

長期暴露した塩分を含む鉄筋コンクリート梁の力学性状

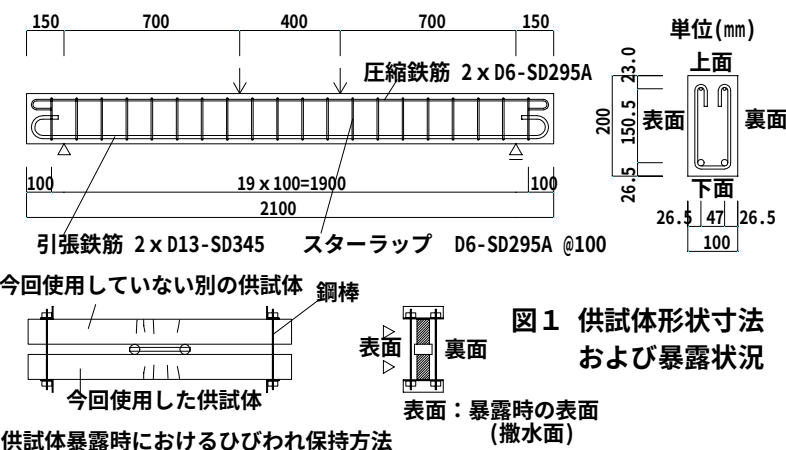
鉄道総研 正会員○長谷川雅志 鉄建建設 正会員 西脇敬一 鉄道総研 正会員 大屋戸理明
鉄建建設 正会員 永岡 高 鉄道総研 正会員 佐藤 勉

1. はじめに

鉄筋が腐食した場合の鉄筋コンクリート（RC）部材の力学性状については、これまでのところ電食等により促進劣化させた部材実験や解析等によりいくつかの重要な知見が得られている。しかし、より実際に近い暴露試験体による部材実験の実施例は少ない。本報告では、12年間の暴露により、相当程度鉄筋を腐食させたRC部材に対し静的載荷試験を行ったので、その結果と考察を述べる。

2. 供試体および試験概要

(1)供試体 供試体形状寸法を図1に示す。過去の研究¹⁾に用いた供試体と同時に製作、養生、暴露した曲げ破壊型の梁部材3体を使用した。コンクリートの配合を表1に示す。
(2)暴露状況 供試体は曲げひび割れを保持したまま（図1）12年間暴露した。その際、鋼棒に作用していた荷重は、1支点あたりおよそ6kNであった。供試体にはコンクリートの練り混ぜ時あるいは暴露時にNaClを混入・撒水しており、20ヶ月暴露の時点で



0.20%（重量百分率）以上の多量の塩分を含んでいることを確認²⁾している。試験後に供試体からコア（φ50×100mm）を採取して確認したコンクリートの力学的性質を表2に示す。劣化状況の詳細は別途報告³⁾する。

(3)載荷方法 載荷は、図2に示すとおり2点載荷とし、各位置の荷重、鉛直変位、曲げ・軸方向ひび割れ開口幅、引張鉄筋歪を測定した。供試体の劣化の程度が大きく耐荷力の急激な変動が予想されたため、載荷は変位制御とした。

3. 載荷試験結果

(1)載荷試験状況 いずれの供試体も引張鉄筋の破断はなく、圧縮側コンクリートの圧壊と圧縮鉄筋の座屈により終局に達した。供試体Cの載荷後のひび割れ状況を図3に示す。ひび割れは等モーメント区間に集中しており、分散性が悪く、軸方向の腐食ひび割れを境に不連続となっているものも見受けられた。付着状況は良くないと考えられる。
(2)引張鉄筋の重量減少率と梁の耐力の関係 図4に引張鉄筋の重量減少率と梁の耐力の関係を示す。過去に、今回の供試体と同時に製作後室内静置した供試体を健全供試体

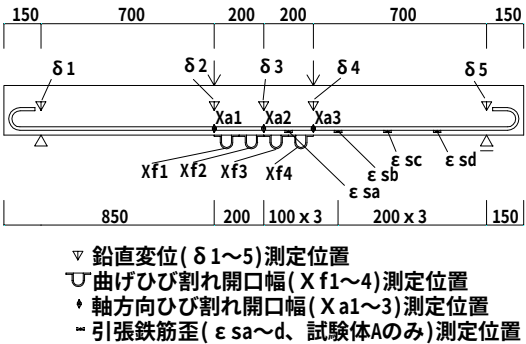
表1 コンクリートの配合

設計基準 強度 (N/mm ²)	スランブ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)			
					水	セメント	細骨材	粗骨材
24	8±2.5	4±1	65	50	165	245	932	953

表2 コンクリートの力学的性質

供試体	静弾性係数	圧縮強度	β*	補正強度*
A	19700 MPa	28.5 MPa	77.2	27.6 MPa
B	31800 MPa	42.4 MPa	45.1	40.2 MPa
C	31800 MPa	38.6 MPa	51.2	36.8 MPa

*コンクリート強度の供試体寸法による影響の補正式²⁾
 $\sigma/\sigma_0 = (V/V_0)^{1/3} \cdot \{1/(\beta - 1)\}$
 σ, σ_0 : 圧縮強度、 V, V_0 : 供試体体積、 β : 材料定数



注) 引張鉄筋歪は、下面から穿孔し、歪ゲージを貼付し無収縮モルタルで補修することにより測定した。

図2 測定位置

とし、20 ヶ月暴露供試体とともに静的載荷試験を実施した¹⁾。その健全供試体と劣化供試体との曲げ耐力の比をとった。12 年の暴露を経た劣化供試体の引張鉄筋の重量減少率は 11～15%程度³⁾であり、このとき梁の耐力は 7～8 割に低下した。

