

大開孔と中開孔が近接した RC 造基礎梁のせん断性能に関する実験的研究

その4 鉄筋のひずみ性状とひび割れ幅

An Experimental Study on the Shear Behavior of Reinforced Concrete Footing Beams with Web Opening near Smaller Openings
Part4. Strain and Shear Crack Width

伊藤 仁*¹ 五十嵐治人*²

概 要

建物の基礎梁は、設備用配管のための開孔を多数設ける必要が生じる。通常開孔を設ける際、以下の規定を守ることが望ましいとされている。

- ① 開孔の直径は梁せいの1/3以下とする。
- ② 隣り合う開孔の中心間距離は、双方の開孔直径の平均の3倍以上とする。

上記②を守るため、開孔を設ける位置は大きな制限を受け、配管を迂回させるなどの対応が必要となり、設備計画および施工ともに煩雑となってしまう。特に、大開孔である人通孔に関しては、開孔を設けられない範囲が大きく、影響が大きい。

本研究は前報その1、その2に引き続き人通孔を模擬した大開孔の両側に中開孔が近接した梁の構造実験を実施した。当初の想定よりも開孔間の耐力は大きく、長方形耐力を確保する必要はないという結論を得ているため、このシリーズでは水平補強筋、開孔部上下補強筋を必要最低限に減じて実験を行った。また、コンクリート強度、せん断スパン比、梁せいおよび開孔間補強筋量をパラメータとして実施し、最終破壊は開孔上下破壊、開孔間破壊の2種類に大別されることが分かった。いずれの場合であっても、安全側に耐力を評価できることを確認した。

なお、本報ではその3に引き続き、鉄筋のひずみ性状およびひび割れ幅の測定結果について述べる。

key words : 有開孔梁、基礎梁、せん断破壊、正負交番漸増載荷実験

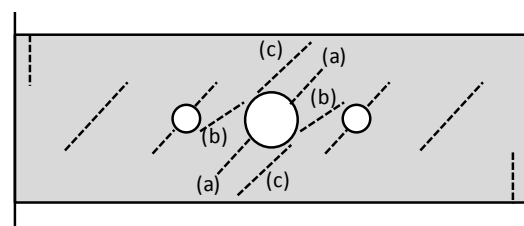
1. はじめに

本報では、その3に引き続き鉄筋のひずみ性状およびコンクリートのひび割れ幅について報告する。図-1に主なひび割れ模式図を、表-1に主な実験結果をそれぞれ示す。

2. 鉄筋のひずみ性状

2.1 あばら筋

図-2.1~図-2.3にあばら筋のひずみ分布を示す。図中には破線で降伏ひずみを示す。孔周囲あばら筋のひずみ分布は、破壊形式により差異がみられた。開孔部上下でせん断破壊したNo.11~12においては、最大耐力時まで孔周囲あばら筋は降伏しなかった。開孔間でせん断破壊したNo.13~15においては、部材角 $R=1/200\sim 1/100\text{rad}$ で概ね降伏ひずみに達した。No.13はNo.11より開孔間の補強筋を40%減じているため、ひずみが増加したと考



(a)大開孔せん断ひび割れ
(b)開孔間せん断ひび割れ
(c)大開孔上下せん断ひび割れ

図-1 ひび割れ模式図

えられる。No.14~15は内法スパン比が小さいことにより応力分布が変化し、また同一変形時のせん断応力度が大きいと推察される。

なお、No.11~12においても、最大耐力時には孔周囲あばら筋のひずみは 2000μ 程度まで達しており、破壊形式に関わらず、孔周囲あばら筋は開孔補強として有効と考えられる。

*1 Hitoshi ITO

技術本部技術研究所 研究員

*2 Haruhito IGARASHI

技術本部技術研究所 主席研究員

表-1 主な実験経過

試験体	せん断ひび割れ						補強筋降伏				最大耐力	
	(a)大開孔		(b)開孔間		(c)大開孔上下		孔周囲あばら筋		大開孔部上下補強筋		荷重 kN	部材角 × 10 ⁻³ rad
	荷重 kN	部材角 × 10 ⁻³ rad	荷重 kN	部材角 × 10 ⁻³ rad	荷重 kN	部材角 × 10 ⁻³ rad	荷重 kN	部材角 × 10 ⁻³ rad	荷重 kN	部材角 × 10 ⁻³ rad		
No.11	190	1.0	287	2.4	287	2.4	359	9.3	481	6.7	517	7.5
No.12	186	1.0	274	2.6	274	2.6	-	-	478	8.0	478	8.0
No.13	157	0.5	294	2.6	294	2.6	485	6.9	516	8.8	553	14.7
No.14	241	0.9	-224	-0.9	393	2.8	539	6.1	-437	-4.7	588	15.0
No.15	292	0.6	-322	-0.9	-473	-2.2	727	4.8	770	7.5	861	10.6

