

鋼繊維補強軽量 2 種コンクリートを用いた孔あき鋼板ジベルのせん断耐力評価

九州大学大学院 学生会員 ○崔智宣 梶原秀夫

九州大学大学院 フェロー会員 日野伸一 正会員 山口浩平

1. はじめに

軽量 2 種コンクリート（以下，SL）は細骨材，粗骨材ともに人工軽量骨材を用いたコンクリートであり，普通コンクリート（以下，N）に比べ約 3 割の軽量化が可能である．しかし，骨材自体の強度が小さいため引張強度，せん断強度が N の 7 割程度に低下する．このような特性を改善する方法の一つとして，鋼繊維により補強する方法がある．一方，鋼繊維補強軽量 2 種コンクリートを合成部材に用いる場合，スタッドや孔あき鋼板ジベル（以下，PBL）といったずれ止めを用いる必要がある．しかし，いずれのずれ止めも鋼繊維補強軽量 2 種コンクリートのずれ特性などの研究は著者らの知る限り皆無である．これまでに著者らは，貫通鉄筋を有する PBL を用いた二面押抜きせん断試験を行い，せん断耐力式を提案している¹⁾．本研究では，貫通鉄筋を有さない場合のせん断耐力式を提案することにより鋼繊維補強軽量 2 種コンクリートの合成部材への適用を目指した．

2. 実験概要

表-1 に示すコンクリート種類(N, SL), 鋼繊維補強の有無(0%, 1.2%)および PBL の孔径(35mm, 50mm)をパラメータとした供試体を 6 種類各 3 体作製した．供試体(図-1)の寸法は，日本鋼構造協会「頭付きスタッドの押抜き試験方法(案)」²⁾に準じて決定した．PBL は SS400, H 鋼は SM490 を用いた．貫通鉄筋およびコンクリート

ブロック用補強筋は D13 SD295 (引張強度 570N/mm²)を用いた．

3. 結果および考察

表-1 に結果を示す．軽量化による影響については N00-35 に対して SL00-35 のせん断耐力は 0.69 倍, N12-35 に対して SL12-35 のせん断耐力は 0.72 倍となり，せん断耐力は 3 割程度低下した．孔径による影響については同種のコンクリートを比較した場合，孔径が大きくなるほどせん断耐力が増加し，SL00-35 に対して SL00-50 のせん断耐力, SL12-35 に対して SL12-50 のせん断耐力は 1.60 倍となった．鋼繊維補強による影響については N00-35 に対して N12-35 のせん断耐力は 1.16 倍, SL00-35 に対して SL12-35 のせん断耐力, SL00-50 に対して SL12-50 のせん断耐力は 1.22 倍増加し，孔径の違いに関わらず 2 割程度の繊維補強効果が得られた．ただし，これらは圧縮強度 37.0~46.1N/mm² の範囲での結果である．PBL のせん断耐力算定は，既往研究でいくつかの算定式が提案されている．レオンハルト式³⁾，保坂式⁴⁾，指針式を式(1)，(2)，(3)に示す．

$$V_u = 2(\pi d^2 / 4) \cdot 0.9 \beta_w \quad (1)$$

$$V_u = 3.38 d^2 (t/d)^{1/2} \cdot f'_{cu} - 39.0 \times 10^3 \quad (2)$$

$$V_u = 3.38 d^2 (t/d)^{1/2} \cdot f'_{cu} - 121 \times 10^3 \quad (3)$$

また，同表より N00-35 の V_{max} /レオンハルト式， V_{max} /保坂式は，それぞれ 0.69~0.72, 1.03~1.08 であり，保坂

