

誘発材に異形鉄筋を用いた RC 造耐震壁試験体の長期ひび割れ性状に関する研究

その3 実験結果および考察

正会員 ○木村 仁* 正会員 松井 亮夫*
同 井戸裕 勇樹* 同 谷 昌典*
同 西山 峰広*

RC 壁 乾燥収縮 誘発目地
誘発鉄筋 最大ひび割れ幅

1. はじめに

その3では、内部ひずみの経時変化とひび割れ幅算定法について述べる。

2. 内部ひずみの発生傾向

図-1に壁内法高さの半分の位置の目地部に内蔵された埋込みゲージによって測定された壁板内部のひずみの経時変化(横軸:材齢)を示す。WC65D16VD6の中央目地では、材齢7日からひずみが増加し始め、材齢110日で2200 μ 程度(ひび割れ幅換算:0.13mm)となり、その後減少し、材齢182日で1840 μ 程度となった。柱近傍の左右の目地では、材齢28日以降にひずみが増加し始め、材齢110日では左目地で1200 μ 程度、右目地で1370 μ 程度となった。なお、左目地は材齢29日、右目地は材齢40日にひずみ値が大きく増加したが、これは本報その2で述べた目地の開き量の変動時期と一致している。一方、WC65NSの中央目地では、材齢23日程度からひずみが増加し始め、材齢110日で3000 μ 程度(ひび割れ幅換算:0.18mm)となり、その後減少し、材齢182日で2700 μ 程度となった。しかし、柱近傍の左右の目地では、ひずみの増加は緩やかで、材齢182日でも左で280 μ 程度、右で-70 μ 程度であった。なお、目地部のひずみの増大に伴い、いずれの試験体においても、中央横や目地間および隅部の横方向に設置した埋込みゲージのひずみ値が減少して、圧縮側(-330 μ ~-540 μ 程度)に移行していることが確認できた。

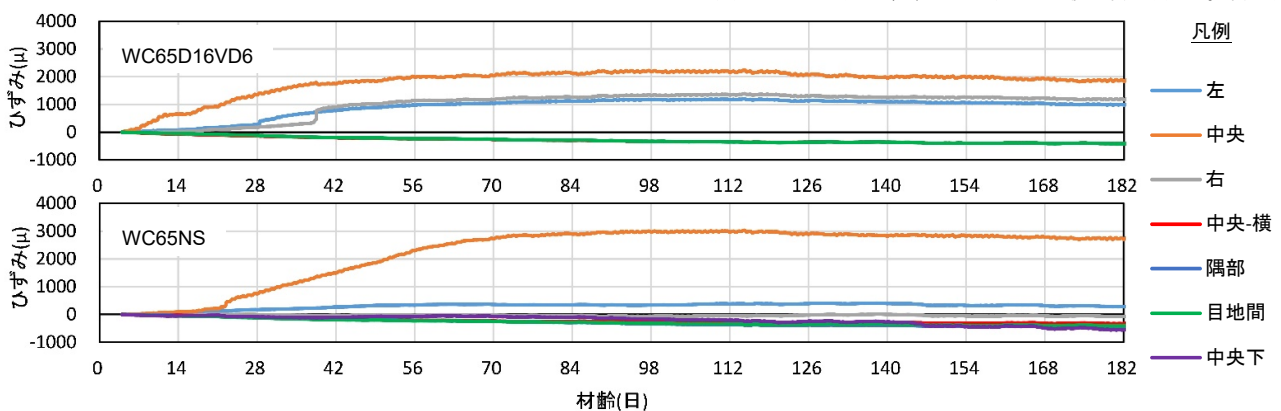


図-1 埋込みゲージによって測定された壁板内部のひずみ(引張正)

以上のことから、目地部の埋込みゲージによる計測値は、本報その2で述べた目地のひび割れによる開き量の傾向とほぼ一致する。

3. ひびわれ幅算定と比較

収縮ひび割れ幅の算定には、大野法²⁾を使用することとした。ひび割れ幅 w は式(1)で表される。

$$w = \left\{ \varepsilon_{st} + (\varepsilon_{sh} - \varepsilon_{creep}) \right\} \times L_b \quad (1)$$

$$L_b = K \cdot L_b(0)$$

$$K = K_{sh} \cdot K_{fc} \cdot K_d \cdot K_\rho \cdot K_\sigma$$

ここに、 ε_{st} :ひび割れ位置の鉄筋ひずみ、 ε_{sh} :コンクリートの自由収縮ひずみ、 ε_{creep} :コンクリートのクリープひずみ、 L_b :等価付喪失長さ(mm)、 K_{sh} :収縮ひずみの L_b への影響係数、 K_{fc} :コンクリート圧縮強度の L_b への影響係数、 K_d :鉄筋径の L_b への影響係数、 K_ρ :鉄筋比の L_b への影響係数、 K_σ :鉄筋応力の L_b への影響係数、 $L_b(0)$:基本断面における等価付喪失長さ(mm)

コンクリートのクリープひずみは、材齢28日までは $\varepsilon_{sh}/6$ 、材齢56日以降は $\varepsilon_{sh}/3$ を用いた。

ここで、梁の収縮変形と壁横筋の圧縮変形が等しいことから、式(2)が成り立つ。

$$(1 - \lambda)L\varepsilon_{sh} = (L - mL_b)\varepsilon_d - mL_b\varepsilon_{st} \quad (2)$$