2.2 補強金物

図-3 に各サイクルピーク時の補強金物のひずみ推移を示す。縦軸にせん断応力度 τ 、横軸にひずみを示す。図中にひずみ測定位置も示す。

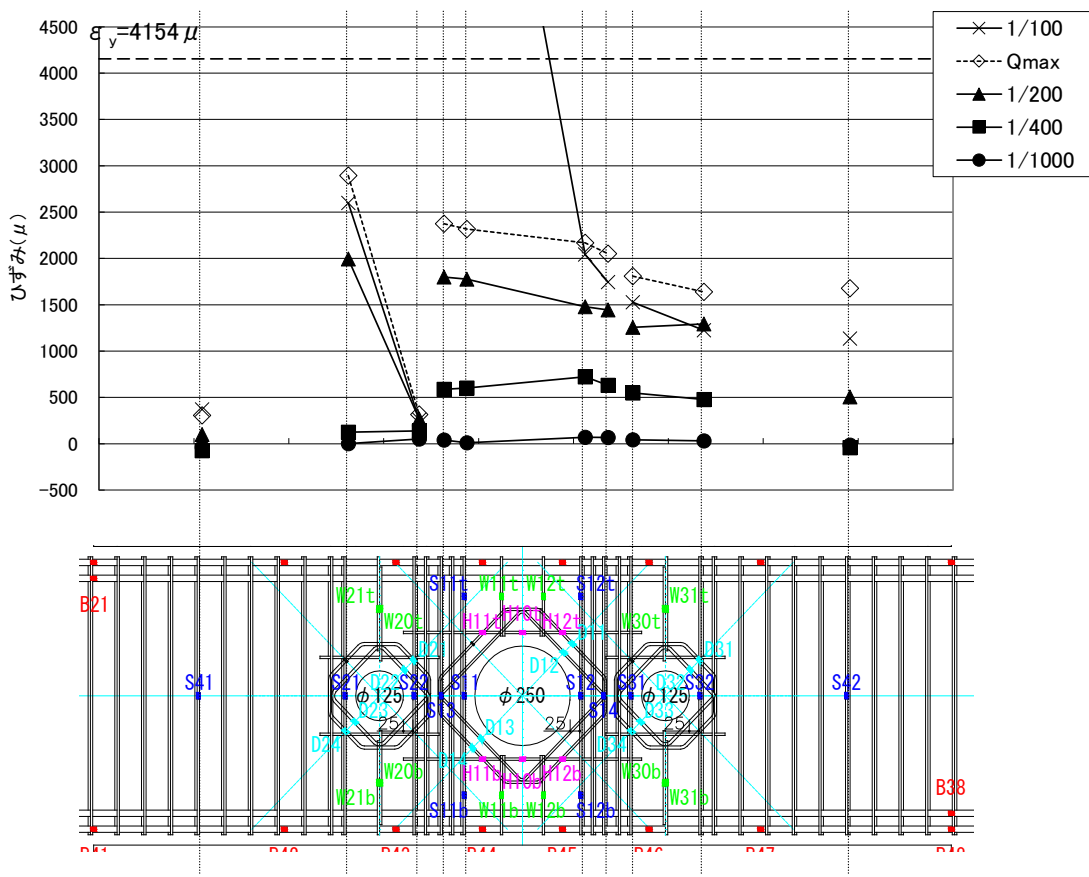
各試験体とも概ね同様の傾向を示した。 $\tau=2.5\sim 3.0\text{N/mm}^2$ 程度までは τ の増加とともにひずみが増加し、その後は徐々にひずみが減少した。各試験体とも小変形時には開孔部せん断ひび割れが卓越するため τ に応じて補強金物のひずみが増加し、 $R=1/200\sim 1/100\text{rad}$ 以降は開孔部せん断ひび割れよりも開孔間または開孔上下せん断ひび割れが卓越するためひずみが減少に転じたと考えられる。

