

非対称載荷時の支圧強度

○岐阜大学 正 小柳 治
正 岩瀬裕之
田渡三高

1. はじめに

・コンクリートの支圧強度については従来より種々の角度から研究がなされており、とくに二次元載荷あるいは三次元対称載荷の場合については数多くの実験研究をもとに、支圧強度が圧縮強度ならびに載荷面積と非載荷面積（支圧面積）との比の関数であるとして設計への組み入れがされている。

一方、非対称載荷の場合には対称載荷の場合と異なり、支圧面積の算定方法が問題となるため、対称載荷の場合のような設計に組み込まれる上での明確な結論が必ずしも得られておらず、支圧破壊の機構的な解明によってはじめて普遍的な支圧強度が求められるものと考えられる。

本報は、支圧破壊の機構的な解明を行う第一段階として、圧縮強度と引張強度の比率の異なる場合として普通コンクリートと鋼繊維補強コンクリートを対象として非対称載荷を行い、支圧強度と載荷位置ならびに土木学会コンクリート標準示方書に新しく記載された支圧面積との関係について検討したものである。

2. 実験概要

供試体はφ15x30cmの円柱供試体および15x15x15cmの立方供試体とした。コンクリートには普通コンクリートおよび鋼繊維補強コンクリートの2種類を用いた。鋼繊維はコンクリート体積の2%混入した。配合、骨材の物理的性質を表-1, 2に示す。ここで、粗骨材は長良川産玉砕石、細骨材は同じく長良川産砂である。また、圧縮（供試体寸法φ10x20cm）、割裂（同φ15x15cm）、曲げ（同10x10x40cm）の各強度試験結果を表-3に示す。

載荷は、円柱供試体においては半径7.5cm, 5.3cm, 3.75cm, 2.5cmの鋼製円板によって行った。これらの供試体断面面積に対する面積比は、それぞれ1/1, 1/2, 1/4, 1/9になる。また、立方供試体においては一辺15cm（同1/1）, 10.6cm（同1/2）, 7.5cm（同1/4）, 5cm（同1/9）, 3.75cm（同1/16）の鋼製正方形板で行った。載荷板の厚さは23mmとした。円柱供試体では中心載荷のみを行い、立方供試体では三次元対称載荷および非対称載荷を行った。非対称載荷における載荷位置は、供試体の一角、縁、および供試体中心と角との中心、供試体中心と縁との中心とした。載荷位置を表-4に示す。1つの載荷位置に対して2～8個の供試体を用いて載荷を行い、最大荷重を求めた。

3. 結果

表-4に最大荷重を載荷面積で除した支圧強度 σ を示す。表中においてPは普通コンクリートを表し、Fは鋼繊維補強コンクリートを表す。図-1には円柱供試体における載荷面積 A_a に対する供試体断面積（支圧面積） A の比の平方根（ $\sqrt{A/A_a}$ ）と強度 σ との関係を示す。図-2(a), (b)には立方供試体における $\sqrt{A/A_a}$ と強度 σ との関係を示す。図中においては●は三次元対称載荷のものであり、○△□はそれぞれ非対称載荷で一辺の長さが7.5cm, 5cm, 3.75cmの載荷板で載荷したものである。非対称載荷では、支圧面積を土木学会コンクリート標準示方書に基づいて算定した。図中の直線は、円柱供試体（φ15x30cm）により求めた圧縮強度 σ_{ck} の点（ $\sqrt{A/A_a}=1, \sigma=\sigma_{ck}$ ）と、標準示方書にある「 $\sqrt{A/A_a} \leq 2$ ならば、支圧強度は $\sqrt{A/A_a}$ に比例する」に基づいて（ $\sqrt{A/A_a}=2, \sigma=2\sigma_{ck}$ ）とした点を結ぶ線である。

以上の実験結果をまとめると次のようである。

- 1) 中心載荷の場合、鋼繊維補強コンクリートは普通コンクリートに比べて $\sqrt{A/A_a}$ に対する支圧強度は高くなる。これは、鋼繊維補強コンクリートの圧縮強度に対する引張強度の比率が普通コンクリートよりも高いためであると考えられる。
- 2) $\sqrt{A/A_a}=3$ あたりまでは強度と $\sqrt{A/A_a}$ は直線関係が成り立つ。
- 3) 非対称載荷の場合、支圧面積のとり方をコンクリート標準示方書に基づいて支圧強度を算定したところ、三次元対称載荷における支圧強度とよく一致した。
- 4) 非対称載荷の場合、破壊形式がすべり破壊となった。

なお、支圧載荷時の破壊の進展状況の解明をもとに非対称載荷時の支圧強度の定式化を行う必要があると考える。

表-1 配合

コンクリート	W/C	s/a	W	C	S	G	Fiber	Ad.
普通	0.52	0.50	182	350	866	866	—	Cx2%
鋼繊維補強	0.50	0.50	210	420	775	775	157	Cx3%

C: 早強*ポルトランドセメント Ad.: *ゾラ No.70 Fiber: ショコφ0.5x30mm

表-2 骨材の物理的性質

	表乾比重	吸水率 (%)	単位容積重量 (kg/l)	F.M.	最大寸法 (mm)
細骨材	2.60	1.45	1.70	2.67	—
粗骨材	2.60	1.78	1.52	6.49	15

