

人工ひび割れを有する鉄筋コンクリート版の押抜きせん断試験

九州大学大学院 学生会員 長田佳之 神戸製鋼所 正会員 山田岳史
九州大学大学院 正会員 日野伸一 貝沼重信 山口浩平

1. はじめに

我が国のRC版の押抜きせん断耐力評価式は、コンクリート標準示方書式¹⁾の基となった角田式²⁾や破壊メカニズムに則した松井式³⁾などがある。一方、現在のコンクリート系版としては、RC版だけでなく、PC版、合成版、軽量コンクリートや短繊維補強材を用いたRC版など、多岐にわたっている。しかし、これら種々のコンクリート系版の押抜きせん断耐力を評価するには、通常のRC版の評価式に修正係数を乗じるなどの手法によって準用しているのが現状である。

本研究では、コンクリート系版部材の押抜きせん断耐力の評価法を体系化することを目的とし、その基礎的検討としてRC版の押抜きせん断破壊形態を想定し、人工ひび割れを有する供試体によって押抜きせん断耐力の分担について検討を行った。

2. 試験概要

多様化したコンクリート系版部材の押抜きせん断耐力算定式としては、破壊メカニズムに基づいた松井式の適用が極めて有用であると判断できることから、本式の骨子である圧縮せん断伝達と鉄筋ダボ効果を基本として、押抜きせん断破壊メカニズムを定量的に把握する。定量的把握のために、3種類の供試体を製作し押抜きせん断破壊試験を行った。供試体の諸元は下記のとおりであり、供試体の詳細を表-1、図-1に示す。なお、松井式が仮定するひび割れ面の発生角度と同様に、本供試体でも人工ひび割れ面を45°に仮定した。人工ひび割れ面は薄いアクリル板によって設けた。

3 供試体を製作した目的は下記のとおりである。

RCoとRCtの比較により、引張域コンクリートでの骨材のかみ合わせによるせん断伝達の有無を把握する。

鉄筋ダボ効果(RChの耐力)を把握する。

RCo(もしくはRCt)からRChの耐力を差し引いて、圧縮域コンクリートのせん断伝達を把握する。

供試体は、4辺単純支持で、供試体の中央に150mm×150mmの載荷板を配置して、押抜きせん断破壊試験を実施した。載荷時のコンクリート圧縮強度は、 $f'_c=36.2\text{N/mm}^2$ であり、鉄筋の降伏強度は、 $f_y=380\text{N/mm}^2$ であった。

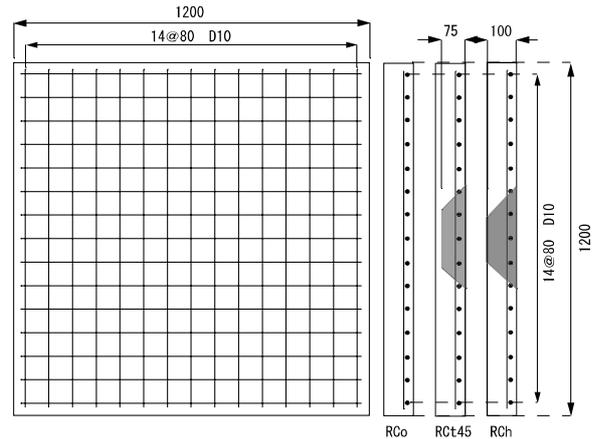


図 - 1 床版供試体の配筋図および断面図

3. 実験結果と考察

3.1 ひび割れ状況

本実験での床版供試体のいずれも載荷直下で押抜かれ、押抜きせん断破壊が生じた。供試体下面の剥離状況を見ると、図-2に示すように、ひび割れは荷重の増加に沿って床版中央から4隅に向かって放射状に生じ、破壊荷重に達すると、供試体上面では載荷板とほぼ同じ形状をし、コーン状に没落した。RCt、RChにおいては人工ひび割れに導入していたため、剥離破壊が生じた。

3.2 押抜きせん断耐力

RCoとRCtの押抜きせん断耐力には、大差なく、RCoの最大荷重は、197.0kN、RCtは177.0kNであった。両者の差は20kNであり、これには、引張域ひび割れ面での骨材のかみ合わせによるせん断力の伝達の影響も含まれていると考えられる。

表 - 1 供試体の諸元と試験結果

| 供試体名 | 概要 | 最大荷重 (kN) | 細目 | | | | | |
|------|--------------------------|-----------|--|-------|-----|---------------------------------|------------------------|-------------|
| | | | 支持間隔 | 版厚 | 鉄筋径 | 鉄筋あき | かぶり | 骨材 |
| RCo | 一般的なRC版 | 197.0 | 1000mm × 1000mm (供試体サイズ) (1200mm × 1200mm) | 100mm | D10 | 80mm (中心間隔) 70mm (純あき) | 25mm 純かぶり (20mm) | 最大径 20mm |
| RCt | 中立軸より引張域コンクリートに人工ひび割れを導入 | 177.0 | | | | | | |
| RCh | RC版全高に人工ひび割れを導入 | 50.8 | | | | | | |

