

神戸大学大学院 学生員 〇橋本 航
神戸大学工学部 正会員 森川 英典
神戸大学工学部 正会員 小林 秀恵

1. はじめに

既往の研究¹⁾により同一 RC 構造物内においてもコンクリート強度が大きくばらつくことが判明し、そのコンクリート強度のばらつきがせん断耐荷性能に影響を及ぼすことが明らかとなってきた。本研究では、比較的低水準のコンクリート強度分布を導入した RC はり部材に対して静的載荷試験を実施するとともに、試験で使用する RC はり部材をモデル化し 2 次元弾塑性有限要素解析を実施することで実験的・解析的検討から強度分布を有する RC はり部材に対してせん断耐荷性能の評価を行った。

2. 試験および解析の概要

試験で用いた供試体は、幅 150mm、高さ 240mm、有効高さ 200mm の長方形断面を持つスパン 1200mm の RC はりで、引張鉄筋に D16 を 3 本、圧縮鉄筋に D6 を 2 本、せん断補筋筋（以下、スターラップ）には D6 を 300mm 間隔で配置した。コンクリートの打重ねは端部より 300mm の位置に導入した。載荷方法は中央 2 点載荷とし、せん断スパン比は 2.5 とした。試験供試体の概要を図-1 に、解析モデルを図-2 に示す。解析モデルに関しては寸法、配筋、載荷方法は試験供試体と同様で、左右対称形を片側のみモデル化した。

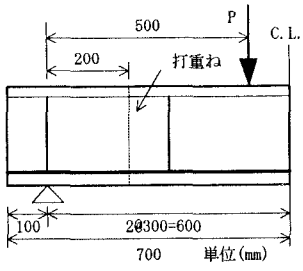
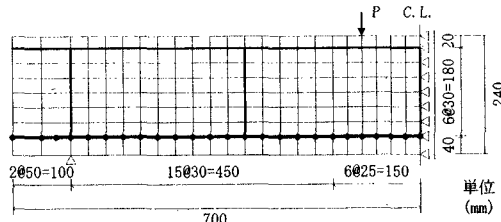


図-1 試験供試体概要図

3. 結果および考察

(1) せん断耐力による検討：表-1 に各供試体の強度配置、強度分布パターンおよび載荷試験から得られたコンクリート負担せん断耐力 V_c とコンクリートの平均強度、支点側強度、載荷点側強度を用いて評価した V_c との比較を示す。ここで便宜上、載荷点側に高強度コンクリートが配置された供試体をパターン A、支点側に高強度コンクリートが配置された供試体をパターン B と分類する。



□ コンクリート要素 — 鉄筋要素 ● バネ要素

図-2 解析モデル

なお、せん断耐力評価式にはコンクリート標準示方書²⁾、

二羽式³⁾、ACI 基準⁴⁾ による評価式を用いた。表-1 から本試験結果においては、せん断スパン比がせん断耐力に及ぼす影響を考慮した二羽式の精度が高いことが分かる。また、各評価式とも支点側強度によるせん断耐力評価の方が載荷点側強度による評価よりもばらつきが小さく信頼性が高いといえる。

表-1 載荷試験結果

供試体 番号	強度 (N/mm ²)		強度分布 パターン	実験値 V _c (kN)	実験値V _c / 示方書評価値			実験値V _c / 二羽式評価値			実験値V _c / ACI評価値		
	支点側	載荷点側			平均値	支点側	載荷点側	平均値	支点側	載荷点側	平均値	支点側	載荷点側
T-1	22.7	14.7	B	42.5	1.42	1.33	1.54	1.08	1.01	1.17	0.93	0.87	1.02
T-2	19.2	28.0	A	41.4	1.28	1.37	1.21	0.98	1.05	0.92	0.83	0.90	0.78
T-3	19.1	28.0	A	40.5	1.25	1.34	1.18	0.96	1.03	0.90	0.82	0.89	0.76
T-4	21.3	19.4	B	42.2	1.35	1.37	1.39	1.05	1.03	1.06	0.90	0.88	0.92
T-5	13.4	19.4	A	46.0	1.60	1.72	1.52	1.22	1.31	1.16	1.06	1.15	1.00
T-6	28.0	19.1	B	55.2	1.71	1.61	1.83	1.30	1.23	1.40	1.11	1.04	1.21
T-7	28.0	19.2	B	42.3	1.31	1.23	1.40	1.00	0.94	1.07	0.85	0.79	0.92
T-A	21.3	21.3	—	39.3	1.26	1.26	1.26	0.96	0.96	0.96	0.82	0.82	0.82
T-B	19.4	19.4	—	39.2	1.29	1.29	1.29	0.99	0.99	0.99	0.85	0.85	0.85
T-C	19.2	19.2	—	40.5	1.34	1.34	1.34	1.02	1.02	1.03	0.88	0.88	0.88
T-D	13.4	13.4	—	32.8	1.22	1.22	1.22	0.94	0.94	0.94	0.82	0.82	0.82

