

V-375

コンクリート構造物の耐久性を考慮した構造設計および配合設計

群馬大学大学院 学生会員 黒岩 俊之
 オリエンタルコンサルタンツ 春山 恵
 群馬大学工学部 正 会 員 杉山 隆文
 群馬大学工学部 正 会 員 辻 幸和

1. まえがき

高い耐久性が特に要求されるコンクリート構造物および塩分や凍結融解作用の影響が厳しい環境条件下に建造されるコンクリート構造物を対象に、その耐久性を定量的に評価する方法として、土木学会では「コンクリート構造物の耐久設計指針（案）」（以後、指針（案））の制定作業が進められている。

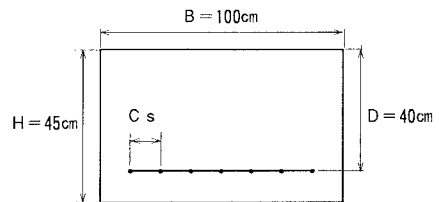
本研究では、塩害に対する構造物の耐久性に大きな影響を及ぼす曲げひび割れ幅に着目し、その耐久性ポイントを向上させることが可能な鉄筋径およびその本数を、一定の断面形状・寸法をもつ曲げ部材に対して検討する。また、コンクリートの品質に関する耐久設計手法については、フレッシュコンクリートの充てん性と単位水量の耐久性ポイントに着目して検討を行う。

2. 曲げひび割れ幅に関する耐久性ポイントの検討

【曲げひび割れ幅】の項目の耐久性ポイントを増加させるためには、曲げひび割れ幅を小さく押さえる必要があり、そのためには、ある一定の条件下では、引張側に配置する補強材の本数を多くする必要がある。しかし、補強材の本数が増えると、フレッシュコンクリートのこの部分への行渡りが悪くなり、結果として、【補強材の段数・あき】の耐久性ポイントは減少する。そこで、【曲げひび割れ幅】と、それと密接な関係にある【かぶり】、および【補強材の段数・あき】の項目に関して、その合計が最大となる最適な鉄筋径およびその本数を、図-1に示す条件下で決定した。

表-1は、補強材の段数が1段の場合と、2段の場合の算定結果を示す。ただし、鉄筋の応力度は 600kgf/cm^2 と一定とした。各々の場合において、【補強材の段数・あき】の耐久性ポイントが増加するに伴い、【曲げひび割れ幅】の耐久性ポイントが減少している。また、【曲げひび割れ幅】と【かぶり】、および【補強材の段数・あき】の耐久性ポイントの和に着目すると、補強材の段数が1段の場合は、D25を9本用いたときが、他の場合と比較して、耐久性ポイントの和は14と最高となり、最適な鉄筋径となる。補強材の段数が2段の場合は、D19を1段あたり8本の合計16本用いたときが、耐久性ポイントの和が13と最高となり、最適な条件となる。さらに、同種の補強材を同数用いても、2段に補強材を分けることにより、【補強材の段数・あき】の耐久性ポイントは向上することが分かる。

次に、断面に作用する曲げモーメントを一定として、鉄筋量を変えることにより鉄筋の応力度を $600, 900, 1200\text{kgf/cm}^2$ と変化させた場合について、鉄筋径と耐久性ポイントの



断面に作用する曲げモーメント $M_d = 10.0 \text{ tf} \cdot \text{m}$ （一定）
 鉄筋の応力度 $\sigma_s = 600, 900, 1200 \text{ kgf/cm}^2$ （3通り）
 粗骨材の最大寸法 25mm（一定）

図-1 検討に用いた諸条件

表-1 鉄筋の径および本数と耐久性ポイント

○補強材の段数1段							
$\sigma_s = 600 \text{ kgf/cm}^2$							
鉄筋の種類	鉄筋の本数	鉄筋間隔 Cs (cm)	かぶり (cm)	かぶり Tp(1, 3.1)	補強材の段数・あき Tp(1, 5.1)	曲げひび割れ幅 Tp(2, 2.1)	合計
D16	23	4.0	4.2	-6	-7	17	4
D19	16	6.0	4.1	-7	2	16	11
D22	12	8.0	3.9	-8	6	15	13
D25	9	11.0	3.8	-9	9	14	14
D29	7	15.0	3.6	-11	11	12	12
D32	6	18.0	3.4	-12	11	10	9
○補強材の段数2段							
D13	36	5.5	4.4	-5	-3	16	8
D16	24	8.0	4.2	-6	3	15	12
D19	16	13.0	4.1	-7	8	12	13
D22	12	18.0	3.9	-8	10	10	12
D25	10	22.0	3.8	-9	11	9	11

