるため, 接着剤の

表-2.3(a) 補強筋(7)の機械的性質

(サ	ンプ	ル試験結果	:	ALC製造工場)	
----	----	-------	---	----------	--

オートクレ	降伏応力	引張強度	弾性係数
ーブ養生	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(kN/mm ²)
前	520	593	205

表-2.3(b) 補強筋(7)の機械的性質

(追加試験結果)	•	本報の試験体とは別ロット	•)
	٠		

オートクレ	降伏応力	引張強度	弾性係数
ーブ養生	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(kN/mm ²)
前	404	530	174
後	581	616	208
(後/前)	(1.44)	(1.16)	(1.20)



図-2.3 補強筋(7)の応力度 - ひずみ関係の例 (追加試験結果:本報の試験体とは別ロット)

表-2.4 鋼板 (厚tl.2)の機械的性質

降伏応力	引張強度	弹性係数
(N/mm ²)	(N/mm ²)	(kN/mm ²)
212	324	205

表-2.5 接着剤の機械的性質

圧縮強度	引張強度	引張せん断強度
(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)
51.5	25.6	25.0
圧縮弾性係数	硬化物密度	
(N/mm ²)	(g/cm^{3})	
1 180	1 38	

弾性係数が被接着材に比べて極端に小さい場合に生じる 接着層のせん断変形(いわゆるシアラグ)は, あまり問 題にならないと考えられる.

また,ALCの引張やせん断強度は1.0N/mm²以下と小さ いが^{7)~8},接着剤はそれを20倍以上も上回っている.従 って,接着品質に問題がない限り,接着剤や接着界面で の破壊はまず生じないことが予想される.実際,40× 40mmの鋼製アタッチメントをALCパネル表面に接着し て引張剥離実験を行ったが,供試体の全数(5つ)が ALC表層で破壊することを別途確認している. 3. 床版試験体の曲げ実験

(1) 曲げ実験の概要

前章で示した3種類の床版試験体,各2体づつについて, 基本構造特性を確認するために曲げ実験を行った.

各試験体は,図-3.1に示す通り支持点スパン2,700mm で単純支持し,支持点間の3等分位置の2箇所に鉛直荷重 を載荷する方法とした.支持点と加力点には幅100mmの プレート治具を介している.

計測項目は載荷荷重,試験体中央と加力点の鉛直変位,並びに,純曲げ区間におけるパネル表面(ALCあるいは鋼板)のひずみとした.ひずみゲージ位置は図-3.1中に示す.

(2) 実験結果

各試験体の荷重 - 試験体中央鉛直変位の関係を図-3.2(a) ~ 3.4(a)に,各2体目の荷重 - ひずみの関係を図-3.2(b) ~ 3.4(b)にそれぞれ示す(図中数字:ひずみゲージ 番号).また,終局時の状況を写真-3.1(a,b) ~ 3.3(a,b)に 示す.なお,図-3.2 ~ 3.4中の計算値とは,ALC,補強筋, 及び,鋼板(AS,SAS試験体の場合)から構成される合 成部材に対して梁の曲げ理論を適用したものであり,接 着層は考慮していない.また,弾性線は全断面有効とし た場合,一方,常用式は鉄筋コンクリート造の計算法と 同様,ALCの引張側剛性を無視した場合である. a)A試験体

A試験体ではA-1とA-2に差異は認められない.図-3.2(b)において,荷重が12kN付近でパネル下面のひずみ ゲージに乱れが見られるが,これは写真-3.1(b)のように 100mm程度のピッチでひび割れが生じたためであり,そ れに対応して図-3.2(a)の荷重 - 変位勾配が低下し始めて いることが読み取れる.最終的に荷重は頭打ちとなり, 加力点のめり込みも伴って曲げ破壊に至った.

b)AS試験体

鋼板を下面に接着したAS試験体では,図-3.3(a)に示す 通り,AS-1の初期剛性がAS-2より12%程度小さくなって いる.同様の傾向は,後述のSAS試験体の1体目と2体目 でも見られるが,この原因は表面材の接着養生期間の長 短に関係していると考えられる.すなわち,AS-1,及び, SAS-1試験体については,接着剤がまだ十分に硬化して いない状態であったと推定される.

一方,最大耐力や破壊形式に差異は認められず,AS 試験体は2体共に,A試験体に対して2倍以上の耐力が得 られた.2体目に注目すると,荷重が40kN辺りから若干 の剛性低下が見られるが,これは同荷重付近で下面鋼板 が降伏域に達することに対応する現象と考えられる.

