

人工ひび割れを有するせん断補強筋の無い RC はりにおける
ハの字形に配置した複数の穿孔がせん断耐力に及ぼす影響に関する一考察

日本大学 学生会員 ○江木 大樹
日本大学 正会員 山田 雄太

1. はじめに

鉄筋コンクリート（RC）はり部材内に穿孔を設けることで補強材を用いることなくせん断耐力の増加を図る手法である「穿孔法」が提案されている^{1),2)}。せん断補強筋の無い健全なはりに対しては、ハの字形に複数の穿孔を配置した場合、無穿孔時と比較して耐力が増加することが実験および有限要素解析により明らかにされている。せん断補強筋に沿う鉄筋腐食ひび割れを想定した位置に平滑な人工ひび割れを有する場合についても、ハの字形に複数の穿孔を配置した場合、無穿孔時と比較して耐力が増加することが解析により明らかにされているが、実験的な検証はなされていない。本研究では人工ひび割れを有するせん断補強筋の無い RC はりを対象として、ハの字形に配置した複数の穿孔がせん断耐力と耐荷機構に及ぼす影響に関する実験的な知見を得ることを目的として載荷実験を行い、既往の研究結果との比較からその影響に関する考察を行った。

2. 実験概要

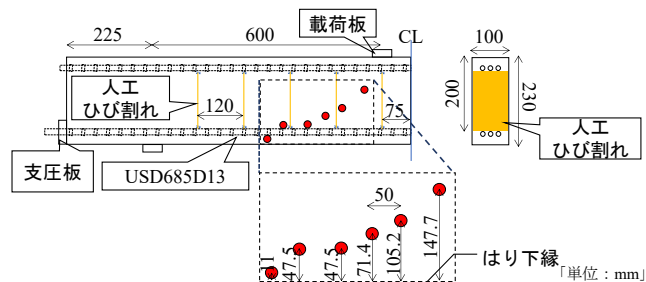
図一 1 に試験体の形状および寸法を、表一 1 に試験体の諸元をそれぞれ示す。せん断破壊を確実に先行させるため、引張主鉄筋には高強度鉄筋を使用した。厚さが 0.13 mm のアルミテープを 2 枚張り合わせた状態で型枠に固定し、打設を行うことで、はりの側面方向に貫通する平滑な人工ひび割れを導入した。人工ひび割れは圧縮主鉄筋と引張主鉄筋の間にはり高方向の幅が 150 mm になるよう導入した。直径が 22 mm の塩化ビニル製パイプを型枠に設置した状態で打設を行い、コンクリートが硬化した後にパイプを引き抜くことで穿孔を導入した。載荷実験は 4 点曲げ載荷の条件で行った。

3. 比較検討の概要

穿孔と人工ひび割れが荷重と耐荷機構に及ぼす影響を明らかにするために、同一寸法の試験体を対象とした既往の研究結果^{1), 2), 3)}との比較を行った。表-2に比較対象とするケースの諸元を示す。N：せん断補強筋のない無穿孔試験体，M：穿孔を有するせん断補強筋のない試験体，CR：せん断補強筋と人工ひび割れを有する試験体であり、断面の諸元もCRMと同様である。

4. 荷重変位関係の差異

図-2に実験終了時におけるひび割れ分布図を、図-3に荷重変位図をそれぞれ示す。図-3には比較対



※穿孔は 50mm 間隔としたが人工ひび割れ上にある穿孔は避けて配置

図-1 試験体概要図

試験体名	ρ	f_c	$2V$	$2V_{bf}$	$2V_{af}$
CRM	1.70	26.4	48.6	20.2	48.6

ρ : 主鉄筋比 (%), f_c : コンクリートの圧縮強度 (MPa), V : せん断耐力 (kN), V_{bf} : ビーム機構の耐力 (kN), V_{af} : アーチ機構の耐力

表-2 比較対象の諸元

試験体名	ρ	f_c	$2V$	$2V_{bf}$	$2V_{af}$
N		24.6	44.9	44.9	7.9
M	1.70	39.7	99.8	49.0	99.6
CR		28.8	104.1	25.9	86.6

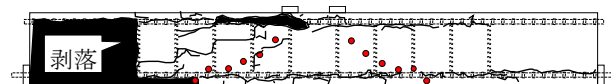


図-2 ひび割れ分布図

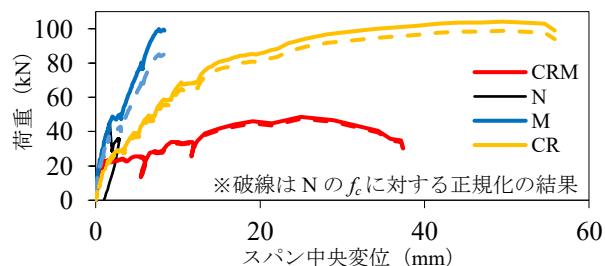


图-3 荷重变位图

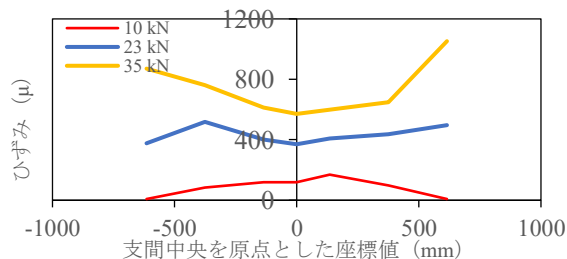


図-4 主鉄筋のひずみ分布図

キーワード 人工ひび割れ，せん断，アーチ機構，ビーム機構

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14

象とした試験体の荷重変位図も併記している。CRM では 20 kN の荷重作用時にはりの下縁から曲げひび割れを生じ、51 kN の荷重作用時にウイングクラック様の斜めひび割れを生じた後、終局を迎えた。CRM では、穿孔のみを有する M や、せん断補強筋と人工ひび割れを有する CR よりも耐力が小さい値を示したものの、無穿孔かつ人工ひび割れの無い N と同等以上の耐力を示した。

