

下面増厚工法により主桁下面増厚補強した RCT 桁の FEM 解析について

首都高速道路公団	正会員	津野 和宏
首都高速道路公団	正会員	臼井 恒夫
株式会社ロードリフレ		栗原 友則
株式会社 さとうベネック	正会員	財津 公明
パシフィックコンサルタンツ株式会社		伊東 靖
パシフィックコンサルタンツ株式会社	正会員	○山口 恒太

1. 目的

RCT 桁の曲げ補強対策として D32 を補強鉄筋とした下面増厚補強を行った場合、定着端部より補強部が剥離する場合がある。そこで、本研究では既設 RCT 桁と補強部に剥離が生じる過程を解析的に追跡することを目的に FEM 解析を実施したものである。

2. 実験概要及び結果

供試体 No.1 は設計断面の応力状況ができるだけ再現できるようにモデル化を実施した。供試体 No.2 は補強設計の設計断面をシミュレートした試験体であり、補強効果の確認を行う供試体である。また、供試体 No.3 は供試体 No.2 に炭素繊維シート（以後、CFS と呼ぶ）を接着し、下面増厚工の剥落を防止する供試体である。表-1 に供試体諸元および実験結果を示す。下面増厚補強供試体 (No.2) は、荷重 476kN 時に、下面増厚部と既設部材の界面で剥離を生じ、せん断破壊のような急激な耐力

表-1 供試体諸元および実験結果

供試体	No.1	No.2	No.3
せん断スパン		2450mm	
純曲げ区間		1000mm	
桁幅		300mm	
桁高	700mm	764mm	
鉄筋		SD345	
コンクリート強度	30.1N/mm ²	31.7N/mm ²	33.2N/mm ²
圧縮鉄筋		2-D22,1D-19	
引張鉄筋		3-D32	
せん断補強筋		2-D16 ctc.150	
補強鉄筋	---	3-D32	
CFS補強	---	---	目付け300g/m ²
ひび割れ発生荷重	82kN	142kN	144kN
剥離荷重	---	476kN	479kN
降伏荷重	406kN	---	---
終局荷重	444kN	468kN	728kN

の低下を生じた。供試体 No.2 の補強部が剥離した後の挙動は、無補強供試体 (No.1) と同様な耐力挙動となり、曲げ破壊型の終局状態をむかえた。なお、補強部と既設部材との剥離は、支点部から支間中央部まで開口するような状況であり、完全に剥離した状態であった。下面増厚と端部を CFS で補強した供試体 No.3 は、荷重 479kN 時に、下面増厚部と既設部材の界面にずれが生じ耐力が多少低下した。供試体 No.3 では下面増厚にずれが認められた後も、耐力は上昇し既設鉄筋の降伏後に曲げ破壊型の終局状態をむかえた。なお、下面増厚部の端部は CFS で補強されていたことから補強断面の完全な剥離、脱落は載荷終了時まで認められなかった。

3. 下面増厚補強を行った RCT 桁の FEM 解析

鉄筋コンクリートの静的非線形解析専用プログラム (ATENA) を用いて解析を実施した。図-1 に解析モデル図を示す。解析では、既設断面と下面増厚断面の界面条件と界面剥離を解析的に考慮するために、剥離要素 (interface 要素) を既設断面と下面増厚断面の界面に設けることとした。剥離要素は、以下の二つの状態を想定している。図-2 に剥離要素の応力-変位関係を示す。

○開いた状態：この状態では、剥離要素による作用がない。

○閉じた状態：この状態では、剥離要素による作用が考慮される。

キーワード RCT 桁, 主桁補強, 下面増厚補強, 耐力性状, FEM 解析

連絡先 〒163-0730 東京都新宿区西新宿 2-7-1 新宿第一生命ビル パシフィックコンサルタンツ (株) TEL03-3344-1931

なお、今回用いた剥離要素では、界面に作用するせん断力の軟化等を考慮していない。剥離要素の剛性 K_{nn} は、DiscreteCracking モデルに準拠し、ひび割れ発生前の要素間の連続性を保つために K_{nn} を 100N/mm^3 と仮定し、また、せん断剛性 K_{tt} を $K_{tt}=K_{nn}$ と仮定した。また、付着界面の特性として、付着強度を 2.6N/mm^2 、限界引張応力値を 0.55N/mm^2 と仮定した。

