

第V部門

かぶりおよび腐食長さが剥離ひび割れ破壊エネルギーに与える影響に関する研究

京都大学 学生会員○高谷 哲 JR 西日本 正会員 荒木 弘祐
 京都大学 正会員 山本 貴士 正会員 服部 篤史 フェロー 宮川 豊章

1 研究目的

筆者らは既報¹⁾で、コンクリート中に設置した円柱空洞内壁に弾性体を通じて内圧を加える実験を行い、この手法が鉄筋腐食膨張圧のモデル化として妥当性があることを示している。また、同実験からひび割れ進展エネルギーを U_S 、コンクリート破壊エネルギーを G_F 、ひび割れ面積を A として、 $U_S = G_F \cdot A$ の関係が成り立つこと²⁾を示している。本研究では、実構造物に近い構造に改良した供試体を用いて、既報¹⁾の手法に準じ剥離ひび割れ破壊エネルギーの算定を目的として載荷実験を行った。

2 実験概要

実験は既報²⁾の手法に沿って行った。作成した供試体は図-1に示すような400mm×150mm×400mmの角柱供試体で、D19鉄筋をc150mmで格子状に配筋し、中央かぶり側の鉄筋位置にφ20×400mmの円柱空洞を設置した。弾性体は、位置決め治具を用いて供試体中央に配置した。かぶり(C)は10, 20, および30mmの3種類とし、内部に挿入する弾性体長さ(内圧導入長さ:L)は50, 100, 150 および200mmの4種類とした。供試体はかぶりおよび弾性体それぞれの組み合わせを4体ずつ作成し、合計48体作成した。載荷は既報²⁾と同様に行った。ただし、実験は荷重が0.5kNまで低下した時点で終了とした。

3 エネルギー算出方法

得られた鉛直変位(dL)および鉛直荷重(P)は、既報¹⁾の手法により半径変化量(dr)および内圧(pi)に変換した。さらに、得られたdrとpiの関係から、既報²⁾の手法を用いてひび割れ進展エネルギーを算出した。

4 ひび割れ面積算出方法

載荷終了後、剥離箇所のひび割れ面積測定を行った。供試体表面を写真撮影し、図-2に示すように、CAD上で剥離ひび割れを三角形の集合で近似して、各辺の長さを求めた。このトレース図はコンクリート表面への投影図となっているため、三平方の定理を用いて図-2網掛部三角形の三辺の長さを求め、ヘロンの公式

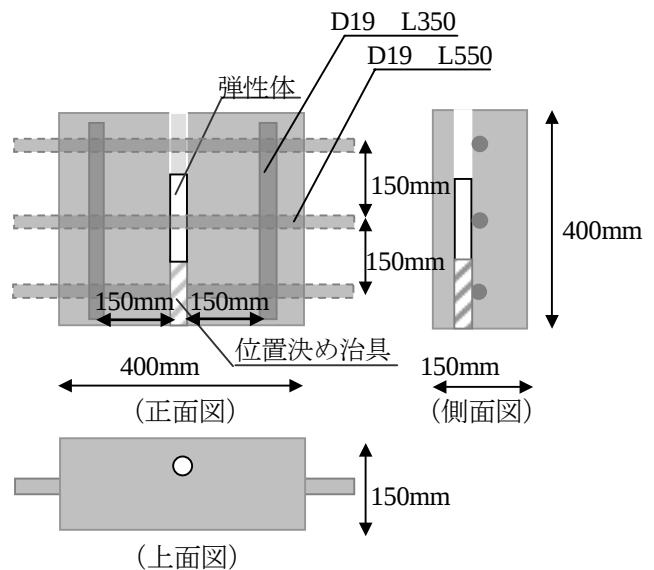


図-1 供試体概要

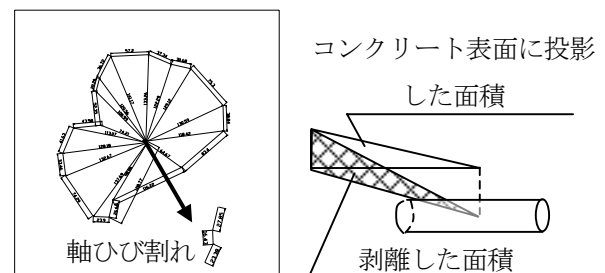


図-2 剥離ひび割れ面積算出モデル

によりこの面積を算出した。各三角形の面積の総和を剥離ひび割れ面積とした。軸ひび割れについては、(ひび割れ長さ)×(かぶり)を軸ひび割れ面積とした。算出された2つの面積の和をひび割れ面積 A とした。

5 実験結果と考察

5.1 ひび割れ進展エネルギー算出結果

実験終了時のひび割れ進展エネルギーの平均を表-1に示す。 U_S はかぶりが大きいほど大きく、内圧導入長さが大きいほど小さいことが分かる。上記で述べたように、 $U_S = A \cdot G_F$ で表されるため、 G_F を一定値とすれば、かぶりが大きいほど、また内圧導入長さが小さいほどひび割れ面積が大きいことを表している。