5. CRM における鉄筋のひずみ分布

図-4 に CRM における引張主鉄筋のひずみ分布を示す。23 kN の荷重作用時から一様なひずみ分布を示していることから、付着応力の消失に伴いアーチ機構が卓越したことが予想される。

6. 穿孔が耐荷機構とひび割れ分布に及ぼす影響

荷重変位関係の差異から CRM では、健全なはりと同等の耐力を示したことがわかった。また鉄筋のひずみ分布から 23 kN 付近でアーチ機構が卓越したと推定された。この結果を確かめるために、既往の研究¹⁾を参考に微分法によって作用するせん断力をビーム機構とアーチ機構の寄与分に分解し、耐荷機構の差異および、ひび割れ分布図から考察を行った。

6. 1 耐荷機構の差異

耐荷機構分解結果を図-5 に示す。N では、斜めひび割れの発生後、ビーム機構の荷重寄与分 (V_b) がピークを迎えると同時に終局に至っている。M, CR, CRM では、 V_b が低下した後アーチ機構が卓越して終局に至っている。CRM にはせん断補強筋が無く、人工ひび割れを導入した影響により、CR と M に比べて耐力は低下しているものの、アーチ機構の卓越により N と同等の耐力を示すことが明らかとなった。せん断補強筋の無い場合、 V_b がピークを迎えると同時に終局に至ると考えられることから、CR における V_b の最大値 (約 20 kN) と CR にせん断補強筋の無い場合の耐力は同程度であることが予測できる。CRM の終局耐力 (51 kN) は CR における V_b の最大値 (約 20 kN) より大きいことから、人工ひび割れを有する場合であっても、穿孔の導入により耐力が増加する可能性が高いことが推察できる。

6. 2 ひび割れ分布に対する影響

比較対象のひび割れ分布図を図-6 に示す。N と比較して M では、穿孔に沿うように斜めひび割れが形成されていることが確認できる。CRM と CR のひび割れ分布を比較すると、CRM では M と同様に穿孔の存在により、終局時に形成された斜めひび割れが穿孔の付近に形成されていることが確認できる (図-2)。CR ではこのような斜めひび割れを生じていないことから、CRM では、穿孔の存在により斜めひび割れが穿孔の付近に引き付けられるようにして形成された結果、圧縮ストラットの角度が増加し、アーチ機構が卓越したも

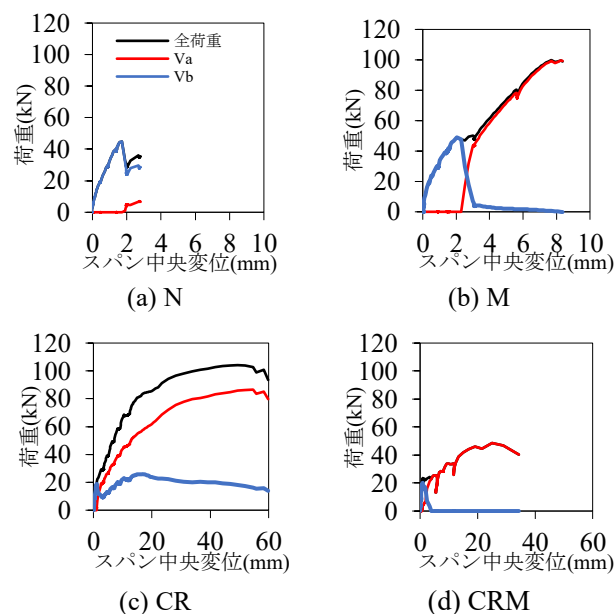


図-5 耐荷機構の推移

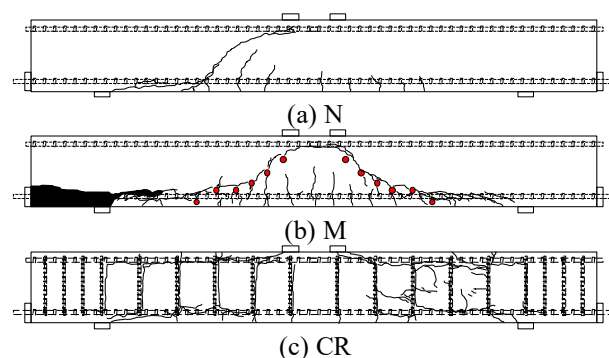


図-6 比較対象のひび割れ分布図

のと考えられる。

7. まとめ

せん断補強筋に沿う位置を想定して人工ひび割れを導入した RC はりを対象として静的載荷実験を行った。ハの字形に複数の穿孔を配置することにより穿孔の付近に斜めひび割れが形成された結果、アーチ機構の卓越により健全な無穿孔はりと同程度以上に耐力の回復が期待できることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 山田雄太：複数の穿孔を有するせん断補強筋の無い RC はりのせん断耐荷機構，土木学会論文集 E2，vol.75，No.4，pp.265-278，2019. 11.
- 2) Yamada, Y: An Analytical Study on Interactions of Artificial Cracks and Holes Contributing to Increase in the Shear Strengths of RC Beams, Journal of Advanced Concrete Technology, Vol.17, No.10, pp579-591, 2019. 10.
- 3) 山田雄太：せん断補強筋に沿う既存ひび割れを有する RC はりにおけるビーム機構の耐力予測モデルの提案，令和3年度（第65回）日本大学理工学部学術講演会予稿集，H-17，2021. 12.