

清水建設㈱

正会員

中井 曉夫

東京工業大学

正会員

長瀧 重義

東京工業大学

正会員

岡本 享久

1. まえがき

本研究は断面修復したRC曲げ部材を、鉄筋、コンクリートおよび補修材の3材料から構成される複合構造と仮定し、鉄筋と補修材および補修材と既存コンクリートの付着性状を考慮して構成方程式を導き、この種部材のひびわれ挙動について検討を加え、劣化したRC構造部材に関する合理的な補修工法確立のための基礎資料を得ることを目的としたものである。

2. 解析

(1). 仮定

断面修復したRC曲げ部材の解析モデルを図-1に示す。ここで、鉄筋と補修材の付着応力(τ_{sr})とずれ量(S_{sr})の間には、弾性域では $\tau_{sr} = K_{sr} S_{sr}$ 、塑性域では $\tau_{sr} = \tau_{sry}$ が成立する。一方、補修材と既存コンクリートの付着応力(τ_{rc})とずれ量(S_{rc})の間には、弾性域では $\tau_{rc} = K_{rc} S_{rc}$ が成立し、最大付着応力到達後には $\tau_{rc} = 0$ kgf/cm²になるとする。鉄筋と補修材の付着により、補修材に発生する応力は補修部分全体に一樣に分布するとし、さらに補修材と既存コンクリートの付着により、既存コンクリートに生じる応力は、接着面から曲げによる中立軸まで一樣に分布する。曲げによって、鉄筋に生じる引張応力は図-1に示すように、鉄筋と補修材の付着により補修材に、補修材とコンクリートの接着面の付着により既存コンクリートに伝達されるものとした。

(2). 構成方程式

図-1の解析モデルと上記の仮定により、以下の釣合い式が成立する。

$$\begin{aligned} \sigma_s(x) &= \sigma_s(0) + \frac{u}{As} \int_0^x \tau_{sr}(x) dx \\ \sigma_r(x) &= \sigma_r(0) - \frac{1}{Ar} \left\{ u \int_0^x \tau_{sr}(x) dx - B \int_0^x \tau_{rc}(x) dx \right\} \quad (1) \end{aligned}$$

凡例

As: 鉄筋の断面積
Ac: コンクリートの有効面積
 σ_s : 鉄筋に生ずる引張応力
 σ_r : 補修材に生ずる引張応力
u: 鉄筋の周長
Er: 補修材の弾性係数
 τ_{rc} : 補修材とコンクリートに作用する付着応力
Src: 補修材とコンクリートのずれ量
Ar: 補修材の有効面積
 σ_c : コンクリートに生ずる引張応力
B: はりの幅
Es: 鉄筋の弾性係数
Ec: コンクリートの弾性係数
 τ_{sr} : 補修材と鉄筋に作用する付着応力
Ssr: 補修材と鉄筋のずれ量

さらに、ひずみの適合条件を考えると、

$$\begin{aligned} \frac{dS_{sr}(x)}{dx} &= \frac{\sigma_s(x)}{Es} - \frac{\sigma_r(x)}{Er} \\ \frac{dS_{rc}(x)}{dx} &= \frac{\sigma_r(x)}{Er} - \frac{\sigma_c(x)}{Ec} \quad (2) \end{aligned}$$

となり、(1)、(2)式により、次の式が得られる。

$$\begin{aligned} \frac{d^2 S_{sr}(x)}{dx^2} &= u \left(\frac{1}{Es \cdot As} + \frac{1}{Er \cdot Ar} \right) \tau_{sr}(x) - \frac{B}{Er \cdot Ar} \tau_{rc}(x) \quad (3) \\ \frac{d^2 S_{rc}(x)}{dx^2} &= - \frac{u}{Er \cdot Ar} \tau_{sr}(x) + B \left(\frac{1}{Er \cdot Ar} + \frac{1}{Ec \cdot Ac} \right) \tau_{rc}(x) \end{aligned}$$

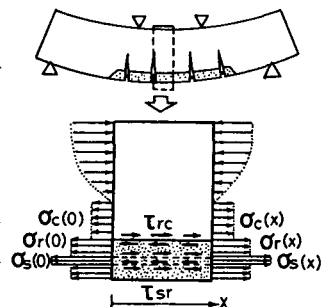
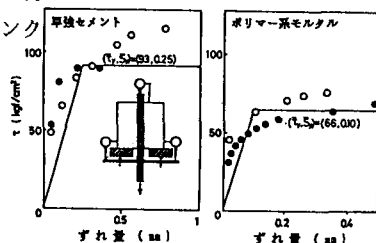
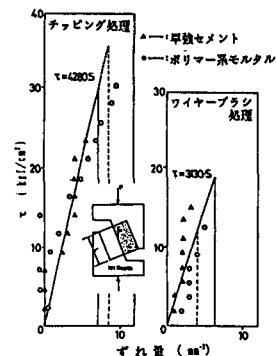


図-1 解析モデル

図-2 τ_{sr} と S_{sr} の関係(引き抜き試験)図-3 τ_{rc} と S_{rc} の関係(一面せん断試験)

(3) 式が、この種部材のひびわれ解析に関する基礎方程式で、 τ_{sr} と S_{sr} の関係、 τ_{rc} と S_{rc} の関係が求まれば、(3) 式は τ_{sr} 、 τ_{rc} に関する常微分方程式として解ける。