破壊性状については, 写真-3.2(a,b)に示すように,加



図-3.1 曲げ実験の概要



写真-3.1(a,b) 終局時の状況(A-1 試験体)



写真-3.2(a,b) 終局時の状況(AS-2試験体)



写真-3.3(a,b) 終局時の状況(SAS-2試験体)

カ点近傍のALCに生じた斜め方向のせん断ひび割れが, 下面鋼板とALCとの境界面に沿った剥離亀裂へと進展し, 瞬時に耐力を喪失した.剥離面の状態は,後述のSAS試 験体の写真-3.3(b)と同様,ALCの表層が全面に渡って鋼 板に付着していたことから,接着剤や接着界面ではなく ALCの表層で破壊したことが知れる.

c)SAS試験体

鋼板をALCパネルの上下両面に接着したSAS試験体では,先述の通り,SAS-1の初期剛性はSAS-2より20%程度小さくなっており,1体目では接着層にシアラグが生じたものと推察される.



最大耐力は1体目では未確認であったが,2体目は49.0 kNとAS試験体とほぼ同等,また,破壊性状についても 写真-3.3(a,b)に示す通り,同様の結果であった.ただし, 最大耐力時の下面鋼板のひずみは,AS試験体では1,300 ~1,700µであるのに対し,SAS試験体では1,000~1,200µ 程度であり,鋼板の降伏とほぼ同時期に破壊に至ってい ることが分かる.すなわち,SAS試験体では鋼板降伏後 の余力はほとんどなく,ALCのせん断破壊によって床版 の耐力限界に至ったものと理解できる.

4. 実験結果の考察

前章における床版試験体の曲げ実験について,以下に 理論的検討を行う.



(1) 梁の曲げ理論による考察

ALCパネルは,長辺方向の単純梁として用いることが 原則であり⁹,鋼板を接着した場合についても同様に考 える.各試験体はALC,補強筋,及び,鋼板(AS,SAS 試験体の場合)の合成部材として,梁の曲げ理論を適用 することができる.なお,梁理論では平面保持の仮定の 成立が前提条件となるが,これについてはひび割れ発生 までは補強筋とALCの付着強度は十分であり,同仮定の 成立することがこれまでの研究で明らかにされている^{7,9} ⁹.鋼板を表面に接着したAS,及び,SAS試験体の場合, この問題はさらに小さくなると言える.

表-4.1には,各試験体の等価断面2次モーメント: *le*の 比,及び,各材料の構成比率を示す.SAS試験体はA試 験体の4倍程度の*le*を有しており,サンドイッチ構造の 有効性が顕著に現れている.鋼板が下面のみのAS試験 体でも,A試験体の2倍程度の剛性がある.また,鋼材 とALCの弾性係数比が100程度と大きいため,一般の鉄 筋コンクリート部材と比べると補強筋の影響が大きく, 特にA試験体では床版曲げ剛性の40%程度,SA試験体で も20%程度が補強筋に拠るものであり,計算上無視でき ないことが分かる.

接着層を考慮しない梁理論解は,前章の図-3.2~3.4中 に示した通りである.AS-1とSAS-1を除く各試験体の初 期剛性は,全断面有効とした弾性線とよく一致し,途中 からALCの引張剛性を無視した常用式側に近づくことが 知れる.従って,接着養生期間が十分であれば,接着層 の影響を無視しても実用上の問題はないと言える.

次に,最大耐力時における曲げ応力状態とALC の圧 縮側の応力分布形について考察する.図-2.2で示したよ うに,ALC の圧縮応力 - ひずみ関係は完全な直線では なく,若干,曲率を持ったカーブを描く.しかしながら, 普通コンクリートに比べるとその度合いは小さいこと, また,特にSAS試験体の場合は,最大耐力時のALCの圧 縮側ひずみはまだ低いレベルにあることから,その影響 は小さいと考えられる.表-4.2には,各2体目試験体の 最大耐力時おけるパネル上面のALC圧縮縁ひずみ: $_c\xi_c = _c \varepsilon / _c \varepsilon_B (_c \varepsilon_B ((2.1))$ 式による),及び,梁理 論と図-2.2の実験例のそれぞれに基づいた場合のひずみ エネルギーの比を示す.いずれの試験体も,ALCが圧縮 強度に達する前に床版が破壊していること,また,梁理 論と図-2.2の実験結果に基づいた場合のひずみエネルギ ーの差異は10%弱と小さいことが分かる.

12-4.1						
	等価断面2次	leの構成比率				
試験体名	モーメント : <i>le</i> (比)	ALC	補強筋	鋼板		
А	0.24	0.62	0.38	-		
AS	0.45	0.50	0.21	0.29		
SAS	1.00	0.15	0.09	0.76		

表-4.1 各試験体の等価断面2次モーメント(le)

表-4.2 ALCの圧縮縁ひずみとひずみエネルギー (床版の最大耐力時)

試験体名	パネル上面 ALC圧縮縁ひずみ: $_c \xi_c =_c \varepsilon / _c \varepsilon_B$	ALCの圧縮ひずみエネ ルギー(比): 梁理論/ 図-2.2中の実験例
A-2	0.72	0.92
AS-2	0.74	0.91
SAS-2	0.28	0.91

(2) せん断強度に関する考察

前章の実験結果より,A試験体では曲げ破壊が先行したが,鋼板を接着したAS,及び,SAS試験体ではALCにせん断破壊が生じて終局耐力に至った.

