

鉄筋コンクリート構造物のひび割れの要因に関する研究

指導教諭：千葉 一雄

1. テーマ選定理由

この研究テーマを選定した理由には次の2つが挙げられる。1つ目は、古びた鉄筋コンクリート構造物にひび割れが生じていることには納得できるが、比較的、新しい建物にもひびが入っているのを見かけるときがあり、どのような要因がこのようなひび割れを生じさせているのか疑問に感じたからである。

2つ目は建築物の代表的な材料であるコンクリートを扱った実験を行い、コンクリートの性質や特徴を身をもって知る機会にしたかったことである。この2つが主な研究動機である。

2. 研究背景

コンクリートはセメントと砂・砂利等の骨材を練り混ぜて打設される材料で、圧縮強度に優れている。対して、鉄筋は高強度の延性材料であり、引張強度に優れている。鉄筋コンクリート構造は双方の強度的な特徴を重ね合わせただけでなく、セメントの持つ強アルカリ性が鉄筋の酸化を防ぐ等の相乗効果を発揮する。

鉄筋コンクリートの欠陥の1つとして、ひび割れが挙げられる。ひびが入る原因は様々だが、私達は今回、コンクリートの乾燥収縮によって発生するひび割れについて研究した。

また、鉄筋コンクリートのひび割れにはいくつか種類があり、ヘアークラック（髪の毛程度のひび割れ）や構造クラックと呼ばれるものがある。微細なひび割れは防ぐことができず、構造物に影響を与えることも少ないが、ひび割れが大きくなると内部に浸水し、鉄筋に錆が発生する。これは構造的に非常に危険である。

3. 実験内容

3-1. 実験 I - 乾燥収縮によるひび割れ -

<試験体>

本研究では、型枠の形状と鉄筋の被りを考慮して粗骨材（砂利）を入れないモルタルとした。

試験体は、早強ポルトランドセメントを使用し、単位水量を高めることで、乾燥収縮を早めることができるため、水セメント比を65%に統一した。細骨材は標準砂を用い、セメントと標準砂の単位量を変えて、4種類のモルタルを打設した。異形鉄筋の呼び径の差が被り厚さの相違となるので、異なる呼び径の異形鉄筋を組み合わせると計12種類の試験体を用意した。加えて、養生なしの試験体も1組製作した。また、試験体の寸法は、図1のように40[mm]×40[mm]×160[mm]とし、三連型枠に打設した。

<養生条件>

6日間の乾燥と1日の飽水のサイクルで養生を行い、乾燥収縮を早める。乾ききったコンクリートは、それ以上の乾燥収縮は望めないが、再度、飽水することで、コンクリートは再び膨張し、乾燥収縮を繰り返すことが可能となる。尚、コンクリートの打設、養生開始日を記録し、ひび割れが生じるまでにかかった期間から結果を導く。

すべての試験体は同日に打設していないが、実験期間は5月に開始し、すべての試験体は気温の高くなる夏までに打設し、最も気温が上昇する期間に乾燥と飽水のサイクルの養生を行うことができた。

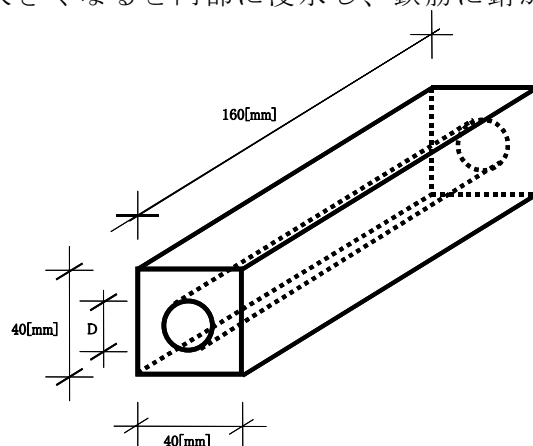


図1..試験体の形状（鉄筋あり）

3-2. 実験Ⅱ - 鉄筋の変位によるひび割れ -

<試験体>

実験Ⅰと同様、呼び径D19の異形鉄筋に水セメント比65%のモルタルを、右図のように打設する。また、骨材とセメントの比率も実験Ⅰと同様に4種類用意した。実験Ⅱでは、打設にφ50[mm]、高さ100[mm]の円柱型枠を使用し、養生はビニール袋で密封して封かん養生という方法を用いた。