2.3 開孔部上下補強筋

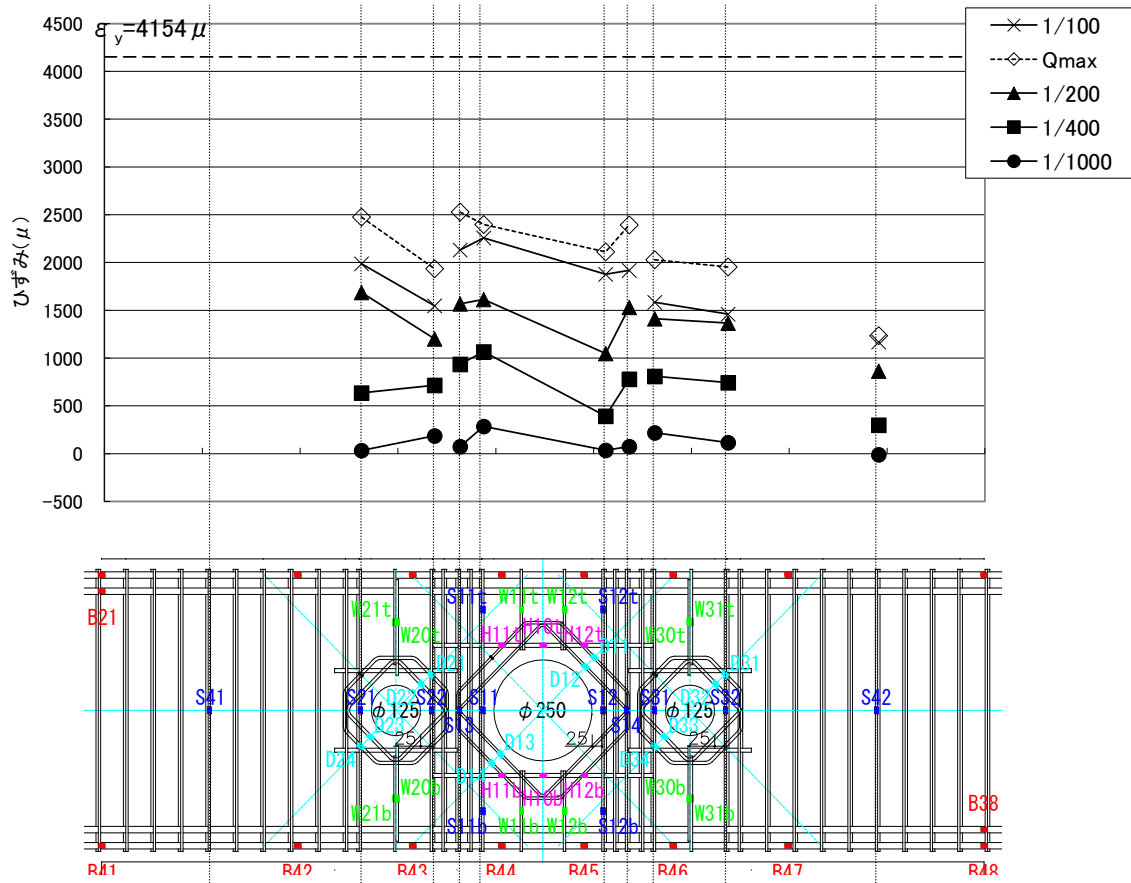
図-4 に各サイクルピーク時の開孔部上下補強筋のひ

ずみ推移とひずみ測定位置を示す。図中には破線で降伏ひずみを示す。測定位置は正加力時における大開孔上下のせん断ひび割れが、開孔部上下補強筋と交差する位置近傍である。

