

# コンクリート構造におけるステンレス鉄筋の有効性の評価

コンクリート研究室 國母 航  
指導教員 下村 匠

## 1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の耐久性を飛躍的に向上させるステンレス鉄筋が開発された。ステンレスは素材自体が優れた耐食性を有する鋼であり、活用が期待されている材料の一つである。しかし、まだ使用実績が多くないこと、材料コストは普通鉄筋と比べて高くなることから、一般の構造物への適用は見送られることが多い現状である。本研究では、ステンレス鉄筋と他の新材料を組み合わせることで構造物に使用した際に、お互いの長所を高め合う、あるいは短所を補い合うといった、それぞれ単独で用いた場合よりもプラスの効果が生まれることを考えた。そこで、本研究では、ステンレス鉄筋の有効性を検討するために、ステンレス鉄筋の単に耐食性が高いという利点だけに着眼するのではなく、構造物に適用した際のメリットを新しい観点で評価することとした。具体的にステンレス鉄筋と軽量コンクリートを併用した鉄筋コンクリートに着目した。この組み合わせは、まだ検討されている事例はなく、懸念点としてせん断破壊を起こしやすいこと、軽量コンクリートの物質透過性が高いことが挙げられる。これらの課題を解決することでかぶり厚さを低減できることから更なる軽量化と物質透過性によらず劣化しないコンクリートを作成することが出来る。そこで、本研究では試算による評価と実験による評価を行いステンレス鉄筋の有効性を評価することを研究目的とした。

## 2. 併用した鉄筋コンクリート部材の数値的検討

### 2.1 試算概要

ステンレス鉄筋と軽量コンクリートを併用した鉄筋コンクリート部材の有効性を定量的に評価するために、橋梁の上部工を対象に断面・重量の減少量を比較した。試験体は、普通コンクリートと普通鉄筋(以下 NC+CS)、普通コンクリートとステンレス鉄筋(以下 NC+SS)、軽量コンクリートと普通鉄筋(以下 LC+CS)、軽量コンクリートとステンレス鉄筋(以下 LC+SS)の計 4 種類の試験体を対象とした。表 1 に試算する上で用いる諸数値を示す<sup>1)</sup>。強度は同程度のとし、軽量コンクリートの拡散係数は 2.0 と仮定した<sup>2)</sup>。

表 1 試算に用いる諸数値

項目	NC+CS	NC+SS	LC+CS	LC+SS
単位重量 (kN/m <sup>3</sup> )	24.5	24.5	16.5	16.5
f <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	35	35	35	35
E <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	29000	29000	19000	19000
f <sub>y</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	386	390	386	390
E <sub>s</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	182000	183000	182000	183000
D <sub>a</sub> (cm <sup>2</sup> /年)	0.5	0.5	2.0	2.0
C <sub>im</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	1.9	15	1.9	15

## 2.2 試算結果

図 1 に上部工の重量を比較した図を示す。LC+SS は NC+CS と比べて約 60%重量を低減できる。LC+CS と LC+SS を比べると LC+SS の重量が低減出来ている。これは、軽量コンクリートの拡散係数が高いため普通鉄筋を使用するとかぶり厚さを適切に確保しなければいけないためである。以上より、ステンレス鉄筋を使用することで、軽量コンクリートの軽量化を生かせること、物質透過性が高くても断面を小さくできることが確認できた。

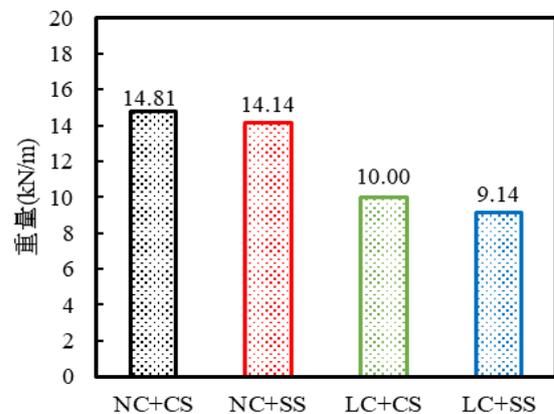


図 1 試算重量比較

## 3. 構造性能に関する実験的検討

### 3.1 実験概要

本実験は鉄筋コンクリート部材の変状と構造性能の変化の基本的傾向を把握し比較するため、形状および寸法は土木学会 331 委員会で行われた鉄筋コンクリート部材の構造性能に関する共通試験 (Bench Mark Test)<sup>3)</sup>に準じ作成した。図 2 に試験体形状および配筋を示す。各試験体の形状・配筋を同一条件とした。主鉄筋は D13、かぶりは 20mm である。スターラップには、普通鉄筋の試験体は D6(SD295A)をステンレス鉄筋の試験体は D5(SUS304)を 100mm 間隔で配置した。

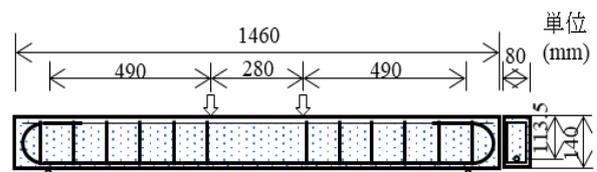


図 2 試験体寸法・断面形状

### 3.2 実験結果

図 3 に荷重-ひずみ関係を示す。全ての試験体で曲げ引張破壊となった。軽量コンクリートを使用した場合、せん断強度が小さくなるが断面を適切に設定する事でせん断破壊は起きていない。

