

スラグコンクリート部材における鉄筋の腐食について

東北大学 正員 後藤 幸正
 東北大学 ○学生員 松岡 進
 東北大学 松井 幹雄

1. まえがき

近年、我国では鉄鋼製造のさいの副産物である高炉スラグをコンクリート用骨材として使用するために、強度、耐久性、水密性、乾燥収縮などのスラグコンクリートの諸性質の研究が盛んに行なわれている。高炉スラグには硫黄その他の有害物質が含まれていたり、空隙の多いものがあったり、そのほか普通骨材と異なっているため、コンクリート中の鉄筋に悪影響を与えるおそれがある。また、鉄筋コンクリート構造物の設計に際して鉄筋の腐食は重要な問題である。ところが、スラグコンクリートを使った鉄筋の腐食の研究がほとんどなされていない。そこで、当研究室では、50℃の恒温室内で、正方形断面の中心に鉄筋を埋込んだ両引張試体を海水により湿潤乾燥の繰り返しをかけて、スラグコンクリート中の鉄筋の腐食促進試験を行なった。この報告はその結果をまとめたものである。

表-1. 使用したスラグの化学成分

化学成分	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	TiO ₂	FeO	MnO	S
スラグ名								
スラグ破石S	43.18	34.13	14.10	4.82	1.35	0.49	0.81	0.91
スラグ破石N	41.86	33.59	14.65	5.59	1.93	0.24	0.72	1.14
スラグ破石K	39.53	34.57	15.28	6.17	1.52	0.28	1.39	1.13
水淬S	43.86	33.76	13.00	5.32	0.77	0.33	0.75	1.03

2. 使用材料

実験に用いた粗骨材は、比較的比重が大きく、すりへり減量の小さいスラグ破石S、比較的破砕値もすりへり減量も大きいスラグ破石N、比較的比重が小さく、吸水量が大きいスラグ破石K、その他、比較のための宮城県白石川産川砂利である。いずれも最大寸法20mmで標準仕度に調整し、24時間吸水させた後使用した。

実験に用いた細骨材は、水淬S(F.M.S.62)と宮城県白石川産川砂(F.M.S.27)である。

表-1に使用したスラグの化学成分を、表-2に使用した骨材の試験成績を示す。

表-2. 使用した骨材の試験成績

骨材名	スラグ破石S	スラグ破石N	スラグ破石K	川砂利	川砂	水淬S
試験項目						
比重	2.77	2.62	2.49	2.59	2.55	2.59
24時間吸水量(%)	1.73	1.35	3.42	2.02	2.32	5.05
単位容積重量(kg)	1,600	1,500	1,400	1,650	1,630	1,450
粗粒率	—	—	—	—	3.27	2.62
石炭破砕値(%)	16.6	31.5	31.3	—	—	—
すりへり減量(%)	8.3	21.8	18.4	—	—	—
安定性損失重量(%)	11.7	13.8	8.9	—	—	—

使用したセメントは東北開発社製早強ポルトランドセメント、混和剤は空気連行性の減水剤ポゾリスNo.5L、鉄筋は川崎製鉄社製横フシ異形鉄筋D22(SD35)である。

使用した海水は塩分濃度3.73%で仙台新港にて採取した。

表-3. コンクリートの配合

項目	粗骨材 の最大寸 法 法 (mm)	セメント 比 W/C (%)	細骨材 率 S/a (%)	単位量 (kg/m³)				圧縮強 度 (kg/cm²)	引張強 度 (kg/cm²)
				水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G		
骨材組合せ									
スラグ破石Sと川砂	20	50	47	170	340	816	1,000	358	284
スラグ破石Nと川砂	20	50	47	170	340	816	945	388	294
スラグ破石Kと水淬S	20	50	47	170	340	829	898	323	23.5
川砂利と川砂	20	50	47	170	340	816	935	335	27.6

混和剤は、空気連行性減水剤ポゾリスNo.5Lを粉末でセメント重量の0.25%を使用した。

3. 実験方法

実験に用いた骨材の組合せ及びコンクリートの配合は表-3に示す4種類である。

供試体寸法は図-1に示すように、1辺9cmの正方形断面で長さ51cmとした。供試体には図に示すように、ひびわれ発生箇所をコントロールするため17cm間隔にノッチを入れた。発生1