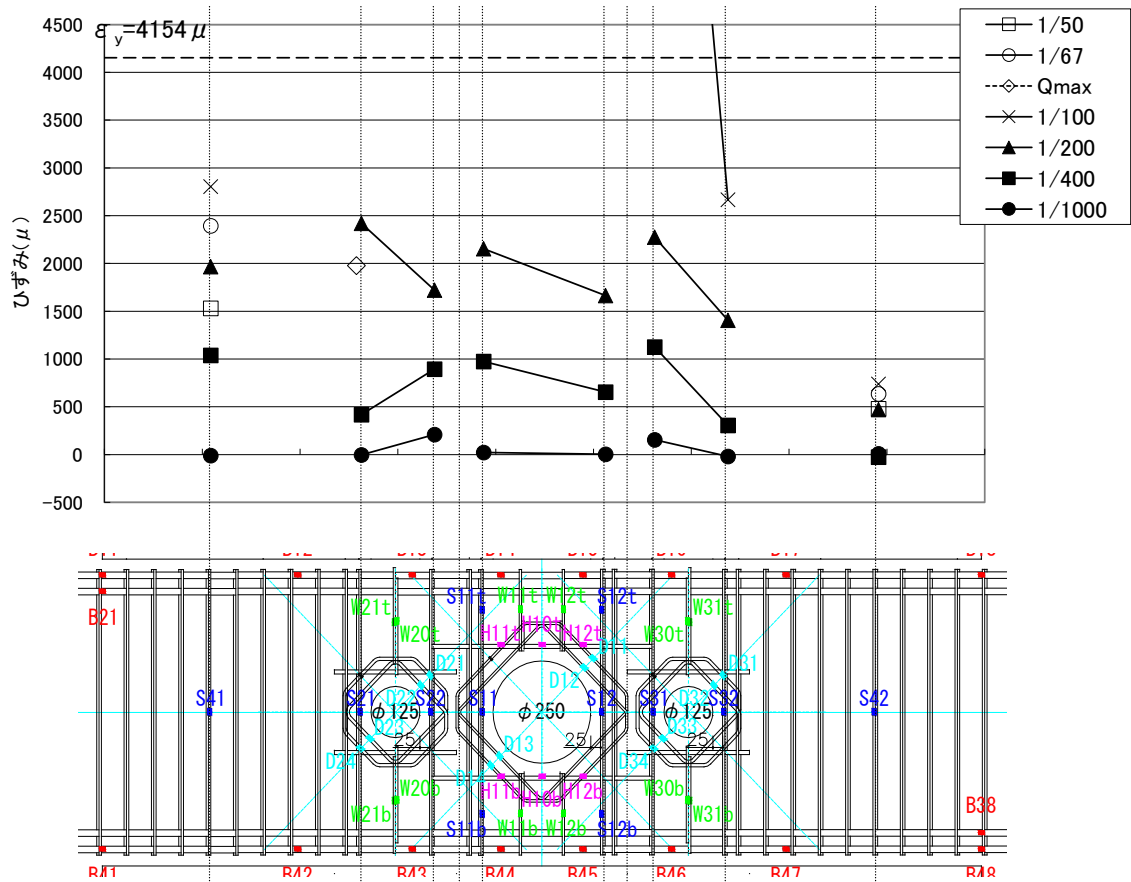
各試験体とも、 $\tau=1.5\sim 2.0\text{N/mm}^2$ 程度以降 ($R=1/400\sim 1/200\text{rad}$) にひずみが増加し、最大耐力時には概ね降伏ひずみを上回った。また、降伏しなかった部位 (No. 15 の大開孔上部) においても、ひずみは 2000μ 程度に達した。これらのことから、開孔部上下補強筋も開孔補強として有効と考えられる。なお、No. 15 の大開孔上部においては、主筋に沿った付着割裂によるひび割れが卓越し、せん断ひび割れが進展しなかったことが、開孔部上下補強筋が降伏しなかったことの一因と考えられる。