ALC部材のせん断強度についても松村の研究⁸で整理 されており, せん断破壊を生じた多くの実験結果(引張 鉄筋比: $p_t = 0.3 \sim 1.5\%$ の範囲)より, せん断補強筋の ない梁試験体に対する最大せん断強度: $\tau_u (N/mm^2)$ の回 帰式として下式を導出している.

$$\tau_u = 0.31 \cdot k_p \cdot \left(\frac{2.42}{\left(a^*/d\right) + 0.7} + 0.04\right) \cdot \sqrt{F_c} \qquad (4.1)$$

$$k_p = 1.16 \cdot p_t^{0.3}$$
 ($p_t | \texttt{t\%}$) (4.2)

$$p_t = \frac{a_t}{b_c \cdot d} \tag{4.3}$$

ここに, a^* :加圧板の内法せん断スパン(mm),

d: ALCパネルの有効せい(mm), F_c : ALCの圧縮強度

(N/mm²) , a_t : 引張鉄筋の総断面積(mm²) , b_c : ALCパネルの幅(mm)

(4.1)~(4.3)式では,鋼板をALCパネルの表面に接着した試験体は全く想定されていない.ここでは簡便な方法として,下面鋼板も引張鉄筋の一部として扱うこととし, (4.2),(4.3)式の p_t の替わりに引張鋼材量比: p_t^* を新たに定義する.すなわち,

$$p_t^* = \frac{\left(a_t + a_f\right)}{b_c \cdot t_c} \tag{4.4}$$

ここに , a_f : 下面鋼板の断面積(mm²) , t_c : ALCパネ ルの厚さ(mm)

また,下面全面に鋼板を接着した試験体を対象とする ことから,(4.1)式中のせん断スパン比については, a^*/d ではなく a^*/t_c とした場合を考える.

各試験体の p_t , p_t^* , 及び, k_p を表-4.3 に, また, 最大せん断強度とせん断スパン比との関係を図-4.1にそれぞれ示す.

今回の実験では, せん断スパン比: a*/t = 5.3の場

合に相当し,(4.1) 式より,AS,及び,SAS試験体の最大 せん断強度は,0.37(N/mm²)と求めることができる.一方, 実験における最大耐力時の平均せん断応力は,AS,SAS 試験体共に,0.28(N/mm²)程度であり,(4.1) 式に対して約 30%程度小さい結果である.

この差異の解釈については,元々せん断強度は非常に ばらつきやすいことに加え⁸,試験体数が限られている ので難しい点はあるが,(4.1)式による計算結果に大きな 影響を与える因子の一つは(4.2)式中の係数設定であるこ とは言える.今回の実験結果を基に,(4.2)式をサンドイ ッチ構造床版用に修正するとすれば,(4.5)式を得ること ができる.今後,試験体数を追加して同式の精度を高め ることが課題であると考える.

$$k_p = 0.88 \cdot p_t^{*0.3}$$
 (p_t | $\ddagger\%$) (4.5)

5. まとめ

本報では,建築用の軽量床版システムの一つとして, ALCパネル(軽量気泡コンクリートパネル)の表面に鋼 板を接着したサンドイッチ構造床版のプロトタイプ試験 体を試作し,実験的,並びに,理論的検討を行った.得 られた主な知見を以下に記す.

・ALCの圧縮応力度 - ひずみ関係については,松村の研究⁷における提案式と概ね整合することから,同研究の 有用性が確認された.また,補強筋についても同研究の 指摘通り,オートクレープ養生前・後で特性が大きく異 なり,養生後は降伏棚が明瞭となること,また,降伏応 力で44%,引張強度で16%程度それぞれ増加した.

・鋼板とALCパネルとの接着養生期間が十分な試験体 (AS-2,SAS-2),及び,一般のALCパネル(A-1,2)の初 期曲げ剛性は,全断面有効とした梁の曲げ理論解に極め てよく一致する.すなわち,剛性評価においては,接着 層の影響を無視しても実用上の問題はなく,鋼板とALC は完全に一体化されているものとみなせる.

・厚さ1.2mmの鋼板を両面に接着したSAS試験体の面外 曲げ剛性は,鋼板のない一般のALCパネル(A試験体) に対して約4倍であり,サンドイッチ構造の有効性が顕 著に表れた.また,鋼板が下面のみのAS試験体でもA試 験体の約2倍の剛性を有している.

