

地震により打設直後のコンクリートに発生したひび割れに関する考察

東日本旅客鉄道（株） 東北建設プロジェクトマネジメントオフィス 正会員 ○井上 聡子
東日本旅客鉄道（株） 東北建設プロジェクトマネジメントオフィス 正会員 加藤 格

1. はじめに

2022 年 3 月 16 日 23 時 36 分、福島県沖を震源とするマグニチュード (Mj) 7.4 の地震が発生した。高架橋構築工事では、柱のコンクリート打設後半日程度経過した頃に 6 本の揺れを受け、ひび割れが発生し、対応が必要となった。本稿では、このひび割れの発生原因に関する考察と対応内容について報告する。

2. 施工概要

2.1. 打設箇所概要

3 月 16 日は、2 層 5 径間 2 柱式のラーメン高架橋のうちフーチング基礎直上の柱 (幅 1.1m×1.1m、) 6 本の打設 (打設高さ 2.0m) を行っていた。配筋図を図-1 に示す。打設箇所の配筋の特徴として、耐震性能の向上のためにフーチング直上 1485 mm の範囲に内巻きスパイラル筋²⁾を配置していることが挙げられる。断面図は図-2 に示す通りで、軸方向主鉄筋は D38、帯筋は D22、純かぶりは 50 mm である。

2.2. コンクリートの諸条件

打設したコンクリートに関する諸条件を表-1 に示す。柱の打ち継ぎ箇所での品質不良発生を防ぐため、ノンブリーディングの高流動コンクリートを採用していることが特徴である。打設前の品質試験では試験項目の全てで社内規格値内に収まっていることを確認した。

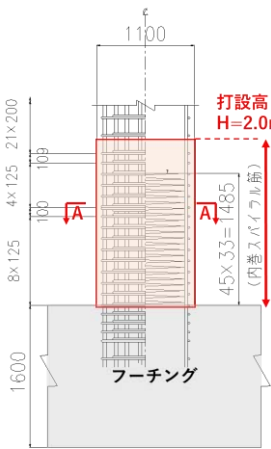


図-1 打設箇所配筋図

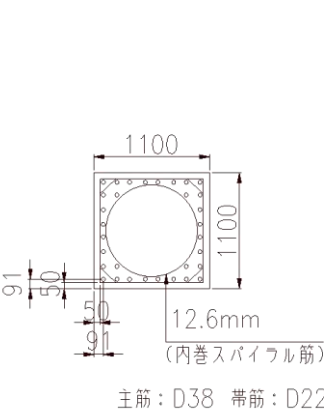


図-2 A-A 断面図

2.3. 鉄筋、型枠固定状況

打設後の鉄筋、型枠の固定状況を図-3 に示す。軸方向主鉄筋はフーチングに約 1.5m を巻き込んで立て込んでおり、フーチングからは最大約 4.0m、型枠上端からは約 2.0m 突出した状態であった。なお、鉄筋上部の固定は行っていなかった。型枠については、コンクリート打設後のはらみだし、位置ずれを防ぐため、単管やチェーンを使って周囲の仮土留めに固定していた。

2.4. 時系列

打設から地震発生までの時系列を表-2 に示す。地震発生時は打設から約 12~14 時間が経過したころであった。なお、打設から約 4~6 時間後に確認した際には、柱のひび割れは確認されなかった。

3. ひび割れ発生状況と考察

3.1. 発生したひび割れ

地震翌日の 3 月 17 日、打設した 6 本の柱すべてにひび割れが発生していることを確認した。ひび割れは主に 3 種類に分類でき、①柱の軸方向主鉄筋をつなぐように円形にひび割れが発生したもの (図-4)、②主鉄筋付近から柱内側に進行しているもの (図-5)、③内巻きスパイラル筋の上部付近で主鉄筋内側に円形に発生したもの (図-6) が確認された。ひび割れのほとんどは①のタイプに分類されるものであり、ひび割れ範囲に

表-1 諸条件

項目	設計値
配合	40-60-20 BB ※高流動コンクリート
単位水量	170 kg/m ³
空気量	4.5%
その他	ノンブリーディング

表-2 時系列

作業内容	1.2本目	3.4本目	5.6本目
打設開始	8:50	9:30	10:15
打設終了	9:25	10:00	11:20
遅延剤散布	15:45		
地震発生	23:36		
打設終了〜地震発生	約14時間	約13時間	約12時間

