

RC 梁の耐荷・変形性状の再現性に関する基礎的研究

香川大学 賛助会員 ○妹尾怜 水島悠翔 正会員 岡崎慎一郎
名古屋大学 山本佳士 関西大学 上田尚史 茨城大学 車谷麻緒 清水建設 小倉大季

1. はじめに

本研究では、コンクリート構造分野のシミュレーションの V&V、特に不確かさ評価を含む Validation に向けた基礎的研究として、RC の載荷実験におけるばらつきの定量的な評価を試みた。具体的には、曲げ破壊及びせん断破壊する 2 種類の RC のはりを対象とし、香川大学を含む A~E の 5 つの研究機関で、詳細は異なるもののほぼ同一の条件下で、それぞれ複数の供試体に対して 4 点曲げ載荷実験を実施した。さらに、実験により得られた各種応答値のばらつきの程度を定量的に評価すると共に、そのばらつきの要因について検討した。

2. 実験概要・境界条件

本研究では、破壊モードの異なる 2 種類の RC はりを対象とした。破壊モードは、曲げ引張破壊（曲げ破壊型）と斜め引張破壊（せん断破壊型）を想定して、図 1 のはりを作製した。載荷は 4 点の曲げせん断載荷とした。両者ともに、せん断スパン長を 450mm、等曲げ区間を 450mm とした。試験機関 A, D, E では、載荷点と支点に幅 50mm の鋼板を設置した。試験機関 C では載荷点にのみ幅 50mm および 30mm の鋼板を設置した。この境界条件を、表 1 にまとめた。なお、香川大学は試験機関 B である。

表 1 全機関の境界条件

試験機関		A	B	C	D	E
載荷点	板幅 (mm)	50	50	30	50	50
	水平移動	フリー (摩擦あり)	載荷点間隔を完全固定	載荷点間隔を完全固定	フリー (摩擦なし)	フリー (摩擦あり)
	回転	フリー	フリー	フリー	フリー	フリー
支点	板幅 (mm)	50	不使用	不使用	50	50
	水平移動	フリー	支点間隔固定	支点間隔固定	フリー	フリー
	回転	フリー	フリー	フリー	フリー	フリー

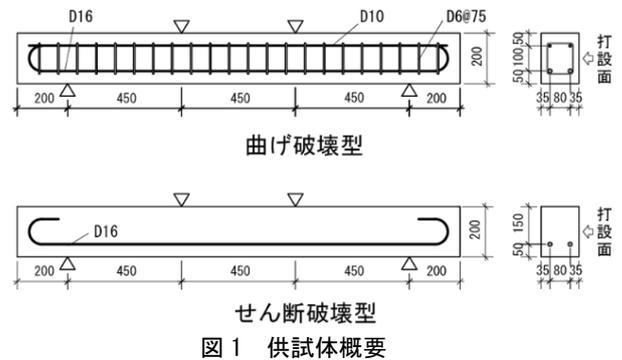


図 1 供試体概要

3. 実験結果

(1) 香川大学の場合

3 体の供試体に対しコンクリート強度試験を行った。圧縮強度の平均値は、 43.3N/mm^2 、静弾性係数の平均値は 35.7kN/mm^2 となった。図 2 に曲げ破壊型供試体の破壊、図 3 にせん断破壊型供試体の破壊の様子を示す。

次に、図 4 に、香川大学の実験により得られた荷重変位関係のデータを示す。まず、曲げ破壊型の曲げ降伏までの挙動に注目すると、変位 10mm の周辺で少しばらつきがみられる。鉄筋が降伏した後の挙動は他機関と同様ばらつきが徐々に大きくなり、特に変位 20mm 前後でのばらつきが最も大きくなっている。荷重低下が生じた後は、いずれの供試体も 75kN 程度の荷重を保持して変位が増加し変位が 72mm, 87.5mm, 105mm 付近で 2 回目の荷重低下が生じている。次に、せん断破壊の結果に注目すると、1 体は、鉄筋降伏後にせん断破壊が生じた。他の機関も 3 体のうち、1 体が鉄筋降伏後にせん断破壊が生じたケースが多い。



図 2 曲げ破壊型供試体の破壊例



図 3 せん断破壊型供試体の破壊例

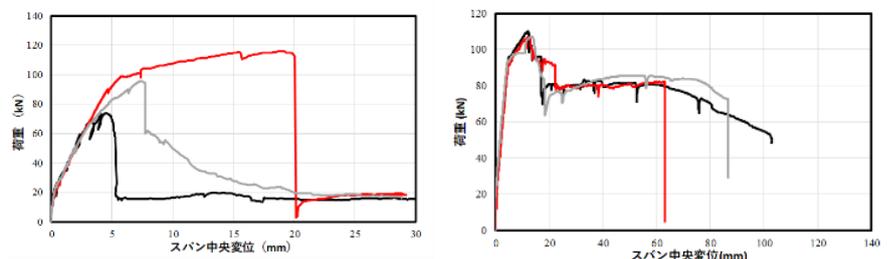


図 4 曲げ破壊・せん断破壊の荷重-変位関係

(2) 全機関との比較

機関ごとに実施したコンクリート強度試験は、荷重材齢は異なるものの、蒸気養生を行ったこともあり、圧縮強度は、平均値 45.4N/mm^2 であり静弾性係数は、平均値 34.0KN/mm^2 であった。はりの荷重変位関係を図 5、図 6 に示す。曲げ破壊型の曲げ降伏までの挙動に着目すると、同機関内では応答のばらつきは比較的小さく、一方、試験機関の間で応答の差が大きくなった。鉄筋が降伏した以降の挙動は、同試験機関内の結果でもばらつきは徐々に大きくなり、特に最大荷重時の変位のばらつきは大きい。また、せん断破壊の結果に着目すると、いずれの機関においても、3 体中 1 体あるいは 2 体は、鉄筋降伏後にせん断破壊が生じた。

