

鉄筋コンクリート連続耐震壁に関する実験的研究

(その2 Finite Element Method による応力解析)

武田 寿一
小嶋 克朗
伊藤 雅保

概 要

連続した鉄筋コンクリートプレキャスト板の両端をつなぎ梁で固定した連続壁の耐震効果を検討するために各種の連続壁について一連の実験を行ってきた。また、それと並行して計算による各種の連続壁の応力、変形等の比較および実験結果との比較・検討のために、Finite Element Method による応力解析をスリット壁、キー・ジョイント壁、一体壁の3種の連続耐震壁について行なった。本報告は応力度、変形などについての計算結果および計算結果とその1で述べた実験結果との比較、検討を行なったものである。

1. 連続耐震壁

1.1. 連続耐震壁の形状、略号について

スリット壁、キー・ジョイント壁、一体壁の3種の連続耐震壁の形状・略号を図-1に示した。

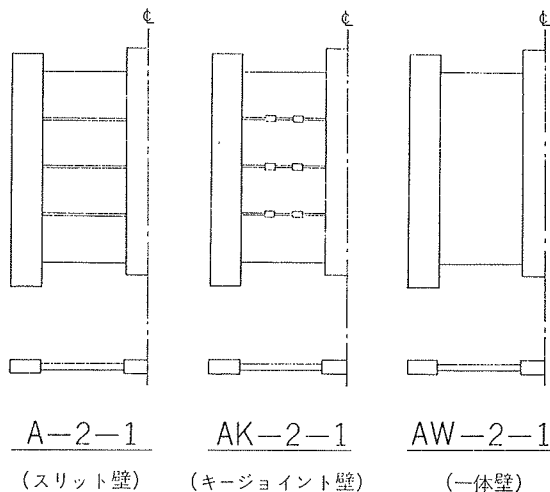


図-1 連続耐震壁

1.2. 支持条件、荷重、寸法等について

連続耐震壁の支持条件、荷重、寸法、変形と歪の測定点等について、図-2にキー・ジョイント壁に関するものを代表例として示した。

また、弾性係数としては鉄筋を考慮した等価弾性係数を用いた。それとキー・ジョイント壁に関してはキー・ジョイント部分は壁パネル部分と完全に一体であると仮定している。

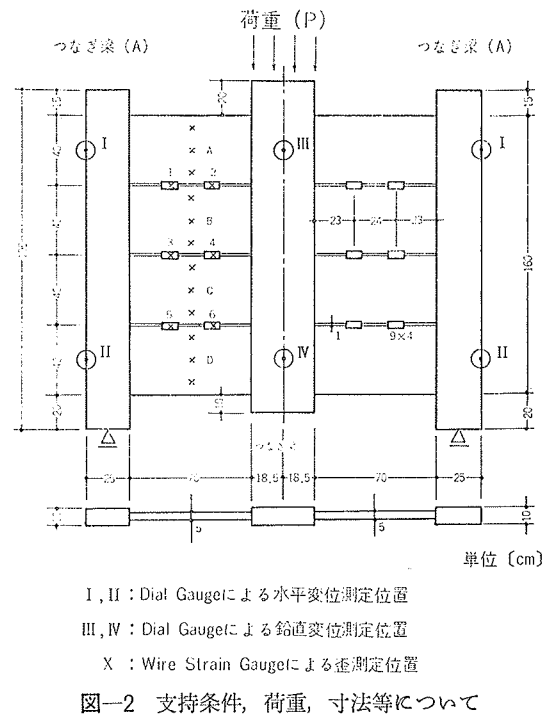


図-2 支持条件、荷重、寸法等について

2. 計算結果とその考察

2.1. 変形について

図-2においてローマ数字I, IIで示した点の水平変位とIII, IVで示した点の鉛直変位(壁脚と壁頭との相対変位)との計算値およびそれらを比較したものを表-1に示した。

表-1に示した変形計算値をもとにして、3種の連

	水平変向変位				鉛直方向変位			
	I		II		III		IV	
	計算値	※	計算値	※	計算値	※	計算値	※
A-2-1	-5.7	109	7.3	90	39.1	174	36.6	172
AK-2-1	-5.5	106	8.2	101	25.3	113	23.7	111
AW-2-1	-5.2	100	8.1	100	22.4	100	21.3	100

※：AW2-1の変位を100としたときの値 単位：1/100mm

表一 変形計算値 (P=20 ton のとき)