(a) 試験体 No. 11
図-2.1 あばら筋ひずみ分布



(b) 試験体 No. 12



(c) 試験体 No. 13

図-2.2 あばら筋ひずみ分布

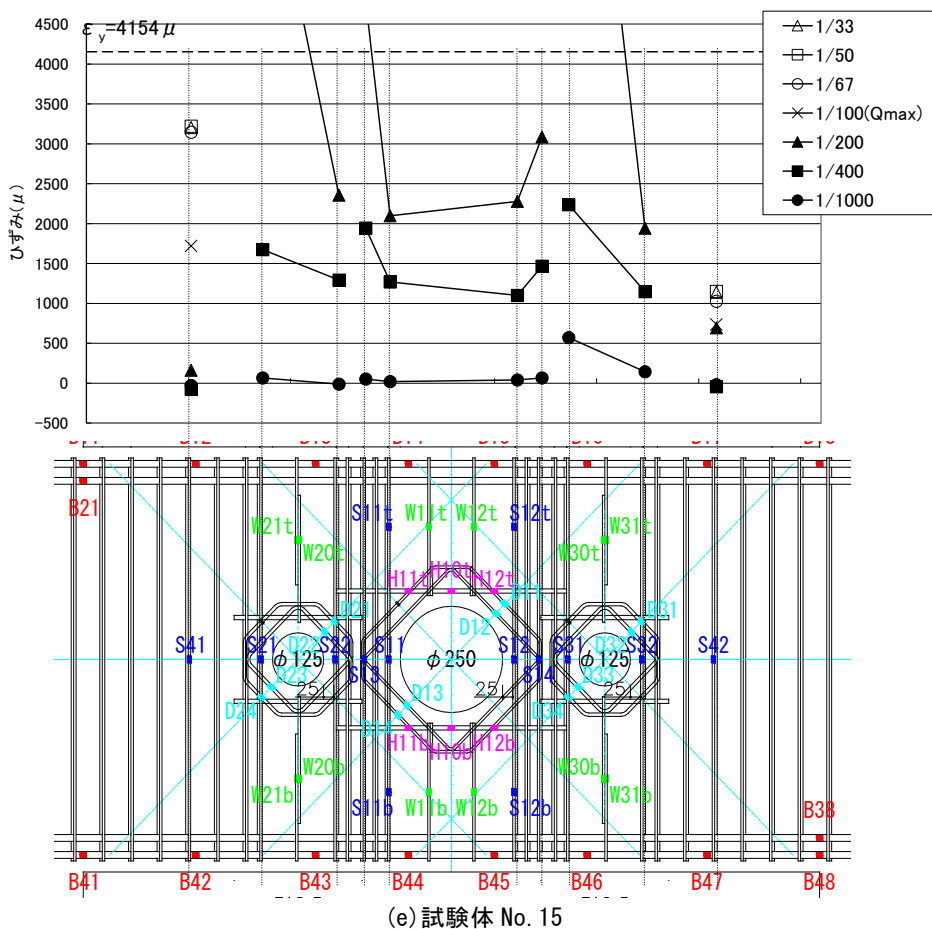
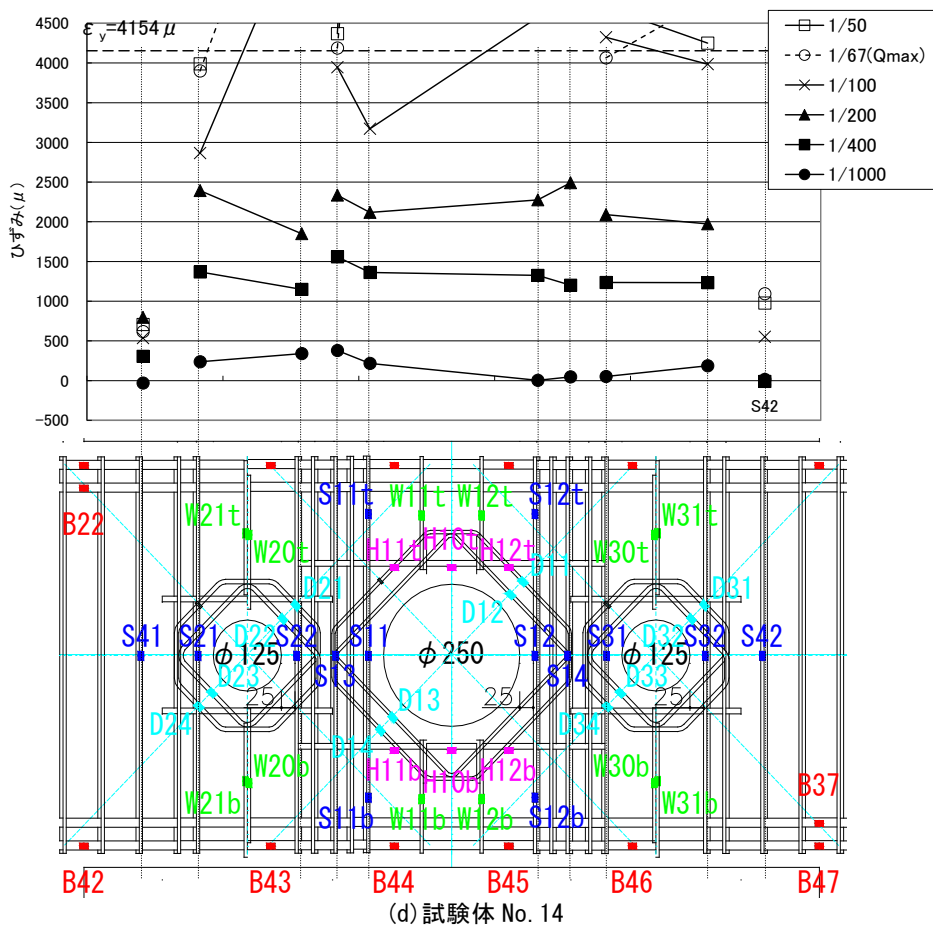