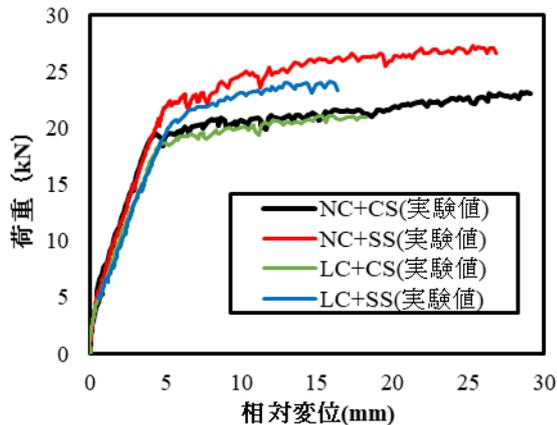


図3 荷重-変位関係

ステンレス鉄筋と軽量コンクリートを併用した場合、設計で想定した構造性能を得られることが分かった。これは、普通鉄筋や普通コンクリートを使用した場合と同等に扱うことが出来ると考えられる。

#### 4. 耐久性能に関する実験的検討

##### 4.1 実験概要

本実験は鉄筋コンクリート部材の耐久性状を評価するために、短期間で腐食が期待できる高温環境下での乾湿繰り返し試験を行った。海水を模擬した 40℃ の 3% 塩水に 4 日間浸漬、40℃ の恒温槽内で乾燥を 4 日間の計 8 日間を 1 サイクルとし試験を行った。腐食の判定項目として、塩化物イオンメーターを用いた塩化物イオン濃度測定と 1 サイクル毎に自然電位測定、腐食が確認されたら鉄筋をはつり出し腐食量を測定する。塩化物イオンメーターで用いる試料は、10mm, 20mm, 40mm, 80mm 地点をコンクリート用ドリルで側方から掘削し採取した。また、試験体については、腐食を更に促進させるために紙を挟み込むことで人工的にひび割れを導入した物とひび割れ無しの物を作成し実験を行った。

##### 4.2 実験結果

鉄筋コンクリート供試体においては、現時点では鉄筋の腐食反応の進行が確認できなかったため、ここでは、4 サイクル時の塩化物イオン浸透量と、単鉄筋の腐食状況について述べる。図 4 にひび割れ無しのコンクリート位置における塩化物イオン浸透量を示す。また、普通コンクリートの W/C が 55% に対し、軽量コンクリートの W/C は 45% である。10mm 地点では、普通鉄筋の腐食発生限界塩化物イオン量である 1.75kg/m<sup>3</sup> から 1.96 を超えているが鉄筋位置では超えていないためひび割れ無し試験体は、腐食が発生していないと考えられる。

図 5 に 4 サイクル経過時の単鉄筋を示す。普通鉄筋に腐食生成物が確認できたが、ステンレス鉄筋には腐食生成物が確認されなかった。つまり、ステンレス鉄筋が高い耐食性を示していることが分かる。

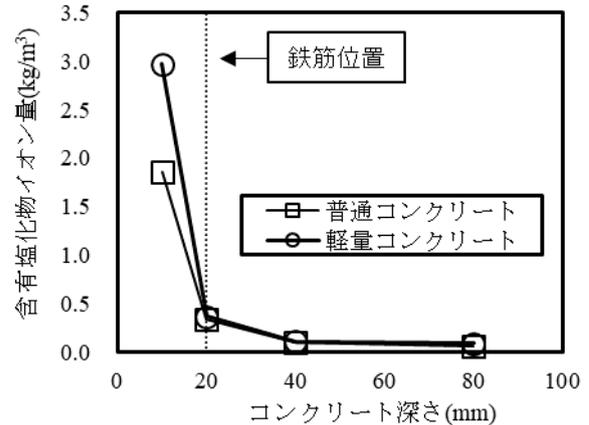


図4 コンクリート位置における塩化物イオン量

表2 鉄筋単体の腐食性状

Cycle	試験体	鉄筋写真
4Cycle	普通	
4Cycle	ステンレス	

#### 5. まとめ

ステンレス鉄筋の有効的な活用手段として軽量コンクリートとの組み合わせを提案し、各組合せにおいて試算による断面減少量の検討と、実験による構造性能と耐久性能の検討を行った結果から、次の事が明らかになった。

- (1) ステンレス鉄筋と軽量コンクリートを併用することで自重を 60% ほど低減できる。
- (2) ステンレス鉄筋と軽量コンクリートを併用した場合、せん断破壊の可能性はあるが材料物性、配筋を適切に行うことで普通コンクリート、普通鉄筋を使用した場合と同様の性能を得ることが出来る。
- (3) ステンレス鉄筋を使用することで、軽量コンクリートの軽量化効果を最大減発揮できる。
- (4) 軽量コンクリートの物質透過性が高い短所があるが、ステンレス鉄筋を用いることでこれらを打ち消すことが可能であると考えられる。

#### 参考文献

- 1) 土木学会：ステンレス鉄筋を用いるコンクリート構造物の設計施工指針（案）、コンクリートライブラリー130号，2008.9
- 2) 土木学会：続・材料劣化が生じたコンクリート構造物の構造性能、コンクリート技術シリーズ 85，2009