連続耐震壁の鉛直変位を比較すると、一体壁の変位を100とした場合に、Ⅲ点ではスリット壁が174、キー・ジョイント壁が113、Ⅳ点ではスリット壁が172、キー・ジョイント壁が111となっている。このことから、スリット壁の剛性は一体壁と比較するとかなり低くなっているが、キー・ジョイント壁の剛性は一体壁の剛性にかなり近いものであることがわかる。

2.2. 壁パネルの応力度について

図-3～図-5に壁両端部および壁中央部分における軸方向応力度 σ_x および剪断応力度 τ_{xy} の分布を図示した。なお剪断応力度分布図のなかに各壁パネル部分の剪断力分担比率をも記入した。また図中にて×印で示したのは実験値である。

図-3～図-5の応力度分布図をもとにして3種の連続耐震壁の応力度分布について考えてみる。

τ_{xy} 分布について 壁パネル両端部における剪断応力度分布形についてはスリット壁とキー・ジョイント壁とはほぼ同様であるが、4枚の壁パネルの剪断力分担比率について考えてみると、スリット壁では各壁パネル部分に21%～28%とかなり平均された剪断力が作用しているが、キー・ジョイント壁では13%～35%と各壁パネル間の剪断力分担比率の差が大きく、特定の壁パネルに集中的に剪断力が作用している。さらに一体壁については、各壁パネル部分に相応する部分に作用している剪断力分担比率は10%～47%とその差はキー・ジョイント壁よりもさらに大きくなっている。次に壁中央部分における剪断応力度分布についてみると、スリット壁では4枚の壁パネルのおのおのがパラボラ状の分布をしているが、キー・ジョイント壁では4枚の壁パネルを通じて全体としてパラボラ状の分布となっており一体壁の分布と類似している。キー・ジョイント壁の各壁パネルと一体壁の各壁パネルに相応する部分との剪断力分担比率もほぼ同じものとなっている。

σ_x 分布について スリット壁両端部における σ_x の分布は各壁パネルおよびつなぎ梁がラーメン部材とし

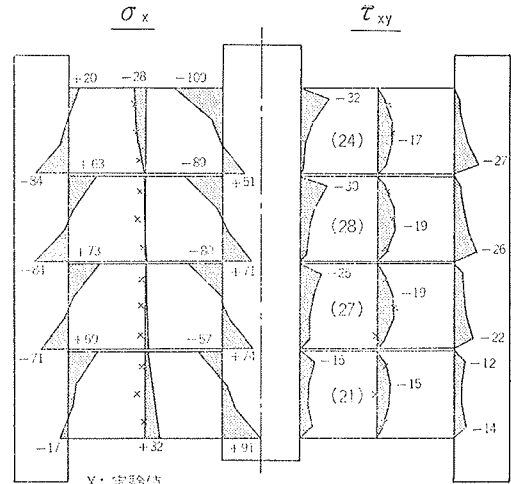


図-3 応力度分布 (A-2-1) (P=20 ton のとき)

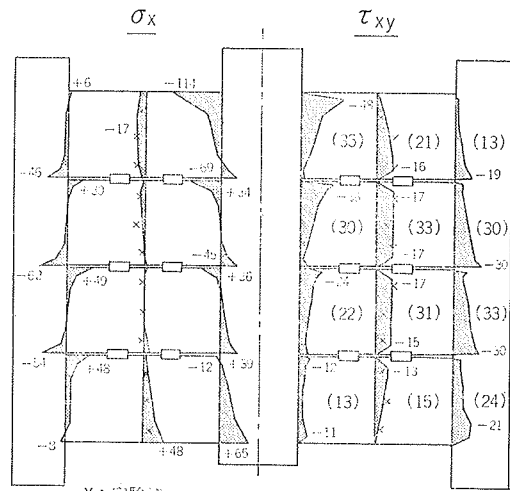


図-4 応力度分布 (AK-2-1) (P=20 ton のとき)

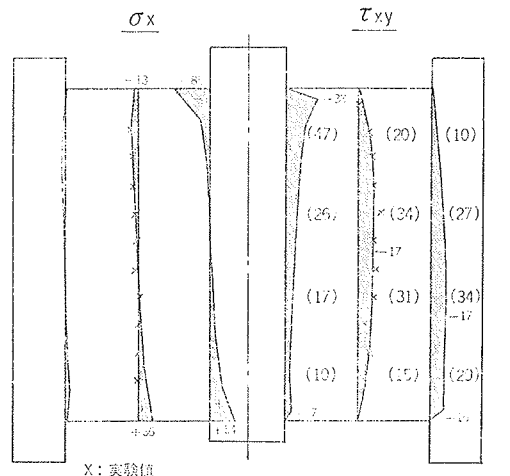


図-5 応力度分布 (AW-2-1) (P=20 ton のとき)

