T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題	地中RC ボックスカルバートの遅れせん断ひび割れ発生機構に関する検討
著者	木原 亮太, 千々和 伸浩, 洪 汶宜
出典	土木学会第72回年次学術講演会講演概要集, , , pp. 625-626
発行日	2017, 9
権利情報	本著作物の著作権は土木学会に帰属します。 Copyright (c) 2017 JAPAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

地中 RC ボックスカルバートの遅れせん断ひび割れ発生機構に関する検討

東京工業大学　学生会員　○木原　亮太
東京工業大学　正会員　　千々和　伸浩
国立中央大学　　洪　汶宜

１．研究背景

地下構造物の維持管理問題の一例として，浅地中 RC ボックスカルバートの長期過剰変形が挙げられる．供用開始から数十年経過した複数のカルバートにおいて頂版（天井部）のたわみが，設計予測を数倍大きく上回る例が報告されており，安全性が危惧されている．既往研究において，数十年経過後をへて形成される遅れせん断ひび割れによって，長期過剰変形が引き起こされたことが示唆されている 1)．地盤作用・カルバート内部の乾燥・時間経過という条件を考慮した際に，せん断ひび割れが発生する可能性があることまでは解析から明らかになったものの，個々の現象の遅れせん断ひび割れへの影響度は十分には明らかにされていない．本研究では，地盤とコンクリートの相互作用，乾燥条件，時間依存を同時に考慮する解析システムの妥当性を検証した上で，次いで既往研究で考慮された条件から導かれた個々の現象を個別に検討することで，遅れせん断ひび割れ発生機構の解明を試みた．

2.　実験概要

コンクリート-地盤の相互作用，乾燥条件を含めた解析の妥当性を検証すべく実験を行い，並行してその再現解析を試みた．実験では内部断面が縦 500 mm 横 1200 mm，スラブ厚は一様に 75 mm,奥行き 500 mm の供試体を作成した．断面に補強鉄筋として D6 異形鉄筋をかぶり 15 mm で 50 mm ピッチ，断面に垂直な奥行き方向に配力筋として D6 異形鉄筋を 200 mm ピッチで配置した．打設後 15 日間封緘養生した後，脱型して土槽に設置した．埋戻しは打設から 16 日経過した時点で完了した．供試体内部の湿度を管理するために送風用，吸引用の 2 本のパイプを取り付けた．使用した土槽は底面 5 m×5 m,高さ 3 m の地盤を収容可能である．壁に接するように横幅 3 m 高さ 3 m の範囲を掘削し，横幅 3 m の中央に供試体を設置した後，湿った砂で埋め戻した．砂 1t を埋戻すごとに人の体重で締固めた．

実験の結果，鉛直土圧は頂版スパン中央から端にかけて大きくなり，解析での挙動と一致した．土圧の大きさは土被り荷重および解析結果と比べ約 0.8 倍と小さく計測された.解析ではカルバートは奥行き方向に長く，土圧分布は任意の断面で同等だと仮定しているが，実験では奥行き 500 mm であり，断面と垂直方向にも土圧変化が生じたためと考えられる．初期の変形において，小さな土圧の移動が確認された．解析より小さな鉛直土圧だったにもかかわらず,頂版のたわみは大きく計測された.使用したコンクリートの水セメント比が高く，材料分離し易かったため，カルバート奥行き方向に不均一な強度となったことが考えられる．鉛直土圧が小さかった分，側壁変位は大きく計測された．コンクリートひずみおよび鉄筋ひずみは頂版の変形に比例して解析より大きく計測された．カルバート内部の乾燥に伴う頂版の変形促進が確認された．全体として，実験で見られた特徴的な挙動は解析でも精度よく再現されており，解析が地盤とコンクリートの相互作用，乾燥条件を同時に追跡可能であることが示された．

3.解析による遅れせん断ひび割れ形成要因の抽出

実験により精度が確認できた解析を用い,遅れせん断ひび割れを発生させた要因をコンクリートへの作用側と応答側とに分けて考えた．前者は時間経過に伴い外力作用状態が変化し，構造物に対して厳しい状況に変化したこと，後者は時間経過に伴いコンクリート側の耐力が下がったことが原因だと考えるものである．この観点を踏まえ，3 つの条件から引き起こされる一つ一つの現象の影響を解析により検討した．

キーワード　遅れせん断ひび割れ，時間依存変形，乾燥，持続荷重
連絡先　　〒152-8552　東京都目黒区大岡山 2-12-1　東京工業大学 環境・社会理工学院　ＴＥＬ03-5734-3194