図-2.3 あばら筋ひずみ分布

3. ひび割れ幅の測定結果

図-5にはRC規準¹⁾の(解22.2)式による短期許容せん断力(以下、短期荷重とする)後、除荷時(荷重0時とする)の残留ひび割れ幅を示す。また、図-6には短期荷重後にRC基準の(解22.1)式による大開孔の長期許容せん断力に相当する荷重まで除荷した時(以下、長期許容せん断

力時)の残留ひび割れ幅を示す。対象としたひび割れは、大開孔、大開孔部上下および開孔間の各せん断ひび割れであり、それぞれの最大値を抽出した。なお、両図中にはRC規準6条解説に示されるひび割れ幅の制限値(0.4mm)を破線で示す。ただし、試験体縮尺が約1/3スケールであることから、 $0.4 \times (1/3) = 0.133\text{mm}$ としている。

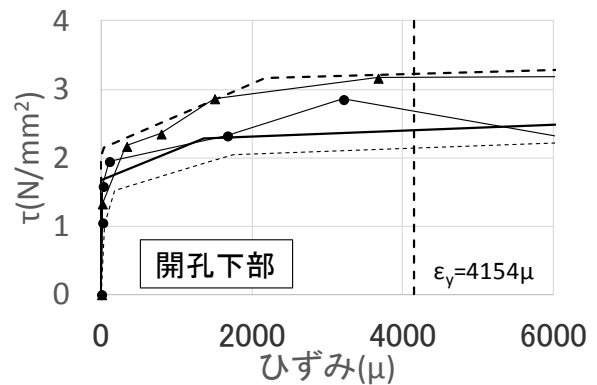
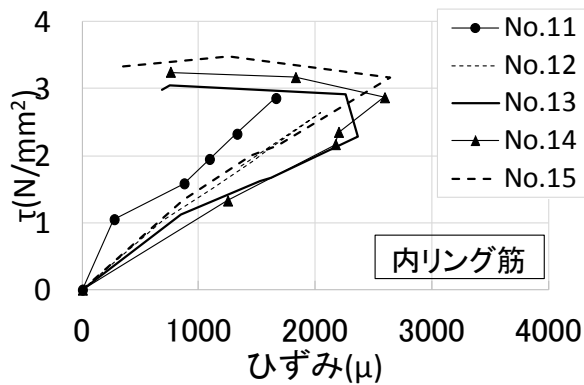
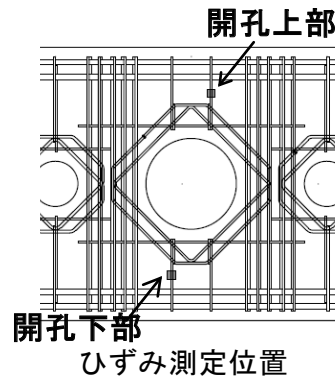
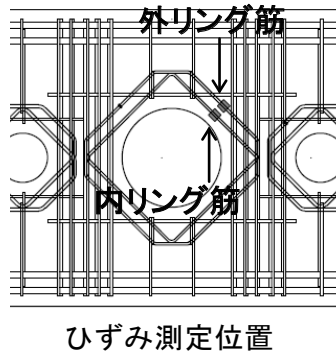
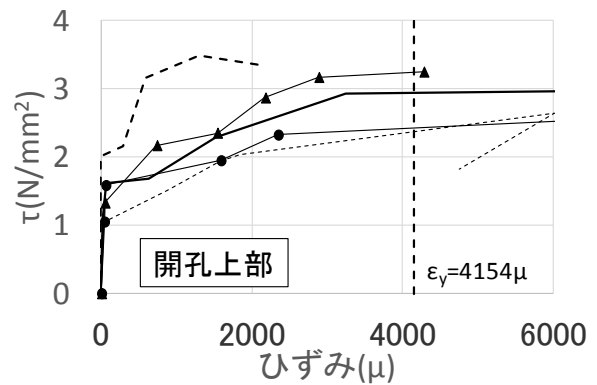
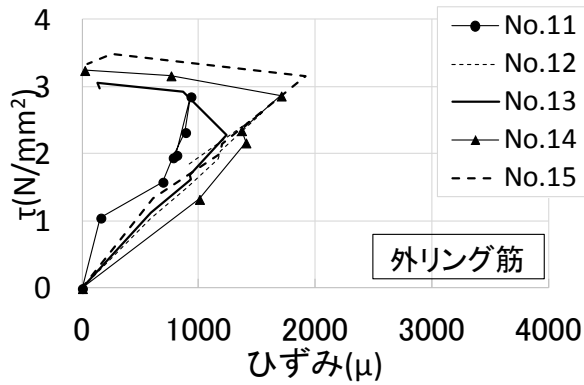