て作用した場合と同様な応力度分布を示しているが、キー・ジョイント壁の応力度分布は一体壁の応力度分布と全般的には同じような傾向を示し、スリット位置でかなり大きな応力の乱れを生じたような応力度分布となっている。壁中央部分では3種の連続壁ともほぼ同様な応力度分布を示している。

2.3. キー・ジョイントに作用する力について

キー・ジョイント壁において各壁パネル端部とキー・ジョイント部分とに作用している鉛直方向と水平方向との力について図-6に示した。

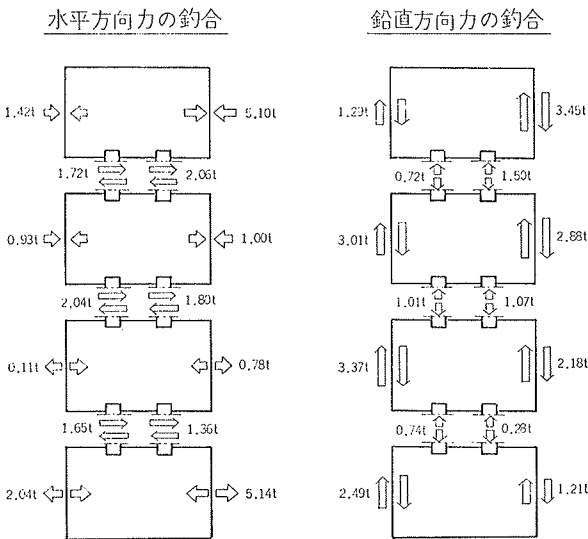


図-6 キー・ジョイントと壁パネル端部に働く力の釣合 (P=20 ton のとき)

図-6に図示してあるように、キー・ジョイント部分にはかなり大きな剪断力と圧縮力が働いている。このことからキー・ジョイント壁においてキー・ジョイントがかなり有効に働いていると思われる。

2.4. 計算結果についてのまとめ

キー・ジョイント部分が壁パネル部分と完全に一体であると仮定した場合には、3種の連続壁(スリット壁、キー・ジョイント壁、一体壁)を比較した場合に次のことがいえる。

i) キー・ジョイント壁はスリット壁よりも一体壁に近い変形を示す。

ii) キー・ジョイント壁における応力度分布はスリット位置でかなり大きな応力の乱れを生じてはいるが全般的には一体壁の応力度分布に近い分布を示しており、スリット壁における応力度分布とは異なっている。

iii) キー・ジョイント壁において、キー・ジョイント部分はかなり大きな剪断力と圧縮力を受けており、キー・ジョイント部分はかなり有効に働いている。

以上、この解析によれば変形、応力度分布、キー・

ジョイント部分に作用している力などからキー・ジョイント部分はかなり有効に働いていると考えられ、キー・ジョイント壁の剛性はスリット壁の剛性よりもかなり大きく、一体壁の剛性に近いことが考えられる。

3. 計算値と実験値との比較およびその考察

3.1. 変形について

変形の計算値と実験値およびそれらを比較したものを表-2に示した。

表-2によると全般的に実験値は計算値をうわまっているものの、実験値/計算値の値は0.90~1.89の間の大きさであり、計算結果はほぼ実験結果を裏づけていると考えられる。なお、実験値が計算値をうわまっている理由としてはコンクリートが完全な弾性体ではないのに完全な弾性体として解いていることや初期

	A - 2 - 1			AK - 2 - 1			AW - 2 - 1			
	計算値	実験値	実験値/計算値	計算値	実験値	実験値/計算値	計算値	実験値	実験値/計算値	
水平変位	I	-5.7	-10.3	1.81	-5.5	-7.5	1.36	-5.2	-6.2	1.19
	II	7.3	13.8	1.89	8.2	9.6	1.17	8.1	11.0	1.33
鉛直変位	III	39.1	35.0	0.90	25.3	41.0	1.62	22.4	26.0	1.16
	IV	36.6	40.5	1.11	23.7	29.4	1.24	21.3	20.0	0.94

単位: 1/100mm

表-2 変形の計算値と実験値との比較 (P=20ton のとき)

	A - 2 - 1			AK - 2 - 1			AW - 2 - 1		
	計算値	実験値	実験値/計算値	計算値	実験値	実験値/計算値	計算値	実験値	実験値/計算値
A	-15.2	-15.0	0.99	-11.6	-20.0	1.72	-10.6	-10.5	0.99
B	-17.5	-16.5	0.94	-16.7	-10.0	0.60	-15.9	-28.0	1.76
C	-17.1	-20.5	1.20	-15.3	-8.0	0.52	-14.5	-18.0	1.24
D	-13.4	0	—	-8.4	-14.0	1.67	-7.5	-3.5	0.47