表-3 コンクリート強度

	圧縮強度 (kgf/cm ²)	割裂強度 (kgf/cm ²)	曲げ強度 (kgf/cm ²)
普通	513	41.0	78.5
鋼繊維補強	541	68.5	118.6

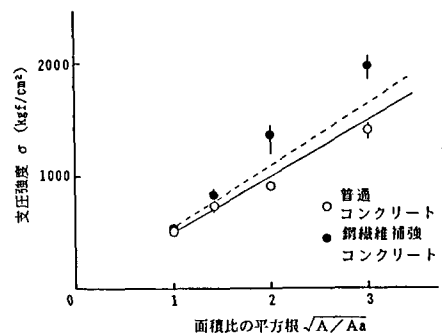
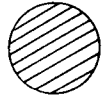
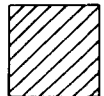
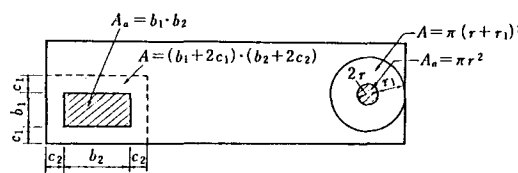
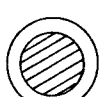
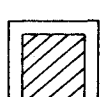
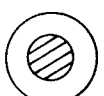
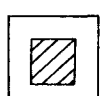
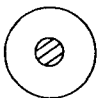
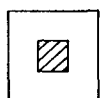
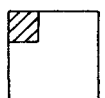
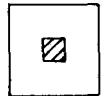
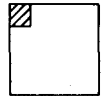
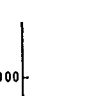
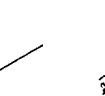
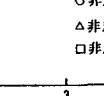
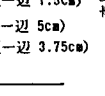
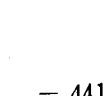


図-1 面積比の平方根と支圧強度（円柱供試体）

表-4 載荷位置と支圧強度

円柱供試体		立方供試体	
中心載荷		三次元対称載荷	
 $A/A_0=1$ P $\sigma=503\text{kgf/cm}^2$ F $\sigma=547\text{kgf/cm}^2$	①	 $A/A_0=1$ P $\sigma=609\text{kgf/cm}^2$ F $\sigma=718\text{kgf/cm}^2$	 $A_0=b_1 \cdot b_2$ $A=(b_1+2c_1) \cdot (b_2+2c_2)$ $A_0=\pi(r+r_1)^2$ $A_0=\pi r^2$
	②		
 $A/A_0=2$ P $\sigma=728\text{kgf/cm}^2$ F $\sigma=842\text{kgf/cm}^2$	③	 $A/A_0=2$ P $\sigma=716\text{kgf/cm}^2$ F $\sigma=966\text{kgf/cm}^2$	支圧面積のとりかた (土木学会コンクリート標準示方書)
	④		
 $A/A_0=4$ P $\sigma=921\text{kgf/cm}^2$ F $\sigma=1364\text{kgf/cm}^2$	⑤	 $A/A_0=4$ P $\sigma=985\text{kgf/cm}^2$ F $\sigma=1304\text{kgf/cm}^2$	非対称載荷 P 普通コンクリート F 鋼繊維補強コンクリート
	⑥		
 $A/A_0=9$ P $\sigma=1413\text{kgf/cm}^2$ F $\sigma=1981\text{kgf/cm}^2$	⑦	 $A/A_0=9$ P $\sigma=1467\text{kgf/cm}^2$ F $\sigma=1875\text{kgf/cm}^2$	 $A/A_0=1$ P $\sigma=664\text{kgf/cm}^2$ F $\sigma=770\text{kgf/cm}^2$
	⑧		
 $A/A_0=16$ P $\sigma=1932\text{kgf/cm}^2$ F $\sigma=2437\text{kgf/cm}^2$	⑨	 $A/A_0=16$ P $\sigma=1932\text{kgf/cm}^2$ F $\sigma=2437\text{kgf/cm}^2$	 $A/A_0=1$ P $\sigma=774\text{kgf/cm}^2$ F $\sigma=768\text{kgf/cm}^2$
	⑩		
 $A/A_0=25$ P $\sigma=2413\text{kgf/cm}^2$ F $\sigma=3181\text{kgf/cm}^2$	⑪	 $A/A_0=25$ P $\sigma=2413\text{kgf/cm}^2$ F $\sigma=3181\text{kgf/cm}^2$	 $A/A_0=4$ P $\sigma=1124\text{kgf/cm}^2$ F $\sigma=1191\text{kgf/cm}^2$
	⑫		
 $A/A_0=36$ P $\sigma=2813\text{kgf/cm}^2$ F $\sigma=3881\text{kgf/cm}^2$	⑬	 $A/A_0=36$ P $\sigma=2813\text{kgf/cm}^2$ F $\sigma=3881\text{kgf/cm}^2$	 $A/A_0=8$ P $\sigma=1360\text{kgf/cm}^2$ F $\sigma=1642\text{kgf/cm}^2$
	⑭		
 $A/A_0=49$ P $\sigma=3213\text{kgf/cm}^2$ F $\sigma=4481\text{kgf/cm}^2$	⑮	 $A/A_0=49$ P $\sigma=3213\text{kgf/cm}^2$ F $\sigma=4481\text{kgf/cm}^2$	 $A/A_0=9/2$ P $\sigma=1119\text{kgf/cm}^2$ F $\sigma=1414\text{kgf/cm}^2$
	⑯		