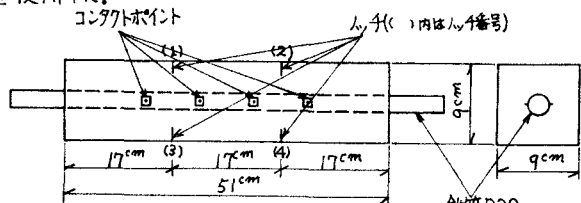


図-1. 供試体寸法

たびわれの幅を測定するためにコンタクトポイントをとリつけた。

試験装置の概略を図-2に示す。

実験方法は、供試体を直列に装置に取り付け、センターホールジャッキで鉄筋底の度が2000N/m²になるまで引張り、ひびわれを発生させ、載荷フレームに固定した。コンタクトケーシングでひびわれ幅を測定し、その後、塩水受皿に海水を入れるとともに、室温を50℃に一定に保った。塩水受皿の海水は、1日おきに入れ入れして、湿潤乾燥の繰り返しを行なった。その際の海水温度は37〜40℃であった。

このように約3ヶ月間海水の湿潤乾燥の繰り返しを行なった後、供試体を取り出し、コンクリートを鉄筋を含む面を縦割りにし、鉄筋の腐食状態を調査した。鉄筋の腐食状態は各々のひびわれ部に発生したさびの鉄量と表面積で比較した。

4. 実験結果

実験結果を表-4に示す。

発生したひびわれ幅は測定した結果から、いずれの供試体においても平均のひびわれ幅は0.1mm程度であり、それぞれの腐食状態は同程度のひびわれ幅で比較することができる。

供試体の腐食状態の結果によると、骨材が川砂利やスラグ砕石Sの場合には鉄筋の発錆が全然認められないのに対し、スラグ砕石Nと川砂やスラグ砕石Kに水率Sを用いた場合にはかなりの鉄筋の発錆が見られる。また、発錆が見られた種類の供試体を比較すると、スラグ砕石Nと川砂の場合は、スラグ砕石Kと水率Sの場合の2倍程度の錆が発生している。すなわち、これらの結果から、使用するスラグ砕石の性質によっては、スラグコンクリート中の鉄筋の発錆状態は大きく異なるといえる。

鉄筋の腐食に影響を与える骨材の性質としていろいろ考えられる。化学成分を比較するとスラグ砕石Sは、他の2つのスラグ砕石と比べ硫黄分が少なく、違いはあるが、その差は大変小さい。破砕値やすりへり減量を比較すると、明らかに、スラグ砕石Sは他の2つのスラグ砕石より大変小さいが、一般にそれらの性質が鉄筋の腐食に結びつくかどうか疑問である。骨材の24時間吸水量、安定性と鉄筋の腐食との関連も検討したが明確ではない。

以上をまとめると、現在我国で生産されているスラグ砕石を鉄筋コンクリートに用いる場合、スラグ砕石の種類や使用する環境によっては鉄筋がさびるおそれがあると考えられる。したがって、特にきびしい環境でスラグ砕石を鉄筋コンクリートに用いる場合には、そのスラグ砕石の性質をよく調べたうえで使用することが必要であろうと思われる。

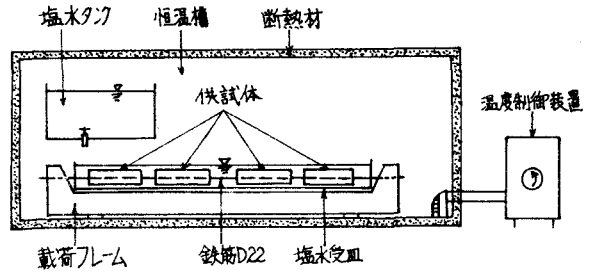


図-2. 実験装置

表-4 さびの状況

供試体名	ノッチ番号	ひびわれ幅 (mm)	さびの鉄量 (mg)	さびの平均鉄量 (mg)	さびの状況の展開図	さびの表面積 (mm ²)	さびの平均表面積 (mm ²)
川と砂利	1と3	0.12	0	0		0	0
	2と4	0.10	0	0		0	0
スラグ砕石S	1と3	0.12	0	0		0	0
	2と4	0.10	0	0		0	0
スラグ砕石N	1と3	0.10	358	516		30.51	35.46
	2と4	0.13	674			40.40	
スラグ砕石K	1と3	0.08	193	169		17.33	18.71
	2と4	0.15	145			20.08	