(3)梁の耐力低下と鉄筋の付着との関係 各部材中央部での軸方向ひび割れ幅および変位と荷重との関係をそれぞれ図 5 および図 6 に示す。軸方向ひび割れ開口幅は、劣化の程度の激しい A 供試体は載荷初期段階で減少(=閉口)しているものの、いずれの供試体もある荷重を境に急増している。このことは、鉄筋とコンクリートの付着がある荷重を境に急激に低下することを示している。また、軸方向ひび割れ開口幅が急増する際の荷重が小さい A 供試体は他の供試体と比べて耐力が小さくなっている。これは、鉄筋とコンクリートの付着の低下が梁の耐力低下の一因となっていることによるものと考えられる。

供試体 A の曲げおよび軸方向ひび割れ開口幅、引張鉄筋歪と荷重との関係を、曲げ変位と荷重との関係を併せて図 7 に示す。図にはそれぞれの曲線が持つ折れ点を記号で示した。引張鉄筋歪は ϵ_{sb} が 23kN 付近を境にそれ以後は荷重の増加に伴い歪が小さくなっている。これは ϵ_{sb} の計測位置付近で付着破壊が発生し、その破壊区間で歪が平準化されて小さくなり、さらに破壊区間が徐々に拡大しているものと考えられる。また、Xf3 を除く曲げひび割れが急増するのは、Xa3 を除く軸方向ひび割れが急増する 30kN 付近とほぼ一致している。このことから、引張鉄筋の付着破壊が梁の耐荷性状に重要な影響を与えているといえる。

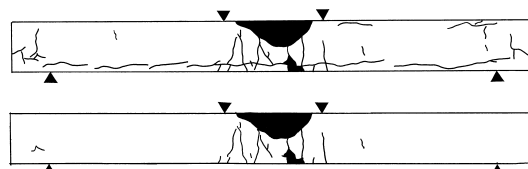
4. おわりに

12年間の暴露により鉄筋を腐食させたRC部材の静的載荷試験により、以下の力学性状が確認された。

- (1)経年12年を経た劣化供試体の引張鉄筋の重量減少率は平均11～15%程度³⁾であり、このとき梁の耐力は7～8割に低下した。
- (2)引張鉄筋の歪の挙動から、鉄筋の腐食により付着破壊が発生していることが推測された。これによる鉄筋とコンクリートとの付着力の低下が、梁の耐力低下の一因になっていると考えられる。

参考文献

- 1)山住克巳、宮本征夫、佐藤勉：鉄筋を腐食させたRCはりの劣化状態と耐力について、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.12、No.1、pp.557～562、1990.6
- 2) 野口貴文、友澤史紀：高強度コンクリートの圧縮力学特性に及ぼす供試体寸法・形状の影響、日本建築学会構造系論文集、第 473 号、pp19-28、1995.7
- 3)西脇敬一、長谷川雅志、大屋戸理明、宮本 征夫、来海 豊：長期暴露した塩分を含む鉄筋コンクリート梁の劣化性状、土木学会第 55 回年次学術講演会概要集、第 V 部門、2000.9



上：腐食ひび割れ+曲げひび割れ
下：曲げひび割れのみ

図3 載荷後のひび割れ状況(供試体C)

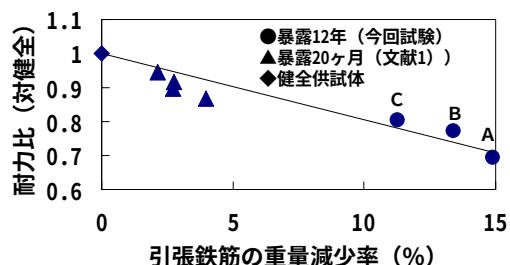


図4 引張鉄筋の重量減少率と梁の耐力の関係

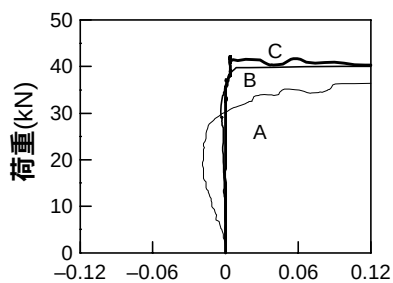


図5 荷重-軸方向ひび割れ開口幅(Xa2)曲線

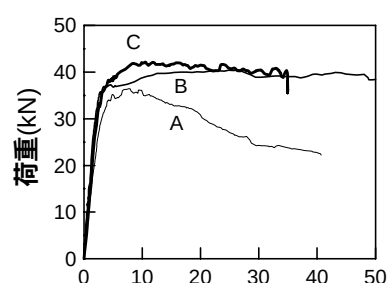


図6 荷重-変位(delta 3)曲線

図5 荷重-軸方向ひび割れ開口幅(Xa2)曲線 図6 荷重-変位(delta 3)曲線

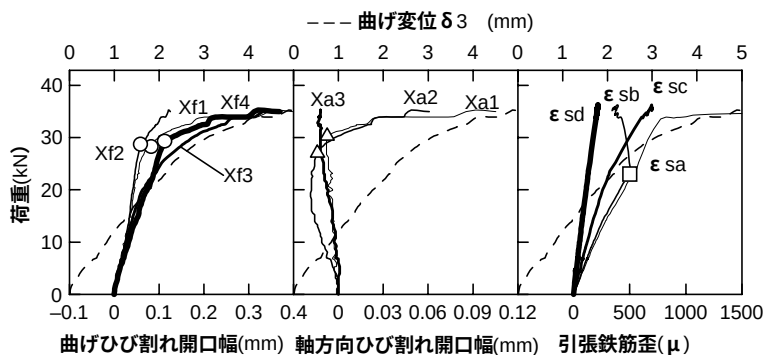


図7 ひび割れ開口幅、引張鉄筋歪と荷重の関係(供試体A)