4. 解析結果と実験結果

供試体 No.2 と供試体 No.3 の実験結果と FEM 解析結果に関する荷重—変位関係を図-3 に示す。下面増厚工を実施した供試体 No.2 については、下面増厚の境界面に剥離要素を配置した FEM 解析結果と実験結果は、良く一致しており、FEM 解析においても剥離現象を再現できていることが把握された。ただし、今回、下面増厚と既存断面の境界面に設置した剥離要素には、せん断の軟化特性を定義できないため、供試体 No.3 については、実験結果を解析で再現することができなかつた。すなわち、供試体 No.3 に関する解析結果と実験結果を見た場合、実験結果では下面増厚工に剥離が生じた後に、曲げ剛性の低下が認められるが、解析では、剥離要素にはせん断の軟化特性を定義できないことから、このような軟化傾向を表現することができなかつた。ただし、下面増厚工と既設断面の付着状態を再現した、今回の解析モデルにおいては、下面増厚工の剥離発生時の荷重を評価できることが把握された。なお、供試体 No.2 の下面増厚補強部が剥離した時のひび割れ状況を図-4 に示す。FEM 解析結果と実験から得られたひび割れ状況図は概ね一致しており、剥離およびひび割れ状況についても FEM 解析で再現可能であることが把握された。

5. まとめ

下面増厚工と既設断面の付着状態を再現するために下面増厚の境界面に剥離要素を配置することで、主桁の下面増厚補強における補強部材の剥離発生時荷重を評価できる。

参考文献

- ・ 津野ほか：下面増厚補強を行った RCT 桁の曲げ補強高価に関する研究、第 58 回土木学会年次講演会、V 部門
- ・ 津野ほか：CFS を用いた下面増厚の端部補強効果に関する考察、第 58 回土木学会年次講演会、V 部門
- ・ 津野ほか：RCT 桁の下面増厚補強に関する設計方法について、第 58 回土木学会年次講演会、V 部門

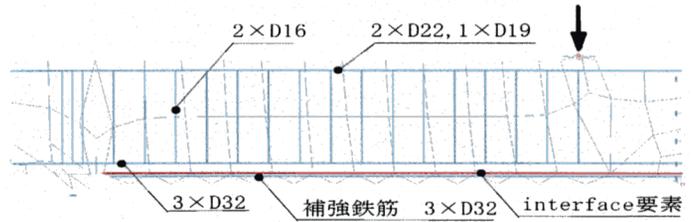
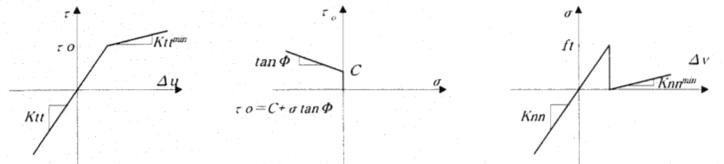


図-1 解析モデル



(a) 水平方向バネ (b) 鉛直方向バネ
図-2 剥離要素の応力—変位関係

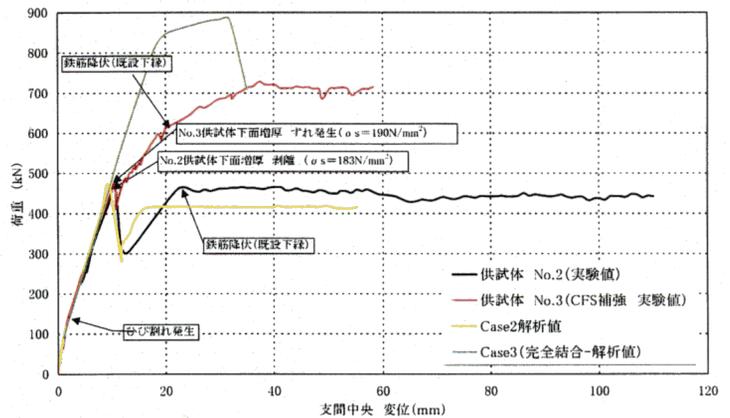
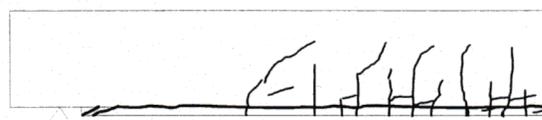


図-3 FEM 解析結果

(a) 実験結果



(b) 解析結果



図-4 ひび割れ状況図（剥離後 供試体 No.2）