表-1 供試体概要および結果

タイプ	No.	コンクリート	鋼繊維混入率 V_{sf} (%)	孔径 (mm)	圧縮強度 (N/mm ²)	孔1個当たりのせん断耐力 V_{max} (kN/面)	せん断耐力 (kN)			V_{max} 算定値		
							レオンハルト式	保坂式	提案式	レオンハルト式	保坂式	提案式
N00-35	1	普通 (N)	0	35	38.0	54.7	79.3	53.1	53.1	0.69	1.03	1.03
	2					57.5				0.72	1.08	1.08
	3					56.4				0.71	1.06	1.06
	平均					56.2				0.71	1.06	1.06
						60.9				0.79	1.20	0.69
N12-35	1		1.2	35	37.0	67.6	77.2	50.7	88.0	0.88	1.33	0.77
	2					67.4				0.87	1.33	0.77
	3					65.3				0.85	1.29	0.74
	平均					36.3				0.38	0.50	0.86
						41.7				0.43	0.57	0.99
SL00-35	1		0	35	46.1	38.7	96.2	72.8	42.2	0.40	0.53	0.92
	2					38.9				0.40	0.53	0.92
	3					45.2				0.51	0.70	0.62
	平均					52.1				0.59	0.81	0.71
						44.7				0.50	0.70	0.61
SL12-35	1		1.2	35	42.6	47.3	88.9	64.3	73.1	0.53	0.74	0.65
	2					56.3				0.32	0.43	0.66
	3					69.2				0.39	0.53	0.82
	平均					60.7				0.35	0.46	0.72
						62.1				0.35	0.47	0.73
SL00-50	1		0	50	41.2	77.1	175.4	131.6	84.8	0.42	0.56	0.51
	2					71.1				0.39	0.52	0.47
	3					78.7				0.43	0.57	0.52
	平均					75.6				0.42	0.55	0.50
SL12-50	1		1.2	50	42.6		181.4	137.3	152.3			
	2											
	3											
	平均											

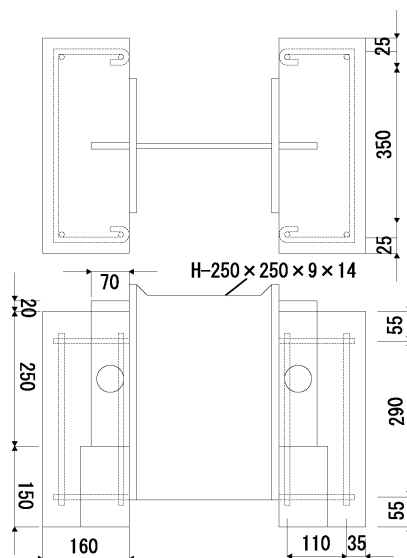


図-1 供試体概略図 (mm)

表-2 強度評価式

種類	強度評価式	決定係数 R ²	V _{sf} : 混入率(%)	
			混入率 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)
N	引張 $f_t = (0.085V_{sf} + 0.261) f_c^{2/3}$	0.951	0~1.2	29.4~46.8
	曲げ $f_b = (0.257V_{sf} + 0.521) f_c^{2/3}$	0.979		
	せん断 $f_{cv} = (0.141V_{sf} + 0.396) f_c^{2/3}$	0.960		
SL	引張 $f_t = (0.162V_{sf} + 0.180) f_c^{2/3}$	0.899		31.8~48.8
	曲げ $f_b = (0.350V_{sf} + 0.307) f_c^{2/3}$	0.554		
	せん断 $f_{cv} = (0.122V_{sf} + 0.285) f_c^{2/3}$	0.812		

式の方が精度良く評価できている。しかし、SLおよび繊維補強の供試体は3~4割程度の差があり適用できないことがわかる。図-2に孔1個あたりのせん断力-相対変位関係の一例を示す。全てのタイプが相対変位1~4mmで最大荷重となっている。N、SLともに、繊維補強によって最大耐力の増加は見られるもののせん断力-相対変位関係の挙動に明確な差異は見られなかった。

4. 強度評価式および二面押抜きせん断耐力式の提案

表-2にN、SLの強度評価式、決定係数および適用範囲を示す。強度試験から得られたデータ(引張:N-59, SL-89, 曲げ:N-31, SL-55, せん断:N-43, SL-66)を用いて混入率毎にデータ整理を行い、圧縮強度を考慮した各強度の平均値から $\pm 2\sigma$ (σ :標準偏差)の範囲内におけるデータを有効として各強度評価式を導出した。この式は圧縮強度および鋼繊維混入率がわかればN、SLの引張、曲げ、せん断強度を求めることができる。