<実験内容>

アムスラー型万能試験機で試験体に引張荷重を加える。そして、試験体の鉄筋部分4箇所、コンクリート部分2箇所の計6箇所に、ワイヤーストレインゲージを貼り付け、データロガーによってそれぞれのひずみ度を計測する。また、ひび割れは研究者の目視によって観測し、ひび割れ発生時の荷重を記録する。

4. 結果と考察

4-1. 実験Ⅰ- 乾燥収縮によるひび割れ -

乾燥収縮を繰り返していくうち、呼び径D19のすべての試験体にひび割れが生じ、呼び径D10ではセメント骨材比1:3を除く計7種類の試験体にひび割れが生じた。ひびは材軸方向に対して、垂直方向に入ったため、乾燥収縮によるひび割れと判断できる。

また、参考実験として、養生無しの実験も行ったが、それらの試験体にはすべてひび割れが生じた。しかし、それらはほぼ同時期のものであったため、養生しないことで起こる著しい強度低下以外の要因を考えることが難しい。

以上のことから、セメントと骨材の比率が高いものほどひび割れが生じやすいと判断できる。しかし、それ以上に被り厚さによる影響の方がより直接的なものであると感じられた。この実験で、結果が明確になりづらかった原因として考えられるものは、試験体の規格が小さく、セメントの乾燥収縮の影響が出づらかったことである。また、今回の実験による乾燥収縮によるひび割れは微少なものであったが、規模が大きく粗骨材の多い実際の鉄筋コンクリート構造物では、この試験体よりひび割れが発生しやすい可能性がある。

4-1. 実験Ⅱ- 鉄筋の変位によるひび割れ -

ひび割れが確認されたのは、すべての試験体に共通して、試験体のモルタル部分が約2[mm]伸びたときであった。また、最も多くひびが確認されたのは1:1.5 D19であった。50000[N]程でひび割れが生じる試験体もあったが、構造物として致命的と思われるひび割れはどれも100000[N]を超えてから発生したものであった。鉄筋の降伏点荷重も、約100000[N]なので、鉄筋が引っ張られることによる外的要因がひび割れを生させる場合、鉄筋の降伏点以上の力が必要となり、実用範囲では、ひび割れよりも建築物の強度自体を考慮する必要がある。地震力等の外的要因と乾燥収縮や材料劣化等の内的要因が組み合わさることで、構造クラックと呼ばれる大きなひび割れが発生すると考えられる。

5. まとめ

単位水量が多く乾燥と飽水を繰り返すにより短期間に乾燥収縮によるひび割れを生じさせることが出来た。このことは、実際の鉄筋コンクリート構造物でも起こりうるということであり、コンクリートは単位水量を少なくしたほうが良いとの結論が得られた。

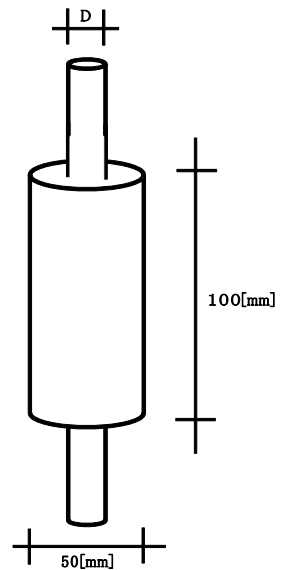


図2..鉄筋変位試験体



写真1. 鉄筋の変位によるひび割れ