

V-93

各種補強材を用いた吹付けコンクリートの曲げ強度特性

清水建設株式会社 正会員○内田 裕市

清水建設株式会社 柏瀬 満久

清水建設株式会社 正会員 河井 徹

1. まえがき

地下発電所、地下備蓄施設等の大規模な地下空洞の建設では、吹付けコンクリートを永久支保材として用いることが考えられている。この場合、作用曲げモーメントに対し、吹付けコンクリートのみでは耐力が不足するために、何らかの曲げ補強が必要になることが考えられる。本報告では、各種の補強材で補強した吹付けコンクリートの曲げ試験結果について述べる。

2. 実験方法

2.1 試験体 コンクリートの配合を表-1に示す。試験体の一覧および使用した補強材を表-2に示す。試験体の寸法を図-1に示す。吹付けコンクリートを永久支保材として使用する場合には、コンクリート厚が厚くなり、1回の吹付け作業では所定の吹付け厚を確保できず、数回にわけて吹付けを行うことになる。そこで本実験では、吹付け層数を2層および4層とし、各層の吹付け厚を8cmを目標に吹付けを行った。補強材は、2層試験体では2層目に、4層試験体では4層目に設置した。吹付け方式は湿式とし、鋼製型わくに吹付け、最終層吹付け後3週間以上経過した後にコンクリートカッターを用いて試験体の幅が20cmになるように幅方向のみカッティングした。

2.2 載荷方法および計測項目 載荷は、スパンを試験体の高さの6倍とした3等分点載荷とした。計測項目は荷重および荷重点直下の変位とした。

3. 実験結果および考察

3.1 施工性 溶接金網を使用した試験体およびNFM試験体では、補強材の背後までコンクリートが十分にゆきわたっており特に施工上の問題はなかった。EXP試験体ではエキスパンドメタルの背後に若干の“す”が生じた。FER試験体では、補強材の網目が細かいため、補強材の背後にかなりの“す”が生じた。

3.2 破壊状況 図-2に各試験体の荷重-たわみ曲線を示す。表-3に試験結果を示す。EXP試験体は、比較的たわみの小さい時点で最大耐力点に達し、その後、補強材が徐々に破断し耐力を失った。

表-1 示方配合

G _{max} (mm)	スラン (cm)	W/C (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
				W	C	S	G	急結剤
10	9	56	65	202	360	1143	621	7 Cx%

FER試験体は、補強材の背後に“す”を生じていたため、打継面に沿ったひびわれが発生した。しかし、この試験体はいずれも

最終的には補強材が破断して耐力を失った。

SFR試験体はぜい性的に破断することなく、最大耐力点以降も比較的ねばりのある破壊を示した。

φ6試験体は通常の鉄筋コンクリート

表-2 試験体一覧

試験体	層数	補 強 材
EXP	2	イタロコンクリート (50×152.4 mm 菱形メッシュ, 板厚 2.3mm, 刻み幅 3.5mm)
FER		フェルトメット 用金網 (上記イタロコンクリート 2枚 + φ 3.2×100×100mm 溶接金網)
SFR		鋼繊維 (φ 0.5×30 mm, 体積混入量 1%)
φ6		φ6溶接金網 (100×100 mm メッシュ, $\sigma_y = 33.9 \text{ kgf/mm}^2$, $\sigma_u = 46.5 \text{ kgf/mm}^2$, 破断時のひび 0.25)
D10		D10溶接金網 (100×100 mm メッシュ, $\sigma_y = 35.4 \text{ kgf/mm}^2$, $\sigma_u = 50.8 \text{ kgf/mm}^2$, 破断時のひび 0.29)
NFM	4	繊維強化プラスチック (100×100 mm メッシュ, φ6-SFR30相当, $\sigma_u = 2180 \text{ kgf/本}$, 破断時のひび 0.0143)
4D10		D10溶接金網 (100×100 mm メッシュ, $\sigma_y = 35.4 \text{ kgf/mm}^2$, $\sigma_u = 50.8 \text{ kgf/mm}^2$, 破断時のひび 0.29)

はりに見られる典型的な曲げ引張破壊を生じ、非常にねばりのある性状を示した。

D10試験体および4層で吹付けを行った4D10試験体は、いずれも最大耐力点でせん断破壊を生じた。しかし、せん断破壊するまでに非常に大きな曲げ変形を生じており、曲げが卓越した破壊性状を示した。