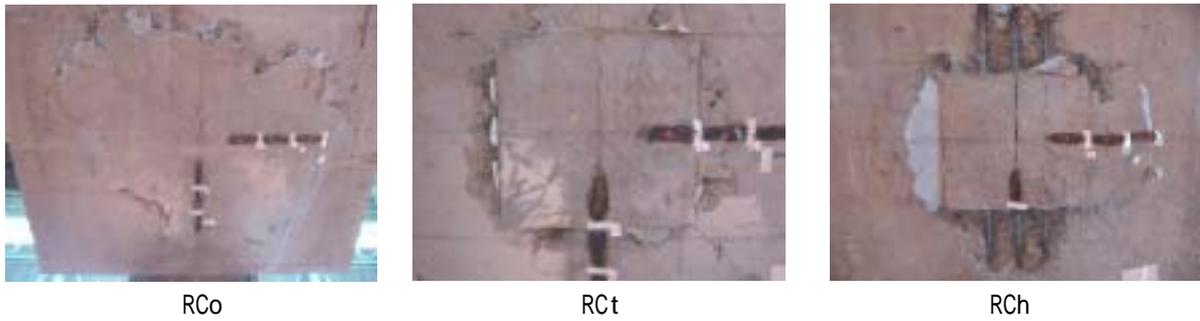


図 - 3 各床版供試体のひび割れ状況

一方、全高に人工ひび割れを設けたRChの終局耐力は50.8kNであり、鉄筋ダボによって分担する剥離耐力が50.8kNということになる。ただし、この結果は、人工ひび割れ面における圧縮域での摩擦の影響なども含まれており、実際の剥離耐力はこれ以下であると見込まれる。本試験の結果では、鉄筋ダボが分担する割合は押抜きせん断耐力のおよそ25%であり、耐力に及ぼす影響は大きい。すなわち、松井式が鉄筋ダボの効果を直接見込んでいることは妥当と言える。さらに、圧縮域コンクリートが分担する押抜きせん断耐力は、RCoからRChを差し引けば、146.2kNとなり、耐力に占める圧縮域のせん断伝達の割合が極めて大きいことが分かる。したがって、松井式の骨子である圧縮域せん断伝達と鉄筋ダボの効果を累加することで押抜きせん断耐力を評価することは妥当であると判断できる。

3.3 押抜きせん断耐力の荷重分担

1 ケースに限定されるが、試験結果よりRC版の押抜きせん断耐力において、圧縮域コンクリートが分担するせん断耐力、鉄筋ダボ効果によるかぶりコンクリートが分担する剥離耐力の内訳がある程度定量的に把握できた。

松井式が提案された文献³⁾では、当然ながら、押抜きせん断耐力Pについては検討されているものの、その内訳については全く検討されていない。式1の妥当性を把握するためには、その内訳についても検討する必要があると考えられる。表-2には試験結果、松井式ならびに参考のために示方書式(コンクリート標準示方書による式、ただし、 $\alpha_b=1.0$ とした)の結果を示した。試験結果には、剥離耐力として最大でも50.8kNを有するものと考え、さらに、RCoとRCtの耐力差20kNの原因が明らかでないため20kNの幅を持たせて示した。この結果、松井式は、 S_v と S_s の累加耐力である押抜きせん断耐力Pについては、比較的精度良く一致するものの、圧縮せん断耐力 S_v を過小評価し、さらには、剥離耐力 S_s を過大評

$$P = \underset{s, \max}{s} \{2(a + 2x_m)x_d + 2(b + 2x_d)x_m\} + \underset{t, \max}{t} \{2(4C_d + 2d_d + b)C_m + 2(a + 2d_m)C_d\} \quad (式1)$$

a, b : 載荷板の主鉄筋方向, 配力鉄筋方向の辺長(mm)
 x_m, x_d : 主鉄筋および配力鉄筋に直角な断面の引張側コンクリートを無視した断面の中立軸深さ(mm)
 d_m, d_d : 主鉄筋, 配力鉄筋の有効高さ(mm)
 C_m, C_d : 主鉄筋および配力鉄筋からのかぶり厚さ(mm)
 s, \max, t, \max : コンクリートの最大せん断応力度, 最大引張応力度(N/mm²)

表 - 2 押抜きせん断耐力算定式による結果

| | 実験結果 | 示方書式 | | 実験値/算出値 | |
|---------------|---------------|-------|-------|---------|-----------|
| | | 松井式 | 示方書式 | 示方書式 | 松井式 |
| 押抜きせん断耐力 P | 197.0 | 219.6 | 152.0 | 1.3 | 0.9 |
| 圧縮せん断耐力 S_v | 146.2 ~ 166.2 | 116.6 | | - | 1.3 ~ 1.4 |
| 剥離耐力 S_s | 50.8 | 103.0 | | - | 0.5 |
| 骨材のかみ合わせなど | 0 ~ 20.0 | - | - | - | - |

価するだけでなく、 S_s が押抜きせん断耐力Pのおよそ5割を占める結果を与えることが分かった。ただし、今回の試験結果のみから判断すれば、松井式は両成分の累加である押抜きせん断耐力については比較的精度良く一致すると言える。

押抜きせん断耐力Pを精度良く算定するためには、 S_v と S_s の耐力分担を明らかにし、その総和によって評価する手法は、RC版だけでなく、その他のコンクリート系版にも適用可能であるがその分担耐力を精度良く評価することが必須と考えられる。

4. まとめ

本研究の結果から得られた知見を以下に示す。

- ・ 今回の試験結果のみから判断すれば、松井式での押抜きせん断耐力については比較的精度良く一致すると判断できる。押抜きせん断耐力を精度良く算定するためには耐力分担を明確にし、多様化されたコンクリート版にも適用性の検証を行う必要があると考えられる。

【参考文献】

1) コンクリート標準示方書 構造性能照査編 2002. pp. 58-80 2) 角田与史雄, 井藤昭夫, 藤田嘉夫: 鉄筋コンクリートスラブの押抜きせん断耐力に関する実験的研究, 土木学会論文報告書. 第229号. pp. 105-115. 1974.9 3) 前田幸雄, 松井繁之: 鉄筋コンクリート床版の押抜きせん断耐力の評価式, 土木学会論文集. 第348/V-1. pp. 113-141. 1984.8 4) 鉄筋コンクリート工学 : 大塚浩司, 庄谷征美, 外門正直, 原忠勝. pp. 108-132. 1994.5