図-3 補強金物 せん断応力度—ひずみ関係

図-4 開孔部上下補強筋 せん断応力度—ひずみ関係

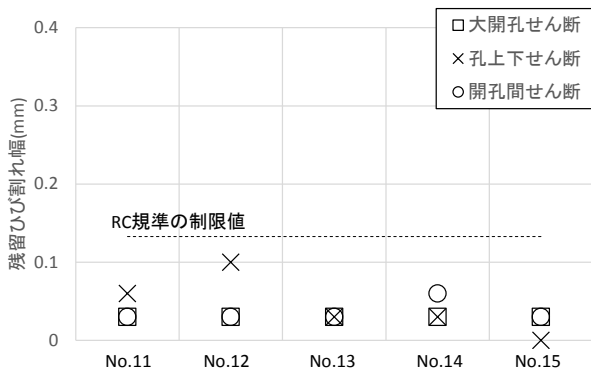


図-5 短期荷重後の除荷時残留ひび割れ幅

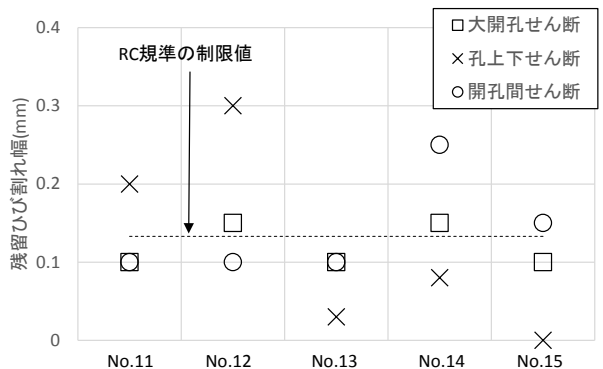


図-6 短期荷重後の長期許容せん断力時残留ひび割れ幅

図-5 より、短期荷重後の除荷時残留ひび割れ幅は、いずれも RC 規準の制限値以下にとどまった。また、図-6 より、短期荷重後の長期許容せん断力時残留ひび割れ幅については、大開孔せん断ひび割れは RC 規準の制限値程度であったが、大開孔上下および開孔間の各せん断ひび割れの一部は制限値を上回った。これらのことから、本実験の範囲内では、中開孔が近接した大開孔を有する RC 基礎梁における大開孔せん断ひび割れは、短期荷重に対して RC 規準の(解 22.2)式により設計することで、概ね損傷制御が可能と考えられる。また、大開孔上下および開孔間等、破壊形式を決定するひび割れの損傷制御のためには、長期許容せん断力は長期荷重時の応力に対して十分な余裕を持たせる必要があるといえる。

4. まとめ

中開孔が近接した大開孔を有する RC 基礎梁の曲げせん断実験の実験を実施した。実験結果のうち、鉄筋のひずみ性状とひび割れ幅の測定結果については以下のようにまとめられる。

- ・孔周囲あばら筋、開孔部上下補強筋は開孔補強として有効である。
- ・孔周囲あばら筋のひずみ性状は、破壊形式により差異がみられた。開孔部上下補強筋や補強金物は、破壊形式によらず概ね同等の性状を示した。
- ・短期荷重後の長期許容せん断力時残留ひび割れ幅は、RC 規準の制限値を上回る部位もみられた。

【参考文献】

- 1) 日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説, 2010