ここに、 λ :拘束度、 L :壁全長(mm)、 m :ひび割れ本数、 ε_d :壁ダミー試験体の収縮ひずみ

拘束度は、文献3の式(2)を用いて算出した。

式(2)よりひび割れ位置の鉄筋応力 σ_s を算出する。算出

された σ_s を用いて、式(3)より、すべり域外のコンクリート応力 σ_c を求める。

$$(A_c + nA_s)\sigma_c = A_s(\sigma_s + \varepsilon_s E_s) \quad (3)$$

ここに、 A_c :コンクリートの断面積(mm²)、 n :ヤング係数比、 A_s :鉄筋の断面積(mm²)

通常の壁であれば、式(3)で使用するコンクリート断面積の算出には壁厚 100mm を用いる。しかし、誘発目地断面においてコンクリート断面積が減少するため、誘発目地断面でのコンクリート応力が目地以外の断面に比べて大きくなって、誘発目地断面においてひび割れが発生すると考えられる。そこで本検討での、コンクリート断面積の算出の際には壁厚を目地底間距離 80mm とした。また、WC65D16VD6 ではコンクリートと D16 誘発鉄筋および D6 壁縦筋の間に粘着力は発生せず、一体となって挙動しないものと考えて、その投影面積も合わせて差し引いたものをコンクリート断面積として算出した。算出された σ_c が割裂引張強度 σ_t よりも大きい時はひび割れ本数 m を増やすこととし、 σ_c が σ_t より小さくなるまで繰り返す。その際に求められた σ_c を用いて式(1)からひび割れ幅 w が得られる。なお、割裂引張強度は、いずれのケースでも 4 週での材料試験値である $\sigma_t=3.5\text{N/mm}^2$ を使用した。

図-2 に算定ひび割れ幅と目地開き量の経時比較を示す。図中の点線はひび割れ本数を固定して算出した値、実線はひび割れ本数を式(2)、(3)によって判定して算出した値、棒グラフは実験での目地の開き量を表している。WC65D16VD6 は全ての材齢において、計算値はよく目地最大開き量の計測値に対応している。一方、WC65NS の材齢 91 日においては、計算値と最大の目地開き量の計測値に大きな差が見られるが、ひび割れ本数 1 本として算出されたコンクリート応力は、割裂引張強度に極めて近い値を示しており、仮にひび割れ本数を 2 本として計算した場合には計算値と最大の目地開き量の計測値がよく対応している。

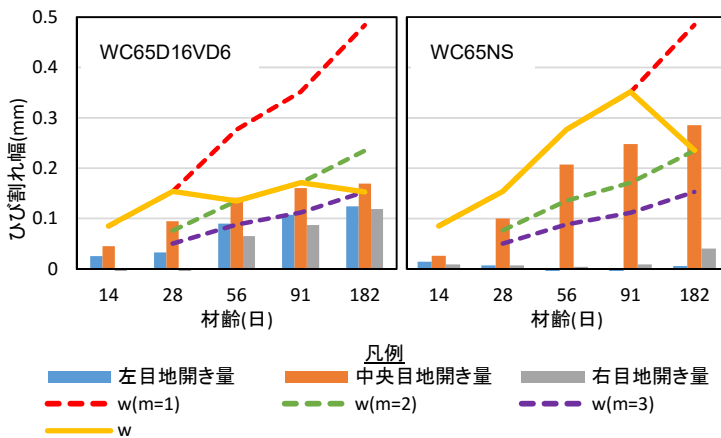


図-2 算定ひび割れ幅と目地開き量の経時比較

*京都大学

4. まとめ

本研究では、誘発材に異形鉄筋を用いたRC造耐震壁の長期ひび割れ性状把握を目的とした実験を実施するとともに、既往のひび割れ幅評価式による実験結果との比較検証を行った。得られた知見を以下に示す。

- (1) 目地部に異形鉄筋を有する壁 (WC65D16VD6) は、従来の普通目地 (WC65NS) を設置した壁と比較して、早期に目地内にひび割れが発生し、壁面の柱近傍に設けた左右の目地にもひび割れが発生するため、ひび割れの分散により最大ひび割れ幅が抑制できる。
- (2) 3軸ゲージの計測値によって算出した壁表面の最大主ひずみ値は、おおむね圧縮側の値を示し、時間の経過とともに増加した。その方向はいずれも水平方向に近い。
- (3) 目地部の埋込みゲージによる計測値は、目地の開き方向の変位の傾向とほぼ一致する。
- (4) 目地部の埋込みゲージによる計測値は、中央目地のひずみ値の進展が最も早く、続いて左右の目地のひずみ値が進展する。
- (5) 大野法による計算値は、各試験体の最大の目地開き量とよく対応した。また、両試験体の目地位置でのコンクリート断面積 (誘発材と壁縦筋の投影面積を差し引いたもの)、およびそれを用いて求めた鉄筋比の差によって生じるひび割れ本数の違いが、ひび割れ幅に反映された結果となった。

謝辞

本研究は民間企業 11 社 (浅沼組, 熊谷組, 西松建設, 東亜建設工業, NIPPO, 飛鳥建設, 大日本土木, 長谷工コーポレーション, 東急建設, 五洋建設, 共立建設) で実施した成果の一部をまとめたものである。実験協力を頂きました竹沢建設および計測テクノをはじめ、関係者の皆さまに謝意を表します。

参考文献

- 1) 佐藤尚隆, 濱田真, 松井亮夫, 坂下雅信: 鉄筋コンクリート造耐震壁に設けたひび割れ誘発目地に関する実験, コンクリート工学年次論文集, pp.307-312, 2014
- 2) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート造建築物の収縮ひび割れ制御設計・施工指針(案)・同解説, pp.80-83, 2006
- 3) 徐泰錫, 中川隆夫, 大野義照, 李維: 鉄筋コンクリート壁の収縮ひび割れ幅に関する実験的検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.1, pp.663-668, 2007

* Kyoto Univ.