・鋼板を接着することにより,ALCパネルの耐力は2倍 以上に向上する.ただし,一般のALCパネルでは曲げ破 壊が先行するのに対して,AS,SAS試験体では鋼板の一 部に降伏は伴うが,コア材のALCにせん断破壊が生じ て最大耐力に至る.

表-4.3 各試験体の引張鉄筋比,引張鋼材量比

試験体名	引張鉄筋比 p_t (%)	引張鋼材 量比 p_t^* (%)	k_p (AS , SAS ।देरेने p_t^st)
А	0.24	-	0.76
AS, SAS	0.24	0.99	1.16



・松村の研究[®]におけるせん断強度の推定式を今回のAS, 及び,SAS試験体に適用するため,引張鉄筋比に下面鋼 板も含めて評価を行った場合,今回の実験における破壊 時せん断応力とは約30%程度の差異が生じた.同評価式 においては,(4.2)式中の係数設定による影響が大きいと 考えられるため,実験データの追加と併せて係数の見直 しを行う必要がある.

以上,サンドイッチ構造床版の剛性,耐力に関する優 位性を含む,基本構造特性について把握した.特に,鋼 板接着により曲げ耐力を向させると,ALCのせん断破壊 が先行することが明らかとなったため,設計上の配慮が 必要である.従って,表面鋼板の幅,及び,板厚をパラ メータに鋼板量を変化させた場合について,面外剛性, 耐力,並びに,破壊形式の各性状を整理しておくことが 重要であると考える.さらに,本報ではせん断スパン比 が(加力点芯に対して)6の条件で実験を行ったが,せ ん断スパン比が変化した場合の耐力や破壊形式について も,十分な考察が必要である.これらについては今後の 課題としたい.

謝辞:試験体の製作においてクリオン(株),コニシ (株)の関係各位には多大なご協力をいただいた.また, (株)竹中工務店技術研究所,及び,同エンジニアリン グ本部の関係各位とは有益な討議をさせていただいた. 記して深甚なる謝意を表します.

参考文献

- 1) 金子裕一,岡本晴彦,柿沢忠弘,川田晃三,大野定俊:超軽 量コンクリート床スラブの曲げ性状に関する実験的研究, 材料,日本材料学会,Vol.48,No.10,pp.1187-1192,1999.10
- 2) 斉煒, 槇谷栄次, 若井達夫, 内藤謙治: 空洞プレストレス トコンクリート床板組立構造システムの開発, 工法概要, 鉛直荷重に対する抵抗, 日本建築学会技術報告集, 第 20 号, pp.115-118, 2004.12
- 3) 立石寧俊,山田聖志:格子状リブを有するCFRPサンドイ ッチ版の局部座屈に関する研究,日本建築学会構造系論文 集,第 573号, pp.119-127, 2003.11
- 4) 山田聖志,北東宏郎,岡日出夫:表面材の弾性局部座屈拘束 に必要なサンドイッチパネルコア材の剛性,日本建築学会 構造工学論文集,Vol.55B,pp.73-78,2009.3

- 5) 岡日出夫,五十嵐信哉,山田聖志,北東宏郎:軽量材料をコ ア材とするサンドイッチ構造床版(その1),(その2), 日本建築学会大会学術講演梗概集(東北),構造, pp. 667-670, 2009.8
- 6) 土木学会: 複合構造技術の最先端 その方法と土木分野への 適用 , pp.104-111, 2007
- 7) 松村晃:オートクレーブ養生軽量気泡コンクリート(ALC) 部材の基本的曲げ強度性状,日本建築学会論文報告集,第 336号,pp.42-52,1984.2
- 8) 松村晃:オートクレーブ養生軽量気泡コンクリート(ALC) 部材のせん断強度性状,日本建築学会論文報告集,第343号, pp.13-23,1984.9
- 9) ALC 協会(監修 独立行政法人建築研究所): ALC パネル構 造設計指針・同解説, pp.5-18, 2004

Lightweight Sandwich Panels Consisting of an ALC Core Adhesively Bonded with Steel Skins

Hideo OKA, Shinya IGARASHI, Seishi YAMADA and Hiroo HOKUTO

To reduce the weight of buildings, the lightening of slabs would be very effective way because the slabs are generally the heaviest members in the building skeleton. In this paper, the sandwich panel system has been targeted from the viewpoint of the reduction of selfweight and the increase of bending rigidity. The present sandwich panels are of an ALC (autoclaved lightweight aerated concrete) core adhesively bonded with steel skins. In order to grasp the fundamental structural behaviors, the four-point bending tests were carried out. The test results have been discussed through the comparisons with the analytical results by the conventional laminated beam theory or the previous data for ALC panels.