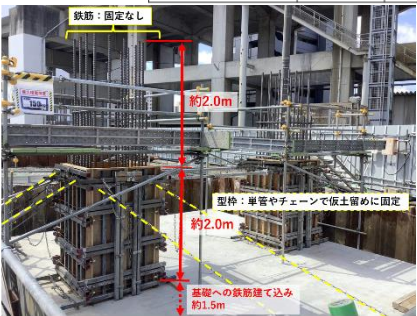


図-3 鉄筋・型枠固定状況

キーワード：地震 コンクリート ひび割れ

連絡先：仙台市青葉区五橋一丁目1番1号

違いはあるものの6本の柱すべてに発生しており、ひび割れ幅は最大で5mm程度であった。①のひび割れの近景を図-7に示す。鉄筋とコンクリートの間に隙間が発生していることが目視で確認でき、鉄筋とコンクリートの付着不足が懸念された。一方で、柱側面については、ひび割れ等の損傷は確認されず(図-8)、軸方向主鉄筋の位置についても、大きな位置ずれは確認されなかった。

3.2. ひび割れ発生原因に関する考察

施工直後のコンクリートのひび割れとして、硬化中のコンクリートの材料分離によって生じる沈下ひび割れが挙げられる。一方で、今回使用したコンクリートがノンブリーディングタイプであること、打設4～6時間後の時点で上面にひび割れが発生していなかったことから、ひび割れは材料や施工に起因するものではなく、地震に起因した変状であると推定した。

前述の通り、発生したひび割れの多くが軸方向鉄筋を起点に発生しているものであったこと、鉄筋周囲に隙間が生じているものが見られたことの2点より、打設後12～14時間後というコンクリート凝結の終結前後で引張強度が極めて小さい段階に鉄筋と躯体(型枠)が異なる挙動を示したことでひび割れが生じたものと考察した。なお、図-3に示した通り、型枠は仮土留めに固定していたのに対し鉄筋は上部の固定をしていなかったため、地震発生時は、鉄筋の挙動と躯体(型枠)の挙動(=仮土留め、地盤)が一致しなかったと推測する。

4. 対応

4.1. 方針の決定

軸方向主鉄筋の位置がずれていないことが確認できたため、打設箇所全域の再施工は不要と判断し、主鉄筋とコンクリートの付着不足を解消するための対応のみを行うこととした。対応方針の検討については、品質確保のほか、工事工程への影響についても考慮する必要があった。

方針として、①ひび割れへの樹脂注入による補修、②健全面までのコンクリート研り、打ち替えの2案を検討した。①についてはひび割れ上部から樹脂を注入した際のエア溜まりを防ぐため、ひび割れ下端に注入孔を削孔し樹脂を注入する必要があったが、ひび割れの進行深さが不明であり、下端の特定による工程遅れが予想された。また、下端特定のための削孔を繰り返



図-4 ひび割れ①



図-5 ひび割れ②



図-6 ひび割れ③



図-7 ひび割れ①近景



図-8 柱側面の状態

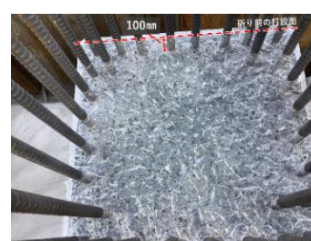


図-9 研り作業完了後

すことによる新設躯体の損傷やひび割れに分岐がある場合の注入不足等、品質確保に懸念が残った。②についても①と同様に、ひび割れの下端が不明な中で研り作業を行うため、工程に影響を与える恐れがあったが、目視でひび割れ下端の確認が可能であり、品質確保が可能であることから案②を採用することとした。

4.2. 対応結果

コンクリートの研り作業を行った結果、6本の柱全てで、打設上面より100mm程度でひび割れのない健全な面に到達することができ、研り作業を完了した(図-9)。打ち継ぎの際には、打継用接着剤を使用し、当該箇所は問題なく打ち継ぎを完了している。

5. おわりに

本稿では、地震発生後に確認されたコンクリートのひび割れについて報告し、その原因をコンクリートの鉄筋と躯体(型枠)の揺れによるものと考察した。

参考文献

- 1) 気象庁：令和4年3月16日23時36分頃の福島県沖の地震について、報道発表資料，2022.3.17
- 2) 菅野貴浩，石橋忠良，木野淳一，小林薫：軸方向鉄筋の内側に円形帯鉄筋を配置した鉄筋コンクリート柱の地震時変形性能，コンクリート工学論文集，Vol.20，No.2，2009.5