NFM試験体は、補強材が降伏棚を持たないため、荷重－たわみ曲線にも棚状の部分は現れず、ひびわれ発生後、補強材が破断するまで、荷重と変形が直線的に増加した。

補強材の背後にコンクリートがゆきわたらなかったFER試験体を除けば、いずれの試験体においても、打継面に沿ったひびわれは発生せず、打継面においてすべりを生じた形跡は見られなかった。このことより曲げ破壊性状に対する多層に吹付けることの影響はほとんどないと考えられる。

3.3 耐力 表-3には、EXP、FERおよびSFR試験体を除く試験体について一体ものの鉄筋コンクリートはりとして計算した曲げ耐力を示す。なお、実験時の降伏荷重は、荷重－たわみ曲線から推定したものであり、計算終局曲げ耐力は補強材の引張強度を用いて算定したものである。同表によれば、実験値と計算値はよく一致しており、補強を行った吹付けコンクリートの曲げ耐力は、通常のRC計算で求められると考えられる。

4. まとめ

本実験により、吹付けコンクリートの曲げ破壊性状に対する各種補強材の効果が明らかとなった。特に、溶接金網および繊維強化プラスチックで補強した場合の曲げ耐力は、通常のRC計算で求められることが明らかとなった。なお、今後、吹付けコンクリートを永久支保材として使用するために、品質の高いコンクリート

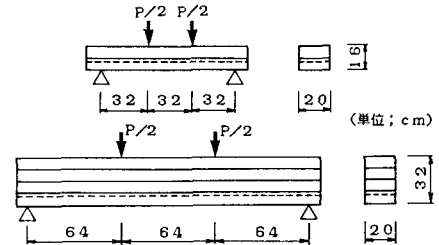


図-1 試験体寸法

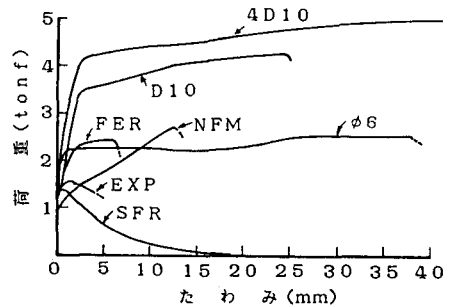


図-2 荷重－たわみ曲線

表-3 実験結果

試験体	断面寸法			補強材量	第1層目コンクリート		実験時荷重				計算曲げ耐力	
	高さ (cm)	幅 (cm)	有効 高さ (cm)		圧縮強度 (kgf/cm ²)	弾性係数 ×10 ⁵ (kgf/cm ²)	① 降伏 (tonf)	② 最大 (tonf)	③ 降伏 (tonf)	④ 終局 (tonf)	① ③	② ④
EXP	1	15.2	19.5	11.2	幅 20 cm	344	2.36	—	1.50	—	—	—
	2	15.4	20.4	10.7					1.68			
FER	1	15.6	19.8	12.7	幅 20 cm	363	2.58	—	2.57	—	—	—
	2	16.1	19.6	11.5					2.34			
SFR	1	15.5	19.8	—	1%	274	2.28	—	1.54	—	—	—
	2	16.6	19.9	—					1.31			
φ6	1	16.7	19.7	14.2	As = 0.565 cm ²	374	2.35	2.50	2.63	1.60	2.29	1.56
	2	16.3	20.0	14.5				1.95	2.54	1.64	2.34	1.19
D10	1	15.5	20.0	10.5	As = 1.427 cm ²	370	2.76	3.37	4.44	3.01	4.48	1.12
	2	15.5	20.0	10.5				3.47	4.22	3.01	4.48	1.15
NFM	1	16.1	19.9	10.4	2本	320	2.31	—	2.59	—	2.70	0.96
	2	15.7	19.8	10.7					2.74		2.78	
4D10	1	30.8	20.2	26.0	As = 1.427 cm ²	271	2.67	4.21	5.52	3.85	5.70	1.09
	2	29.7	20.0	25.3				4.09	4.96	3.74	5.54	1.09

<参考文献>

河井他：地下大空洞における多層吹付けコンクリートの強度特性に関する一実験，第18回岩盤力学シンポジウム講演論文集，1986年2月。