(1)作用側の影響-鉛直土圧の移動

初期に等分布であった土圧は，頂板の変形によって上部の地盤が緩み，力がせん断ひび割れ発生点付近に集中する形の偏分布荷重となる．コンクリートのカルバードだけを抜き出し，そこに節点力として総土圧を与える分布させる幅を変化させることにより，土圧移動がせん断ひび割れ発現に与える影響を検証した．分布幅は端部から 1950 mm（全体），1350 mm，850 mm である．環境条件は封緘状態とし，荷重は 30 年間作用させる．

解析の結果，土圧が移動，集中することでせん断形成を抑制することが分かった．土圧の移動は頂版のたわみによって引き起こされる．時間と共にたわみが進行することで構造物の安全性が高まる可能性を示している．逆に，土圧が移動しないと仮定した場合には 2 年強でせん断破壊が生じた．

(2)作用側の影響-水平土圧の変化

地盤とコンクリートとの相互作用の結果，鉛直土圧だけでなく水平土圧も変化する．ボックスカルバートでは，水平土圧の大きさにより頂版に作用する曲げモーメントが変化する為，遅れせん断形成に対して影響を与える可能性が考えられる．水平土圧の影響の程度を把握するために想定時の水平土圧を 0 倍，0.5 倍，1 倍，1.5 倍，2 倍に変化させ，封緘状態で 30 年間載荷した．

その結果，水平土圧が大きくなるにつれ，曲げひずみが小さくなる傾向はみられたもののが，せん断ひずみに関しては顕著な傾向は見られない．一般に，水平土圧は鉛直土圧に比して小さいため，水平土圧の変化は十分小さく，せん断ひび割れ形成への影響は小さいと考えられる．

(3)コンクリート応答側の影響

持続荷重作用下における，時間経過に伴うせん断ひずみの進行を，乾燥というパラメータで比較した．荷重条件は想定時通りの鉛直土圧 123.51 kN/m^2，水平土圧 35.79 kN/ m^2 である．パターンは①外部湿潤・内部乾燥（想定通りの環境条件），②内外ともに封緘（境界面における水分の出入りなし），③内外ともに湿潤（水分はコンクリート外部から供給される），④コンクリート全接点 RH=99%固定（水和反応でも水分が一切消費されないと仮定）の 4 つである．約 30 年荷重を作用させたときの主ひずみコンターから，水分が多くなるにつれてひずみが見られなくなった．速度は遅くなるものの，コンクリートは水和反応を続けるため，内部でも水分消費がないパターン④は現実ではありえないが，乾燥の影響が全くない場合には持続荷重によるせん断ひずみはほぼ生じないことが分かった．

4. せん断ひび割れの終局耐力への影響

一般に，乾燥収縮は曲げ耐力への影響がほとんどないことが知られている．曲げ破壊は鉄筋の降伏後に生じるが，鉄筋の降伏応力はコンクリートの乾燥収縮応力を大きく上回るからである．構造物の維持管理において乾燥は曲げ耐力に関して，直接的には考慮する必要がない．一方，せん断破壊は鉄筋の降伏前に起こる．特にせん断補強筋のないカルバートの場合，破壊荷重の低下は重大な事故を引き起こす可能性があり，乾燥により生じた可能性の高いせん断ひび割れの終局耐力への影響を明らかにする必要がある．

内部環境を乾燥として，設計時想定荷重 123.51 kN/ m^2 を等分布荷重として頂版に 30 年間作用させ，せん断ひび割れが生じたカルバート F と，30 年間自重以外の荷重を受けないカルバート F とに対して徐々に作用荷重を上げることで，遅れせん断ひび割れの静的せん断耐力への影響を評価した．

荷重履歴のないカルバート F は 234 kN/ m^2 でせん断破壊したが，せん断ひび割れを生じているカルバート F は 214 kN/m^2 でせん断破壊した．想定時荷重 123.51 kN/ m^2 の場合，耐力低下は小さく，せん断耐力低下率は 9%未満であるが，せん断ひび割れによる終局耐力への影響は少なからず存在することが分かった．静的載荷では 234 kN/m^2 に耐えうる構造物が，150 kN/ m^2 の持続載荷では 2 年強で破壊するという結果となる．

５．おわりに

遅れせん断ひび割れの形成に乾燥が強く影響していることが本研究から明らかになった．今後は直接的に乾燥の影響をより明確にする実験を行い，現象の解明を進めたいと考えている．なお本研究は JSPS 科研費（課題番号 16H06096)の助成を受けて実施したものである．