

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	The Influence of Rebar Corrosion on Steel-to-Concrete Bond and Stress Transfer of Damaged Concrete Around Rebar and Its Implementation into Structural Analysis Model
著者(和文)	栗原遼大
Author(English)	Ryouta Kurihara
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11809号, 授与年月日:2022年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:千々和 伸浩,岩波 光保,高橋 章浩,佐々木 栄一,河野 進,牧 剛史
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11809号, Conferred date:2022/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	土木・環境工学 土木工学	系 コース	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 (工学) Doctor of
学生氏名： Student's Name	栗原 遼大		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	千々和 伸浩
			指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)	

### 要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters )

鉄筋が腐食した RC 建造物の残存性能評価は、社会基盤施設の維持管理にとって重要であり、これまでにも多くの検討が行われてきた。鉄筋の腐食は、鉄筋断面の欠損、腐食ひび割れの形成、鉄筋とコンクリート間の付着の変化など、様々な構造特性因子に影響するため、腐食による影響を正確に理解し、性能評価の精度を向上するには、各事象の影響を分解して検討する必要がある。RC 建造物の残存構造性能の定量評価には有限要素解析が有用であり、IT 技術の発展によって、実建造物スケールでの評価も可能になってきた。既に鉄筋腐食モデルも提案されているが、現象の精緻な表現には鉄筋径程度の大きさのメッシュを使う必要がある。粗なメッシュを用いた場合でも鉄筋腐食の影響を高精度に評価可能なモデルが開発されれば、実建造物スケールの解析において、短時間で高精度な解析解を得ることができ、効率的な構造性能評価に有用である。本論文は、付着劣化と腐食ひび割れに着目し、現象の精緻な分析を行い、その影響を平均化して解析モデルに反映する手法の提案を目的とした。

第 1 章「Introduction」では、本研究の背景と目的、既往の研究、本論文で用いる有限要素解析プログラムにおける基本構成則、本論文の構成について取りまとめた。

第 2 章「Investigation on the bond property change due to rebar corrosion and development of averaged bond deterioration model」では、付着の構成に支配的な異形鉄筋節部のかみ合わせに着目した。鉄筋腐食によってかみ合わせがどのように変化し、部材の構造性能に影響するのかを実験及び数値解析によって検討した。かみ合わせ状態を変化させたはりの静的載荷試験、節形状を操作した鉄筋の引抜き試験、並びに鉄筋形状を六面体要素で再現したモデルでの構造解析を行い、かみ合わせ箇所が部分的にも残存する限りは鉄筋とコンクリートの付着は保たれ、健全な付着を仮定できることを示した。また、スターラップが、主鉄筋の変形や軸方向の変位を拘束することによって、主鉄筋と周囲のコンクリートの付着を健全に近い状態に維持する効果についても検証した。これらの知見をもとに、健全な付着を仮定できる限界腐食率を導き、それを超える腐食発生時の付着低下をテンションスティフニング特性の変化によって表現するモデルを提案した。本モデルによって、粗なメッシュにおいても付着劣化したはり部材の挙動の追跡が可能であることを検証している。

第 3 章「Investigation on the influence of various scale cracks on structural performance and development of shear transfer model subjected to corrosion crack」では、腐食ひび割れによる鉄筋周囲のコンクリートのせん断伝達特性の変化の検討および解析モデルの構築を行った。腐食ひび割れは鉄筋に沿って形成され、かつ大きな開口を伴うため、分散ひび割れモデルの前提とは乖離がある。腐食ひび割れの検討に先立ち、微細ひび割れに関する評価精度を確認するため、収縮ひび割れが発生した構造体を対象とした解析を行った。RC 建造物を模擬したフルスケールモデルを用いた解析により、実建造物で観測されている剛性低下をよく再現できた。RC 耐震壁部材における剛性低下挙動についても検討を行い、作成した耐震壁モデルによって、既往の実験に基づく報告をよく再現でき、本モデルを用いて、乾燥の影響の寸法と乾燥速度についての関係性を検証した。これらの検討から、実建造物で確認されている剛性低下の原因が収縮ひび割れであるという示唆を与え、分散ひび割れモデルが微細ひび割れについて十分な評価精度を有していることを確認できた。腐食ひび割れの影響評価モデルの開発にあたっては、腐食の進行に応じて発生する、腐食ひび割れの不均一性や、要素内における非貫通状態を考慮したコンクリートのせん断伝達モデルを提案した。腐食ひび割れが要素を貫通しない状態、ひび割れが貫通した直後の状態、ひび割れを通じて腐食生成物が漏出している状態のそれぞれについて、現象を実験及び数値解析によって精緻に追跡し、それらを粗メッシュ内で等価に表現するモデルを提案した。

第 4 章「Conclusions」では、以上の知見を総括し、本論文の結論を示した。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	土木・環境工学 土木工学	系 コース	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	栗原 遼大		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	千々和 伸浩	
			指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

This thesis was entitled “The Influence of Rebar Corrosion on Steel-to-Concrete Bond and Stress Transfer of Damaged Concrete Around Rebar and Its Implementation into Structural Analysis Model”. The objective was to develop a FE analytical model of bond degradation and corrosion cracking which can apply on real scale model.

In order to make clear bond deterioration behavior, the static beam loading test and the pull-out test of rebars with different bond conditions were conducted. Mechanical bond by interlock between lug of deformed bar and concrete is the dominant in bond components. Thus, interlock condition was focused in this investigation. FE analysis reproducing the shape of the rebars with hexahedral elements was also performed. It was mainly shown that bond was maintained as long as parts of regions of interlock remained, sound bond could be assumed. A FE model was proposed to derive the critical corrosion rate at which sound bond could be assumed, and to express the bond deterioration by changing the tension stiffening. It was verified that the model tracked the behavior of degraded beam members well even with a coarse mesh.

To make clear the influence of various scale cracks on structural performance and development of shear transfer model subjected to corrosion crack were also aimed. Before the model development, analytical investigation on the structural behavior of RC member with shrinkage cracking was conducted in order to confirm the accuracy of the evaluation of micro-cracking. The results suggested that shrinkage crack was the cause of the stiffness reduction observed in existing structures, and it was confirmed that the evaluation accuracy for micro-crack was sufficient. On the other hand, corrosion cracks are formed along rebars with large openings, thus it has a deviation from the assumption of the smeared crack model. The proposed model for corrosion crack induction considered the non-uniformity of corrosion crack width, the non-penetration state in a finite element, and discharge of corrosion product from concrete surface through corrosion cracks with corrosion progress. The model was based on the results of shear test for concrete block with artificial crack and analytical investigation with fine mesh for tracking corrosion crack elongation. The proposed corrosion model improved analytical accuracy on the structural behavior of beams subjected to rebar corrosion.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).