関係を調べた。ただし、補強材の段数は一段である。

【曲げひび割れ幅】と【かぶり】、および【補強材の段数・あき】の耐久性ポイントの和と、鉄筋径の関係を図-2に示す。D22以上の鉄筋では、鉄筋の応力度が小さくなると、曲げひび割れ幅は小さくなるために、耐久性ポイントは向上していることが分かる。しかし、D19以下では、【補強材の段数・あき】の耐久性ポイントが大きく減少するため、必ずしも各項目の耐久性ポイントの和は向上しない。また、 $\sigma_s=600\text{kgf/cm}^2$ ではD25を、 $\sigma_s=900\text{kgf/cm}^2$ ではD19を、 $\sigma_s=1200\text{kgf/cm}^2$ ではD16を用いることにより、耐久性ポイントは最高値となる。従って、適切な鉄筋の応力度を考慮して最適な鉄筋径を求めることにより、耐久性ポイントを向上させることが可能である。

3. コンクリートの品質に関する耐久性ポイントの検討

指針（案）において、フレッシュコンクリートの充てん性は、流動性と材料分離抵抗性で評価する。スランプが増加すれば、材料分離抵抗性の耐久性ポイントは減少し、流動性の耐久性ポイントは、部材形状・寸法によって異なるが、最高値が存在する。また、スランプが増加すると、単位水量も増加し、単位水量が 160kg/m^3 を超えるスランプを選定した場合、単位水量の耐久性ポイントは大幅に減少する。そこで、部材形状・寸法をコンクリートの充てん性の程度により3通りに変化させ、各々の場合のスランプ値と単位水量に着目し、【充てん性】と【単位水量】の耐久性ポイントの和について検討した。ただし、コンクリートを充てんしやすい部材形状は、部材の最小横寸法、コンクリートの打込み1リフト高さ、ならびに高さ方向の断面寸法の変化を考慮する定数で決定される。

【充てん性】と【単位水量】の耐久性ポイントの和と、スランプ値の関係を図-3に示す。各グラフにおいて、混和剤を加えることにより、所定のスランプに対して単位水量を小さく制限できるため、耐久性ポイントの和は向上する。また、混和剤を用いた場合、耐久性ポイントの和が、(a)の場合はスランプ値が5～7cm、(b)の場合は7～11cm、(c)の場合は9～13cmで、それぞれ最高値となっている。さらに、これらのグラフを比較すると混和剤の使用の有無に関わらず、部材形状・寸法による充てんしやすさは、耐久性ポイントの和に大きな差を生じさせることが分かる。従って、コンクリートの品質に関する耐久性ポイントを向上させるには、単位水量を減らすために混和剤を加えること、適切なスランプ値での配合を用いること、および部材の形状・寸法をコンクリートを充てんしやすいものにすることが必要であると言える。

4. あとがき

土木学会で制定作業が進められている「コンクリート構造物の耐久設計指針（案）」の検討資料として、曲げひび割れ幅とコンクリートの品質に関連する要因の影響程度を試算した結果を報告した。

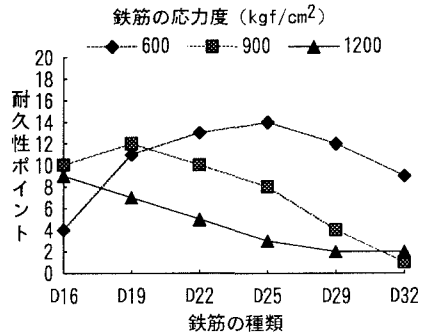
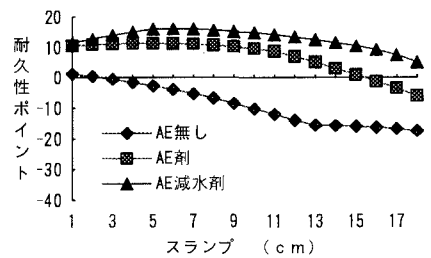
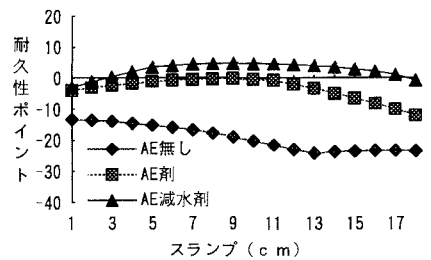


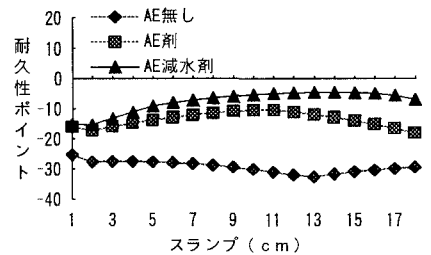
図-2 鉄筋の応力度と耐久性ポイント



(a) 充てんしやすい形状寸法



(b) 中間の場合



(c) 充てんにくい形状寸法

図-3 コンクリートの品質と耐久性ポイント