5.2 ひび割れ面積算出結果

実験終了時のひび割れ面積算出の平均を表-2に示

す。表を見ると、かぶりが大きいほどひび割れ面積が大きく、内圧導入長さについては傾向が見られないことが分かる。これは、表-1に示したひび割れ進展エネルギーの傾向とは異なる傾向であり、本実験では G_F を一定値と考えた場合、 $U_S = A \cdot G_F$ の関係は成立しないことを示している。そこで、ひび割れ進展エネルギーをひび割れ面積で除すことにより、 G_F' を算出し、かぶりおよび内圧導入長さが G_F' に与える影響について検討することとした。算出した G_F' をかぶりおよび内圧導入長さ毎に整理したものを表-3に示す。かぶりが大きいほど G_F' は大きく、また内圧導入長さが大きいほど G_F' は小さい傾向がある。

5. 3 剥離ひび割れ破壊エネルギー (G_F')

コンクリート破壊エネルギー G_F は、引張により単位面積のひび割れを生じさせるために必要なエネルギーであり、土木学会では設計基準強度と粗骨材最大寸法から算出する式を提案している³⁾。この提案式による本実験で用いた供試体の G_F は71.1N/mであり、5.2で算出した G_F' 値とは差がある。土木学会では G_F のばらつきが大きいことが確認されている⁴⁾。 G_F' が土木学会算出式による値と相異なる原因として、このばらつきが考えられるが、一方、 G_F' は引張による破壊エネルギー以外のエネルギーや、ひび割れの面積測定誤差を含んでいるとも考えられる。そこで、 G_F' を剥離ひび割れ破壊エネルギーと定義し、 G_F' をかぶり(C)および弾性体長さ(L)を用いて算出する算定式の開発を試みた。

5. 4 G_F' 算定式の提案

G_F' を土木学会で提案されている式から算出した G_F で除した比(α)を表-4に示す。 α をかぶりおよび内圧導入長さ毎に整理した結果を図-3に示す。かぶりと α の関係は弾性体長さ毎に切片0の線形近似でき、 G_F' はかぶりと弾性体長さを用いて、下記の式より算出できることが分かった。ただし、CおよびL: mm, G_F' および G_F : N/mとする。

$$G_F' = (-8.4 \times 10^{-4} L + 0.21) \times C \times G_F \quad (1)$$

内圧導入長さは鉄筋腐食長さに相当することから、式(1)はかぶり、腐食長さおよび土木学会算出式による G_F から、剥離ひび割れ単位面積当たりの破壊エネルギーを算出する式といえる。今後さらに検証が必要であるが、 U_S の経時変化の予測式を確立し、 G_F' で除す

表-1 ひび割れ進展エネルギー (kN・mm)

	L50	L100	L150	L200
C10	0.88	14.88	24.54	68.96
C20	0.84	5.49	18.41	42.46
C30	1.27	3.76	13.62	22.66

表-2 ひび割れ面積算出結果 (mm²)

	L50	L100	L150	L200
C10	18150	17485	22149	22395
C20	47145	45782	34597	44827
C30	67206	60761	83846	119287

表-3 $G_F' = U_S/A$ (N/m)

	L50	L100	L150	L200
C10	55.3	50.7	55.0	57.6
C20	291.5	116.3	74.1	70.1
C30	336.6	332.8	80.0	114.6

表-4 $\alpha = G_F'/G_F$

	L50	L100	L150	L200
C10	0.8	0.7	0.8	0.8
C20	4.1	1.6	1.0	1.0
C30	4.7	4.7	1.1	1.6

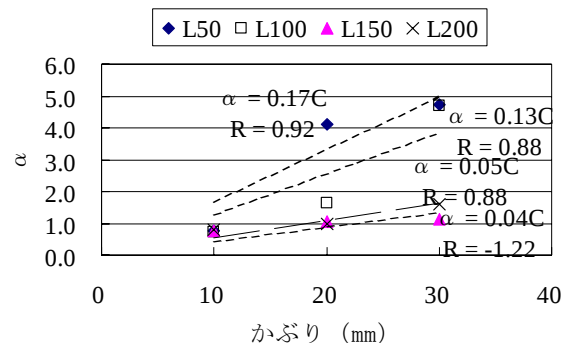


図-3 かぶり・内圧導入長さと α の関係

ことにより、剥離ひび割れ面積Aを予測できる可能性がある。

参考文献

- 1) 高谷哲, 荒木弘祐, 服部篤史, 宮川豊章: 弾性体を用いた鉄筋腐食膨張圧モデル化の実験的検証, 土木学会年次講演会, 5-275, 2004
- 2) 高谷哲, 荒木弘祐, 服部篤史, 宮川豊章: コンクリート破壊エネルギー G_F 算出方法に関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol27, 2005
- 3) 土木学会: 2002年制定コンクリート標準示方書[構造性能照査編]
- 4) 土木学会: 2002年版コンクリート標準示方書改訂資料