次に、応答値のばらつきを定量的に評価する。試験機関で荷重材齢と同時に実施した試験により得られた圧縮強度の変動係数は 3.7% であった。以上のことから、曲げ破壊型供試体の応答値のばらつきの要因として、材料特性や施工に関するばらつきよりも、各機関の境界条件、計測方法の違が顕著といえる。せん断破壊型の応答値の変動係数は、曲げ破壊型と比べてもさらに大きくなっている。また、表 2 でも示すように、各機関の中の応答値で評価した変動係数および全機関のデータを用いて評価した変動係数ともに大きいことが確認できる。これは、同一機関内の同一の条件の実験においても、複数の破壊モードが生じたためである。また、ひび割れ発生後の剛性、降伏荷重、最大荷重ともに試験機関 C により得られた応答値が最も大きくなった。一方で試験機関 C と同様な境界条件を適用した香川大学は、いずれの応答値も、5 つの試験機関の中では比較的小さい値を示した。各機関の荷重装置、境界条件の諸元の他にも、各荷重治具の摩耗、不陸処理の不確かさも影響すると考えられ、各機関の間における応答値のばらつきの影響要因に関しては今後詳細に調査していく必要がある。

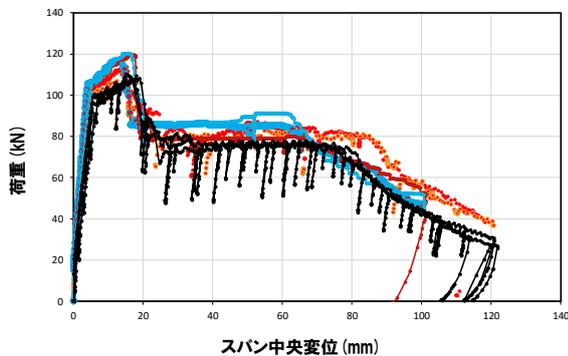


図 5 全機関の曲げ破壊荷重-変位関係

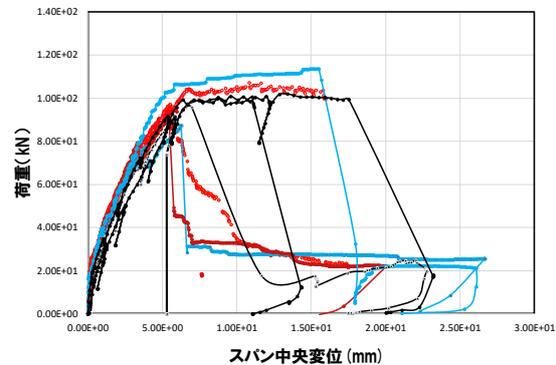


図 6 全機関のせん断破壊荷重-変位関係

表 2 応答値の変動係数一覧

	曲げ破壊型							せん断 破壊型	
	初期剛性	ひび割れ発生荷重	ひび割れ後の剛性	曲げ降伏荷重	曲げ降伏時の変位	最大荷重	最大荷重時の変位	最大荷重	最大荷重時の変位
A	18	2.52	2.16	1.84	1.52	1.69	3.95	5.93	52.4
B	6.49	12.7	6.08	1.17	2.98	1.35	5.33	18	61.3
C	11.3	6.17	2.19	1.53	0.41	0.3	1.2	11.1	48.1
D	1.23	3.18	5.77	1.2	3.95	1.17	4.36	16.4	66.5
E	14.3	8.32	6.33	1.18	13.4	1.08	6.29	2.56	25.4
すべて	27.3	14.3	12.3	4.03	12.1	3.89	11.3	13.3	52.9

4. まとめ

曲げ破壊型 RC はりでは、機関ごとに設定した境界条件の詳細、荷重装置の特徴が応答のばらつきの影響要因として大きいと考えられる。一方、せん断破壊型では、同一機関で得られた応答値で評価した変動係数は、全機関のデータで評価した変動係数と同等に大きくなった。これは、同一機関の同一条件の実験においても、複数のせん断破壊モードが生じたためである。複数のせん断破壊モードが生じた理由として、同一機関の同一条件の実験においても、斜めひび割れの発生位置、進展方向の変動が生じ、その変動が破壊モードに影響したと考えられる。このことは、引き続き、ひび割れ性状の定量的な評価により、詳細に検討していく必要がある。

参考文献 1) 越塚ら：工学シミュレーションの品質保証と V&V, pp.1-37, 2013.