3. 実験概要

(1). 補修材と鉄筋、および補修材と既存コンクリートの付着性状

既存コンクリートの目標圧縮強度を 300kgf/cm^2 として配合(W/C=55%)を定め、補修材としてポリマー系セメントモルタルと早強コンクリート(W/C=45%)を用いた。引き抜き試験および一面せん断試験によって求めた補修材と鉄筋、および補修材と既存コンクリートの付着応力(τ)-ずれ量(S)の関係はそれぞれ図-2、図-3と仮定した。

(2). 断面修復をしたRC曲げ部材の破壊試験

供試体の寸法と配筋方法を図-4に示す。補修箇所寸法の補修厚について5cmと10cmに、補修長さについては部材軸中心より両端に向かい140cmと220cmの2種に変えた。軸方向鉄筋には、引張鉄筋としてSD-30, D16($\sigma_{sy}=3859\text{kg/cm}^2$)を3本、圧縮鉄筋としてSD-30, D13($\sigma_{sy}=3912\text{kg/cm}^2$)を2本配置した。既存コンクリートの表面処理方法はチッピング処理とワイヤーブラシ処理の2種に変えて、ひびわれ挙動に及ぼす影響を調べた。破壊試験は3等分点荷重で行った。なお、荷重時の既存コンクリート、早強コンクリートおよびポリマー系セメントモルタルの圧縮強度と弾性係数は、それぞれ 290kgf/cm^2 と $2.6 \times 10^5\text{kgf/cm}^2$ 、 500kgf/cm^2 と $3.0 \times 10^5\text{kgf/cm}^2$ および 180kgf/cm^2 と $1.0 \times 10^5\text{kgf/cm}^2$ であった。

4. 実験結果と解析結果の比較検討

実験した梁のひびわれ伸展状況を図-5に示す。ひびわれ間隔は補修材の種類、補修箇所寸法より既存コンクリートの表面処理の影響を強く受け、チッピング処理の方がひびわれ分散性がよかった。各荷重段階に於ける補修材のひびわれ幅の挙動を示したものが図-6、7 および8 である。鉄筋降伏前の荷重段階で解析値は実験値の傾向を捉えることができた。既存コンクリート表面処理方法はひびわれ挙動にも影響を及ぼし、チッピング処理することにより同一荷重におけるひびわれ幅はワイヤーブラシ処理の場合より小となり、解析もこの傾向を捉えることができた。なお、解析においてワイヤーブラシ処理した場合は最終的に接着面の付着強度は 0kgf/cm^2 となったが、チッピング処理した場合における接着面の付着は弾性域であった。

5. あとがき

断面修復したRC曲げ部材のひびわれ挙動は補修材とコンクリートの接着面における付着性状に支配的に影響され、補修時における既存コンクリートの表面処理など施工の重要性が再確認された。

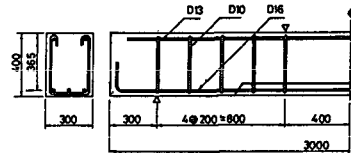


図-4 供試体の寸法と配筋方法

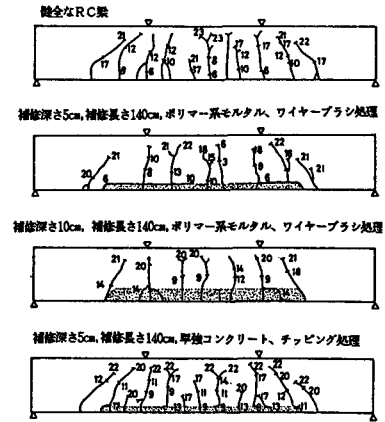


図-5 ひびわれ伸展状況

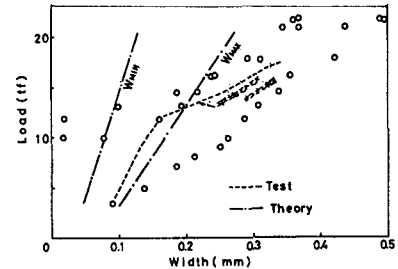


図-6 ひびわれ幅(補修深さ5cm、補修長さ140cm、補修材:ポリマー系モルタル、ワイヤーブラシ処理)

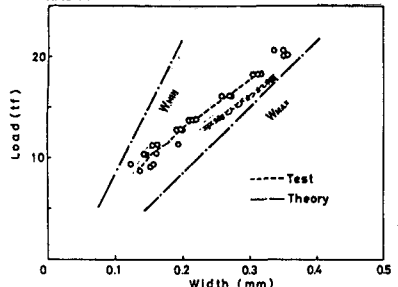


図-7 ひびわれ幅(補修深さ10cm、補修長さ140cm、補修材:ポリマー系モルタル、ワイヤーブラシ処理)

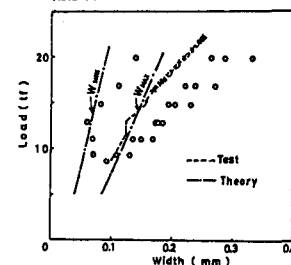


図-8 ひびわれ幅(補修深さ5cm、補修長さ140cm、補修材:早強コンクリート、チッピング処理)