(2) 破壊性状による検討：図-3、図-4 に試験結果と解析結果から得られたひび割れ状況およびスターラップひずみの挙動について強度分布パターン別に示す。本試験では強度分布パターンによってひび割れ経路に明確な差が見られる。すなわち、パターン

A ではスターラップの上方をひび割れが横断しているのに対し、パターン B ではスターラップの下方をひび割れが横断している。そのため、本試験で配置したスターラップの位置がひび割れに対して有効に機能できる配置になる場合と、十分機能できない配置になる場合とに分かれ、その結果、強度分布パターンによってせん断耐力に差が生じたと考えられる。一方、本解析では本試験で見られたような強度分布パターンによるひび割れ経路の差が見られなかった。また、ひび割れに対するスターラップの機能程度も考慮されていないため、図-3、図-4 に示すように強度分布パターンによって解析精度に大きな差が生じたと考えられる。

(3) 評価式の提案：本試験結果をもとに強度分布分布を有する RC はり部材のせん断耐力評価式を提案する。ここでは、比較的信頼性の高い支点側強度による評価をベースに評価式を構築する。 V_c を支点側強度で評価し、強度分布パラメータを導入した補正係数 β_1 、 β_2 を乗じることで強度分布を有する RC はり部材の V_c を評価する。ここで、補正係数 β_1 は支点側強度を部材全体強度とした場合の評価値と実験値を補正するもので、補正係数 β_2 は強度分布パターンにより補正を行う。以下に、比較的精度の高かった二羽式をベースに作成した補正係数を示す。

(二羽式ベース)： $\beta_1 = 0.95 \exp \{ 0.0013 f_{c(base)} \}$ (1)
 (パターン A)： $\beta_2 = 0.85 \exp \{ -0.466 (1 - \gamma) \}$ (2)
 (パターン B)： $\beta_2 = 1.14 \exp \{ -0.380 (1 - \gamma) \}$ (3)

ただし、 $f_{c(base)}$ ：支点側強度 (N/mm²)、 γ ：強度比 (載荷点側強度/支点側強度)

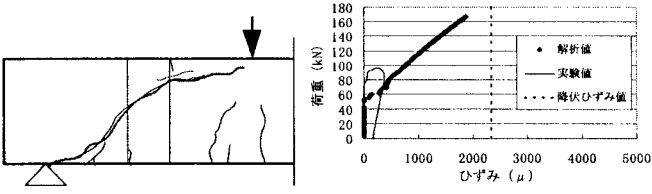
表-2 に本提案式による評価値と実験値の精度について示す。表-2 より特殊なひび割れ経路でせん断破壊した T-5、曲げ破壊で終局した T-6 を除いて比較的良い精度が得られている。

4. まとめ

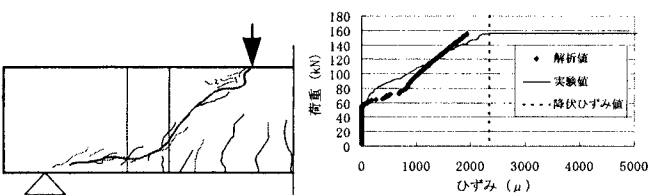
強度分布を有する RC はり部材では支点側のコンクリート強度によるせん断耐力の評価は妥当性が高いという結果が得られた。また、強度分布はひび割れ経路に影響を及ぼし、そのために本試験で配置したスターラップの位置がひび割れに対して有効に機能できる位置と十分機能できない位置に分かれ、結果的に強度分布パターンによってせん断耐力に差が生じることが明らかとなった。

【参考文献】

- 1) 森川英典, 小林秀恵, 小林大輔: 非破壊試験に基づく既存 RC 橋脚の強度分布推定とせん断耐荷性能の評価, 建設工学研究所論文報告集第 41 号, 1999.
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書【設計編】, 1996.
- 3) 二羽ら：土木学会論文集, No508/V-26, 1995.
- 4) ACI: Building code requirements for structural concrete and commentary, 1999.



(a) 試験におけるひび割れ状況 (b) スターラップ挙動
図-3 パターン A におけるひび割れ状況とスターラップ挙動



(a) 試験におけるひび割れ状況 (b) スターラップ挙動
図-4 パターン B におけるひび割れ状況とスターラップ挙動

表-2 評価値の精度検証

供試体 番号	評価値 V_c (kN)	実験値/ 評価値
T-1	40.7	1.04
T-2	40.3	1.03
T-3	40.4	1.00
T-4	44.0	0.96
T-5	35.3	1.30
T-6	44.6	1.24
T-7	43.4	0.97
T-A	39.9	0.98
T-B	38.5	1.02
T-C	38.4	1.05
T-D	33.8	0.97