単位: kg/cm²

表-3 応力度 τ_{xy} の比較 (P=20 ton のとき)

	A - 2 - 1			AK - 2 - 1			AW - 2 - 1		
	計算値	実験値	実験値/計算値	計算値	実験値	実験値/計算値	計算値	実験値	実験値/計算値
A	-17.3	-21.0	1.22	-15.5	-19.0	1.23	-14.7	-13.0	0.89
B	-2.9	17.5	6.14	-4.6	-19.5	4.24	-5.9	-10.5	1.78
C	1.4	-7.5	—	2.2	-2.0	—	1.6	2.5	1.61
D	15.2	-18.5	—	16.5	11.5	0.70	9.8	0	—

単位: kg/cm²

表-4 応力度 σ_x の比較 (P=20 ton のとき)

クラックによる影響などが考えられる。

3.2. 壁パネル部分の応力度について

図-3～図-5の応力度分布図において実験より得られた値を×印で示してある。また図-2に示した各壁パネル中央部分の測定点A, B, C, D点の軸方向応力度 σ_x と剪断応力度 τ_{xy} との計算値, 実験値およびそれらと比較したものを表-3と表-4とに示した。

τ_{xy} については計算値と実験値とは割合よく一致していると思われる。 σ_x については3種の試験体とも計算値と実験値とが壁パネルの圧縮側では割合よく一致している点が多いが、壁パネルの引張側ではかなり大きさに差のあるものや、または符号の異なるものなどがあり、必ずしも実験結果を良く裏づけているといえない点もある。その理由としては計算では完全弾性体として解いているが、実際には完全弾性体でなくて、引張力に対するコンクリートの性質の不安定さや初期クラック等があることなどが考えられる。それとB点やC点では σ_x の絶対値そのものが小さいので測定誤差もかなり影響していると考えられる。

3.3. キー・ジョイント部分の応力度について

キー・ジョイント壁のキー・ジョイント部分における応力度 $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ の計算値, 実験値およびそれらと比較したものを表-5に示した。

それによると、壁パネルの引張側のキー・ジョイント部分で σ_x の符号が異なっているもののその絶対値自身が小さいからそれを除けば実験値と計算値とはかなりよく一致しているといえる。

3.4. 計算値と実験値との比較についてのまとめ

応力度の計算値と実験値との比較において、壁パネルの引張側の σ_x については問題はあがるが、ほぼ実験結果を裏づけるような計算結果が得られたと思う。

4. ま と め

キー・ジョイント壁において、キー・ジョイント部分が壁パネル部分と完全に一体であると仮定した場合には、キー・ジョイント壁の変形、応力度分布はスリット壁よりも一体壁の変形、応力度分布に近く、キー・ジョイント部分に作用している剪断力、圧縮力なども考えてみると、キー・ジョイント部分はかなり有効に働いており、キー・ジョイント壁の剛性はスリット壁の剛性よりもかなり大きく一体壁の剛性にかなり近い剛性をもつことが Finite Element Method による応力解析によって知ることができた。ただし、応力解析によればキー・ジョイントと壁パネルとの継ぎ目部分に引張応力を生じているところもあるが、実際の場合にその継ぎ目部分でどれほどの引張耐力が期待できるかはっきりしないということと壁パネルの引張側の σ_x については問題はあがるが、そのことを除けばこの計算値は実験値との比較から分るように変形、応力度ともに実験値に近い値を示しており、今回の実験の範囲内では計算結果は変形、応力度ともにかなりよく実験結果を裏づけていると考えられる。

番 号	σ_x			σ_y			τ_{xy}		
	計算値	実験値	計算値	計算値	実験値	計算値	計算値	実験値	計算値
1	-15.3	-27.0	1.77	-11.1	-8.6	0.77	-27.3	-34.5	1.27
2	-22.2	—	—	-23.1	—	—	-32.8	—	—
3	-9.3	-11.5	1.24	-15.6	-17.3	1.11	-32.3	-31.3	0.97
4	-9.0	-9.5	1.06	-16.6	-12.4	0.73	-28.4	-32.7	1.15
5	0.4	-3.5	—	-11.1	-6.6	0.60	-28.4	-23.9	1.02
6	7.1	-9.5	—	-4.1	-5.3	1.31	-21.7	-30.4	1.40

※番号は図-2参照のこと

単位: kg/cm²

表-5 キー・ジョイントにおける応力度の比較
(P=20 ton のとき)