貫通鉄筋を有さない場合PBLのせん断耐力は孔内部のコンクリートのせん断強度に依存するため、軽量2種コンクリートおよび繊維補強の影響を考慮した強度評価式により評価可能であると考えられる。軽量化による強度およびPBLのせん断耐力の減少率と繊維補強によるそれらの増加率を考慮するため、保坂式に補正係数を乗じる。そこで、軽量化、繊維補強の影響をせん断強度評価式のN-00に対する比 γ で表現し、この γ を補正係数として保坂式に乗じた式(4)を提案する。

$$V_{\max} = \gamma \cdot 3.38d^2(t/d)^{1/2} \cdot f'_{cu} - 39.0 \times 10^3 \quad (4)$$

$$\gamma_{-N} = \frac{0.141 \times V_{sf} + 0.396}{0.396} \quad \gamma_{-SL} = \frac{0.122 \times V_{sf} + 0.285}{0.396}$$

また、既往研究および今回の実験結果を用いて提案式(式(4))から算定した算定値と実験値との関係を図-3に示す。同図より、N00-35、SL00-35は精度良く評価できることがわかる。N12-35、SL12-35は γ を用いることで、繊維補強効果を考慮したにも関わらず、3割程度

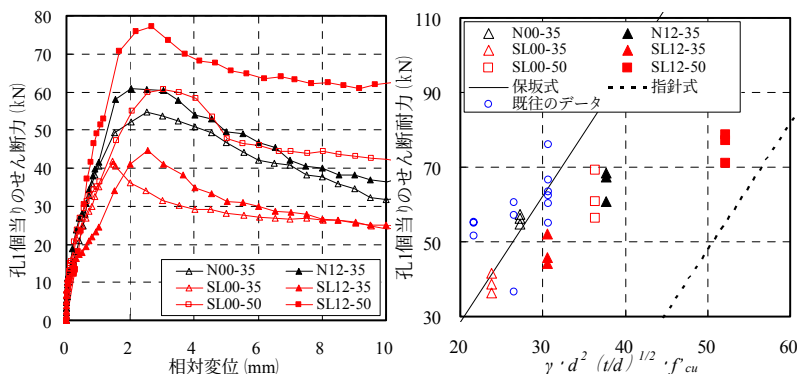


図-2 せん断力-相対変位関係

図-3 せん断耐力評価

危険側評価している。その要因は、PBLのせん断耐力に対する繊維補強効果は、せん断強度試験結果より小さいためであると考えられる。孔径が50の場合、SL00-50は軽量化の影響を考慮したにも関わらず3割程度危険側評価している。さらに、SL12-50は5割程度危険側評価している。

以上から、軽量コンクリートは提案式で精度よく評価できるが、繊維補強した場合は強度評価式では3割程度危険側評価することがわかった。また、孔径50の場合にはさらに過大評価され、5割程度危険側評価した。ただし、設計を行う際は下限値式である指針式を用いることによりいずれの供試体も安全側評価できる。今後は、PBLの押抜きせん断耐力における繊維補強効果についてさらに検討する必要がある。

5. まとめ

本研究では、鋼繊維補強軽量2種コンクリートを用いたPBLの二面押抜きせん断試験を行った。PBLのせん断耐力は孔内部のコンクリートのせん断強度に依存するため、軽量化および繊維補強の影響を、強度評価式を用いた補正係数 γ で表現し、保坂式と γ の積で提案した。その結果、繊維無補強供試体は精度よく評価できるが、繊維補強供試体は危険側に評価した。今後はPBLの押抜きせん断耐力における繊維補強効果についてさらに検討する必要がある。

謝辞 本研究の実施にあたり、太平洋マテリアル株式会社から材料を提供して頂きました。ここに謝意を表します。

参考文献 1) 山口浩平他: 鋼繊維補強された軽量2種コンクリートを用いた孔あき鋼板ジベルのせん断耐力評価, 構造工学論文集, Vol.55A, pp.1114-1121, 2009.3. 2) 日本鋼構造協会: 頭付きスタッドの押し抜き試験方法(案)とスタッドに関する研究の現状, 1996. 3) Leonhardt Fritz, Wolfhart Andrä, Hans-Peter Andrä and Wolfgang Harre: Neues, vorteilhaftes Verbundmittel Für Stahlverbund-Tragwerke mit hoher Dauerfestigkeit, Beton und Stahlbetonbau, Heft, 1987. 4) 保坂鐵矢他: 孔あき鋼板ジベルのせん断特性に関する実験的研究, 構造工学論文集, Vol.46A, pp.1593-1604, 2000.3.